

出口商品技术指南

数控机床

中华人民共和国商务部
2022 年 3 月

目 录

1. 机床产业与进出口情况概述.....	1
1.1 机床产业发展概述.....	1
1.1.1 近年国际机床产销态势.....	1
1.1.1.1 近年来国际机床生产情况.....	1
1.1.1.2 国际机床消费情况.....	5
1.1.1.3 国际机床企业营收排序及头部企业动向.....	7
1.1.2 世界机床贸易（进出口）情况.....	8
1.1.3 中国机床产业情况.....	17
1.1.3.1 中国机床产业发展简述.....	18
1.1.3.2 “04”专项的标志性成果.....	20
1.1.3.3 中国机床发展趋势.....	21
1.1.4 中国机床行业进出口情况.....	22
1.1.5 中国机床行业主要鼓励政策.....	32
1.1.6 需求驱动促进中国机床行业快速发展.....	35
2. 数控机床基本技术要求.....	36
2.1 概述.....	36
2.2 定义和术语.....	37
2.3 数控机床精度检验要求.....	38
2.3.1 加工中心.....	38
2.3.1.1 卧式加工中心的几何精度检验要求.....	38
2.3.1.2 立式加工中心的几何精度检验要求.....	50
2.3.1.3 加工中心的定位精度和重复定位精度检验要求.....	55
2.3.1.4 加工中心的工作精度检验要求.....	56
2.3.1.5 五轴联动卧式加工中心精度检验要求.....	59
2.3.1.6 五轴联动立式加工中心精度检验要求.....	67
2.3.1.7 龙门固定式加工中心精度检验要求.....	74
2.3.1.8 龙门移动式加工中心精度检验要求.....	79
2.3.2 数控车床和车削中心.....	85
2.3.2.1 数控卧式车床和车削中心的几何精度检验要求.....	85
2.3.2.2 数控立式车床和车削中心的几何精度检验要求.....	91
2.3.2.3 数控倒置立式车床和车削中心的几何精度检验要求.....	96
2.3.2.4 数控车床和车削中心的定位精度和重复定位精度检验要求.....	99
2.3.2.5 数控车床和车削中心的工作精度检验要求.....	100
2.3.3 数控铣镗床.....	102
2.3.3.1 数控卧式固定立柱和移动式工作台铣镗床精度检验要求.....	102
2.3.3.2 数控卧式沿 X 轴可移动立柱式铣镗床（落地式）精度检验要求.....	110
2.3.3.3 数控卧式可移动立柱和可移动式工作台铣镗床精度检验要求.....	118
2.3.4 数控磨床.....	126

2.3.4.1 工作台移动式外圆磨床和万能外圆磨床精度检验要求...	126
2.4 数控机床的安全检验要求.....	131
2.4.1 数控机床的电气安全检验要求.....	131
2.4.2 数控车床安全检验的要求.....	246
3. 国际标准和技术规范与我国的差异.....	329
3.1 我国和国外数控机床检验标准情况及差异.....	329
3.1.1 概述.....	329
3.1.2 美国.....	333
3.1.3 德国.....	333
3.1.4 英国.....	335
3.1.5 法国.....	337
3.1.6 日本.....	340
3.1.7 中国.....	343
3.2 我国和国外安全标准情况及差异.....	346
3.3 主要技术差异.....	351
3.3.1 我国标准与 ISO 230 检验通则标准的主要技术差异.....	351
3.3.2 我国标准与 ISO 10791 加工中心检验条件标准的主要技术差异	352
3.3.3 我国标准与 ISO 13041 数控车床和车削中心检验条件标准的主要技术差异.....	355
3.3.4 我国安全标准与 EN 欧洲机床安全标准的主要技术差异.....	359
3.3.5 我国机床安全标准与 ISO 国际机床安全标准的主要技术差异..	359
3.4 我国和国外功能部件检验标准情况及差异.....	363
3.4.1 概述.....	363
3.4.2 我国和国际标准情况及差异.....	364
3.4.2.1 我国和国际标准情况.....	364
3.4.2.2 我国和国际标准主要技术差异.....	365
4. 目标市场的技术规范、标准和合格评定程序与我国的差异.....	370
4.1 欧盟.....	370
4.2 美国.....	371
4.3 俄罗斯.....	372
4.4 日本.....	374
4.5 韩国.....	374
4.6 东盟自由贸易区.....	374
4.7 非洲地区.....	375
4.8 中国.....	375
5. 出口商品应注意的其他问题.....	376
5.1 知识产权问题.....	376
5.2 文化问题.....	377
5.3 民族（宗教）习惯.....	377
5.4 绿色消费.....	378
5.5 市场准入要求.....	379

5.6 其他问题.....	380
6. 达到目标市场技术要求的建议.....	382
6.1 认真研究出口国和地区技术文件要求.....	382
6.2 通过相关认证，加贴认证标志.....	382
6.2.1 CE 认证的要点.....	382
6.2.1.1 CE 认证适用范围.....	382
6.2.1.2 申请 CE 认证注意事项.....	383
6.2.1.3 申请 CE 所需技术文件.....	384
6.2.1.4 CE 标志的使用要求.....	384
6.2.2 数控机床 CE 认证要点.....	385
6.2.2.1 关于新机械指令（2006/42/EC）.....	387
6.2.2.2 关于新低压电气指令（2006/95/EC）.....	388
6.2.2.3 关于新电磁兼容指令（2004/108/EC）.....	391
6.3 选用的元器件和装置应符合出口国或地区的标准和要求.....	394
6.4 了解出口国或地区的使用条件.....	394
6.5 关于噪声.....	396
6.6 关于验收标准.....	397
7. 我国企业出口常见的技术性贸易措施问题和案例分析.....	397
7.1 货物付款及退税问题.....	397
7.2 售后服务问题.....	399
附录.....	400
附录一.....	401
附录二.....	403
附录三.....	413

前 言

数控机床是实现制造业现代化的关键设备，其现代化水平和规模，是一个国家工业发达程度的重要标志之一。随着中国工业整体实力的提升已成为名副其实的机床产销大国，自 2009 年起，中国跃居世界第一大生产国，同时连续保持多年为世界最大机床消费国和进口国。自 2016 年以来，世界经济起伏跌宕，全球机床行业亦出现大起大落，其中最具代表性的事件包括中国制造业发展所带动的高增长、美国特朗普政府发动中美贸易摩擦及逆全球化对全球产业链布局的重塑，以及新冠疫情冲击等标志性事件。但是，从长期来看，对全球机床产业与制造业而言，新技术产品发展及数字化转型才是当务之急，如自动化生产导入、智能制造发展、节能减排、循环材料应用，以及适应下游产业的需求变化等，才是企业未来能够长期维持竞争力的关键。

中国庞大的制造业支撑着强劲的内需市场，在主要满足国内市场的条件下，随着中国机床产业转型升级，出口规模呈现增长态势，并且在 2018 年成为全球第三大机床出口国。2019 年因中美贸易战影响，2020 年受到新冠疫情冲击，使得近两年产值呈现下行调整态势。但是从数据分析看，中国机床行业下行速率远低于预期。2020 年中国机床占世界机床市场的比重达到 28.5%。作为率先从新冠疫情中恢复增长的大国，随着汽车、装备制造、3C 产品、新能源行业的需求拉动，机床行业将以更快的速度重回增长通道，2021 年总产值预期增长 7% 左右，2022 年总产值预期增长约 10%。

2021年是中国“十四五”开局之年，根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，进一步推动制造业优化升级、培育先进制造业集群、推动高端数控机床等产业创新发展成为“十四五”时期的重要任务。

数控机床在机床中占有非常重要的位置，一直受到世界各国的普遍重视并得到了迅速的发展。我国数控机床现行的标准部分采用了国际标准，如数控车床采用ISO13041系列标准制定，目前GB/T16462.1-2007《数控车床和车削中心检验条件第1部分：卧式机床几何精度检验》和GB/T16462.4-2007《数控车床和车削中心检验条件第4部分：定位精度和重复定位精度检验》，这些标准体现的是国际一般水平。而有些尚没有任何国际标准和国外标准。随着技术和市场的发展，用户对数控机床也提出了更高的要求，安全、环保、卫生等方面的要求也越来越得到各国的重视。

为维护国家和装备制造业行业整体和长远利益，有效应对国外技术性贸易措施，提升我国数控机床产品的市场竞争力，促进出口及拓展出口市场范围；同时，提升我国装备制造业的整体质量和水平，促进我国数控机床技术的发展，使更多的企业和产品能够进入到国际机床市场，使数控机床产品的出口迈上一个新台阶，实现由大到强的转变，商务部下达《出口数控机床技术指南》更新项目研究课题。课题组专家根据商务部任务要求，对目前中国数控机床出口的主要目标国家与地区的市场、市场准入要求进行了系统研究与分析，重点对欧盟、美国、俄罗斯、日本、韩国等有关数控机床的市场、法律法规及市场

准入制度的要求、这些要求与中国现行标准的关系，以及我们的应对措施进行了研究。在此项研究的基础上，我们还对具有较大发展潜力的俄罗斯、韩国、东南亚、东盟贸易区、非洲等市场进行研究，为促进中国数控机床开辟更加广泛的国际市场提供更多的信息。

本指南重新编写的部分包括：五轴联动卧式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求；五轴联动立式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求；龙门固定式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求；龙门移动式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求；数控机床的电气安全检验要求；我国和国外功能部件检验标准情况及差异；我国和国际标准主要技术差异等。更新的主要部分有：卧式加工中心的几何精度检验要求、立式加工中心的几何精度检验要求、加工中心的定位精度和重复定位精度检验要求、加工中心的工作精度检验要求、数控卧式车床和车削中心的几何精度检验要求、数控立式车床和车削中心的几何精度检验要求、数控倒置立式车床和车削中心的几何精度检验要求、数控车床和车削中心的定位精度和重复定位精度检验要求、数控车床和车削中心的工作精度检验要求、数控卧式固定立柱和移动式工作台铣镗床精度检验要求、数控卧式沿 X 轴可移动立柱式铣镗床（落地式）精度检验要求、数控卧式可移动立柱和可移动式工作台铣镗床精度检验要求、工作台移动式外圆磨床和万能外圆磨床精度检验要求、我国和国外数控机床检验标准情况及差异、我国和国外安全标准情况及差异、我国标准与 ISO 230 检验通则标准的主要技术差异、我国机床安全标准与 ISO 国际机

床安全标准的主要技术差异及数控机床 CE 认证要点、货物付款及退税问题等。

希望《出口数控机床技术指南》本次更新版的发布能对中国数控机床出口的发展与扩大起到积极的作用。在此，需要加以说明的是，数控机床产品品种繁多、数量巨大，所涉及到的标准、法规等亦十分繁杂，因时间和各方面条件所限，本《技术指南》更新版难免存在不完善和缺憾之处，务须将来予以完善和不断补充、更新。

本指南共分七章。第一部分：机床产业和进出口情况综述；第二部分：数控机床的基本技术要求；第三部分：国际标准和技术规范与我国的差异；第四部分：目标市场的技术法规、标准和合格评定程序与我国的差异；第五部分：出口商品应注意的其他问题；第六部分：达到目标市场技术要求的建议；第七部分：我国企业出口常见的技术性贸易措施问题和常见案例分析。

本《技术指南》有关技术资料来源的截止日期为 2021 年 12 月。本《技术指南》适用于中国所有正在从事欧盟、北美、俄罗斯、日本、韩国、东盟、非洲等国家和地区数控机床产品销售的制造商、生产厂和经销商，以及准备开发上述市场的企业，指导数控机床企业中有关从事技术、管理和经营人员及时掌握和了解目标市场国家的有关要求，指导数控机床产品的设计开发、生产以及经营活动。

本《技术指南》课题项目的承担单位是中国机电产品进出口商会。本《技术指南》课题项目的主要研究单位是全国金属切削机床标准化技术委员会与国家机床质量监督检验中心。参加本《技术指南》编写

的主要专家有：孙晓红、陈菁晶、李祥文、凌泽润、王禹、张维、李书林、黄祖广、张秀兰、陈妍言、薛瑞娟。



1. 机床产业与进出口情况概述

1.1 机床产业发展概述

1.1.1 近年国际机床产销态势

机床工业的现代化水平和规模，是一个国家工业发达程度的重要标志之一。机床行业的传统制造强国主要为德国、瑞士、日本、意大利等工业发达国家，随着中国工业整体实力的提升，我国目前已成为机床制造大国。自 2016 年以来，世界经济起伏跌宕，全球机床行业亦出现大起大落，其中包括中国制造业发展所带动的高增长、美国特朗普政府引发的中美贸易战和逆全球化对全球产业链布局的重塑，以及新冠疫情冲击等标志性事件。但是，从长期来看，对全球机床产业与制造业而言，新技术产品发展及数字转型才是当务之急，如自动化生产导入、智能制造发展、节能减排、材料循环利用等，以及适应下游产业的需求变化，如电动汽车、智能医疗、绿色低碳、半导体等，这些才是企业未来能够长期维持竞争力的关键。

1.1.1.1 近年来国际机床生产情况

近年来国际机床产销情况如图 1 所示，全球机床行业产值与消费在 2018 年达到 2016–2020 时间区间的峰值，2019 年由于美国特朗普政府发起的贸易制裁对全球经济贸易的制约与产业链调整而明显下降，在 2020 年由于新冠疫情对全球经济的冲击而进一步下挫。

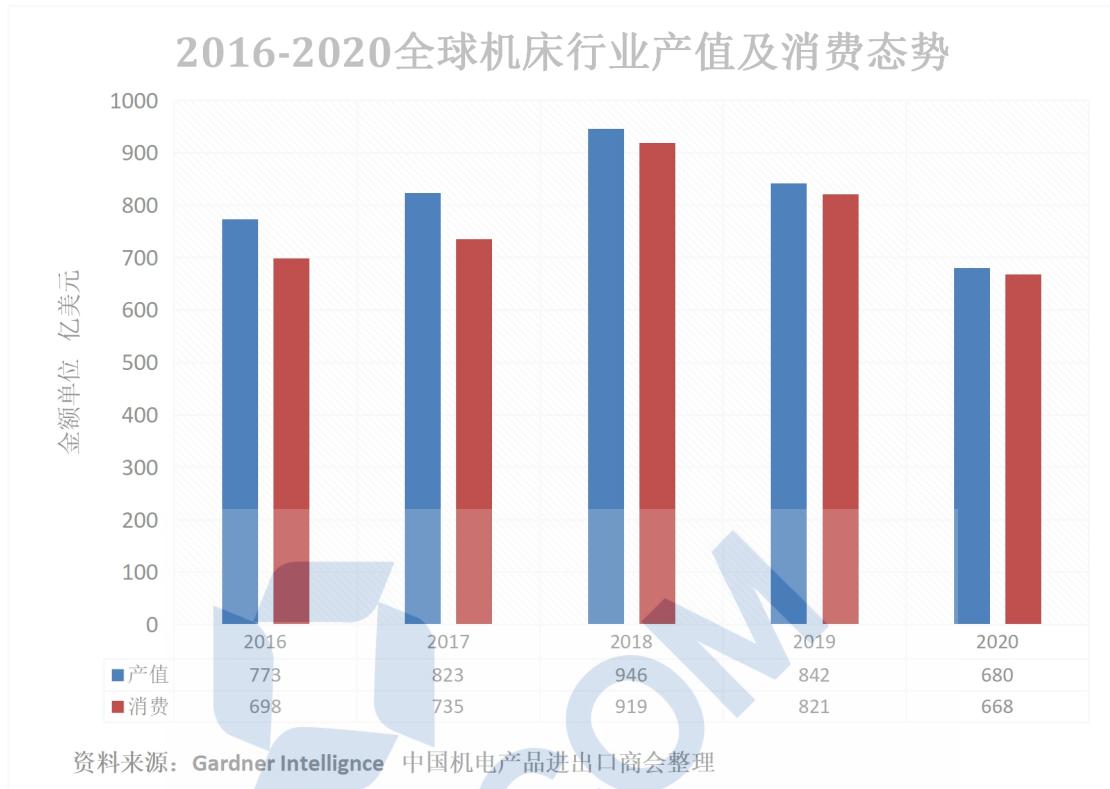


图 1 2016–2020 全球机床行业产值及消费态势

2020 年全球经济与产业历经前所未有的挑战，新冠疫情爆发与持续严重影响全球经济活动，各国政府陆续出台刺激政策，以拯救经济，美国与欧洲无限量化宽松、放宽购买或担保评级至垃圾债，试图缓解濒临崩溃的资金紧缩压力；印度、澳大利亚与印尼等国也都加入了债务货币化的阵营。此外，中美贸易战在美国政府换届后并未停歇，美国就贸易管制持续施压中国，力促产业链重构，其深刻影响有待持续观察与评估。

中国在遭遇新冠疫情突然袭击后，2020 年第一季面临产业停工停产对经济带来的重击，但第三季 GDP 增长率恢复到 4.9%，较第二季增加 1.7%，显示统筹防疫和发展成效显著，成为经济率先好转的大国。2020 全年中国机床产值较前一年度下滑约 11.4%，表现明显优于全球平均水平，说明在机床应用端需求并未因疫情受到严重影响，并为拉动全球经济在疫情后的复苏提供了强劲驱动力。

图 2 反映了 2019–2023 年全球机床消费趋势预测情况。

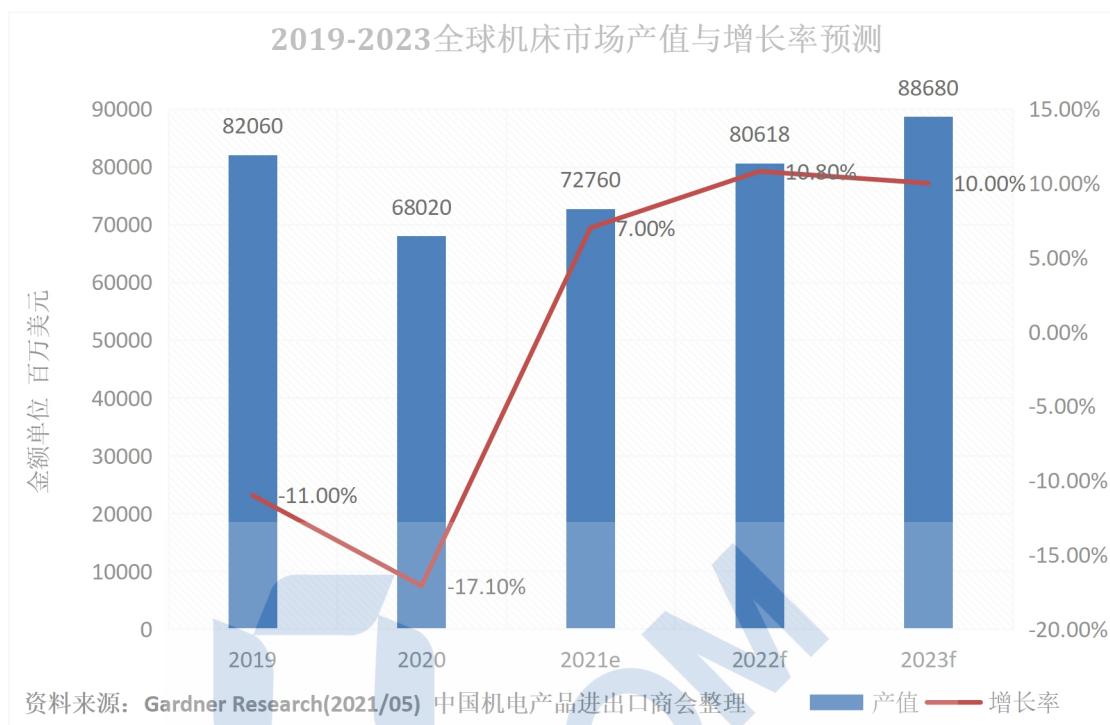
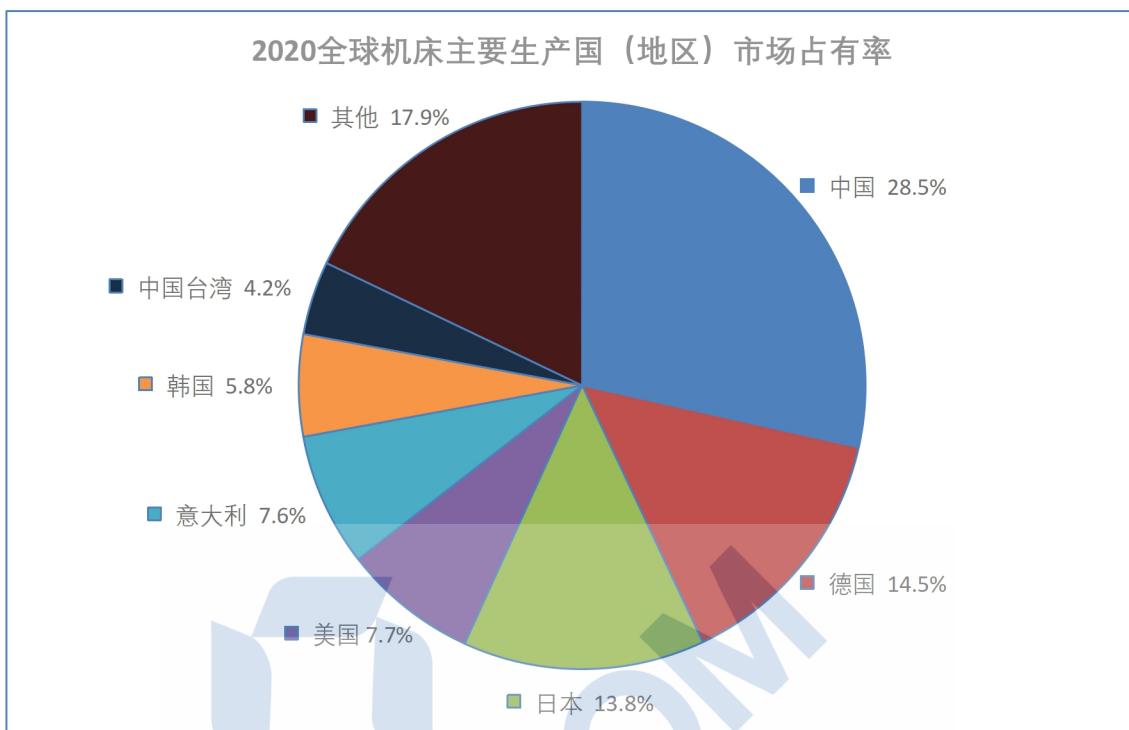


图 2 2019-2023 年全球机床市场产值预测

2020 年全球前七大机床生产国家（地区）依序为中国、德国、日本、美国、意大利、韩国与中国台湾。中国在全球的市场占有率达 28.5%；德国为全球第二大机床生产国，其在全球的市占率为 14.5%；日本在全球的市场占有率达 13.8%。上述前三大国家机床产值合计占全球的 56.8%。美国机床产值超越意大利成排第四，全球市场占有率达 7.7%；意大利降为第五，全球市占率为 7.6%；韩国位居第六，其市场占有率为 5.8%；中国台湾则排名第七，在全球的市场占有率为 4.2%。详见图 3。



资料来源：Gardner research (2021/05) 中国机电产品进出口商会整理

图 3 2020 全球机床主要国别（地区）消费市场占有率

进一步分析表明，第一大机床生产国中国由于汽车市场产销表现仍优于预期，机床出口跌幅较缓等因素，2020 年中国机床产值为 193.6 亿美元，仅比 2019 年产值减少 0.3%。

德国为第二大机床生产国，同样受到内外市场变化以及技改资金调整的影响，2020 年的生产值相较于 2019 年减少 29.4%，为 98.8 亿美元。

日本为全球前三大机床生产国产值下滑最严重的地区，由于疫情的失控，拖累日本整体经济表现，2020 年日本机床出口值下滑至 58.6 亿美元，较 2019 年下滑 26.2%，高于全球平均值约一个百分点；也是自 2008 年金融危机以来第二新低纪录。整年度日本机床产值为 93.9 亿美元，相较于 2019 年衰退 27.7%。详见表 1。

表 1 2020 全球机床产值排名前 7 国别（地区）排名

排名	国家 (地区)	2020 年产值 (亿美元)	金属切削机床 占有率 (%)	金属成型机床 占有率 (%)	2019 年产值 (亿美元)	增长率 (%)
1	中 国	193.6	61	39	194.2	-0.3

2	德 国	98.8	75	25	140.0	-29.4
3	日 本	93.9	82	18	129.9	-27.2
4	美 国	52.2	77	23	60.0	-13.0
5	意大利	51.3	49	51	65.1	-21.2
6	韩 国	39.7	80	20	44.7	-11.2
7	中国台湾	28.7	83	17	39.5	-27.3
其他		122.0	168.2	-27.5
合 计		680.2	841.6	-19.2

资料来源: Gardner Research (2021/05) 中国机电产品进出口商会整理

1.1.1.2.国际机床消费情况

Gardner Research 统计 2020 年全球机床消费金额为 668.2 亿美元,较 2019 年减少 23.9%。全球前三大消费市场分别为: 中国、美国与德国, 消费金额分别为 213.1、83.4 与 51.9 亿美元, 分别约占全球机床消费值的 31.9%、12.5% 与 7.8%。此外根据 2020 年全球机床消费金额统计, 前十大消费国家的消费金额共计 508.0 亿美元, 占全球机床消费金额 76.0%; 前六大消费国家, 分别为中国、美国、德国、日本、意大利与韩国, 消费金额合计为 452.5 亿美元, 占全球机床消费金额的 67.7%。主要消费国家在 2020 年表现皆为负成长。详见表 2。

表 2 2020 全球机床消费排名前 10 国别(地区) 单位: 亿美元

排名	国家(地区)	2020 年	2019 年	增长率 %
1	中 国	213.1	222.9	-4.4
2	美 国	83.4	97.2	-14.2
3	德 国	51.9	78.8	-34.1
4	日 本	41.8	60.4	-30.8
5	意大利	31.3	43.6	-28.2

6	韩国	31.0	31.7	-2.2
7	印度	16.2	25.9	-37.5
8	中国台湾	14.5	16.9	-14.2
9	俄罗斯	12.7	17.8	-28.7
10	墨西哥	12.1	25.1	-51.8
其他		160.2	200.3	-21.1
合计		668.2	820.6	-23.9

资料来源：Gardner Research (2021/05) 中国机电产品进出口商会整理

新冠疫情对全球诸多产业造成显著冲击，也导致机床市场需求萎缩。2021年，大规模防疫措施是支持全球经济发展回归正常的极重要因素，但是具体成效仍需要视各国实际情况而定。

由于疫情逐步得到控制，且受到汽车业、3C 产品的市场回暖，“一带一路”以及海外投资持续促进，对于机床设备的需求日益增长。除了中国市场发展态势较为明朗可期外，其他如美国、欧洲、新兴经济体国家等，在经济发展与机床市场回复上，虽然有所预期，但变量仍然存在；后续发展需要持续观察。

普遍认为，在机床主要下游应用产业中，汽车零部件、3C 产品(如 5G 基站、智能手机)生产，在 2021 年表现优于 2020 年，并可带动相关机床产品市场需求。而航空制造业，因为全球航空运输需求要到 2023 年后才会回复到疫前水平，因此 2021 年相关机床市场需求仍然疲弱。

全球机床市场趋势转变迅速，目前已从早期大量生产转变为少量多样、弹性生产的型态，对于生产线监控、软硬件整合技术等要求提高，未来机床行业将超出单机输出模式，升级为高附加价值的整厂整线输出，包括高端机床、自动化设备、机械手臂、增值程序软件等。后疫情时期市场迈向高度分散和激烈的竞争，各国机床厂商争夺 2021 年后缓慢成长的份额。大型厂商的产品组合将涵盖广泛的机床产品，而较小的厂商则主要关注利基市场领域，并专门满足特定最终用户的特殊需求，而形成泛用及利基两极化的趋势，在成长的幅度有限的情况下，多

数颇具规模的厂商正试图通过收购，兼并以及建立战略联盟和合伙关系来增加市场份额，打造大者恒大的局面。

1.1.1.3 国际机床企业营收排序及头部企业动向

从机床生产企业营收角度分析，根据赛迪顾问 2020 年中发布，2019 年全球 TOP 10 数控机床企业排名为，日本的山崎马扎克以 52.8 亿美元排名第一，德国通快公司以 42.4 亿美元排名第二，德日合资公司德玛吉森精机以 38.2 亿美元排名第三，其后分别为马格、天田、大隈、牧野、格劳博、哈斯、埃马克。

表 3 2019 全球数控机床产量前 10 企业排名

排名	企业名称	国家	营收（亿美元）
1	山崎马扎克	日本	52.8
2	通快公司	德国	42.4
3	德玛吉森精机	德国&日本	38.2
4	马格公司	美国	32.6
5	天田公司	日本	31.1
6	大隈公司	日本	19.4
7	牧野公司	日本	18.8
8	格劳博公司	德国	16.8
9	哈斯公司	美国	14.8
10	埃马克公司	德国	8.7

资料来源：赛迪顾问 2020

从头部企业动向看，山崎马扎克（MAZAK）公司成立于 1919 年，主要生产 CNC 车床、复合车铣加工中心、立式加工中心、卧式加工中心、CNC 激光系统、FMS 柔性生产系统、CAD/CAM 系统、CNC 装置和生产支持软件等。产品素以高速度、高精度而在行业内著称，产品遍及机械工业的各个行业。生产的智能化，实现设备与人的信息交换和共享，减少了生产辅助时间，使加工时间占比由 25% 提高到了 50%，极大提高了加工效率；装备的智能化，大量引入柔性加工

系统 FMS，具有加工对象可变换、自如安排生产计划、灵活应对生产计划变化的能力，实现了工厂的少人化、无人化；服务的智能化，在设备上安装远程诊断系统 MAZA-CARE，向客户提供实时设备使用的呵护，它与机床的智能化功能相结合，形成了对机床运行、维护等全方位的守护体系。

通快公司（TRUMPF），成立于 1923 年，主要生产数控冲床、激光加工机等机型，2020 年营收约 42.50 亿美元，2019 年营收排名全球第二，全球员工数计有 13400 名，为全球第一；与 Heraeus ALLOY 合作彼此开放界面并提升非晶态金属的 3D 打印效率；2021 年宣布收购大型软件公司 Lantek，两家公司未来将针对工业 4.0、数字工厂、机器学习和人工智能(AI)进一步合作以提供客户全套的解决方案。

德玛吉森精机（DMG Mori）成立于 1948 年，主要产品包含数控车床、数控铣床、加工中心、冲压机、激光切割机、自动化系统等，全球市场保有率排名第一（10%），2020 年营收达到 32.1 亿美元，全球员工计有 12837 名；2020 年正式用德国新厂“monoBLOCK”产品系列，自动化厂房也是 DMG 在欧洲最大的工厂，导入 AGVs 的自动化生产线，整体制造效能提升 30%，产量从 600 台提升至 1000 台；为巩固并强化全球最大市场——中国市场的占有率，2021 年计划在平湖投入 7500 万欧元建设五轴铣削自动化工厂，占地 35000 平方米并配有 AGVs，预计 2022 年启用新厂。

1.1.2 世界机床贸易（进出口）情况

1、根据国际海关数据查询（见图 4），2016–2021 年金属加工机床出口最大增幅发生在 2017 年，增幅为 31.18%，出口最大金额发生在 2018 年，为 520 亿美元。2019 年降幅 10.99%，主要是由于美国政府制裁与逆全球化导致的产业链重新布局影响，2020 年降幅扩大至 23.11%，是由于新冠疫情对全球经济的冲击。2021 年增长 21.09，达到 433 亿美元。

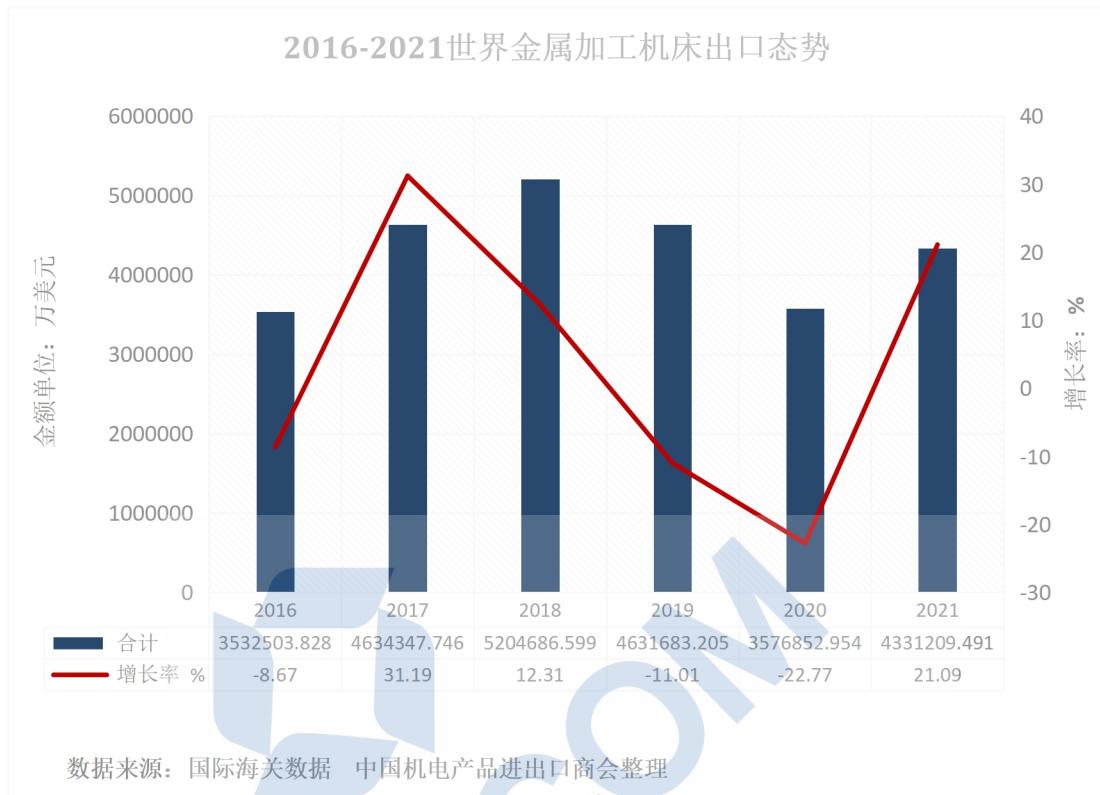


图 4 2016-2021 世界金属加工机床出口态势

根据 Gardner Research 发布的 2020 年全球机床出口国家（地区）排名，依次为德国、日本、中国、意大利、中国台湾、瑞士、韩国，2020 年全球各国机床出口额几乎全部下滑，中国出口金额为 40.2 亿美元，较去年下滑 9.0%，而其他出口率占比较高的国家例如德国、日本在 2020 年衰退更为严重，出口金额分别是 66.2 亿美元和 58.6 亿美元，年度同比均下降超过 25%。中国台湾和去年同期相比，其出口金额也下降 31.9% 至 20.9 亿美元。其原因与全球疫情有关，主要还是来自于终端应用产业的需求下降。详见表 4。

表 4 2020 全球机床出口排名前 7 国别（地区） 单位：亿美元

排名	国家（地区）	2020 年	2019 年	增长率 %	出口率 %
1	德 国	66.2	91.9	-28.0	67.0
2	日 本	58.6	79.4	-26.2	62.4
3	中 国	40.2	44.2	-9.0	20.8
4	意 大 利	28.6	37.5	-23.7	55.8

5	中国台湾	20.9	30.7	-31.9	72.8
6	瑞 士	18.9	27.0	-30.0	84.4
7	韩 国	17.8	23.2	-23.3	44.8

资料来源：Gardner Research (2021/05) 中国机电产品进出口商会整理

2020 年全球机床进口金额排名前八位的国家，和去年同期相比均呈现衰退，前三大进口国分别为中国、美国和德国。详见表 5。

首先，从中国的需求趋势看，由于贸易摩擦冲击叠加新冠疫情，其他非切削加工机床的需求大幅下降近五成，车床和磨床进口金额也分别下滑一至三成，仅激光放电加工机床需求增加 7.9%。整体来看中国 2020 年进口金额减少 18.1%，进口值约 59.7 亿美元。

表 5 2020 全球机床进口排名前 8 国别

单位：亿美元

排名	国家（地区）	2020 年	2019 年	增长率 %	出口率 %
1	中 国	59.7	72.9	-18.1	18.0
2	美 国	43.0	61.2	-29.7	51.6
3	德 国	19.3	30.8	-37.3	37.2
4	墨 西 哥	12.0	25.0	-52.0	98.8
5	印 度	10.4	15.0	-30.7	64.0
6	法 国	10.3	12.0	-14.2	86.8
7	土 耳 其	9.9	80.2	-20.7	91.5
8	越 南	9.1	11.9	-23.5	100.0

资料来源：Gardner Research (2021/05) 中国机电产品进出口商会整理

美国主要进口的机种为锻压/冲压成型机床、综合加工机床，其年度同比分别为-8.7%和-30.0%；进口衰退最大的为车床，年度同比为-31.3%。总进口年度同比也大幅下降 29.7%，说明美国制造业在 2020 年的状况遭受疫情严重影响，且未因相关货币政策获得明显改善。

德国进口前三大机种依序为电火花/激光/超声波机床、车床、锻压/冲压成型机床，年度同比分别为-30.6%、-44.5%、-24.2%；其中所有进口机种跌幅最大的即为车床，总进口年度同比下降 37.3%。

其他国家进口排名，墨西哥排名维持第四，年度同比-52.0%；印度自第六名上升至第五名，年度同比-30.7%；法国从第八名上升至第六名，年度同比-14.2%；土耳其再度进入前八名，位居第七，年度同比-20.7%；越南也是首度进入前八名，年度同比-23.5%。

为便于全面维度了解机床进出口情况，根据国际海关数据查询结果，编制了 2016–2021 年期间金属加工机床出口与进口系列态势图，数据对应海关编码目录见附录一。

图 5 表示 2016–2021 年世界金属加工机床出口主要国别出口情况，按照 2021 年出口金额排序，前 10 位出口国别（地区）依次为：德国、日本、中国、意大利、中国台湾、美国、瑞士、韩国、西班牙和比利时，为便于了解更全面情况，同时列出了奥地利 11、荷兰 12、英国 13 与印度 23 等的出口态势。

图 6 表示 2021 年世界金属加工机床出口前 10 国别（地区）月度运行走势，国别及排序依据 2021 年 12 月金额。如图所示，在此时间区段内德国、日本出口波动较大，中国出口呈稳定上升态势。

图 7 表示世界金属加工机床分类出口态势，金属切削机床中加工中心及组合机床、各类车床出口排名比较稳定，电、光、声类加工机床 2017 年以来出口增长明显，2020 年后甚至超过车床。金属成型加工机床中，冲压、折弯、矫直、剪切、冲开类机床明显处于高位。

图 8 表示 2016–2021 年世界金属加工机床进口主要国别（地区）排序情况，按照 2021 年进口额排序，前 10 依次为：中国、美国、德国、土耳其、印度、意大利、俄罗斯、韩国、越南和加拿大；中国台湾、法国和比利时分别列第 11、12 与 13 位。土耳其 2021 年进口增长迅猛，超过印度排第 4 位；墨西哥情况比较特殊，2019、2020 及 2021 年进口下降幅度较大，2021 仅排第 20 位。

图 9 表示 2021 世界金属加工机床进口前 10 国别月度运行走势，国别及排序依据 2021 年 12 月金额。如图所示，前两位国别中，中国进口月度波动较大，美国波动幅度较小并呈低幅增长态势。

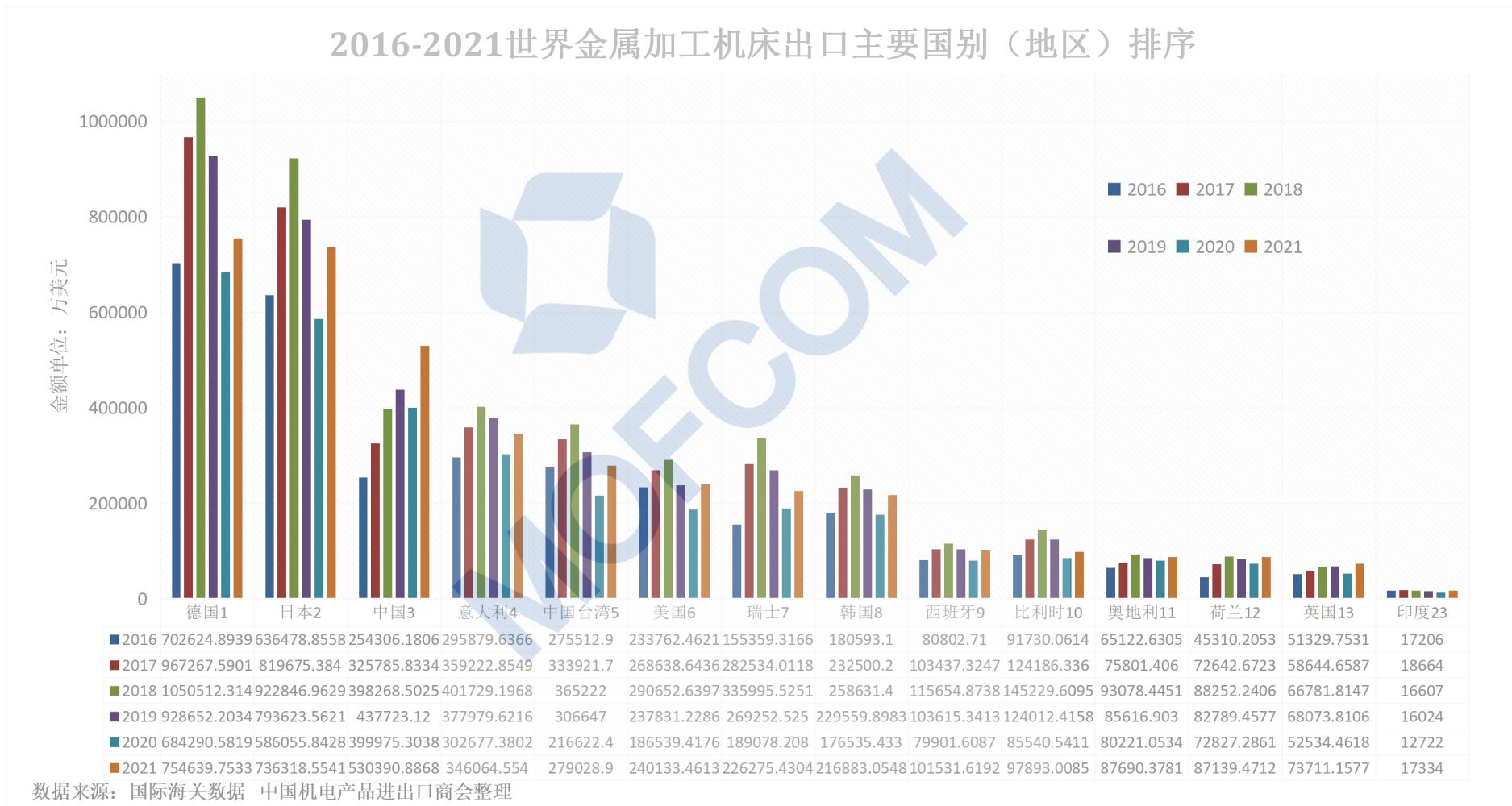


图 5 2016-2021 世界金属加工机床出口主要国别（地区）排序

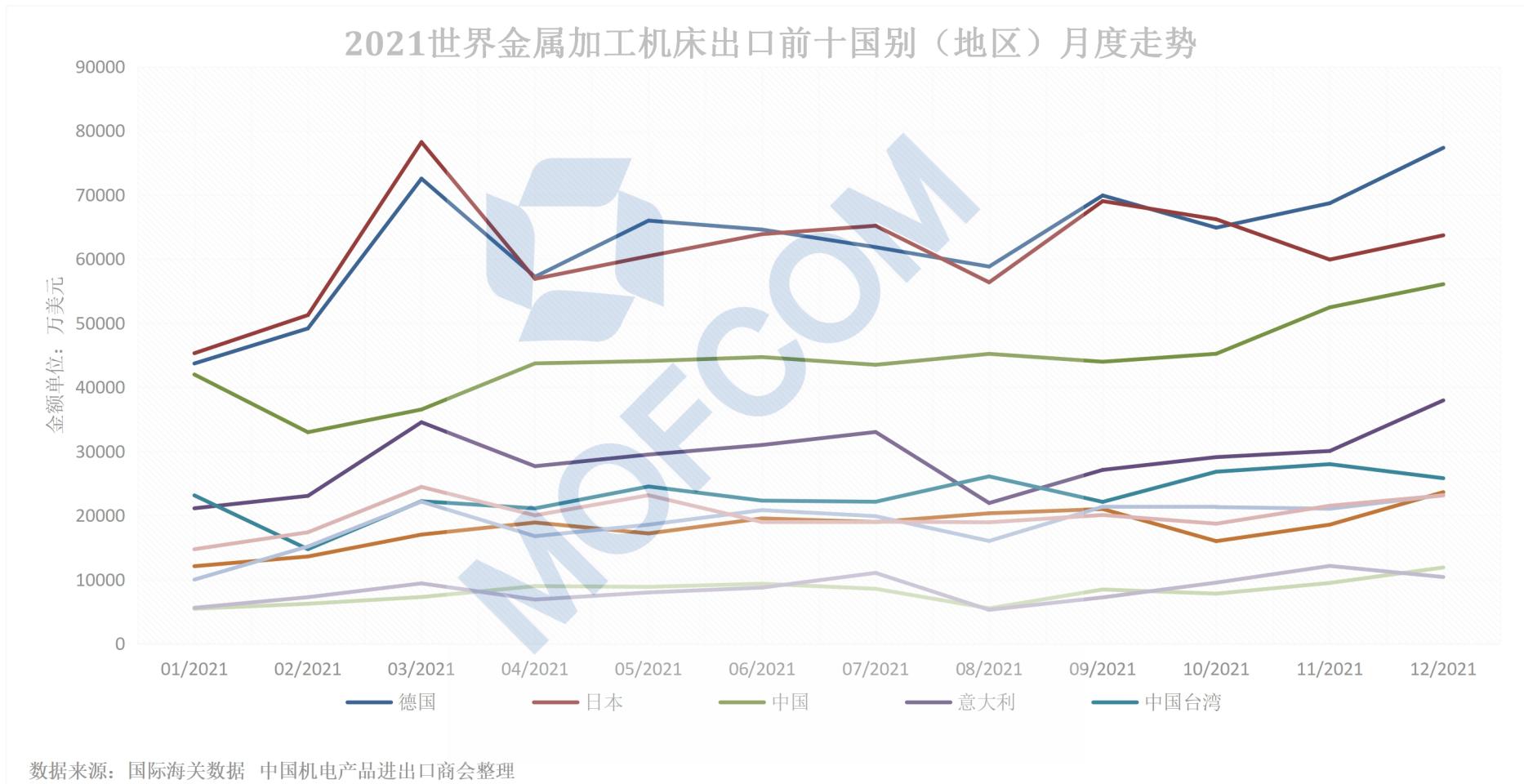


图 6 2021 世界金属加工机床出口前 10 国别（地区）月度走势

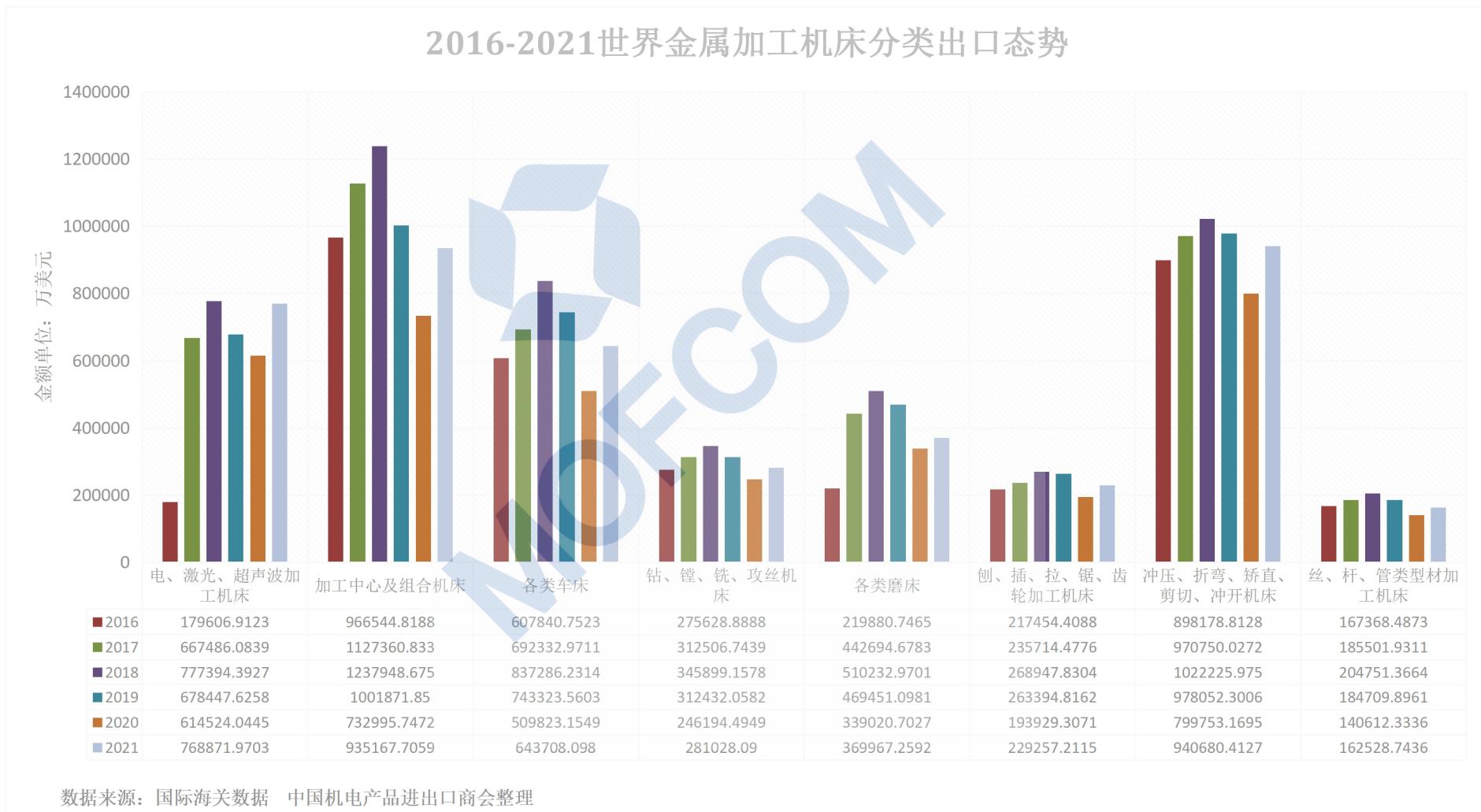


图 7 2016-2021 世界金属加工机床分类出口态势

2016-2021世界金属加工机床主要进口国别（地区）排序



数据来源：国际海关数据 中国机电产品进出口商会整理

图 8 2016-2021 世界金属加工机床主要进口国别（地区）排序

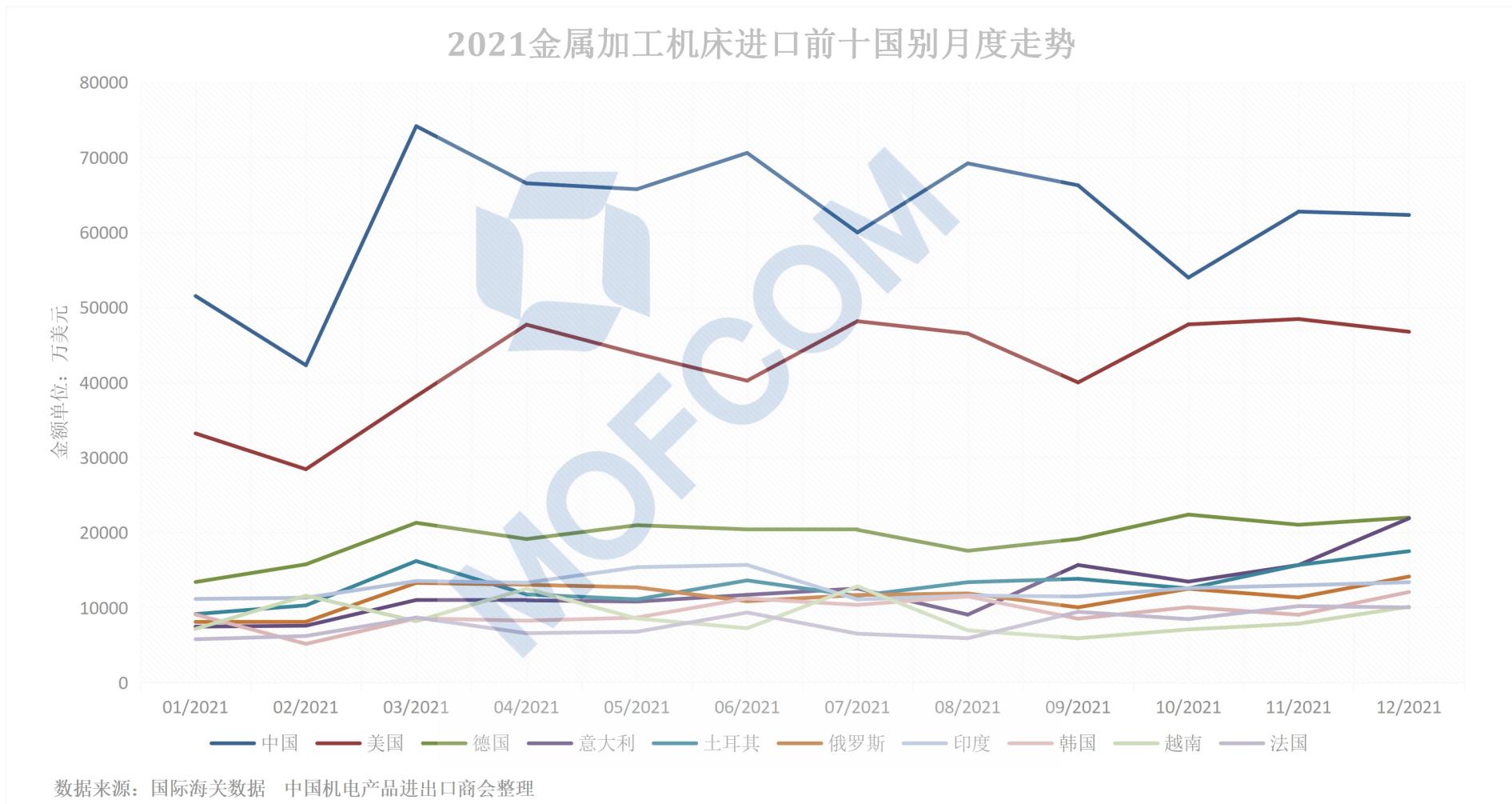


图 9 2021 金属加工机床进口前十国别月度走势

1.1.3 中国机床产业情况

自 2009 年起，中国跃居世界第一大机床生产国，同时继续保持迄今为世界最大机床消费国和进口国。强劲的制造业维持了强劲的内需市场，中国机床主要是满足国内市场。近几年，由于中国机床转型升级，出口规模呈现增长趋势，并且在 2018 年成为全球第三大机床出口国。2019 年因中美贸易战影响，2020 年受到新冠疫情冲击，使得近两年产值呈现下滑调整态势。

根据国家统计局公布数据显示，全国金属切削机床产量在 2016–2019 年呈现下降走势，2020–2021 年开始回暖。2021 年 1–12 月我国金属切削机床产量累计值 60.2 万台，同比增长 29.2%。2016–2026 中国金属切削机床产量及增长率统计详见图 10。



图 10 2016–2021 中国金属切削机床产量走势

Gardner Research 对中国机床生产趋势的分析预测见图 11，2021 年增长 7%，2022 年增长 10%。

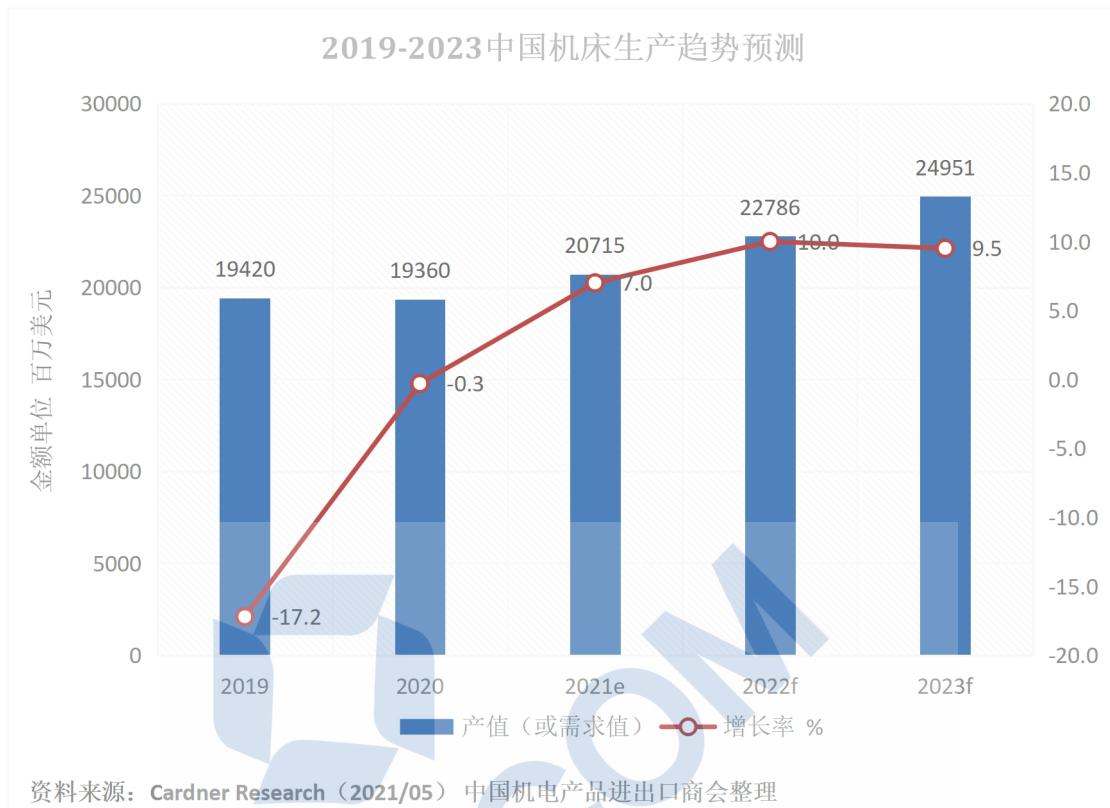


图 11 2019-2023 中国机床生产趋势预测

1.1.3.1 中国机床产业发展简述

中国机床产业的发展，经历了“十八罗汉”（见表 6）变迁和民营机床企业快速发展。在计划经济环境下，“十八罗汉”和“七所一院”快速建立了我国较完整的机床工具产业和科研体系，支撑了建国后直至 1978 年改革开放前我国的工业化发展，并为改革开放后制造业的快速发展奠定了坚实基础。近年来，“十八罗汉”经过多次改革，经营机制、管理体制、所有制结构都发生了很大变化。经过 40 多年发展变迁，曾经作为我国机床行业主力军的“十八罗汉”企业中，一部分改革创新稳定发展，如济南二机床已发展为世界三大数控冲压装备制造之一，同时还生产大重型金属切削机床，成为“中国名牌”；一部分企业仍在改革调整之中，例如，沈阳机床、大连机床、齐二机床等已进入中国通用技术集团，并与集团下属的北京机床研究所、哈尔滨量具刃具公司、天津一机床等共同组成了先进制造与技术服务主业中的机床板块；少数企业已经破产不再经营，如长沙机床厂。

表 6 “一五”时期布局的机床行业“十八罗汉”

序号	企业名称	专业产品分工
1	齐齐哈尔第一机床厂	立式车床
2	齐齐哈尔第二机床厂	铣床
3	沈阳第一机床厂	卧式车床、专用车床
4	沈阳第二机床厂	钻床、镗床
5	沈阳第三机床厂	六角车床、自动车床
6	大连机床厂	卧式车床、组合机床
7	北京第一机床厂	铣床
8	北京第二机床厂	牛头刨床
9	天津第一机床厂	插齿机
10	济南第一机床厂	卧式车床
11	济南第二机床厂	龙门刨床、机械压力机
12	重庆机床厂	滚齿机
13	南京机床厂	六角车床、自动车床
14	无锡机床厂	内圆磨床、无心磨床
15	武汉重型机床厂	工具磨床
16	长沙机床厂	牛头刨床、拉床
17	上海机床厂	外圆磨床、平面磨床
18	昆明机床厂	镗床、铣床

近 10 年来，一批民营数控机床企业异军突起，在国内外市场产生重要影响，如北京精雕、四川普什宁江、大连光洋/科德、上海拓璞、纽威数控(苏州)、宁波海天精工、武汉华中数控、广州数控等，它们是在数控机床行业国内外市场竞争中崛起的后起之秀，成为中国数控机床产业发展新的有生力量。另外，以市场

和用户需求为导向，东部沿海地区则形成了数控机床产业聚集区，如山东滕州中小机床之都、江苏泰州特种加工机床基地、浙江温岭工量具机床名城、浙江玉环经济型数控车床之都、浙江宁波模具之都、安徽博望刀具之乡等，它们为数控机床市场繁荣带来了新鲜的活力和特色。

1.1.3.2 04 专项的标志性成果

2009 年，对于中国机床发展具有重要意义和作用的 04 专项正式启动。“十一五”期间，通过支持 8 大类、57 种主机产品部署课题任务，重点解决“有无”问题；“十二五”期间，聚焦高档数控系统、功能部件及成套装备和生产线的研发；“十三五”期间，进一步重点聚焦航空航天、汽车两大领域，着力攻克数控系统与功能部件、可靠性和精度保持性技术、加工效率与工艺水平提升等问题。总体上，专项课题部署覆盖了实施方案确定的重点任务，涵盖了重点领域急需的关键制造装备，部分先进企业在专项实施过程中充分了解用户需求，由此催生出一批关键制造装备，具备了一定的国际竞争实力。在 04 专项支持下研制了一批高档数控机床和基础制造装备，标志性装备及相关技术成果如下：(1)航空领域大型关键成套制造装备。成功研制一批典型航空结构件加工所需的切削/成形装备，如 8 万吨(800MN)大型模锻压力机、龙门及卧式 5 轴联动加工中心、大型翻板卧式加工中心、复合材料铺带机和铺丝机等，填补了国内空白，实现了进口替代。(2)运载火箭大型特种制造装备。多主轴镜像铣削加工机床、大型龙门式 5 轴加工中心、重型 5 轴龙门式搅拌摩擦焊装备、自动化铆接装备等制造装备得到示范应用，掌握了核心关键技术，实现了自主可控，为载人航天、空间站工程和新一代运载火箭提供了有力支撑。(3)汽车大型快速高效全自动冲压生产线。形成了“汽车车身大型快速高效全自动冲压生产线”等优势技术和产品，装备了国内几乎所有自主品牌、合资品牌的汽车企业，国内市场占有率达 70% 以上，国际市场占有率达 30%，彻底摆脱了国产汽车高档冲压设备主要依赖进口的局面。(4)动力总成(汽车发动机)关键加工装备。面向动力总成的关键加工装备精密卧式加工中心实现 100% 数字化设计，突破了热误差综合补偿技术，可靠性大幅提升，国产数控系统和主要功能部件配套率显著提高。(5)发电设备重型制造装备。成功研制 3.6 万吨(360MN)黑色金属垂直挤压机、超重型立式车铣复合加工中心、重型桥式龙门 5 轴联动车铣复合机床等，为第三代核电提供了有效支撑。(6)大

型船舶制造装备。成功研制 25m 数控立柱移动立式铣车机床、大型组合式曲轴车铣复合机床，解决了国家重大工程急需，填补国内空白，我国船舶用高档数控重型机床已可满足船舶自主化制造的需求。(7) 光学元件超精密关键制造装备。突破了超精密制造机床关键技术，研制出主要技术指标达到国际先进水平的一批超精密加工关键装备，构建直接应用于国家重大光学工程的 3 条示范生产线，完成国家重大工程所需的典型光学元件试制。(8) 高档数控机床成套装备。成功研制出箱体类零件加工 FMC50 柔性制造单元、航天发动机关键件 FMS 生产线、高压油泵驱动单元凸轮轴智能生产线、汽车自动变速器齿轮(箱)数字制造工艺装备链、螺纹/螺杆数字制造工艺装备链、汽车轮毂智能制造岛、五轴机床铝合金肋板类卧式加工生产线等，在航空航天、汽车等领域实现应用。(9) 高档数控系统。多通道、多轴联动数控系统关键技术指标达到国际主流产品技术水平，功能与之相当，可靠性有效提升，打破国外数控系统产品一统天下的局面，实现了在航空航天重点企业的批量示范应用。(10) 高档数控机床功能部件及配套体系。高速、高精、重载滚珠丝杠和直线导轨产品性能及市场占有率均明显提高，功能部件配套体系逐步完善。(11) 关键领域所需成套刀具及成套装备。工具行业技术水平明显提升，研发能力和产业化能力明显增强，在航空和汽车行业基本具备刀具整体配套能力。

1.1.3.3 中国机床发展趋势

中国机床发展趋势，大致可归纳为以下几点：

1) 高性能：数控机床发展过程中，一直在努力追求更高的加工精度、切削速度、生产效率和可靠性。未来数控机床将通过进一步优化的整机结构、先进的控制系统和高效的数学算法等，实现复杂曲线曲面的高速高精直接插补和高动态响应的伺服控制；通过数字化虚拟仿真、优化的静动态刚度设计、热稳定性控制、在线动态补偿等技术大幅度提高可靠性和精度保持性。

2) 多功能：从不同切削加工工艺复合(如车铣、铣磨)向不同成形方法的组合(如增材制造、减材制造和等材制造等成形方法的组合或混合)，数控机床与机器人“机-机”融合与协同等方向发展；从“CAD-CAM-CNC”的传统串行工艺链向基于 3D 实体模型的“CAD+CAM+CNC 集成”一步式加工方向发展；从“机-机”

互联的网络化，向“人-机-物”互联、边缘/云计算支持的加工大数据处理方向发展。

3) 定制化：根据用户需求，在机床结构、系统配置、专业编程、切削刀具、在机测量等方面提供定制化开发，在加工工艺、切削参数、故障诊断、运行维护等方面提供定制化服务。模块化设计、可重构配置、网络化协同、软件定义制造、可移动制造等技术将为实现定制化提供技术支撑。

4) 智能化：通过传感器和标准通信接口，感知和获取机床状态和加工过程的信号及数据，通过变换处理、建模分析和数据挖掘对加工过程进行学习，形成支持最优决策的信息和指令，实现对机床及加工过程的监测、预报和控制，满足优质、高效、柔性和自适应加工的要求。“感知、互联、学习、决策、自适应”将成为数控机床智能化的主要功能特征，加工大数据、工业物联、数字孪生、边缘计算/云计算、深度学习等将有力助推未来智能机床技术的发展与进步。

5) 绿色化：技术面向未来可持续发展的需求，具有生态友好的设计、轻量化的结构、节能环保的制造、最优化能效管理、清洁切削技术、宜人化人机接口和产品全生命周期绿色化服务等。

适应市场需求的转变，针对性开发制造业转型升级及新发展所需的高性价比加工设备，在实现制造业升级与转型目标的同时，有效提升机床产业的设计与制造能力应该是不变的宗旨。

1.1.4 中国机床行业进出口情况

分析目前中国的机床消费市场发现，消费金额占比接近七成属于当地生产的部分，其中包括国外厂商在中国当地设厂生产后直接于当地销售，另外接近消费总值的三成来自直接进口。

进一步分析中国机床进口情况，在2018年中国积极推动传统产业转型升级与新兴产业发展，以及历经连续五季的机床产品产能过剩与库存的调节后，其进口呈现恢复的态势。2019年中美贸易战越演越烈，加上全球车市需求萎靡，造成机床需求衰减，仅有德国市占率提升，代表在需求低迷的情况下，仍然有其机床的刚性需求，四大进口来源国即占了中国机床进口市场约八成。2020年第一季爆发疫情后，第一季进口状况跌落谷底，不过第二季后部开始，中国车市回温、

3C 电子产品需求提升，且疫情相得到明显控制，使得 2020 年进口值跌幅小于预期，且跌幅主因在于进口国的产能缩小，年度机床进口整体处于低位运行。2021 年，进口机床强劲增长，进口额达到 74.5 亿美元，远超 2020 年进口额，并超过 2019 年数据。

图 12 表示中国进口金属加工机床与数控机床的走势及占比情况，2021 年较 2020 进口恢复明显，数控占比由 2016 年的 82.7% 一路下降到 2021 年的 71.2% 左右，应该在一定程度上反映了国产数控机床替代进口的趋势。

图 13 表示 2016–2021 年期间中国金属加工机床进口主要来源国（地区）排名，按照 2021 年金额排序，前 10 分别为：日本、德国、中国台湾、韩国、瑞士、意大利、新加坡、美国、奥地利与泰国，其后是西班牙、捷克、英国与法国。

图 14 表示 2016–2021 年期间中国数控金属加工机床进口主要来源国（地区）排名，按照 2021 年金额排序，国别（地区）与金属加工机床相同，仅是排序略有不同。前 10 分别为：日本、德国、中国台湾、瑞士、意大利、韩国、奥地利、美国、泰国与新加坡，其后是西班牙、捷克、法国与英国。

图 15 表示 2021 年中国金属加工机床进出口月度走势，趋势线表示进口与出口均处在明显上升区间，出口上升趋势更大。

图 16 表示 2016–2021 年中国金属加工及数控机床的出口情况，比较明显的是 2021 年中国机床出口较 2020 年有较大幅度增长，反映在遭受新冠疫情冲击后国际市场需求有所恢复，但数控机床出口占比一直不高，且自 2020 年开始低于 30% 后，2021 年并无明显改观。

图 17 表示中国机床主要出口市场情况，按照 2021 出口额排序，对亚洲国家越南、印度、泰国、马来西亚、印度尼西亚等国的出口排名基本维持稳定且呈总体上升局面。

图 18 表示数控机床的出口市场排名，其中，2021 对美国出口大幅下降、对印度与俄罗斯出口增长明显，其余市场排名与走势与金属加工机床基本保持一致。

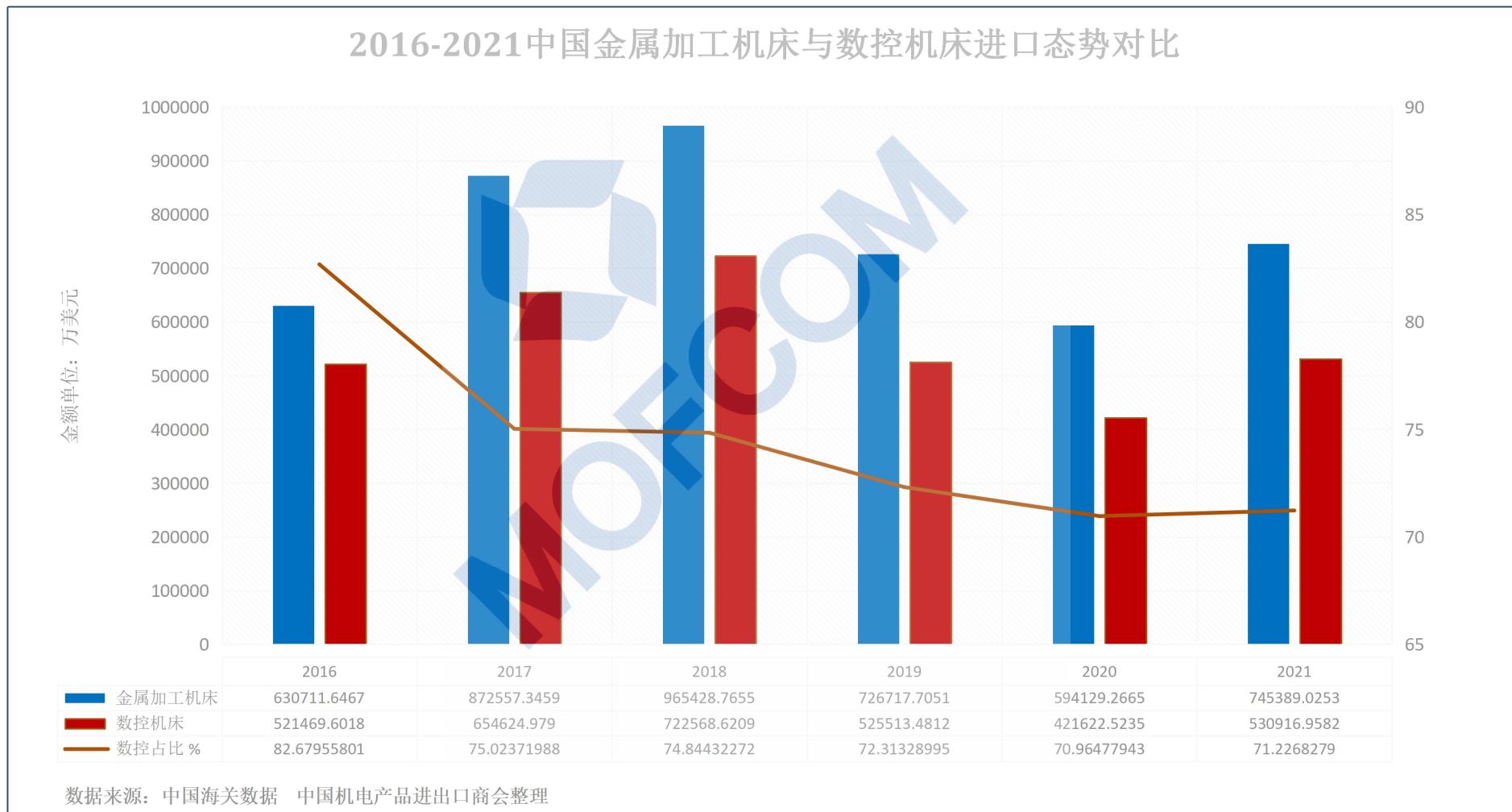


图 12 2016-2021 中国金属加工机床与数控机床进口态势对比

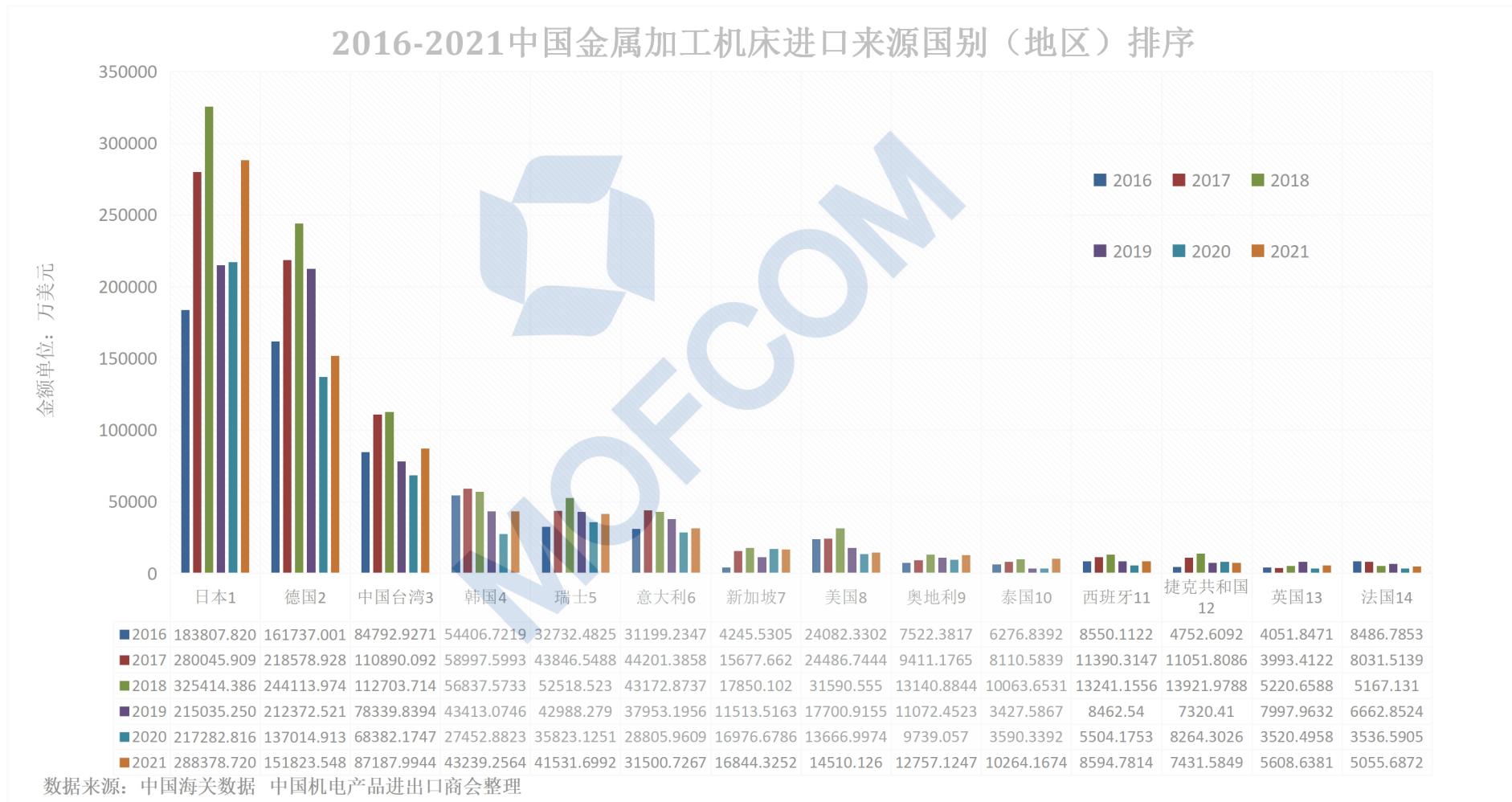


图 13 2016-2021 中国金属加工机床进口来源国别（地区）排序

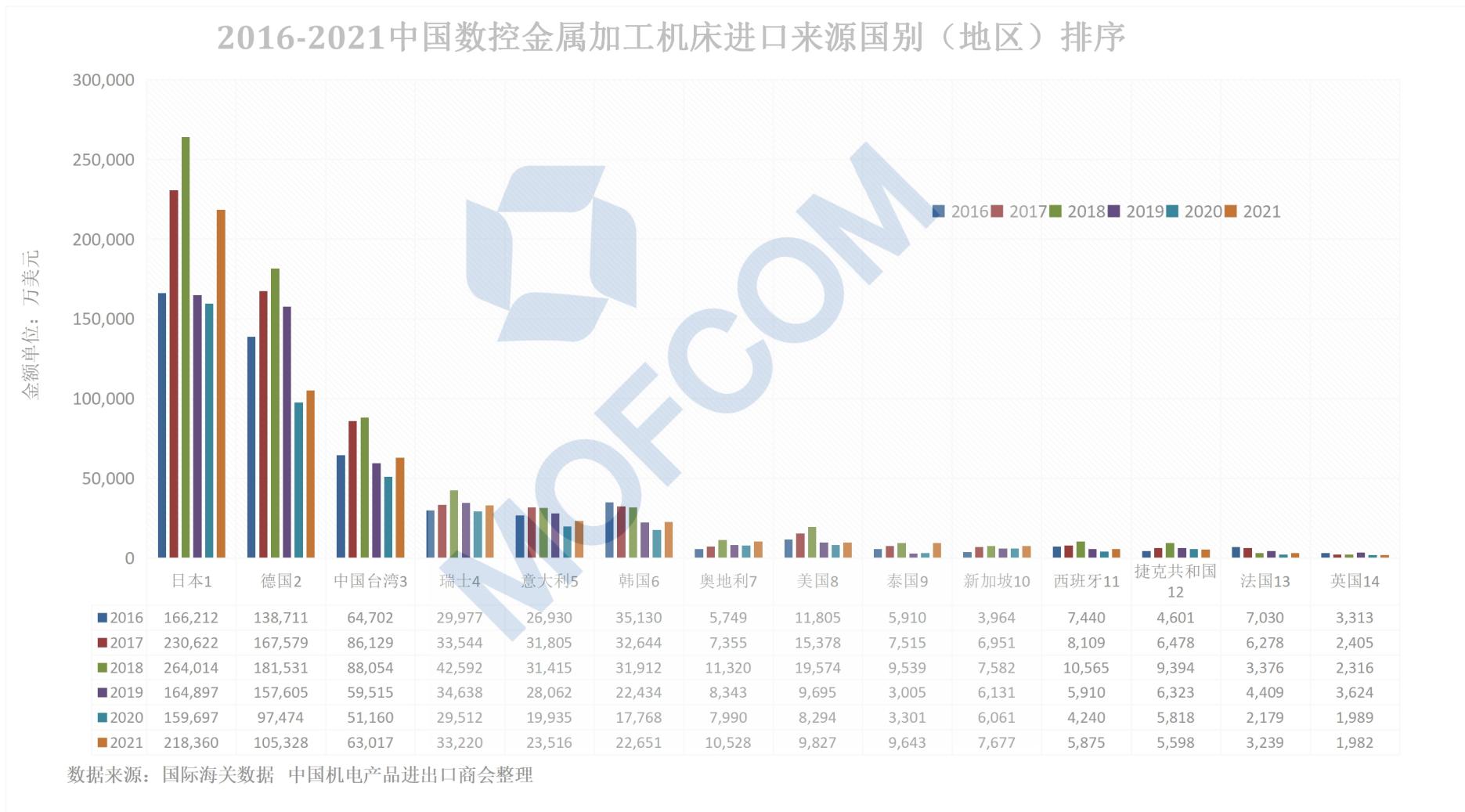


图 14 2016-2021 中国数控金属加工机床进口来源国别（地区）排序

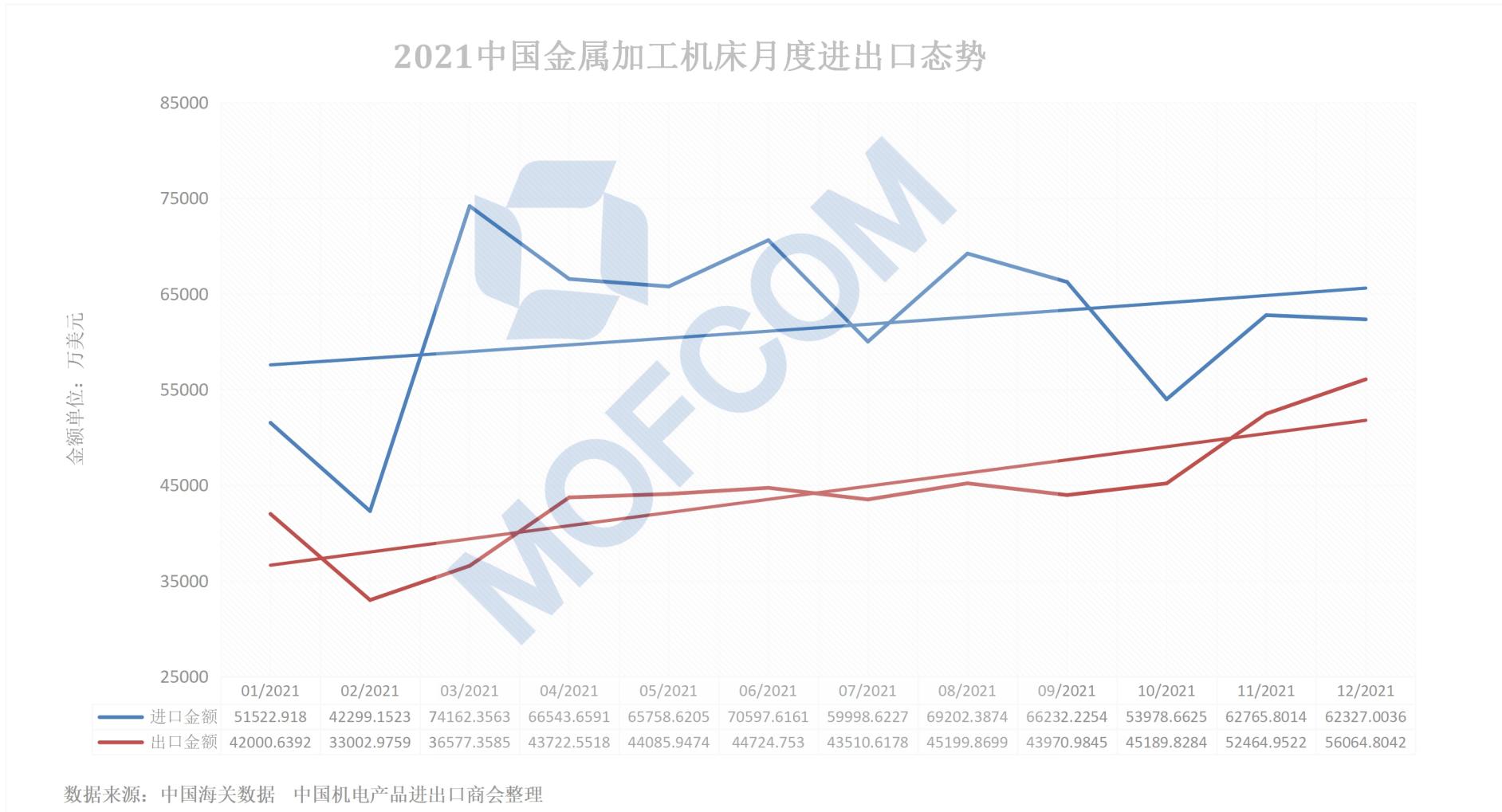
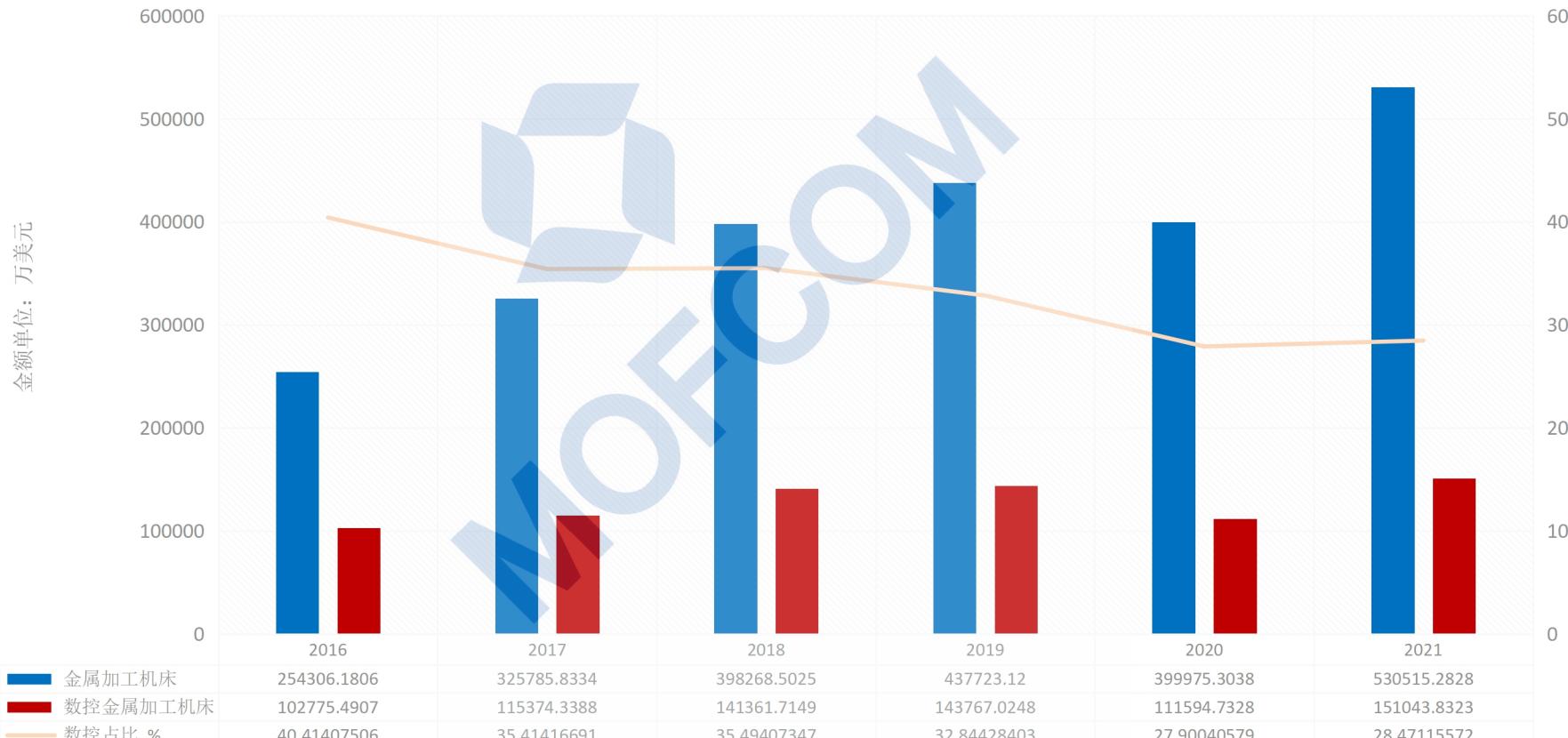


图 15 2021 中国金属加工机床进出口月度走势

2016-2021中国金属加工机床出口与数控机床出口态势对比



数据来源：中国海关数据 中国机电产品进出口商会整理

图 16 2016-2026 中国金属加工机床与数控机床出口态势对比

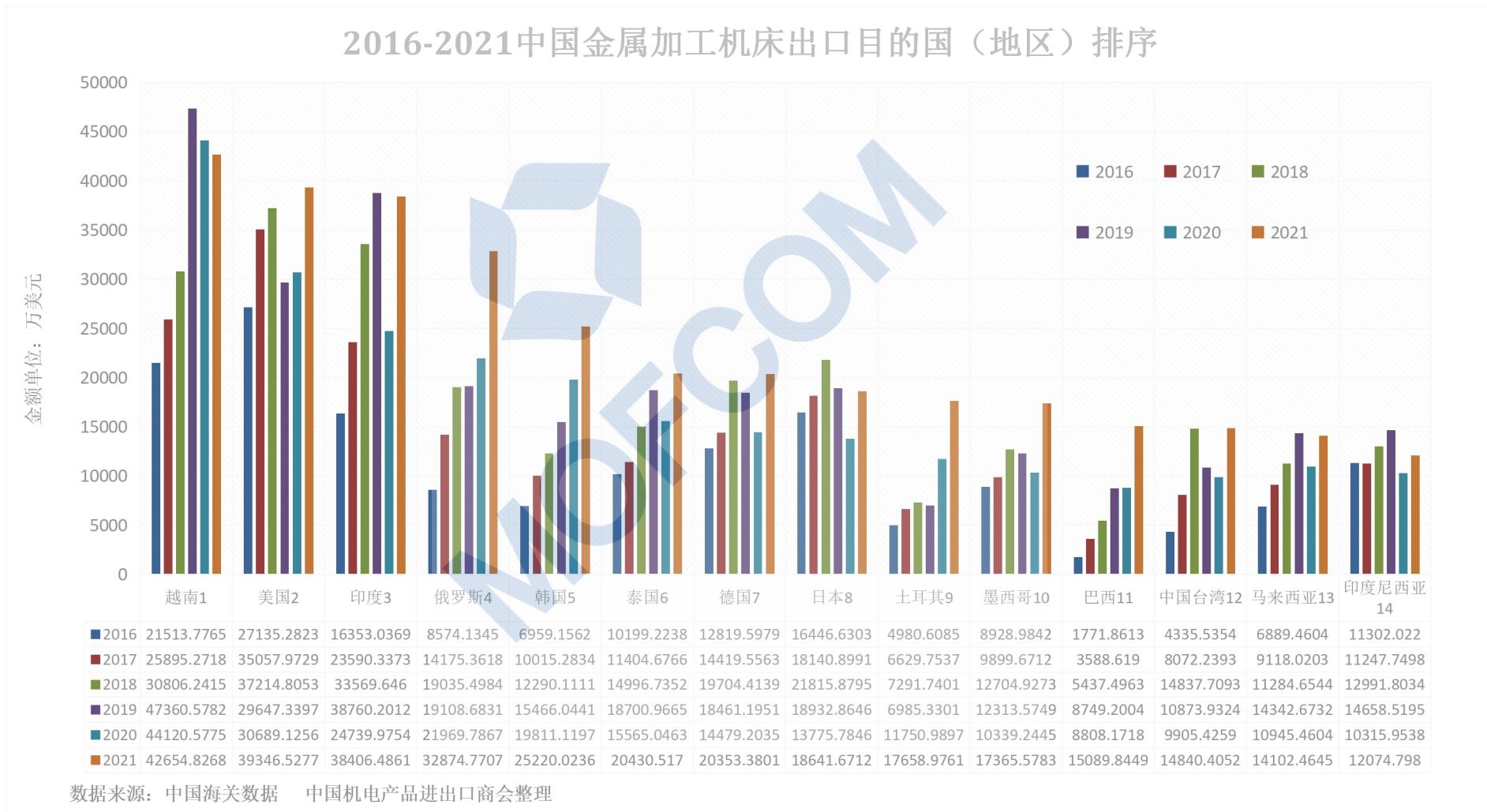


图 17 2016-2021 中国金属加工机床出口主要目的国别（地区）排序

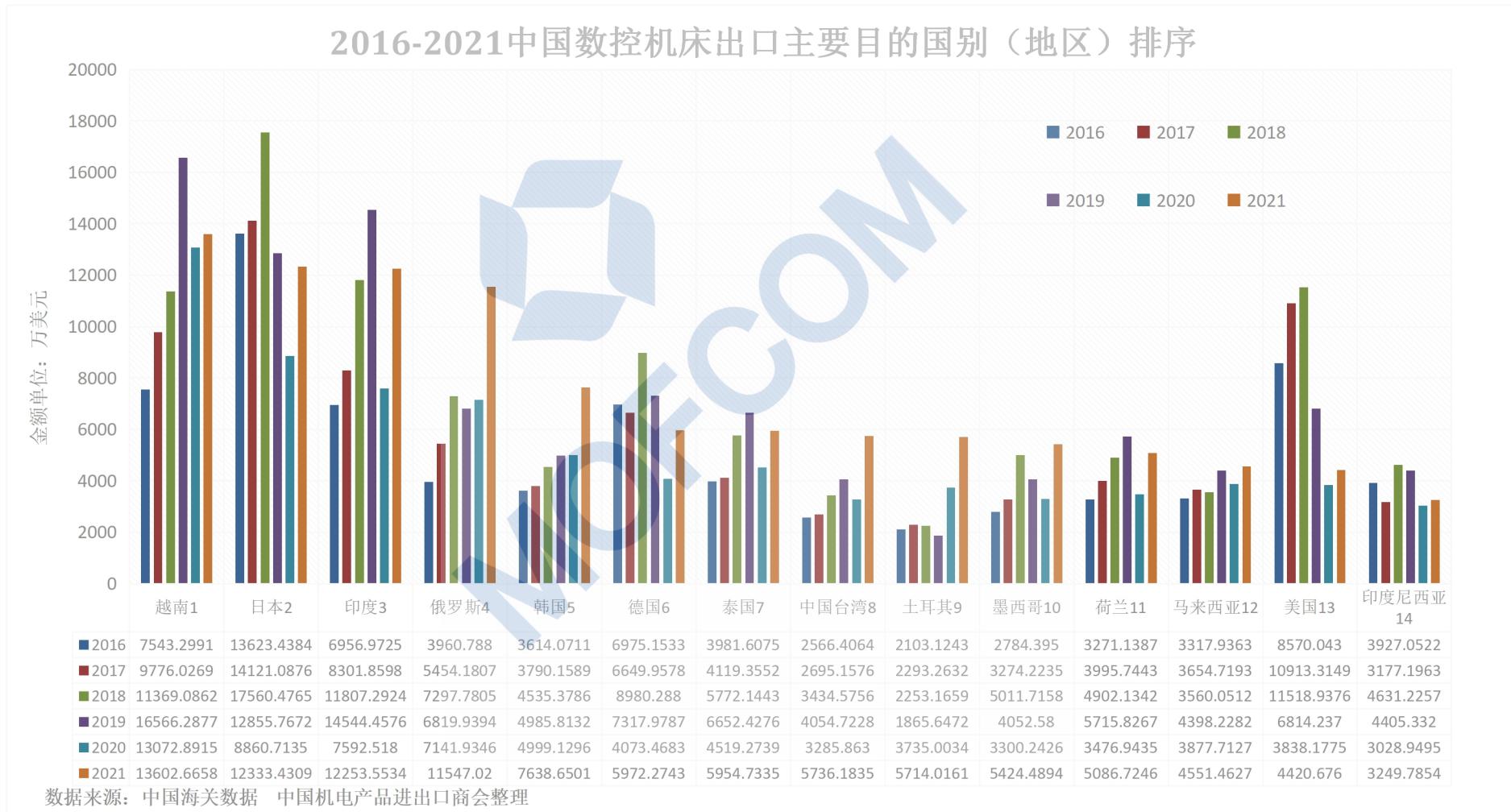


图 18 2016-2021 中国数控金属加工机床出口主要目的国别（地区）排序

针对东南亚市场方面，越南承接以中国为主的产业转移、出口导向与强化制造业政策对数控机床需求呈逐年扩大趋势，越南基础工业薄弱，大规模基础设施建设所需制造装备，主要为进口设备所提供，机床市场主要由进口产品占据，2021年是我机床出口的第一大市场。

印度作为人口大国，推行“印度制造”计划，鼓励吸引外来投资，促进本国制造对进口的替代，随着国防、汽车附件和铁路等重要装备制造行业需求的增长，带动机床市场需求不断增长；印度机床工业约有 450 家企业，其中大约 33%（约 150 家）具有政府背景，十家主要机床制造企业占据了印度机床的几乎 70% 的产值；印度机床具有较低的成本优势，2021 印度机床出口排名全球第 23 位（见图 5），印度目前是我机床出口第 3 大市场。

泰国的汽车制造工业为主要产业之一，是全球第九大、东盟第一大汽车制造商，汽车零配件制造企业超过 1800 家；2020 年泰国机床产品进口项目以金属成型机为主，占整体泰国机床消费金额的 25.5%；其次为金属辊轧机与磨床，分别占整体机床消费金额的 18.4% 与 10.4%，目前泰国在我机床出口市场中排名第 6 位。

2020 年马来西亚机床进口主要以汽车零配件所需的金属成型机床的占比最高，约占整体马来西亚机床消费金额的 23.9%；其次为综合加工机床、放电/激光/超声波加工机床等，占整体马来西亚机床消费金额的 15% 左右，2021 年马来西亚在我机床出口市场中排名第 13 位。

印度尼西亚机床主要用于汽车摩托车零部件产业，且金属板材冲压件在汽车零配件中占比超过 40% 以上，其大致可分为车身覆盖件、车身结构件与中小型冲压件等三大类；2020 年印尼机床产品进口项目以金属成型机为主，占整体印尼机床消费金额的 20.4%，其次为金属辊轧机与铸造机，分别占整体印尼机床消费的 18.8% 与 13.0%，2021 年印度尼西亚在我机床出口市场中排名第 14 位。

受到 2022 年 1 月 1 日 RCEP 协定生效驱动，域内国家制造业将得到进一步整合发展，机床需求将呈继续扩大趋势。

1.1.5 中国机床行业主要鼓励政策

根据我国国民经济“九五”计划至“十四五”规划，国家对数控机床行业的支持政策经历了从“改进机床质量”到“重视数控机床”再到“大力发展高端数控机床”的变化。“九五”计划(1996–2000年)时期，国家层面注重提升数控机床的性能；“十五”计划(2001–2005年)时期，国家将数控机床的发展放到重要位置；从“十一五”规划开始，规划明确了开发高档数控机床，研究数字化与智能化控制单元；“十二五”至“十三五”期间，规划明确了要大力发展数控机床，并突出了高端数控机床这一重点。到“十四五”时期，根据《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》，推动高端数控机床创新发展成为“十四五”时期的重要任务。自2015年以来发布了一系列国家重要政策。

2015年5月发布的“中国制造2025”是实施制造强国战略的第一个十年行动纲领，目标到2025年，中国制造业整体素质大幅提升，创新能力显著增强，全员劳动生产率明显提高，智能化、服务化、绿色化达到国际先进水平，中国进入世界制造强国的行列。开发一批精密、高速、高效、柔性数控机床与基础制造装备及集成制造系统，加快高档数控机床、增材制造等前沿技术和装备的研发以提升可靠性、精度保持性为重点，开发高档数控系统、伺服电机、轴承、光栅等主要功能部件及关键应用软件，加快实现产业化。

2015年12月发布的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》提出，实施智能制造工程，构建新型制造体系，促进新一代信息技术、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、生物医药及高性能医疗设备等产业发展壮大。

2015年12月《国家智能制造标准体系建设指南（2015年版）》明确了数控机床及设备标准，主要用于规范数字程序控制进行运动轨迹和逻辑控制的机床及设备，解决其过程、集成与协同以及在智能制造应用中的标准化问题。

2016年5月，《国家创新驱动发展战略纲要》提出，面向2020年，继续加快实施已部署的国家科技重大专项，聚焦目标，突出重点，攻克高端通用芯片、高档数控机床、集成电路装备、宽带移动通信、油气田、核电站、水污染治理、

转基因生物新品种、新药创制、传染病防治等方面的关键核心技术，形成若干战略性技术和战略性产品，培育新兴产业。

2016年9月，《智能制造工程实施指南（2016-2020）》提出“十三五”期间高档数控机床性能稳定性和质量可靠性达到国际同类产品水平，关键技术装备国内市场满足率超过50%，关键技术装备研制重点包括数控双主轴车铣磨复合加工机床；高速高效精密五轴加工中心；复杂结构件机器人数控加工中心；螺旋内齿圈拉床；高效高精数控蜗杆砂轮磨齿机；蒙皮镜像铣数控装备。

2017年11月《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，围绕数控机床、工业机器人、大型动力装备等关键领域，实现智能控、智能传感、工业级芯片与网络通信模块的集成创新，形成一系列具备联网、计算、优化功能的新型智能装备。

2017年12月《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划 2018-2020年》，提升高档数控机床与工业机器人的自检测、自校正、自适应、自组织能力和智能化水平。到2020年，高档数控机床智能化水平进一步提升，具备人机协调、自然交互、自主学习功能的新一代工业机器人实现批量生产及应用。

2018年10月《国家智能制造标准体系建设指南（2018年版）》，提出数控机床及设备标准包括智能化要求、语言与格式、故障信息字典等通用技术标准；互联互通互操作、物理映射模型、远程诊断及维护、优化与状态监控、能效管理、接口、安全通信等集成与协同标准；智能功能部件、分类与特性、智能特征评价、智能控制要求等制造单元标准》。

2018年11月《战略性新兴产业分类（2018）》提出，数控机床功能部件及附件制造是国家鼓励发展的方向之一。

2019年9月《关于促进制造业产品和服务质量提升的实施意见》，实施工业强基工程，努力解决基础零部件、电子元器件、工业软件等领域的薄弱环节，弥补质量短板，加快推进智能制造、绿色制造、提高生产过程的自动化、智能化水平，降低能耗、物耗和水耗。

2019年10月《产业结构调整指导目录（2019年本）》，将“高端数控机床及配套数控系统、五轴及以上联动数控机床、数控系统，高精密、高性能的切削刀具、量具量仪和磨料磨具”内的产品列为鼓励发展项目。

2019年10月《制造业设计能力提升专项行动计划（2019—2022年）》要求，到2022年，高档数控机、工业机器人、汽车、电力装备、石化装备、重型机械等行业，以及节能环保，人工智能等领域实现原创设计突破。

2020年10月《“工业互联网+安全生产”行动计划（2021—2023年）》提出，支持工业企业、重点园区在工业与联网建设中，将数字孪生技术应用于安全生产管理，实现关键设备全生命周期、生产工艺全流程的数字化、可视化、透明化，提升企业、园区安全生产数据管理能力。

2021年3月《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出，将进一步推动制造业优化升级，培育先进制造业集群，推动集成电路、航空航天、工程机械、高端数控机床等产业创新发展；同时提出发展壮大新兴产业，构建产业体系新支柱，聚焦新一代信息技术、高端装备、新能源汽车、航空航天等战略性新兴产业，加快关键核心技术创新应用，增强要素保障能力，培育壮大产业发展新动能。

2021年4月《“十四五”智能制造发展规划》（征求意见稿提出，到2025年，规模以上制造业企业基本普及数字化，重点行业骨干企业初步实现智能转型，到2035年，规模以上制造业企业全面普及数字化，骨干企业基本实现智能转型。

未来，科技创新将摆在更加突出的位置，推动企业主动融入基础研究、应用基础研究创新体系，针对工业母机、高端芯片、新材料、新能源汽车等加强关键核心技术攻关，努力打造原创技术“策源地”，肩负起产业链“链主”责任，开展补链强链专项行动，加强上下游产业协同，积极带动中小企业发展。

在数控机床的税收政策方面，我国主要经历了“鼓励进口数控机床设备”至“支持国产数控机床行业”的变化。根据2013年发布的《关于提高局部商品进口退税率的通知》，数控机床硬质合金刀具进口退税率提高到11%。2019年起，我国开始深化增值税改革，并以制造业为减税重点。取消进口设备免征增值税的政策也使国内机床行业的市场空间扩大，数控机床行业的进口替代进程加快。

2020年1月，财政部、工业和信息化部、海关总署、税务总局，能源局《重大技术装备进口税收政策管理办法》，对国内已能生产重大技术装备和产品，由工业和信息化部会同财政部、海关总署、税务总局、能源局制定《进口不予免税的重大技术装备和产品目录》后公布执行。

2020年6月，财政部、工业和信息化部、海关总署、税务总局、能源局发布关于适当延长《进口不予免税的重大技术装备和产品目录（2018年修订）》适用时间的通知，对该目录的适用时间做了延期处理。

1.1.6 需求驱动促进中国机床行业快速发展

以绿色化、智能化、高端化等为标志的国内外创新链、产业链、供应链变化需求，将为制造业将迎来新的发展机遇，并驱动中国机床行业快速发展。国内外业界普遍认为，中国用户的需求与市场的变化早已不同以往，更不同于全球其他任何市场，数字化、复合材料等多个新兴领域的快速反应和开放性视野、创新思维和技术需求已处于世界前列，加强本地化战略，建立研发中心，满足用户的个性化需要已成为其重要的战略选项。

绿色制造成为刚性需求。为实现中国“力争2030年前二氧化碳排放达到峰值，2060年前实现碳中和”的目标，推动经济实现“绿色复苏”，必须在能源、工业等众多领域展开快速和深远的改革。机床行业作为工业中重要的环节，必须在生产解决方案的全价值链达到碳中和、不断提高装备的能源效率等方面采取切实有效的行动，加速形成绿色生产方式。

智能+机床将形成规模。作为智能制造的主战场，机床工具行业正面临着全方位的深刻变革。不断推出的智能数控系统、管理软件和智能生产解决方案，有效促进“机床+互联网”的有机结合，同时叠加自主感知、自主学习的能力，达到提高效率、质量的目的；并为智能化工厂预留必要接口，促进全面的生产与管理的数字化升级。

中国汽车尤其是新能源汽车及零部件技术的发展正在进入快行线，数控机床将为此轮制造业发展的提供重要的核心装备。复合材料与轻量化是汽车技术转型升级的重要因素，如铝镁轻合金等有色金属材料、塑料聚合物材料、陶瓷材料、同密度与同弹性模量而工艺性能好与截面厚度较薄的高强度钢、连续挤压变截面型材、金属基复合材料板与激光焊接板材等。因应新材料与所衍生的加工技术，进行机床的重新设计与开发，并进一步与主机厂协同开发制造轻量化汽车所需的零部件，满足汽车产业结构升级所需的加工设备，是机床设计与开发的新选向。

航空航天、国防军工、清洁能源、高铁与船舶等重要装备制造业需求将促进国产高端数控机床的发展与应用。在进入可持续发展的经济新常态后，改变过去追求经济快速增长而大量引进中低端机床产品的作法，对于中高端机床零部件需求将快速增加。我国的机床企业在累积一定程度的机床开发与组装技术的基础上，将通过使用较高端的机床零部件发展出自制化的机床产品，以替代国外进口的中低端机床产品。

自主创新是国产机床的必经之路。随着新技术、新模式不断涌现，新的能量场、科技革命和产业变革加速演进，企业的外部环境呈现出多变和不确定性、复杂和模糊性，竞争的压力不断加大，成为企业创新的一大源动力。创新无疑是当今世界经济发展与社会进步最受关注的主题之一，并已成为经济发展的新引擎。坚持自主创新驱动发展，实现机床行业转型升级，形成高端化、智能化、绿色化产业模式，不仅是“十四五”规划对行业提出的发展目标、要求，也是国产机床行业的必经之路。中国机床行业将在中国统一大市场的高质量发展中获得丰厚的机会和回报。

2. 数控机床基本技术要求

2.1 概述

本指南所述系指：《中华人民共和国海关进出口税则 2021 版》中规定的数控金属切削机床，涉及的商品名称和代码见表 7：

表 7 数控金属切削机床海关编码（6 位）

产品描述	HS 码（6 位）
加工中心	845710
数控卧式车床	845811
其他数控车床	845891
数控钻床	845921
数控镗铣床	845931
数控镗床	845941

升降台式数控铣床	845951
其他数控铣床	845961
数控平面磨床	846012
数控无心磨床	846022
数控外圆磨床	846023
其他数控磨床	846024
数控刃磨机床	846031
数控齿轮加工机床	846140

数控机床作为机床技术发展有代表性的产品之一,受到了世界各国的广泛关注,数控机床验收的标准通常可以分为以下四大类:

- 精度检验标准;
- 安全标准;
- 制造和验收技术要求标准;
- 性能测试标准。

从国际上的使用情况看,精度检验标准和安全标准这两类标准是数控机床进行产品验收和进入市场必不可少的,所以以这两类标准说明数控机床检验和验收的相关技术要求。

2.2 定义和术语

数控机床 numerically-controlled machine tools, NC machine tools
按加工要求预先编制的程序,由控制系统发出数字信息指令对工件进行加工的机床。

注: 具有数控特性的各类机床均可称为相应的数控机床,如数控铣床、数控钻床等。

加工中心 machining centers ,NC machine tools with automatic tool changer

它是一种数控机床,主轴通常为卧式或立式结构,并具有两种或两种以上加

工方式（如铣削、镗削、钻削），通过加工程序能从刀库或类似存储单元进行自动换刀。在一定范围内，该机床也可进行人工控制。

2.3 数控机床精度检验要求

2.3.1 加工中心

2.3.1.1 卧式加工中心的几何精度检验要求

卧式加工中心的几何精度检验要求见表 8。

表 8 卧式加工中心的几何精度检验要求

ISO 10791-1:2015 加工中心检验条件 第 1 部分：卧式机床几何精度检验（水平 Z 轴）		
适用范围		
适用于具有三个线性数控轴线(X、Y、Z)，其中 X 轴行程至 5000mm、Y 轴行程至 3200mm、Z 轴行程至 2000mm。和一个回转轴线(B') 的卧式加工中心。也适用于旋转、倾斜和回转工作台的附加运动。		
序号	检验项目	公差 mm
G1	X 轴线运动的直线度： a) 在 XY 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) $X \leq 500$ a) 和 b) 0.010 $500 < X \leq 800$ a) 和 b) 0.015 $800 < X \leq 1250$ a) 和 b) 0.020 $1250 < X \leq 2000$ a) 和 b) 0.025 $2000 < X \leq 3200$ a) 0.050 b) 0.032 $3200 < X \leq 5000$ a) 0.065 b) 0.040 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.007。
G2	Z 轴线运动的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) $Z \leq 500$ 0.010 $500 < Z \leq 800$ 0.015

		$800 < Z \leq 1250$ 0.020 $1250 < Z \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.007。
G3	Y 轴线运动的直线度： a) 在 XY 垂直平面内； b) 在 YZ 垂直平面内。	a) 和 b) $Y \leq 500$ 0.010 $500 < Y \leq 800$ 0.015 $800 < Y \leq 1250$ 0.020 $1250 < Y \leq 2000$ 0.025 $2000 < Y \leq 3200$ 0.032 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.007。
G4	X 轴线运动的角度偏差： a) 在垂直于主轴轴线的 XY 垂直平面内（俯仰）； b) 在 ZX 水平面内（偏摆）； c) 在平行于主轴轴线的 YZ 垂直平面内（倾斜）。	a) 、 b) 和 c) $X \leq 2000$ 0.060/1000 (或 12 角秒) $2000 < X \leq 3200$ 0.065/1000 (或 13 角秒) $3200 < X \leq 5000$ 0.070/1000 (或 14 角秒) 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.016/1000 (或 16 微弧度或 3.2 角秒)。
G5	Z 轴线运动的角度偏差： a) 在平行于主轴轴线的 YZ 垂直平面内（俯仰）； b) 在 ZX 水平面内（偏摆）； c) 在垂直于主轴轴线的 XY 垂直平面内（倾斜）。	a) 、 b) 和 c) $Z \leq 2000$ 0.060/1000 (或 12 角秒) 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.016/1000 (或 16 微弧度或 3.2 角秒)。
G6	Y 轴线运动的角度偏差： a) 在平行于主轴轴线的 YZ 垂直平面内； b) 在垂直于主轴轴线 XY 垂直平面内；	a) 、 b) 和 c) $Y \leq 500$ 0.040/1000 (或 8 角秒) $500 < Y \leq 1250$ 0.050/1000 (或 10 角秒) $1250 < Y \leq 3200$ 0.060/1000 (或 12 角秒) 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.016/1000

	c) 在 ZX 水平面内。	(或 16 微弧度或 3.2 角秒)。
G7	Y 轴线运动和 X 轴线运动间的垂直度	Y≤2000 0.040/1000 (或 8 角秒) 2000<Y≤3200 0.050/1000 (或 10 角秒)
G8	Y 轴线运动和 Z 轴线运动间的垂直度	Y≤2000 0.040/1000 (或 8 角秒) 2000<Y≤3200 0.050/1000 (或 10 角秒)
G9	Z 轴线运动和 X 轴线运动间的垂直度	0.040/1000
G10	主轴的周期性轴向窜动	0.005
G11	主轴锥孔的径向跳动： a) 靠近主轴端部； b) 距主轴端部 300mm 处。	a) 0.010 b) 0.015
G12	主轴轴线和 Z 轴线运动间的平行度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 及 b) 0.050/1000 (0.015/300) (或 50 微弧度或 10 角秒)
G13	主轴轴线和 X 轴线运动间的垂直度	0.050/1000 (0.015/300) (或 50 微弧度或 10 角秒)
G14	主轴轴线和 Y 轴线运动间的垂直度	0.050/1000 (0.015/300) (或 50 微弧度或 10 角秒)
附录 A (规范性附录) 卧式非回转工作台		
AG1	工作台 ¹⁾ 表面和 X 轴运动间的平行度 ¹⁾ 固有工作台或在一个应有位置锁紧的代表性托板。	L≤500 0.020 500<L≤800 0.025 800<L≤1250 0.030 1250<L≤2000 0.040 2000<L≤3200 0.060 L 为工作台在 X 方向的长度。
AG2	工作台表面和 Z 轴运动间的平行度	W≤500 0.020

		$500 < W \leq 800 \quad 0.025$ $800 < W \leq 1250 \quad 0.030$ $1250 < W \leq 2000 \quad 0.040$ W 为工作台在 Z 方向的宽度。
AG3	工作台表面和 Y 轴运动间的平行度	a)、b) 和 c) $0.050/1000 \quad (0.015/300)$
AG4	工作台： a) 纵向中央或基准 T 形槽；或 b) 纵向定位孔的中心线（如果有）； 或 c) 纵向侧面定位器 和 X 轴线运动间的平行度。	a)、b) 和 c) 在 500 测量长度上 0.025。
AG5	工作台： a) 定位孔的中心线（如果有），或 b) 横向侧面定位器 和 Z 轴运动之间的平行度	a)、b) 和 c) 在 500 测量长度上 0.025。
附录 B (规范性附录) 饶 B9 轴回转工作台		
BG1	a) 工作台 ¹⁾ 定心孔的径向跳动（当工作台中心孔用于定位时）； b) 工作台表面 ²⁾ 的端面跳动 ¹⁾ 固有工作台或在一个应有位置锁紧的代表性托板。 ²⁾ 对于可分度的工作台，至少在相隔 90° 的 4 个位置上进行检验。	a) 0.025 b) $L \leq 500 \quad 0.030$ $500 < L \leq 800 \quad 0.040$ $800 < L \leq 1250 \quad 0.050$ $1250 < L \leq 2000 \quad 0.060$ L 为工作台或托板的较短边。
BG2	a) B' 轴回转工作台中间 T 型槽中心线或十字榫槽（结构存在时）中心线或校准孔之间连线交叉线的重合度	a) 和 b) 0.030

	b) B'轴回转工作台校准孔的等距度	
BG3	B'=0°， 工作台： a) 纵向中央或基准 T 形槽； 或 b) 纵向定位孔的中心线（如果有）； 或 c) 纵向侧面定位器 和 X 轴线运动间的平行度。	a)、 b) 和 c) 在 500 测量长度上 0.025。
BG4	B'=0°， 工作台： a) 校准孔中心线（结构存在时）， 或 b) 横向侧面定位器 对 Z 轴运动的平行度。	a) 和 b) 在 500 测量长度上 0.025。
BG5	工作台或拖板 B'轴回转轴线对 X 轴运动的 垂直度	0.030/1000 (=0.015/500)
BG6	工作台或拖板 B'轴回转轴线对 Z 轴运动的 垂直度	0.030/1000 (=0.015/500)
BG7	工作台或拖板 B'轴回转轴线对 Y 轴运动的 平行度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 XY 垂直平面内。	0.040/1000 (=0.020/500)
BG8	工作台 B'轴回转轴线和主轴轴线在同一 YZ 平面内预定位置上的误差（即在 X 方向 上测的偏差）	0.010
附录 C (规范性附录) 绕 B'轴回转和绕 A'轴倾斜工作台		
CG1	a) 工作台定心孔的径向跳动（当工作台中 心孔用于定位时）； b) 工作台表面 ¹⁾ 的端面跳动 ¹⁾ 固有工作台或在一个应有位置锁紧的代 表性托板。	a) 0.025 b) $L \leq 500 \quad 0.030$ $500 < L \leq 800 \quad 0.040$ $800 < L \leq 1250 \quad 0.050$ $1250 < L \leq 2000 \quad 0.060$ L 为工作台或托板的较短边。

CG2	a) B'轴回转工作台中间 T 型槽中心线或十字榫槽（结构存在时）中心线或校准孔之间连线交叉线的重合度 b) B'轴回转工作台校准孔的等距离	a) 和 b) 0.030
CG3	B'=0°， 工作台： ——纵向中央或基准 T 形槽； 或 ——纵向定位孔的中心线（如果有）； 或 ——纵向侧面定位器 和 X 轴线运动间的平行度： a) 工作台在水平位置 (A'=0°) b) 工作台在垂直位置 (A'=-90°)	所有型式： 在 500 测量长度上 0.025。
CG4	工作台在水平位置 (A'=0°, B'=0°)： a) 校准孔中心线（结构存在时），或 b) 横向侧面定位器 对 Z 轴运动的平行度。	——
CG5	工作台在垂直位置 (A'=-90°, B'=0°)： a) 校准孔中心线（结构存在时），或 b) 横向侧面定位器 对 Y 轴运动的平行度。	在 500 测量长度上 0.025。
CG6	工作台或拖板 B'轴回转轴线对 X 轴运动的垂直度： a) 工作台在水平位置 (A'=0°) b) 工作台在垂直位置 (A'=-90°)	a) 和 b) b) 0.040/1000
CG7	工作台或拖板 B'轴回转轴线，在水平位置 (A'=0° 时) 对 Z 轴运动的垂直度	0.040/1000
CG8	工作台或拖板 B'轴回转轴线，在垂直位置	0.040/1000

	($A'=-90^\circ$ 时) 对 Y 轴运动的垂直度	
CG9	工作台或拖板 B' 轴回转轴线, 在水平位置 ($A'=0^\circ$ 时) 对 Y 轴运动的平行度: a) 在 YZ 垂直平面内; b) 在 XY 垂直水平面内。	0.040/1000 (0.020/500)
CG10	工作台或拖板 B' 轴回转轴线, 在垂直位置 ($A'=-90^\circ$ 时) 对 Z 轴运动的平行度: a) 在 YZ 垂直平面内; b) 在 ZX 水平面内。	0.050/1000 (0.025/500)
CG11	工作台支架 A' 轴回转轴线对 X 轴运动的平行度: a) 在 ZX 水平面内; b) 在 XY 垂直水平面内。	0.050/1000
CG12	工作台 B' 轴回转轴线和倾斜支架的 A 轴线位于同一平面内 (工作台表面低于 A' 轴线, 只适合 A' 轴和 B' 轴之间名义上零补偿的机床和对补偿偏差没有补偿装置的机床)	0.030
CG13	工作台 B' 轴回转轴线和主轴轴线在同一 YZ 平面内预定位置上的误差 (即在 X 方向上测的偏差), 工作台在水平位置 ($A'=0^\circ$ 时)	0.010
CG14	工作台 B' 轴回转轴线和主轴轴线在同一预定位置上的误差, 工作台在垂直位置 ($A'=-90^\circ$ 时): a) 沿 X 轴水平方向; b) 沿 Y 轴垂直方向。	0.010
附录 D (规范性附录) 绕 A' 轴回转和绕 B' 轴回转摆动工作台		

DG1	<p>a) 工作台¹⁾ 定心孔的径向跳动（当工作台中心孔用于定位时）；</p> <p>b) 工作台表面的端面跳动</p> <p>¹⁾ 固有工作台或在一个应有位置锁紧的代表性托板。</p>	<p>a) 0.025</p> <p>b)</p> <p>$L \leq 500$ 0.030</p> <p>$500 < L \leq 800$ 0.040</p> <p>$800 < L \leq 1250$ 0.050</p> <p>$1250 < L \leq 2000$ 0.060</p> <p>L 为工作台或托板的较短边。</p>
DG2	<p>a) A' 轴回转工作台中间 T 型槽中心线或十字榫槽（结构存在时）中心线或定位孔之间连线交叉线的重合度</p> <p>b) A' 轴回转工作台定位孔的等距离</p>	<p>a) 和 b) 0.030</p>
DG3	<p>$B' = 90^\circ$, $A' = 0^\circ$ 时, 工作台(垂直于主轴轴线):</p> <p>——纵向中央或基准 T 形槽; 或</p> <p>——纵向定位孔的中心线（如果有）; 或</p> <p>——纵向侧面定位器</p> <p>和 X 轴线运动间的平行度。</p>	<p>所有型式:</p> <p>在 500 测量长度上 0.025。</p>
DG4	<p>$B' = 0^\circ$ 或 180°, $A' = 0^\circ$ 时, 工作台(平行于主轴轴线):</p> <p>——纵向中间或基准 T 型槽, 或</p> <p>——定位孔中心线（结构存在时）, 或</p> <p>——纵向侧面定位器</p> <p>对 Z 轴运动的平行度。</p>	<p>所有型式:</p> <p>在 500 测量长度上 0.025。</p>
DG5	<p>工作台在垂直位置 ($A' = -90^\circ$, $B' = 0^\circ$):</p> <p>——纵向定位孔的中心线（如果有）; 或</p> <p>——横向侧面定位器</p> <p>对 Y 轴运动的平行度:</p> <p>a) 工作台平行于于主轴轴线 ($B' = 0^\circ$ 或</p>	<p>所有型式:</p> <p>在 500 测量长度上 0.025。</p>

	180°) ; b) 工作台垂直于主轴轴线 ($B' = 90^\circ$) 。	
DG6	工作台或拖板 A' 轴回转轴线对 X 轴运动的垂直度(工作台垂直于主轴轴线, $B' = 90^\circ$)	0.040/1000
DG7	工作台或拖板 A' 轴回转轴线对 Z 轴运动的垂直度(工作台平行于主轴轴线, $B' = 0^\circ$ 或 $B' = 180^\circ$)	0.040/1000
DG8	工作台或拖板 A' 轴回转轴线对 Y 轴运动的垂直度: a) 工作台平行于于主轴轴线 ($B' = 0^\circ$ 或 $B' = 180^\circ$) ; b) 工作台垂直于主轴轴线 ($B' = 90^\circ$) 。	a) 和 b) 0.040/1000
DG9	工作台或拖板 A' 轴回转轴线对 Z 轴运动的平行度(工作台垂直于主轴轴线, $B' = 90^\circ$): a) 在 YZ 垂直平面内; b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) 0.040/1000 (0.020/500)
DG10	工作台或拖板 A' 轴回转轴线, 对 X 轴运动的平行度(工作台平行于主轴轴线, $B' = 0^\circ$ 或 $B' = 180^\circ$ 时): a) 在 YZ 垂直平面内; b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) 0.040/1000 (0.020/500)
DG11	旋转工作台 B' 轴回转轴线对 Y 轴运动的平行度: a) 在 XY 垂直水平面内; b) 在 YZ 垂直水平面内。	0.050/1000
DG12	回转工作台 A' 轴回转轴线和旋转工作的	0.030

	B'轴线位于同一平面内 (B'工作台位于A'轴工作台表面外侧, 只适合 A'轴和 B'轴之间名义上零补偿的机床和对补偿偏差没有补偿装置的机床)	
DG13	工作台 A'轴回转轴线和主轴轴线在同一 ZX 平面上预定位置上的误差 (即在 Y 方向上测的偏差), (工作台平行于主轴轴线, $B'=0^\circ$ 或 $B'=180^\circ$ 时)	0.010
DG14	工作台 A'轴回转轴线和主轴轴线在同一预定位置上的同心度 (工作台平行于 X 轴线) : a) 沿 X 轴水平方向; b) 沿 Y 轴垂直方向。	0.010

附录 E (资料性附录) 刀具主轴和夹持工件回转工作台轴线的误差运动

	检验项目		
	刀具主轴 (C 轴) 的回转轴线误差运动:	a)	b)
a) 径向误差运动, EXY (C) ; b) 轴向误差运动, EZ (C) c) 倾斜误差运动, EAB (C) 。			
公差 mm			
ER1	主轴最高转速的百分比: 10% 50% 100%		
	a) 总径向误差运动值, EXY (C)	—	—
	b) 总轴向误差运动值, EZ (C)	—	—
	c) 总倾斜误差运动值, EAB (C)	—	—
	如果主轴最低转速大于最高转速的 10%, 那么主轴应在最低转速下运行。 如果供应商/制造商和用户协议确定在机床验收时检验此项, 那么双方应同时确定相应的公差。		
ER2	检验项目		

	<p>夹持工件工作台回转轴线的误差运动：</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 在 X 方向径向误差运动, EXB; b) 在 Z 方向径向误差运动, EZB; c) 轴向误差运动, EYB; d) 绕 X 轴倾斜误差运动, EAB; e) 绕 Z 轴倾斜误差运动, ECB。 				
	公差 mm				
	主轴最高转速的百分比:				
	10% 50% 100%				
	<ul style="list-style-type: none"> a) 总径向误差运动值, EXB — — — b) 总径向误差运动值, EZB — — — c) 总轴向误差运动值, EYB — — — d) 总倾斜误差运动, EAB — — — e) 总倾斜误差运动, ECB — — — <p>如果工作台最低转速大于最高转速的 10%，那么工作台应在最低转速下运行。 如果供应商/制造商和用户协议确定在机床验收时检验此项，那么双方应同时确定相应的公差。</p>				
	附录 F (资料性附录) 回转工作台和倾斜工作台回转轴线的误差运动				
FR1	检验项目				
	夹持工件工作台 (B' 轴) 回转轴线的误差运动：				
	<ul style="list-style-type: none"> a) 在 X 方向径向误差运动 (EXB); b) 在 Z 方向径向误差运动 (EZB); c) 轴向误差运动 (EYB); d) 绕 X 轴倾斜误差运动 (EAB); e) 绕 Z 轴倾斜误差运动 (ECB)。 				
	公差 mm				
	项 目	顺时针		逆时针	
		静态	连续	静态	连续
	a) 在 X 方向径向误差运动 (EXB)	—	—	—	—
	b) 在 Z 方向径向误差运动 (EZB)	—	—	—	—
	c) 轴向误差运动 (EYB)	—	—	—	—
	d) 绕 X 轴倾斜误差运动 (EAB)	—	—	—	—

	e) 绕 Z 轴倾斜误差运动(ECB)	—	—	—	—
	公差应由供应商/制造商和用户协议确定。				
	检验项目				
	A'轴回转轴线的误差运动(工作台表面低于 A'轴):				
	a) 在 Y 方向径向误差运动(EYA); b) 在 Z 方向径向误差运动(EZA); c) 轴向误差运动(EXA); d) 绕 Y 轴倾斜误差运动(EBA); e) 绕 Z 轴倾斜误差运动(ECA)。				
FR2	公差 mm				
	项 目	顺时针		逆时针	
		静态	连续	静态	连续
	a) 在 Y 方向径向误差运动(EYA)	—	—	—	—
	b) 在 Z 方向径向误差运动(EZA)	—	—	—	—
	c) 轴向误差运动(EXA)	—	—	—	—
	d) 绕 Y 轴倾斜误差运动(EBA)	—	—	—	—
GR1	e) 绕 Z 轴倾斜误差运动(ECA)				
	公差应由供应商/制造商和用户协议确定。				
	附录 G (资料性附录) 回转工作台和摆动回转工作台回转轴线的误差运动				
	检验项目				
	夹持工件工作台 (A'轴) 回转轴线的误差运动:				
	a) 在 Y 方向径向误差运动(EYA); b) 在 Z 方向径向误差运动(EZA); c) 轴向误差运动(EXA); d) 绕 Y 轴倾斜误差运动(EBA); e) 绕 Z 轴倾斜误差运动(ECA)。				
	公差 mm				
		顺时针		逆时针	

	项目	静态	连续	静态	连续	
	a) 在 Y 方向径向误差运动 (EYA)	—	—	—	—	
	b) 在 Z 方向径向误差运动 (EZA)	—	—	—	—	
	c) 轴向误差运动 (EXA)	—	—	—	—	
	d) 绕 Y 轴倾斜误差运动 (EBA)	—	—	—	—	
	e) 绕 Z 轴倾斜误差运动 (ECA)	—	—	—	—	
公差应由供应商/制造商和用户协议确定。						
GR2	检验项目					
	(旋转轴线 B' 轴) 回转轴线的误差运动:					
	a) 在 X 方向径向误差运动 (EXB)；					
	b) 在 Z 方向径向误差运动 (EZB)；					
	c) 轴向误差运动 (EYB)；					
	d) 绕 X 轴倾斜误差运动 (EAB)；					
e) 绕 Z 轴倾斜误差运动 (ECB)。						
公差 mm						
	项目	顺时针		逆时针		
		静态	连续	静态	连续	
	a) 在 X 方向径向误差运动 (EXB)	—	—	—	—	
	b) 在 Z 方向径向误差运动 (EZB)	—	—	—	—	
	c) 轴向误差运动 (EYB)	—	—	—	—	
	d) 绕 X 轴倾斜误差运动 (EAB)	—	—	—	—	
	e) 绕 Z 轴倾斜误差运动 (ECB)	—	—	—	—	
公差应由供应商/制造商和用户协议确定。						

2.3.1.2 立式加工中心的几何精度检验要求

立式加工中心的几何精度检验要求见表 9。

表 9 立式加工中心的几何精度检验要求

ISO 10791-2:2001

加工中心检验条件 第 2 部分：立式或带垂直主回转头的万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）。

适用范围

适用于基本上具有三个数控轴线，即三个线性轴线（X、Y 和 Z）至 2000mm 的立式加工中心，也适用于滑枕、套筒或万能主轴头的附加运动，如：回转轴线（A'、B'、和 C'）。

序号	检验项目	公差 mm
G1	X 轴线运动的直线度： a) 在 ZX 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) $X \leq 500$ 0.010 $500 < X \leq 800$ 0.015 $800 < X \leq 1250$ 0.020 $1250 < X \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.007
G2	ZY 轴线运动的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 XY 水平面内。	a) 和 b) $Y \leq 500$ 0.010 $500 < Y \leq 800$ 0.015 $800 < Y \leq 1250$ 0.020 $1250 < Y \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.007
G3	Z 轴线运动的直线度： a) 在平行于 Y 轴线的 YZ 垂直平面内； b) 在平行于 X 轴线的 ZX 垂直平面内。	a) 和 b) $Z \leq 500$ 0.010 $500 < Z \leq 800$ 0.015 $800 < Z \leq 1250$ 0.020 $1250 < Z \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.007

G4	X 轴线运动的角度偏差: a) 在平行于移动方向的 ZX 垂直平面内（俯仰）； b) 在 XY 水平面内（偏摆）； c) 在垂直于移动方向的 YZ 垂直平面内（倾斜）。	a) 、 b) 和 c) 0.060/1000 (或 60 微弧度或 12 角秒)
G5	Y 轴线运动的角度偏差: a) 在平行于移动方向的 YZ 垂直平面内（俯仰）； b) 在 XY 水平面内（偏摆）； c) 在垂直于移动方向的 ZX 垂直平面内（倾斜）。	a) 、 b) 和 c) 0.060/1000 (或 60 微弧度或 12 角秒)
G6	Z 轴线运动的角度偏差: a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 ZX 垂直平面内； c) 在 XY 水平面内。	a) 、 b) 和 c) 0.060/1000 (或 60 微弧度或 12 角秒)
G7	Z 轴线运动和 X 轴线运动间的垂直度	在 500 测量长度上为 0.020。
G8	Z 轴线运动和 Y 轴线运动间的垂直度	在 500 测量长度上为 0.020。
G9	Y 轴线运动和 X 轴线运动间的垂直度	在 500 测量长度上为 0.020。
G10	a) 主轴的周期性轴向窜动； b) 主轴端面跳动。	a) 0.005 b) 0.010
G11	主轴锥孔的径向跳动： a) 靠近主轴端部； b) 距主轴端部 300 处。	a) 0.010 b) 0.020
G12	主轴轴线和 Z 轴线运动间的平行度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 及 b) 在 300 测量长度上为 0.015
G13	主轴轴线和 X 轴线运动间的垂直度	0.020/300
G14	主轴轴线和 Y 轴线运动间的垂直度	0.020/300

G15	工作台面的平面度	$L \leq 500$	0.020
		$500 < L \leq 800$	0.025
		$800 < L \leq 1250$	0.030
		$1250 < L \leq 2000$	0.040
		L 为工作台或托板的较短边。	
		局部公差：在任意 300 测量长度上	
		为 0.012	
G16	工作台面和 X 轴线运动间的平行度	$X \leq 500$	0.020
		$500 < X \leq 800$	0.025
		$800 < X \leq 1250$	0.030
		$1250 < X \leq 2000$	0.040
G17	工作台面和 Y 轴线运动间的平行度	$Z \leq 500$	0.020
		$500 < Z \leq 800$	0.025
		$800 < Z \leq 1250$	0.030
		$1250 < Z \leq 2000$	0.040
G18	<p>0° 位置时工作台^a的：</p> <p>a) 纵向中央或基准 T 形槽；或</p> <p>b) 纵向定位孔的中心线（如果有）；</p> <p>或</p> <p>c) 纵向侧面定位器</p> <p>和 X 轴线运动间的平行度。</p>	<p>a)、b) 和 c)</p> <p>在 300 测量长度上为 0.015</p>	
G19	<p>W 轴线运动的直线度：</p> <p>a) 在 YZ 垂直平面内；</p> <p>b) 在 ZX 垂直平面内。</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>在 300 测量长度上为 0.015</p>	
G20	<p>W 轴线运动和 Z 轴线运动间的平行度：</p> <p>a) 在 YZ 垂直平面内；</p> <p>b) 在 ZX 垂直平面内。</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>在 300 测量长度上为 0.025</p>	
附录 A (规范性附录) 任选水平轴			
AG1	主轴轴线和 X 轴线运动间的平行度：	a) 和 b)	

	a) 在 ZX 垂直平面内; b) 在 XY 水平面内。	在300测量长度上为 0.020
AG2	主轴轴线和 Y 轴线运动间的垂直度	0.025/300
AG3	主轴轴线和 Z 轴线运动间的垂直度	0.025/300
AG4	主轴轴线和 Y 轴线运动间的平行度： a) 在 XY 垂直平面内; b) 在 XY 水平面内。	a) 和 b) 在300测量长度上为 0.020
AG5	主轴轴线和 X 轴线运动间的垂直度	0.025/300
AG6	主轴轴线和 Z 轴线运动间的垂直度	0.025/300
附录 B (规范性附录) 回转主轴头		
BG1	主轴头旋转轴线对 XY 平面的垂直度(或对 XY 平面的平行度)	0.015/300
BG2	水平主轴轴线和回转主轴头的旋转轴线的相交度	0.030
附录 C (规范性附录) 回转摆动主轴头		
CG1	主轴头座旋转轴线 C 和 X 轴线运动间的垂直度	0.025/500
CG2	主轴头座旋转轴线 C 和 Y 轴线运动间的垂直度	0.025/500
CG3	主轴头旋转轴线 A 和主轴头座旋转轴线 C 间的垂直度	0.035/500
CG4	主轴轴线 S 和主轴头旋转轴线 A 间的垂直度	0.025/300
CG5	主轴头旋转轴线 S 和旋转轴线 A 处于同一平面内	0.020
CG6	沿 Z 轴方向处于垂直位置主轴轴线 S 和主轴头座旋转轴线 C 的重合度： a) 在包含 A 轴线和 C 轴线的 AC 平面内；	a) 0.015 b) 0.030

	b) 在垂直于 AC 平面的平面内。	
CG7	主轴头旋转轴线 A 和旋转轴线 C 处于同一平面内	0.020

2.3.1.3 加工中心的定位精度和重复定位精度检验要求

加工中心的定位精度和重复定位精度检验要求见表 10。

表 10 加工中心的定位精度和重复定位精度检验要求

ISO 10791-4:1998					
加工中心检验条件 第 4 部分：线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验					
适用范围					
适用于线性轴线行程至 2000mm 和具有回转轴线的加工中心。					
检 验 项 目	轴线的测量行程 mm				
	≤500	>500~800	>800~1250	>1250~2000	
允 差 mm					
双向定位精度 A	0.022	0.025	0.032	0.042	
单向定位精 A↑ 或 A↓	0.016	0.020	0.025	0.030	
双向重复定位精度 R	0.012	0.015	0.018	0.020	
单向重复定位精度 R↑ 或 R↓	0.006	0.008	0.010	0.013	
轴线的反向差值 B	0.010	0.010	0.012	0.012	
轴线的平均反向差值 \bar{B}	0.006	0.006	0.008	0.008	
双向定位系统偏差 E	0.015	0.018	0.023	0.030	
单向定位系统偏差 E↑ 或 E↓	0.010	0.012	0.015	0.018	
轴线的平均双向位置偏差范围 M	0.010	0.012	0.015	0.020	
回转轴线行程至 360 ° 的位置精度					
检 验 项 目	公差 ("")				
双向定位精度 A	28				

单向定位精度	A↑或A↓	22
双向重复定位精度	R	16
单向重复定位精度	R↑或R↓	8
轴线的反向差值	B	12
轴线的平均反向差值	\bar{B}	8
双向定位系统偏差	E	20
单向定位系统偏差	E↑或E↓	14
轴线的平均双向位置偏差范围	M	12

2.3.1.4 加工中心的工作精度检验要求

加工中心的工作精度检验要求的见表 11。

表 11 加工中心的工作精度检验要求

ISO 10791-7:2020 加工中心检验条件 第 7 部分：精加工试件精度检验		
适用范围		
规定了在精加工条件下标准试件的一系列切削检验要求，以及试件本身的特征和尺寸。适用于 3~5 轴的加工中心。		
试件的型式、规格、标记		
型 式	名 义 规 格 mm	试 件 标 记
M1 位置轮廓检验试件	80 160 320	试件 ISO 10791-7, M1-80 试件 ISO 10791-7, M1-160 试件 ISO 10791-7, M1-320
M2 端铣检验试件	80 160	试件 ISO 10791-7, M2-80 试件 ISO 10791-7, M2-160
M3 锥台检验试件	158 (圆锥半角) 458 (圆锥半角)	试件 ISO 10791-7, M3-158 试件 ISO 10791-7, M3-458
M4 三台阶正方形检验试件	80 160 320	试件 ISO 10791-7, M4-80 试件 ISO 10791-7, M4-160 试件 ISO 10791-7, M4-320
M5 自由曲面试件	310×210×80	试件材料为铝合金 由 100 个检测点组成“S”形连续曲面
工作精度检验		
序号	检 验 项 目	试 件 标 记

		M1-80	M1-160	M1-320		
		公差 mm				
M1	机床在不同运动条件下的性能，即：只有一个轴进给、两个线性轴插补和圆插补加工 5 个镗孔和一系列精加工轮廓。					
	注 1：本试件加工通常在机床 XY 平面内进行，但具有通用主轴箱时，也可在其它平面内进行。					
	注 2：M4 为 M1 的补充检验，检验回转和旋转轴线的位置精度。					
	中心孔	镗孔 C 的圆柱度	0.010	0.010		
		镗孔 C 轴线对基准 A 的垂直度	0.010	0.010		
	正方形	侧面 B 的直线度	0.005	0.015		
		侧面 F 的直线度				
		侧面 G 的直线度				
		侧面 H 的直线度				
		侧面 H 对基准 B 的垂直度	0.010	0.020		
		侧面 F 对基准 B 的垂直度				
		侧面 G 对基准 B 的平行度	0.010	0.020		
	菱形	侧面 K 的直线度	0.005	0.015		
		侧面 L 的直线度				
		侧面 M 的直线度				
		侧面 N 的直线度				
		与 B 面成 30° 角的侧面 K 对基准 B 的倾斜度	0.010	0.020		
		与 B 面成 60° 角的侧面 L 对基准 B 的倾斜度				
		与 B 面成 30° 角的侧面 M 对基准 B 的倾斜度				
		与 B 面成 60° 角的侧面 N 对基准 B 的倾斜度				
	圆	外圆 P 的圆度	0.015	0.020		
		外圆 P 对基准 C 的同心度	0.025	0.025		
	斜面	侧面 I 的直线度	0.005	0.015		
		侧面 J 的直线度				
		与 B 面成 3° 角的侧面 I 对基准 B 的倾斜度	0.010	0.020		
		与 B 面成 87° 角的侧面 J 对基准 B 的倾斜度				
		孔 D1 相对于基准 C 的位置度	0.050	0.050		
	镗孔	孔 D2 相对于基准 C 的位置度				
		孔 D3 相对于基准 C 的位置度				
		孔 D4 相对于基准 C 的位置度				
		内孔 E1 相对于外孔 D1 的同心度	0.020	0.020		

		内孔 E2 相对于外孔 D2 的同心度 内孔 E3 相对于外孔 D3 的同心度 内孔 E4 相对于外孔 D4 的同心度			
M2		检验项目	试件代号 M2-80 公差 mm	M2-160	
		通过双向二次切削，检验端铣精加工表面的平面度 如果机床有通用主轴箱，检验也可在其它平面上进行。 注：通常本试件加工通过一个沿 X 轴纵向运动和一个沿 Y 轴横向运动进行，但采用其它方法应按制造商/供应商和拥护之间的协议执行。			
		加工表面的平面度	0.020	0.030	
M3		检验项目	试件代号 M3-158 公差 mm	M3-458	
		在五轴同时进给运动时，采用侧铣方式加工锥形试件，检验五轴加工中心的切削性能 注：本检验也适用具有三个线性轴和二个回转轴的所有五轴加工中心。当用二个回转轴加工工件侧面时，Z 轴位置精度误差不影响检验结果。			
		圆锥上表面（距顶部 2mm） a) 圆度 圆锥下表面（距底部 2mm） b) 圆度	0.08	0.08	
		检验项目	试件代号 M4-80 公差 mm	M4-160 0.02	M4-320
M4		角度位置精度和回转轴线平均线位置精度 注 1：本检验适用于所有具有三个线性轴和二个回转轴的五轴加工中心。 注 2：试件可以按 M1 试件进行设计。 注 3：特征 2（中间正方形）可以用四轴加工中心加工，但不能用主轴箱具有两个回转轴线的加工中心进行加工。			
	顶部正方形	同 M1	同 M1	同 M1	同 M1
	中间正方形	侧面 Q 的直线度	0.012	0.015	0.02
		侧面 R 的直线度			
		侧面 S 的直线度			
		侧面 T 的直线度			
		对基准孔 C 的对称度	0.08	0.1	0.15
		侧面 Q 对基准 B 的垂直度	0.03	0.04	0.06
		侧面 S 对基准 B 的垂直度			
		侧面 R 对基准 B 的平行度			
		侧面 T 对基准 B 的平行度			
		L1 和 L2 的差值。其中，L1 是平面 Q 和 S 之间的距离，L2 是平面 R 和 T 之间的距离	0.1	0.12	0.18

底部正方形	侧面 Qb 的直线度 侧面 Rb 的直线度 侧面 Sb 的直线度 侧面 Tb 的直线度	0.012	0.015	0.02
	对基准孔 C 的对称度	0.08	0.1	0.15
	侧面 Qb 对基准 B 的垂直度	0.03	0.04	0.06
	侧面 Sb 对基准 B 的垂直度			
	侧面 Rb 对基准 B 的平行度			
	侧面 Tb 对基准 B 的平行度			
	L3 和 L4 的差值, 其中 L3 是 Qb 和 Sb 平面之间的距离, L4 是 Rb 和 Tb 平面之间的距离	0.1	0.12	0.18
径向孔	孔 U 相对于基准 A 的位置度	0.06	0.08	0.12
	孔 V 相对于基准 A 的位置度			
	孔 W 相对于基准 A 的位置度			
	孔 X 相对于基准 A 的位置度	0.04	0.06	0.09
	孔 U 相对于孔 W 的位置度			
	孔 V 相对于孔 X 的位置度			
附录 A 自由曲面试件的精度				
序号	检验项目	公差 mm		
M5	两直纹面相对于基准 A、B、C 的轮廓度	0.12		
	附加平面 D 的直线度 (可选)	0.05		

2.3.1.5 五轴联动卧式加工中心精度检验要求

五轴联动卧式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求见表 12。

表 12 五轴联动卧式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求

GB / T 34880. 1-2017		
五轴联动加工中心检验条件 第 1 部分：卧式机床精度检验		
适用范围		
本部分适用于线性轴线行程至 2000mm 的五轴联动卧式加工中心。		
序号	检验项目	公差 mm
G1	X 轴线运动的直线度： a) 在 XY 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) $X \leq 500$ 0.010 $500 < X \leq 800$ 0.015 $800 < X \leq 1250$ 0.020 $1250 < X \leq 2000$ 0.025

		局部公差：在任意 300 测量长度上 为 0.007
G2	Z 轴线运动的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) $Z \leq 500$ 0.010 $500 < Z \leq 800$ 0.015 $800 < Z \leq 1250$ 0.020 $1250 < Z \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意 300 测量长度上 为 0.007
G3	Y 轴线运动的直线度： a) 在 XY 垂直平面内； b) YZ 水平面内。	a) 和 b) $X \leq 500$ 0.010 $500 < X \leq 800$ 0.015 $800 < X \leq 1250$ 0.020 $1250 < X \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意 300 测量长度上 为 0.007
G4	X 轴线运动的角度偏差： a) 在垂直于主轴轴线的 XY 垂直平面 内（俯仰）； b) 在 ZX 水平面内（偏摆）； c) 在平行于主轴轴线的 YZ 垂直平面 内（倾斜）。	a) 、 b) 和 c) 0.060/1000 (或 $60 \mu\text{rad}$ 或 $12''$)
G5	Z 轴线运动的角度偏差： a) 在平行于主轴轴线的 YZ 垂直平面 内（俯仰）； b) 在 ZX 水平面内（偏摆）； c) 在垂直于主轴轴线的 XY 垂直平面 内（倾斜）。	a) 、 b) 和 c) 0.060/1000 (或 $60 \mu\text{rad}$ 或 $12''$)
G6	Y 轴线运动的角度偏差：	a) 、 b) 和 c)

	a) 在平行于主轴轴线的 YZ 垂直平面内; b) 在垂直于主轴轴线 XY 垂直平面内。	0.060/1000 (或 $60 \mu\text{rad}$ 或 $12''$)
G7	Y 轴线运动和 X 轴线运动间的垂直度	在 500 测量长度上为 0.020
G8	Y 轴线运动和 Z 轴线运动间的垂直度	在 500 测量长度上为 0.020
G9	Z 轴线运动和 X 轴线运动间的垂直度	在 500 测量长度上为 0.020
G10A	A 轴轴线和 X 轴线运动间的平行度 (转台面低于 A 轴中心) : a) 在 YX 垂直平面内; b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) 在 500 测量长度上为 0.030
G10B	A 轴轴线和 X 轴线运动间的平行度 (转台面高于 A 轴中心) : a) 在 YX 垂直平面内; b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) : $L \leq 500 \quad 0.040$ $500 < L \leq 800 \quad 0.050$ $800 < L \leq 1250 \quad 0.060$ $1250 < L \leq 2000 \quad 0.080$ L 为工作台或拖板的较短边的长度 或圆工作台直径。
G11	A 轴轴线和 Z 轴线运动间的垂直度。	0.030/500 500 为两侧点间的距离
G12	A 轴轴线和 Y 轴线运动间的垂直度。	0.030/500 500 为两侧点间的距离
G13A	A 轴轴线和 B 轴轴线运动间的垂直度 (转台面低于 A 轴中心)。	0.080/300
G13B	A 轴轴线和 B 轴轴线运动间的垂直度 (转台面高于 A 轴中心)。	0.080/300
G14	主轴的周期性轴向窜动。	0.005
G15	主轴锥孔的径向跳动: a) 靠近主轴端部; b) 距主轴端部 300 处。	整体主轴 附加主轴头主轴 a) 0.007 a) 0.010 b) 0.015 b) 0.020

G16	主轴轴线和 Z 轴线运动间的平行度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) 在 300 测量长度上为 0.015
G17	主轴轴线和 X 轴线运动间的垂直度	0.015/300 300 为两测点间的距离
G18	主轴轴线和 Y 轴线运动间的垂直度	0.015/300 300 为两测点间的距离
G19	工作台面的平面度 	$L \leq 500$ 0.020 $500 < L \leq 800$ 0.025 $800 < L \leq 1250$ 0.030 $1250 < L \leq 2000$ 0.040 L 为工作台或托板的较短边的长度 或圆工作台的直径。 工作台面不应中凸。 局部公差：在任意 300 测量长度上 为 0.012
G20	在互成 90° 的四个回转位置处工作台 ^a 面和 X 轴线运动间的平行度。 ^a 固有的回转工作台或一个在应有位置锁紧的代表性托板。	$X \leq 500$ 0.020 $500 < X \leq 800$ 0.025 $800 < X \leq 1250$ 0.030 $1250 < X \leq 2000$ 0.040
G21	在互成 90° 的四个回转位置处工作台 ^a 面和 Z 轴线运动间的平行度。 ^a 固有的回转工作台或一个在应有位置锁紧的代表性托板。	$Z \leq 500$ 0.020 $500 < Z \leq 800$ 0.025 $800 < Z \leq 1250$ 0.030 $1250 < Z \leq 2000$ 0.040
G22	在互成 90° 的四个回转位置处工作台 ^a 面和 Y 轴线运动间的垂直度： a) 在垂直于主轴轴线的 XY 垂直平面内； b) 在平行于主轴轴线的 YZ 垂直平面内。	a) 和 b) 0.015/300

	^a 固有的回转工作台或一个在应有位置锁紧的代表性托板。	
G23	<p>0°位置时工作台^a的：</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 纵向中央或基准 T 形槽；或 b) 纵向定位孔的中心线连线（如果有）；或 c) 纵向侧面定位器和 X 轴线运动间的平行度。 <p>^a 固有的回转工作台或一个在应有位置锁紧的代表性托板。</p>	<p>a) 、 b) 和 c)</p> <p>在 300 测量长度上为 0.015</p>
G24	<p>0°位置时工作台^a的：</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 横向定位孔的中心线连线（如果有）；或 c) 横向侧面定位器。和 Z 轴线运动间的平行度。 <p>^a 固有的回转工作台或一个在应有位置锁紧的代表性托板。</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>在 300 测量长度上为 0.015</p>
G25	<p>工作台中心孔和工作面跳动：</p> <p>a) 工作台^a中心孔径向跳动（当中心孔用于定位目的时）；</p> <p>b) 工作台^a工作面的端面跳动。</p>	<p>a) 0.025</p> <p>b) $L \leq 500$ 0.030 $500 < L \leq 800$ 0.040 $800 < L \leq 1250$ 0.050 $1250 < L \leq 2000$ 0.060</p> <p>L 为工作台或托板的较短边的长度或圆工作台的直径。</p>
G26	<p>工作台回转轴线与定为基准的相交度和等距度：</p> <p>a) 工作台^a回转轴线与：</p> <p>——纵向中央 T 形槽，或</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>0.030</p>

	<p>——两定位孔间,或</p> <p>——横向榫槽(如果有)的中心线的相交度;</p> <p>b) 定位孔与工作台^a回转轴线的等距离。</p> <p>^a 固有的回转工作台或一个在应有位置锁紧的代表性托板。</p>				
G27	<p>主轴轴向移动的直线度:</p> <p>a) 在 YZ 垂直平面内;</p> <p>b) 在 ZX 水平面内。</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>在300测量长度上为 0.020</p>			
G28	<p>滑枕移动的直线度:</p> <p>a) 在 YZ 垂直平面内;</p> <p>b) 在 ZX 水平面内</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>在 300 测量长度上为 0.015</p>			
G29	<p>主轴轴向移动和 Z 轴线运动间的平行度:</p> <p>a) 在 YZ 垂直平面内;</p> <p>b) 在 ZX 水平面内。</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>在300测量长度上为 0.025</p>			
G30	<p>滑枕移动和 Z 轴线运动间的平行度:</p> <p>a) 在 YZ 垂直平面内;</p> <p>b) 在 ZX 水平面内。</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>在300测量长度上为 0.025</p>			
线性轴线行程至 2000mm 的定位精度和重复定位精度公差					
序号	检验项目	轴线行程			
		X≤ 500	> 500~ 800	> 800~ 1250	> 1250 ~ 2000
公差					
1	双向定位精度 A	0.022	0.025	0.032	0.042
2	单向定位精度 A↑ 和 A↓	0.016	0.020	0.025	0.030
3	双向重复定位精度 R	0.012	0.015	0.018	0.020
4	单向重复定位精度 R↑ 和 R↓	0.006	0.008	0.010	0.013

5	反向差值	B	0.010	0.010	0.012	0.012
6	平均反向差值	B	0.006	0.006	0.008	0.012
7	双向定位系统偏差	E	0.015	0.018	0.023	0.030
8	单向定位系统偏差 E↑ 和 E↓		0.010	0.012	0.015	0.018
9	平均双向位置偏差范围 M		0.010	0.012	0.015	0.020

回转轴线行程至 360° 的定位精度和重复定位精度公差

序号	检验项目	公差 (")
1	双向定位精度 A	28
2	单向定位精度 A↑ 和 A↓	22
3	双向重复定位精度 R	16
4	单向重复定位精度 R↑ 和 R↓	8
5	反向差值 B	12
6	平均反向差值 B	8
7	双向定位系统偏差 E	20
8	单向定位系统偏差 E↑ 和 E↓	14
9	平均双向位置偏差范围 M	12

工作精度检验

M1：轮廓加工试件。

试件正方形；边长分别为 80、160、320，标记为 M1-80、M1-160、M1-320，共三种规格；材料为铸铁或铝。

M2：平面铣削试件。

试件长方形；80×(100~130)、160×(200~250)，共两种规格；材料供需双方协商。

M3：圆锥台试件。

试件底面直径、厚度、倾角、半顶角分别为 80×20×10°×15° 及 80×15×30°×45° 共两种规格；材料为铸铁或铝。

序号	检验项目	公差		
		80	160	320
M1	中心孔 基准孔 C 的圆柱度	0.010	0.010	0.015
	孔 C 轴线对基准面 A 的垂直度			

正方形	侧面 B、F、G、H 的直线度	0.005	0.008	0.015		
	侧面 H、F 对基准面 B 的垂直度	0.010	0.010	0.020		
	侧面 G 对基准面 B 平行度	0.010	0.010	0.020		
菱形	侧面 K、L、M、N 的直线度	0.005	0.008	0.015		
	30° 角的侧面 K 对基准面 B 的倾斜度	0.01	0.02			
	60° 角的侧面 L 对基准面 B 的倾斜度					
	30° 角的侧面 M 对基准面 B 的倾斜度					
	60° 角的侧面 N 对基准面 B 的倾斜度					
圆	轮廓圆 P 的圆度	0.015	0.015	0.020		
	外圆 P 对基准孔 C 的同轴度	0.025	0.025	0.025		
斜面	侧面 I、J 的直线度	0.005	0.008	0.015		
	3° 的斜面 I 对基准面 B 的倾斜度	0.010	0.010	0.020		
	93° 的斜面 J 对基准面 B 的倾斜度					
镗孔	孔 D1、D2、D3、D4 对基准孔 C 的位置度	0.005	0.005	0.005		
	内孔 E1 对外孔 D1 的同轴度	0.020	0.020	0.020		
	内孔 E2 对外孔 D2 的同轴度					
	内孔 E3 对外孔 D3 的同轴度					
	内孔 E4 对外孔 D4 的同轴度					
序号	检验项目	表面宽度	公差			
M2	加工面的平面度	80	0.02			
		160	0.03			
序号	检验项目	公差				
M3	圆锥上表面（距顶部 2 毫米）圆度	0.08				
	圆锥下表面（距底部 2 毫米）圆度					
附录 A 整体万能回转主轴头几何精度						
AG1	主轴头座旋转轴线 C 和 X 轴线运动间的垂直度。	0.025/500				
AG2	主轴头座旋转轴线 C 和 Y 轴线运动间的垂直度。	0.025/500				
AG3	主轴头旋转轴线 A 和主轴头座旋转轴线 C 间的垂直度。	0.035/500				

AG4	主轴轴线 S 和主轴头旋转轴线 A 间的垂直度。	0.040/500
AG5	主轴轴线 S 和主轴头旋转轴线 A 处于同一平面。	0.020
AG6	沿 Z 轴方向处于水平位置主轴轴线 S 和主轴头座旋转轴线 C 的重合度： a) 在包含 A 轴线和 C 轴线的 AC 平面内； b) 在垂直于 AC 平面的平面内。	a) 0.020 b) 0.030
AG7	主轴头旋转轴线 A 和主轴头座旋转轴线 C 相交度	0.020

2.3.1.6 五轴联动立式加工中心精度检验要求

五轴联动立式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求见表 13。

表 13 五轴联动立式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求

GB / T 34880. 2-2017		
五轴联动加工中心检验条件 第 2 部分：立式机床精度检验		
适用范围		
本部分适用于线性轴线行程至 2000mm 的五轴联动立式加工中心。		
序号	检验项目	公差 mm
G1	X 轴线运动的直线度： a) 在 ZX 垂直平面内； b) 在 XY 水平面内。	a) 和 b) $X \leq 500$ 0.010 $500 < X \leq 800$ 0.015 $800 < X \leq 1250$ 0.020 $1250 < X \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.007
G2	Y 轴线运动的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 XY 水平面内。	a) 和 b) $Y \leq 500$ 0.010 $500 < Y \leq 800$ 0.015 $800 < Y \leq 1250$ 0.020 $1250 < Y \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.007
G3	Z 轴线运动的直线度：	a) 和 b)

	a) 在平行于 X 轴线的 ZX 垂直平面内； b) 在平行于 Y 轴线的 YZ 垂直平面内。	$Z \leq 500$ 0.010 $500 < Z \leq 800$ 0.015 $800 < Z \leq 1250$ 0.020 $1250 < Z \leq 2000$ 0.025 局部公差：在任意300测量长度上为0.007
G4	X 轴线运动的角度偏差： a) 在平行于移动方向的 ZX 垂直平面内（俯仰）； b) 在 XY 水平面内（偏摆）； c) 在垂直于移动方向的 YZ 垂直平面内（倾斜）。	a) 、 b) 和 c) 0.060/1000 (或 $60 \mu\text{rad}$ 或 $12''$)
G5	Y 轴线运动的角度偏差： a) 在平行于移动方向的 YZ 垂直平面内（俯仰）； b) 在 XY 水平面内（偏摆）； c) 在垂直于移动方向的 ZX 垂直平面内（倾斜）。	a) 、 b) 和 c) 0.060/1000 (或 $60 \mu\text{rad}$ 或 $12''$)
G6	Z 轴线运动的角度偏差： a) 在平行于 Y 轴线的 YZ 垂直平面内（俯仰）； b) 在平行于 X 轴线的 ZX 垂直平面内（偏摆）； c) 在 XY 水平面内。（倾斜）	a) 、 b) 和 c) 0.060/1000 (或 $60 \mu\text{rad}$ 或 $12''$)
G7	Z 轴线运动和 X 轴线运动间的垂直度。	0.020/500
G8	Z 轴线运动和 Y 轴线运动间的垂直度。	0.020/500
G9	Y 轴线运动和 X 轴线运动间的垂直度。	0.020/500
G10	a) 主轴的周期性轴向窜动； b) 主轴端面跳动。	a) 0.005 b) 0.010
G11	主轴锥孔的径向跳动：	a) 0.010

	a) 靠近主轴端部; b) 距主轴端部 300 处。	b) 0.020
G12	主轴轴线和 Z 轴线运动间的平行度: a) 在 YZ 垂直平面内; b) 在 ZX 垂直面内。	a) 和 b) 在 300 测量长度上为 0.015
G13	主轴轴线和 X 轴线运动间的垂直度。	0.020/300 300 为两测点间的距离
G14	主轴轴线和 Y 轴线运动间的垂直度。	0.020/300 300 为两测点间的距离
G15	工作台 ^a 面的平面度 ^a 固定工作台、回转工作台或一个在应有位置上锁紧的代表性托板。	L≤500 0.020 500<L≤800 0.025 800<L≤1250 0.030 1250<L≤2000 0.040 L 为工作台或托板的较短边, 或圆工作台直径。 局部公差: 在任意 300 测量长度上为 0.012
G16	工作台面 ^a 和 X 轴线运动间的平行度 ^a 固定工作台、回转工作台或一个在应有位置上锁紧的代表性托板。	X≤500 0.020 500<X≤800 0.025 800<X≤1250 0.030 1250<X≤2000 0.040
G17	工作台面 ^a 和 Y 轴线运动间的平行度 ^a 固定工作台、回转工作台或一个在应有位置上锁紧的代表性托板。	Y≤500 0.020 500<Y≤800 0.025 800<Y≤1250 0.030 1250<Y≤2000 0.040
G18	0°位置时工作台 ^a 的: a) 纵向中央或基准 T 形槽; 或 b) 纵向定位孔的中心线(如果有); 或 c) 纵向侧面定位器。	a) 、 b) 和 c) 在 300 测量长度上为 0.015

	和 X 轴线运动间的平行度。 ^a 固定工作台、回转工作台或一个在应有位置上锁紧的代表性托板。	
G19	工作台中心孔和工作面跳动： a) 工作台 ^a 中心孔的径向跳动（当中心孔用于定位目的时）； b) 工作台工作面的端面圆跳动 ^b 。 ^a 固定工作台、回转工作台或一个在应有位置上锁紧的代表性托板。 ^b 对于分度工作台，至少应在互成 90° 的四个位置检验。	a) 0.025 b) $L^c \leq 500$ 0.030 $500 < L \leq 800$ 0.040 $800 < L \leq 1250$ 0.050 $1250 < L \leq 2000$ 0.060 L 为工作台或托板的较短边，或圆工作台直径。
G20	工作台回转轴线与定为基准的相交度和等距度： a) 工作台回转轴线与： ——纵向中央 T 形槽，或 ——两定位孔间，或 ——横向榫槽（如果有）的中心线的相交度； b) 定位孔与工作台回转轴线的等距度。 ^a 固定工作台、回转工作台或一个在应有位置上锁紧的代表性托板。	0.030
G21	旋转轴线 A 和 Y 轴线运动间的垂直度	0.015/300
G22	旋转轴线 A 和 Z 轴线运动间的垂直度	0.015/300
G23	旋转轴线 C 和 X 轴线运动间的垂直度	a) 和 b) 0.015/300
G24	旋转轴线 C 和旋转轴线 A 间的垂直度。	0.015/300
G25	旋转轴线 C 和旋转轴线 A 在同一平面内的相交度。	0.020
G26	旋转轴线 A 和 X 轴线运动间的平行度。	a) 和 b) 在任意 300 测量长度上为 0.015

线性轴线行程至 2000mm 的定位精度和重复定位精度公差 (单位为毫米)											
序号	检 验 项 目	轴线的测量行程				公 差					
		≤500	>500~800	>800~1250	>1250~2000						
		公 差									
1	双向定位精度 A	0.022	0.025	0.032	0.042						
2	单向定位精度 $A \uparrow$ 和 $A \downarrow$	0.016	0.020	0.025	0.030						
3	双向重复定位精度 R	0.012	0.015	0.018	0.020						
4	单向重复定位精度 $R \uparrow$ 和 $R \downarrow$	0.006	0.008	0.010	0.013						
5	轴线的反向差值 B	0.010	0.010	0.012	0.012						
6	平均反向差值 \bar{B}	0.006	0.006	0.008	0.008						
7	双向定位系统偏差 E	0.015	0.018	0.023	0.030						
8	单向定位系统偏差 $E \uparrow$ 和 $E \downarrow$	0.010	0.012	0.015	0.018						
9	轴线的平均双向位置偏差范围 M	0.010	0.012	0.015	0.020						
回转轴线行程至 360° 的定位精度和重复定位精度公差 (单位为角秒)											
序号	检 验 项 目	公差									
1	双向定位精度 A	28									
2	单向定位精度 $A \uparrow$ 和 $A \downarrow$	22									
3	双向重复定位精度 R	16									
4	单向重复定位精度 $R \uparrow$ 和 $R \downarrow$	8									
5	最大反向差值 B	12									
6	平均反向差值 \bar{B}	8									
7	双向定位系统偏差 E	20									
8	单向定位系统偏差 $E \uparrow$ 和 $E \downarrow$	14									
9	轴线的平均双向位置偏差范围 M	12									
工作精度检验											
M1：轮廓加工试件。											
试件正方形；边长分别为 80、160、320，标记为 M1-80、M1-160、M1-320，共三种规格；材料为铸铁或铝。											
M2：平面铣削试件。											
试件长方形； $80 \times (100 \sim 130)$ 、 $160 \times (200 \sim 250)$ ，共两种规格；材料供需双方协商。											
M3：圆锥台试件。											
试件底面直径、厚度、倾角、半顶角分别为 $80 \times 20 \times 10^\circ \times 15^\circ$ 及 $80 \times 15 \times 30^\circ \times 45^\circ$ 共两种规格；材料为铸铁或铝。											
序号	检 验 项 目	公差									

			80	160	320					
M1	中心孔	基准孔 C 的圆柱度	0.010	0.010	0.015					
		孔 C 轴线对基准面 A 的垂直度								
	正方形	侧面 B、F、G、H 的直线度	0.005	0.008	0.015					
		侧面 H、F 对基准面 B 的垂直度	0.010	0.010	0.020					
		侧面 G 对基准面 B 平行度	0.010	0.010	0.020					
	菱形	侧面 K、L、M、N 的直线度	0.005	0.008	0.015					
		30° 角的侧边 K 对基准面 B 的倾斜度	0.01	0.02						
		60° 角的侧边 L 对基准面 B 的倾斜度								
		30° 角的侧边 M 对基准面 B 的倾斜度								
		60° 角的侧边 N 对基准面 B 的倾斜度								
	圆	轮廓圆 P 的圆度	0.015	0.015	0.020					
		外圆 P 对基准孔 C 的同轴度	0.025	0.025	0.025					
	斜面	侧面 I、J 的直线度	0.005	0.008	0.015					
		3° 的斜面 I 对基准面 B 的倾斜度	0.010	0.010	0.020					
		93° 的斜面 J 对基准面 B 的倾斜度								
	钻孔	孔 D1、D2、D3、D4 对基准孔 C 的位置度	0.005	0.005	0.008					
		内孔 E1 关于外孔 D1 的同轴度	0.010	0.010	0.020					
		内孔 E2 关于外孔 D2 的同轴度								
		内孔 E3 关于外孔 D3 的同轴度								
		内孔 E4 关于外孔 D4 的同轴度								
序号	检验项目		表面宽度	公差						
M2	加工面的平面度		80	0.02						
			160	0.03						
序号	检验项目		公差							
M3	圆锥上表面（距顶部 2mm）圆度		0.08							
	圆锥下表面（距底部 2mm）圆度									
附录 A 摆动主轴头式几何精度										
AG1	旋转轴线 B 和 Y 轴线运动间的平行度。		a) 和 b)							

		在 300 测量长度上为 0.020
AG2	旋转轴线 B 和 X 轴线运动间的垂直度。	0.015/300
AG3	旋转轴线 B 和 Z 轴线运动间的垂直度。	0.020/500
AG4	a) 头架主轴定心轴颈的径向跳动; b) 头架主轴的周期性轴向窜动; c) 头架主轴定位轴肩的跳动。	a) 0.005 b) 0.005 c) 0.010
AG5	头架主轴锥孔轴线的径向跳动: a) 靠近主轴端部; b) 距主轴端 300mm 处。	a) 0.007 b) 0.015
AG6	头架主轴轴线对 X 轴线运动的平行度: a) 在 ZX 垂直平面内; b) 在 XY 水平面内。	a) 和 b) 在 300 测量长度上为 0.012
AG7	头架尾架中心连线和 X 轴线运动的平行度: a) 在 ZX 垂直平面内; b) 在 XY 水平面内。	a) 和 b) 0.020
附录 B 回转摆动主轴头式几何精度		
BG1	主轴头座旋转轴线 C 和 X 轴线运动间的垂直度。	0.025/300
BG2	主轴头座旋转轴线 C 和 Y 轴线运动间的垂直度。	0.025/300
BG3	主轴头旋转轴线 A 和主轴头座旋转轴线 C 间的垂直度。	0.035/300
BG4	主轴轴线 S 和主轴头旋转轴线 A 间的垂直度。	0.025/300
BG5	沿 Z 轴方向处于垂直位置的主轴轴线 S 和主轴头座旋转轴线 C 的重合度: a) 在包含 A 轴线和 C 轴线的 AC 垂直平面内; b) 在垂直于 AC 平面的垂直平面内。	a) 0.015 b) 0.030
BG6	主轴头旋转轴线 A 和主轴头旋转轴线 C 在同一平面内的相交度。	0.020

2.3.1.7 龙门固定式加工中心精度检验要求

龙门固定式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求见表 14。

表 14 龙门固定式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求

JB/T 13589. 1-2019 龙门加工中心 第 1 部分：龙门固定式机床精度检验		
适用范围		
序号	检验项目	公差 mm
G1	工作台移动 (X 轴线) 在 XY 水平面内的直线度。	X≤5000 时： 0.04; 5000<X≤10000 时： 0.06; 10000<X≤15000 时： 0.08; 局部公差：在任意 1000 测量长度上为 0.015。
G2	工作台移动 (X 轴线) 的角度偏差： a) 在 ZX 垂直平面内 (俯仰)； b) 在 YZ 垂直平面内 (倾斜)； c) 在 XY 水平面内 (偏摆)。	a) 和 c) b) X≤4000 0.04/1000 0.02/1000 X>4000 0.06/1000 0.02/1000 局部公差：在任意 1000 测量长度上为 0.02/1000
G3	铣头水平移动 (Y 轴线) 的直线度： a) 在 XY 水平面内； b) 在 YZ 垂直平面内。	a) 和 b) 2000 测量长度内为 0.025； 测量长度每增加 1000，公差增加 0.01； 局部公差：在任意 500 测量长度上为 0.01。
G4	铣头水平移动 (Y 轴线) 的角度偏差： a) 在 ZX 垂直平面内 (俯仰)； b) 在 YZ 垂直平面内 (倾斜)； c) 在 XY 水平面内 (偏摆)。	a) 、 b) 和 c) 0.04/1000 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0.02/1000
G5	铣头水平移动 (Y 轴线) 对工作台纵向移动 (X 轴线) 的垂直度。	0.02/1000

G6	铣头垂直移动 (Z 轴线) 对: a) X 轴线的垂直度; b) Y 轴线的垂直度。	a) 和 b) 0.02/300
G7	横梁垂向移动 (W轴线) 对: a) X轴线的垂直度; b) Y 轴线的垂直度。 (仅适用于横梁移动式机床。)	a) 和 b) 0.02/300
G8	横梁在YZ垂直平面内沿W轴线移动的角度变化: a) 在较低位置; b) 在中间位置; c) 在较高位置。 (仅适用于横梁移动式机床)	0.02/1000
G9	工作台面的平面度 ^{a)} 。 ^{a)} 当 X>6000 或 Y>3000 时, 公差及检验方法应由供应商/制造厂和用户协商规定。	当 X≤3000 和 Y≤2000: 0.030 X 向测量长度每增加 1000, 公差增加 0.010 Y 向测量长度每增加 1000, 公差增加 0.010 局部公差: 在 1000×1000 平面内为 0.020
G10	工作台面 ^{a)} 对: a) 工作台移动 (X轴线) 的平行度; b) 铣头移动 (Y 轴线) 的平行度。 ^{a)} 上述规定的公差适用于装配后精加工的工作台。否则公差应由供应商/制造厂和用户协商规定。	a) X≤5000 0.03; 5000<X≤10000 0.04; 10000<X≤15000 0.05。 局部公差: 在任意 1000 测量长度上为 0.010 b) 2000 测量长度内为 0.02; 测量长度每增加 1000, 公差增加 0.005。 最大公差: 0.05
G11	中央或基准 T 形槽对工作台移动 (X 轴线) 的平行度和对铣头水平移动 (Y 轴线) 的平行度。 (仅适用于有此结构的机床)	X 向槽 X≤5000 0.04; 5000<X≤10000 0.06; 10000<X≤15000 0.08;

		局部公差：在任意 1000 测量长度上 0.015 Y 向槽 $Y \leq 2000 \quad 0.03,$ 测量长度每增加 1000，公差增加 0.015
G12	主轴锥孔的径向跳动： a) 在主轴端部； b) 距主轴端部 300 mm 处。	D≤200 a) 0.010 b) 0.020 D>200 a) 0.015 b) 0.030 D 为定心轴颈的直径
G13	a) 定心轴径的径向跳动； b) 端面跳动（包括周期性轴向窜动）； c) 周期性轴向窜动。	D≤200 a) 0.010; b) 0.015; c) 0.005。 D>200 a) 0.015; b) 0.020; c) 0.010。 D 为定心轴颈的直径
G14	垂直铣头主轴旋转轴线对： a) X 轴线的垂直度； b) Y 轴线的垂直度。	0.03/1000 ^{a)} ^{a)} 两测点间的距离。
G15	回转铣头绕 A 轴线回转时其回转平面对 YZ 平面的平行度	$\alpha \leq 10^\circ \quad 0.02;$ $10^\circ < \alpha \leq 20^\circ \quad 0.03;$ $\alpha > 20^\circ \quad 0.04.$

数控轴线的定位精度和重复定位精度公差**线性轴线**

行程≤6000 时采用标准测量循环方式；行程>6000 时采用阶梯的测量循环方式。

序号	检 验 项 目	公 差 mm		
		测 量 长 度		
		≤500	>500~ 1000 ^{a)}	>1000~ 2000
P1	线性轴线的定位精度			
	轴线行程至≤2000 mm			
	轴线双向定位精度 A	0.020	0.025	0.032
	轴线单向重复定位精度 R↑ 和 R↓	0.008	0.010	0.013
	轴线反向差值 B	0.010	0.013	0.016

	轴线双向定位系统偏差	<i>E</i>	0.016	0.020	0.025			
	轴线双向平均位置偏差	<i>M</i>	0.010	0.013	0.016			
	轴线行程大于 2000 mm							
	轴线双向定位系统偏差	<i>E</i>	0.025+(测量长度每增加1000, 公差增加 0.005)					
	轴线双向平均位置偏差	<i>M</i>	0.016+(测量长度每增加1000, 公差增加 0.003)					
	轴线反向差值	<i>B</i>	0.016+(测量长度每增加1000, 公差增加 0.003)					
a) 铣头(或滑枕)垂向移动行程>1000mm时, 公差由制造厂与用户协商确定。								
回转轴线(单位为角秒)								
序号	检 验 项 目	公 差						
		测 量 行 程						
P2		$\leq 90^\circ$		$\leq 180^\circ$				
回转铣头绕 A 轴线移动的定位精度和重 复定位精度								
双向定位精度	<i>A</i>		12"	16"				
单向重复定位精度	<i>R</i> ↑ 和 <i>R</i> ↓		5"	6"				
双向定位系统偏差	<i>E</i>		10"	13"				
反向差值	<i>B</i>		6"	8"				
工作精度检验								
M1: 平面铣削试件。								
沿 X 轴方向, 对 B 面进行精铣, 接刀处重叠 5mm~10mm。								
试件长方形(300×150×110), 视工作台长度选 4~8 个。材料: 铸铁。								
M2: 轮廓加工试件。								
a) 通镗位于试件中心直径为 50mm 的孔; b) 加工边长为 500mm 的外正方形; c) 加工位于正方形之上边长为 300mm 的菱形(对角线倾斜 75° 的正方形); d) 加工位于菱形之上直径为 280mm 的圆; e) 镗削直径为 43mm 的四个孔和直径为 45mm 的四个孔; 加工时, 直径为 43mm 的孔沿轴 线正向趋进, 直径为 45mm 的孔沿轴线负向趋进。								
试件正方形; 边长为 500; 材料为铸铁或铝。								

M3: 精镗孔试件		
镗孔精度(沿 X、Y 轴线方向进行定位精镗孔 D)		
试件孔深度 270 (分 3 段, 每段长 40), 镗孔直径 $D \geq 150$ 。试件材料: 铸铁		
序号	检验项目	公差
M1	a) 每个试件B面(顶面)的平面度 b) 试件高度 h_1 应等高 I_2 —试件安装总长度。 工作台面长度小于等于2000mm时, 铣削4个试件。当 工作台面长度大于2000mm时, 铣削6个(或8个)试件。	0.02 1个试件或 $I_2 \leq 2000$ 0.03; $2000 < I_2 \leq 5000$ 0.05; $5000 < I_2 \leq 10000$ 0.08; $10000 < I_2 \leq 15000$ 0.10。
M2	中心孔 a) 圆柱度 b) 孔轴线对基准 A 的垂直度 正方形 c) 侧面的直线度 d) 相邻面对基准 B 的垂直度 e) 相对面对基准 B 的平行度 菱形 f) 侧面的直线度 g) 侧面对基准 B 的倾斜度 圆 h) 圆度 i) 外圆和中心孔 C 的同心度 镗孔 j) 内孔与外孔 D 的同心度 k) 孔相对于中心孔 C 的位置度	a) 0.015 b) $\phi 0.015$ c) 0.025 d) 0.03/300 e) 0.03 f) 0.020 g) 0.025 h) 0.03 i) $\phi 0.025$ j) $\phi 0.020$ k) $\phi 0.050$
M3	a) 圆度 b) 直径一致性	a) 0.010 b) 0.024
附录 A 直角铣头		
AG1	主轴锥孔轴线的径向跳动 a) 在主轴端部; b) 距主轴端部 300 mm 处。	a) 0.01 b) 0.02
AG2	直角铣头主轴: a) 定心轴颈的径向跳动;	a) 0.015; b) 0.020;

	b) 端面跳动(包括周期性轴向窜动); c) 周期性轴向窜动。	c) 0.010。
AG3	a) 主轴旋转轴线对工作台沿 X 轴线移动的平行度(在 XZ 平面内, 主轴位于 0° 和 180°); b) 主轴旋转轴线对铣头沿 Y 轴线移动的平行度(在 YZ 平面内, 主轴位于 90° 和 270°)	a) 及 b) 0.025/500 ^{a)} ^{a)} 指两测点间的距离。
AG4	a) 主轴旋转轴线对工作台沿 X 轴线移动的垂直度 (在 XY 平面内, 主轴位于 90° 和 270°); b) 主轴旋转轴线对铣头沿 Y 轴线移动的垂直度(在 XY 平面内, 主轴位于 0° 和 180°)	a) 及 b) 0.025/500 ^{a)} ^{a)} 500 指两测点间的距离。
AG5	直角铣头主轴轴线对铣头主轴轴线的相交度(偏置)	H≤600 0.025; 600<H≤800 0.04; H>800 0.05。 注: H 为直角铣头主轴轴线到回转面高度
附录 B 托板交换精度检验		
BG1	a) 托板交换的等高度; b) 托板交换的重复定位精度。	a) 及 b) 0.03

2.3.1.8 龙门移动式加工中心精度检验要求

龙门移动式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求见表 15。

表 15 龙门移动式加工中心的几何精度、定位精度和工作精度检验要求

JB/T 13589. 2-2019		
龙门加工中心 第 2 部分：龙门移动式机床精度检验		
适用范围		
本部分适用于工作台面宽度 2000mm~6000mm 的一般用途的龙门移动式加工中心。		
本部分还适用于可能与龙门移动式加工中心配套使用的直角铣头(见附录 A)的检验。		
序号	检验项目	公差 mm
G1	龙门架移动(X 轴线) 在 XY 水平面内的	X ≤5000 0.04; 5000<X≤10000 0.06;

	直线度	10000<X≤20000 0. 08; 20000<X≤30000 0. 10。 局部公差：在任意 1000 测量长度上为 0. 015
G2	龙门架移动 (X轴线) 的角度偏差： a) 在 ZX 垂直平面内 (俯仰) ； b) 在 YZ 垂直平面内 (倾斜) ； c) 在 XY 水平面内 (偏摆) 。	a) 和 c) X≤4000 0. 04/1000; X>4000 每增加 1000, 增加 0. 01/1000。 b) X≤4000 0. 02/1000; X>4000 每增加 1000, 增加 0. 005/1000。
G3	铣头水平移动 (Y轴线) 的直线度： a) 在 XY 水平面内； b) 在 YZ 垂直平面内。	a) 和 b) 2000 测量长度内为 0. 025; 测量长度每增加 1000, 公差增加 0. 01。 局部公差：在任意 500 测量长度上为 0. 01。
G4	铣头水平移动 (Y 轴线) 的角度偏差： a) 在 YZ 垂直平面内 (俯仰) ； b) 在 ZX 垂直平面内 (倾斜) ； c) 在 XY 水平面内 (偏摆) 。	a) 、 b) 和 c) 0. 04/1000 局部公差：在任意 300 测量长度上为 0. 02/1000
G5	铣头水平移动 (Y 轴线) 对龙门架移动 (X 轴线) 的垂直度	0. 02/1000
G6	铣头垂向移动 (Z 轴线) 对： a) X 轴线的垂直度； b) Y 轴线的垂直度。	a) 和 b) 0. 02/300
G7	横梁垂向移动 (W 轴线) 对： a) X 轴线的垂直度； b) Y 轴线的垂直度。 (仅适用于横梁移动式机床)	a) 和 b) 0. 02/300
G8	横梁在 YZ 垂直平面内沿 W 轴线移动的倾斜： a) 在较低位置；	0. 02/1000

	b) 在中间位置; c) 在较高位置。 (仅适用于横梁移动式机床)	
G9	工作台面的平面度 ^a ^a 当 X>6000 或 Y>3000 时, 公差及检验方法应由供应商/制造厂和用户协商规定。	当 X≤3000 和 Y≤2000: 0.030 X 向测量长度每增加 1000, 公差增加 0.010 Y 向测量长度每增加 1000, 公差增加 0.010 局部公差: 在 1000×1000 平面内为 0.020
G10	工作台面对: a) 龙门架移动 (X 轴线) 的平行度; b) 铣头移动 (Y 轴线) 的平行度。	a) X≤5000 0.04 5000< X≤10000 0.06 10000<X≤20000 0.08 20000<X≤30000 0.10 局部公差: 在任意 1000 测量长度上 0.015 b) Y≤2000 0.040 测量长度每增加 500, 公差增加 0.008 局部公差: 在任意 1000 测量长度上 0.025 最大允差: 0.09
G11	中央或基准 T 形槽对龙门架移动 (X 轴线) 的平行度 (仅适用于有此结构的机床); 中央或基准 T 形槽对铣头水平移动 (Y 轴线) 的平行度 (仅适用于有此结构的机床)。	X 向槽 x≤5000 0.04 5000<x≤10000 0.06 10000<x≤20000 0.09 20000<x≤30000 0.12 局部公差: 在任意 1000 测量长度上 0.015 Y 向槽 y ≤2000 0.04 测量长度每增加 1000, 公差增加 0.015
G12	主轴锥孔的径向跳动: a) 靠近主轴端部;	D≤200 a) 0.010 b) 0.020 D>200 a) 0.015 b) 0.030

	b) 距主轴端部 300 mm 处。	D 为定心轴颈的直径
G13	主轴： a) 定心轴颈的径向跳动； b) 端面跳动（包括周期性轴向窜动）； c) 周期性轴向窜动。	D≤200 a) 0.010 b) 0.015 c) 0.005 D>200 a) 0.015 b) 0.020 c) 0.010 D 为定心轴颈的直径
G14	铣头主轴旋转轴线对： a) X轴线的垂直度； b) Y轴线的垂直度。	a) 和 b) 0.03/1000 ^a ^a 两测点间的距离。

数控轴线的定位精度和重复定位精度公差

线性轴线

行程≤6000 时采用标准测量循环方式；行程>6000 时采用阶梯的测量循环方式。

序号	检验项目	公 差 mm			
		测量长度			
		≤500	>500~ 1000 ^a	>1000~ 2000	
P1	线性轴线的定位精度				
	轴线行程至≤2000 mm				
	轴线双向定位精度 A	0.020	0.025	0.032	
	轴线单向重复定位精度 R↑ 和 R↓	0.008	0.010	0.013	
	轴线的反向差值 B	0.010	0.013	0.016	
	轴线双向定位系统偏差 E	0.016	0.020	0.025	
	轴线双向平均位置偏差 M	0.010	0.013	0.016	
	轴线行程大于 2000 mm				
	轴线双向定位系统偏差 E	0.025+(测量长度每增加1000, 公差增加 0.005)			
	轴线双向平均位置偏差 M	0.016+(测量长度每增加1000, 公差增加 0.003)			

	轴线反向差值 B	0.016+(测量长度每增加1000, 公差增加 0.003)
^{a)} 铣头(或滑枕)垂向移动行程>1000mm时, 公差由制造厂与用户协商确定。		

回转轴线(单位为角秒)

序号	检 验 项 目	公 差	
		测 量 行 程	
		≤90°	≤180°
P2	回转铣头绕A轴线移动的定位精度和重 复定位精度		
	双向定位精度 A	12"	16"
	单向重复定位精度 R↑ 和 R↓	5"	6"
	双向定位系统偏差 E	10"	13"
	反向差值 B	6"	8"

工作精度检验

M1: 平面铣削试件。 沿X轴线方向, 对B面进行精铣, 接刀处重叠5mm~10mm。 试件长方形(300×150×110), 视工作台长度选4~8个。材料: 铸铁。
M2: 轮廓加工试件。 a) 通镗位于试件中心直径为50mm的孔; b) 加工边长为500mm的外正方形; c) 加工位于正方形之上边长为300mm的菱形(对角线倾斜75°的正方形); d) 加工位于菱形之上的直径为280mm的圆; e) 镗削直径为43mm的四个孔和直径为45mm的四个孔; 加工时, 直径为43mm的孔沿轴 线正向趋进, 直径为45mm的孔沿轴线负向趋进。 试件正方形; 边长为500; 材料为铸铁或铝。

序号	检验项目	公差 mm
M1	a) 每个试件B面(顶面)的平面度	0.02
	b) 试件高度h1应等高	1个试件或 $l_2 \leq 2000$ 0.03

	I_2 --试件安装总长度。 工作台面长度小于等于2000mm时，铣削4个试件。当 工作台面长度大于2000mm时，铣削6个(或8个)试件。	$2000 < I_2 \leq 5000$ 0.05 $5000 < I_2 \leq 10000$ 0.10 $10000 < I_2 \leq 20000$ 0.15 $I_2 > 20000$ 0.20
M2	中心孔 a) 圆柱度	a) 0.015
	b) 孔中心轴线与基面A的垂直度	b) $\phi 0.015$
	正方形 c) 侧面的直线度	c) 0.025
	d) 相邻面对基面B的垂直度	d) 0.03/300
	e) 相对面对基面B的平行度	e) 0.03
	菱形 f) 侧面的直线度	f) 0.020
	g) 侧面对基面B的倾斜度	g) 0.025
	圆 h) 圆度	h) 0.03
	i) 外圆和中心孔C的同心度	i) $\phi 0.025$
	镗孔 j) 内孔对外孔D的同心度	j) $\phi 0.020$
	k) 孔相对于中心孔C的位置度	k) $\phi 0.050$
M3	a) 圆度	a) 0.010
	b) 直径一致性	b) 0.024
附录A 直角铣头		
AG1	主轴锥孔轴线的径向跳动 a) 靠近主轴端部； b) 距主轴端部300mm处。	a) 0.01 b) 0.02
AG2	直角铣头主轴： a) 定心轴颈的径向跳动； b) 端面跳动(包括周期性轴向窜动)； c) 周期性轴向窜动。	a) 0.015 b) 0.020 c) 0.010
AG3	a) 主轴旋转轴线对龙门架沿X轴线移动的平行度(在XZ平面内，主轴位于 0° 和 180°)； b) 主轴旋转轴线对铣头沿Y轴线移动的平行度(在YZ平面内，主轴位于 90° 和 270°)。	a) 及 b) 0.025/500 ^a ^a 指两测点间的距离。

AG4	a) 主轴旋转轴线对龙门架沿X轴线移动的垂直度(在XY平面内,主轴位于90°和270°); b) 主轴旋转轴线对铣头沿Y轴线移动的垂直度(在XY平面内,主轴位于0°和180°)	a) 及b) 0.025/500 ^a ^a 500 指两测点间的距离。
AG5	直角铣头主轴轴线对铣头主轴轴线的相交度(偏置)	H≤600 0.025 600≤H≤800 0.04 H>800 0.05 注: H 为直角铣头主轴轴线到回转面高度。

2.3.2 数控车床和车削中心

2.3.2.1 数控卧式车床和车削中心的几何精度检验要求

数控卧式车床和车削中心的几何精度检验要求见表 16。

表 16 数控卧式车床和车削中心的几何精度检验要求

ISO 13041-1:2020			
数控车床和车削中心检验条件 第 1 部分：卧式机床几何精度检验			
适用范围			
适用于普通精度等级的数控卧式车床和车削中心的几何精度检验。 在可应用场合下, 本文件也适用于卧式转塔车床和单轴自动车床。			
机床的尺寸范围 mm			
参数	范围 1	范围 2	范围 3
床身上最大回转直径	D≤250	250<D≤500	500<D≤1000
几何精度检验			
序号	检验项目		公差 mm
G1	工件主轴端部: a) 定心轴径的颈向跳动; b) 周期性轴向窜动; c) 主轴端面跳动。		D≤250 250<D≤500 500<D≤1000 a) 0.005 a) 0.008 a) 0.012 b) 0.005 b) 0.005 b) 0.005

		c) 0.008 c) 0.010 c) 0.015 D 为床身上允许回转直径。
G2	工件主轴孔的径向跳动 a) 测头直接触及： 1) 前锥孔面； 2) 后定位面。 b) 使用检验棒检验： 1) 靠近主轴端面； 2) 距主轴端面 250mm 处。	a) 1) 和 2) 0.008 b) 在 250 测量长度上或全行程上 (全行程 ≤ 250 时) $D \leq 250 \quad 250 < D \leq 500 \quad 500 < D \leq 1000$ 1) 0.010 a) 0.015 a) 0.020 2) 0.015 b) 0.020 b) 0.025
G3	Z 轴运动的直线度： a) 在 ZX 平面内 (E_{xz})； b) 在 YZ 平面内 (E_{yz})。	$Z \leq 500$ 0.010 $500 < Z \leq 1000$ 0.015 $1000 < Z \leq 2000$ 0.025 $2000 < Z \leq 5000$ 0.050 $5000 < Z \leq 10000$ 0.080 局部公差：在 300 测量长度上为： 0.007。
G4	X 轴运动的直线度： a) 在 ZX 平面内 (E_{zx})； b) 在 XY 平面内 (E_{yx})。	$X \leq 500$ 0.010 $500 < X \leq 1000$ 0.015 轴线大于 1000，公差由供应商/制造商和用户确定。 局部公差：在 300 测量长度上为 0.007。
G5	Y 轴运动的直线度： a) 在 YZ 平面内 (E_{zy})； b) 在 XY 平面内 (E_{xy})。	$Y \leq 500$ 0.010 $500 < Y \leq 1000$ 0.015 轴线大于 1000，公差由供应商/制造商和用户确定。 局部公差：在 300 测量长度上为 0.007。
G6	Z 轴运动（床鞍运动）对主轴轴线的平行	a) 0.050/1000 (0.015/250)

	度： a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。	b) 0.040/1000 (0.010/250)
G7	X 轴运动对 Z 轴运动的垂直度 [EB(OZ)(X')]	0.050/1000 (0.015/300)
G8	Y 轴运动对 Z 轴运动的垂直度 [E _{A(OZ)(Y)}]	0.070/1000 (0.020/300)
G9	Y 轴运动（刀架）对 X 轴运动（刀架滑板） 的垂直度 (此项检验适用于所有具有 X 轴和 Y 轴的 刀架)	0.070/1000 (0.020/300)
G10	X 轴运动(刀架滑座)对工件主轴轴线 (C' 轴) 在 ZX 平面内的垂直度 E _{B(OC)X} 。 此项检验适用于所有具有 X 轴和 Y 轴的刀 架。	D≤500 500 < D≤1000 0.050/1000 (0.015/300) 0.080/1000 (0.025/300)
G11	Y 轴对 C' 轴的垂直度 E _{A(OC)Y}	0.080/1000 (0.025/300)
G12	两主轴箱主轴的同轴度 (仅用于相对布置 的主轴)： a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。	在 100 测量长度上： D≤250 > 250 偏移： a) 0.010 0.015 b) 0.015 0.020 平行： a) 0.100/1000 (0.01/100) 0.150/1000 (0.015/100) b) 0.150/1000 (0.015/100) 0.200/1000 (0.020/100)
G13	Z 轴运动 (床鞍运动) 的角度偏差： a) 在 YZ 平面内， (俯仰)； b) 在 XY 平面内， (倾斜)； c) 在 ZX 平面内， (偏摆)。	a)、b) 和 c)： Z≤2000 > 2000 0.060/1000 (12'') 0.080/1000 (16'')

G14	X 轴运动（刀架滑板运动）的角度偏差： a) 在 XY 平面内，（俯仰）； b) 在 YZ 平面内，（倾斜）； c) 在 ZX 平面内，（偏摆）。	a)、b) 和 c): $X \leq 1000$ $0.060/1000 (12'')$
G15	Y 轴运动（刀架运动）的角度偏差： a) 在 YZ 平面内，（绕 X 轴偏摆）； b) 在 ZX 平面内，（倾斜）； c) 在 XY 平面内，（绕 Z 轴仰俯）。	a)、b) 和 c): $Y \leq 500$ $0.040/1000 (8'')$ Y 轴线大于 500 时的公差由制造商/供应商和用户协议确定。
G16	尾座 W 轴运动对床鞍 Z 轴运动的平行度： a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。	$Z \leq 1000$ a) 0.040 b) 0.060 $1000 < Z \leq 2000$ a) 0.060 b) 0.100
G17	尾座套筒运动对床鞍 Z 轴运动的平行度： a) 在 ZX 平面上； b) 在 YZ 平面上。	在 250 测量长度上 0.025
G18	尾座套筒锥孔轴线对床鞍 Z 轴运动的平行度： a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。	a) 和 b) $0.060/1000 (0.015/250)$
G19	Z 轴运动对车削轴线的等距度（平行度）： a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。 注：车削轴线即为两顶尖之间轴线。	检验棒长度 ≤ 500 $500 < \text{检验}$ 棒长度 ≤ 2000 a) 0.020 0.030 b) 0.040 0.060
G20	刀架工具安装基面对主轴轴线的垂直度 (此项检验适用于工具安装基面与主轴轴线垂直的刀架)	$0.020/100$ (100 为测量直径)
G21	刀架工具安装孔轴线对 Z 轴运动的平行度：	a) 和 b) $L=100$ 0.030

	<p>a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。</p> <p>(此项检验适用于工具安装孔轴线与 Z 轴运动轴线平行的刀架)</p>	
G22	<p>刀架工具孔轴线对 X 轴运动的平行度： a) 在 ZX 平面内； b) 在 XY 平面内。</p> <p>(此项检验适用于工具安装孔轴线与主轴轴线平行的刀架)</p>	<p>a) 和 b) L=100 0.030</p>
G23	<p>直排刀架检验： a) 横向滑板的基准槽或基准侧面对 X 轴运动的平行度； b) 横向滑板的工具安装面对 ZX 平面的平行度。</p>	<p>a) 在 300 测量长度上 0.030 b) 在 300 测量长度上 0.025</p>
G24	<p>刀具主轴的径向跳动和端面跳动 a) 内锥孔的径向跳动： 1) 靠近主轴端部； 2) 距主轴端部 100 处。 b) 圆柱孔： 1) 主轴端部的径向跳动； 2) 主轴端部的端面跳动。</p>	<p>a) 1) 0.010 2) 0.015 b) 1) 0.010 2) 0.010</p>
G25	<p>刀具主轴轴线对 Z 轴运动的平行度： a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。</p> <p>注 1：此项检验适用于所有回转刀架主轴。 注 2：Z 可以由 W 或 R 替代。</p>	<p>a) 和 b) 0.200/1000 (0.020/100)</p>
G26	<p>刀具主轴轴线与工件主轴轴线的同轴度或相交误差： a) 在 ZX 平面和 YZ 平面内刀具主轴轴线与工件主轴轴线平行时的同轴度；</p>	<p>a) 偏移 平行度 0.030 0.30/1000 (0.030/100) b) 偏移</p>

	b) 在 YZ 平面内刀具主轴轴线与工件主轴轴线垂直相交时的位置差。	0.030 a) 为 ZX 平面和 YZ 平面内的公差
G27	刀架转位的重复定位精度： a) 在 YZ 平面内： 1) 刀具主轴与工件主轴平行； 2) 刀具主轴与工件主轴垂直相交； 3) 配有自动换刀机构的机床。 b) 在 ZX 平面内： 1) 刀具主轴与工件主轴平行； 2) 刀具主轴与工件主轴垂直相交； 3) 配有自动换刀机构的机床。	a) 和 b) $L \leq 100$ 0.005 $L > 100$ 0.010
G28	刀架转位的定位精度 a) 在基准孔（槽）内，Z 向； b) 在基准孔（槽）内，X 向； c) 在基准槽内，Z 向； d) 在刀架基准面上。	a)、b)、c) 和 d) 0.030
G29	距离的一致性： a) 通过 B' 轴回转的工件主轴轴线的一点与 ZX 平面运动； b) 通过 B 轴回转的刀具主轴轴线的一点与 ZX 平面运动。	回转角度： $\pm 30^\circ$ $\pm 60^\circ$ 在 300 半径上： 0.030 0.060 如果采用不同的半径，公差应相应调整。
G30	刀具主轴轴线对 X 轴运动的平行度 a) 在 XY 平面内； b) 在 ZX 平面内。 (此项检验适用所有动力刀架主轴)	a) 和 b) 0.200/1000 (0.020/100)
附录 A (资料性) 工件主轴和刀具主轴回转轴线的误差运动		
AR1	工件主轴 (C 轴) 回转轴线的误差运动 a) 在 X 方向的径向误差运动 (E_{xc})； b) 在 Y 方向的径向误差运动 (E_{yc}) (只	主轴最高转速的百分比 10% 50% 100% a) 总径向误差运动值 (E_{xc})

	<p>适用于车削中心)；</p> <p>c) 轴向误差运动 (E_{zc})；</p> <p>d) 绕 X 轴倾斜误差运动 (E_{ac}) (只适用于车削中心)；</p> <p>e) 绕 Y 轴倾斜误差运动 (E_{bc})。</p>	<p>0.005(全部速度)</p> <p>b) 总径向误差运动值 (E_{yc})</p> <p>0.005(全部速度)</p> <p>c) 总轴向误差运动值 (E_{zc})</p> <p>0.003(全部速度)</p> <p>d) 总倾斜误差运动值 (E_{ac}) 由供应商/制造商和用户确定</p> <p>e) 总倾斜误差运动值 (E_{bc}) 由供应商/制造商和用户确定</p>
AR2	<p>刀具主轴回转轴线 (C 轴) 的误差运动：</p> <p>a) 径向误差运动 (E_{rc1})；</p> <p>b) 轴向误差运动 (E_{zc1})；</p> <p>c) 倾斜误差运动 (E_{tc1})。</p>	<p>主轴最高转速的百分比 10% 50% 100%</p> <p>a) 总径向误差运动值 (E_{rc1}) 0.005(全部速度)</p> <p>b) 总轴向误差运动值 (E_{zc1}) 0.003(全部速度)</p> <p>c) 总倾斜误差运动值 (E_{tc1}) 由供应商/制造商和用户确定</p>

2.3.2.2 数控立式车床和车削中心的几何精度检验要求

数控立式车床和车削中心的几何精度检验要求见表 17。

表 17 数控立式车床和车削中心的几何精度检验要求

ISO 13041-2:2020		
数控车床和车削中心检验条件 第 2 部分：立式机床几何精度检验		
适用范围		
适用于普通用途的数控立式车床和立式车削中心的几何精度检验。		
机床的尺寸范围 mm		
参数	范围 1	范围 2
工作台直径	$D \leq 1000$	$D > 1000$
几何精度检验		

序号	检验项目	公差 mm
G1	工件主轴（工作台）的端面跳动： a) 工作台表面的端面跳动； b) 主轴端面的跳动。	a) 直径小于等于1000: 0.010 直径每增加1000, 公差增加0.010. b) 所有直径规格: 0.010
G2	径向跳动检验： a) 工件主轴（工作台）定心孔； b) 工作台的外圆柱表面（工作台无定心孔时检验）； c) 定心轴径。	a) 工作台直径小于等于1000: 0.010 工作台直径大于1000: 0.020 b) 直径小于等于1000: 0.010 直径每增加1000, 公差增加0.010. c) 所有定心轴径规格: 0.010。
G3	横梁刀架 X 轴上运动的直线度 a) 在 ZX 平面内 (EZX) ; b) 在 XY 平面内 (EYX)。 注：仅适用车削中心	a) 和 b) 在 1000 测量长度上为: 0.020 每增加 500 长度公差增加 0.010 局部公差：在任意 500 测量长度上为: 0.010
G4	横梁刀架运动沿 X 轴运动的角度偏差： a) 在 ZX 平面内 (EBX) (俯仰)； b) 在 YZ 平面内 (EAX) (倾斜)； c) 在 XY 平面内 (ECX) (偏摆)。	a)、b) 和 c) 测量长度小于等于 1600 时: 0.040/1000 测量长度大于 1600 时 : 0.060/1000
G5	刀架（夹）滑板（滑枕）Z 轴运动的直线度： a) 在 ZX 平面内 (E_{xz})； b) 在 YZ 平面内 (E_{yz})。	a) 和 b) 在 1000 测量长度上: 0.050 局部公差：在 300 测量长度上: 0.020
G6	刀架滑板（横梁滑枕）沿 Z 轴运动的角度偏差： 可选检验，滑枕绕 Z 轴回转（如果与倾斜有关） a) 在 YZ 平面内 (EAZ) (绕 X 轴倾斜)；	测量长度小于等于 1600: 0.030/1000 测量长度大于 1600: 0.060/1000 可选检验，公差: 0.040/1000

	b) 在 ZX 平面内 (EBZ) (绕 Y 轴倾斜)。 c) 可选检验: E_{CZ} (倾斜)	
G7	横梁刀架运动 (X 轴) 对工件主轴 (工作台) 旋转轴线 (C 轴) 的垂直度	0.070/1000 ($\approx 0.020/300$) 测量长度每增加 300, 公差增加 0.010 偏差方向 $\alpha \leqslant 90^\circ$ 除非用户和供应商/制造商另有协议, 否则 X 轴的轨迹应成凹形。
G8	Z 轴运动 (刀架滑板) 对工件主轴旋转轴线的平行度: a) 在 ZX 平面内; b) 在 YZ 平面内。	a) 0.030/1000 (0.010/300) b) 0.050/1000 (0.015/300)
G9	横梁沿 W 轴运动的直线度: a) 在 ZX 平面内; b) 在 YZ 平面内。	a) 在 1000 测量长度上为 0.050 b) 在 1000 测量长度上为 0.080
G10	横梁 W 轴运动的角度误差。 可选检验, 横梁绕 Z 轴回转 (如果与倾斜有关) a) 在 YZ 垂直平面内 (E_{AW}); b) 在 ZX 垂直平面内 (E_{BW}); c) 在 XY 平面内 E_{CW} (倾斜)	a) 和 b) 在任意测量长度上公差为: 0.030/1000 选择性检验倾斜公差为: 0.040/1000
G11	横梁 W 轴运动对工件主轴或工作台回转轴线的平行度: a) 在 ZX 平面内 [$E_{B(OC)W}$]; b) 在 YZ 平面内 [$E_{A(OC)W}$]。	a) 0.050/1000 (0.015/300) b) 0.067/1000 (0.020/300)
G12	移动立柱 (移动龙门式) 或移动工件主轴 (固定龙门式) 沿 Y 轴运动的直线度 a) 在 YZ 平面内 (EZY); b) 在 XY 平面内 (EXY)。	a) 在 1000 测量长度上为: 0.030 b) 在 1000 测量长度上为: 0.040

G13	立柱（移动龙门式）或工件主轴（固定龙门式）沿 Y 轴运动的角度偏差： a) 在 YZ 平面内 (EAY) (俯仰)； b) 在 ZX 平面内 (EBY) (倾斜)； c) 在 XY 平面内 (ECY) (偏摆)。	a)、b)、c) 在任意测量长度上， 0.050/1000
G14	Y 轴运动（龙门或工作台）对 C 轴的垂直度： 注：本检验适用表 1 中 B 型 c) 和 B 型 d) 的机床	0.040/1000
G15	Y 运动（龙门或工作台）对 X 轴运动（垂直刀架）的垂直度： 注：本检验适用于表 1 中 B 型 c) 和 B 型 d) 的机床	0.040/1000
G16	刀架工具安装端面对主轴轴线的垂直度 注：本检验适用于工具安装端面与 对主轴旋转轴线垂直的机床	L 测量长度上为 0.020 L 为测量直径
G17	刀架转位的定位精度 注：本检验仅适用于配有刀架的机床	0.030
G18	刀具主轴锥孔的径向跳动： a) 在主轴端部； b) 距主轴 250 处。 注：每个工具孔均应检验	a) 0.010 b) 0.020
G19	刀具主轴旋转轴线 C1 对刀架滑板运动(Z 轴) 的平行度： a) 在 YZ 平面内； b) 在 ZX 平面内。	a) 和 b) 0.080/1000 (0.020/250)
G20	刀具主轴轴线和工件主轴轴线的同轴度	偏移： a) 0.025 b) 0.025

		平行: a) 0.080/1000(0.020/250) b) 0.080/1000(0.020/250)
G21	刀夹滑板运动(Z轴)对垂直刀架运动(X轴) [$E_{B(OX)Z}$] 的垂直度。	0.050/1000(0.015/300)

附录A 资料性 回转转轴线的精度检验

序号	检验项目
	工件主轴(C轴)回转轴线的误差运动: a) 在X方向的径向误差运动(EXC) ; b) 在Y方向的径向误差运动(EYC) (只适用于车削中心) ; c) 轴向误差运动(EZC) ; d) 绕X轴倾斜误差运动(EAC) (只适用于车削中心) ; e) 绕Y轴倾斜误差运动(EBC) 。
	公差 mm
AR1	主轴最高转速的百分比: 10% 50% 100% a) 总径向误差运动值(EXC) — — — b) 总径向误差运动值(EYC) — — — c) 总轴向误差运动值(EZC) — — — d) 总倾斜误差运动值(EAC) — — — e) 总倾斜误差运动值(EBC) — — — 如果主轴最低转速大于最高转速的10%，那么主轴应在最低转速下运行。 如果供应商/制造商和用户协议确定在机床验收时检验此项，那么双方应同时确定相应的公差。
序号	检验项目
AR2	刀具主轴(C轴)的回转轴线误差运动: a) 径向误差运动(ERC) ; b) 轴向误差运动(EZC) ; c) 倾斜误差运动(ETC) 。 公差 mm 主轴最高转速的百分比: 10% 50% 100%

	a) 总径向误差运动值 (ERC1)	0.005(全部速度)
	b) 总轴向误差运动值 (EYC1)	0.003(全部速度)
	c) 总倾斜误差运动值 (ETC1)	由供应商/制造商和用户确定
如果主轴最低转速大于最高转速的 10%，那么主轴应在最低转速下运行。		
如果供应商/制造商和用户协议确定在机床验收时检验此项，那么双方应同时确定相应的公差。		

2.3.2.3 数控倒置立式车床和车削中心的几何精度检验要求

数控倒置立式车床和车削中心的几何精度检验要求见表 18。

表 18 数控倒置立式车床和车削中心的几何精度检验要求

ISO 13041-3:2009				
数控车床和车削中心检验条件 第 3 部分：倒置立式机床几何精度检验				
适用范围				
适用于普通用途的数控立式车床和立式车削中心的几何精度检验。				
机床的尺寸范围 mm				
主参数	范围 1	范围 2	范围 3	
公称卡盘直径	$d \leq 250$	$250 < d \leq 400$	$d > 400$	
工作台直径	$D \leq 315$	$315 < D \leq 500$	$D > 500$	
几何精度检验				
序号	检验项目	公差 mm		
G1	主轴端部的检验： a) 定心轴颈的径向跳动； b) 端面跳动。	范围1 a) 0.005 b) 0.008	范围2 a) 0.008 b) 0.010	范围3 0.012 0.015
G2	主轴锥孔的径向跳动： a) 主轴端部； b) 距主轴端部300mm处。	范围1 a) 0.010 b) 0.015	范围2 0.015 0.020	范围3 0.020 0.025
G3	工件主轴回转轴线与Z轴线运动的平行度： a) 在ZX平面内；	在300测量长度上或全行程上（全行程 ≤ 300 时）为：		

	b) 在 YZ 平面内。 a) 0.010 b) 0.015 0.020 0.025	范围1 范围2 范围3
G4	Z 轴线运动与 X 轴线运动在 ZX 平面内的垂直度	在300测量长度上或全行程上（全行程≤300时）为： 范围1 范围2 范围3 0.010 0.015 0.020
G5	Z 轴线运动与 Y 轴线运动在 YZ 平面内的垂直度	在300测量长度上或全行程上（全行程≤300时）为： 范围1 范围2 范围3 0.015 0.020 0.025
G6	Z轴线运动的角度偏差： a) 在YZ平面内 (EAZ) ; b) 在ZX平面内 (EBZ) 。	a) 和 b) 在 Z 轴线运动的 500 行程上为： 0.04/1000
G7	X轴线运动的角度偏差： a) 在ZX平面内 (EBX: 俯仰) ; b) 在YZ平面内 (EAX: 倾斜) ; c) 在XY平面内 (ECX: 偏摆) 。	a)、b) 和 c) 在 X 轴线运动的 500 行程上为： 0.040/1000
G8	Y轴线运动的角度偏差： a) 在YZ平面内 (EAY: 俯仰) ; b) 在ZX平面内 (EBY: 倾斜) ; c) 在XY平面内 (ECY: 偏摆) 。	a)、b) 和 c) 在 Y 轴线运动的 500 行程上为： 0.1/1000
G9	X轴线运动的直线度： a) 在 ZX 垂直平面内 (EZX) ; b) 在 XY 水平面内 (EYX) 。	a) 和 b) 在300测量长度上为： 0.02
G10	Z轴线运动的直线度： a) 在 XZ 平面内 (EXZ) ; b) 在 YZ 平面内 (EYZ) 。	a) 和 b) 在300测量长度上为： 0.02
G11	Y轴线运动的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内 (EZY) ;	a) 和 b) 在300测量长度上为： 0.02

	b) 在XY水平面内 (EXY) 。	
G12	刀架的刀具安装面对工件主轴轴线的垂直度	$L=100, 0.02/100$
G13	刀架的刀具安装面对X轴线运动的垂直度： a) 在ZX平面内； b) 在XY平面内。	a) 和b) $L=100, 0.02$
G14	刀架的刀具安装孔轴线对Z轴线运动的平行度： a) 在ZX平面内； b) 在YZ平面内。	a) 和b) $L=100, 0.02$
G15	刀架的刀具安装孔轴线对X轴线运动的平行度： a) 在ZX平面内； b) 在XY平面内。	a) 和b) $L=100, 0.02$
G16	刀具主轴的径向跳动和端面跳动。 1) 内锥孔的径向跳动： a) 靠近主轴端部； b) 距主轴端部100mm处。 2) 圆柱孔： a) 主轴端部的径向跳动； b) 主轴的端面跳动。	1) a) 0.010 b) 0.015 2) a) 和b) 0.010
G17	刀具主轴轴线对Z轴线运动的平行度： a) 在ZX平面内； b) 在YZ平面内。	a) 和b) $L=100, 0.02$
G18	a) 刀架转位的重复定位精度 (XY平面)； b) 刀架转位的径向重复定位精度 (ZX平面)。	范围1 范围2 范围3 $L=50$ $L=100$ $L=100$ a) 和b) 0.005 0.010 0.015
G19	刀架转位的定位精度	范围1 范围2和范围3 0.03 0.04
G20	工件主轴箱轴线 (B' 轴) 的回转平面对ZX平面的平行度	旋转角 $\pm 30^\circ$ $\pm 60^\circ$ 在300半径上： 0.01 0.02

回转轴线的精度检验			
	检验项目		
	工件主轴回转轴线的精度：		
	a) 主轴的径向误差运动 (EXC)； b) 主轴的轴向误差运动 (EZC)。		
	公差 mm		
	主轴最高转速的百分比		
R1	10%	50%	100%
	a) 总径向误差运动值 (EX)： — — — b) 总轴向误差运动值 (EYC)： — — —		
	如果主轴最低转速大于最高转速的10%，那么主轴应在最低转速下运行。 如果供应商/制造商和用户协议确定在机床验收时检验此项，那么双方应同时确定相应的公差。		
	检验项目		
	刀具主轴回转轴线的精度：		
	a) 主轴的径向误差运动 (ERA)； b) 主轴的轴向误差运动 (EXA)。		
	公差 mm		
	最高转速的百分比		
R2	10%	50%	100%
	a) 总径向误差运动值，ERA： — — — b) 总轴向误差运动值，EXA： — — —		
	如果主轴最低转速大于最高转速的10%，那么主轴应在最低转速下运行。 如果供应商/制造商和用户协议确定在机床验收时检验此项，那么双方应同时确定相应的公差。		

2.3.2.4 数控车床和车削中心的定位精度和重复定位精度检验要求

数控车床和车削中心的定位精度和重复定位精度检验要求见表 19。

表 19 数控车床和车削中心的定位精度和重复定位精度检验要求

ISO 13041-4:2004					
数控车床和车削中心检验条件 第 4 部分: 线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验					
适用范围					
适用于数控车床和车削中心的线性轴线(行程至 2000mm) 和回转轴线(行程至 360°) 的位 置精度检验。					
检验项目	轴线的测量行程 mm				
	≤ 500	>500 ≤ 800	>800 ≤ 1250	>1250 ≤ 2000	
	公差				
双向定位精度 A	0.022	0.025	0.032	0.042	
单向重复定位精度 R↑ 或 R↓	0.006	0.008	0.010	0.013	
反向差值 B	0.010	0.010	0.012	0.012	
单向系统定位偏差 E↑ 或 E↓	0.010	0.012	0.015	0.018	
回转轴线行程至 360 ° 的位置精度					
检验项目	公差				
	63"				
双向定位精度 A	25"				
单向重复定位精度 R↑ 或 R↓	25"				
反向差值 B	25"				
单向系统定位偏差 E↑ 或 E↓	32"				

2.3.2.5 数控车床和车削中心的工作精度检验要求

数控车床和车削中心的工作精度检验要求见表 20。

表 20 数控车床和车削中心的工作精度检验要求

ISO 13041-6:2009	
数控车床和车削中心检验条件 第 6 部分: 精加工试件精度检验	
适用范围	
规定了精加工条件下标准试件的一系列切削检验及试件本身的特性和尺寸。 本部分提供的精度是评定机床切削精度的最低要求。	

卧式机床的尺寸范围 mm					
主参数	范围 1	范围 2	范围 3	范围 4	
床身上最大回转直径	$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$		
公称棒料直径	$d' \leq 25$	$25 < d' \leq 63$	$d' > 63$		
公称卡盘直径	$d \leq 125$	$125 < d \leq 250$	$d > 250$		
立式机床的尺寸范围 mm					
主参数	范围 1	范围 2	范围 3	范围 4	
公称卡盘直径	$d \leq 500$	$500 < d \leq 1000$	$1000 < d \leq 5000$	$d > 5000$	
工件夹持主轴/工作台 直径	$D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$	$1000 < D \leq 5000$	$D > 5000$	
倒置立式机床的尺寸范围 mm					
主参数	范围 1	范围 2	范围 3	范围 4	
公称卡盘直径	$d \leq 250$	$250 < d \leq 400$	$d > 400$		
最大车削直径	$D \leq 315$	$315 < D \leq 500$	$D > 500$		
工作精度检验					
序号	检验项目	公差 mm			
M1	车削圆柱试件： a) 圆度； b) 加工直径的一致性。	卧式机床	范围 1	范围 2	范围 3
			a) 0.005	0.005	0.005
			b) 0.010	0.015	0.020
M2	垂直主轴轴线端面的平面度	立式机床	范围 1	范围 2	范围 3
			a) 0.005	0.005	0.010 0.015
			b) 0.015	0.020	0.030 0.040
M3	检验性质： 不同运动条件下机床的性能检验 注：此试件仅适用于带有动力刀具的车削中心	卧式机床和倒置立式机床	范围 1 0.010	范围 2 0.015	范围 3 0.020
		立式机床	范围 1 0.015	范围 2 0.020	范围 3 0.030

检验项目	试件		
	M3-80	M3-160	M3-320
	公差 mm		
中心孔ΦP a) 圆柱度 b) 孔轴线对基准A的垂直度	0.010 0.010	0.010 Φ 0.010	0.015 Φ 0.015
正四方形L×L c) 侧面的直线度 d) 相邻面对基准B的垂直度 e) 相对面对基准B的平行度	0.030 0.040 0.040	0.030 0.040 0.040	0.045 0.060 0.060
菱形 ^a Q×Q f) 侧面的直线度 g) 60°角侧面对基准B的倾斜度	0.030 0.040	0.030 0.040	0.045 0.060
圆ΦX h) 圆度 i) 外圆对基准C的位置度	0.030 0.040	0.030 Φ 0.040	0.040 Φ 0.050
斜面 j) 面的直线度 k) 斜面对B面的倾斜度	0.030 0.040	0.030 0.040	0.045 0.060
镗孔 m) 内孔N对外孔M的同轴度 n) 孔N对基准C的位置度	0.020 Φ 0.050	Φ 0.020 Φ 0.050	Φ 0.020 Φ 0.050
序号	检验项目	公差 mm	
M4	试件上 100°圆弧内的圆偏差检验	试件标记 名义半径 R: 圆偏差:	M4-50 M4-100 M4-150 50 100 150 0.025 0.045 0.070

2.3.3 数控铣镗床

2.3.3.1 数控卧式固定立柱和移动式工作台铣镗床精度检验要求

数控卧式固定立柱和移动式工作台铣镗床精度检验要求见表 21。

表 21 数控卧式固定立柱和移动式工作台铣镗床精度检验要求

ISO 3070-1:2007
卧式铣镗床精度检验条件 第 1 部分：固定立柱和移动式工作台机床
适用范围

规定一般用途普通精度的卧式铣镗床（带固定立柱和移动式工作台机床）的几何精度、

工作精度、数控轴线的定位精度和重复定位精度检验项目和公差。

机床可配置不同类型的主轴箱，如带有滑动铣镗轴、带有滑动镗轴和平旋盘、带有滑枕或铣滑枕的主轴箱。

几何精度检验

序号	检验项目	公差 mm
G1	工作台滑座移动 (Z 轴) 的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内 (EYZ)； b) 在 ZX 水平面内 (EZX)。	a) 和 b) 测量长度在 1000 以内为：0.02； 测量长度超过 1000 时为：0.03。 局部公差：任意 300 测量长度上为 0.006。
G2	工作台滑座移动 (Z 轴) 的角度偏差： a) 在 YZ 平面内 (EAZ：俯仰)； b) 在 XY 平面内 (ECZ：倾斜)； c) 在 ZX 平面内 (EBZ：偏摆)。	a) 、 b) 和 c) 0.04/1000 局部公差：任意 300 测量长度上为：0.02/1000。
G3	工作台移动 (X 轴) 的直线度： a) 在 XY 垂直平面内 (EYX)； b) 在 ZX 水平面内 (EZX)。	a) 和 b) 测量长度在 1000 以内为：0.02； 测量长度超过 1000 时，长度每增加 1000，公差增加：0.01； 最大公差：0.05； 局部公差：任意 300 测量长度上为：0.006。
G4	工作台移动 (X 轴) 的角度偏差： a) 在 XY 平面内 (ECX：俯仰)； b) 在 YZ 平面内 (ECZ：倾斜)； c) 在 ZX 平面内 (EBZ：偏摆)。	a) 、 b) 和 c) 0.04/1000 局部公差：任意 300 测量长度上为：0.02/1000。
G5	主轴移动 (Y 轴) 的直线度： a) 在 YZ 平面内 (与主轴轴线平行的垂直平面) (EZY) b) 在 XY 平面内 (与主轴轴线垂直的垂直平面) (EXY)	a) 和 b) 在任意 1000 测量长度上为：0.02。
G6	主轴箱移动 (Y 轴) 的角度偏差： a) 在 YZ 平面内 (EAY：俯仰)； b) 在 ZX 平面内 (EBY：偏摆)；	a) 和 b) $Y \leq 4000$: 0.04/1000 $Y > 4000$: 0.06/1000
G7	工作台移动 (X 轴) 和工作台滑座移动 (Z 轴) 间的垂直度	在任意 500 测量长度上为：0.02

G8	主轴箱移动 (Y 轴) 对： a) 工作台滑座移动 (Z 轴) 的垂直度； b) 工作台移动 (X 轴) 的垂直度。	a) 和 b) 在任意 500 测量长度上为：0.02。
G9	工作台的平面度	测量长度在 1000 以内为：0.03（平或凹）； 测量长度超过 1000 时，长度每增加 1000，公差增加：0.01； 最大公差：0.05； 局部公差：任意 300 测量长度上为：0.015。
G10	工作台面对： a) 工作台滑座移动 (Z 轴) 的平行度； b) 工作台移动 (X 轴) 的平行度。	a) 测量长度在 1000 以内为：0.04； 测量长度超过 1000 时，长度每增加 1000，公差增加：0.01； 最大公差：0.06； 局部公差：任意 300 测量长度上为：0.015。 b) 任意 1000 测量长度上为：0.04。
G11	工作台中间或基准 T 型槽对工作台移动 (X 轴) 的平行度	在任意 1000 测量长度上为：0.03。 最大公差：0.04。
G12	回转工作台的端面跳动	在 1000 测量直径上为：0.02。
G13	工作台中心孔对其回转轴线的径向跳动	0.015
G14	工作台处于 0°、90°、180°、270° 角度位置精度： a) 只有 4 个相差 90° 固定位置的回转分度工作台； b) 只有任意固定位置的回转分度工作台； c) 能进行任意角度分度的回转工作台。	a) 任意 500 测量长度上为：0.03； b) 任意 500 测量长度上为：0.05； c) 任意 500 测量长度上为：0.075。
G15	镗轴的检验： a) 镗轴锥孔的径向跳动，主轴缩回： 1) 靠近镗轴端部处； 2) 距镗轴端部 300 处。 b) 镗轴的径向跳动： 1) 镗轴缩回时； 2) 镗轴伸出 300 时。 c) 周期性轴向窜动，主轴缩回	D≤125 D>125 a) 和 b) 1) 0.01 0.015 2) 0.02 0.03 c) 0.01 0.015 其中 D 为镗轴直径。
G16	镗轴轴线对工作台滑座移动 (Z 轴) 的平行	a) 和 b)

	度： a) 在 YZ 平面内（垂直平面）； b) 在 ZX 平面内（水平面）。	任意 300 测量长度上为：0.02。
G17	镗轴轴线对工作台移动 (X 轴) 的垂直度	0.02/500 其中 500 为两个测量点的距离。
G18	镗轴轴线对主轴箱移动 (Y 轴) 的垂直度	0.02/500 $\alpha \leq 90^\circ$ 其中 500 为两个测量点的距离。
G19	镗轴移动 (W 轴) 对工作台滑座移动 (Z 轴) 在垂直平面内的平行度。 	对于镗轴不同伸长量时的公差： 2D: + 0.015 (向上) 4D: ±0.02 6D: -0.06 (向下) 其中 D 为主轴直径。 镗轴的伸出量为 6 倍的主轴直径， 且不应超过 900。 公差限于主轴直径 150 以内，主轴 直径大于 150 时，公差应有用户与供 应商/制造商协商确定。
G20	铣轴的检验： a) 径向跳动； b) 周期性轴向窜动； c) 端面跳动（包括周期性轴向窜动）。	$D \leq 125$ $D > 125$ a) 0.01 0.015 b) 0.01 0.015 c) 0.02 0.03 其中 D 为铣轴直径。
G21	滑枕移动 (W 轴) 对工作台滑座移动 (Z 轴) 的平行度： a) 在 YZ 平面内（垂直平面）； b) 在 ZX 平面内（水平面）。	a) 和 b) 500 测量长度上为：0.03。
G22	滑枕移动 (W 轴) 对主轴箱移动 (Y 轴) 的 垂直度	500 测量长度上为：0.03。
G23	a) 铣轴对滑枕上刀具或附件定心轴线 的同轴度； b) 滑枕上刀具或附件支撑表面相对于铣轴 回转轴线的垂直度。 注：仅适用于在滑枕上有圆形定位面的机 床。	a) 0.02 b) 0.02/500 (500 指两个测量接触点之间的距 离)
G24	镗轴回转轴线和平旋盘轴线的同轴度： a) 靠近平旋盘端面处； b) 距平旋盘端面 300 处。 注：仅适用于当平旋盘安装在镗轴承之	$D \leq 125$ $D > 125$ a) 0.02 0.03 b) 0.03 0.04 其中 D 为镗轴直径。

	外的轴承上的机床。	
G25	平旋盘回转轴线对工作台移动 (X 轴) 的垂直度 注: 仅适用于当平旋盘安装在镗轴承之外的轴承上的机床。	0.02/500 (500 指两个测量接触点之间的距离)
G26	平旋盘回转轴线对主轴移动 (Y 轴) 的垂直度 注: 仅适用于当平旋盘安装在镗轴承之外的轴承上的机床。	0.02/500 (500 指两个测量接触点之间的距离)
G27	a) 平旋盘滑块在水平平面内移动 (U 轴) 对工作台移动 (X 轴) 的平行度; b) 平旋盘滑块在垂直平面内移动 (U 轴) 对工作台滑座移动 (Z 轴) 的垂直度。	a) 和 b) 300 测量长度上为: 0.025。

工作精度检验

M1	检验性质: 加工单个试件, 包括: a) 镗内孔 a_1 和 a_2 ; b) 车外圆 b_1 和 b_2 ; c) 车端面 C。	
	检验项目	公差 mm
	圆度 内孔 a_1 和 a_2 及外圆 b_1 的圆度: —— 移动主轴加工; —— 移动工作台加工。	a_1 和 a_2 : $d \leq 125$, 0.0075; $d > 125$, 0.01。 b_1 : $D \leq 300$, 0.01; $300 < D \leq 600$, 0.015。 直径每增加 300, 公差增加 0.005。
	圆柱度 内孔 a_1 和 a_2 的圆柱度	$d \leq 125$, 0.01; $d > 125$, 0.015。
	同心度 内孔 a_1 和外圆 b_1 的同心度	0.025

	<p>同轴度 外圆 b_1 和 b_2 与内孔 a_1 和 a_2 基准轴线的同轴度</p> <p>平面度 被加工表面的平面度</p> <p>垂直度 端面 C 对内孔 a_1 和 a_2 基准轴线的垂直度</p>	工作台滑座纵向移动长度 300 时为 0.04。 直径 300 时为 0.015。 直径 300 时为 0.025。								
M2	<p>检验性质：</p> <p>a) 通过工作台 (X 轴) 自动移动、主轴箱垂直移动和滑座 (Z 轴) 手动进给铣削 A、C 和 D 平面；</p> <p>b) 通过工作台 (X 轴) 自动移动、主轴箱垂直手动进给铣削 B 平面，至少两次 进刀，加工重叠约 5mm~10mm。</p>									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>检验项目</th><th>公差 mm</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>每个试件 B 面的平面度</td><td>0.02</td></tr> <tr> <td>A 面、C 面和 D 面的相互垂直度及对 B 面的垂直度</td><td>测量长度在 100 时为 0.02。</td></tr> <tr> <td>两试件 H 的等高度</td><td>0.03</td></tr> </tbody> </table>	检验项目	公差 mm	每个试件 B 面的平面度	0.02	A 面、C 面和 D 面的相互垂直度及对 B 面的垂直度	测量长度在 100 时为 0.02。	两试件 H 的等高度	0.03	
检验项目	公差 mm									
每个试件 B 面的平面度	0.02									
A 面、C 面和 D 面的相互垂直度及对 B 面的垂直度	测量长度在 100 时为 0.02。									
两试件 H 的等高度	0.03									
M3	<p>检验性质：</p> <p>精镗相对安装在同一轴线上的两个试件，该轴线平行于工作台面，并且位于工作台回转中心同轴的垂直平面内</p>									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>检验项目</th><th>公差 mm</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>检验孔 d_1 和 d_2 的轴线相对于通过 R_1、R_2 和 R_3 的垂直平面的等距度 (L_1 和 L_2 等高，d_1 和 d_2 同轴)</td><td> a) 对于只有 $4 \times 90^\circ$ 定位的分度工作台，在 1000 长度上为：0.06； b) 对任意固定分度位置的回转工作台，在 1000 长度上为：0.10； c) 对于自动分度和定位的回转工作台，在 1000 长度上为：0.15。 </td></tr> </tbody> </table>	检验项目	公差 mm	检验孔 d_1 和 d_2 的轴线相对于通过 R_1 、 R_2 和 R_3 的垂直平面的等距度 (L_1 和 L_2 等高， d_1 和 d_2 同轴)	a) 对于只有 $4 \times 90^\circ$ 定位的分度工作台，在 1000 长度上为：0.06； b) 对任意固定分度位置的回转工作台，在 1000 长度上为：0.10； c) 对于自动分度和定位的回转工作台，在 1000 长度上为：0.15。					
检验项目	公差 mm									
检验孔 d_1 和 d_2 的轴线相对于通过 R_1 、 R_2 和 R_3 的垂直平面的等距度 (L_1 和 L_2 等高， d_1 和 d_2 同轴)	a) 对于只有 $4 \times 90^\circ$ 定位的分度工作台，在 1000 长度上为：0.06； b) 对任意固定分度位置的回转工作台，在 1000 长度上为：0.10； c) 对于自动分度和定位的回转工作台，在 1000 长度上为：0.15。									
	数控定位精度和重复定位精度的检验									

序号	检验项目	公差 mm		
	数控工作台 (X 轴) 运动的定位精度和重复定位精度	测量长度 mm		
		≤500	≤1000	≤2000
P1	双向定位精度 ^a A	0.014	0.020	0.022
	单向重复定位精度 ^a , R↑或R↓	0.007	0.009	0.011
	双向重复定位精度 R	0.011	0.014	0.017
	轴线的平均反向差值, \bar{B} ;	0.005	0.006	0.008
	双向定位系统偏差 ^a , E;	0.008	0.011	0.013
	轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a , M。	0.003	0.005	0.006
^a 可作为机床验收时的依据。				
	数控主轴箱 (Y 轴) 运动的定位精度和重复定位精度	测量长度 mm		
		≤500	≤1000	≤2000
P2	双向定位精度 ^a , A;	0.014	0.020	0.022
	单向重复定位精度 ^a , R↑或R↓;	0.007	0.009	0.011
	双向重复定位精度, R;	0.011	0.014	0.017
	轴线的平均反向差值, \bar{B} ;	0.005	0.006	0.008
	双向定位系统偏差 ^a , E;	0.008	0.011	0.013
	轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a , M。	0.003	0.005	0.006
^a 可作为机床验收时的依据。				
	数控工作台 (Z 轴) 运动的定位精度和重复定位精度:	测量长度 mm		
		≤500	≤1000	≤2000
P3	双向定位精度 ^a , A;			
	单向重复定位精度 ^a , R↑或R↓;	0.014	0.020	0.022
	双向重复定位精度, R;	0.007	0.009	0.011
	轴线的平均反向差值, \bar{B} ;	0.011	0.014	0.017
	双向定位系统偏差 ^a , E;	0.005	0.006	0.008
	轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a , M。	0.008	0.011	0.013
^a 可作为机床验收时的依据。				
P4	数控镗轴或滑枕 (W 轴) 运动的定位精度和重复定位精度	测量长度 mm		
		≤500	≤1000	

	双向定位精度 ^a , A ; 单向重复定位精度 ^a , $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$; 双向重复定位精度, R ; 轴线的平均反向差值, \overline{B} ; 双向定位系统偏差 ^a , E ; 轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a , M 。	0.014 0.007 0.011 0.005 0.008 0.003	0.020 0.009 0.014 0.006 0.011 0.005
^a 可作为机床验收时的依据。			
P5	数控平旋盘径向滑块(U轴)运动的定位精度和重复定位精度	测量长度 mm ≤500 ≤1000	
	双向定位精度 ^a , A ; 单向重复定位精度 ^a , $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$; 双向重复定位精度, R ; 轴线的平均反向差值, \overline{B} ; 双向定位系统偏差 ^a , E ; 轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a , M 。	0.014 0.007 0.011 0.005 0.007 0.003	0.017 0.009 0.014 0.006 0.010 0.004
^a 可作为机床验收时的依据。			
P6	数控回转工作台的角度定位精度和重复定位精度: a) 固定分度的回转工作台 b) 任意分度定位的回转工作台	360° a) b)	
	双向定位精度 ^a , A ; 单向重复定位精度 ^a , $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$; 双向重复定位精度, R ; 轴线的平均反向差值, \overline{B} ; 双向定位系统偏差 ^a , E ; 轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a , M 。	7" 4" 6" 4" 4" 2"	11" 6" 8" 6" 6" 4"
^a 可作为机床验收时的依据。			
刀具主轴回转轴线的几何精度			
R1		检验项目	
	刀具主轴(C轴)的径向误差运动(ERC) 镗主轴和铣主轴均需检验 注: 在可能的情况下, 检验时镗主轴缩回。		

	公差 mm		
主轴最高转速的百分比:			
10%	50%	100%	
总径向误差运动值 (ERC)	0.010	0.014	0.020
如果主轴最低转速大于最高转速的 10%，那么主轴应在最低转速下运行。			

2.3.2.2 数控卧式沿 X 轴可移动立柱式铣镗床（落地式）精度检验要求

数控卧式沿 X 轴可移动立柱式铣镗床（落地式）精度检验要求见表 22。

表 22 数控卧式沿 X 轴可移动立柱式铣镗床（落地式）精度检验要求

ISO 3070-2:2016 卧式铣镗床精度检验条件 第 2 部分：沿 X 轴可移动立柱式机床（落地式）		
适用范围		
规定一般用途普通精度的卧式铣镗床（沿X轴可移动立柱式机床）的几何精度、主轴精度、数控轴线的定位精度和重复定位精度检验项目和公差。		
几何精度检验		
序号	检验项目	公差 mm
G1	立柱移动 (X 轴) 的直线度： a) 在 XY 垂直平面内 (E_{yx}) ; b) 在 ZX 水平面内 (E_{zx}) 。	测量长度小于等于： 5000 10000 15000 20000 a) 0.07 0.14 0.21 0.29 b) 0.06 0.11 0.16 0.21
G2	立柱移动 (X 轴) 的角度偏差： a) 在 XY 平面内 (E_{cx} : 俯仰); b) 在 YZ 平面内 (E_{aw} : 倾斜); c) 在 ZX 平面内 (E_{bx} : 偏摆)。	a) 、 b) 和 c) $X \leq 4000$: 0.04/1000 $X > 4000$: 0.06/1000 局部公差：任意 500 测量长度上为： 0.02/1000。
G3	滑枕移动 (Z 轴) 的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内 (E_{yz}) ; b) 在 ZX 水平面内 (E_{xz}) 。	测量长度小于等于： 1000 1500 2000 a) 和 b) 0.02 0.03 0.04 局部公差：任意 300 测量长度上为： 0.006。 测量长度大于 2000 时，公差按制造商/ 供应商和用户之间的协议执行。
G4	滑枕移动 (Z 轴) 的角度偏差：	测量长度小于等于：

	<p>a) 在 YZ 平面内 (E_{AZ}: 俯仰); b) 在 XY 平面内 (E_{CZ}: 倾斜); c) 在 ZX 平面内 (E_{BZ}: 偏摆)。</p>	<p>1000 1500 2000 a) 0.06/1000 0.08/1000 0.10/1000 b) 和 c) 0.04/1000 0.05/1000 0.06/1000 测量长度大于 2000 时, 公差按制造商/ 供应商和用户之间的协议执行。</p>
G5	<p>主轴箱移动 (Y轴) 的直线度:</p> <p>a) 在 YZ 平面内 (与主轴轴线平行的垂直平面) (E_{ZY}) ; b) 在 XY 平面内 (与主轴轴线垂直的垂直平面) (E_{XY}) 。</p>	<p>测量长度小于等于: 2000 3000 4000 5000 6000 a) 和 b) 0.03 0.04 0.05 0.07 0.09 测量长度大于 6000 时, 公差按制造商/ 供应商和用户之间的协议执行。</p>
G6	<p>主轴箱移动 (Y轴) 的角度偏差:</p> <p>a) 在 YZ 平面内 (与主轴轴线平行的垂直平面) (E_{AY}) ; b) 在 XY 平面内 (与主轴轴线垂直的垂直平面) (E_{AX}) 。 c) 在 ZX 平面内 (E_{BY}: 倾斜) 。</p>	<p>a) 、 b) 和 c) <p>测量长度小于等于: 2000 3000 4000 0.04/1000 0.04/1000 0.04/1000 测量长度小于等于: 5000 6000 0.05/1000 0.06/1000 测量长度大于 6000 时, 公差按制造商/ 供应商和用户之间的协议执行。</p> </p>
G7	主轴箱移动 (Y 轴) 和立柱移动 (X 轴) 间的垂直度	0.04/1000
G8	主轴箱移动 (Y 轴) 和滑枕移动 (Z 轴) 间的垂直度	0.06/1000
G9	滑枕移动 (Z 轴) 和立柱移动 (X 轴) 间的垂直度	0.06/1000
G10a	镗轴移动 (W 轴) 和滑枕移动 (Z 轴) 在 YZ 平面内的平行度	<p>对于镗轴不同伸长量时的公差: 2D: + 0.015 (向上) 4D: ± 0.02 6D: -0.06 (向下) 其中 D 为主轴直径。 镗轴的伸出量为 6 倍的主轴直径, 且不</p>

		应超过 900。 公差限于主轴直径 150 以内，主轴直径大于 150 时，公差应有用户与供应商/制造商协商确定。
G10b	镗轴移动 (W 轴) 和滑枕移动 (Z 轴) 在 ZX 平面内的平行度	0.04/1000
G11	固定工作台的平面度	工作台最长边测量长度小于等于： 5000 10000 15000 20000 公差： 0.12 0.22 0.32 0.42 测量长度大于 20000 时，公差按制造商/供应商和用户之间的协议执行。
G12	固定工作台基准 T 型槽或任意基准面和立柱移动 (X 轴) 间的平行度	工作台最长边测量长度小于等于： 5000 10000 15000 20000 公差： 0.15 0.20 0.25 0.30 测量长度大于 20000 时，公差按制造商/供应商和用户之间的协议执行。
G13	固定工作台面和立柱移动 (X 轴) 间的平行度	工作台最长边测量长度小于等于： 5000 10000 15000 20000 公差： 0.10 0.20 0.30 0.40 测量长度大于 20000 时，公差按制造商/供应商和用户之间的协议执行。
G14	固定工作台面和滑枕移动 (Z 轴) 间的平行度	a) 和 b) 在 1000 测量长度上为： 0.07。
G15	镗轴的检验： a) 镗轴锥孔的径向跳动，主轴缩回： 1) 靠近镗轴端部处； 2) 距镗轴端部 300 处。 b) 镗轴的径向跳动： 1) 镗轴缩回时； 2) 镗轴伸出 300 时。 c) 周期性轴向窜动，主轴缩回	D≤125 125<D≤200 D>200 a) 和 b) 1) 0.01 0.015 0.02 2) 0.02 0.03 0.04 c) 0.01 0.015 0.02 其中 D 为镗轴直径。
G16	镗轴轴线平均线和滑枕移动 (Z 轴) 之间的平行度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面内。	a) 和 b) 0.02/300

G17	镗轴轴线平均线和立柱移动 (X轴) 之间的垂直度	0.04/1000
G18	镗轴轴线平均线和主轴箱移动 (Y轴) 之间的垂直度	0.04/1000 $\alpha \leq 90^\circ$ (1000 指两个测量接触点之间的距离)
G19	铣轴的检验： a) 定心轴颈的径向跳动； b) 轴向窜动； c) 端面跳动（包括轴向窜动）。	$D \leq 125$ $125 < D \leq 200$ $D > 200$ a) 和 b) 1) 0.01 0.015 0.02 2) 0.01 0.015 0.02 c) 0.02 0.03 0.04 其中 D 为镗轴直径。
G20	a) 铣轴回转轴线平均线和工具定心轴颈或滑枕上的附件之间的平行同轴度 b) 工具或滑枕上的附件的支承端面和铣轴回转轴线平均线之间的垂直度	a) 0.02 b) 0.02/500
G21	工作台滑板移动 (R'轴) 的直线度 a) 在 YZ 平面上 (E_{yr} : 俯仰)； b) 在 ZX 水平面上 (E_{xr} : 倾斜)；	a) 和 b) 测量长度在 1000 以内为：0.02； 测量长度超过 1000 时，长度每增加 1000， 公差增加：0.01； 最大公差：0.05。
G22	工作台滑板移动 (R'轴) 的角度偏差 a) 在 YZ 垂直平面内 (E_{ar} : 俯仰)； b) 在 XY 垂直平面内 (E_{cr} : 倾斜)； c) 在 ZX 水平面上 (E_{br} : 偏摆)。	a) 和 b) $R \leq 4000$: 0.04/1000 $R > 4000$: 0.06/1000 局部公差：任意 300 测量长度上为： 0.02/1000。
G23	工作台滑板移动 (R'轴) 和滑枕移动 (Z 轴) 之间的平行度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 ZX 水平面上。	a) 和 b) 0.03/500
G24	工作台滑板移动 (R'轴) 和主轴箱移动 (Y轴) 之间的垂直度：	0.04/1000
G25	工作台滑板移动 (R'轴) 和 Y 轴运动之间的平行度：	0.04/1000

G26	工作台回转轴线 (B 轴) 和立柱移动 (X 轴) 之间的垂直度： a) 在 YZ 垂直平面内； b) 在 XY 垂直面内。	0.04/1000		
G27	工作台中间或基准 T 型槽在 B0 回转位置和工作台滑板移动 (R' 轴) 的平行度。	在任意 1000 测量长度上为：0.03。		
G28	工作台表面对其回转轴线的端面跳动	测量直径 D 小于等于： 2000 3000 4000 5000 公差： 0.04 0.06 0.08 0.10 测量直径 D 大于 5000 时，公差按制造商/供应商和用户之间的协议执行。		
G29	工作台中心孔对其回转轴线的径向跳动	0.015		
G30	工作台处于 0°、90°、180°、270° 角度位置精度： a) 只有 4 个相差 90° 固定位置的回转分度工作台； b) 只有任意固定位置的回转分度工作台；	a) 0.06/1000 b) 0.05/1000		
数控定位精度和重复定位精度的检验				
序号	检验项目	公差 mm		
P1	数控立柱 (X 轴) 运动的定位精度和重复定位精度	测量长度 ≤ 2000 mm		
		≤ 500	≤ 1000	≤ 2000
	双向定位精度 ^a A	0.014	0.020	0.022
	单向重复定位精度 ^a R↑ 或 R↓	0.007	0.009	0.011
	双向重复定位精度 R	0.011	0.014	0.017
	轴线的平均反向差值 \bar{B}	0.005	0.006	0.008
	双向定位系统偏差 ^a E	0.008	0.011	0.013
	轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	0.003	0.005	0.006
双向定位系统偏差 ^a E	测量长度 > 2000 mm			

	轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	0.016+测量长度每增加 1000, 公差增加 0.006。 0.008+测量长度每增加 1000, 公差增加 0.003。																								
^a 可作为机床验收时的依据。																										
P2	数控主轴箱 (Y 轴) 运动的定位精度和重复定位精度	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">测量长度 mm</th> </tr> <tr> <th>≤500</th> <th>≤1000</th> <th>≤2000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.014</td> <td>0.020</td> <td>0.022</td> </tr> <tr> <td>0.007</td> <td>0.009</td> <td>0.011</td> </tr> <tr> <td>0.011</td> <td>0.014</td> <td>0.017</td> </tr> <tr> <td>0.005</td> <td>0.006</td> <td>0.008</td> </tr> <tr> <td>0.008</td> <td>0.011</td> <td>0.013</td> </tr> <tr> <td>0.003</td> <td>0.005</td> <td>0.006</td> </tr> </tbody> </table>	测量长度 mm			≤500	≤1000	≤2000	0.014	0.020	0.022	0.007	0.009	0.011	0.011	0.014	0.017	0.005	0.006	0.008	0.008	0.011	0.013	0.003	0.005	0.006
测量长度 mm																										
≤500	≤1000	≤2000																								
0.014	0.020	0.022																								
0.007	0.009	0.011																								
0.011	0.014	0.017																								
0.005	0.006	0.008																								
0.008	0.011	0.013																								
0.003	0.005	0.006																								
	双向定位系统偏差 ^a E	测量长度 >2000 mm																								
	轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	0.016+测量长度每增加 1000, 公差增加 0.006。 0.008+测量长度每增加 1000, 公 差增加 0.003。																								
^a 可作为机床验收时的依据。																										
P3	数控滑枕 (Z 轴) 运动的定位精度和重复定位精度:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">测量长度 mm</th> </tr> <tr> <th>≤500</th> <th>≤1000</th> <th>≤2000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.014</td> <td>0.020</td> <td>0.022</td> </tr> <tr> <td>0.007</td> <td>0.009</td> <td>0.011</td> </tr> <tr> <td>0.011</td> <td>0.014</td> <td>0.017</td> </tr> <tr> <td>0.005</td> <td>0.006</td> <td>0.008</td> </tr> <tr> <td>0.008</td> <td>0.011</td> <td>0.013</td> </tr> <tr> <td>0.003</td> <td>0.005</td> <td>0.006</td> </tr> </tbody> </table>	测量长度 mm			≤500	≤1000	≤2000	0.014	0.020	0.022	0.007	0.009	0.011	0.011	0.014	0.017	0.005	0.006	0.008	0.008	0.011	0.013	0.003	0.005	0.006
测量长度 mm																										
≤500	≤1000	≤2000																								
0.014	0.020	0.022																								
0.007	0.009	0.011																								
0.011	0.014	0.017																								
0.005	0.006	0.008																								
0.008	0.011	0.013																								
0.003	0.005	0.006																								
	^a 可作为机床验收时的依据。																									
P4	数控镗轴 (W 轴) 运动的定位精度和重复定位	测量长度 mm																								

	精度	≤500	≤1000		
	双向定位精度 ^a A	0.017	0.022		
	单向重复定位精度 ^a $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	0.007	0.011		
	双向重复定位精度 R	0.014	0.017		
	轴线的平均反向差值 \bar{B}	0.006	0.008		
	双向定位系统偏差 ^a E	0.010	0.012		
	轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	0.004	0.005		
	^a 可作为机床验收时的依据。				
P5	工作台滑板 (R'轴) 运动的定位精度和重复定位精度	测量长度 mm			
		≤500	≤1000	≤2000	
		双向定位精度 ^a A	0.014	0.020	0.022
		单向重复定位精度 ^a $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	0.007	0.009	0.011
		双向重复定位精度 R	0.011	0.014	0.017
		轴线的平均反向差值 \bar{B}	0.005	0.006	0.008
		双向定位系统偏差 ^a E	0.008	0.011	0.013
		轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	0.003	0.005	0.006
	^a 可作为机床验收时的依据。				
P6	数控回转工作台的角度定位精度和重复定位精度： a) 固定分度的回转工作台 b) 任意分度定位的回转工作台	360°			
		a)	b)		
		双向定位精度 ^a A	7"	11"	
		单向重复定位精度 ^a $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	4"	6"	
		双向重复定位精度, R	6"	8"	
		轴线的平均反向差值 \bar{B}	4"	6"	
		双向定位系统偏差 ^a E	4"	6"	
		轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	2"	4"	
	^a 可作为机床验收时的依据。				
附录 A (规范性附录) 回转轴线的几何精度					
AR1	检验项目				
	刀具主轴 (C 轴) 回转轴线的误差运动： a) 径向误差运动；				

	<p>b) 轴向误差运动； c) 倾斜误差运动。</p> <p>铣主轴和镗主轴均需检验。</p> <p>注：在可能的情况下，检验时镗主轴缩回。</p>															
	<p style="text-align: center;">公差 mm</p> <p style="text-align: center;">主轴最高转速的百分比：</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">10%</td> <td style="text-align: center;">50%</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </table> <table> <tr> <td>径向误差运动值</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>总轴向误差运动值</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>总倾斜运动值</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> </table> <p>如果主轴最低转速大于最高转速的 10%，那么主轴应在最低转速下运行。</p> <p>如果供应商/制造商和用户协议确定在机床验收时检验此项，那么双方应同时确定相应的公差。</p>	10%	50%	100%	径向误差运动值	—	—	—	总轴向误差运动值	—	—	—	总倾斜运动值	—	—	—
10%	50%	100%														
径向误差运动值	—	—	—													
总轴向误差运动值	—	—	—													
总倾斜运动值	—	—	—													
AR2	<p style="text-align: center;">检验项目</p> <p>夹持工件工作台回转轴线的误差运动：</p> <p>a) 径向误差运动； b) 轴向误差运动； c) 倾斜误差运动。</p>															
	<p style="text-align: center;">公差 mm</p> <p style="text-align: center;">主轴最高转速的百分比：</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">10%</td> <td style="text-align: center;">50%</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </table> <table> <tr> <td>径向误差运动值</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>总轴向误差运动值</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>总倾斜运动值</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> </table> <p>如果工作台最低转速大于最高转速的 10%，那么工作台应在最低转速下运行。</p> <p>如果供应商/制造商和用户协议确定在机床验收时检验此项，那么双方应同时确定相应的公差。</p>	10%	50%	100%	径向误差运动值	—	—	—	总轴向误差运动值	—	—	—	总倾斜运动值	—	—	—
10%	50%	100%														
径向误差运动值	—	—	—													
总轴向误差运动值	—	—	—													
总倾斜运动值	—	—	—													
附录 B (规范性附录) 平旋盘几何精度检验																
序号	检验项目	公差 mm														

BG1	平旋盘回转轴线和 X 轴之间的垂直度	0.03/1000
BG2	平旋盘回转轴线和 Y 轴之间的垂直度	0.03/1000
BG3	平旋盘滑板径向移动 (U 轴) 和平旋盘回转轴线之间的垂直度	在 300 测量长度上为；0.025。
BP1	平旋盘滑板径向移动 ((U 轴) 的定位精度和重复定位精度： 双向定位精度 ^a A 单向重复定位精度 ^a R↑ 或 R↓ 双向重复定位精度 R 轴线的平均反向差值 \bar{B} 双向定位系统偏差 ^a E 轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	测量长度 ≤ 500 0.014 0.007 0.011 0.005 0.007 0.003 ^a 可作为机床验收时的依据。
附录 C (资料性附录)		
机床部件术语其它语言对照表 (略)		

2.3.3.3 数控卧式可移动立柱和可移动式工作台铣镗床精度检验要求

数控卧式可移动立柱和可移动式工作台铣镗床精度检验要求见表 23。

表 23 数控卧式可移动立柱和可移动式工作台铣镗床精度检验要求

ISO 3070-3:2007		
卧式铣镗床精度检验条件 第 3 部分：可移动立柱和可移动式工作台机床		
适用范围		
<p>规定一般用途普通精度的卧式铣镗床(可移动立柱和可移动式工作台机床)的几何精度、工作精度、数控轴线的定位精度和重复定位精度检验项目和公差。</p> <p>机床可配置不同类型的主轴箱，如带有滑动铣镗轴、带有滑动镗轴和平旋盘、带有滑枕或铣滑枕的主轴箱。</p>		
几何精度检验		
序号	检验项目	公差 mm

G1	立柱移动 (W 轴) 的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内 (EYW) ； b) 在 ZX 水平面内 (EXW) 。	a) 和 b) 测量长度在 1000 以内为： 0.02； 测量长度超过 1000 时为： 0.03。 局部公差：任意 300 测量长度上为： 0.006。
G2	立柱移动 (W 轴) 的角度偏差： a) 在 YZ 平面内 (EAW：俯仰)； b) 在 XY 平面内 (ECW：倾斜)； c) 在 ZX 平面内 (EBW：偏摆)。	a) 、 b) 和 c) 0.04/1000 局部公差：任意 300 测量长度上为： 0.02/1000。
G3	工作台移动 (X 轴) 的直线度： a) 在 XY 垂直平面内 (EYX) ； b) 在 ZX 水平面内 (EZX) 。	a) 和 b) 测量长度在 1000 以内为： 0.02； 测量长度超过 1000 时，长度每增加 1000，公差增加： 0.01； 最大公差： 0.05； 局部公差：任意 300 测量长度上为： 0.006。
G4	工作台移动 (X 轴) 的角度偏差： a) 在 XY 平面内 (ECX：俯仰)； b) 在 YZ 平面内 (EAX：倾斜)； c) 在 ZX 平面内 (EBX：偏摆)。	a) 、 b) 和 c) $X \leq 4000$: 0.040/1000 $X > 4000$: 0.060/1000 局部公差：任意 300 测量长度上为 0.020/1000
G5	主轴箱移动 (Y轴) 的直线度： a) 在 YZ 平面内 (包含主轴轴线的垂直平 面) (EZY) ； b) 在 XY 平面内 (与主轴轴线垂直的垂 直平面) (EXY) 。	a) 和 b) 测量长度在任意 1000 以内为 0.020 测量长度在 4000 内时，长度每增加 1000，公差增加 0.010 测量长度超过 4000 时，长度每增加 1000，公差增加 0.020
G6	主轴箱移动 (Y轴) 的角度偏差： a) 在 YZ 平面内 (EAY：俯仰)； b) 在 ZX 平面内 (EBY：倾斜) 。	a) 和 b) $Y \leq 4000$: 0.04/1000 $Y > 4000$: 0.06/1000
G7	工作台移动 (X 轴) 和立柱移动 (W 轴) 间的 垂直度	在任意 1000 测量长度上为： 0.030
G8	主轴箱移动 (Y轴) 对： a) 工作台移动 (X轴) 的垂直度； b) 立柱移动 (W 轴) 的垂直度。	a) 和 b) 在任意 1000 测量长度上为： 0.030。

G9	工作台的平面度	测量长度在 1000 以内为: 0. 030 (平或凹) ; 测量长度超过 1000 时, 长度每增加 1000, 公差增加: 0. 010; 最大公差: 0. 060; 局部公差: 任意 300 测量长度上为: 0. 015。
G10	工作台面对: a) 立柱移动 (W轴) 的平行度; b) 工作台移动 (X 轴) 的平行度。	a) 和 b) 1000 测量长度内为 0. 040 测量长度超过 1000 时, 每增加 1000, 公差值增加 0. 010。 最大公差: 0. 060 局部公差: 任意 300 测量长度上为 0. 015。
G11	工作台中间或基准 T 型槽对工作台移动(X 轴) 的平行度。	在任意 1000 测量长度上为: 0. 03。 最大公差: 0. 04。
G12	回转工作台的端面跳动	在 1000 测量直径上为: 0. 02。
G13	工作台中心孔对其回转轴线的径向跳动	0. 015
G14	工作台处于 0° 、 90° 、 180° 、 270° 角度位置精度: a) 只有 4 个相差 90° 固定位置的回转分度工作台; b) 只有任意固定位置的回转分度工作台; c) 能进行任意角度分度的回转工作台。	a) 任意 500 测量长度上为: 0. 03; b) 任意 500 测量长度上为: 0. 05; c) 任意 500 测量长度上为: 0. 075。
G15	镗轴的检验: a) 镗轴锥孔的径向跳动, 主轴缩回: 1) 靠近镗轴端部处; 2) 距镗轴端部 300 处。 b) 镗轴的径向跳动: 1) 镗轴缩回时; 2) 镗轴伸出 300 时。 c) 周期性轴向窜动, 主轴缩回	D≤125 D>125 a) 和 b) 1) 0. 01 0. 015 2) 0. 02 0. 03 c) 0. 01 0. 015 其中 D 为镗轴直径。
G16	镗轴轴线对立柱移动 (W轴) 的平行度:	a) 和 b) 任意 300 测量长度上为: 0. 02。

	a) 在YZ垂直平面内; b) 在ZX水平面内。	
G17	镗轴轴线对工作台移动 (X 轴) 的垂直度	0.02/500 其中 500 为两个测量点的距离。
G18	镗轴轴线对主轴箱移动 (Y 轴) 的垂直度	0.02/500 $\alpha \leq 90^\circ$ 其中 500 为两个测量点的距离。
G19	镗轴移动 (Z 轴) 对立柱移动 (W 轴) 在垂直平面内的平行度。 	对于镗轴不同伸长量时的公差： 2D: + 0.015(向上) 4D: ±0.02 6D: -0.06(向下) 其中 D 为主轴直径。 镗轴的伸出量为 6 倍的主轴直径，且不应超过 900。 公差限于主轴直径 150 以内，主轴直径大于 150 时，公差应有用户与供应商/制造商协商确定。
G20	铣轴的检验： a) 径向跳动； b) 周期性轴向窜动； c) 端面跳动（包括周期性轴向窜动）。	D ≤ 125 D > 125 a) 0.01 0.015 b) 0.01 0.015 c) 0.02 0.03 其中 D 为铣轴直径。
G21	滑枕移动 (Z轴) 对立柱移动 (W轴) 的平行度： a) 在YZ垂直平面内； b) 在ZX水平面内。	a) 和 b) 500 测量长度上为： 0.03。
G22	滑枕移动 (Z 轴) 对主轴箱移动 (Y 轴) 的垂直度	500 测量长度上为： 0.03。
G23	a) 铣轴回转轴线对滑枕上刀具或附件定心轴线的同心度； b) 滑枕上刀具或附件支承表面对铣轴回转轴线的垂直度。 注：仅适用于在滑枕上有圆形定位面的机床。	a) 0.02 b) 0.02/500 (500 指两个测量接触点之间的距离)
G24	镗轴回转轴线和平旋盘轴线的同轴度： a) 靠近平旋盘端面处； b) 距平旋盘端面 300 处。	D ≤ 125 D > 125 a) 0.02 0.03 b) 0.03 0.04

	注：仅适用于当平旋盘安装在镗轴承之外的轴承上的机床。	其中 D 为镗轴直径。
G25	平旋盘回转轴线对工作台移动 (X 轴) 的垂直度 注：仅适用于当平旋盘安装在镗轴承之外的轴承上的机床。	0.02/500 (500 指两个测量接触点之间的距离)
G26	平旋盘回转轴线对主轴移动 (Y 轴) 的垂直度 注：仅适用于当平旋盘安装在镗轴承之外的轴承上的机床。	0.02/500 (500 指两个测量接触点之间的距离)
G27	a) 平旋盘滑块在水平平面内移动 (U 轴) 对工作台移动 (X 轴) 的平行度； b) 平旋盘滑块在垂直平面内移动 (U 轴) 对立柱移动 (W 轴) 的垂直度。	a) 和 b) 300 测量长度上为：0.025。
G28	镗轴轴线与后立柱尾架孔轴线的重合度： a) 在垂直平面内 (YZ 平面) (适用于主轴箱和尾架同步移动的机床)； b) 在水平面内 (ZX 平面)。	a) 1000 测量长度上为：0.04； b) 1000 测量长度上为：0.03。

工作精度检验

M1	检验性质： 加工单个试件，包括： a) 镗内孔 a_1 和 a_2 ； b) 车外圆 b_1 和 b_2 ； c) 车端面 C。 注：平面加工检验仅适用于有一个滑动镗轴和一个固定式的或可拆卸式的平旋盘或一个独立的铣轴的机床	
	检验项目	公差 mm
	圆度 内孔 a_1 和 a_2 及外圆 b_1 的圆度： —— 移动主轴加工； —— 移动工作台加工。	a_1 和 a_2 : $d \leq 125, 0.0075;$ $d > 125, 0.01.$ b_1 : $D \leq 300, 0.01;$ $300 < D \leq 600, 0.015.$ 直径每增加 300，公差增加 0.005。
	圆柱度 内孔 a_1 和 a_2 的圆柱度	$d \leq 125, 0.01;$ $d > 125, 0.015.$

	同心度 内孔 a_1 和外圆 b_1 的同心度	0.025
	同轴度 外圆 b_1 和 b_2 与内孔 a_1 和 a_2 基准轴线的同轴度	立柱纵向移动300长度上为 0.040
	平面度 被加工表面的平面度	直径300时为 0.015
	垂直度 端面C对内孔 a_1 和 a_2 基准轴线的垂直度	直径300时为 0.025
M2	检验性质： a) 通过工作台(X轴)自动移动、主轴箱垂直移动和立柱滑座(W轴)手动进给铣削A、C和D平面； b) 通过工作台(X轴)自动移动、主轴箱垂直手动进给铣削B平面，至少两次进刀，加工重叠约5mm~10mm。	
	检验项目	公差 mm
	每个试件B面的平面度	0.02
	A面、C面和D面的相互垂直度及对B面的垂直度	测量长度在100时为0.02。
	两试件H的等高度	0.03
M3	检验性质： 精镗相对安装在同一轴线上的两个试件，该轴线平行于工作台面，并且位于工作台回转中心同轴的垂直平面内	
	检验项目	公差 mm

	检验孔 d_1 和 d_2 的轴线相对于通过 R_1 、 R_2 、和 R_3 的垂直平面的等距度 (L_1 和 L_2 等高, d_1 和 d_2 同轴)	a) 对于只有 $4 \times 90^\circ$ 定位的分度工作台, 在 1000 长度上为: 0.06; b) 对任意固定分度位置的回转工作台在 1000 长度上为: 0.10; c) 对于自动分度和定位的回转工作台, 在 1000 长度上为: 0.15。
--	---	--

数控定位精度和重复定位精度的检验

序号	检验项目	公差 mm		
		测量长度 mm		
P1	数控工作台 (X 轴) 运动的定位精度和重复定位精度: 双向定位精度 ^a A 单向重复定位精度 ^a $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$ 双向重复定位精度 R 轴线的平均反向差值 B 双向定位系统偏差 ^a E 轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	≤500	≤1000	≤2000
		0.014	0.020	0.022
		0.007	0.009	0.011
		0.011	0.014	0.017
		0.005	0.006	0.008
		0.008	0.011	0.013
		0.003	0.005	0.006
^a 可作为机床验收时的依据。				
P2	数控主轴箱 (Y 轴) 运动的定位精度和重复定位精度: 双向定位精度 ^a A 单向重复定位精度 ^a $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$ 双向重复定位精度 R 轴线的平均反向差值 B 双向定位系统偏差 ^a E 轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	测量长度 mm		
		≤500	≤1000	≤2000
		0.014	0.020	0.022
		0.007	0.009	0.011
		0.011	0.014	0.017
		0.005	0.006	0.008
		0.008	0.011	0.013
		0.003	0.005	0.006
^a 可作为机床验收时的依据。				
P3	数控立柱滑座 (W 轴) 运动的定位精度和重复定位精度:	测量长度 mm		
		≤500	≤1000	≤2000

	双向定位精度 ^a A			
	单向重复定位精度 ^a $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	0.014	0.020	0.022
	双向重复定位精度 R	0.007	0.009	0.011
	轴线的平均反向差值 \bar{B}	0.011	0.014	0.017
	双向定位系统偏差 ^a E	0.005	0.006	0.008
	轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	0.008 0.003	0.011 0.005	0.013 0.006

^a 可作为机床验收时的依据。

P4	数控镗轴或滑枕 (Z 轴) 运动的定位精度和重 复定位精度： 双向定位精度 ^a A 单向重复定位精度 ^a $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$ 双向重复定位精度 R 轴线的平均反向差值 \bar{B} 双向定位系统偏差 ^a E 轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	测量长度 mm	
		≤500	≤1000
	0.017 0.007 0.014 0.006 0.010 0.004	0.022 0.011 0.017 0.008 0.012 0.005	

^a 可作为机床验收时的依据。

P5	数控平旋盘径向滑块 (U 轴) 运动的定位精度 和重复定位精度： 双向定位精度 ^a A 单向重复定位精度 ^a $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$ 双向重复定位精度 R 轴线的平均反向差值 \bar{B} 双向定位系统偏差 ^a E 轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a M	测量长度 mm	
		≤500	≤1000
	0.017 0.009 0.014 0.006 0.010 0.004	0.022 0.011 0.017 0.008 0.012 0.005	

^a 可作为机床验收时的依据。

P6	数控回转工作台的角度定位精度和重复定位 精度： a) 固定分度的回转工作台 b) 任意分度定位的回转工作台	360°	
		a)	b)

双向定位精度 ^a	<i>A</i>	7"	11"
单向重复定位精度 ^a	$R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	4"	6"
双向重复定位精度	$\frac{R}{B}$	6"	8"
轴线的平均反向差值	\overline{B}	4"	6"
双向定位系统偏差 ^a	<i>E</i>	4"	6"
轴线的双向平均位置偏差的范围 ^a	<i>M</i>	2"	4"

^a 可作为机床验收时的依据。

刀具主轴回转轴线的几何精度

检验项目	
刀具主轴 (C 轴) 的径向误差运动 (ERC)	
镗主轴和铣主轴均需检验	
注：在可能的情况下，检验时镗主轴缩回。	
公差 mm	
主轴最高转速的百分比：	
10% 50% 100%	
总径向误差运动值 (ERC) 0.010 0.014 0.020	
如果主轴最低转速大于最高转速的 10%，那么主轴应在最低转速下运行。	

2.3.4 数控磨床

2.3.4.1 工作台移动式外圆磨床和万能外圆磨床精度检验要求

工作台移动式外圆磨床和万能外圆磨床精度检验要求见表 24。

表 24 工作台移动式外圆磨床和万能外圆磨床精度检验要求

ISO 2433:1999
机床 工作台移动式外圆磨床和万能外圆磨床检验条件 精度检验
适用范围
规定一般用途普通精度的工作台移动式外圆磨床和万能外圆磨床的几何精度、工作精度、数控轴线的定位精度和重复定位精度检验项目和公差。 适用于在磨削直径至 800mm, 磨削长度至 4000mm 的工作台移动式外圆磨床和万能外圆磨床。

几何精度检验		
序号	检验项目	公差 mm
G1	<p>a) 工作台移动 (Z 轴) 在 ZX 平面的内直线度；</p> <p>b) 头架主轴和尾架套筒中心连线对工作台移动 (Z 轴) 在 YZ 垂直平面内平行度。</p>	<p>a) 在 1000 测量长度内为 0.01，测量长度每增加 1000 或 1000 以内，公差增加 0.005；</p> <p>b) 在 1000 测量长度内为 0.02，测量长度每增加 1000 或 1000 以内，公差增加 0.005。</p>
G2	砂轮架移动 (X 轴) 在 ZX 平面的内直线度。	全行程上为 0.02。
G3	砂轮架移动 (X 轴) 对工作台移动 (Z 轴) 的垂直度。	300 测量长度上为 0.02。
G4	<p>头架回转主轴：</p> <p>a) 主轴定心轴颈的径向跳动；</p> <p>b) 周期性轴向窜动；</p> <p>c) 主轴轴肩支承面的端面跳动（包括周期性轴向窜动）。</p>	<p>a) 0.005；</p> <p>b) 0.005；</p> <p>c) 0.01。</p>
G5	<p>头架主轴锥孔的径向跳动：</p> <p>a) 靠近主轴端部；</p> <p>b) 距主轴端部 150 或 300 处。</p>	<p>a) 0.005；</p> <p>b) 300 测量长度上为 0.015，150 测量长度上为 0.010。</p>
G6	<p>头架主轴轴线对工作台移动 (Z 轴) 的平行度：</p> <p>a) 在 ZX 水平面内；</p> <p>b) 在 YZ 垂直平面内。</p>	<p>a) 和 b)</p> <p>在 300 测量长度上为 0.012（检验棒伸出端只许偏向砂轮并且向上），150 测量长度上为 0.008（检验棒伸出端只许偏向砂轮并且向上）。</p>
G7	<p>尾架套筒锥孔轴线对工作台移动 (Z 轴) 的平行度：</p> <p>a) 在 ZX 水平面内；</p> <p>b) 在 YZ 垂直平面内。</p>	<p>a) 在 300 测量长度上为 0.015（检验棒伸出端只许偏向砂轮），150 测量长度上为 0.01（检验棒伸出端只许偏向砂轮）；</p> <p>b) 在 300 测量长度上为 0.015（检验棒伸出端只许向上），150 测量长度上为 0.01（检验棒伸出端只许向上）。</p>
G8	尾架在工作台上移动 (W 轴) 对工作台移动的平行度：	<p>a) 在 1000 测量长度内为 0.01，测量长度每增加 1000 或 1000 以内，</p>

	a) 在 ZX 水平面内; b) 在 YZ 垂直平面内。	公差增加 0.005; b) 在 1000 测量长度内为 0.015, 测量长度每增加 1000 或 1000 以内, 公差增加 0.005。
G9	尾架套筒移动 (R 轴) 对工作台移动 (Z 轴) 的平行度: a) 在 ZX 水平面内; b) 在 YZ 垂直平面内。	a) 和 b) 在 100 测量长度上为 0.008。
G10	砂轮主轴: a) 径向跳动 (砂轮安装直径); b) 周期性轴向窜动。	a) 0.005 (2 处); b) 0.01。
G11	砂轮主轴轴线对工作台移动 (Z 轴) 的平行 度: a) 在 ZX 水平面内; b) 在 YZ 垂直平面内。	a) 在 300 测量长度上为 0.03, 在 150 测量长度上为 0.02; b) 在 300 测量长度上为 0.03 (检验 棒伸出端只许向上, 砂轮安装在主轴 两端的砂轮主轴除外), 在 150 测量 长度上为 0.02 (检验棒伸出端只许 向上, 砂轮安装在主轴两端的砂轮主 轴除外)。
G12	头架主轴轴线和砂轮主轴轴线至基准平面 (由 X 轴线和 Z 轴线移动构成的平面) 的等 距离 (等高度)。	0.4.
G13	工作台的安装和回转平面对 ZX 平面的平行 度。	全行程内为 0.05。
G 14	头架的安装和回转平面对 ZX 平面的平行度。	l =200 时为 0.02。
G15	砂轮架的安装和回转平面对 ZX 平面的平行 度。	l =200 时为 0.05。
G16	内圆磨头主轴锥孔的径向跳动: a) 靠近主轴端部; b) 距主轴端部 150 处。	a) 0.005; b) 0.01。
G17	内圆磨头主轴轴线对工作台移动 (Z 轴) 的 平行度: a) 在 ZX 水平面内; b) 在 YZ 垂直平面内。	a) 在 300 测量长度上为 0.03, 在 150 测量长度上为 0.02; b) 在 300 测量长度上为 0.03 (检验 棒伸出端只许向上), 在 150 测量长 度上为 0.02 (检验棒伸出端只许向 上)。
G18	内圆磨头主轴轴线和头架主轴轴线至基准 平面 (由 X 轴线和 Z 轴线移动构成的平面)	0.02。

	的等距度（等高度）。			
工作精度检验				
序号	检验项目	公差 mm		
M1	a) 圆度； b) 直径一致性（在试件两端和中间直径的变化量）	a) $l \leq 630, 0.003; l > 630, 0.005$ 。 b) $l = 160, 0.003$; $l = 315, 0.005$; $l = 630, 0.008$; $l = 1000, 0.010$; $l = 1500, 0.015$ 。		
M2	磨削安装在卡盘上圆柱试件，检验试件的圆度。	$DC \leq 1500, 0.003$; $DC > 1500, 0.004$ （试件的直径为 100）。		
定位精度和重复定位精度检验				
序号	检验项目	公差 mm		
P1	砂轮架精进给的重复定位精度。	$D \leq 500, 0.003$; $D > 500, 0.005$ 。 D 为最大磨削直径。		
P2	数控砂轮架 X 轴线运动的单向定位精度和重复定位精度： 单向定位精度 $A \uparrow$ 或 $A \downarrow$ 单向重复定位精度 $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$ 单向定位系统偏差 $E \uparrow$ 或 $E \downarrow$ 反向差值 B	测量长度 mm		
		≤ 500	≤ 1000	
		0.016	0.020 0.008 0.013	
		0.006	0.008	
		0.008	0.013	
		0.010	0.013	
P3	数控工作台 Z 轴运动的定位精度和重复定位精度	测量长度 mm		
		≤ 500	≤ 1000	≤ 2000
轴线至 2000mm				
	双向定位精度 A	0.025		0.040
	单向定位精度 $A \uparrow$ 或 $A \downarrow$	0.015		0.024
	双向重复定位精度 R	—		—
	单向重复定位精度 $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	0.008		0.013
	双向定位系统偏差 E	0.016		0.025
	单向定位系统偏差 $E \uparrow$ 或 $E \downarrow$	0.008		0.013
	双向平均位置偏差的范围 M	0.008		0.013
	反向差值 B	0.010		0.016
轴线超过 2000mm				

	双向定位系统偏差 E	0.032, 每增加 1000 增加 0.008。
	单向定位系统偏差 $E \uparrow$ 或 $E \downarrow$	0.025, 每增加 1000 增加 0.005。
	双向平均位置偏差的范围 M	0.025, 每增加 1000 增加 0.005。
	反向差值 B	0.016, 每增加 1000 增加 0.003。
P4	数控工作台 B3' 轴线回转运动的定位精度和重复定位精度	测量行程 $\leq +10^\circ$
	双向定位精度 A	25"
	单向定位精度 $A \uparrow$ 或 $A \downarrow$	20"
	双向重复定位精度 R	—
	单向重复定位精度 $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	10"
	双向定位系统偏差 E	20"
	单向定位系统偏差 $E \uparrow$ 或 $E \downarrow$	10"
	双向平均位置偏差的范围 M	10"
	反向差值 B	13"
	数控头架 B2' 轴线回转运动的定位精度和重复定位精度	测量行程 $\leq \pm 45^\circ$
P5	双向定位精度 A	25"
	单向定位精度 $A \uparrow$ 或 $A \downarrow$	20"
	双向重复定位精度 R	—
	单向重复定位精度 $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	10"
	双向定位系统偏差 E	20"
	单向定位系统偏差 $E \uparrow$ 或 $E \downarrow$	10"
	双向平均位置偏差的范围 M	10"
	反向差值 B	13"
	数控砂轮 B1 轴线回转运动的定位精度和重复定位精度	测量行程 $\leq \pm 45^\circ$
	双向定位精度 A	25"
P6	单向定位精度 $A \uparrow$ 或 $A \downarrow$	20"
	双向重复定位精度 R	—
	单向重复定位精度 $R \uparrow$ 或 $R \downarrow$	10"
	双向定位系统偏差 E	20"
	单向定位系统偏差 $E \uparrow$ 或 $E \downarrow$	10"
	双向平均位置偏差的范围 M	10"
	反向差值 B	13"
	数控砂轮 B1 轴线回转运动的定位精度和重复定位精度	测量行程 $\leq \pm 45^\circ$
	双向定位精度 A	25"
	单向定位精度 $A \uparrow$ 或 $A \downarrow$	20"

2.4 数控机床的安全检验要求

2.4.1 数控机床的电气安全检验要求

数控机床的电气安全检验要求见表 25。

表 25 数控机床的电气安全检验要求

IEC 60204-1: 2016 《机械安全—机械电气设备—第 1 部分：通用技术条件》
第一章 适用范围
<p>适用于机械（包括协同工作的一组机械）的电气、电子和可编程序电子设备及系统，而不适用于手提工作式机械。</p> <p>适用于的设备是从机械电气设备的电源引入处开始的。</p> <p>适用于电气设备或电气设备部件，其标称电压不超过 1000 V a.c 或 1 500 Vd.c，额定频率不超过 200Hz。</p> <p>不包括所有技术要求（如防护、联锁或控制），这些要求是其他标准或规则为保障人身免遭非电气伤害所需要的。对有特殊要求的各种类型机械对安全性可提出特殊要求。</p> <p>适用于（但不限于）3.41 所定义的机械电气设备。</p> <p>未规定下述机械电气设备的附加和特殊要求：</p> <ul style="list-style-type: none"> ——露天（即建筑物或其他防护结构的外部）机械； ——使用、处理或生产易爆材料（如油漆或锯末）的机械； ——易爆易燃环境中使用的机械； ——当加工或使用某种材料时会产生特殊风险的机械； ——矿山机械； ——缝纫机、缝制单元和缝制系统（包括在 IEC 60204-31 中）； ——起重机械（包括在 IEC 60204-32 中）； ——半导体设备（包括在 IEC 60204-33 中）。 <p>不适用于直接用电能作为加工手段的动力电路。</p>
第二章 规范性引用文件

ISO 13850:2006 机械安全 急停 设计原则

IEC 60364-5-54:2011 低压电气装置 第 5-54 部分：电气设备的选择和安装 接地配置和保护导体

IEC 60364-4-43:2008 低压电气装置 第 4-43 部分：安全防护 过电流保护

IEC 60364-5-52:2009 低压电气装置 第 5-52 部分：电气设备的选择和安装 布线系统

IEC 60364-4-41:2005 低压电气装置 第 4-41 部分：安全防护 电击防护

IEC 60364-5-53:2001 建筑物电气装置 第 5-53 部分：电气设备的选择和安装-隔离、开关和控制设备 第 534 节：过电压保护电器

IEC 60364-6: 2006 低压电气装置 第 6 部分：检验

IEC 61558-1:2009 电力变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全 第 1 部分：通用要求和试验

IEC 60034-1 旋转电机 第 1 部分：定额和性能 (Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance)

IEC 60072 (所有部分) 旋转电机尺寸和输出功率等级 (Dimensions and output series for rotating electrical machines)

IEC 60309-1 工业用插头插座和耦合器 第 1 部分：通用要求 (Plugs, socket-outlets, and couplers for industrial purposes - Part 1: General Requirements)

IEC 60364-1 低压电气装置 第 1 部分：基本原则、一般特性评估和定义 (Low-voltage electrical installations - Part 1: Fundamental principles assessment of general characteristics, definitions)

IEC 60417 电气设备用图形符号 (Graphical symbols for use on equipment)

IEC 60445:2010 人机界面、标志和标识的基本原则和安全原则 设备端子、导线线端和导线的标识 (Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification - Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors)

IEC 60529 外壳防护等级 (IP 代码) [Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)]

- IEC 60664-1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验
(Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles, requirements and tests)
- IEC 60947-2 低压开关设备和控制设备 第2部分：断路器 (Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit-breakers)
- IEC 60947-3 低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器 (Low-voltage switchgear and controlgear - Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors, and fuse-combination units)
- IEC 60947-5-1:2003 低压开关设备和控制设备 第5-1部分：控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器 (Low-voltage switchgear and controlgear - Part 5-1: Control circuit devices and switching elements - Electromechanical control circuit devices)
- IEC 60947-5-1:2003/AMD1:2009
- IEC 60947-5-5 低压开关设备和控制设备 第5-5部分：控制电路电器和开关元件-具有机械锁闩功能的电气紧急制动装置 (Low-voltage switchgear and controlgear - Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function)
- IEC 60947-6-2 低压开关设备和控制设备 第6-2部分：多功能电器(设备) 控制与保护开关电器(设备) (CPS) [Low-voltage switchgear and controlgear - Part 6-2: Multiple function equipment - Control and protective switching devices (or equipment) (CPS)]
- IEC 61140 电击防护 装置和设备的通用部分 (Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment)
- IEC 61310 (所有部分) 机械安全 指示、标志和操作 (Safety of machinery - Indication, marking and actuation)
- IEC 61439-1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: General rules products - Part 1: General requirements and tests)

IEC 61558-2-6 电源电压为 1 100V 及以下的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全 第 7 部分：安全隔离变压器和内装安全隔离变压器的电源装置的特殊要求和试验 (Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V - Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers)

IEC 61984 连接器 安全要求和试验 (Connectors - Safety requirements and tests)

IEC 62023 技术信息与文件的构成 (Structuring of technical information and documentation)

IEC 62061 机械安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全 (Safety of machinery - Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems)

ISO 7010:2011 安全信息识别系统 第 1 部分：标志 (Graphical symbols - Safety colours and safety signs - Registered safety signs)

ISO 13849-1 机械安全 控制系统有关安全部件 第 1 部分：设计通则 (Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 1: General principles for design)

ISO 13849-2 机械安全 控制系统安全相关部件 第 2 部分：确认 (Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 2: Validation)

第三章 术语和定义（略）

第四章 基本要求

4.1 一般原则

本部分规定机械的电气设备的要求。

作为机械风险评定的整个技术要求的一部分，与电气设备危害有关的危险应进行评定，包括：

- 识别降低风险的需要；
- 确定适当的风险降低；

——确定必要的保护措施。

有人可能暴露于这些危险，同时还保持机械及其设备的适当性能。

危险情况起因有下列几种，但不限于这些：

——电气设备失效或故障，从而导致电击、电弧或电火的发生；

——控制电路（或者与其有关的元器件）失效或故障，从而导致机械误动作；

——电源的骚扰或中断，以及动力电路失效或故障造成的机械误动作；

——由于滑动或滚动接触的电路连续性损失，所引起的安全功能失效；

——由电气设备外部或内部产生的电骚扰（如电磁、静电），从而导致机械误动作；

——由存储的能量（电气或机械的）释放，从而导致例如电击、会引起伤害的非预期动作；

——噪声和机械振动达到危害人员健康的程度；

——会引起伤害的外表温度。

安全措施包括设计阶段和要求用户配置的综合设施。

在设计和研制过程中，应首先识别源于机械及电气设备的危险和风险。由本质安全设计方法不能消除危险和/或充分降低风险的场合，应提供降低风险的保护措施（例如：安全防护）。在需要进一步降低风险的场合，应提供额外的方法（例如：警示方法），此外，降低风险的工作程序是需要的。

对有关电气设备的基本条件和用户的附加技术要求，如果用户已知，宜将附件B用于促进用户和供方之间的信息交换。

注：这些附加要求包括：

——根据机械（或一组机械）的类型和使用，提出附加的安全要点；

——便于维护或修理；

——提高操作的可靠性和简易性。

4.2 设备的选择

4.2.1 概述

电气设备和器件应：

——适应于它们预期的用途；和

- 符合上述有关标准的规定；和
- 按供方说明书要求使用。

4.2.2 开关设备

除了本部分要求外，依据机械的预期使用和机械电气设备情况，设计者可选用符合 IEC 61439 系列标准（参见附录 F）的相关部分规定的机械电气设备部件。

4.3 电源

4.3.1 概述

电气设备应设计成能在下列电源条件下正常运行：

- 按 4.3.2 或 4.3.3 规定的电源条件；
- 由用户规定的电源条件；
- 按专用电源供方规定的电源条件（见 4.3.4）。

4.3.2 交流电源

电压：稳态电压值为 (0.9~1.1) 倍标称电压。

频率：(0.99~1.01) 倍标称频率（连续的）。

(0.98~1.02) 倍标称频率（短时工作）。

谐波：(2~5) 次畸变谐波总和不超过线电压方均根值的 10%；对于 (6~30) 次畸变谐波的总和允许最多附加线电压方均根值的 2%。

不平衡电压：三相电源电压负序和零序成分都不应超过正序成分的 2%。

电压中断：在电源周期的任意时间，电源中断或零电压持续时间不超过 3 ms，相继中断间隔时间应大于 1 s。

电压降：电压降不应超过大于 1 周期的电源峰值电压的 20%，相继降落间隔时间应大于 1 s。

4.3.3 直流电源

由电池供电：

电压：(0.85~1.15) 倍标称电压。

(0.7~1.2) 倍标称电压（在用电池组供电的运输工具的情况下）。

电压中断时间：不超过 5 ms。

由换能装置供电：

电压：(0.9~1.1) 倍标称电压。

电压中断时间：不超过 20 ms，相继中断间隔时间应大于 1 s。

纹波电压（峰对峰）：不超过标称电压的 0.15 倍。

注：为了保证电气设备的正确工作，电源条件按 IEC 导则 106 变动。

4.3.4 专用电源系统

专用电源系统（例如车载发电机，DC 总线等）可以超过 4.3.2 和 4.3.3 所规定的限值，前提是设备应设计成在所提供的条件下能正常运行。

4.4 实际环境和运行条件

4.4.1 概述

电气设备应适应于其预期使用的实际环境和运行条件。4.4.2~4.4.8 规定的实际环境和运行条件范围覆盖了本部分包含的大多数机械。当实际环境和运行条件与下文规定范围不符时，供方（见 4.1）和用户可能有必要达成协议。

4.4.2 电磁兼容性（EMC）

电气设备产生的电磁骚扰不应超过其预期使用场合允许的水平。设备对电磁骚扰应有足够的抗扰度水平，以保证电气设备在预期使用环境中可以正确运行。

电气设备要求进行抗扰度和 / 或发射试验，满足下列条件的除外：

——在相关产品标准或通用标准（无产品标准时）规定的预期 EMC 环境中，对于采用的装置或元件符合 EMC 要求，和；

——电气安装和布线与装置和元件供方提供的关于相互影响的说明一致，（电缆，屏蔽，接地等）或当供方无此说明时，与附录 H 的要求一致。

注： EMC 通用标准 IEC61000-6-1（或 IEC 61000-6-2）和 IEC 61000-6-3（或 IEC 61000-6-4）给出了 EMC 通用的抗扰度限值和发射限值。

4.4.3 环境空气温度

电气设备应能在预期环境空气中正常工作。所有电气设备的最低要求是在外壳（箱或盒）的外部环境空气温度在 5°C~40°C 范围内正常工作。

4.4.4 湿度

当最高温度为 40°C，相对湿度不超过 50% 时，电气设备应能正常工作。温度低则允许更高的相对湿度（如 20°C 时相对湿度为 90%）。

要求采取正确的电气设备设计来防止偶然性凝露的有害影响，必要时采用适当的附加设施（如内装加热器、空调器、排水孔）。

4.4.5 海拔

电气设备应能在海拔 1000m 以下正常工作。

对于要在高海拔地区使用的设备，有必要降低下列因素：

- 介电强度，和；
- 装置的开关能力，和；
- 空气的冷却效应。

关于要使用而在产品数据中又没有规定的修正因数，宜向制造商咨询。

4.4.6 污染

电气设备应适当保护，以防固体物和液体的侵入（见 11.3）。

若电气设备安装处的实际环境中存在污染物（如灰尘、酸类物、腐蚀性气体、盐类物）时，电气设备应适当防护，供方与用户可能有必要达成专门协议。

4.4.7 离子和非离子辐射

当设备受到辐射时（如微波、紫外线、激光、X 射线），应采取附加措施，以避免误动作和加速绝缘的老化。

4.4.8 振动、冲击和碰撞

应通过选择合适的设备，将它们远离振源安装或采取附加措施，以防止（由机械及其有关设备产生或实际环境引起的）振动、冲击和碰撞的不良影响。

4.5 运输和存放

电气设备应通过设计或采取适当的预防措施，以保障能经受得住在-25℃～+55℃的温度范围内的运输和存放，并能经受温度高达 70℃、时间不超过 24h 的短期运输和存放。应采取防潮、防振和抗冲击措施，以免损坏电气设备。

注：在低温下易损坏的电气设备包括 PVC 绝缘电缆。

4.6 设备搬运

由于运输需要与主机分开的、或独立于机械的重大电气设备，应提供合适的手段，以供起重机或类似设备操作。

第五章 引入电源线端接法和切断开关

5.1 引入电源线端接法

宜将机械电气设备连接到单一电源上。如果需要用其他电源供电给电气设备的某些部分（如不同工作电压的电子设备），这些电源宜尽可能取自组成为机械

电气设备一部分的器件（如变压器、换能器等）。对大型复杂机械可能需要一个以上的引入电源，这要由场地电源的配置来定（见 5.3.1）。

除非机械电气设备采用插头/插座直接连接电源处（见 5.3.2e），否则宜将电源线直接连到电源切断开关的电源端子上。

使用中线时应在机械的技术文件（如安装图和电路图）上表示清楚，按 16.1 要求标记 N，并应对中线提供单用绝缘端子。

注：中性线端子可以作为电源切断开关的零件提供。

在电气设备内部，中线和保护联结电路之间不应相连。

例外情况：TN-C 供电系统到电气设备的连接点处，中线端子和 PE 端子可以相连。

IEC 60364-1 规定的多电源系统的要求适用于由并行电源供电的机械。

引入电源连接端子都应按 IEC 60445:2010 清晰的标识（外部保护导线端子的标识见 5.2）。

5.2 连接外部保护导线（体）的端子

电气设备应提供连接外部保护导线（体）的端子，该连接的端子应设置在各引入电源有关相线端子的同一隔间内。

这种端子的尺寸应适合与相关线导体尺寸确定截面积的外部铜保护导线（体）相连接并符合表 25-1 的规定。

表 25-1 铜保护导线（体）的最小截面积

设备供电相线的截面积 S / mm ²	外部保护导线的最小截面积 SP / mm ²
S≤16	S
16<S≤35	16
S>35	S/2

如果外部保护导线（体）不是铜的，则端子尺寸应适当选择。

每个引入电源点，连接外部保护接地系统或外部保护导线（体）的端子应加标志或用字母 PE 标记（见 IEC 60445:2010）。

5.3 电源切断（隔离）开关

5.3.1 概述

下列情况应装电源切断开关：

—— 机械的每个引入电源；

注：引入电源可直接连接到机械电源切断开关或机械供电系统的电源切断开关。机械的供电系统可包含导线、导体排、汇流环、软电缆系统（卷绕式的、花彩般垂挂（拖链式）的）或感应供电电源系统。

—— 每个车载电源。

当需要时（如机械及电气设备工作期间）电源切断开关将切断（隔离）机械电气设备的电源。

当配备两个或两个以上的电源切断开关时，为了防止出现危险情况，包括损坏机械或加工件，应采取联锁保护措施。

5.3.2 型式

电源切断开关应是下列型式之一：

- a) 符合 IEC 60947-3 带或不带保险丝的隔离开关，使用类别 AC-23B 或 DC-23B；
- b) 隔离符合 IEC 60947-6-2 的控制和保护开关装置；
- c) 隔离符合 IEC 60947-2 的断路器；
- d) 任何符合 IEC 产品标准和满足隔离要求，并在产品标准中定义适当使用类别和 / 或指定持续（性）其他开关装置。
- e) 通过软电缆供电的插头/插座组合。

5.3.3 技术要求

当电源切断开关采用 5.3.2a) 到 d) 规定的型式之一时，它应满足下述全部要求：

——把电气设备从电源上隔离，仅有一个“断开”和“接通”位置，清晰地标记“○”和“|”（IEC 60417-5008（2002-10）中 5008 和 IEC 60417-5007（2002-10）中 5007 符号，见 10.2.2）；

——有可见的触头间隙或位置指示器并已满足隔离功能的要求，指示器在所有触头没有确实断开前不能指示断开（隔离）；

——有一个操作装置（见 5.3.4）；

——在断开（隔离）位置上提供能锁住的机构（如挂锁）。锁住时，应防止遥控及在本地使开关闭合；

——切断电源电路的所有带电导线。但对于 TN 电源系统，中线可以切断也可以不切断。有些国家采用中线时强制要求切断中线除外；

——有足以切断最大电动机堵转电流及所有其他电动机和负载的正常运行电流总和的分断能力。计算的分断能力可以用验证过的差异因素适当降低。当电机由变换器或类似装置供电时，计算应考虑所要求的分断能力可能造成的影响。

电源切断开关是插头/插座组合时，应符合 13.4.5 的要求和有分断能力，或与有分断能力的开关电器联锁，足以切断最大电动机堵转电流及所有其他电动机和负载的正常运行电流总和的分断能力。计算的分断能力可以用验证过的差异因素适当降低。当联锁开关电器为电动操作（例如：接触器）时，其应具有与之相适应的使用类别。当电动机由变换器或类似装置供电时，计算宜考虑可能对所要求分断能力的影响。

注： 符合 IEC 60309-1 要求的插头/插座、电缆耦合器或器具耦合器可满足这些要求。

电源切断开关是插头/插座组合时，应提供有适当使用类别的开关电器以转换机械的接通和断开。这可以通过使用上面描述的联锁开关电器来实现。

5.3.4 电源切断开关的操作装置

电源切断开关的操作装置（例如手柄）应置于电气设备的外壳表面。

例外：电动操作的开关设备不必在外壳的表面配备手柄，而是装有其他装置（例如按钮），以从外壳外面打开电源切断开关装置。

电源切断开关的操作装置应容易接近，应安装在维修站台以上 0.6m~1.9m 间。上限值宜为 1.7m。

注： IEC 61310-3 给出了操作方向要求。

用于紧急操作外部操作装置，见 10.8.3 或 10.7.3。

不用于紧急操作的外部操作装置：

——宜用黑色或灰色（见 10.2）

——可提供无需钥匙或工具即容易打开的附加罩盖/门，例如防护环境因素或机械损伤。这类罩盖 / 门应明确显示其提供访问操作装置例如使用 IEC 60417-6169-1 号符号（图 19-1）或 IEC 60417-6169-2 号（图 19-2）。



图19-1 隔离器



图19-2 断路器

5.3.5 例外电路

下列电路不必经电源切断开关切断：

- 维修时需要的照明电路；
- 供给维修工具和设备（如手电钻、试验设备）专用连接的插头/插座电路；
- 仅用于电源故障时自动脱扣的欠压保护电路；
- 为满足操作要求宜经常保持通电的设备电源电路（如温度控制测量器件、加工中的产品加热器、程序存储器件）；
- 但是宜给这些电路配备自己的切断开关。

当控制电路的供电经另一个电源切断开关时，不管该切断开关是否位于本电气设备或其他机械或其他电气设备内，此控制电路不必通过本电气设备的电源切断开关断开。

这种不通过电源切断开关切断的例外电路应满足下列要求：

- 在电源切断开关的操作装置附近适当设置永久性警告标签，以引起对危险的注意；
- 在维修说明书中应有相应说明，并应提供下列一项或多项内容：
 - 用颜色标识导体时，要考虑 13.2.4 推荐的颜色；
 - 使例外电路与其他电路隔离；
 - 例外电路的标识采用永久性警告标签。

5.4 防止意外起动的断开器件

机械或机械部件的起动可能发生危险的场合（如维修期间），应配备防止意外起动的去除动力装置。这些装置应方便、适用，安装位置合适并易于识别他们的功能和用途。当这些装置的功能和用途指示不明显时（例如依他们的位置），应标记指示这些装置去除动力的程度。

注1：本部分未提出全部防止意外起动的规定，参见ISO 14118。

注2：去除动力意指去除与电能源的连接而不意味着隔离。

电源切断开关或依照5.3.2的其他装置可以用于防止意外起动。

隔离器、可插拔式熔断体和可插拔式连接件只有当其位于封闭电气工作区（见3.23）可以用于防止意外起动。

不满足隔离功能的装置（例如用控制电路切断的接触器或具有依照IEC 61800-5-2的安全转矩关闭（STO）功能的电气传动系统（PDS））可以在作业期间用于防止意外起动，例如：

——检查；

——调整；

——电气设备作业场合为：

无电击（见第6章）和灼伤的危害；

整个作业中切断方法保持有效；

辅助性质的作业（例如不扰乱现存配线就可更换插入式装置）。

根据风险评价选择器件，并考虑器件的预期使用以及预期操作的人员。

5.5 隔离电气设备的装置

当电气设备要求断开和隔离时，应配备有效的电气设备或部件的断开（隔离）装置。这样的断开装置应满足以下条件：

——对预期使用适当而方便；

——安排合适；

——对电气设备的电路或部件进行维修时可以快速识别。当它们的功能和用途指示不明显时（例如依它们的位置），应标记指示这些装置隔离设备的程度。

电源切断开关（见5.3）在有些情况下能满足切断功能的要求。而有些场合需要由公共汇流排、汇流线或感应电源系统向机械电气设备的单独工作部件或向多台机械馈电时，应为需要隔离开的每个部件或每台机械配备断开装置。

除电源切断开关外，下列装置可以达到断开的目的和满足切断功能要求。

——5.3.2 所述器件。

——仅限于安装在电气工作区（见 3.15）的隔离器、可插拔式熔断体或可插拔式连接件，并随电气设备提供相关信息（见第 17 章）

5.6 对未经允许、疏忽和错误连接的防护

装在封闭电气工作区外的 5.4 和 5.5 所述装置，在其断开位置（或断开状态）应提供安全措施（例如：提供挂锁钥匙安全联锁），这种安全措施应防止遥控及在本地使开关闭合。

装在封闭电气工作区内的 5.4 和 5.5 所述装置，应具有防止重新连接的其他措施，（例如警告标识）。

但是，按照 5.3.2 e) 使用插头/插座时，只要其位置处于工作人员即时监督之下，不需要提供断开位置的保护措施。

第六章 电击防护

6.1 概述

电气设备应具备在下列情况下保护人们免受电击的能力：

——基本防护（见 6.2 和 6.4）；

——故障防护（见 6.3 和 6.4）。

宜采用 6.2、6.3 和 6.4 中 PELV 规定的防护措施，这些规定源于 IEC 60364-4-41:2005。这些防护措施不适用的场合，例如：由于实际或运行条件，可以采用 IEC 60364-4-41:2005 的其他措施。

6.2 基本防护

6.2.1 概述

电气设备的每个电路或部件，无论是否采用 6.2.2 或 6.2.3 规定的措施，都应采用 6.2.4 的规定。

例外：在这些防护措施不适用的场合，可以采用 IEC 60364-4-41:2005 所定义的基本防护的其他防护措施（如使用遮栏或外护物，置于伸臂范围以外的防护，使用阻挡物，使用结构或安装防护通道技术）（见 6.2.5 和 6.2.6）。

当电气设备安装在任何人（包括儿童）都能打开的地方，应采用 6.2.2 中的防护措施，其接触带电部分的防护等级应采用至少 IP4X 或 IPXXD（见 IEC 60529），或采用 6.2.3 中的防护措施。

6.2.2 用外壳作防护

带电部分应安装在外壳内，接触带电部分的最低防护等级为 IP2X 或 IPXXB（见 IEC 60529）。

如果壳体上部表面是容易接近的，其接触带电部分的最低防护等级应为 IP4X 或 IPXXD。

只有在下列的一种条件下才允许开启外壳（即开门、罩、盖板等）：

- a) 应使用钥匙或工具开启外壳。

注 1： 钥匙或工具的使用是为限制熟练或受过训练的人员进入（见本部分 17.2 f）。

当设备需要带电对电器重新调整或整定时，可能触及的所有带电部件（包括门内的部件），其避免接触的防护等级应至少为 IP2X 或 IPXXB。门内其他带电部件防止意外直接接触的防护等级应至少为 IP1X 或 IPXXA。

- b) 开启外壳之前先切断其内部的带电部件。

这可由门与切断开关（如电源切断开关）的联锁机构来实现，使得只有在切断开关断开后才能打开门，以及把门关闭后才能接通开关。

例外：下列情况可用供方规定的钥匙或工具解除联锁：

——当解除联锁时，不论什么时候都能断开切断开关并在断开位置锁住切断开关或其他防止未经允许闭合切断开关。

——当关上门时，联锁功能自动恢复。

——当设备需要带电对电器重新调整或整定时，可能触及的所有带电部件（包括门内的部件），其防止意外接触带电部分的防护等级至少为 IP2X 或 IPXXB，以及门内其他带电部件防止意外接触的防护等级至少为 IP1X 或 IPXXA。

——有关解除联锁程序的相关信息随电气设备使用说明书提供（见第 17 章）。

——电柜背后门未与断开机构直接联锁时，应提供措施限制熟练或受过训练的人员[见 17.2 b)]接近带电体。

切断开关断开后所有仍然带电的部件（见 5.3.5）应防护，其直接接触的防护等级应至少为 IP2X 或 IPXXB（见 IEC 60529）。这些部件应按 16.2.1 规定标明警告标志（按颜色标识导线，也见 13.2.4）。

以下情况除外：

——仅由于连接联锁电路而可能带电的部件和用颜色区分可能带电的部件应符合 13.2.4 规定；

——若电源切断开关单独安装在独立的外壳中，它的电源端子可以不遮盖。

c) 只有当所有带电件直接接触的防护等级至少为 IP2X 或 IPXXB 时（见 IEC60529），才允许不用钥匙或工具和不切断带电部件去开启外壳。用遮栏提供这种防护条件时，要求使用工具才能拆除遮栏，或拆除遮栏时所有被防护的带电部分能自动断电。在防止接触保护达到 6.2.2 c) 要求，以及手动操动器件（例如：手动闭合接触器或继电器）可能导致危险的场合，这种操动方式应提供需要工具才能除去遮栏或阻挡物的防护措施。

6.2.3 用绝缘物防护带电体

带电体应用绝缘物完全覆盖住，只有用破坏性办法才能去掉绝缘层。在正常工作条件下绝缘物应能经得住机械的、化学的、电气的和热的应力作用。

注：油漆、清漆、喷漆和类似产品，不适于单独用作防护正常工作条件下的电击。

6.2.4 残余电压的防护

电源切断后，任何残余电压高于 60V 的带电部分，都应在 5s 之内放电到 60V 或 60V 以下，只要这种放电速率不妨碍电气设备的正常功能（元件存储电荷小于等于 $60 \mu C$ 时可免除此要求）。如果这种放电速率会干扰设备的正常功能，则应在容易看见的位置或在包含带电部分的外壳邻近处，作耐久性警告标志提醒注意危险，并注明打开外壳前所需的延时时间。

对插头/插座或类似的器件，拔出它们会裸露出导体件（如插针），放电至 60 V 的时间不应超过 1s，否则这些导体件应加以防护，防护等级至少为 IP2X 或 IPXXB。如果放电时间不小于 1s，最低防护等级又未达到 IP2X 或 IPXXB（例如：有关汇流线、汇流排或汇流环装置涉及的可移式集流器，见 12.7.4），应采用附加开关电器或适当的警告措施，提请注意危险的警告标志，并注明所需的延时时间。当设备位于所有人（包括儿童）都能接触的地方，警告是不够的，避免接触带电部分的最低防护等级为 IP4X 或 IPXXD。

注：频率转换器和 DC 母线电源的放电时间可能超过 5s。

6.2.5 用遮栏的防护

用遮栏的防护见 IEC 60364-4-41:2005。

6.2.6 置于伸臂以外的防护或用阻挡物的防护

置于伸臂以外的防护及用阻挡物的防护见 IEC 60364-4-41:2005。

若汇流线系统和汇流排系统的防护等级低于 IP2X 或 IPXXB，见 12.7.1。

6.3 故障防护

6.3.1 概述

故障防护（3.31）用来预防带电部分与外露可导电部分之间因绝缘失效时所产生的危险情况。

对电气设备的每个电路或部件，至少应采用 6.3.2、6.3.3 规定的措施之一：

——防止出现危险触摸电压（6.3.2）；或

——触及触摸电压可能造成危险之前自动切断电源（6.3.3）。

注1：由触摸电压引起有害的生理效应的风险取决于触摸电压及可能暴露的持续时间。

注2：设备和保护措施的分类见 IEC 61140。

6.3.2 出现触摸电压的预防

6.3.2.1 概述

防止出现危险触摸电压有下列措施：

——采用 II 类设备或等效绝缘；

——电气隔离；

6.3.2.2 采用 II 类设备或等效绝缘作防护

这种措施用来预防由于基本绝缘失效而出现在易接近部件上的触摸电压。

这种保护应用下述一种或多种措施来实现：

——采用 II 类电气设备或器件（双重绝缘、加强绝缘或符合 IEC 61140 的等效绝缘）；

——按 IEC 60439-1 采用具有完整绝缘的成套开关设备和控制设备组合；

——按 IEC 60364-4-41:2005 使用附加的或加强的绝缘。

6.3.2.3 采用电气隔离作防护

单一电路的电气隔离，用来防止该电路的带电部分基本绝缘失效时的触摸电压。

这种防护型式应符合 IEC 60364-4-41:2005 的要求。

6.3.3 用自动切断电源作防护

受绝缘故障影响的任何电路的电源自动切断是为了防止由触摸电压引起的危险情况。

在故障情况下这种措施，是经保护器件自动操作切断一路或多路相线。切断应在极短时间内出现，以限制触摸电压使其在持续时间内没有危险。

这种措施需协调以下几方面要求：

- 供电型式、电源阻抗和接地系统；
- 线路不同部分的阻抗值和通过保护联结电路的相关故障电流通路的阻抗值；
- 检测绝缘故障保护器件的特性。

注 1：用自动切断电源作防护其条件的验证详见 18.2。

出现绝缘故障后，受其影响的任何电路的电源自动切断，为了防止来自触摸电压引起的危险情况。

这种措施包括以下两方面：

- 外露可导电部分的保护联结（见 8.2.3）；
- 下列任一种方法：

a) 在 TN 系统中，可以使用下列保护装置器件：

- 过电流保护器件；
- 剩余电流保护器件（RCDs）和相关的过电流保护器件。

注2：通过使用符合 IEC 62020. 的剩余电流监控器件 RCM 可以加强定期维护。

b) 在 TT 系统中，下列任一种方法：

- 检测到带电部分对外露可导电部分或对地的绝缘故障时，引发剩余电流保护器件自动切断电源。
- 过电流保护装置可用于故障保护，确信提供适当低值故障回路阻抗 ZS（见 A.2.2.3）是长期和可靠的；

注 3：通过使用符合 IEC 62020. 的剩余电流监控器件 RCM 可以加强定期维护。

c) 在 IT 系统中，应满足 IEC 60364-4-41:2005 的相关要求。绝缘故障期间应保持听觉和视觉信号。报警后，可手动减弱听觉信号。有关绝缘监控器件和 / 或绝缘故障定位系统的规定，可由供方和用户之间协商。

注 4: 在大型机械中，具备符合 IEC 61557-9 规定的绝缘故障定位系统 (IFLS)，能便于设备的维护。

配有按照 a) 要求的自动切断，而不能确保在 A. 1. 1 条款规定的时间内切断的场合，必要时应提供满足 A. 1. 3 条款要求的附加保护联结。

提供电气传动系统 (PDS) 场合，通过变频器供电的电气传动系统的电路应提供故障防护。变频器内部不提供这种防护，必要的保护措施应依照变频器制造商说明书。

6.4 采用 PELV 的保护

6.4.1 基本要求

采用 PELV (保护特低电压) 保护人身免于间接接触和有限区间直接接触的电击防护 (见 8.2.5)。

PELV 电路应满足下列全部条件：

- a) 标称电压不应超过：
 - 当设备在干燥环境正常使用，带电部分与人体无大面积接触时，不超过 25V a. c 方均根值或 60V d. c 无纹波；
 - 其他情况，6V a. c 方均根值或 15V d. c 无纹波。
- 注：无纹波一般定义为正弦波的纹波电压其纹波含量不超过 10% 方均根值。
- b) 电路的一端或该电路电源的一点应连接到保护联结电路上；
- c) PELV 电路的带电体应与其他带电回路电气隔离。电气隔离不应低于安全隔离变压器初级和次级电路之间的技术要求 (见 IEC 61558-1:2009 和 IEC61558-2-6)；
- d) 每个 PELV 电路的导线应与其他电路导线相隔离。这项要求做不到时，按 13.1.3 的隔离规定；
- e) PELV 电路用插头/插座应遵守下列规定：
 - 1) 插头应不能插入其他电压系统的插座；
 - 2) 插座应不接受其他电压系统的插头。

6.4.2 PELV 电源

PELV 电源应为下列的一种：

- 符合 IEC 61558-1:2009 和 IEC 61558-2-6 要求的安全隔离变压器;
- 安全等级等效于安全隔离变压器的电流源(如等效绝缘绕组的发电机);
- 电化学电源(如电池)或其他独立的较高电压电路的电源(如柴油发电机);
- 符合适用标准的电子电源,该标准规定要采取措施保证即使出现内部故障,输出端子的电压也不超过 6.4.1 的规定值。

第七章 电气设备的保护

7.1 概述

本章详述了电气设备的保护措施:

- 由于短路而引起的过电流;
- 过载和或电动机冷却功能损失;
- 异常温度;
- 失压或欠电压;
- 机械或机械部件超速;
- 接地故障/残余电流;
- 相序错误。
- 闪电和开关浪涌引起的过电压;

7.2 过电流保护

7.2.1 概述

机械电路中的电流如会超过元件的额定值或导线的载流能力,则应按下面的叙述配置过电流保护。使用的额定值或整定值在 7.2.10 中详述。

7.2.2 电源线

除非用户另有要求,否则电气设备供方不负责提供电气设备电源线和过电流保护器件。

电气设备供方应在安装图上说明导体的连接尺寸(包括可连接到电气设备端子的供电导线的最大截面积)和选择过电流保护器件的必要数据(见 7.2.10、17)。

7.2.3 动力电路

每根带电导线包括控制电路变压器的供电电路应装设过电流检测和过电流断开器件并按 7.2.10 选择。

下列导线在所有关联的带电导线未切断之前不应断开：

- 交流动力电路的中性导线；
- 直流动力电路的接地导线；
- 连接到活动机器的外露可导电部分的直流动力导线。

如果中线的截面积至少等于或等效于有关相线，则在中线上不必设置过电流检测和切断器件。

对于截面积小于有关相线的中线，应采取 IEC 60364-5-52:2009 中 524 所述的保护措施。

在 IT 系统中，不宜采用中线，然而，如果采用中线时，应采取 IEC 60364-4-43:2008 中 431.2.2 所述的保护措施。

7.2.4 控制电路

直接连接电源电压的控制电路和由控制电路变压器供电的电路，其导线应依照 7.2.3 配置过电流保护。

由控制电路变压器或直流电源供电的控制电路导线应提供防止过电流保护措施（也见 9.4.3.1）：

- 在控制电路连接到保护联结电路场合，在设有开关的导线上插接过电流保护器件；
- 在控制电路未连接到保护联结电路场合：
- 当所有的控制电路具有相同的载流能力时，在设有开关的导线上插接过电流保护器件，或；
- 当不同的分支控制电路采用不同的载流能力时，在设有开关的导线和各分支电路的公共导线都应插接过电流保护器件。

例外：在电路中电源单元提供的电流限值低于导体的载流能力和低于所连接元器件的额定电流，则无需单独设置过电流保护器件。

7.2.5 插座及其有关导线

主要用来给维修设备供电的通用插座，其馈电电路应有过电流保护。这些插座的每个馈电电路的未接地带电导线上均应设置过电流保护器件。也见 15.1。

7.2.6 照明电路

供给照明电路的所有未接地导线，应使用单独的过电流保护器件防护短路，与防止其他电路的防护器件分离开。

7.2.7 变压器

变压器应按照制造厂说明书要求的型式和整定值设置过电流保护器件。这种保护（见 7.2.10）应避免：

- 变压器合闸电流引起误跳闸；
- 受二次侧短路的影响使绕组温升超过变压器绝缘等级允许的温升值。

7.2.8 过电流保护器件的设置

过电流保护器件应安装在导线截面积减小或导线载流容量减小处。满足下列条件的场合除外：

- 支线路载流容量不小于负载所需容量；
- 导线载流容量减小处与连接过电流保护器件处之间导线长度不大于 3m；
- 采用减小短路可能性的方法安装导线，例如：导线用外壳或通道保护。

7.2.9 过电流保护器件

额定短路分断能力应不小于保护器件安装处的预期故障电流。流经过电流保护器件的短路电流除了来自电源的电流还包括附加电流（如来自电动机、功率因数补偿电容器），这些电流均应考虑进去。

注：短路条件下，断路器和其他短路保护器件之间的协调信息见 IEC60947-2:2006 中的附录 A。

如果采用熔断器作为过电流保护器件，应选取用户地区容易买到的类型或为用户安排备件的供应。

7.2.10 过电流保护器件额定值和整定值

熔断器的额定电流或其他过电流保护器件的整定电流应选择得尽可能小，但要满足预期的过电流通过，例如电动机起动或变压器合闸期间。选择这些器件时应考虑到控制开关电器由于过电流引起损坏的保护问题。

过电流保护器件的额定电流或整定电流取决于受保护导线的载流能力，该保护导线应符合 12.4、D.3 和最大允许切断时间 t （按照 D.4）。应考虑到与保护电路中其他电器件协调的要求。

7.3 电动机的过热保护

7.3.1 概述

额定功率大于 0.5kW 以上的电动机应提供电动机过热保护。

例外：

在工作中不允许自动切断电动机运转的场合（如消防泵），这种检测方式应发出报警信号，使操作者能够响应。

电动机的过热保护可由下列来实现：

——过载保护（7.3.2）；

注 1：过载保护器件检测电路负载超过容量时电路中时间-电流间的关系 (I_2t)，同时作适当的控制响应。

——超温度保护（7.3.3）；或

注 2：温度检测器件可检测温度过高并引发适当的控制响应。

——限流保护；

应防止过热保护复原后任何电动机自行重新起动，以免引起危险情况，损坏机械或加工件。

7.3.2 过载保护

在提供过载保护的场合，所有通电导线都应接入过载检测，中线除外。

然而，在电缆过载保护（也见 D.2 条款）未采用电动机过载检测的场合，过载检测可以省略在一根带电导线（体）中。对于单相电动机或直流电源，检测只允许用在一根未接地带电导体（线）中。

若过载保护是用切断电路的办法达到，则开关电器应断开所有通电导线，但中线除外。

对于特殊工作制要求频繁起动、制动的电动机（如快速移动、锁紧、快速退回、灵敏钻孔等电动机），由于保护器件与被保护绕组的时间常数相互差异较大，配置过载保护可能是困难的。需要采用为特殊工作制电动机或超温度保护（见 7.3.3）专门设计的保护器件。

对于不会出现过载的电动机（例如：由机械过载保护器件保护或有足够容量的力矩电动机和运动驱动器）不要求过载保护。

7.3.3 超温度保护

在电动机散热条件较差的场合（如尘埃环境），宜采用带超温度保护的电动机（参见 IEC 60034-11）。根据电动机的型式，如果在转子失速或缺相条件下超温度保护不总是起作用，则应提供附加保护。

在可能存在超温度场合（如散热不好），对于不会出现过载的电动机也宜设置超温度保

护（如由机械过载保护器件保护或有足够容量的力矩电动机和运动驱动器）。

7.4 异常温度的防护（保护）

设备应防护会引起危险情况的异常温度。

7.5 对电源中断或电压降落随后复原影响的保护

如果电压降落或电源中断会引起危险情况、损坏机械或加工件，则应在预定的电压值下提供欠压保护（例如断开机械电源）。

若机械运行允许电压中断或电压降落一短暂时刻，则可配置带延时的欠压保护器件。欠压保护器件的工作，不应妨碍机械的任何停车控制的操作。

应防止电压复原或引入电源接通后机械的自行重新起动，以免引起危险情况。

如果仅是机械的一部分或以协作方式同时工作的一组机械的一部分受电压降落或电源中断的影响，则欠压保护应激发适当的控制响应。

7.6 电动机的超速保护

如果超速能引起危险情况，则应按 9.3.2 所考虑到的措施办法提供超速保护。超速保护应激发适当的控制响应，并应防止自行重新起动。

超速保护的运行方式应使电动机的机械速度限值或其负载不被超过。

注：这种保护例如由离心式开关或速度极限监视器组成。超速保护的工作方式应不超过监视器的机械速度极限或其负载。

7.7 附加接地故障/残余电流保护

除 6.3 中所述接地故障/残余电流用自动切断电源作保护外，本节保护用于降低由于接地故障电流小于过电流保护检测水平而对电气设备造成的危险。

保护器件的整定值只要满足电气设备正确运行应尽可能小。

如果故障电流具有直流分量，按照 IEC/TR 60755 的 B 型 RCD 要求。

7.8 相序保护

电源电压的相序错误会引起危险情况或损坏机械，故应提供相序保护。

注：下列使用条件可能引起相序错误：

——机械从一个电源转接至另一个电源；

——活动式机械配备有连接外部电源设施。

7.9 闪电和开关浪涌引起过电压的防护

闪电和开关浪涌引起的过电压效应可用浪涌保护器件（SPDs）防护。

应提供的场合：

——抑制闪电过电压用的 SPDs 应连接到电源切断开关的引入端子。

——抑制开关浪涌过电压用的 SPDs 应连接到所有要求这种保护设备的端子。

注 1：有关 SPDs 正确选择和安装的信息的示例见 IEC 60364-4-44、IEC 60364-5-53、IEC 61643-12、IEC62305-1 和 IEC 62305-4。

注 2：机械及其电气设备和外部可导电部分接至建筑物 / 现场的共用联结网络能有助于降低对设备的电磁干扰（包括闪电）。

7.10 短路电流定额

应确定电气设备的短路电流定额。这可以通过应用设计原则或计算或试验来确定。

注：短路电流定额的确定可以按照 IEC 61439-1、IEC 60909-0、IEC/TR60909-1 或 IEC/TR 61912-1。

第八章 等电位联结

8.1 概述

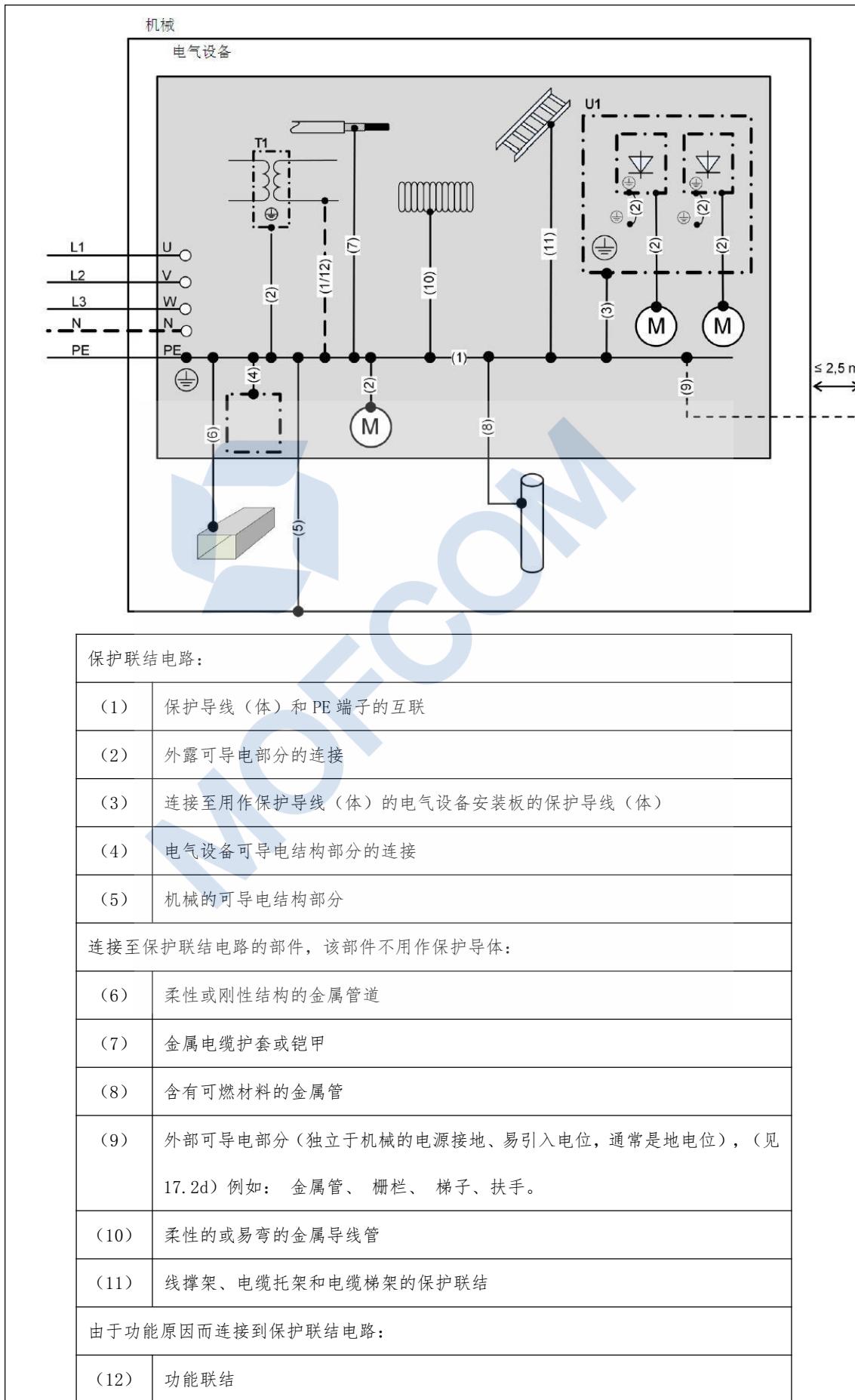
本章提出保护联结和功能联结两者的要求。图19-3说明这些概念。

保护联结是为了保护人员防止电击，是故障防护的基本措施（见6.3.3和8.2）。

功能联结（见8.4）的目的是为降低：

- 绝缘失效影响机械运行的后果；
- 敏感电气设备受电骚扰而影响机械运行的后果；
- 可能会损坏电气设备的闪电感应电流。

通常的功能联结可由连接到保护联结电路来实现，对于电气设备的适当功能，而对保护联结电路的电骚扰水平不是足够低的场合，有必要使用单独的导线（体）用于保护和功能联结。



图示引用名称	
T1	辅助变压器
U1	电气设备安装板

图 19-3：机械电气设备等电位接地示例

8.2 保护联结电路

8.2.1 概述

保护联结电路由下列部分互连组成：

——PE 端子（见 5.2）；

——机械设备上的保护导线（见 3.51），包括电路的滑动触点；

——电气设备外露可导电部分和可导电结构件；

 例外：参见 8.2.5。

——机械可导电结构件。

保护联结电路所有部件的设计，应能够承受保护联结电路中由于流过接地故障电流所产生的最高热应力和机械应力。

——每一不构成电缆的一部分、或不和相线在同一公共外壳内的保护导线（体），截面积不应小于：

2.5 mm^2 铜或 16mm^2 铝，如果提供机械损伤防护；

4 mm^2 铜或 16mm^2 铝，如果没有提供机械损伤防护。

注：不排除保护导体用钢。

不构成电缆部分的保护导体，如果它安装在导线管、管道中或以类似方法保护则被认为是机械保护。符合 6.3.2.2 要求设备的可导电结构件不必连接到保护联结电路上。按 6.3.2.2 要求设置的所有设备，构成机械结构的外部可导电部分不必连接到保护联结电路上。

符合 6.3.2.3 要求设备的外露可导电部分不应连接到保护联结电路上。

有些零件安装后不会构成危险，那么就不必把它的裸露导体部分连接到保护联结电路上，例如：

——不能大面积触摸到或不能用手握住和尺寸很小（小于 $50\text{mm} \times 50 \text{ mm}$ ）；

——位于不大可能接触带电部分或绝缘不易失效的位置。

这适用于螺钉、铆钉和铭牌等小零件，以及装在电柜内的与尺寸大小无关的零件（如接触器或继电器的电磁铁、器件的机械部分）。

8.2.2 保护导线（体）

保护导线应按 13.2.2 做出标记。

应首选铜导线。在使用非铜质导体的场合，其单位长度电阻不应超过允许的铜导体单位长度电阻，并且由于机械耐久性的原因它的截面积不应小于 16mm^2 。

电气设备的金属外壳或框架或安装板，已连接到保护联结电路，如果它们满足下列三项要求可以作为保护导体：

- 通过构造或经合适的连接确保它们的电气连续性，防止因机械、化学或电化学引起劣化；

- 符合 IEC 60364-5-54: 2011 中 543.1 的要求；

- 在每个预定的分接点，应允许连接其他保护导体。

保护导体的截面积应依照 IEC 60364-5-54: 2011 中 543.1.2 计算或依照表 25-1 选择（见 5.2）。也见 8.2.6. 和 17.2 (d)。

每一保护导体应：

- 是多芯电缆的一部分，或；

- 是带线导体的公共的外壳，或；

- 横截面积至少是：

- 2.5 mm^2 (铜) 或 16mm^2 (铝)，如果提供免受机械损伤的保护；

- 4 mm^2 (铜) 或 16mm^2 (铝)，如果没有提供免受机械损伤的保护。

注1：不排除保护导体用钢。

如果保护导体安装在导线管、管道或以类似的方式被保护，其不构成电缆的部分被认为是机械保护。

下列机械部分及其电气设备应连接至保护联结电路但不应作为保护导体：

- 机械的可导电结构部件（分）；

- 柔性或刚性结构的金属管道；

- 金属电缆护套或铠甲；

- 容纳例如气体、液体、粉末等可燃材料的金属管；

- 柔性或易弯的金属导线管；

- 在正常服务中经受机械应力的结构部件；
- 柔性金属部件、支撑线、电缆托架和电缆梯。

注2：阴极保护见 IEC 60364-5-54:2011 中 542.2.5 和 542.2.6。

8.2.3 保护联结电路的连续性

无论什么原因（如维修）拆移部件时，不应使余留部件的保护联结电路连续性中断。

连接件和联结点的设计应确保不受机械、化学或电化学的作用而削弱其导电能力。当外壳和导体采用铝材或铝合金材料时，应特别考虑电蚀问题。

电气设备安装在门、盖或面板上时，应确保其保护联结电路的连续性。并宜采用保护导线（见 8.2.2）。否则紧固件、铰链、滑动接点应设计成低电阻（见 18.2.2，试验 1）。

有裸露危险的电缆（如拖曳软电缆）应采取适当措施（如监控）确保电缆保护导体的连续性。

使用汇流线、汇流排和汇流环装置的保护导线的连续性要求见 12.7.2。

保护联结电路不包含开关电器、过电流保护装置（例如开关、熔断器）或其他中断装置。

例外：在封闭的电气工作区，不使用工具不能打开可供试验或测量用途的连接。

保护联结电路的连续性，可以通过移动电流收集器或插头/插座组合而中断时，保护联结电路的中断应首先接通，最后断开接触。这也适用于可移动或可抽出式插件单元（也见 13.4.5）。

8.2.4 保护导线的连接点

所有保护导线应按 13.1.1 进行端子连接。保护导线连接点不应有其他的作用如缚系或连接用具零件。

每个保护导线接点都应有标记或标签，采用 IEC 60417-5019 (DB:2002-10) 符号：



图 19-4 IEC60417-5019:2006-08 中 5019 符号

或用 PE 字母，图形符号优先，或用黄/绿双色组合，或这些的任一组合进行标记。

8.2.5 活动机械

带车载电源的活动机械，电气设备的可导电结构件、保护导线，以及那些机械结构的外部可导电部分，应全部连接到保护联结端子上以防电击。也能从外部

引入电源的活动机械，其保护联结端子应为外部保护导线的连接点。

注：当电源为设备的固定、活动或可移动物件内自带的，或无外部引入电源的（例如：当未连接车载电池充电器时），这种设备不必连接到外部保护导线。

8.2.6 电气设备对地泄漏电流大于 10mA 的附加要求

当电气设备（如可调速电气传动系统和信息技术设备）的对地泄漏电流大于 10 mA a. c. (或 d. c.) 时，在任一引入电源处有关保护联结电路应满足下列一项或多项要求。

- a) 保护导体被完全封闭在电气设备的外壳内，或以其它方式保护整个导体不受机械损坏；
- b) 保护导线全长的截面积应至少为 10 mm² (铜质) 或 16 mm² (铝质)；
- c) 当保护导线的截面积小于 10 mm² (铜质) 或 16 mm² (铝质) 时，应提供第二保护导线，其截面积不应小于第一保护导线，达到两保护导线截面积之和不小于 10 mm² (铜质) 或 16 mm² (铝质)，这要求电气设备提供连接第二保护导体的独立接线端子；
- d) 在保护导线连续性损失的情况下，电源应自动断开。
- e) 使用插头 / 插座组合时，采用符合 IEC 60309 的工业连接器，并且有足够的插拔力和最小截面积为 2.5 平方毫米的保护接地导体作为多芯电力电缆的一部分。

采用本条描述安装的设备应在安装说明书中说明。

注：保护导体电流超过 10mA 的 PE 端子附近宜设警告标识。

8.3 限制大泄漏电流影响的措施

限制大泄漏电流的影响，可用有独立绕组的专用电源变压器对大泄漏电流设备供电来实现。设备的外露可导电部分，以及变压器的二次绕组均应连接到保护联结电路上。设备与变压器二次绕组间的保护导线应满足 8.2.6 所列的一项或多项要求。

8.4 功能联结

防止因绝缘失效而引起的非正常运行，可按 9.4.3.1 要求连接到共用导线。

有关功能联结的建议是为了避免因电磁骚扰而引起的非正常运行，见 4.4.2 和附录 H.

功能联结的连接点应使用 IEC 60417-5020 (2002-10) 符号（见图 19-5）标记或标识。



图 19-5 IEC 60417 的 5020 符号：框架或底架

第九章 控制电路和控制功能

9.1 控制电路

9.1.1 控制电路电源

控制电路由交流电源供电时，应使用有独立绕组的变压器将交流电源与控制电源隔离。

例子包括：

- 参照 IEC 61558 2-2 有独立绕组的控制变压器；
- 参照 IEC 61558-2-16 开关模式电源单元，配备有独立绕组的变压器；
- 参照 IEC 61204-7 低电压电源，配备有独立绕组的变压器。

如果使用几个变压器，这些变压器的绕组宜按使次级侧电压同相位的方式连接。

例外：对于用单一电动机起动器和不超过两个控制器件（如联锁装置、起/停控制台）的机械，不强制使用变压器或配有变压器的开关模式电源单元。

源自 AC 电源的 DC 控制电路连接到保护联结电路（见 8.2.1），它们应由 AC 控制电路变压器的单独绕组或其他控制电路变压器供电。

9.1.2 控制电路电压

控制电压标称值应与控制电路的正确运行协调一致。

AC 控制电路的标称电压不宜超过：

- 230 V，适用于标称频率 50 Hz 的电路；
- 277 V，适用于标称频率 60 Hz 的电路。

DC 控制电路的标称电压不宜超过 220 V 为宜。

9.1.3 保护

控制电路应按 7.2.4 和 7.2.10 提供过电流保护。

9.2 控制功能

9.2.1 概述

注：本条款未对用于执行控制功能的设备要求作出规定。这种要求的示例见第10章。

9.2.2 停止功能类别

有下列三种类别的停止功能：

- 0 类：用即刻切除机械致动机构的动力实现停止（即不可控停止，见 3.64）；
- 1 类：给机械致动机构施加动力实现停止，并在停止后切除动力的可控停止（见 3.14）；
- 2 类：机械致动机构仍保留动力的情况下实现的可控停止。

注: 切除动力即足以去除需要产生转矩或力的功率。这可以通过脱开离合器、断开、切断或以电子等方法（例如符合IEC 61800系列的PDS）来实现。

9.2.3 操作

9.2.3.1 概述

当要求降低危险情况出现的可能性时，应提供安全功能和 / 或保护措施（例如联锁（见 9.3））。

当一台机械有多个控制站时，应提供措施以确保来自不同控制站的起动命令不会导致危险情况发生。

9.2.3.2 起动

起动功能应通过激励相关电路来操作。

运转的起动应只有在安全功能和 / 或防护装置全部到位并起作用后才能进行，但 9.3.6 叙述的情况除外。

有些机械（如活动机械）上的安全功能和（或）保护措施不适合某些操作，这类操作的起动应采用保持运行控制，必要时，与使能装置一起使用。

在起动有危险的机械运行前，应考虑听觉和 / 或视觉报警信号的规定。

应提供适当的联锁以确保正确的起动顺序。

在机械要求使用多个控制站操作起动时，每个控制站应配备一个独立的手动操作的起动控制装置；操作起动应满足如下条件：

- 应满足机械运行所需的全部条件；
- 所有起动控制装置应处于释放（断开）位置，然后；
- 所有起动控制装置应联合引发（见 3.1.7）。

9.2.3.3 停止

根据机械的风险评价及机械的功能要求，应提供 0 类、1 类或 2 类停止（见 4.1）。

注 1: 当电源切断装置（见 5.3）操作时属于 0 类停止。

停止功能应否定有关的起动功能。

控制站为一个以上时，根据机械风险评价的要求，来自任何控制站的停止指令均应有效。

注 2: 当引发停止功能时，除停止运动外，必要时还需终止机械功能。

9.2.3.4 紧急操作（紧急停止，紧急断开）

9.2.3.4.1 概述

紧急停止和紧急断开是辅助性保护措施，对于机械中的危险（如陷入、缠绕、电击或灼伤）这些措施不是降低风险的根本方法，（参见 ISO 12100）。

本部分规定紧急操作的紧急停止功能和紧急断开功能的技术要求，列于附录 E。这两项功能均由单一的人为因素引发。

一旦紧急停止（见 10.7）或紧急断开（见 10.8）致动机构的有效操作中止了后续的停止或关闭命令，该命令在其复位前一直有效。复位应只能在引发紧急操作命令的装置上用手动操作。命令的复位不应重新起动机械，而只是允许再起动。

所有紧急停止命令复位后才允许重新起动机械。所有紧急断开命令复位后，才允许向机械重新通电。

9.2.3.4.2 紧急停止

紧急停止设备功能方面的要求见 ISO 13850。

急停应起 0 类或 1 类停止功能的作用。急停的类别选择应取决于机械的风险评估。

例外：在某些情况下，为了避免产生额外的风险，必要时执行可控停止，即在停止实现后，仍保持机械致动机构的动力。应对停止条件进行监控，一旦检测到停止状态出现故障，应予断电以免造成危险。

除了停止的要求（见 9.2.3.3）之外，紧急停止功能还有下列要求：

- 它应否定所有其他功能和所有模式中的操作；
- 尽快停止危险运行，且不引起其他危险；
- 复位不应引起重新起动。

9.2.3.4.3 紧急断开

紧急断开的功能目的见 IEC 60364-5-53:2001 中 536.4。

下列场合应提供紧急断开：

- 基本防护（例如在电气工作区内有汇流线、汇流排、汇流环和控制设备）只是通过置于伸臂以外的防护或用阻挡物防护来达到的（见 6.2.6）；或
- 可能会由电引起的其他伤害或危险。

紧急断开由 0 类停止作用的机电开关器件断开相关的引入电源来完成。如果机械不允许采用 0 类停止，就需要有其他保护，如是基本防护，则不需要紧急断开。

9.2.3.5 工作方（模）式

每台机械可以有一种或多种工作方（模）式（例如手动、自动、设置、维护方（模）式

等），这取决于机械及其应用的类型。

机械的设计和制造，允许其使用在几个要求不同保护措施和对安全有不同影响的控制或操作方（模）式的场合，它应配备一个模式选择器，可锁定在每个位置（例如钥匙操作开关）。选择器的每个位置应清晰地识别，并对应单一的操作或控制方（模）式。

选择器可以用另一种选择方法来代替，该方法可限制某类操作者使用机械的某些功能（例如访问代码）。

方式选择本身不应引发机械运行。起动控制应单独操作。

对于每个规定的工作方式，应执行有关安全功能和/或安全防护措施。

应配备选择工作方式指示（如方（模）式选择器位置、指示灯提示和视觉显示标示）。

9.2.3.6 指令动作的监控

机械或机械部件的运动或动作可能导致危险情况时，应对运动或动作进行监控，如超程限制器、电动机超速检测，机械过载检测或防碰撞器件等装置。

注：有些手动控制的机械（例如手动钻床），由操作者提供监控。

9.2.3.7 “保持-运转”控制

“保持-运转”控制应要求该控制装置持续激励直至工作完成。

9.2.3.8 双手控制

ISO 13851 定义了三种双手控制模式，其选择取决于风险评价。它们应具有下列特点：

I型：这种型式要求：

- 提供需要双手联合引发的两个控制引发器件；
- 在危险情况期间持续操作；
- 当危险情况依然存在时，释放任一个控制引发器件或两都释放，均应中止机械运行。

I型双手控制器件不适合引发危险操作。

II型：是 I型的另一种控制，当要求机械重新起动运行时，需先释放两个控制引发器件。

III型：是 II型的另一种控制，控制引发器件联合引发的要求如下：

- 应在一定时限内起动两个控制引发器件，彼此之间的启动时间差不超过 0.5s
- 如果超过时限，应先释放两个控制引发器件，然后方可起动机械运行。

9.2.3.9 使能控制

使能控制（也见 10.9）是一个具有联锁功能的手动激励控制：

- a) 被激励时，允许机械运行由独立的起动控制引发，和

- b) 去除激励时
 ——引发停止功能；和
 ——防止引发机械运行。

使能控制的配置应使其失效的可能性最小，例如在机械运转可能被重新起动前，要求使能控制器件去除激励。

9.2.3.10 起动与停止兼用的控制

交替控制起动和停止运转的按钮和类似控制器件仅用于不会在运行中引起危险情况的功能。

9.2.4 无线控制系统 (CCS)

9.2.4.1 一般要求

9.2.4 涉及使用无线技术的控制系统（例如无线电，红外线）的功能要求，它们用于在操作控制站和控制系统其他部分之间传输控制信号和数据。

注1：9.2.3 中所涉及的机械理解为“机械或机械部分”。

依靠数据传输（例如，有关安全的有效停止、运动命令）的无线控制系统 (CCS) 的安全功能，其传输可靠性要求可能是必要的。CCS应有适合基于风险评估的应用所要求的功能和响应时间。

注2：IEC 61784-3描述通信网络的通信故障和安全相关数据传输的要求。

注3：有关无线控制系统的进一步要求正在制定中，见IEC 62745。

9.2.4.2 监控无线控制系统对控制机械的能力

无线控制系统 (CCS) 所具备的控制机械的能力应能实施自动监控或连续监控或定时监控。这种能力状况应清晰标明（例如，采用指示灯、视觉显示器指示等）。

如果通信信号降级（例如，降低信号电平，电池电量低）可能在一定程度上降低CCS控制机械能力，则应在CCS控制机械能力降低前向操作者提出警告。

当CCS的控制机械的能力下降已达到该应用的风险评估所确定的时间时，应引发机械的自动停止。

注：在某些情况下，例如，为了避免这种自动停止会引起意外危险情况，停止前，可能有必要让机械进入预定状态。

恢复CCS控制设备的能力不得重新起动设备。重新起动应要求一系列预定的操作，例如，手动操作起动按钮。

9.2.4.3 控制限制

应采取措施（例如编码传输）防止机械响应非预定无线操作控制站发出的信号。

无线操作控制站应只控制预期使用的机械和只影响预期使用的机械功能。

9.2.4.4 使用多无线操作控制站限制

当控制一台机械的无线操作控制站多于一个时，则：

——除非机械操作有需要，在同一时间内只有一个无线操作控制站起作用；

——当一个无线操作控制站的控制权转移至另一个时，应要求有控制权的控制台进行慎重的手动操作；

——在机械运行期间，只有在两个无线操作控制站设定相同的机械运行模式和 / 或机械功能时才有可能实现控制权的转移；

——控制权的转移不应改变选择的机械运行模式和 / 或的机械功能；

——每个取得机械控制权的无线操作控制站应提供其取得控制权的指示（例如，指示灯、视觉显示器）。

注： 其他位置的指示可由风险评估确定。

9.2.4.5 便携式无线操作控制站

便携式无线操作控制站应提供措施（例如使用钥匙操作开关、访问代码）防止未经授权使用。

每台受无线控制的机械当其处于无线控制时要有指示。

当便携式无线操作控制站可以连接至数台机械中的一台或多台时，应在便携式无线操作控制站上提供手段以选择连接至哪一（几）台机械。选择要连接的机械不应引发控制命令。

9.2.4.6 禁用便携式无线操作控制站

如果处于控制时禁用无线操作控制站，相关的受控机械应满足9.2.4.2所述 CCS丧失控制机械的能力的要求。

对需要禁用便携式无线操作控制站而不中断机械操作的场合，应提供手段（例如在便携式无线操作控制站上）将控制权转移至其他固定或便携式控制站。

9.2.4.7 位于便携式无线操作控制站上的紧急停止装置

位于便携式无线操作控制站上的紧急停止装置不应是设备上启动紧急停止功能的唯一手段。

应通过恰当的设计和使用信息避免主动和被动紧急停止装置之间相混淆。见 ISO

13850:2006。

9.3 联锁保护

9.3.1 联锁安全防护装置的复位

联锁安全防护装置的复位不应引发危险的机械运转，以免发生危险情况。

注：有起动功能（控制防护装置）的联锁防护装置要求参见 GB/T 15706-2012 中 6.3.3.2.5。

9.3.2 超过工作限值

超过工作限值（如速度、压力、位置）可能导致危险情况的场合，当超过预定的限值时应提供检测手段并引发适当的控制作用。

9.3.3 辅助功能的工作

应通过适当的器件（如压力传感器）去检验辅助功能的正常工作。

如果辅助功能（如润滑、冷却、排屑）的电动机或器件不工作有可能发生危险情况或者损坏机械和加工件，则应提供适当的联锁。

9.3.4 不同工作和相反运动间的联锁

所有接触器、继电器和机械控制单元的其他控制器件同时动作会带来危险时（如起动相反运动），应进行联锁防止不正确的工作。

控制电动机换向的接触器应联锁（如控制电动机的旋转方向），使得在正常使用中切换时不会发生短路。

如果为了安全或持续运行，机械上某些功能需要相互联系，则应用适当的联锁以确保正常的协调。对于在协调方式中同时工作并具有多个控制器的一组机械，必要时应对控制器的协调操作作出规定。

如果机械制动机构的故障会产生制动，此时有关的机械致动机构已供电而且可能出现危险情况，则应配备切断机械致动机构的联锁。

9.3.5 反接制动

如果电动机采用反接制动，则应采取有效措施以防止制动结束时电动机反转，这种反转可能会造成危险情况或损坏机械和加工件。为此，不应允许采用只按时间作用原则的控制器件。

控制电路的安排应使电动机轴转动（例如当电机停止后，采用手动力或其他力引起轴转动）时，都不应发生危险情况。

9.3.6 安全功能和/或安全防护措施暂停

如果需要暂停安全功能和/或安全防护措施（如设置或维修目的），控制或工作方（模）

式选择器应同时满足下列要求：

- 其他所有工作（控制）方式都不能使用；
- 操作只允许使用保持运转装置或类似定位控制装置，以便允许观察危险元素；
- 只在减少风险的条件下（例如，降低速度，减少功率/力，步进操作，例如带限制运动控制装置）才允许危险因素的操作；
- 在机械的传感器上，防止由任何随意或非随意动作导致危险功能的操作。

如果这四个条件不能同时满足，控制或操作方（模）式选择器应激活其他设计和制造的保护措施，以确保安全干预区。此外，操作者从调整点应能够控制其正在从事的工作部分的操作。

9.4 失效情况的控制功能

9.4.1 一般要求

电气设备中的失效或骚扰干扰会引起危险情况或损坏机械和加工件时，应采取适当措施以减少这些失效或骚扰干扰出现的可能性。所需的措施及其实现的程度，无论是单独或结合使用，均取决于有关应用的风险等级（见 4.1）。

这些可能的适当措施示例包括但不限于：

- 电路的保护联锁；
- 采用成熟的电路技术和元件（见 9.4.2.2）；
- 提供部分或完整的冗余技术（见 9.4.2.3）或相异技术（见 9.4.2.4）；
- 提供功能试验（见 9.4.2.5）。

电气控制电路应有适当的性能，这由机械的风险评估确定。

IEC 62061 和 / 或 ISO 13849-1、ISO 13849-2 中安全相关控制功能的要求应适用。

通过具有安全含义而适用于 IEC 62061 的电气控制系统执行功能从而导致要求的安全完整性小于 SIL 1 时，按照本部分的要求可使电气控制系统有足够的性能。

存贮器记忆例如由电池供电保持的场合，应采取措施防止由于电池失效或卸除而引起危险情况。

应提供措施（如使用密钥、访问代码或工具）防止未经授权或意外修改存储器的内容。

9.4.2 失效情况下减低风险的措施

9.4.2.1 概述

失效情况下减低风险的措施包括但不限于：

- 采用成熟的电路技术和元件；
- 提供部分或完整的冗余技术；

——提供相异技术；

——提供功能试验。

9.4.2.2 采用成熟的电路技术和元件

这些措施包括但不限于：

——因功能目的，将控制电路接到保护联接电路（见 9.4.3.1 和图 19-3）；

——按照 9.4.3.1 连接控制器件；

——用断电的方式停机；

——切断被控制器件的所有通电导线（例如线圈的两侧）；

——使用强制（或直接）断开操作的开关电器（见 IEC 60947-5-1:2003）；

——通过下列监测：

使用机械连接触头（见 IEC 60947-5-1）；

使用镜像触头（参见 IEC 60947-4-1）。

——电路设计上要减少意外操作引起的失效的可能性。

9.4.2.3 部分或完整采用冗余技术

通过提供部分或完整的冗余技术可能使电路中单一失效引起危险的可能性减至最小。正常操作中冗余技术可能是有效的（在线冗余），或设计成专用电路，仅在操作功能失效时去接替保护功能（离线冗余）。

在正常工作期间离线冗余技术不起作用的场合，应采取措施确保这些控制电路在需要时可供使用。

9.4.2.4 采用相异技术

采用有不同操作原理或不同类型元件或器件的控制电路，可以减少故障和失效可能引起的危险。例如：

——常开触点和常闭触点的组合使用；

——电路中不同类型控制器件的运用；

——在冗余结构中机电和电子设备的组合；

电和非电（如机械、液压、气压）系统的结合可以执行冗余功能和提供相异技术。

9.4.2.5 功能试验的规定

功能试验可用控制系统自动进行，也可在起动和按预定间隔手动检查或试验，或以适当方式组合（见 17.2 和 18.6）。

9.4.3 控制电路故障的防护

9.4.3.1 绝缘故障

9.4.3.1.1 概述

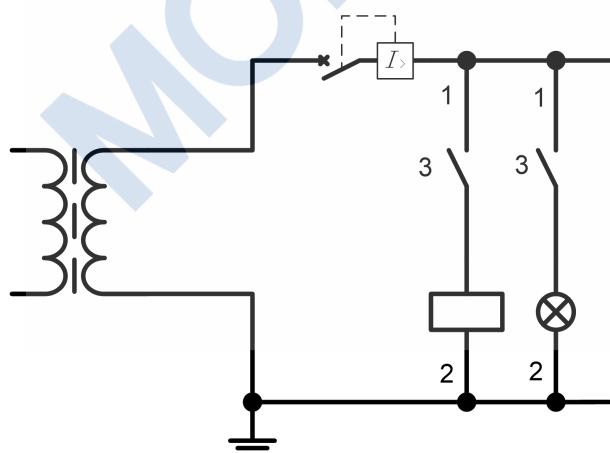
任何控制电路的接地绝缘故障可能引起误操作，例如意外起动、潜在的危险运动或妨碍机械停止，应采取减少绝缘故障概率的措施。

满足要求的措施包括但不限于下列的方法：

- 方法 a) 由变压器供电的接地控制电路；
- 方法 b) 由变压器供电的非接地控制电路；
- 方法 c) 由绕组中心抽头接地的变压器供电的控制电路；
- 方法 d) 不由变压器供电的控制电路。

9.4.3.1.2 方法 a) 由变压器供电接地的控制电路

共用导线（体）应连接到在电源端点的保护联结线路上。所有电磁或其他器件（例如继电器、指示灯）的工作触点、固态元件等应插入到控制电路电源连接开关的导线（体）与线圈或器件的端子之间。线圈或器件的其他端子直接连接控制电路电源的没有任何开关元件的共用导线（体）（见图 19-6）。



说明：1——连接开关的导线（体）；

2——公共导线（体）；

3——控制开关。

图 19-6 方法 a) 由变压器供电的接地控制电路

注：方法 a) 也可用于 DC 控制电路。在这种情况下，如图 19-6 所示的变压器由 DC 电源单元代替。

例外：保护装置的触点可以连接在共用导体和线圈之间，前提是连接很短（例如在同一壳体内），不致发生接地故障（例如过载继电器直接安装在接触器上）。

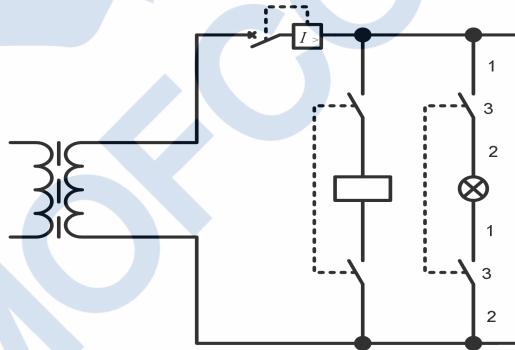
9.4.3.1.3 方法 b) 由变压器供电的非接地控制电路

由未连接保护联结电路的控制变压器供电的控制电路应满足下列要求：

——方法 b1) 在双导线（体）上工作的双极控制开关，见图 19-7；或

——方法 b2) 提供一个装置，例如绝缘监测装置，在接地故障发生时自动中断电路，见图 19-8；或

——方法 b3) 在上述第二项（b2）中，如果自动中断会增加风险，例如，当首次出现接地故障时，仍要求继续运行。在机械上应配置能足以触发听觉和视觉信号的绝缘监测装置（例如依照 IEC 61557-8），见图 19-9。机械用户应对该报警所需执行的步骤，应在使用信息中描述。



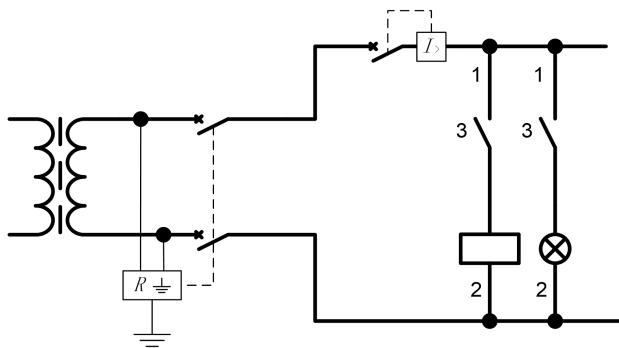
说明：1——连接开关的导线（体）；

2——公共导线（体）；

3——控制开关。

图 19-7 方法 b1) 由变压器供电的非接地控制电路

注 1：方法 b1) 也可以用于 DC 控制电路。在这种情况下，如图 19-7 所示的变压器被 DC 电源来代替。



说明: 1——连接开关的导线 (体) ;

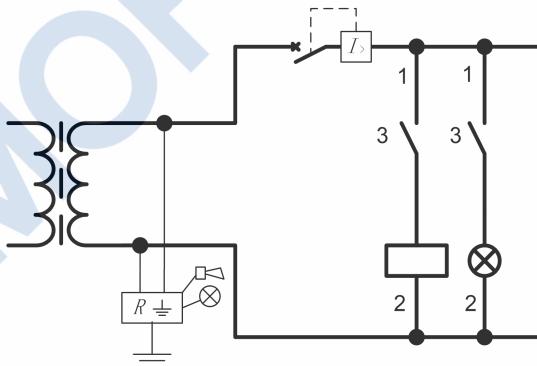
2——公共导线 (体) ;

3——控制开关。

图 19-8 方法 b2) 由变压器供电的非接地控制电路

注 2: 方法 b2) 也可以用于 DC 控制电路。在这种情况下, 如图 19-8 所示的变压器由 DC 电源代替。

注 3: 在用于绝缘监测装置保护的测量电路中图 19-8 没有显示过电流保护装置。



说明: 1——连接开关的导线 (体) ;

2——公共导线 (体) ;

3——控制开关。

图 19-9 方法 b3) 由变压器供电的非接地控制电路

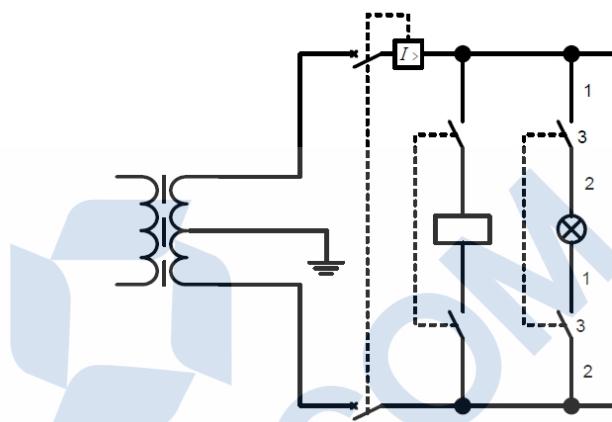
注 4: 方法 b3) 也可以用于 DC 控制电路。在这种情况下, 图中所示的变压器由 DC 电源代替。当变压器和整流器组合使用时, 绝缘监测装置应连接到控制电路的 DC 电压部分整流器后的保护联结电路。

注 5: 在用于绝缘监测装置保护的测量电路中, 图 19-9 没有显示过电流保护装置。

9.4.3.1.4 方法 c) 由绕组中心抽头接地的变压器供电的控制电路

由带绕组中心抽头接地的控制变压器供电的控制电路，应具有可以切断两根导线的过电流保护装置。

控制开关应是双极开关，作用于两根导线。



说明：1——连接开关的导线（体）；

2——公共导线（体）；

3——控制开关。

图 19-10 方法 c) 由带接地的中心抽头绕组变压器供电的控制电路

9.4.3.1.5 方法 d) 不由变压器供电的控制电路

控制电路不由控制变压器或参照 IEC 61558-2-16 具有独立绕组变压器的开关电源单元供电，按照 9.1.1，只允许用于最多含一台电动机起动器和/或最多两个控制器件的机械。

根据供电系统的接地情况，可能的情况是：

- 1) 直接连接到接地的供电系统（TN 或 TT 系统）和：
 - a) 在某一相线和中线之间供电，见图 19-11；或
 - b) 在两根相线之间供电，见图 19-12；或
- 2) 直接连接到不接地或经高阻抗接地的电源系统（IT 系统）和：
 - a) 在某一相线和中线之间供电，见图 19-13；或
 - b) 在两根相线之间供电，见图 19-14。

方法 d1b) 要求多极控制开关，该开关转换所有带电导线（体），以避免在控制电路

接地故障时的意外起动。

方法 d2) 要求配置一个在出现接地故障时自动切断电路的装置。

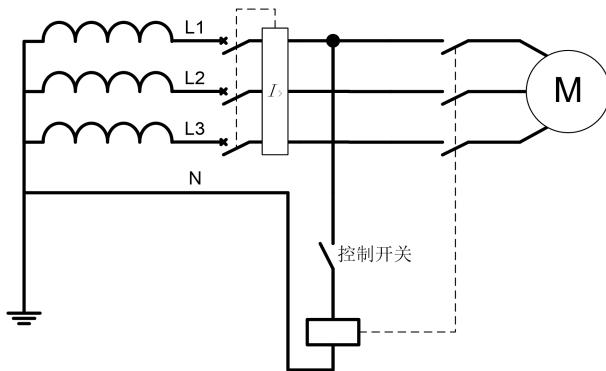


图 19-11 方法 d1a) 接地供电系统相线和中线之间控制电路没有连接变压器

注 1: 图 19-11 显示供电系统是 TN 系统的情况。TT 系统的情况下，控制电路是相同的。

注 2: 图 19-11 没有显示动力电路和控制电路的任何保护装置，有关规定见 6.3 和 7.2。

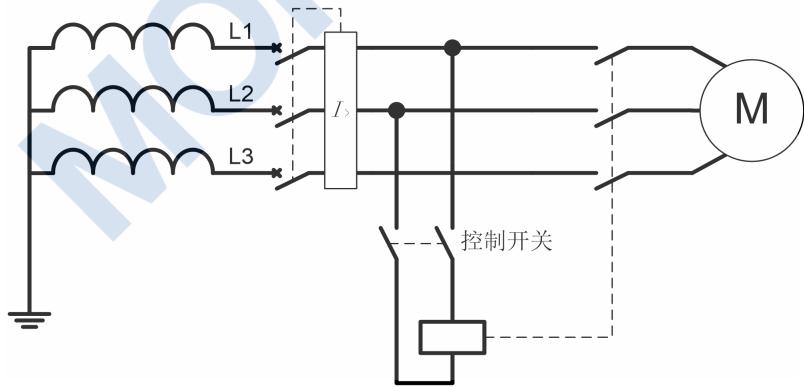


图 19-12 方法 d1b) 接地供电系统两相线之间控制电路没有连接变压器

注 3: 图 19-12 显示供电系统是 TN 系统的情况。TT 系统的情况下，控制电路是相同的。

注 4: 图 19-12 没有显示动力电路和控制电路的任何保护装置，有关规定见 6.3 和 7.2。

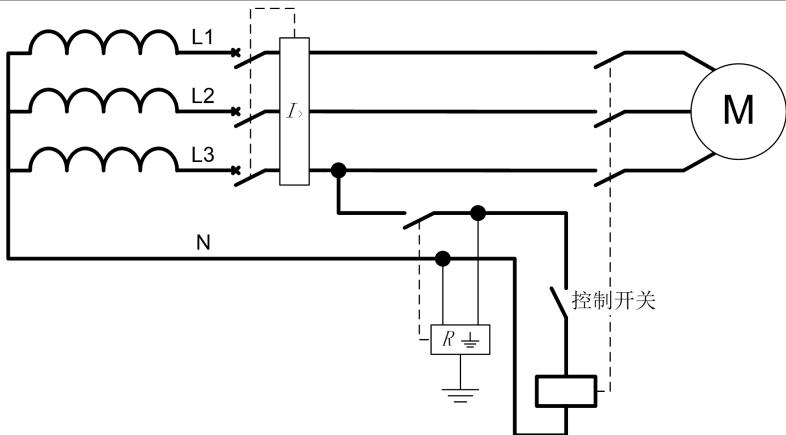


图 19-13 方法 d2a) 不接地系统相线和中线之间控制电路没有连接变压器

注 5: 图 19-13 没有显示动力电路和控制电路的任何必要的保护装置，有关规定见 6.3 和 7.2。

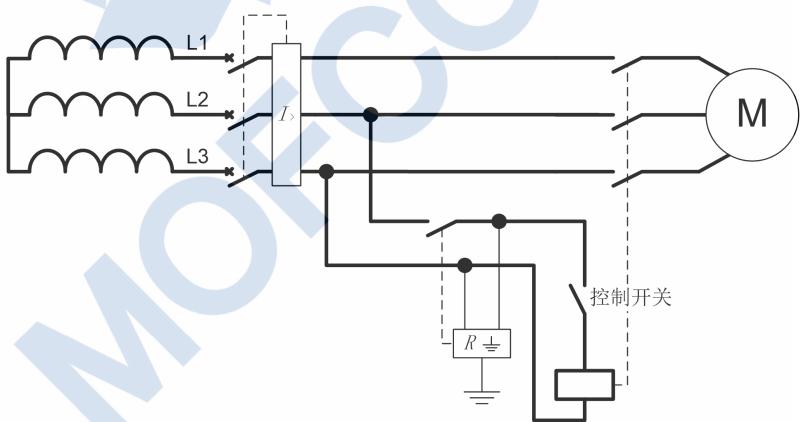


图 19-14 方法 d2b) 不接地系统二相线之间控制电路没有连接变压器

注 6: 图 19-14 没有显示动力电路和控制电路任何必要的保护装置，有关规定见 6.3 和 7.2。

9.4.3.2 电压中断

也见 7.5。

如果控制系统采用存储器，一旦电源发生故障应确保正常功能（例如用非易失性存储器），以防止因存储信息丢失而引起危险情况。

9.4.3.3 电路连续性损失

如果控制电路因滑动触头原因导致连续性受损而引起危险情况时，应采取适当措施（例

如采用双重滑动触头)。

第十章 操作板和安装在机械上的控制器件

10.1 总则

10.1.1 一般器件要求

操作板的控制器件应按 IEC 61310 尽可能合适选择、安装和标识或编码。

应使疏忽操作的可能性降到最低，例如器件的定位，合适的设计，提供附加保护措施。

应特别考虑用于危险机械控制的操作者输入装置(例如触摸屏、键盘和键区)以及用于启动机械操作的传感器(例如位置传感器)的选择、排列、编程和使用。进一步信息见 IEC60447。

操作板器件的位置应考虑人类工效学原则。

10.1.2 位置和安装

为了适用，安装在机械上的控制器件应：

——维修时易于接近；

——安装得使由于物料搬运活动引起损坏的可能性减至最小。

手动控制器件的操动器应这样选择和安装：

——操动器不低于维修站台以上 0.6m，并处于操作者在正常工作位置上易着的范围内；

——使操作者进行操作时不会处于危险位置；

脚动控制器件的操动器应这样选择和安装：

——操作者在正常工作位置易触及的范围内；

——操作者操作时不会处于危险情况。

10.1.3 防护

防护等级 (IP 等级符合 IEC 60529) 和其他适当措施一起应防止：

——在实际环境中发现的或在机械上使用的液体、油、雾或气体的作用；

——杂质(例如切屑、粉尘、颗粒物)的侵入。

此外，操作板上的控制器件的防护等级至少应采用 IPXXD (见 IEC60529)，以防止接触带电部分。

10.1.4 位置传感器

位置传感器(如位置开关、接近开关)的安装应确保即使超程它们也不会受到损坏。

电路中使用的具有相关安全功能(例如，保持机械的安全状态或防止机械产生危险情况)的位置传感器，应具有直接断开操作(见 IEC 60947-5-1:2003)或提供类似可靠性措施(见

9.4.2)。

10.1.5 便携式和悬挂控制站

便携式和悬挂操作控制站及其控制器件的选择和安装应使得由冲击和振动(例如操作控制站下落或受障碍物碰撞)引起机械的意外运转可能性减到最小(也见4.4.8)。

10.2 操动器

10.2.1 颜色

操动器(见3.1.1)的颜色代码应按以下要求。

起动/接通操动器的颜色应为白、灰、黑或绿色,优先白色,不允许用红色。

急停和紧急断开操动器(包括电源切断开关,它预期用于紧急情况)应使用红色。最接近操动器周围的衬托色则应着黄色。红色操动器与黄色衬托色的组合应只用于紧急操作装置。

停止/断开操动器应使用黑、灰或白色,优先用黑色。不允许用绿色。允许选用红色,但靠近紧急操作器件不宜使用红色。

作为起动/接通与停止/断开交替操作的操动器的优先颜色为白、灰或黑色,不允许用红、黄或绿色。

对于按动它们即引起运转而松开它们则停止运转(如保持-运转)的操动器,其优先颜色为白、灰或黑色,不允许用红、黄或绿色。

复位按钮应为蓝、白、灰或黑色。如果它们还用作停止/断开按钮,最好使用白、灰或黑色,优先选用黑色,但不允许用绿色。

黄色供异常条件使用,例如,在异常加工情况或自动循环中断事件中。

对于不同功能使用相同颜色白、灰或黑(如起动/接通和停止/断开操动器都用白色)的场合,应使用辅助编码方法(如形状、位置、符号)以识别按钮操动器。

10.2.2 标记

除了如16.3所述功能识别以外,宜按钮用表25-2或表25-3给出的符号标记,标记可作在其附近,最好直接标在操动器之上。

表25-2 操纵器符号(电源)

电源			
接通	断开	接通 / 断开 (按压和释放交替动作)	接通 (保持-运转)
IEC 60417-5007 (2002-10)	IEC 60417-5008 (2002-10)	IEC 60417-5010 (2002-10)	IEC 60417-5011 (2002-10)
	○	○	○T

表 25-3 操动器符号 (机械操作)

机械操作			
起动	停止	保持-运转	急停
IEC 60417-5104 (2006-08)	IEC 60417-5110A (2004-06)	IEC 60417-5011 (2002-10)	IEC 60417-5638 (2002-10)
◆	○△	○T	○!▼

10.3 指示灯和显示器

10.3.1 概述

指示灯和显示器用来发出下列型式的信息：

——指示：引起操作者注意或指示操作者应完成某种任务。红、黄、蓝和绿色通常用于这种方式；闪烁指示灯和显示器见 10.3.3。

——确认：用于确认一种指令、一种状态或情况，或者用于确认一种变化或转换阶段的结束。蓝色和白色通常用于这种方式，某些情况下也可以用绿色。

指示灯和显示器的选择及安装方式，应从操作者的正常位置看得到(参见 IEC 61310-1)。

用于警告人员紧急危险的听觉或视觉设备的电路，应配备检查这些设备可操作性的装置。

10.3.2 颜色

指示灯玻璃的颜色代码应根据机械的状态符合表 25-4 的要求。

表 25-4 指示灯的颜色及其相对于机械状态的含义

颜色	含 义	说 明	操作者的动作
红	紧急	危险情况	立即动作去处理危险情况 (如断开机械电源, 发出危险状态报警并保持机械的清除状态)
黄	异常	异常情况 紧急临界情况	监视和(或)干预(如重建需要的功能)
绿	正常	正常情况	任选
蓝	强制性	指示操作者需要动作	强制性动作
白	无确定性 质	其他情况, 可用于红、 黄、绿、蓝色的应用有 疑问时	监视

机械上指示塔台适用的颜色自顶向下依次为红、黄、蓝、绿和白色。

10.3.3 闪烁灯和显示器

为了进一步区别或发出信息, 尤其是给予附加的强调, 闪烁灯和显示器可用于下列目的:

- 引起注意;
- 要求立即动作;
- 指示指令与实际情况有差异;
- 指示进程中的变化(转换期间闪烁)。

对于较高优先级信息, 宜使用较高闪烁频率(参见 IEC60073 推荐的闪烁速率和脉冲/间歇比)。

用闪烁灯或显示器提供较高优先级信息的场合, 也应提供声音报警。

10.4 光标按钮

光标按钮操动器的颜色代码应符合 10.2.1 的要求。当难以选定适当的颜色时, 应使用白色。

急停操动器激活的颜色应保持为红色, 与照度无关。

10.5 旋动控制器件

具有旋动部分的器件（如电位器和选择开关）的安装应防止其静止部分转动。只靠摩擦力是不够的。

10.6 起动器件

用于引发起动功能或移动机械部件（如滑块、主轴、托架）的操动器，其设计和安装应尽量减小意外操作的可能。

10.7 急停器件

10.7.1 急停器件位置

急停器件应易接近。

急停器件应设置在要求引发急停功能的各个位置。

急停器件可能出现有效和无效之间相混淆的情况，例如由拔出或其他使操作站失效引起。在这种情况下，应提供最不易混淆的方法（如设计和使用信息）。

10.7.2 急停器件型式

急停器件包括但不限于下列的型式：

- 用手掌或拳（例如蘑菇头式）触及操动的按钮装置；
- 拉线操作开关；
- 不带机械防护装置的脚踏开关。

急停器件应符合 IEC 60947-5-5 的规定。

10.7.3 影响急停的电源切断开关的操作

0类停止适用的场合，电源切断开关可以提供急停功能时，电源切断开关应：

- 易于接近操作；和
- 5.3.2 a), b), c), 或 d) 所描述的类型。

预期使用急停的场合，电源断开关应满足 10.2.1 规定的颜色要求。

10.8 紧急断开器件

10.8.1 紧急断开器件的位置

如必要，对于给定的应用应配置紧急断开器件。这些器件通常与操作控制站隔开设置。在急停器件和紧急断开器件易发生混淆的场合，应提供使混淆降为最小的措施。

注：达到此要求，如预备安全玻璃外壳的紧急断开器件。

10.8.2 紧急断开器件的型式

引发紧急断开的器件有下列型式：

——操作器为掌揿式或蘑菇头式的按钮操作开关；

——拉线操作开关。

这些器件应是直接断开操作（IEC 60947-5-1:2003）中附录K和IEC 60947-5-1:2003/AMD1:2009）

10.8.3 电源切断开关的本身操作实现紧急断开

用电源切断开关本身操作实现紧急断开的场合，切断开关应易于接近，并应满足10.8.3的要求。

10.9 使能控制器件

使能控制功能在9.2.3.9中描述。

使能控制器件的选择和布置，应使其失效的可能性减至最小。

使能控制器件的选择应具有下列特性：

——设计要考虑人类工效学原则；

——对于二位置型式：

- 位置1：开关的断开功能（操作器不起作用）；
- 位置2：使能功能（操作器起作用）。

——对于三位置型式：

- 位置1：开关的断开功能（操作器不起作用）；
- 位置2：使能功能（中间位置操作器起作用）；
- 位置3：断开功能（超过中间位置操作器起作用）；
- 当从位置3返回位置2，使能功能不能起作用。

注：三位置使能开关的特殊要求见IEC 60947-5-8。

第十一章 控制设备：位置、安装和电柜

11.1 一般要求

所有控制设备的位置和安装应易于：

——接近和维修；

——预期操作不受外部因素或条件的影响；

——机械及有关设备的操作和维修。

11.2 位置和安装

11.2.1 易接近性和维护

控制设备的所有元件的设置和排列应使得不用移动它们或其配线就能清楚识别。对于为了正确运行而需要检验或需要易于更换的元件，应在不拆卸机械的其他设备或部件情况下就能得以进行（开门或卸罩盖遮栏或阻挡物除外）。不是控制设备组件或器件部分的端子也应符合这些要求。

所有控制设备的安装都应易于从正面操作和维修。当需要用专用工具调整、维修或拆卸器件时，应提供这些专用工具。为了常规维修或调整而需接近的有关器件，应安设于维修站台以上 $0.4\text{m} \sim 2\text{m}$ 之间。端子宜至少在维修站台以上 0.2m ，且使导线和电缆能容易连接其上。

除操作、指示、测量、冷却器件外，在门上或期望可拆卸的外壳孔盖上不应安装控制器件。

当控制器件是通过插接方式连接时，它们的插接应通过型号（形状）、标记或标志或参照代号（单个或组合使用）清楚区分（见 13.4.5）。

正常工作中需插拔的插头应具有非互换性，缺少这种特性会导致错误工作。

在正常工作过程中需要插拔的插头/插座连接器应定位安装，以便于提供畅通无阻的插拔。当提供用于连接测试设备的测试点时应：

- 在安装上提供畅通无阻的通道；
- 有符合技术文件的清楚的标识；
- 有足够的绝缘；
- 有充分的空间。

11.2.2 实际隔离或成组

与电气设备无直接联系的非电气部件和器件不应安装在装有控制器件的外壳中。如电磁阀那样的器件应与其他电气设备隔离开（如在单独隔间中）。

集聚安装并连有动力电路或连有动力与控制两种电路的控制器件，应与仅连有控制电路的控制器件分隔开独立成组。

下列的接线端子应单独成组：

- 动力电路；
- 机械的控制电路；

——其它控制电路，来自外部电路（如联锁）。

但若能使各组容易识别（如通过标记、用不同尺寸、使用遮栏、用颜色），则各组可以邻近安装。

在布置器件位置时（包括互连），由供方为它们规定的电气间隙和爬电距离应考虑实际环境条件或外部影响。

11.2.3 热效应

电气设备外壳内部温升不应超过元件制造商规定的环境温度。

注 1：IEC TR 60890 可用于计算外壳内部温升。

发热元件（如散热片、功率电阻）的安装应使附近所有元件的温度保持在允许限值的范围内。

注 2：绝缘材料对耐受热应力的选择信息参见 IEC 60216 和 IEC 60085.

11.3 防护等级

控制设备应有足够的能力防止外界固体物和液体的侵入，并要考虑到机械运行时的外界影响（即位置和实际环境条件），且应充分防止粉尘、冷却液和切屑。

注1：防止水浸入的防护等级参见 IEC 60529 的规定。防止其他液体，可能需要附加保护措施。

控制设备的外壳的防护等级应不低于 IP22（见 IEC 60529）。

例外：下列情况不要求外壳提供 IP22 的最低防护等级：

a) 电气工作区提供了适当的防护等级已能防止固体和液体的侵入。

b) 在汇流线或汇流排系统使用可移式集电器和应用 12.7.1 的措施。

注2：下列为应用实例及由其外壳提供的典型的防护等级：

——仅装有电动机起动电阻和其他大型设备的通风电柜，IP10；

——装有其他设备的通风电柜，IP32；

——一般工业用电柜，IP32、IP43 和 IP54；

——低压喷水清洗场（用软管冲、洗）的电柜，IP55；

——防细粉尘的电柜，IP65；

——含汇流环装置的电柜，IP2X。

根据安装条件可采用其他适当的防护等级。

11.4 电柜、门和通孔

制造电柜的材料能承受机械、电气和热应力以及正常工作中可能碰到的湿度和其他环境因素的影响。

紧固门和盖的紧固件应为系留式的。

电柜窗的材料应适合承受预期机械应力和化学腐蚀。

电柜门宜使用垂直铰链，开角最小 95° ，门宽不超过 0.9m。

门、罩、盖与外壳的结合面和密封垫，应能经受住机械所用的侵蚀性液体、油、雾或气体的化学影响。为了运行或维修而需要打开或移动的电柜上的门、罩和盖，应采取保持其防护等级的措施：

- 它们应牢靠紧固在门、盖或外壳上；
- 不应由于门、盖的移开或复位而损坏和使防护等级降低。

当外壳上有通孔（如电缆通道），包括通向地板或地基或机械其他部件的通孔，均应提供措施以确保获得设备规定的防护等级。电缆的进口在现场应容易再打开。机械内部装有电器件的壁龛底面可提供适当的通孔，以便能排除冷凝水。

在装有电气设备的壁龛和装有冷却液、润滑或液压油的隔间或可能进入油液、其他液体以及粉尘的隔间之间不应有通孔。这个要求不适用于专门设计的在油中工作的电器（如电磁离合器），也不适用于需要施用冷却液的电气设备。

如果电柜中有安装用孔，可能需要采取措施使安装后这些孔不削弱所要求的防护等级。

设备在正常或异常工作中，表面温度足以引起燃烧危险或对外壳材质有损害时：

- 应将设备装入能承受这种温度的外壳中，而没有燃烧或损害的危险；
- 设备的安装和位置应与邻近的设备有足够的距离以便安全散热（见 11.2.3）；
- 用能耐受设备发热的材料屏蔽，避免燃烧或损害的危险。

注：警告标签参照 16.2.2 的规定。

11.5 控制设备通道

通道中的门和电气工作区用的通道门应：

- 至少宽 0.7m，高 2.1m；
- 向外开；
- 允许从里开门，但有措施（如应急插销）而不使用钥匙或工具。

注：进一步的信息参见 IEC 60364-7-729。

第十二章 导线和电缆

12.1 一般要求

导线和电缆的选择应适合于工作条件（如电压、电流、电击的防护、电缆的分组）和可能存在的外界影响（如环境温度、存在水或腐蚀物质、机械应力（包括安装期间的应力）、火灾的危险）。

这些要求不适用于按有关国家标准或国际标准（例如 IEC 61800 系列）制造和测试的部件、组件和装置的集成配线。

12.2 导线

一般情况，导线应为铜质的。如果用铝导线，截面积应至少为 16 mm²。

为保证足够的机械强度，导线截面积不应小于表 25-5 规定的值。然而截面积小于表 25-5 规定或和表 25-5 规定结构不同的导线均可以在设备中使用，只要可以通过其他措施获得足够的机械强度而不削弱正常的功能即可。

注：导线分类参见表 25-D. 4。

表 25-5 铜导线最小截面积

位置	用途	导线、电缆型式				
		单芯		多芯		
		5 或 6 类 软线	硬线（1 类） 或绞线（2 类）	双芯屏蔽 线	双芯无屏 蔽线	三芯或三芯以上 屏蔽线或无屏蔽 线
(保护) 外壳外 部布线	动力电路，固定布 线	1.0	1.5	0.75	0.75	0.75
	动力电路，承受频 繁运动的布线	1.0	—	0.75	0.75	0.75
	控制电路	1.0	1.0	0.2	0.5	0.2
	数据通信	—	—	—	—	0.08
外壳内 部布线 ^a	动力电路（固定连 接）	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	控制电路	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	数据通信	—	—	—	—	0.08

注：所有导线截面积单位 mm²。

^a个别标准的特殊要求除外，也见 12.1。

在振动引起损害可以忽略的场合，1 类和 2 类导线主要用于刚性的非运动部件之间。易遭受频繁运动（例如机械工作每小时运动一次）的所有导线，均应采用 5 或 6 类绞合软线。

12.3 绝缘

由于火的蔓延或者有毒或腐蚀性烟雾扩散，绝缘导线和电缆可能构成危险时，应寻求电缆供方的指导。对具有安全功能电路的完整性予以特别注意是尤其重要的。

所用电缆和导线的绝缘应适合试验电压：

——工作电压高于 50V a. c 或 120V d. c 的电缆和导线，要经受至少 2000V a. c 的持续 5min 的耐压试验。

——PELV 电路应承受至少 500V a. c 的持续 5min 的耐压试验（见 IEC 60364-4-41:2005 中 III 类设备）。

在工作及敷设时，尤其是在电缆拖入管道时，绝缘的机械强度和厚度应保证其不应损坏。

12.4 正常工作时的载流容量

导线和电缆的载流容量取决于几个因素，例如绝缘材料，电缆中的导体数，设计（护套），安装方法，分组和环境温度。

注 1： 详细信息和指导可在 IEC 60364-5-52:2009、某些国家标准中找到或由制造商给出。

在稳态条件下，外壳和设备单独部件之间适用于 PVC 绝缘线路载流容量的典型示例见表 25-5。

注 2： 对于特定应用，正确的电缆尺寸可能取决于工作循环的周期和电缆热时间常数之间的关系（如防止起动高惯量负载，间歇工作）咨询电缆制造商。

12.5 导线和电缆的电压降

在正常工作状态下，任何动力电路的电缆，从电源端到负载的电压降不应超过额定电压的 5%。为了符合这个要求，可能有必要采用大于表 25-6 规定的截面积导线。

控制电路中，考虑到浪涌电流，电压降应使任何装置的电压不低于制造商规定的电压。也见 4.3。

应考虑器件上的电压降，例如过电流保护装置和开关装置。

表 25-6 稳态条件下环境温度 40°C 时，采用不同敷设方法的

PVC 绝缘铜导线或电缆的载流容量 (I_z)

	敷设方法（见 D.1.2）
--	---------------

	B1	B2	C	E
截面积 mm ²	三相电路用载流容量 IZ			
	A			
0.75	8.6	8.5	9.8	10.4
1.0	10.3	10.1	11.7	12.4
1.5	13.5	13.1	15.2	16.1
2.5	18.3	17.4	21	22
4	24	23	28	30
6	31	30	36	37
10	44	40	50	52
16	59	54	66	70
25	77	70	84	88
35	96	86	104	110
50	117	103	125	133
70	149	130	160	171
95	180	156	194	207
120	208	179	225	240
电子设备 (线对)				
0.2	不适用	4.3	4.4	4.4
0.5	不适用	7.5	7.5	7.8
0.75	不适用	9.0	9.5	10
注 1: 表 25-6 载流容量的值基于: —— 平衡三相电路适用截面积 0.75 mm ² 和更大; —— 控制电路线对适用截面积 0.2 mm ² 和 0.75 mm ² 之间。 安装更多电缆/线对, 根据表 25-D.2 或 25-D.3 降低表 25-6 值				
注 2: 由于环境温度不是 40°C, 用表 25-D.1 给出的数据。				
注 3: 这些值不适合绕在电缆盘上的软电缆 (见 12.6.3)。				
注 4: 其他电缆用载流量见 IEC 60364-5-52:2009。				

12.6 软电缆

12.6.1 概述

软电缆应为 5 类或 6 类导线。

注 1：6 类导线是较小直径的绞合线，比 5 类导线更柔软（参见表 25-D.4）要承受恶劣工作条件的电缆应有适当的措施以防止：

- 由于机械输送及拖过粗糙表面擦伤电缆；
- 由于没有导向装置操纵引起电缆扭折；
- 由于导向轮和强迫导向使正在电缆盘上缠绕或重新缠绕的电缆产生应力。

注 2：对这种情况的电缆见国家有关标准。

注 3：工作条件不利（如高拉应力、弯曲半径小、弯入另一个平面或频繁重复工作循环的场合）将降低电缆的工作寿命。

12.6.2 机械性能

机械电缆输送系统的设计应使在机械工作期间导线受的拉应力保持最小。使用铜导线的场合，铜导体截面的拉应力不应超过 15N/mm^2 。使用要求拉应力超过 15N/mm^2 限值时，应选用有特殊结构特点的电缆，允许的最大拉力强度应与电缆制造厂达成协议。

软电缆导体采用非铜材质时，允许的最大应力应符合电缆制造商的规定。

注：下列条件影响导体的拉应力：

- 加速力；
- 运动速度；
- 电缆净重；
- 导向方法；
- 电缆盘系统的设计。

12.6.3 绕在电缆盘上电缆的载流容量

绕在电缆盘上的电缆选择，应考虑其导体的截面积，即正常工作负载时，导体温度不超过最高允许温度。

安装在电缆盘上的圆截面电缆，在空气中最大载流容量应按表 25-7 减额。

注：空气中电缆的载流容量可在制造商的规范或有关国家标准中查出。

表 25-7 绕在电缆盘上的电缆用减额系数

电缆盘型式	电缆层数				
	任一层 数	1	2	3	4
圆柱形通风	—	0. 85	0. 65	0. 45	0. 35
径向通风	0. 85	—	—	—	—
径向不通风	0. 75	—	—	—	—

注 1：径向电缆盘是在靠近的法兰之间调节电缆的螺旋层；如果电缆盘装有实心法兰被称作非通风式的，如果法兰有合适的孔则是通风式的。

注 2：圆柱形通风电缆盘是在大间距法兰之间调节电缆层，电缆盘和法兰端面有通风孔。

注 3：使用减额系数，建议同电缆和电缆盘制造厂讨论。这可能涉及正在使用的其他因素。

12.7 汇流线、汇流排和汇流环

12.7.1 直接接触的防护

汇流线、汇流排和汇流环应这样的安装和防护，即当正常接近机械期间，通过采用下列任意一种防护措施来获得基本防护：

——带电部分用局部绝缘防护，或有的场合这是行不通的；

——外壳或遮栏的防护等级至少为 IP2X 或 IPX X B。

容易被触及的遮栏或外壳的水平顶面的防护等级至少达到 IP4X 或 IPX X D。

如果达不到所要求的防护等级，可采用把带电体置于伸臂以外的防护与符合 9.2.3.4.3 规定的紧急断开相结合。

汇流线和汇流排应按下列要求放置和/或保护：

——防止接触，尤其是无防护的汇流线和汇流排与如拉线开关的拉线、卸载装置和传动链等导电物体要防止接触；

——防止负载摆动的危害。

见 6.2.6。

12.7.2 保护导体（线）电路

如果汇流线、汇流排和汇流环作为保护联结电路一部分安装时，它们在正常工作时不应流过电流。因此保护导体（线）（PE）和中性导体（线）（N）应各自使用单独的汇流线、汇流排或汇流环。

使用滑动触点的保护导体（线）的连续性应采取适当措施（如复式集流器，连续性监视）予以保证。

12.7.3 保护导体（线）集流器

保护导体集流器的形状或结构应使得与其他集流器不可互换。这样的集流器应是滑动触点式。

12.7.4 有断路器功能的可移式集流器

有断路器功能的可移式集流器的设计应使得只有带电部分断开后保护导体电路才能断开，而带电部分接通前，先建立保护导体的连续性（见 8.2.3）。

12.7.5 电气间隙

汇流线、汇流排和汇流环及它们的集流器的各导体之间、各邻近系统之间的电气间隙，应至少满足 IEC 60664-1 规定的过电压类别III的额定冲击电压要求。

12.7.6 爬电距离

汇流线、汇流排和汇流环及它们的集流器之间、各邻近系统之间和各导体之间的爬电距离应适合在预定的环境中工作，例如户外（IEC 60664-1），建筑物内部，由外壳保护。

适合异常粉尘、潮湿或腐蚀性环境的爬电距离要求如下：

——无防护的汇流线、汇流排和汇流环应配备最小爬电距离为 60mm 的绝缘子；

——密封的汇流线、多极绝缘汇流排和单独绝缘汇流排应有 30mm 的最小爬电距离。

应遵照制造厂的建议，采取专门措施防止由于环境状况的不利（如导电尘埃的沉积、化学腐蚀等）而使绝缘值逐渐下降。

12.7.7 导体系统分段

汇流线或汇流排可以采用恰当的设计方法分段敷设，防止由于靠近集流器本身使邻近部分带电。

12.7.8 汇流线、汇流排系统和汇流环的构造及安装

用于动力电路的汇流线、汇流排和汇流环应和控制电路的分开成组。

汇流线、汇流排和汇流环及其集流器应能承受机械力和短路电流的热效应而不受损害。

敷设地下或地板下的汇流线、汇流排系统用的活动盖应设计得使一个人不用工具就不能打开。

如果汇流排安装在共用金属外壳内，外壳的每个独立部分都应连接在一起，并且连接到保护联结电路。敷设地下或地板下的汇流排的金属盖也应连接在一起并连接到保护联结电路。

保护联结电路应包括金属外壳或地下管道的罩或盖板。金属铰链是保护联结电路的组成部分时，它们的连续性应进行验证（见第 18 章）。

汇流排管道可能经受液体，例如油或水的积累时，应有排水设施。

第十三章 配线技术

13.1 连接和布线

13.1.1 一般要求

所有连接，尤其是保护联结电路的连接应牢固，防止意外松脱。

连接方法应适合被端接导线的截面积和性质。

只有专门设计的端子，才允许一个端子连接两根或多根导线。但一个端子只应连接一根保护导线。

只有提供的端子适用于焊接工艺要求才允许焊接连接。

接线座的端子应清楚标示或用标签标明与电路图上相一致的标记。

注：IEC 61666 提供了电气设备内端子的标识可使用的规则。

当错误的电气连接（例如由更换元器件引起的）可能是危险源并且通过设计措施不可能降低时，导线和 / 或端子应标识。

软导线管和电缆的敷设应使液体能排离该装置。

当器件或端子不具备端接多股芯线的条件时，应提供拢合绞心束的办法。不允许用焊锡来达到此目的。

屏蔽导线的端接应防止绞合线磨损并应容易拆卸。

识别标签应清晰、耐久，适合于实际环境。

接线座的安装和接线应使布线不跨越端子。

13.1.2 导线和电缆敷设

导线和电缆的敷设应使两端子之间无接头或拼结点。使用带适合防护意外断开的插头 / 插座组合进行连接，对本条款而言不认为是接头。

例外：如果在分线盒中不能提供（接线）端子（例如对活动机械，对有长软电缆的机械；电缆连接超长，使电缆制造厂做不到在一个电缆盘上提供电缆），可以使用拼接或接头。为满足连接和拆卸电缆和电缆束的需要，应提供足够的附加长度。

电缆端部应夹牢以防止导线端部的机械应力。

只要可能就应将保护导线靠近有关的负载导线安装，以便减小回路阻抗。

在铁磁电柜中安装的交流电路导线的安排应使得电路中所有导线包括保护导线装入同一外敷物中。

进入铁电柜中的交流电路导线的安排应使得电路中所有导线包括保护导线只能共同由铁磁材料包围，电路的导线之间为非铁磁材料，即电路的所有导线应经过同一电缆输入孔进入电柜。

13.1.3 不同电路的导线

不同电路的导线可以并排放置，可以穿在同一管道中（如导线管或电缆管道装置），也可以处于同一多芯电缆中或处于同一个插头/插座组中，只要这种安排不削弱各自电路的正常功能，并且：

——如果这些电路的工作电压不同，应把它们用适当的遮栏彼此隔开，或者

——任何导线的绝缘均可以承受系统中的最高电压，如非接地系统线间电压和接地系统的相对地电压。

13.1.4 AC 电路-电磁效应（防止涡流）

在铁磁电柜中安装的 AC 电路导线的安排应使各电路的所有导线包括各电路的保护导线装入同一外敷物中。这类导线进入铁类电柜，它们的安排应使导线不被铁磁材料单独环绕。

AC 电路不宜采用钢丝或钢带的铠装单芯电缆。

注 1：单芯电缆的钢丝或钢带的铠甲被视为铁磁外壳。对于铠装单芯电缆，宜使用铝材铠装的。

注 2：源自 IEC 60364-5-52:2009。

13.1.5 感应电源系统传感器（拾取器）和传感转换器之间的连接

传感器和传感器转换器之间的电缆应：

——尽可能的短；
——充分防护机械损坏。

注：传感器的输出可能是电流源，因此对电缆的损坏可能引起高电压危险。

13.2 导线的标识

13.2.1 一般要求

每根导线应按照技术文件的要求在每个端部作出标识。

(如为维修方便) 导线标识可用数字，字母数字，颜色(导线整体用单色或用单色、多色条纹)或颜色和数字或字母数字的组合。采用数字时，应是阿拉伯数字，字母应是罗马字(大写或小写)。

注 1：附录B可作为供方和用户之间关于最好标识方法的协议。

注 2：工业装置、设备和产品中使用的电缆和缆芯／导线进行标识的规则和导则参见IEC 62491。

13.2.2 保护导线/保护联结导线的标识

应采用形状、位置、标记或颜色使保护导线/保护联结导线与其它导线易于区别。当只采用色标时，应在导线全长上采用黄/绿双色组合。保护导线/保护联结导线的色标是绝对专用的。对于绝缘导线，黄/绿双色组合应这样安排，即在任意15mm长度的导线表面上，一种颜色的长度占30% ~ 70%，其余部分为另一种颜色。

如果保护导线能容易地从其形状、位置、或结构(如编织导线、裸绞导线)识别，或者绝缘导线一时难以获得或是多芯电缆中的导线，则不必在整个长度上使用颜色代码，而应在端头或易接近位置上清楚地标示IEC 60417-5019: 2006-08中5019图形符号(见图19-15)或用字母PE或用黄/绿双色组合标记。



图 19-15 IEC 60417-5019: 2006-08 中 5019 图形符号

例外：保护联结导体可以用字母PB和/或IEC 60417-5021中5021图形符号(见图19-16)进行标志。



图 19-16 IEC 60417-5019: 2006-08 中 5021 图形符号

13.2.3 中线的标识

如果电路包含只用颜色标识的中线，其颜色应为蓝色。为避免与其他颜色混淆，宜使用不饱和蓝，这里称为“浅蓝”（见 IEC 60445:2010 中 6.2.2），在选择这种颜色作为中线的唯一标识有可能发生混淆的场合，不应使用浅蓝色来标记其他导线。

如果采用色标，用作中线的裸导线应在每个 15 mm~100 mm 宽度的间隔或单元内，或在易接近的每个位置上用浅蓝色条纹作标记，或在导线整个长度上作浅蓝色标志。

13.2.4 颜色的标识

当使用颜色代码作导线标识时，（不是保护导线（见 13.2.2）和中线（见 13.2.3））标识时可采用下列颜色：

黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝（包括浅蓝）、紫、灰、白、粉红、青绿。

注：该颜色系列取自 IEC 60757。

如果采用颜色作标识，宜在导线全长上使用带颜色的绝缘或以固定间隔在导线上和其端部或在易接近的位置用颜色标记。

由于安全原因，在有可能与黄/绿双色组合（见 13.2.2）发生混淆的场合，不应使用绿色或黄色。

可以使用上面列出颜色的组合色标，只要不发生混淆和不使用绿色或黄色，不过黄/绿双色组合标记除外。

当使用颜色代码标识导线时，宜使用下列颜色代码：

- 黑色：交流和直流动力电路；
- 红色：交流控制电路；
- 蓝色：直流控制电路；
- 橙色：按照 5.3.5 的例外电路。

上述的例外允许绝缘不使用推荐的颜色（如多芯电缆）。

13.3 电柜内配线

电柜内的导线应固定并需保持在适当位置。非金属管道只有在用阻燃绝缘材料制造时才允许使用（参见 IEC 60332 系列标准）。

要安装在电柜内的电气设备，宜设计和制作成允许从电柜的正面修改线路（见 11.2.1）。如果不可行，并且控制器件是从电柜的背后接线，则应提供进出门或能旋出的配电盘。

安装在门上或者其他活动部件上的器件，应按 12.2 和 12.6 要求使用适合部件频繁运动

用的软导线连接。这些导线应紧固在固定部件上和与电气连接无关的活动部件上（见 8.2.3 和 11.2.1）。

不敷入管道的导线和电缆应牢固固定住。

引出电柜外部的控制配线，应采用接线座或连接插头/插座组合连接。对于插头/插座组合见 13.4.5 和 13.4.6。

动力电缆和测量检测电路的电缆可以直接接到预期连接的器件的端子上。

13.4 电柜外配线

13.4.1 一般要求

电缆或管道连同专用的管接头、密封垫等引入电柜的方法，应确保不降低防护等级（见 11.3）。

同一电路的导线不应分布于不同的多芯电缆、导线管、电缆管道系统或电缆通道系统。构成同一电路的若干多芯电缆并行安装时，上述要求不需要。多芯电缆并行安装时，如可能，每一根电缆应尽可能包含每一相的一根相线和中性线。

13.4.2 外部管道

连接电柜内电气设备的外部导线，应封闭在合适的管道（如导线管或电缆通道系统）中，如 13.5 所述，有合适保护套的电缆，无论是否用电缆托架或电缆支承设施，都可以不需要管道安装。带有专用电缆的器件，如配有专用电缆的位置开关或接近开关，当其电缆适用，足够短，放置或保护得当，使损坏的风险最小时，它们的电缆不必密封在管道中。与管道或多芯电缆一起使用的接头附件应适合于实际环境。

如果至悬挂按钮站的连接需要使用柔性连接，则应采用软导线管或软多芯电缆。悬挂站的重量不应借助软导线管或多芯电缆来承受，除非是为此目的专门设计的导线管或电缆。

13.4.3 机械的移动部件的连接

频繁移动的部件应按 12.2 和 12.6 要求的适合于弯曲使用的导线连接。软电缆和软导管的安装应避免过度弯曲和绷紧，尤其是在接头附件部位。

移动电缆的支承应使得在连接点上没有机械应力，也没有急弯。当用回环结构实现时，弯曲回环应有足够的长度，以便使电缆的弯曲半径符合电缆制造商的规定，若无此规定，至少为电缆外径的 10 倍。

机械的软电缆安装和防护应使得电缆因使用不合理等因素引起外部损坏的可能性减到最小，软电缆应防止：

- 被机械自身碾过；
- 被车辆或其他机械碾过；
- 运动过程中与机械的构件接触；
- 在电缆吊篮中敷入和敷出，接通或断开电缆盘；
- 对花彩般垂挂或悬挂电缆施加速力和风力；
- 与电缆收集器过度磨擦；
- 暴露于过度的辐射热。

电缆护套应能耐受由于移动而产生的可预料到的正常磨损，并能经受环境污染的影响（如油、水、冷却液、粉尘）。

如果移动电缆靠近运动部件，则应采取措施使运动部件和电缆之间至少应保持 25mm 距离。如果做不到，则应在二者之间安设遮栏。

电缆输送系统的设计应使得侧向电缆角度不超过 5° ，电缆进行下列操作时应避免挠曲扭转：

- 正在电缆盘上缠绕或放开；
- 正接近或离开电缆导向装置。

应有措施确保至少总有两圈软电缆缠绕在电缆盘上。

起导向和携带软电缆的装置应设计成电缆在所有弯曲点处的内弯曲半径不小于表 25-8 规定的值，除非考虑了允许的拉力和预期疲劳寿命或与电缆制造商另有协议。

表 25-8 强迫导向时软电缆允许的最小弯曲半径

用途	电缆直径或扁平电缆的厚度，d mm		
	$d \leq 8$	$8 < d \leq 20$	$d > 20$
电缆盘	6d	6d	8d
导向轮	6d	8d	8d
花彩般垂挂装置	6d	6d	8d
其他	6d	6d	8d

两弯之间的直线段应至少为电缆直径的 20 倍。

如果软导线管靠近运动部件，则在所有运行情况下其结构和支承装置均应能

防止对软导线管的损伤。

软导线管不应用于易受快速和频繁的活动的连接，除非是为此目的专门设计的。

13.4.4 机械上器件的互连

安装在机械上的几个器件（例如位置传感器、按钮）串联或并联连接时，在这些器件间宜通过构成中间测试点的端子进行连接。这些端子应方便安装、充分保护，并在有关图上示出。

13.4.5 插头/插座组合

电柜内部由固定插头 / 插座组合（不是软电缆）端接的部件，或通过插头 / 插座组合连接总线系统的部件，不属于本条认定的是插头 / 插座组合。

当根据 a) 安装后，插头/插座组合的型式应在任何时间，包括连接器插入和拔出期间，防止与带电部分意外接触。防护等级应至少为 IP $2\times$ 或 IP $\times\times B$ 。PELV 电路除外。

当插头 / 插座组合包含保护联结电路用触点时，应使它首先接通，最后断开（也见 8.2.4）。

在带负载条件下连接或断开的插头/插座组合应有足够的负载分断能力。当插头/插座组合额定电流为 30A 或更大时，应与开关器件联锁以便只有当开关器件处在断开位置时才能连接和断开。

插头/插座组合额定电流大于 16A 时，应有保持措施以防意外或事故断开。

插头/插座组合的意外或事故断开会引起危险情况时，应有保持措施。

适用时，插头/插座组合的安装应满足下列要求（适用时）：

a) 断开后仍然有电的元件至少应有 IP $2\times$ 或 IP $\times\times B$ 的防护等级，并考虑要求的电气间隙和爬电距离。PELV 电路除外。

b) 插头/插座组合的金属外壳应连接保护联结电路。PELV 电路除外。

c) 预期带动力负载但在带负载条件下不能断开的插头/插座组合应有保持措施以防意外或事故断开，并应有清晰标记，表明在带负载条件下不能断开。

d) 如果在同一电气设备上使用几个插头/插座组合，则相关的组合应清楚标识，宜采用机械编码以防相互插错。

e) 控制电路用插头/插座组合应满足 IEC 61984 的要求。

例外：依照 IEC 60309-1 插头/插座组合，应仅用于控制电路的触点。本例外不适用于在动力电路上使用叠加高频信号的控制电路。

13.4.6 为了装运的拆卸

为了装箱运输需要拆断布线时，应在分段处提供接线端子或提供插头/插座组合。这些接线端子应适当封装，插头/插座组合应能防护运输和存储期间实际环境的影响。

13.4.7 备用导线

应考虑提供维护和修理用的备用导线。当提供备用导线时，应把它们连接在备用端子上，或用和防护接触带电部分同样的方法予以隔离。

13.5 管道、接线盒与其他线盒

13.5.1 一般要求

管道应提供合适数量的防护等级（见 IEC 60529）。

可能与导线绝缘接触的所有锐棱、焊渣、毛刺、粗糙表面或螺纹，应从管道和接头附件上清除。必要时应提供由阻燃、耐油绝缘材料构成的附加防护以保护导线绝缘。

易存积油或水分的接线盒、引线箱、电缆管道装置中应允许作有直径 6mm 的排泄孔。

为了防止电气导线管与油、气和水管混淆，电气导线管宜用物理隔离或者做出明显标记。

管道和电缆托架应采用刚性支承，其位置应离运动部件有足够的距离，并使损伤或磨损的可能性减至最小。在要求有人行通道区域内，管道和电缆托架的安装应至少高于工作面 2m。

部分被遮盖的电缆托架不应看作管道或电缆通道系统（见 13.5.6），所用电缆的类型应适于安装在开式电缆托架上。

管道的尺寸和排列宜便于导线和电缆插入。

13.5.2 金属硬导线管及管接头

金属硬导线管及管接头应为镀锌钢或适合使用条件的耐腐蚀材料制成。应避免使用不同金属，因为它们的接触中会产生电位差腐蚀作用。

导线管应牢固固定在其位置上并将其两端支承住。

管接头应与导线管相适应并适用。应使用带螺纹的管接头。除非由于结构上的困难妨碍装配。如果使用无螺纹管接头，则导线管应牢固固定在设备上。

导线管的折弯不应损坏导线管，也不应减小导线管的有效内径。

13.5.3 金属软导线管及管接头

金属软导线管应由金属软管或编织线网铠装组成，它应适用于预期的实际环境。

管接头应与软导线管相适应并适用。

13.5.4 非金属软导线管及管接头

非金属软导线管应耐弯折，并应具有与多芯电缆护套类似的物理性能。

这种软导线管应适用于预期的实际环境。

管接头应与软导线管相适应并适用。

13.5.5 电缆通道系统

电柜外部的电缆通道系统应采用刚性支承，并应与机械的运动部件或污染源相隔离。

盖板的形状应覆盖满周边；应允许加密封垫。盖板应采用适当方法连接到电缆通道系统上。对于水平安装的电缆通道系统，其盖板不应装在底部。除非为这样安装的专门设计。

注：IEC 61084 系列标准给出了电缆通道系统和管道系统的电气安装要求。

如果电缆通道系统是分段提供的，则各段之间的联结应紧密配合，但不需要加密封衬垫。

除接线或排水需用孔外不应有其他开口。电缆通道系统不应有敞开的不用的出砂孔。

13.5.6 机械的隔间和电缆通道系统

应允许用机械立柱或基座内的隔间或电缆通道系统去围护导线，只要该隔间或电缆通道系统是与冷却液槽及油箱隔离并完全封闭的。敷入在封闭的隔间或电缆通道系统中的导线应被固紧，其布置应使得它们不易受到损坏。

13.5.7 接线盒与其他线盒

用于配线目的接线盒和其他线盒应便于维修。这些线盒应有防护以防止固体和液体的侵入，并考虑机械在预期工作情况下的外部影响（见 11.3）。

接线盒与其他线盒不应有敞开的不用的出砂孔，也不应有其他开口，其结构应能隔绝粉尘、飞散物、油和冷却液之类的物质。

13.5.8 电动机的接线盒

电动机的接线盒应密闭，仅与电动机及安装在电动机上的器件（如制动器、温度传感器、反接制动开关或测速发电机）进行连接。

第十四章 电动机及有关设备

14.1 一般要求

电动机应符合 IEC 60034 系列标准的相关部分的要求。

电动机及有关设备保护的要求为 7.2 过流保护、7.3 过载保护、7.6 超速保护。

当电动机处于停转时，由于一些控制器件并未断开连接电动机的电源，因此应注意确保符合本部分 5.3、5.4、5.5、7.5、7.6 和 9.4 的技术要求。电动机控

制设备应按第 11 章的规定设置和安装。

14.2 电动机外壳

建议电动机外壳按 IEC 60034-5 选择。

防护等级应取决于应用和实际环境（见 4.4）。所有电动机应具有足够的保护，以避免来自机械的损坏。

14.3 电动机尺寸

就切实可行而言，电动机尺寸应遵照 IEC 60072 系列标准。

14.4 电动机安装与隔间

每台电动机及其相关联轴器、皮带和皮带轮或链条的安装应使得它们有足够的保护，且便于检查、维护、校准、调整、润滑和更换。电动机的安装布局结构应使得能拆卸所有的电动机压紧装置，并容易接近接线盒。

电动机的安装应确保正常的冷却，其温升保持在绝缘等级的限值内（见 IEC 60034-1）。

电动机隔间应尽可能干燥清洁，必要时应直接向机械外部通风。通风口应使切屑、粉尘或水雾的进入量处于一个允许的水平上。

不符合电动机隔间要求的其他隔间与电动机隔间之间不应有通孔。如果导线管要从别的不符合电动机隔间要求的隔间进入电动机隔间，则导线管周围的间隙应密封。

14.5 电动机选择的依据

电动机及其有关设备的特性应根据预期的工作和实际环境条件（见 4.4）进行选择。在这方面，应考虑的要点包括：

- 电动机型式；
- 工作循环类型（见 IEC 60034-1）；
- 恒速或变速运行（以及随之发生的通风量变化的影响）；
- 机械振动；
- 电动机控制的型式；
- 温升和馈电压和（或）馈电电流的频谱影响（特别是由变换器供电时）；
- 起动方法及起动电流对接同一电源的其他用户运行可能的影响，还要考虑供电部门可能的特殊规定；
- 反转矩负载随时间和速度的变化；
- 大惯量负载的影响；

- 恒转矩或恒功率运行的影响；
- 电动机和变换器间可能需要电抗器。

14.6 机械制动用保护器件

机械制动器的过载和过电流保护器件的动作，应引发有关的机械致动机构同时脱开。

注：有关的机械致动机构是指与其相应运动关联的装置，如电缆盘和长行程驱动。

第十五章 插座和照明

15.1 附件用插座

如果机械及其有关装置备有附件（如手提电动工具、试验设备）使用的电源插座，则应施加下列条件：

- 电源插座应符合 IEC 60309-1 的规定，否则它们应清楚标明电压和电流的额定值；
- 应确保电源插座保护联结电路连续性；
- 连往电源插座的所有未接地导线应按 7.2 和 7.3 的规定，提供合适的过电流保护和（必要时的）过载保护，并与其他电路的保护导线分开；
- 在插座的电源引入线不通过机械或部分机械的电源切断开关切断的情况下，应采用 5.3.5 的要求。
- 通过自动切断电源提供故障保护时，TN 系统的切断时间应依照表 A.1，TT 系统的切断时间应依照表 A.2。
- 额定电流不超过 20 A 的电路电源插座应配备剩余电流保护器（RCDs），额定动作电流不超过 30 mA。

15.2 机械和电气设备的局部照明

15.2.1 概述

通/断开关不应装在灯头座上或悬挂在软线上。

应通过选用适合的光源避免照明有频闪效应。

如果电柜中装有固定照明装置，则应按 4.4.2 提出的原则考虑电磁兼容性。

15.2.2 电源

局部照明线路两导线间的标称电压不应超过 250V。两导线间电压宜不超过 50V。

照明电路应由下述电源之一供电（见 7.2.6）：

- 连接在电源切断开关负载边的专用的隔离变压器。副边电路中应设有过电流保护；

- 连接在电源切断开关进线边的专用的隔离变压器。该电源应仅允许供控制电柜中维修照明电路使用。副边电路中应设有过电流保护（见 5.3.5）；
- 用于照明的机械电气设备电路，带专用过电流保护；
- 连接在电源切断开关进线边的隔离变压器，这时在原边设有专用的切断开关（见 5.3.5），副边设有过电流保护，而且装在控制电柜内电源切断开关的邻近处；
- 外部供电的照明电路（例如工厂照明电源）。只允许装在控制电柜中，整个机械工作照明的额定功率不超过 3kW。
- 电源单元，供给发光二极管（LED）光源的 d.c. 电源，配备隔离变压器（例如，依照 IEC 61558-2-6）。

例外：操作者在正常工作时若伸臂碰不到的固定照明，本条规定不适用。

15.2.3 保护

局部照明电路应按照 7.2.6 进行保护。

15.2.4 照明配件

可调照明配件应适应于实际环境。

灯头座应：

- 符合有关 IEC 出版物；
- 用保护灯头的绝缘材料制造以防止意外触电。

反光罩应使用灯架而不应使用灯头座支承。

例外：操作者在正常工作时若伸臂碰不到的固定照明，本条规定不适用。

第十六章 标记、警告标志和参照代号

16.1 概述

警告标志、铭牌、标记和识别牌应经久耐用，经得住复杂的实际环境影响。

16.2 警告标志

16.2.1 电击危险

不能清楚表明其中装有会引起电击风险的电气设备的外壳，都应标记 ISO 7010-W012 中 5036 图形符号（见图 19-17）：



图 19-17 ISO 7010-W012 符号

警告标志应在外壳门或盖上清晰可见。

警告标志在下列情况可以省略[见 6.2.2 b)]:

- 装有电源切断开关的外壳;
- 人机接口或控制站;
- 自带外壳的单一器件(如位置传感器)。

16.2.2 热表面危险

风险评价表明需要警告防止电气设备危险表面温度的可能性时，应使用 ISO 7010-W017 中 5041 图形符号。



图 19-18 ISO 7010-W017 符号

注: 当人们未经保护的皮肤可能触及热表面时, ISO 13732-1 给出烧伤风险评估的指导。

16.3 功能识别

控制器件、视觉指示器，应在器件上或在其附近清晰耐久地标出与它们功能有关的标记。这些标记依照 IEC 60417 和 ISO 7000 制作。

16.4 电气设备外壳的标记

下列信息应有清晰耐久地标记，在设备安装后使人们在接收引入电源的外壳上清晰可见：

- 供方的名称或商标;
- 认证标记或可能由当地或特定区域要求的其他标记，必要时;
- 形式代号或模式，适用时;
- 序列号，适当时;
- 主要文件号（见 IEC 62023），适用时;

——额定电压、相数和频率（如果是交流），每个引入电源的满载电流；
上述信息宜在主引入电源附近提供。

16.5 参照代号

所有电柜、装置、控制器件和元件应清晰标出与技术文件相一致的参照代号。

第十七章 技术文件

17.1 概述

应提供必要的信息（资料），以识别、运输、安装、使用、维护、报废和处置机械电气设备。

注 1：文件有时以纸质形式提供，因为不能确定用户是否可以阅读到电子版或互联网形式的说明书。然而，与纸版说明书相比，如果可以得到电子版或互联网形式的说明书通常会更有益处，因为如果纸版文件丢失，用户可以通过下载电子版的方式来恢复文件。必要时，该方式也便于文件更新。

注 2：国家相关法律法规有要求时，应使所要求的特定语言。

附件 I 可以作为准备资料和文件的指南。

17.2 有关电气设备的资料（信息）

应提供下列资料（信息）：

- a) 当提供多个文件时，要为整体机械电气设备提供一个主要文件，同时列出与设备相关的补充文件；
- b) 电气设备的标识（见 16.4）；
- c) 安装和配置资料（信息）包括：
 - 电气设备的配置和安装的描述及其与电源和其他源的连接；
 - 对于各引入电源，电气设备短路电流额定值；
 - 额定电压、相数和频率（若是 AC.），配电系统形式（TT, TN, IT）和各引入电源满载电流；
 - 对于各引入电源的任何附加电源要求（例如，最大电源阻抗、漏电流）；
 - 移动和维护电气设备要求的空间；
 - 确保不损害冷却布局的安装要求；
 - 适当时，环境限制（例如，照明、振动、EMC 环境和大气污染）；

- 适当时，功能限制（例如，峰值起动电流和允许的电压降）；
 - 对于涉及电磁兼容性的电气设备的安装应采取的预防措施；
1. d) 在机械邻近区域（例如，2.5m以内），可同时接近的外部可导电部分的连接说明，例如下列保护联结电路：
- 金属管；
 - 防护栏；
 - 梯子；
 - 扶手。
- e) 功能和操作资料（信息），适当时包括：
- 电气设备的结构概略图（例如结构图或概略图）；
 - 如需预期使用时，编程或配置的步骤；
 - 意外停止后重新起动的程序；
 - 操作顺序；
- f) 电气设备的维护信息，适当时包括：
- 功能测试的频次和方法；
 - 有关安全维护程序的说明，以及需要时暂停安全功能的场合和／或保护措施程序的说明（见 9.3.6）；
 - 有关调整、修理和预防性维护的频次及方法的指南；
 - 用于替换的电气零部件互连的详细说明（例如过电路图和／或连接表）；
 - 所需专用装置或工具的信息；
 - 备件信息；
 - 有关可能的剩余风险的信息，是否需要任何特殊培训的指导和任何必要的个人防护设备的规范；
 - 如适用，仅熟练人员和受过训练人员才能使用的钥匙和工具的说明；
 - 设定（DIP 双列直插式封装开关，可编程参数值等）；
 - 修理或修改后，确认有关安全控制功能，以及必要时定期测试的资料（信息），如适当；
- g) 如适当，搬运、运输和储存的信息（例如尺寸，重量，环境条件，可能

化限制)；

h) 正确拆卸和处理部件的信息(例如回收或处置)。

第十八章 验证

18.1 概述

特定机械验证范围在专用产品标准中规定。如果该机械尚无专用产品标准，可从 d) ~g) 项中选一项或多项进行检验，但总应检验 a)、b)、c) 和 h) 项：

- a) 验证电气设备与技术文件一致性。
- b) 验证保护联结电路的连续性(18.2.2 中试验 1)；
- c) 若通过自动切断电源进行故障的防护，对于自动切断电源适用的保护条件应按照 18.2 进行检验；
- d) 绝缘电阻试验(见 18.3)；
- e) 耐压试验(见 18.4)；
- f) 残余电压的防护(见 18.5)；
- g) 验证满足 8.2.6 的相关要求；
- h) 功能试验(见 18.6)。

进行试验时，宜遵循以上列出的顺序。

当电气设备变动时，应采用 18.7 规定的要求。

验证包括测量，宜采用符合 IEC 61557 系列标准的测量设备。

验证结果应形成文件。

18.2 用自动切断电源作保护条件的检验

18.2.1 概述

自动切断电源的条件(见 6.3.3)应通过试验验证。

试验 1 保护联结电路连续性的验证。

试验 2 在 TN 系统中，验证用自动切断电源作保护的条件。

对于 TN 系统，试验方法的描述见 18.2.2 和 18.2.3；不同电源条件下应用的规定见 18.2.4。

对于 TT 系统，见 A.2。

对于 IT 系统，见 IEC 60364-6: 2006。

电气设备中使用 RCDs 时，其功能应按制造商说明书验证。试验程序和试验

间隔时间应在维护说明书中规定。

18.2.2 试验 1 保护联结电路连续性的验证

PE 端子（见 5.2 和图 19-3）和各保护联结电路部件的有关点之间的电阻应采用取自最大空载电压为 24V a.c 或 d.c 的独立电源（例如 SELV，见 IEC 60364-4-41:2005 中 414），电流在 0.2A 到 10A 之间进行测量。

根据有关保护导体和保护联结导体的长度，截面积和材料，测出的电阻应在预期范围内。

接地的 PELV 在该试验中会产生使人误解的结果，因此不应使用。

注：对于连续性试验，用较大的试验电流提高试验结果的准确性，尤其是低电阻值，即较大截面积和（或）较短的长度。

18.2.3 试验 2 故障环路阻抗验证和关联的过电流保护器件的适合性

机械的电源连接，包括保护联结导体至 PE 端子的连接，应通过检查来验证。按照 6.3.3 和附录 A 用自动切断电源作保护条件应通过下列两种方法验证；

a) 故障环路阻抗的验证，依据：

——计算，或

——按照 A.4 测量，

b) 确认相关过电流保护器件的设置和特性符合附录 A 的要求，若采用电气传动系统（PDS），则确认相关 PDS 保护器件的设置和特性符合转换器和保护器件制造商的说明书要求。

18.2.3 TN 系统试验方法的应用

当通过测量完成 18.2.3 的试验 2 时，18.2.2 试验 1 总应先于试验 2。

注：在环路阻抗试验期间 保护联结电路连续性中断可能对试验者或其他人员引起危险情况或导致电气设备损坏。

对不同情况的机械所需要的试验用表 25-9 的规定。

表 25-9 TN 系统试验方法的应用

程序	机械情况	在现场检验
A	机械电气设备在现场安装和连接，若保护联结电路的连续性在现场的后续安	试验 1 和试验 2（见 18.2.2） 例外：若由制造厂预先计算的故障环路阻抗或电阻是可靠的并且：

	装和连接尚未确认。	—设备的安装，允许检验用于计算的导线长度和截面积，和 —若可以确定现场的电源阻抗小于或等于制造厂用于计算电源阻抗的假定值。 在现场连通保护联结电路的试验 1（见 18.2.2）和通过观查电源的连接和引入的外部保护导线到机械 PE 端子的连接检验是足够了。
B	保护联结电路有超过表 25-10 给定示例的电缆长度则用试验 1 和试验 2，通过测量使机械提供保护联结电路连续性检验（见 18.1）的证明。 情况 B1) 为了装运提供完全装配和不拆卸。 情况 B2) 为了装运提供的拆卸，这里拆卸、运输和重新装配后（如使用插头 / 插座连接）要保证保护导体的连续性。	试验（见 18.2.2） 例外： 可以确定现场电源阻抗小于或等于用于计算的值或试验 2 期间经测量的试验电压阻抗值时，现场不要求试验，但连接检验除外： —电源的情况 B1) 和机械引入的外部保护导线到 PE 端子的情况 B1)； —电源的情况 B2) 和机械引入的外部保护导线到 PE 端子的情况 B2)，以及为装运拆分所有保护导线连接的情况 B2)。
C	有保护联结电路且不超过表 25-10 给定示例的电缆长度的机械，通过试验 1 或试验 2（见 18.2.2），经测量提供保护联结电路连接性检验（见 18.1）的证明。	不要求现场试验。对于不通过插头 / 插座接电源的机械，引入的外部保护导体到机械的 PE 端子的正确连接应通过目测检验。 情况 C 2) 安装文件（见 17.4）要求所有保护导体的连接应目测检验，此处连接指为装运被分拆过。

	<p>情况 C 1) 为了装运提供完全装配和不拆卸。</p> <p>情况 C 2) 为了装运提供的拆卸, 这里拆卸、运输和重新装配后 (如使用插头 / 插座连接) 要保证保护导体的连续性。</p>	
--	--	--

表 25-10 TN 系统中每个保护器件至负载间最大电缆长度的示例

1 至每个 保护器 件的电 源阻抗	2 最小截 面积	3 保护器 件 最大标 定额定 值或整 定值 I_N	4 熔丝断 开时间	5 熔丝断 开时间	6 小型断路 器特性 B $I_a = 5 \times I_N$	7 小型断路 器特性 C $I_a = 10 \times I_N$	8 可调断路 器 $I_a = 8 \times I_N$ 断开时 间 0.1 s		
$\text{m}\Omega$	mm^2	A	从每个保护器件到负载间最大电缆长度 m						
500	1.5	16	97	53	76	30	28		
500	2.5	20	115	57	94	34	36		
500	4.0	25	135	66	114	35	38		
400	6.0	32	145	59	133	40	42		
300	10	50	125	41	132	33	37		
200	16	63	175	73	179	55	61		
200	25 (相) / 16 (PE)	80	133				38		
100	35 (相) / 16 (PE)	100	136				73		
100	50 (相) / 25 (PE)	125	141				66		
100	70 (相) / 35 (PE)	160	138				46		
50	95 (相) / 50 (PE)	200	152				98		

50	120 (相) / 70 (PE)	250	157				79
----	-------------------------	-----	-----	--	--	--	----

表 25-10 中最大电缆长度值基于下列假设：

—PVC 电缆用铜导体，在短路条件下导体温度为 160°C（见表 25-D.5）；

—16 mm² 及以下包含相导体的电缆，保护导体与相导体截面积相等；

—16 mm² 以上的电缆，保护导体的尺寸可以减少如表中所示；

—3 相系统，电源的标称电压 400V ($U_0 = 230$ V)；

—第 3 栏（列）的值与表 25-6 有关系（见本部分 12.4）；

—断路器断开时间 0.4s (6 - 9 栏)。

与这些假设不一致时可能要求完整计算或测量故障环路阻抗。进一步的信息见 IEC 60228 和 IEC 61200-53。

18.3 电阻试验

当执行绝缘电阻试验时，在动力电路导线和保护联结电路间施加 500Vd.c 时测得的绝缘电阻不应小于 1MΩ。绝缘电阻试验可以在整台电气设备的单独部件上进行。

例外：对于电气设备的某些部件，如母线、汇流线、汇流排系统或汇流环装置，允许绝缘电阻最小值低一些，但不能小于 50 kΩ。

如果电气设备包含浪涌保护器件，在试验期间，该器件可能工作，则允许采用下列任何一种措施：

——拆开这些器件，或

——降低试验电压值，使其低于浪涌保护器件的电压保护水平，但不低于电源电压（相对中线）的上限峰值。

18.4 耐压试验

当执行耐压试验时，应使用符合 IEC 61180-2 要求的设备。

试验电压的标称频率为 50Hz 或 60Hz。

最大试验电压具有两倍的电气设备额定电源电压值或 1000V，取其中的较大者。

最大试验电压应施加在动力电路导线和保护联结电路之间至少 1s 时间。如果未出现击穿放电则满足要求。

不适宜经受试验电压的元件和器件，以及试验期间可能动作的浪涌保护器件，应在试验期间断开。

已按照某产品标准进行过耐压试验的元件和器件在试验期间可以断开。

18.5 残余电压的防护

适当时，应进行此项试验以确保符合 6.2.4 的要求。

18.6 功能试验

电气设备的功能应进行试验。

18.7 重复试验

如果机械及其有关设备的一些部分有变动或改进，这些部分应重新检验和试验（见 18.1）。

尤其应注意重复试验对设备可能不利的影响（如绝缘过电压，器件的断开 / 重新连接）。

附录 A

(规范性附录)

通过自动切断电源的故障保护

A.1 由 TN 系统提供的机械故障保护

A.1.1 概述

附录 A 源自 IEC 60364-4-41:2005 和 IEC 60364-6: 2006。

故障保护应由过电流保护器件提供，在电路或设备中，如果在带电部分和外露可导电部分或保护导体之间发生故障时，过电流保护器件应在足够短的切断时间内，自动切断电路或设备的供电。对于非手持式或便携式机械，切断时间不超过 5s 都视为足够短。

不能保证 5s 的切断时间时，应提供符合 A.1.3 要求的辅助保护联结，以防止来自同时可触及的可导电部分之间预期触摸电压超过 50Va.c 或 120Vd.c 无纹波。

注：辅助保护联结的使用不排除因其他理由需要切断电源，例如设备中火灾，热应力的防护等。

系统	50 V U_0 120 V	120 V U_0 230V	230 V U_0 400V	U_0 400 V
	S	S	S	S

	a. c.	d. c.							
TN	0.8	注 1	0.4	5	0.2	0.4	0.1	0.1	

U_o: 交流或直流线对地的标称电压。
注 1: 切断电源的要求可能是为了电击防护之外的原因。
注 2: 在 IEC60038 规定的容许偏差范围内的电压值, 其切断时间按相应标称电压值选用。

通过插座或不通过插座直接向 I 类手持式或便携式设备供电的电路(如在机械上辅助设备用的插头 / 插座, 见 15.1), 表 25-A.1 规定的最长切断时间为足够短。

表 25-A.1 TN 系统的最长切断时间

A.1.2 用过电流保护器件自动切断电源作保护条件

过电流保护器件特性和回路阻抗应是那样的: 电气设备内任何地方如果发生线导体与保护导体或外露可导电部分之间的阻抗可忽略不计的故障时, 将在规定的时间内(即≤5s 或≤依照表 A.1 的值) 自动切断电源。下列条件满足本要求:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

式中:

Z_s—包括电源、带电导体到故障点、以及故障点和电源之间保护导体的故障环阻抗, 单位为欧 (Ω) ;

I_a—在规定的时间内引起切断保护器件自动动作的电流, 单位为安倍 (A);

U_o—对地标称交流电压, 单位为伏 (V)。

由于故障电流使导体电阻随温度升高而增大, 应考虑下式:

$$Z_s^{(n)} \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_o}{I_a}$$

式中:

Z_s (n) ——在正常工作条件下, Z_s 的测量或计算值, 单位为欧 (Ω)。

故障环阻抗超过 $2U_0/3I_a$ 时, 可按照 IEC 60364-6: 2006 中 C.61.3.6.2 所述的步骤进行更准确的评估。

A.1.3 用减小触摸电压使之低于 50V 作保护条件

当不能满足 A1.2 条的要求时, 可以选择辅助保护联结, 即确保触摸电压不

超过 50V。保护联结电路的阻抗 (ZPE) 不超过下式所示时，达到了保护条件。

$$Z_{PE} \leq \frac{50}{U_0} \times Z_S$$

式中：

ZPE——装置中设备的任何处和机械的 PE 端子（见 5.2 和图 19-3）之间，或同时可触及的外露可导电部分间和（或）外部可导电部分之间的保护联结电路阻抗，单位为欧 (Ω)。

本条件证实通过使用 18.2.2 的试验 1 中的方法测量电阻 RPE 而获得。若 RPE 的测出值不超过下式所示时，达到了保护条件。

$$R_{PE} \leq \frac{50}{I_{a(5s)}}$$

式中：

$I_{a(5s)}$ ——保护器件的 5s 动作电流，单位为安倍 (A)；

R_{PE} ——PE 端子（见 5.2 和图 19-3）和设备的任何处之间，或同时可触及的外露可导电部分和（或）外部可导电部分之间的保护联结电路电阻，单位为欧 (Ω)。

注 1：辅助保护联结被认为是对故障防护的补充。

注 2：辅助保护联结可以包括整个装置、部分装置、设备零件或一个配置。

A.1.4 自动切断电源用作保护条件的检验

A.1.4.1 概述

依据 A.1.2 用自动切断电源作故障防护的措施，其有效性检验如下：

——通过目测断路器标称电流整定值和熔断器额定电流值来验证相关保护器件的特性，和；

——测量故障环路阻抗 (ZS)。见图 19-A.1。

例外：当故障环路阻抗可计算，且装置的设置又允许检验导体的长度和截面积时，可以用保护导体连续性检验代替测量。

使用电气传动系统 (PDS) 时，故障保护的切断时间应满足本附录 A 在 PDS 的基本传动模块 (BDM) 引入电源端子的相关要求。见图 19-A.2。

A.1.4.2 故障环路阻抗的测量

故障环路阻抗的测量，宜使用符合 IEC 61557-3 的测量设备进行。测量结果准确性的信

息和在测量设备的文件中规定要遵循的程序应予考虑。

在预定的装置处，当机械连接到其频率与电源的标称频率相同的电源时，应进行测量。

注：图 19-A. 1 给出了在机械上测量故障环路阻抗的典型配置示例。

在试验期间如果不能连接电动机，在试验中，不使用的两相导体可以断开，例如拆去熔断器。

故障环路阻抗的测量值应符合 A. 1. 2 的规定。

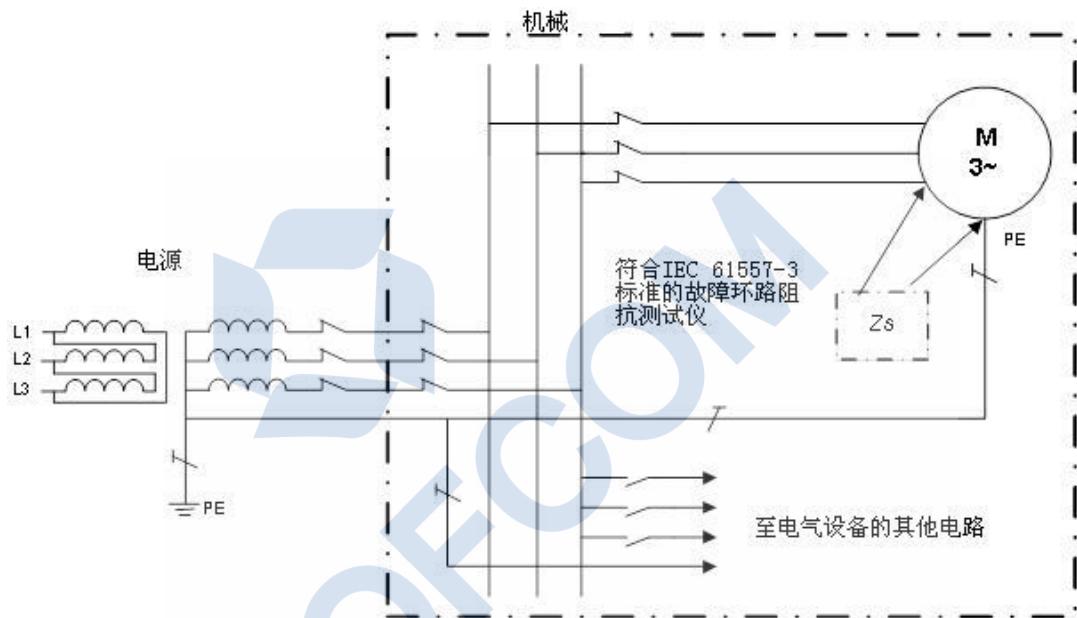


图 19-A. 1 TN 系统中故障环路阻抗 (Z_s) 测量典型配置

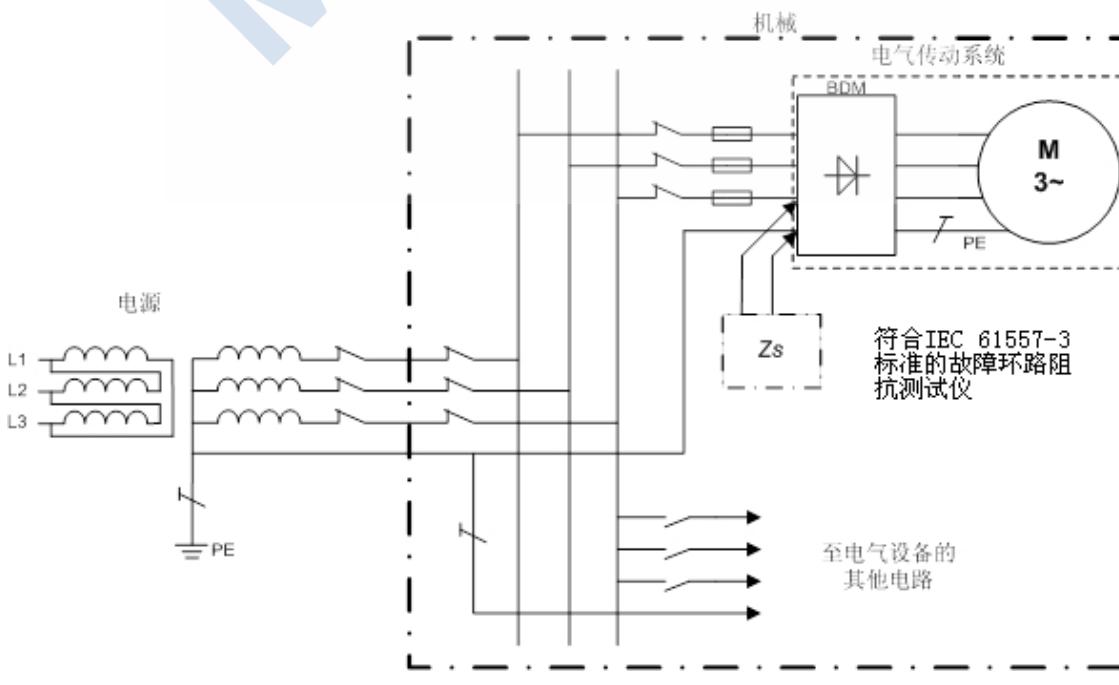


图 19-A.2 TN 系统中电气传动系统电路用故障环路阻抗 (Z_s) 测量典型配置

A.2 TT 系统提供的机械故障防护

A.2.1 连接到地

所有外露可导电部分和所有外部可导电部分应连接至保护联结电路。

例外：见 8.2.5。

除 5.2 的要求外，可以提供机械元素附加接地的规定和 / 或电气设备的 PE 导体。

注：TT 系统中，电力系统的中性点或中间点应接地，或如果当中性点或中间点不可用或不易接近时，则将一线导体接地（源自 IEC 60364-4-41:2005 中 411.5.1）。

A.2.1 TT 系统的故障防护

A.2.2.1 概述

在 TT 系统中通常应采用 RCDs 作故障防护。或者，当能长期和可靠确保 Z_s 值适当低时，可选用过电流保护装置作故障防护。 Z_s 是故障环路阻抗。

注：在某些国家不允许在 TT 系统中用过电流保护装置作故障防护。

用自动切断电源作为故障防护措施时，电气设备的设计者也可以：

- 在设计计算中采用按 IEC 60364-6: 2006 测量的或由设备预期用户声明的接地电极阻值或接地故障回路阻抗值（参见附录 B）；或
- 对于批量生产的机械，规定接地电极电阻值或适合于预期安装的接地故障回路阻抗；并在安装说明书中声明接地电极电阻值或电气设备设计使用的接地故障回路阻抗值，指出这是机械可以连接的最大值。

采用电气传动系统 (PDS) 时，在 PDS 的基本传动模块 (BDM) 的引入电源端子处，故障防护的断开时间应符合本附录的相关要求。见图 19-A.4。

A.2.2.2 用剩余电流保护器 (RCD) 保护

采用剩余电流保护器 (RCD) 作故障防护时，应符合下列条件：

- 表 25-A.2 要求的断开时间，和
- $RA \times I_n \leq 50 \text{ V}$ 。

式中：

RA —各外露可导电部分的接地电极和保护导体电阻之和，单位为欧 (Ω)；

I_n —RCD 的额定剩余动作电流，单位为安培 (A)。

例外：配电电路和表 25-A.2 不覆盖的电路，断开时间不超过 1s 是允许的。

注 1：此时，如果故障点阻抗并非可忽略不计，仍可实现故障防护。

注 2：如 RCDs 之间具有选择性，IEC 60364-5-53:2001 中的 535.3 给出了信息。

注 3：满足表 25-A.2 规定的断开时间要求的预期剩余故障电流，显著大于 RCD 的额定

剩余动作电流（通常为 $5 I_n$ ）。

注 4: RA 的定义见 IEC 60364-4-41:2005。在本部分，RA 定义中的“接地极”术语相当于 IEC 60050-195:1998, 195-02-30 定义的“地回路径”。

A.2.2.3 用过电流保护器保护

采用过电流保护器时，应满足下列条件：

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

式中：

Z_s ——故障回路的阻抗，单位为欧 (Ω)，包括：

- 电源；
- 至故障点的线导体；
- 各外露可导电部分的保护导体；
- 接地导体；
- 电气装置的接地极和电源的接地极。

I_a ——在表 25-A.2 规定的时间内引起切断器件自动动作的电流，单位为安培 (A)。

例外：表 25-A.2 不覆盖的电路，断开时间不超过 1 秒是允许的。

U_o ——交流或直流线对地标称电压，单位为伏 (V)。

表 25-A.2 规定的最大断开时间应适用于不超过 32 A 的电路，超过 32 A 的电路最大断开时间不超过 1 s。

表 25-A.2 TT 系统的最大断开时间

系统	50 V U_o s		120 V U_o s		230 V U_o s		400 V U_o s	
	a. c.	d. c.	a. c.	d. c.	a. c.	d. c.	a. c.	d. c.
TT	0.3	注	0.2	0.4	0.07	0.2	0.04	0.1

当 TT 系统内采用过流保护装置切断电源，且所有外部可导电部分连接到保护联结电路时，可以采用表 A.1 规定的最长断开时间。

U_o 一线对地标称交流或直流电压。

注：切断电源的要求可能是为了电击防护以外的原因。

A.2.3 用剩余电流保护装置自动断开电源作保护的检验

在 TT 系统中，用剩余电流保护装置自动断开电源作故障防护时，应进行如下检验：

——检查额定剩余电流脱扣值和剩余电流保护装置断开时间值，和

- 按照相关 IEC 标准，对已测试过的剩余电流保护装置进行检验，和
- 检查剩余电流保护装置和保护联结电路的连接。

A. 2. 4 故障环路阻抗的测量 (Z_s)

故障环路阻抗的测量，宜使用符合 IEC 61557-3 的测量设备进行。测量结果准确性的信息和在测量设备的文件中规定要遵循的程序应予考虑。

在预定的装置处，当电气设备连接到其频率为电源标称频率的 99 % 和 101 % f 之间的电源时，应进行测量。

注 1：图 19-A. 3 给出在机械上测量故障环路阻抗的典型配置示例。

在试验期间如果不能连接电动机，在试验中，不使用的两相导体可以断开，例如拆去熔断器。

注 2：图 19-A. 4. 给出采用电气传动系统时测量故障回路阻抗的典型配置示例。

故障环路阻抗的测量值应符合 A. 2. 2. 3

注 3：剩余电流保护装置和接地故障环路阻抗测量的验证信息见 IEC 60364-6: 2006。

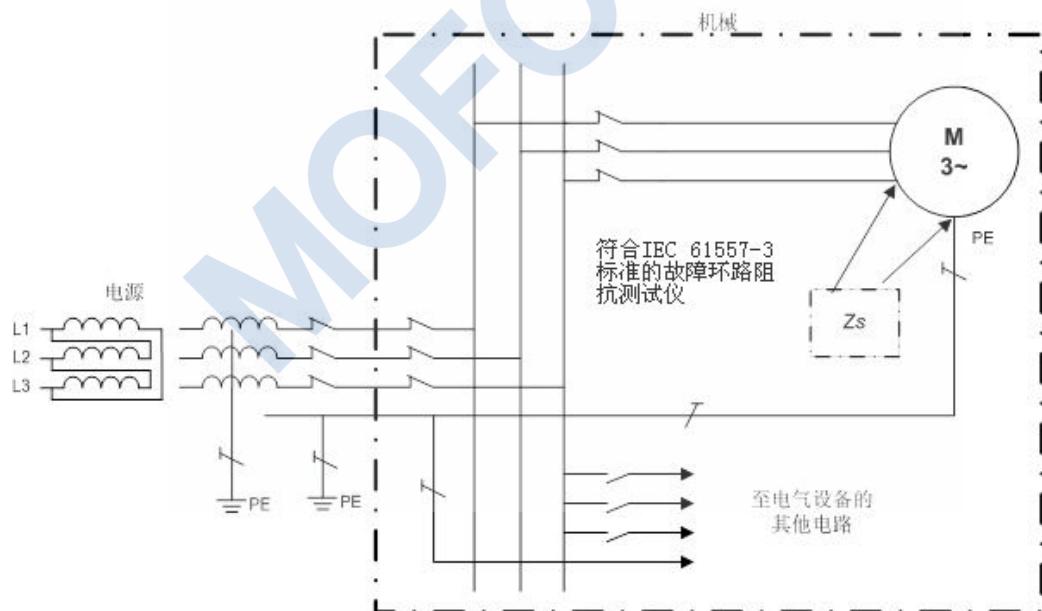
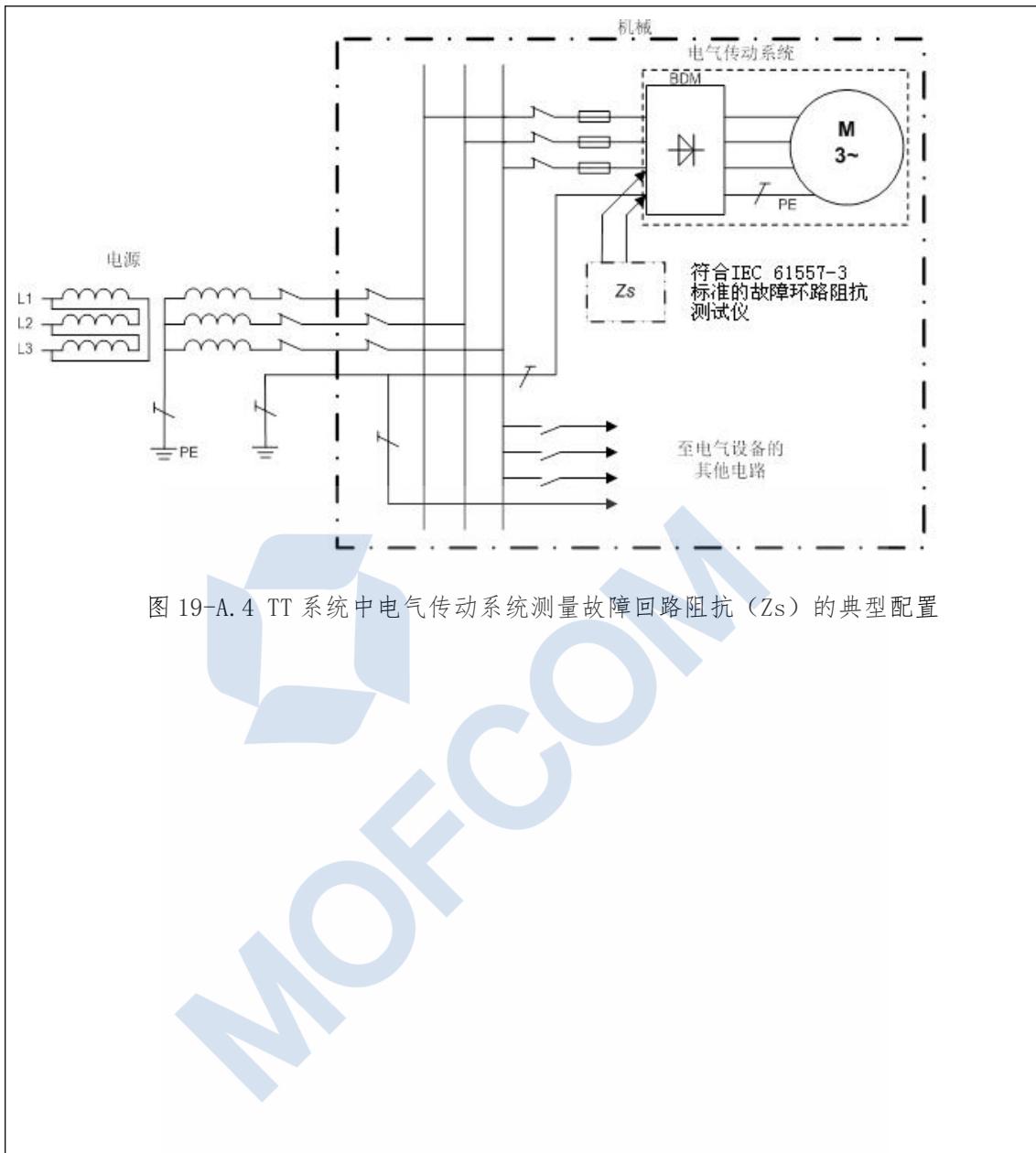


图 19-A. 3 TT 系统故障环路阻抗 (Z_s) 测量的典型配置



附录 B

(资料性附录)

机械电气设备查询表

使用本查询表可以便于用户与供方之间就基本条件和用户的附加要求进行信息交换以确保机械电气设备的正确设计、使用和利用（见 4.1）。特别是当现场条件可能会偏离通常的预期。

附录 B 也可以作为内部检查单，用于系列制造的机械。

制造厂 / 供方名称			
最终用户名称			
投标书 / 定单编号		日期	
机械型号		序列号	
1. 特殊条件（见第 1 章）			

a) 机械在露天使用吗?	是 / 否		如果是, 请详细说明
b) 机械将使用、加工或生产爆炸性或易燃性材料吗?	是 / 否		如果是, 请详细说明
c) 机械是在可能爆炸或易燃的环境中使用吗?	是 / 否		如果是, 请详细说明
d) 当生产或消耗某些材料机械会产生特殊危险吗?	是 / 否		如果是, 请详细说明
e) 机械用于矿山吗?	是 / 否		如果是, 请详细说明
2. 电源及有关条件 (见 4.3)			
a) 预期的电压波动 (如果超过±10%)			
b) 预期的频率波动 (如果超过±2%)	持续		短时间
c) 指明电气设备今后可能的变化, 这种变化会对电源方面增加要求			
d) 电源规定的中断如果比第 4 章规定的长, 若电气设备在这样的条件下要保持运行			
3) 实际环境和工作条件 (见 4.4)			
a) 电磁环境 (见 4.4.2)	居住、商业或轻工业环境		工业环境
规定 EMC 条件或要求			
b) 环境温度范围			
c) 湿度范围			
d) 海拔			
e) 规定的环境条件 (如腐蚀性气体、粉尘、潮湿环境)			
f) 辐射			
g) 振动、冲击			
h) 特殊的安装和工作要求 (如阻燃的电缆和导线)			
i) 运输和存放 (如温度超出 4.5 规定的范围)			
k) 有关尺寸、重量或点负载的限制			
4 引入电源			
规定每个电源			
a) 标称电压 (V)	a. c		d. c
	若为 a. c, 相数		频率 (Hz)
在电气设备接入点处, 电源的阻抗值 (Ω)			
电源到电气设备接入点处的预期短路电流 (kA r.m.s) (见第 2 章)			
b) 电源的接地型式 (见 IEC 60364-1)	TN (系统具有直接接地点, 保护导线 (PE) 接到此点上); 如果规定接地点是中性点 (星形中心点) 或其他点		TT (系统具有直接接地点, 但机械的保护导线 (PE) 不接到系统的接地上)

	IT (系统不直接接地)		
在 IT 系统中, 是绝缘的监测 // 故障位置由电气设备供方提供?	是		否
c) 电气设备是否连接电源中线 (N) ? (见 5.1)	连接		不连接
允许的最大电流			
d) 电源切断开关			
是否需要切断中线 (N) ?	需要		不需要
切断中线 (N) 是否需要可移动的连接物?	需要		不需要
所提供电源切断开关的型式			
e) 外部防护 (PE) 导体横截面面积和材料			
f) 装置中提供了 RCD?	是 / 否		若是, 型号和额定剩余动作电流
5 电击防护 (见第 6 章)			
a) 在设备正常运行期间, 哪类人员可以接近电箱内部?	电气熟练人员		电气受过训练人员
b) 为扣紧门或盖而提供的锁是可取下钥匙的吗? (见 6.2.2)	是		否
锁定装置类型			
提供并安装基本锁住单元 (锁芯除外)			
提供并安装锁芯			
6. 设备的保护 (见第 7 章)			
a) 电源线的过电流保护是由用户还是由供方提供? (见 7.2.2)			
过电流保护器件的型式和额定值			
b). 可联机直接起动最大的三相交流电动机 (kW)			
c) 电动机过载检测器件的数目是否可以减少? (见 7.3.2)	是		否
d) 是否提供过压保护?	是/否		如果是, 请详细说明
7. 操作			
对于无线控制系统, 当缺少有效信号时, 自动引发机械关机前, 规定延迟时间吗?			
8. 操作板和安装在机械上的控制器件 (见第 10 章)			
特殊颜色优先 (如与现有的机械一致)	起动		停止
	其他		
9. 控制设备			
外壳防护等级 (见 11.3) 或特殊条件:			
10. 配线技术 (见第 13 章)			
对于导线使用的标识有专门的方法吗? (见 13.2.1)	有		无
型式			
11. 附件和照明 (见第 15 章)			
a) 需要的插座型式是特殊的吗?	是		否

如果是, 哪种型式?			
b) 当机械配备局部照明时:	最高允许电压 (V)		如果照明电路电压不是直接取自电源, 则说明优选电压
12. 标记、警告和参照代号 (见第 16 章)			
a) 功能标识 (见 16.3)			
规范:			
b) 名言警句 / 专用标记	在电气设备上吗?		用何种语言?
c 规定要遵守的地方规章	有		无
如果有, 是哪种?			
13. 技术文件 (见第 17 章)			
a) 技术文件 (见 17.1)	在何载体上?		用何种语言?
	文件格式?		
b) 使用说明书 (见 17.1)	在何载体上?		用何种语言?
c) 由用户提供的管道、开式电缆托架或支架的尺寸、位置和用途			
d) 如果特定机件或控制设备组件在运往安装位置时可能影响运输, 则指明对尺寸或重量的特定限制:	最大尺寸		最大重量
e) 对于专用机械, 是否需要提供负荷下机械的运行试验证书?	是		不是
f) 对于其他机械, 是否需要提供负荷下机械的运行型式试验证书?	是		不是

附录 C

(资料性附录)

本部分涉及的机械示例

下列清单给出一些机械的示例, 它们的电气设备为本部分所涉及。这个清单不意味着是详尽无遗的, 但是与机械 (3.1.40) 的定义相一致的。本部分不适用于 IEC 60335 系列标准范围内的家用和类似用途电器。

金属加工机械

——金属切削机床

——金属成形机械

(其余略)

附录 D
(资料性附录)

机械电气设备中导线和电缆的载流容量和过电流保护

D. 1 概述

本附录的目的在于提供选择导线尺寸的附加信息，在这里应对表 25-6（见第 12 章）给定的条件给予修正（见表 25-6 的注）。

D. 2 一般工作条件

D. 2. 1 环境温度

表 25-6 给出了环境温度 40℃ 时的 PVC 绝缘导线的载流容量。对于其他环境温度，表 25-D. 1 给出修正系数。

橡胶绝缘电缆用修正系数由电缆制造厂给出。

表 25-D. 1 修正系数

环境温度 ℃	修正系数
30	1. 15
35	1. 08
40	1. 00

45	0.91
50	0.82
55	0.71
60	0.58

注：修正系数来源于 IEC 60364-5-52。对 PVC, 正常条件下最高温度为 70℃。

D. 2.2 安装方法

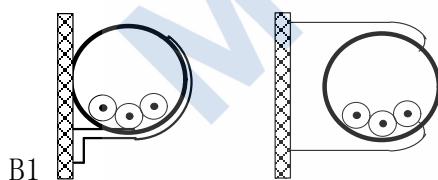
在机械中，电柜到设备各单元间的电线和电缆假定为典型的安装方法如图 19-D.1 所示（所用的字母代码按 IEC 60364-5-52:2009）。

方法 B1：用导线管（见 3.10）和电缆管道装置（见 3.6）放置和保护导线或单芯电缆。

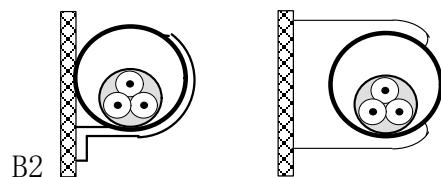
方法 B2：同 B1，但用于多芯电缆。

方法 C：在自由空间安装的多芯电缆，水平或垂直悬装壁侧，电缆之间无间隙。

方法 E：在自由空间安装的多芯电缆，水平或垂直装在开式电缆托架上（见 3.15）。



a) 装在导线管和电缆通道系统中的导线 / 单芯电缆



b) 装在导线管和电缆通道系统中的电缆

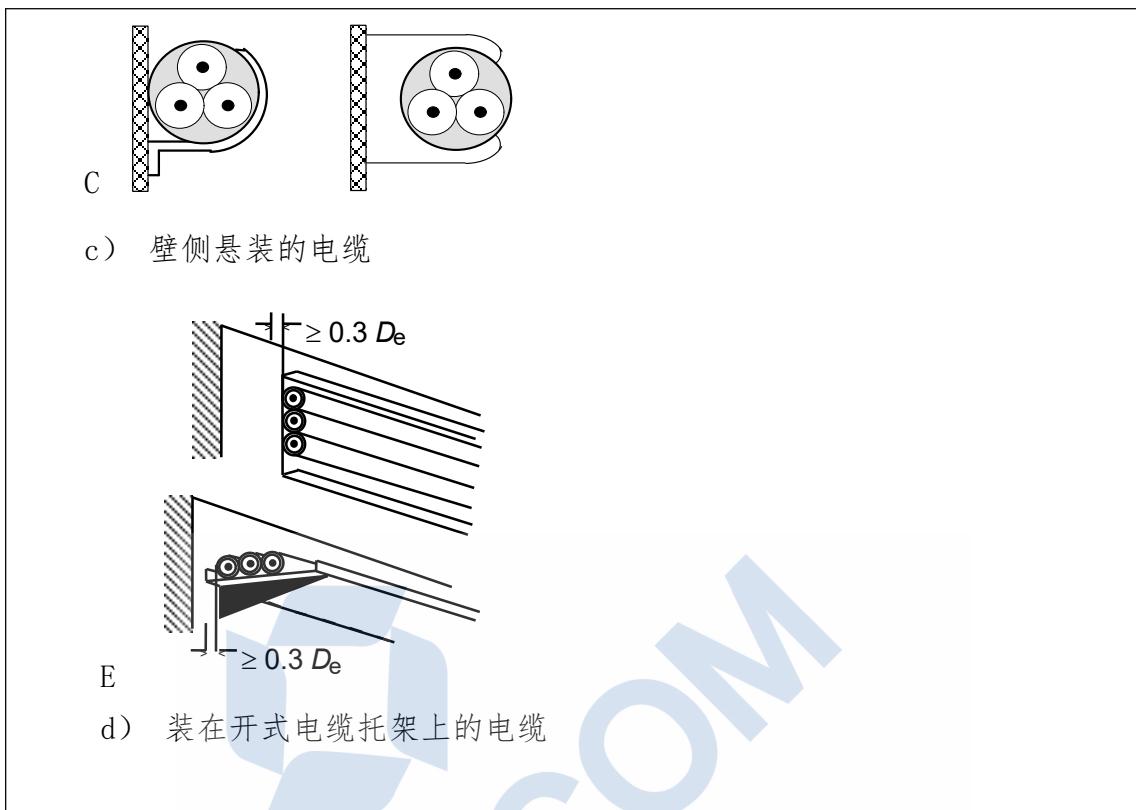


图 19-D.1 不受导线/电缆数量限制的导线和电缆的安装方法

D.2.3 集聚安装

如果安装多条负载电缆/线对，则表 25-6 的载流值 I_Z 或制造厂按表 25-D.2 或表 25-D.3 的值应减额使用。

注： $I_b < 30\% I_Z$ 的电路不需要减额。

表 25-D.2 集聚安装用 I_z 减额系数

安装方法 (见图 19-D.1) (见注 3)	负载电缆/线对数			
	2	4	6	9
B1 (导线或单芯电缆)、B2 (多芯电缆)	0.80	0.65	0.57	0.50
C 单层安装，电缆之间无间隙	0.85	0.75	0.72	0.70
E-单层安装，在一个穿孔托架上，电缆之间无间隙	0.88	0.77	0.73	0.72

E 同上, 但有 2 个~3 个托架垂直放置, 各托架之间相距 300 mm (见注 4)	0.86	0.76	0.71	0.66
控制电路线对 $\leq 0.5 \text{ mm}^2$ (与安装方法无关)	0.76	0.57	0.48	0.40
注 1: 系数适用于: ——电缆, 负载相同, 电路加平衡负载; ——绝缘电线或电缆电路的分组, 允许的最高工作温度相同。				
注 2: 同一系数适用于: ——2 或 3 组单芯电缆; ——多芯电缆。				
注 3: 系数来源于 IEC 60364-5-52:2009。				
注 4: 穿孔电缆托架其孔占基底面积的 30% (来源于 IEC 60364-5-52:2009)。				

表 25-D.3 10mm² 及以下 (含 10mm²) 多芯电缆减额系数

负载导线或线对数	导线 ($> 1 \text{ mm}^2$) (见注 3)	线对 ($0.25 \text{ mm}^2 \sim 0.75 \text{ mm}^2$)
1	—	1.0
3	1.0	—
5	0.75	0.39
7	0.65	0.3
10	0.55	0.29
24	0.40	0.21

注 1: 适用有相等负载导线 / 线对的多芯电缆。

注 2: 对于多芯电缆的集聚安装, 见表 25-D.2 的减额系数。

注 3: 系数来源于 IEC 60364-5-52:2009。

D.2.4 导线分类

导线的分类见表 25-D.4

表 25-D. 4 导线的分类

类别	说 明	用法/用途
1	铜或铝硬线	固定安装
2	铜或铝绞芯线	
5	铜绞合软线	用于有振动机械的安装，连接移动部件
6	铜绞合软线，比 5 类线更软	用于频繁移动

注：来源于 IEC 60228:2004

D. 3 导线与过载保护器间的协调

图 19-D. 2 说明导线参数与过载保护器间参数之间的关系。

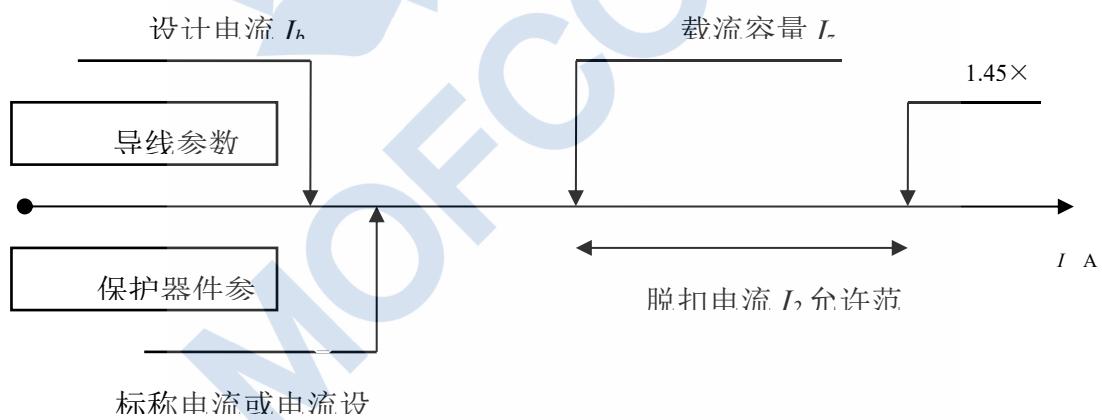


图 19-D. 2 导线和保护器件的参数

电缆的正确保护要求防护电缆过载的保护器件（如过电流保护器件、电动机过载保护器件）满足下列两个条件：

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z$$

式中：

I_b —设计的电路电流，单位为安培 (A)；

I_z —电缆的连续工作有效载流容量，单位为安培 (A)，按照表 25-6 对于特定安装条件：

—温度， I_z 的减额见表 25-D. 1；

—聚集安装 I_z 的减额见表 25-D. 2;

—多芯电缆, I_z 的减额见表 25-D. 3。

I_n —保护器件的标称电流;

注 1: 对于可调整的保护器件, 标称电流 I_n 是选择的电流整定值。

I_2 —在规定的时间范围内 (如 63A 的保护器件为 1h), 保证保护器件有效动作的最小电流。

保证保护器件有效动作的电流 I_2 在产品标准中给出或由制造厂规定。

注 2: 对于电动机回路导线, 用于导线的过载保护, 可由电动机用的过载保护来提供, 而短路保护则由短路保护器件提供。

依照本条用于导线的过载保护, 如果使用了兼有过载和短路两种保护的器件时, 它既不在所有情况 (如过载电流小于 I_2) 下保证完全的保护, 也不一定有经济的效果。因此, 这种器件可能不适合会出现过载电流小于 I_2 的场合。

D. 4 导线过电流保护

所有导线都要求用接入在所有带电导线中的保护器件来防护过电流(见本部分 7.2), 使得在导线达到允许最高温度 (见表 25-D. 5) 之前切断电缆中流动的任何短路电流。

注: 关于中线见 7.2.3 第二段。

表 25-D. 5 正常和短路条件下导线允许的最高温度

绝缘种类	正常条件下导线最高温度 °C	短路条件下导线短时极限温度 °C
聚氯乙烯 (PVC)	70	160
橡胶	60	200
交联聚乙烯 (XLPE)	90	250
丙烯橡胶 (EPR)	90	250
硅橡胶 (SIR)	180	350

注: 当导线短时极限温度高于 200°C 时, 镀锡或裸铜导线均不适合。镀银或镀镍铜导线适合在温度高于 200°C 时使用。

这些值基于短路时间不超过 5 的假定绝热性能。

表 25-D. 5 实际上，当保护器件在电流 I 作用下，在决不超过时间 t 的时间内使电路切断即达到了本部分 7.2 的要求，此处 $t < 5\text{s}$ 。

时间 t 值单位为秒 (s)，应按下式计算：

$$t = (K \cdot S/I)^2$$

式中： S —截面积，单位为平方毫米 (mm^2)；

I —用交流方均根值表达的短路电流，单位为安培 (A)；

K —采用下列绝缘的铜导线的系数：

聚氯乙烯	115
橡胶	141
硅橡胶	132
交联聚乙烯	143
丙烯橡胶	143

D. 5 谐波电流对平衡三相系统的影响

在向单相负载电路馈电的情况下，负载电流包含谐波，电路的中性线可能会有额外负载，会导致电缆载流能力的下降。参照 IEC 60364-5-52:2009 中的附录 E。

附录 E

(资料性附录)

紧急操作功能说明

注：本附录所包含的这些概念是为了便于读者理解这些术语，虽然本部分仅使用其中的两条。

E. 1 紧急操作

紧急操作包括下列单独的或组合的：

- 紧急停止；
- 紧急起动；
- 紧急断开；
- 紧急接通。

E. 2 紧急停止

预期停止要出现的危险过程或运动的紧急操作。

E. 3 紧急起动

预期起动过程或运动以去除或避免危险情况的紧急操作。

E. 4 紧急断开

预期切断设备的全部或部分电源，避免电击危险或其他由电引起的危险的紧急操作。

E. 5 紧急接通

预期接通部分设备的电源，是预期用作紧急情况的紧急操作。

附录 F

(资料性附录)

IEC 60204 本部分使用指南

F. 1 概述

本部分规定的许多通用技术要求，可能适用也可能不适用于特殊机械的电气设备。只是简单的引用而没有任何限定，对于 IEC 60204-1 完整标准是不够的。要使选择的要求能覆盖 IEC 60204 本部分的全部技术要求。技术委员会制定产品系列标准或专用产品标准（欧洲标准化委员会制定的 C 类标准），而没有产品系列标准或专用产品标准的机械，机械制造厂应按下列方式采用本部分：

- a) 直接引用本部分；
- b) 从有关条文给出的技术要求中选择最适用的；
- c) 机械电气设备的特殊要求由其他有关的标准适当覆盖时，如必要，修改某些引用条文。

提供的条文选项及修改不能对按照机械风险评价要求的防护等级有不利的影响。

当应用上述 a)、b) 和 c) 三项原则时，有如下建议：

——引用本部分的有关条文：

- 1) 遵照本部分，指出有关应用选择的出处；
- 2) 专用机械或设备要求修改或扩充的本部分条文。

对于电气设备的要求完全由本部分覆盖时，可直接引用本部分。

能对下列各项进行评价是很重要的：

- 完成所需要的机械风险评价；
- 认真阅读理解本部分的全部要求；
- 从本部分可供选择的方法中选取可应用的技术要求；
- 识别不用于或不包括在本部分中的可供选择的方法或附加的特殊要求，相关要求由机械及其用途决定；
- 明确规定这些特殊要求。

本部分是复杂的文件，表 25-F. 1 有助于识别特殊机械对本部分的应用选择，并给出引用的其他相关标准。

表 25-F. 1 应用选择

类别	条款或子条款	i)	ii)	iii)	iv)
范围	1		X		
基本要求	4	X	X	X	ISO 12100:2010
设备选择	4. 2. 2		X	X	IEC61439 系列
电源切断（隔离）开关	5. 3	X			
例外电路	5. 3. 5	X		X	ISO 12100:2010
防止意外起动，隔离	5. 4, 5. 5 和 5. 6	X	X	X	ISO14118
电击的防护	6	X			IEC 60364-4-41:2005
紧急操作	9. 2. 3. 4	X		X	ISO 13850:2006
双手控制	9. 2. 3. 8	X	X		ISO 13851
无线控制	9. 2. 4	X	X	X	IEC 62745
失效情况的控制功能	9. 4	X	X	X	ISO 12100:2010 ISO 13849（所有部分） IEC 62061

位置传感器	10. 1. 4	X	X	X	ISO 14119
操作者接口装置的颜色和标志 和 10. 4	10. 2, 10. 3 和 10. 4	X	X		IEC 60073 IEC 61310 (所有部分)
急停	9. 2. 2. 4. 2	X			ISO 13850:2006
急停器件	10. 7	X	X		IEC 60947-5-5
紧急断开器件	10. 8	X	X		IEC 60364-5-53:2001
控制设备—防污染保护等	10. 1. 3 和 11. 3	X	X	X	IEC 60529
导线标识	13. 2	X	X		IEC 62491
验证	18	X	X	X	IEC 60364-6
附加的用户要求	附录 B		X	X	
TN 系统的故障防护	附录 A (A. 1)	X			IEC 60364-4-41:2005 IEC 60364-6
TT 系统的故障防护	附录 A (A. 2)	X			IEC 60364-4-41:2005 IEC 60364-6
宜考虑对本部分的条文和子条文起作用的下列有关项目 (用 X 表示) :					
i) 从给出的措施中选择; ii) 附加要求; iii) 不同要求; iv) 其他可能的相关标准。					

附录 G

(资料性附录)

常用导线截面积对照表

表 25-G. 1 提供美国线规 (AWG) 与平方毫米、平方英寸和圆密耳表示的导线截面积对照。

表 25-G. 1 导线尺寸对照表

导线尺寸	线规号	截面积		20°C 时铜导线 的直流电阻	圆密耳
mm ²	(AWG)	mm ²	inches ²	Ohms / km	

0.2		0.196	0.000 304	91.62	387
	24	0.205	0.000 317	87.60	404
0.3		0.283	0.000 438	63.46	558
	22	0.324	0.000 504	55.44	640
0.5		0.500	0.000 775	36.70	987
	20	0.519	0.000 802	34.45	1 020
0.75		0.750	0.001 162	24.80	1 480
	18	0.823	0.001 272	20.95	1 620
1.0		1.000	0.001 550	18.20	1 973
	16	1.31	0.002 026	13.19	2 580
1.5		1.500	0.002 325	12.20	2 960
	14	2.08	0.003 228	8.442	4 110
2.5		2.500	0.003 875	7.56	4 934
	12	3.31	0.005 129	5.315	6 530
4		4.000	0.006 200	4.700	7 894
	10	5.26	0.008 152	3.335	10 380
6		6.000	0.009 300	3.110	11 841
	8	8.37	0.012 967	2.093	16 510
10		10.000	0.001 550	1.840	19 735
	6	13.3	0.020 610	1.320	26 240
16		16.000	0.024 800	1.160	31 576
	4	21.1	0.032 780	0.829 5	41 740
25		25.000	0.038 800	0.734 0	49 338
	2	33.6	0.052 100	0.521 1	66 360
35		35.000	0.054 200	0.529 0	69 073
	1	42.4	0.065 700	0.413 9	83 690
50		47.000	0.072 800	0.391 0	92 756

温度不是 20°C 时，可用下式计算：

$$R = R_1 [1 + 0.00393 (t - 20)]$$

式中：

R_1 —20°C时电阻；

R —温度为 t °C时电阻。

附录 H

(资料性附录)

减少电磁影响的措施

H. 1 定义

下列属于和定义仅适用于本附录。

H. 1. 1 器具 apparatus

已完成的装置或以单一功能单元为商用进行组合，供最终用户和易产生电磁骚扰，或易受这种骚扰影响的性能时使用。

H. 1. 2 固定设施 fixed installation

几种类型的器具和其他装置（适当时）的特定组合，这些特定组合在预定位置装配、安装并预期永久使用。

H. 2 概述

本附录 H 为提高电磁抗扰度和减少电磁骚扰的发射提供建议。

为 EMC（电磁兼容性）的目的，机械的电气设备被认为是器具或固定设施。在电气安全和电磁兼容性导致不同要求的场合，电气安全始终具有较高的优先级。

电磁干扰（EMI）可能骚扰或损害过程监控、控制和自动化系统。由于闪电、开关操作、短路和电磁现象引起的电流可能导致过电压和电磁干扰。

可能发生这些影响的例子：

——在大可导电回路存在的地方；

——在公共线路上安装不同的电气布线系统，例如电源、通信、控制或信号电缆。

运载高电流变化率 (di/dt) 的大电流的电缆会在其他电缆中引起过电压，这可能影响或损害所连接的电气设备。

H. 3 电磁干扰 (EMI) 的抑制

H. 3.1 概述

在电气设备的设计中，为减少电磁对电气设备的影响宜考虑下面所描述的措施。
只宜使用满足适用的 EMC 标准要求，或有关产品标准的 EMC 要求的电气设备。

H. 3.2 减少 EMI 的措施

下列措施减少电磁干扰：

- a) 为改善有关传导电磁现象的电磁兼容性，宜对电磁影响敏感的设备安装浪涌保护装置和/或滤波器；
- b) 电缆可导电护套（例如铠装，屏蔽）宜连接至保护联结电路；
- c) 依照 H. 4，通过选择动力、信号和数据电路的共有路线并保持电路分离，以避免感应回路；
- d) 动力电缆宜与信号或数据电缆保持隔离；
- e) 动力电缆和信号或数据电缆确有必要相互交叉的场合，宜直角交叉；
- f) 为减少感应电流进入保护导体，使用同轴电缆；
- g) 为了电动机和变换器之间的电气连接，使用对称多芯电缆（例如含有单独保护导体的屏蔽电缆）；
- h) 根据制造商说明书的 EMC 要求使用信号和数据电缆；
- i) 使用屏蔽信号或数据电缆时，注意宜减少流过接地的屏蔽信号电缆或数据电缆的电流。可能有必要安装旁路导体，见图 19-H. 1；

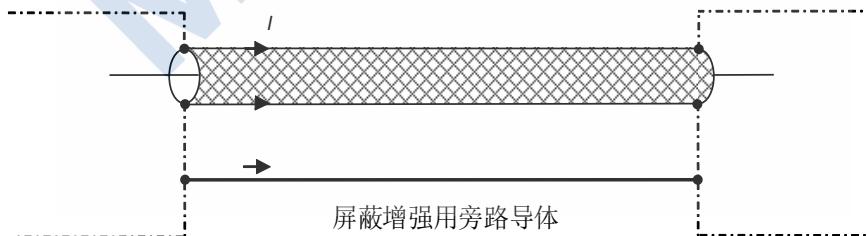


图 19-H. 1 屏蔽增强用旁路导体

注：机械部件的良好等电位联结减少旁路导体的需要。

- j) 布线宜尽可能短，使等电位联结有尽可能低的阻抗，并在适当的场合使用编织线传导更高的频率。
- k) 为了功能的正确性，如果电子设备需要一个接地参考电压，该参考电压由功能接地导体提供，对于工作在高频的设备，该联结应尽可能短。

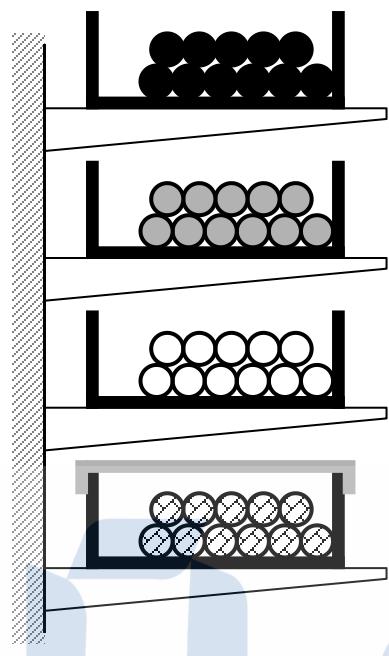
H. 4 电缆分离和隔离

共享同一路线的动力电缆和数据电缆宜按照本附录 H 的要求安装。

没有其他信息可用时，动力电缆和数据电缆之间的分离距离宜符合表 25-H. 1 和图 19-H. 2。

表 25-H. 1 使用金属容器的最小分离距离如图 19-H. 2 所示

有金属容器的分离	A 网格金属容器	B 穿孔金属容器	C 实体金属容器	
	200 mm	150 mm	100 mm	0 mm
屏蔽性能 (DC-100 MHz) 相当于网格尺寸 50 mm 100 mm 的焊接网格钢篮 (不包括梯子)。这种屏蔽性能用钢托盘也能获得，即使壁厚小于 1 mm 和/或均匀分布的穿孔面积大于 20%。				
屏蔽性能 (DC-100 MHz) 相当于至少 1 mm 壁厚、均匀分布的开孔面积不超过 20% 的钢托盘。这种屏蔽性能也实现了动力电缆的屏蔽。				
金属容器内未放电缆部分宜低于金属容器顶部 10mm。				
屏蔽性能 (DC-100 MHz) 相当于至少 1 mm 壁厚的钢导线管。特定的分离由分离/屏蔽措施另外提供。				
表 25-H. 1 指定的最小分离要求适用于相邻电缆托架或电缆通道系统水平或垂直分离。在数据电缆和动力电缆需要交叉且不能保持所要求的最低分离时，那么，对于距离不小于适用的最低分离要求，它们的交叉角度在交叉的任何一方宜保持在 90°。图 25-H. 2 和 25-H. 3 显示分离和隔离的例子。				



距离见表 25-H. 1

● = 电源电缆
○ = 数据电缆

● = 辅助电路
○ = 敏感电路（例如测量）

图 19-H. 2 垂直分离和隔离的例子

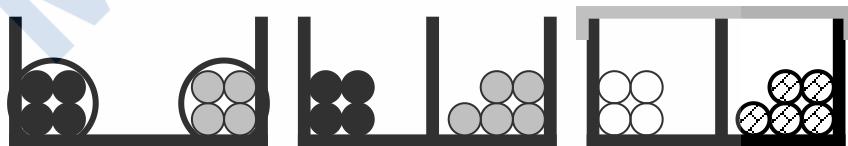


图 19-H. 3 水平分离和隔离的例子

电缆托架或电缆通道系统内的可用空间宜允许安装可接受数量的附加电缆（参见附录 B）。电缆束高度宜低于电缆托架或电缆通道系统的侧壁，如图 19-H. 4 所示。电缆通道系统重叠盖提高电磁兼容性性能。

U型电缆托架，因磁场在两角附近减弱，须优先选择深侧墙。

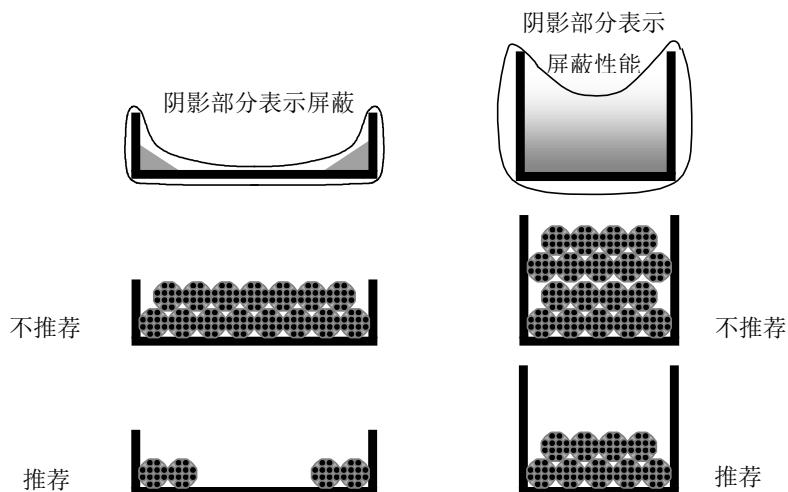


图 19-H.4 金属电缆托架中的电缆排放

旨在提高电磁兼容性的金属电缆托架或电缆通道系统，在其两端应连接到局部等电位联结系统。对于长距离（如大于 50 米），宜将附加连接接至等电位连接系统。至等电位联结系统的所有连接宜有低阻抗。

金属电缆托架或电缆通道系统是由若干元素构建，注意宜确保相邻元素之间的有效联结的连续性。

金属截面的形状宜达到遍及全长屏蔽的连续性。所有的互连宜有低阻抗；见图 19-H.5。

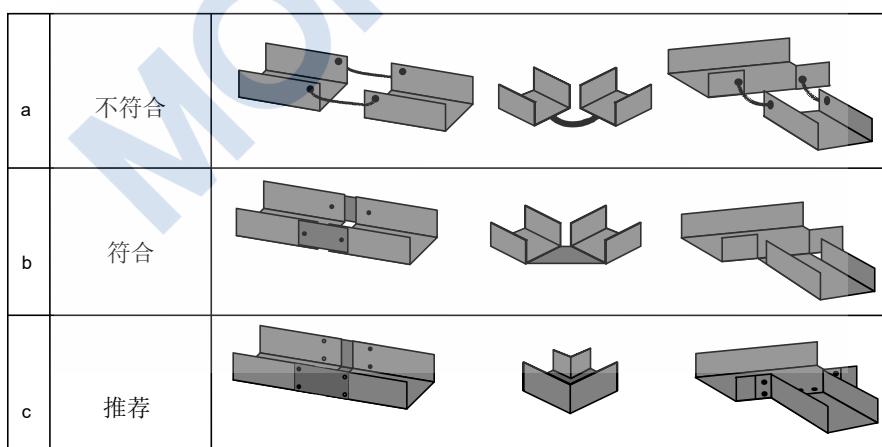


图 19-H.5 金属电缆托架或电缆通道系统之间的连接

金属电缆通道系统采用金属盖子时，优选全长覆盖。如果不可能，连接到电缆托架的盖宜至少在两端短连接小于 10 cm，例如编织带或网状带。

图 25-H.6 显示金属电缆托架穿过装有防火屏障的墙体。要求中断金属电缆托架而穿过建筑结构的场合，在两金属部分之间宜提供低阻抗的互连。关于防火屏障规则优先于 EMC 的考虑。

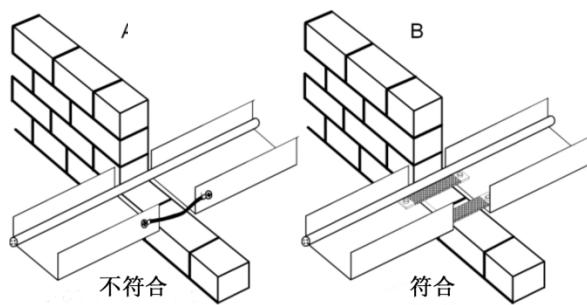


图 19-H. 6 在防火屏障处中断电缆托架

H. 5 并联电源的机械电源

机械用并联电源供电，见 IEC 60364-1。

H. 6 使用电气传动系统（PDS）时的电源阻抗

PDS 接至电源阻抗太高时，可能导致传导发射问题。

附录 I
(资料性附录)
文件 / 信息

适用于文件和信息的标准详见表 25-I. 1。

注：国际标准化文件和信息类的简明定义可在公开可用的数据库 IEC 61355 DB (<http://std.iec.ch/iec61355>) 查询。

表 25-H. 1 用文件和信息的标准对照表

电气设备信息类型	推荐的标准
结构原则	IEC81346-1 工业系统、装置与设备以及工业产品结构原则与参照代号 第 1 部分：基本规则
文件结构	IEC 62023 技术信息与文件的构成
零件清单	IEC62027 明细表的编制
文件清单	IEC62027 明细表的编制
电气设备特性规范	IEC PAS 62569-1 产品信息一般规范 第 1 部分：原则和方法
搬运、运输和存储说明。	IEC 82079 说明书的编制 结构、内容和陈述 - 第 1 部分：一般原则和详细要求
安装，在现场装配，拆卸等用说明书。	IEC 82079 说明书的编制 结构、内容和陈述 - 第 1 部分：一般原则和详细要求
使用说明书	IEC 82079 说明书的编制 结构、内容与表达 - 第 1 部分：一般原则和详细要求
服务和维护说明	IEC 82079 说明书的编制 结构、内容与表达 - 第 1 部分：一般原则和详细要求
参照代号	IEC81346-1 工业系统、装置与设备以及工业产品 结构原则与参照代号 第 1 部分：基本规则 IEC 81346-2 工业系统、装置与设备以及工业产品 结构原则与参照代号 第 2 部分：项目的分类与分类码
端子代号	IEC 61666 工业系统、装置与设备以及工业产品 结构原则与参照代号 - 系统内端子标识
电缆和缆芯的代号	IEC 62491 工业系统、装置与设备以及工业产品 电缆和芯的标签
电路图	IEC 61082-1 电气技术用文件的编制 第 1 部分：规则

设备布局和总体尺寸	IEC 61082-1 电气技术用文件的编制 第 1 部分：规则
互连图，端子表，电缆表，电缆托架布置图	IEC 61082-1 电气技术用文件的编制 第 1 部分：规则
规定时间备件表的编制	IEC 62027 明细表的编制
参数表（例如变流器）	（尚无标准）
工具表	IEC 82079 说明书的编制 - 结构，内容和陈述 - 第 1 部分：一般原则和详细要求
识别系统	IEC 62507-1 实现明确信息交换的识别系统 - 要求 - 第 1 部分：原则和方法
注：对于简单的设备 IEC62023 允许一个单一文件包含所有的信息。	

参考文献

- [1] IEC 60228:2004 电缆的导体
- [2] IEC 60447:2004 人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则
- [3] IEC 60204-11:2000 机械安全 机械电气设备 第11部分：电压高于1000V a.c. 或1500V d.c. 但不超过36kV的高压设备的技术条件
- [4] IEC 60204-31:2013 机械电气安全 机械电气设备 第31部分：缝纫机、缝制单元和缝制系统的特殊安全和EMC要求
- [5] IEC 60204-32:2008 机械电气安全 机械电气设备 第32部分：起重机械技术条件
- [6] IEC 60204-33:2009 机械电气安全 机械电气设备 第33部分：半导体设备技术条件
- [7] IEC 60269-1:2009 低压熔断器 第1部分：基本要求

- [8] IEC 60909-0:2001 三相交流系统短路电流计算 第1部分：电流计算
- [9] ISO 12100:2010 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- [10] ISO 14122-1:2001 机械安全 进入机械的固定设施 第1部分：进入两级平面之间的固定设施的选择
- [11] ISO 14122-2:2001 机械安全 进入机械的固定设施 第2部分：工作平台和通道
- [12] ISO 14122-3:2001 机械安全 进入机械的固定设施 第3部分：楼梯、阶梯和护栏
- [13] IEC 61643-12:2008 低电压电涌保护器（SPD） 第12部分：低压配电系统的电涌保护器 选择和使用导则
- [14] IEC 62305-1:2010 雷电防护 第1部分：总则
- [15] IEC 62305-4:2010 雷电防护 第4部分：建筑物内电气和电子系统
- [16] IEC/TR 61912-1:2007 低压开关设备和控制设备 过电流保护电器 第1部分：短路定额的应用
- [17] IEC 60034-5 Rotating electrical machines - Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) - Classification
- [18] IEC 60034-11 Rotating electrical machines - Part 11: Thermal protection
- [19] IEC 60038:2009 IEC standard voltages
- [20] IEC 60050 International Electrotechnical Vocabulary (available at <<http://www.electropedia.org>>)
- [21] IEC 60073:2002 Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification - Coding principles for indicators and actuators
- [22] IEC 60085 Electrical insulation - Thermal evaluation and designation
- [23] IEC 60216 (all parts) Electrical insulating materials - Thermal endurance properties

- [24] IEC 60287 (all parts) Electric cables - Calculation of the current rating
- [25] IEC 60320-1 Appliance couplers for household and similar general purposes - Part 1: General requirements
- [26] IEC 60332 (all parts) Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions
- [27] IEC 60335 (all parts) Household and similar electrical appliances - Safety
- [28] IEC 60364 (all parts) Low-voltage electrical installations
- [29] IEC TR 60755 General requirements for residual current operated protective devices
- [30] IEC 60757:1983 Code for designation of colours
- [31] IEC TR 60890 A method of temperature-rise verification of low-voltage switchgear and controlgear assemblies by calculation
- [32] IEC TR 60909-1:2002 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0
- [33] IEC 60947-1:2007 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 1: General rules
- [34] IEC 60947-4-1 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 4-1: Contactors and motorstarters Electromechanical contactors and motor-starters
- [35] IEC 60947-5-2:2007 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 5-2: Control circuit devices and switching elements - Proximity switches
- [36] IEC 60947-5-8 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 5-8: Control circuit devices and switching elements - Three-position enabling switches
- [37] IEC 60947-7-1:2009 Low-voltage switchgear and controlgear -

- Part 7-1: Ancillary equipment - Terminal blocks for copper conductors
- [38] IEC 61000-5-2:1997 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5: Installation and mitigation guidelines - Section 2: Earthing and cabling
- [39] IEC 61000-6-1:2005, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards: Immunity for residential, commercial and light-industrial environments
- [40] IEC 61000-6-2:2005 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments
- [41] IEC 61000-6-3:2006 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments
- [42] IEC 61000-6-4:1997 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6: Generic standards - Section 4: Emission standard for industrial environments
- [43] IEC 61082-1:2014 Preparation of documents used in electrotechnology - Part 1: Rules
- [44] IEC 61084 (all parts) Cable trunking and ducting systems for electrical installations
- [45] IEC 61175 Industrial systems, installations and equipment and industrial products - Designation of signals
- [46] IEC 61180 (all parts) High-voltage test techniques for low-voltage equipment
- [47] IEC TR 61200-53:1994 Electrical installation guide - Part 53: Selection and erection of electrical equipment - Switchgear and controlgear
- [48] IEC 61355 Collection of standardized and established document kinds (available at <http://std.iec.ch/iec61355>)

- [49] IEC 61496-1:2004 Safety of machinery - Electro-sensitive protective equipment - Part 1:General requirements and tests
- [50] IEC 61506 Industrial-process measurement and control - Documentation of application software
- [51] IEC 61557 (all parts) Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a. c. and 1500 V d. c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures
- [52] IEC 61558-2-2 Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products - Part 2-2: Particular requirements and tests for control transformers and power supplies incorporating control transformers
- [53] IEC 61558-2-16 Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V - Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units
- [54] IEC 61666 Industrial systems, installations and equipment and industrial products - Identification of terminals within a system
- [55] IEC 61800 (all parts) Adjustable speed electrical power drive systems
- [56] IEC 62020 Electrical accessories - Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)
- [57] IEC 62027:2011 Preparation of object lists, including parts lists
- [58] IEC 62491 Industrial systems, installations and equipment and industrial products - Labelling of cables and cores
- [59] IEC 62507-1 Identification systems enabling unambiguous information interchange - Requirements - Part 1: Principles and methods
- [60] IEC 627452 Safety of machinery - Requirements for the interfacing of cableless controllers to machinery

- [61] IEC PAS 62569-1 Generic specification of information on products
 - Part 1: Principles and methods
- [62] IEC 81346-1:2009 Industrial systems, installations and equipment and industrial products - Structuring principles and reference designations - Part 1: Basic rules
- [63] IEC 81346-2:2009 Industrial systems, installations and equipment and industrial products - Structuring principles and reference designations - Part 2: Classification of objects and codes for classes
- [64] IEC 82079-1:2012 Preparation of instructions for use - Structuring, content and presentation - Part 1: General principles and detailed requirements
- [65] IEC Guide 106:1996 Guide for specifying environmental conditions for equipment performance rating
- [66] ISO 3864-1:2011 Graphical symbols - Safety colours and safety signs - Part 1: Design principles for safety signs and safety markings
- [67] ISO 7000:2014 Graphical symbols for use on equipment - Registered symbols
- [68] ISO 13732-1 Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 1: Hot surfaces
- [69] ISO 13851:2002 Safety of machinery - Two-hand control devices - Functional aspects and design principles
- [70] ISO 14118:2000 Safety of machinery - Prevention of unexpected start-up
- [71] CENELEC HD 516 S2, Guide to use of low-voltage harmonized cables
- [72] EN 50160:2010 Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks, EN 50160:2010/AMD1:2015

[73] UL 508A UL Standard for Safety for Industrial Control Panels, second Edition, 2013 revised 2014.

[74] NFPA 79 Electrical Standard for Industrial Machinery, 2015 edition

2.4.2 数控车床安全检验的要求

数控车床安全检验的要求见表 26。

表 26 数控车床与车削中心的安全检验要求

ISO23125: 2015

机床-安全-车床

1 范围

本标准规定了在下列各类设计的切削使金属成形的车床和车削中心怎样消除危险或减小风险的要求和方法。

- 1类：手动控制车床没有数控功能。
- 2类：手动控制车床具有限数控功能。
- 3类：数控车床和车削中心。
- 4类：单轴或多轴自动车床。

注1 机床分类更详细信息见3.4中定义和3.3中标准配置和选择性操作模式。

注2 本标准的要求一般适用于所有各类车床。如某些要求只适用于某类车床，那么应明确指出是那类车床。

注3 来自其它金属切削过程（如，磨削和激光加工）产生的危险在其它国际标准中详细说明（见参考文献）。

本标准中第4章列出较大的危险因素，这些同样适用于辅助设备（如，工件，刀具和工件夹紧装置，装卸设备和排屑装置），它们也是机床整体的一部分。

本标准同样适用于集成到自动生产线的机床或车削单元，因为在此状况下出现的危险及风险与那些独立状态的机床没有区别。

本标准是制造商向用户提供必不可少关于安全方面信息。见ISO12100: 2010, 图2, 用图解方式说明制造商和用户之间关于操作安全的责任。

用户的职责是发现某些危险（如，火灾和爆炸）和尽量减少与之相关的临界风险因素（如，集中控制吸排装置是否工作正常）。

涉及其它加工（铣，磨等）的地方，本标准仅涉及一些安全要求基础性内容；更详细内容见参考文献。

适用于本标准发布日期之后生产的机床。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

ISO 230-5:2000 机床检验通则 第 5 部分：噪声发射的评定

ISO 447:1984 机床—控制装置的操作方向

ISO 702(全部) 机床—主轴端部与卡盘连接尺寸

ISO 841:2001 工业自动化系统与集成—机床数控控制—坐标系运动命名

ISO 3744:2010 声学—声压法测定噪声源声功率级和声能级—一个反射面上方近似自由场中的工程法

ISO 3746:2010 声学—声压法测定噪声源声功率级和声能级—反射面上方采用包络测量表面的测量方法

ISO 4413:2010 液压传动—系统及其部件的一般规则和安全要求

ISO 4414:2010 气压传动—系统及其部件的一般规则和安全要求

ISO 4871:1996 声学—机械与设备噪声值验证与说明

ISO 6385:2004 工作系统设计的人类工效学原则

ISO 8525:2008 机床空气中传播的噪声—金属切削机床操作条件

ISO 9241(全部) 人类系统交互的人机工程学

ISO 9355-1 显示和控制致动器设计的人机工程学要求—第1部分：显示和控制致动器人机交互

ISO 9355-2 显示和控制致动器设计的人机工程学要求—第2部分：显示

ISO 9355-3 显示和控制致动器设计的人机工程学要求—第3部分：控制致动器

ISO 10218-2: 2011 机器人与机器人设备—工业机器人的安全要求—第2部分：机器人系统与集成

ISO 11161: 2007+Amd. 1: 2010 机械安全—集成制造系统—基本要求

ISO 11202: 2010 声学—机械和设备发出的噪声—考虑大致环境校正的工作站和其它特定位置发射声压级的测定

ISO 11204: 2010 声学—机械和设备发出的噪声—采用准确环境校正的工作站和其它特定位置发射声压级的测定

ISO 11228(全部) 人机工程学—人工搬运

ISO/TR11688-1:1995 声学—低噪声机器和设备设计,推荐指南—第1部分:规划
ISO 12100: 2010 机械安全—设计通则—风险评估与风险降低
ISO 13849-1: 2006 机械安全—控制系统的安全相关部件—第1部分: 设计一般原理
ISO 13849-2: 2003 机械安全—控制系统的安全相关部件—第2部分: 确认
ISO 13850: 2006 机械安全—急停—设计原理
ISO 13851: 2002 机械安全—双手操纵设备—功能状况与设计原则
ISO 13854: 1996 机械安全—避免人体部分挤压的最小间距
ISO 13855: 2010 机械安全—保护设备相对于人体部位接近速度的定位
ISO 13856-2: 2005 机械安全—压敏保护装置—第2部分: 设计和测试压敏边缘和压敏条一般原则
ISO 13856-3: 2013 机械安全—压敏保护装置—第3部分: 设计和测试压敏挡板, 盘, 线和类似的设备一般原则
ISO 13857: 2008 机械安全—防止上下肢触及危险区域的安全距离
ISO 14118: 2000 机械安全—防止意外起动
ISO 14119: 2013 机械安全—带联锁设备的防护装置—设计和选择原则
ISO 14120: 2002 机械安全—防护—固定和移动护板的设计和制造通用要求
ISO 14122-1: 2001 机械安全—接近机械的固定方式—第1部分: 两层间通道的固定方式的选择
ISO 14122-2: 2001 机械安全—接近机械的固定方式—第2部分: 工作平台和通道
ISO 14122-3: 2001 机械安全—接近机械的固定方式—第3部分: 楼梯、梯子和护栏
ISO 14122-4: 2001 机械安全—接近机械的固定方式—第4部分: 固定梯子
ISO 14159: 2002 机械安全—机械设计保健要求
ISO 15534-1: 2000 机械安全—机械安全人机工效学设计—第1部分: 人体进入机械入孔开口的尺寸测定原则
ISO 15534-2: 2000 机械安全—机械安全人机工效学设计—第2部分: 进入入孔开口所要求的尺寸测定原则
ISO 16156: 2004 机床安全—工件卡盘的设计和制造的安全要求
IEC 60204-1:2009, 机械安全—机器电气设备—第1部分: 一般要求
IEC 60529, 机壳提供的防护等级 (IP代码)
IEC 60825-1:2007 激光产品的安全—第1部分: 设备分类和要求

IEC 61000-6-2:2005 电磁兼容性(EMC)—第6-2部分:通用标准—工业环境的抗扰性

IEC 61000-6-4:2011 电磁兼容性(EMC)—第6-4部分:通用标准—工业环境用发射标准

IEC 61800-5-2:2007 可调速的电动设备—第5-2部分—安全要求—功能

EN 954-1:1996 机械安全—与安全有关的控制系统部件—第1部分:一般设计原则

EN 1837:1999+A1:2009 机械安全—. 机械的整体照明

3 术语和定义

ISO12100:2010, ISO13849-1:2006, 与EN954-1:1996及下列应用给出的术语和定义均适用于本标准。

3.1 一般术语

3.1.1 车床

工件相对于静止的刀具旋转为基本运动的机床。

3.1.2 手动控制

机床的每一个运动都是由操作者来发动和控制的操作模式。

3.1.3 手动控制车床

车床加工的每一个工步都是由操作者来控制和发动的，没有执行数控(NC)程序。

3.1.4 数字控制(NC)

计算机数字控制(CNC)

设备采用数字输入使操作进行中加工过程自动控制。

(源自: ISO2806:1994, 2. 1. 1)

3.1.5 数控车床

NC车床

车床运行在数字控制下(3.1.4)或计算机数字控制(CNC)下。

3.1.6

车削中心

数控车床(3.1.5)配备动力刀具并能够使其工件主轴围绕本身轴线定向。

注1：车削中心完功能不限于此，同样可以完成如测量，抛光，车螺纹，镗削，铣削，磨削和钻削。

注2：如涉及磨削过程，补充的安全要求见EN13218。

3.1.7

工作区域

发生金属切削的空间。

3.1.8

性能等级

PL

在可预见条件下确定控制系统相关安全部件完成安全功能不同能力规定不同水平。

(源自：ISO13849-1:2006, 3.1.23)

3.1.9

平均危险故障时间

MTTF_d

预期的危险故障平均时间。

(源自：ISO13849-1:2006, 3.1.25)

3.1.10

等级

控制系统相关安全部件就预防故障和在发生故障下出现的情况而言进行的分类，分类主要是按部件的结构布局和/或它们的可靠性确定。

(源自：EN954-1:1996, 3.2)

3.2 关于车床部件的术语

3.2.1

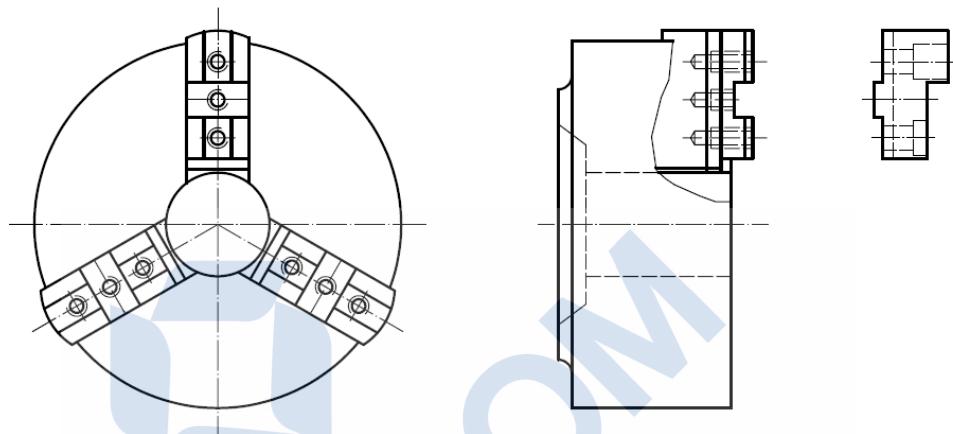
可视屏

防护罩上留出的窗口，操作者通过此窗口可观察工作区域(3.1.7)或机床其它区域。

3.2.2 卡盘

通过手动、气动、液压或电动夹紧工件的夹紧装置。

注1：见图1



注：三爪卡盘仅仅是举例，卡盘可以有二、三、四或六爪。

图 1—卡盘

3.2.3

夹头

将棒料夹持在车削主轴内的设备，如通过压力杆或拉杆。

注2：见图2

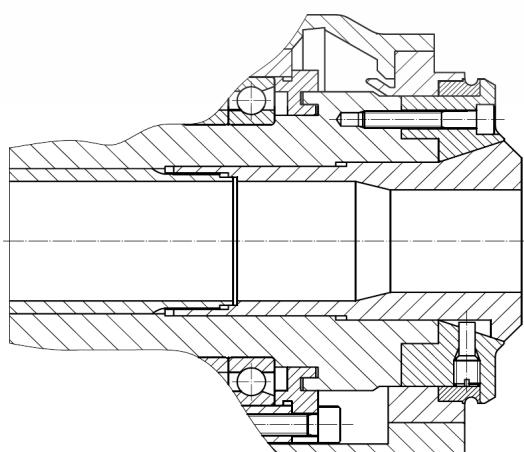


图 2—夹头

3.2.4

电子手轮

转动手轮使脉冲发生器产生脉冲信号输入到数控系统(3.1.4),起动和保持机床轴线运动的手动操控设备。

3.3 与操作模式有关的术语—车床标准配置和选择性配置的操作模式

注 表1给出各类车床应具备标准配置,选择性配置和不允许的操作模式概述。

表1—各类车床的操作模式概述

操作模式	车 床			
	1类: 手动控制车床 没有数控功能	2类: 手动控制车床 具有限数控功 能	3类: 数控车床和车 削中心	4类: 单轴或多轴自 动车床
模式0 手动模式	标准配置	标准配置	选择性配置	不允许
模式1 自动模式	不允许	标准配置 限于模式1	标准配置	标准配置
模式2 ^a 设定模式	不允许	选择性配置	标准配置	标准配置
维修模式 ^a	不允许	选择性配置	选择性配置	选择性配置

a 这些模式采用按键保护,仅限经过培训和有资质人员使用(见6.2.1)。对于车床来讲为便于操作,应提供不同的按键开关(或其它适当的接近方式)。

如:

- 键1: 为设定人员使用的设定模式(和自动模式);
- 键2: 为有资质人员使用的CNC编程模式和CNC参数修改(见5.8b)2);

—— 键 3：为维修人员使用的维修模式。

注：大多数情况下，按键开关 1（设定模式）和按键开关 2（CNC 编程使用）可以是相同的。

3.3.1

模式 0：手动模式

操作者操作机床没有使用数控功能或机床轴线的非自动模式，操作者进行加工也没有事先进行编程。

3.3.2

模式 1：自动模式

手动或自动使用设备完成机床装载/卸载工件和刀具的自动，编程，顺序操作，直至通过编程或操作者停止机床。

3.3.3

模式 2：设定模式

为操作者后续的加工过程顺利完成所进行调整的操作模式。

注 1：刀具检查或工件定位（例如，用测头或刀具触碰工件）是设定模式的过程（见 5.2.4.4）。

3.3.4

维修模式

服务和维修模式，如，使用激光对坐标轴校准，检验球棒试验和主轴误差分析。

注 1：在维修模式，不允许加工工件（见 5.2.4.5）。

3.4 与车床分类与大小有关的术语

注：考虑相关的危险，车床分为 4 个不同的类型。类型 1，类型 2 和类型 3 车床又可分为“小型”或“大型”。见表 2 概述

表 2—车床类型与大小概述

类型	分类名称	定义分类	按大小划分	按大小划分所
----	------	------	-------	--------

		所在章条		在章条
类型 1	手动控制车床没有数控功能	3. 4. 3	小 大	3. 4. 1 3. 4. 2
类型 2	手动控制车床具有限数控功能	3. 4. 4	小 大	3. 4. 1 3. 4. 2
类型 3	数控车床和车削中心	3. 4. 5	小 大	3. 4. 1 3. 4. 2
类型 4	单轴或多轴自动车床	3. 4. 6	未划分	—

3. 4. 1

小型车床

小型车床主要参数规定如下：

——卧式车床和车削中心，顶尖距 (BC) 小于等于 2000mm，最大夹紧装置外径小于等于 500mm；

——立式车床，倒置立式车床包括轻型车床和车削中心，最大夹紧装置外径小于等于 500mm。

3. 4. 2

大型车床

大型车床主要参数规定如下：

——卧式车床和车削中心，顶尖距超过 2000mm，最大夹紧装置外径大于 500mm；

——立式车床，倒置立式车床包括轻型车床和车削中心，最大夹紧装置外径大于 500mm。

3. 4. 3

类型 1：手动控制车床没有数控功能

车床，起动和控制所有运动都靠操作者完成，每次进行一个操作。

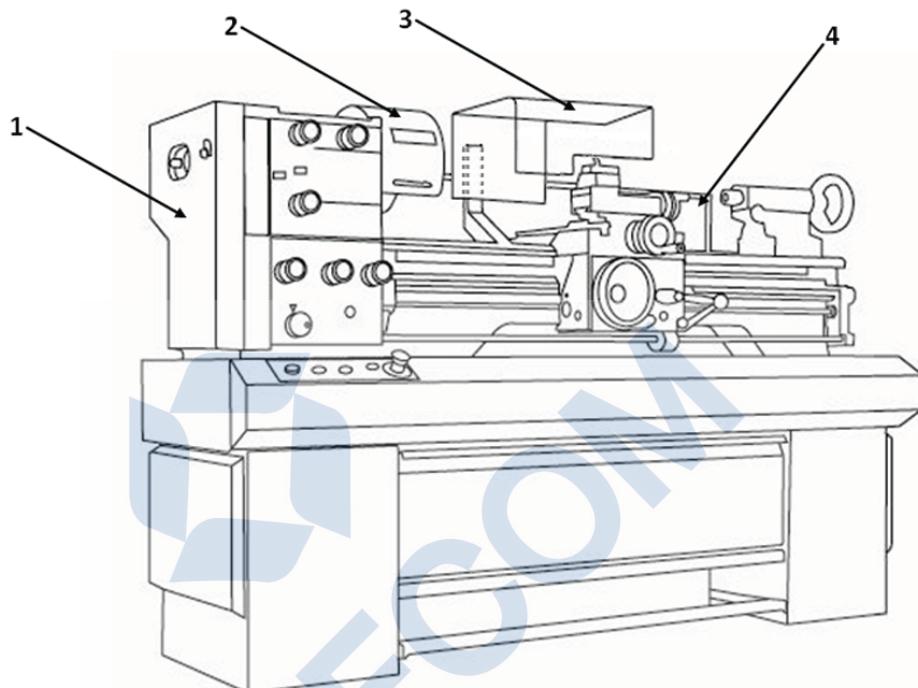
注 1：这类车床具备以下特性：

——便于机械进给或螺纹切削；

——恒切向进给速度 (CSS)；

- 仿形功能附件（凸轮，模板等）；
- 但没有限位或没有任何数控系统（NC）。

这类车床具备的标准配置和选择性操作模式见表 1。



说明：

- | | |
|------------------|---------------------------|
| 1 主轴后端防护
(溜板) | 3 前切屑/飞溅防护
(安装在
溜板) |
| 2 卡盘防护 | 4 后切屑/飞溅防护 |

图 3—类型 1: 手动控制, 卧式车床示例

3. 4. 4

类型 2：手动控制车床配有限数控功能

用电子手轮可以像类型 1 车床操作此类车床或在 NC 面板利用有限的数控功能操作控制此类车床。

注 1：此类车床具备部分或全部类型 1 车床的特性（手动控制车床没有数控装置）外，并具备如下特性：

- 有限的数控功能（NC）；
- 恒线速切削（CSS）；
- 轴线插补（如，仿形/预定轮廓切削）；

——螺纹切削程序。

但不具备如下特性：

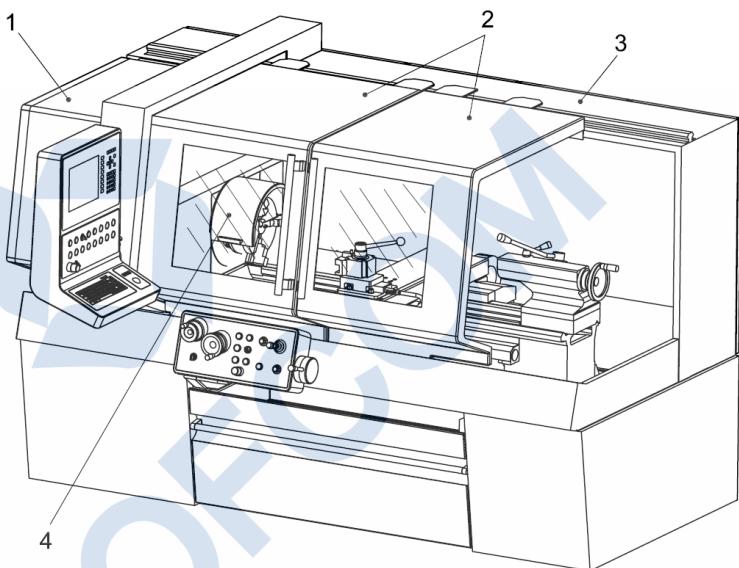
——自动程序起动；

——自动刀具交换，刀架分度或尾座套筒伸出或快速退回；

——轴线无限速快进；

——自动工件交换或棒料进给系统。

此类车床具备的标准配置和选择性操作模式见表 1。



说明：

1 主轴后端防护

3 后防护

2 前防护

4 卡盘防护

注：2 和 3 组成局部封闭防护

图 4—类型 2：手动控制车床配有限数控功能示例

3.4.5

类型 3：数控车床和车削中心

数控 (NC) 车床具有自动功能。

注 1：此类车床具备部分或全部以下特性：

——数控 (NC) 系统；

——自动工件交换或棒料进给系统；

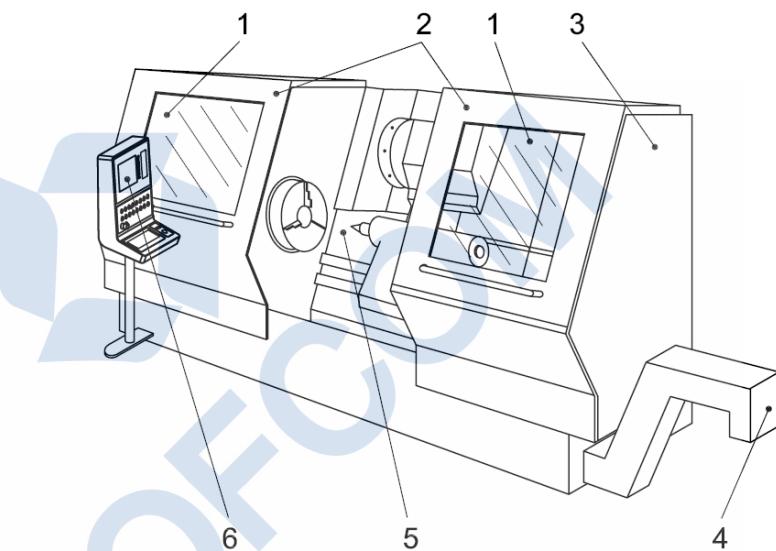
——自动刀库，刀具传动与刀具交换系统；

——自动刀盘分度或尾座套筒伸出或退回；

- 第二工件副主轴；
- 双工件主轴；
- 其它切削方式（如，铣削，磨削，钻削）；
- 辅助装卸设备。

但此类车床不提供使工件主轴从一个工位到另一个工位的转动工件主轴驱动装置。

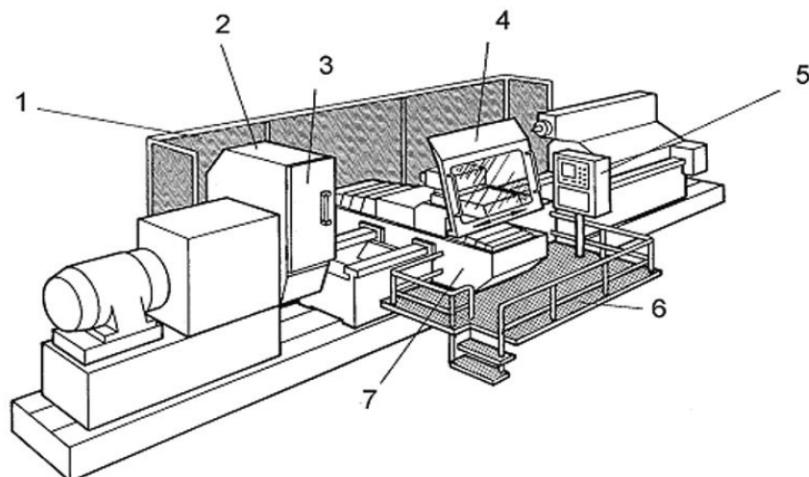
此类车床具备的标准配置和选择性操作模式见表 1。



说明：

- | | |
|-----------|---------|
| 1 可视防护窗 | 4 排屑器 |
| 2 可移动联锁防护 | 5 加工区域 |
| 3 全封闭防护 | 6 主操作面板 |

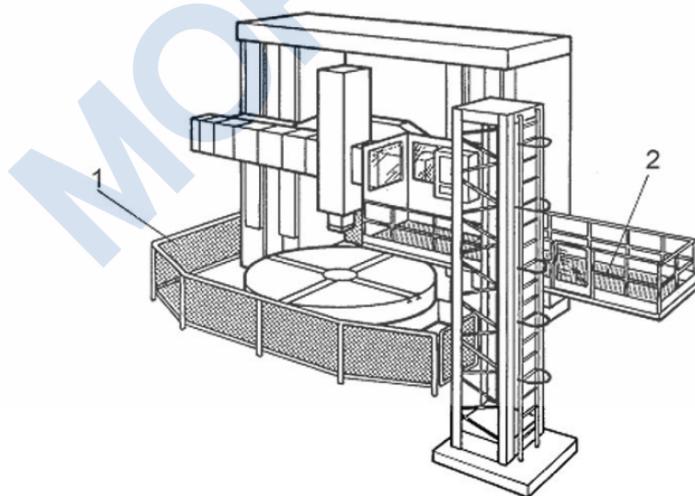
图 5—类型 3：小型卧式数控车床示例



说明:

- 1 后防护
- 2 卡盘防护
- 3 调整门
- 4 前防护
- 5 主操作面板
- 6 操作平台
- 7 滑鞍

图 6—类型 3: 大型卧式数控车床示例



说明:

- 1 环形护栏
- 2 操作平台

图 7—类型 3: 配有操作平台的大型立式数控车床示例

3. 4. 6

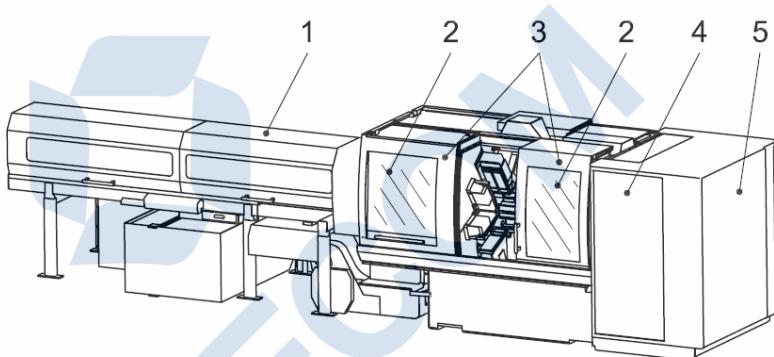
类型 4: 单轴或多轴自动车床

卧式或立式车床，按照 NC 和/或机械（例如，通过凸轮，模板）预先编制的程序完成固定的加工循环，用于工件的批量加工。

注 1：此类车床具备部分或全部以下特性：

- 主轴驱动盘装有二个或更多工件主轴，装有动力驱动卡盘或夹头；
- 附加特性如，动力驱动刀具或 1 个或更多辅助/副主轴；
- 驱动工件主轴，刀具主轴和辅助/副主轴可以集中驱动和/或独立驱动。但此类车床不提供手动操作卡盘。

此类车床具备的标准配置和选择性操作模式见表 1。



说明：

- 1 棒料进给防护
- 2 观察窗
- 3 可移动联锁防护
- 4 主操作面板
- 5 全封闭防护

图 8—类型 4：配有副主轴驱动盘的多轴 NC 棒料自动车床示例

3.5 与主轴最高允许转速和轴进给速度有关的术语

3.5.1 最高主轴转速

规定的工件主轴或刀具主轴最高允许转速，机床制造商作为机床的主要参数。

3.5.2 工件夹持装置最高转速

工件夹持设备制造商规定的工件夹持设备最高允许转速。

3.5.3 工件夹持主轴最高转速

主轴夹持工件时最高允许转速，它取决于夹持条件，尺寸大小，质量，实际

工件的平衡状态以及刀具允许的加工速度。

注 1：主轴最高允许转速取决于机床制造商给出的结构限制，主轴或夹紧装置，和尺寸大小，质量，机床安装者对实际工件安装得平衡与否，会随着用户的情况变化。

3.5.4 调试模式下降低主轴转速

在调试状态下主轴最高允许转速。

注 1：在调试状态下主轴限速出于安全考虑（见 5.2.4.4）。

3.5.5 最大进给速度

规定轴线运动的最高允许速度，机床制造商作为机床的主要参数。

注 1：轴线运动的最高允许速率取决于机床制造商给出的结构限制。

3.5.6 调试模式下降低坐标轴速度

在调试状态下轴线最高允许速度。

注 1：在调试状态下坐标轴限速出于安全考虑（见 5.2.4.4）。

4 危险因素汇总

4.1 总则

车床制造商应做出符合 ISO12100:2010 的风险评估。表 3 中的风险和风险状况列表是情况分析及按 ISO12100:2010 第 5 章和 ISO12100:2010 第 5.4 条做出的风险评估确定的安全隐患，车床应遵守本国际标准。第 5 和 6 章的安全要求和/或防护措施都在风险评估基础上做出，目的在于尽量消除风险或减少风险产生的机会。

风险评估预测从全方位考虑，包括意外起动。对于操作者及可能接近危险区域的其他人所产生的风险准确判断，考虑在机床工作周期的任何时间段都有可能产生风险（如，试运行，调试，生产，维护，修理及维修后再次试运行）。操作失误产生的风险分析也在评估范围内。

此外，本国际标准的用户（例如，设计者，制造商和供货商）应确信，通过风险评估，完成风险评估对于机床格外注意以下：

- a) 这台机床的用途，包括维护、设置和清理和合理可预见的误用（见 ISO12100: 2010, 3.23 和 3.24）及
- b) 识别与机床相关的重大危害。

4.2 主要危险区域

主要危险区域如下：

- a) 移动主轴，夹紧部件，如卡盘和夹头，装有刀具的溜板，刀盘，仿形单元，固定中心架，尾座，分度主轴转盘，工件，碎片与切屑处理设备（如配有的话）所在的工作区域；
- b) 工件装载/卸载设备，包括棒料进给器；
- c) 外部刀库和机械手；
- d) 切屑排出区域；
- e) 齿轮箱；
- f) 主轴后端；
- g) 凸轮机械；
- h) 丝杠（类型 1：手动机床没有数控功能）；
- i) 进给螺杆（类型 1：手动机床没有数控功能）；
- j) 滚珠丝杠（类型 2, 3 和 4：手动机床配有数控功能，数控车床和车削中心，自动车床）；
- k) 线性驱动。

4.3 本国际标准涉及的重大危险与危险情况

本国际标准涉及的重大危险列于表 3。尤其注意危险产生来自以下方面：

- a) 刀具的甩出、卡盘爪、夹紧装置，工件或工件的一部分，包括碎片和切屑（见表 3, B.1）；
- b) 缠绕或卷入机床运动部分，尤其卡盘，动力驱动分度主轴转盘，动力刀具，工件（见表 3, A.4）和毛坯件和从主轴后端伸出的棒料；
- c) 与机床运动部件的接触，包括机床运动部件与固定/运动部件的切削和碰撞。
- d) 滑倒，绊倒和跌落；
- e) 火灾和爆炸。

表 3—危险综述参考 B-标准

序号 ^a	危险，危险情况和危险事件	针对车床的情况	ISO12100 : 2010	相关 B-标准 ^b	本标准的相关章条
-----------------	--------------	---------	-----------------	----------------------	----------

B .1	1 机械危险				
—	加速, 减速(动能)				5. 2. 1. 1 g) 5. 2. 3 a) 4) ii)
—	带角部件				5. 1. 2, 5
—	运动部件趋近固定部件				IS06385 IS01385 5. 1. 2 5. 2
—	切削部件, 锐边: 挤压和剪切				1 IS01385 4 IS01385 5. 1. 2 5. 2
—	弹性部件 高压: 流体射入或射出 真空, 重力(储存的能量) 高压 距地面高度	积累在机床内的能量卸荷	6. 2. 2. 1	IS01385	5. 2. 4. 5 b) 1) iii)
			6. 2. 2. 2	6-2	5. 2. 4. 4 a) 1)
			6. 2. 3 a)	IS01385	5. 2. 4. 4 c) 6)
			6. 2. 3 b)	6-3	5. 2. 4. 4 b)
			6. 2. 6	IS01385	5. 2. 4. 3 a) 3)
			6. 2. 10	7	5. 2. 4. 4 1 c)
			6. 3. 1	IS01411	5. 2. 4. 5 a) 3)
			6. 3. 2	8	5. 2. 4. 4. 1 iv)
			6. 3. 3	IS01411	5. 8 e) 1) 5. 8 h)
			6. 3. 5. 2	9	4) 5. 10 d)
			6. 3. 5. 4	IS01412	5. 2. 3
			6. 3. 5. 5	0	5. 1. 2 5. 2
			6. 3. 5. 6	IS01412	5. 1. 2 5. 2
			6. 4. 1	2-1	5. 2. 3
			6. 4. 3	IS01412	5. 2. 4. 4. 1 iv)
			6. 4. 4	2-2	5. 2. 4. 4. 1 4) 5. 10 d)
			6. 4. 5	IS01412	5. 1. 2 5. 2
—	落体	工件下落			5. 15
—	移动部件: 缠绕				
—	旋转部件: 缠绕				
—	粗糙, 光滑的表面: 人员滑倒, 绊倒和跌落(相对于机械)	金属切削流体(金属切削液)喷射或泄漏, 润滑液或液压流体; 在			

		调试和加工模式，人员接近大型机床工作位置时，落在人员身上。			
—	锐边			5. 1. 2	
—	稳定性	稳定性丧失		5. 14	
B . 3	装配和安装误差拟合	刀具工件夹紧期间发生变化	5. 5. 2. 2、 6. 4. 1. 3 6. 4. 5. 1	5. 1. 2 6. 2. 1 到 6. 2. 3 6. 2. 9	

表 3 (续)

序号 ^a	危险, 危险情况和危险事件	针对车床的情况	IS012100: 2010	相关 B- 标准 ^b	本标准的相关章条
—	操作	停止后重新起动/中断	5. 5. 2. 2 6. 2. 11. 4 6. 2. 11. 5	IS04413 IS04414 IS01411 IS06020 4-1	5. 10
—	故障检索和故障排除	隔离和能量卸荷	6. 2. 10	IS04413 IS04414 IS01411 IEC6020 4-1	5. 8 h)
B . 4	坠落或物体甩出	加工时, 棒料进给, 工件夹紧和冷却 (工件, 刀具部分, 切屑)	6. 2. 3 , 6. 2. 5 6. 2. 10 至 6. 2. 12 6. 3. 2. 1 6. 3. 2. 2 6. 3. 2. 7 6. 3. 3 ,	IS04413 IS04414 IS01412 0	5. 1. 3 附录 A 附录 B 附录 C

			6.3.5.2 6.3.5.4、 6.3.5.5 6.4.4， 6.4.5		
B. 4	控制系统故障	——机床的运动部件或机床夹持的工件坠落或甩出 ——运动部件无法停止 ——运动失控（包括变速） ——意外/突然起动 ——由于控制系统设计缺陷或设计不到位产生的其它危险 ——刀具速度变化（设定时）	5.5.2.2 6.2.2 6.2.3 6.2.5 6.2.11 至 6.2.13 6.3.5.2 6.3.5.4 6.4.3 至 6.4.5	IS04413 IS04414 IS013849- 1 IS013849- 2 IS014118 IEC60204- 1 EN954-1:1 996	5.8 5.9 5.10 5.11

表 3(续)

序号 ^a	危险, 危险情况和危险事件	针对车床的情况	IS012100 : 2010	相关 B-标准 ^b	本标准的相关章条
B. 1	2 电气危险				
—	带电部件（直接接触）	电气设备维护时			5.3 a)
—	电气故障导致某些部件带电（间接接触）	电气设备在设定, 加工和维护时	6.2.9 6.3.2 6.3.3.2 6.3.5.4	IEC60204- 1	5.3 b)

	— 短路	任何操作模式下的导体发生击穿	6. 4. 4 6. 4. 5		5. 3 c)
B. 1	3 热危险				
—	爆炸和火情	加工时使用易燃切削液或易生火花的材料		EN13487	5. 6 c) 6. 2. 1 c), n), o) 6. 2. 8 附录 E
—	温度高或温度低的部件或材料	热的刀具，切屑和热的工件		IS013732 -1	6. 2. 2 c)
B. 1	4 噪声危害				
—	加工过程(冲压，金属切削，等)和/或 — 移动部件 — 刮研表面 — 未经平衡的转动部件 — 气压部分的气体噪声 — 抽排系统	任何操作模式下或在维修保养情况下	6. 2. 2. 2 c) 1) 6. 2. 3 c) 6. 2. 4 c) 6. 2. 8 c) 6. 3. 2. 1b) 6. 3. 3. 2. 1 6. 3. 4. 2 6. 4. 3 6. 4. 5. 1 c) 4)	IS0230-5 IS08525 ISO/TR116 88-1	5. 4 6. 2. 6 6. 2. 8

表 3(续)

序号 ^a	危险, 危险情况和危险事件	针对车床的情况	IS012100 : 2010	相关 B-标准 ^b	本标准的相关章条
B1	6 辐射危险				

	低频电磁辐射, 射频电磁辐射	电气设备在设定模式或维护时	6.2.2.2 c) 4) 6.2.3 c) 6.3.3.2.1 6.3.4.5 6.4.5.1 b) 4) 6.4.5.1 c) 4)		5.5 a) 5.8 k)
	光学电磁辐射(红外的, 可见的和紫外的)包括激光	激光设备在设定模式或维护时	6.2.2.2 c) 3) 6.2.3 b) 6.2.3 c) 6.2.4 a) 6.2.4 b) 6.3.1 6.3.3.2.1 6.3.4.4 6.4.5.1 c) 6.4.5.1 g)	IEC60825 -1	5.5 b) 6.2.1 g)
B1	7 材料/物质危害				
	生物和微生物(病毒或细菌)	在装载/卸载, 保养, 设定模式下接触金属切削液	6.2.2.2 c) 3) 6.2.3 b) 6.2.3 c) 6.2.4 a)	IS014159	5.6 b) 5.6 d) 6.2
	爆炸, 易燃, 可燃	加工时在工作区	6.2.2.2 c) 3) 6.2.3 b) 6.2.3 c) 6.2.4 a) 6.2.4 b) 6.3.1 6.3.3.2.1 6.3.4.4 6.4.5.1 c) 6.4.5.1 g)	EN13478	5.6 c) 6.2
	烟, 雾, 灰尘	灭火系统被激活后, 在设定, 加工, 维护过程金属切削液传送系统	6.2.2.2 c) 3) 6.2.3 b) 6.2.3 c) 6.2.4 a) 6.2.4 b) 6.3.1 6.3.3.2.1 6.3.4.4 6.4.5.1 c) 6.4.5.1 g)		6.3.1 m) 附录 F
B1	8 不符合人类工效学的危险				
	指示灯和视频显示单元设计与定位	在操作者位置			5.7 a) 5.7 b) 5.7 g)
	控制装置的设计或定位标	在操作者位置	IS015534-1 IS015534-2 IS09355-1 IS09355-2 IS09355-3		5.7 a) 5.7 b) 5.7 d) 5.7 f)

表 3(续)

序号 ^a	危险, 危险情况和危险事件	针对车床的情况	IS012100 : 2010	相关 B-标准 ^b	本标准的相关章条
—	姿势, 作用力	在控制设备和在装卸工件, 刀具和机床部件	6. 2. 2. 1 6. 2. 7 6. 2. 8 6. 2. 11. 8 6. 3. 2. 1 6. 3. 3. 2 . 1	IS09355-1 IS09355-2 IS09355-3 IS011228	5. 7 c)
—	重复的活动	在工件或刀具交换时不合适的手-臂或脚-腿构造		ISO6385 IS09355-1 IS09355-2 IS09355-3 IS011228	5. 7 d)
—	可见性, 局部照明	加工过程, 在设定, 工件装载/定位		EN1837	5. 7 e)
B. 1	9 与在使用机床所在环境有关的危险				
—	电磁干扰	NC 控制设备在所有操作模式下或在维修保养情况下	5. 5. 2. 2 6. 2. 12. 2 6. 4. 5. 1 b)		5. 8 k)
B . 4	人为失误, 人的行为	工作站和/或加工程序设计时, 手-臂或脚-腿的不恰当的考虑	6. 2. 2. 1 6. 2. 7 6. 2. 8, 6. 2. 11. 8 6. 2. 11. 10 6. 3. 5. 5 6. 4. 3 至 6. 4. 5	IS09355-1 IS09355-2 IS09355-3	5. 7 g) 5. 7 f) 6. 1 c) 6. 2. 4

^a) 本栏的序号参考 ISO12100:2010 附录 B 表中的数字^b) 本栏的参照标准是标注日期的引用文件, 相关的出版日期见第 2 章

5 安全要求和/或预防措施

5.1 一般要求

5.1.1 概述

车床和车削中心应符合本章条的安全要求和/或措施，本国际标准中不涉及更深层次的风险，机床设计应符合 ISO12100:2010 第 5 章条的基本原则。

在设计上如何减少风险有关这方面的指导详见 ISO12100:2010 第 6 章条，安全防护措施详见 ISO12100:2010 第 6.3 条。

设计人员应充分考虑在机床整个使用周期可能发生的风，这个风无论是对于操作者还是对那些涉及到可能接近危险区域的人员，甚至包括那些可能误使用机床的人员（见 ISO12100:2010，3.23 和 3.24）。这个风无论对于操作者加工还是需要操作者干预的操作和/或其他人员（例如，设置，保洁，维护和修理）都应予以考虑。机床部件故障分析，包括控制系统的故障是风评估的一部分，在 ISO 13849-1:2006 或在 EN 954-1:1996 对此给出指导意见。因此，安全性能的可靠性要求被定义为性能水平 (PL) 应符合 ISO13849-1:2006，或作为等级，符合 EN 954-1:1996 [见 5.11 b)]。

每一台机床无论设计和防护都应符合针对性要求和/或本章的防护措施列表。具体一些要求，这个国际标准提供可在两个性能水平或两个等级选择[见 5.11 b)]。在没有具体规定，性能水平应符合 ISO13849-1 或等级应符合 EN954-1:1996，基本按适当的风险评估来确定。

如无另外说明，本章所给出的所有安全要求和/或防护措施适用于所有各类车床。

5.1.2 所有各类车床防护所需的特性

5.1.2.1 总则

防护应符合 ISO14120。固定防护的固定部分应保持与防护的连接或防护去除时与机械本体的连接。

5.1.2.2 位置与安全

要求如下：

- a) 就高度和位置而言，防护从地面安装的（如，周边栅栏），它们应规定

牢靠最低高度 1.4m 并与危险区域的距离符合 ISO13857:2008 中表 2 规定。任何从防护底部至地面的开口应符合 ISO13857:2008 中表 7 规定 ($\leq 180\text{mm}$)。

b) 对于驱动部分的防护，凡可接近的机械动力转换部分（如，链和链轮，齿轮，丝杠，光杠和滚珠丝杠）应由固定防护装置（包括可伸缩式防护）防护，除非它们所在位置是安全的。如需要在机床正常操作时接近这些部件，应提供可移动的联锁式防护。

可移动的联锁式防护安全性能要求详见 5.11 b) 1)。

c) 对于联锁式防护：

1) 为避免机床运动造成的伤害，可移动部分防护联锁与否应符合 ISO 14119。联锁装置的选择应符合 ISO 14119:2013，第 6 章；

2) 联锁装置的中断，如，功能的和/或布局的，应符合 IEC 60204-1:2009, 9.2.2 将导致机床的 1 类停止；

3) 可移动的联锁式防护安全性能要求详见 5.11 b) 1)。

5.2 针对第 4 章汇总的机械危险因素具体对策

5.2.1 1 类机床

5.2.1.1 1 类机床的主要防护措施，手动车床没有数控功能

主要防护措施如下：

a) 卡盘防护，避免或限制接近旋转工件夹紧装置并最大限度减小卡盘爪甩出造成的伤害。其设计与结构，见 5.13。这个可移动的防护应与主轴转动联锁[见 5.11 b) 1)]：

1) 防护的宽度应覆盖卡盘体全部。防护应能达到正常卡盘爪伸出的最外端。不包含工件从卡盘伸出部分；

2) 圆周长度最小应覆盖旋转工件夹紧装置的中心线。

b) 后切屑防护，安装在机床后面正对切削液和切屑飞出的方向。防护或者固定在机床本体上并延伸超过加工区域，或者对于大型车床固定在溜板上至少与溜板同宽。作为后固定防护一种替代，圆周形护栏也是一种选择。

c) 前切屑防护，避免切削液和切屑（碎片）直接朝着操作者方向飞出并避免从这个位置直接接近加工区域。切屑防护宽度至少与溜板同宽。当尾座固定在床身尾端切屑防护不能从工件主轴端延伸至尾座前时，切屑防护应能沿 Z 轴方向

可调（符合 ISO841）并与溜板连接。

d) 当后主轴防护也起到了接近齿轮箱的情况，应设置锁住装置并与主轴运转连锁。

e) 丝杠和光杠在不能保证其所处位置是安全的情况下应予以防护。

f) 设计主轴起动控制装置应避免无意识意外触碰起动，如，采用机械双手控制装置或屏蔽式按钮。

g) 恒线速切削将不使用除非机床的主轴最大切削速度已经确定。要求能对主轴最大切削速度进行监控[见 5.11 b) 5)]。机床制造商应在说明书指出主轴最大切削速度安全使用要领。包括那些降低加速率，不平衡的感知系统和自动判断系统。机床断开电源后主轴最大切削速度设定应予以消除。

h) 对于轴插补，进给运动将只允许沿主要轴单一路径移动并不允许自动返回。

i) 快速进给应限制到：

——小型车床 6 m/min 与

——大型车床 10 m/min。

j) 应采取措施防止尾座意外从床身被推出。

k) 考虑手轮，应避免用力转动手轮而被套住，夹住和磕碰产生的危险，例如，自动脱开或使用平滑的整体（无缝隙）手轮或无凸起的螺钉或螺钉处于安全的位置。

l) 工作防护服和培训是重要的。操作者在工作区域无防护情况下，应格外注意确保操作者有自身防护意识和人身防护服及其它安全细条，如，防护眼镜，合身的衣服等见 6.2 中说明。

注： 见图 3。

5.2.2 2, 3 和 4 类机床

5.2.2.1 接近工作区域

为防止接近机床危险的部件，应提供防护减轻列于表 3 的风险（缠绕，挤压，剪切等）。来自移动部件产生的危险不能靠设计来避免，防护选择的一般指导见 5.2, 5.3 和 ISO12100:2010 中图 4。防护本身性能如何最小化风险以及排除，见 5.13。

5.2.2.2 防护的特点，针对 2, 3 和 4 类机床的具体要求

防护的特点及针对 2, 3 和 4 类机床的具体要求如下：

a) 防护的联锁：

1) 操作时需要经常接近危险运动所做出的防护应设计为联锁式移动防护。

打开防护或模式 1 防护设施动作应使危险运动停止或下一步运动将被禁止(见 ISO 14118:2000)。如可移动防护能接近工作区，应另外配置安全锁。并尽量掌握联锁装置可能失效的最小化(见 ISO 14119:2013, 第 7 章)；

2) 当人的整体接近或能依然滞留在危险区域内并不被操作者察觉时，应提供手段禁止重新起动，如，存在感知设备或由钥匙控制门关闭被禁止。

b) 动力驱动防护：

1) 5.2.2.2 a) 中要求也应符合；

2) 如为操作者接近提供动力驱动防护，应符合 ISO12100:2010, 6.3.3.2.6, 和 ISO14120:2002, 5.2.5.2，并应配备保护装置以免在前面发生剪切伤害[见 5.11 b) 9)]。如提供压敏面，这个面应包括整个前面总长或从地面或操作平台算起高度达到 2.5m。压敏面应符合 ISO13856-2:2013；

3) 用力避免防护关闭应不得超过 75 N 并防护的动能应不得超过 4J。当防护配备能够使防护自动重新起动的保护装置，力最大 150 N 并最大动能 10J；

4) 防护未完全关闭前机床不得起动。当防护系统满足 ISO12100:2010, 6.3.3.2.5 中要求时，防护关闭可作为机床的起动指令；

5) 这些要求只适用于 ISO 12100:2010, 3.27 中规定的防护。

5.2.2.3 2 类机床，手动控制车床配有限数控功能的主要防护

2 类机床，手动控制车床配有限数控功能的主要防护如下：

a) 对于模式 0 (手动型) 5.2.1.1 中对 1 类机床主要防护的要求也应满足。前切屑防护尽可能部分封闭[见 5.2.1.1 c)]。

b) 对于模式 1 (自动型) 主要防护，提供满足要求的卡盘防护，前防护或部分封闭。无论前防护是否安装在溜板上前防护应与主轴联锁。

c) 仅对小型 2 类机床，当尾座处于床身末端，部分封闭应从工件主轴端部延伸至尾座前面。

d) 仅对模式 1 (自动型) 大型 2 类机床，5.2.2.4 中 b), c), d) 和 e) 针对大

型 3 类机床的要求也应满足。

注：见图 4

5.2.2.4 3 类机床，数控数控车床与车削中心的主要防护

a) 对于小型 3 类机床具体要求如下：

- 1) 防护应设计得能容纳和/或避免暴露那些碎片/切屑，切削液和那些须排出或甩出的部分[见 5.13 和 5.15 b)]；
- 2) 对于模式 0(手动型)，对 1 类机床主要防护的要求也应满足(见 5.2.1.1)；
- 3) 对于模式 1 (自动型)，加工时工作区域应采用固定封闭防护和/或可移动联锁防护。防护的宗旨在于避免接近危险区域。

注 1：提供的防护避免接近工作区域也可充当封闭防护如 5.13 所述将甩出的危险最小化。

注 2：见图 5.

b) 针对大型 3 类机床的具体要求中，提供固定和可移动联锁防护应避免在操作者位置接近下列危险区域(见 ISO14120:2002, 5.2.2 和 ISO13857:2008, 表 2)：

1) 如适用于大型 3 类机床，小型 3 类机床的主要防护应同样适用[见 5.2.2.4 a)]；

2) 其它情况，大型 3 类机床应配置

—— 溜板装有可移动联锁防护[见 5.11b)1)i)]，避免在操作者位置接近加工区域；

—— 操作平台[见 5.2.2.4 c)]；

—— 围栏[见 5.2.2.4 e)] 避免接近加工区域；

—— 5.13.2 或 5.13.3 所述的防护。

c) 大型 3 类机床上的操作平台能近距离观察加工过程并被围栏或溜板/滑板防护环绕的区域，意味着操作者工作位置的防护应提供一个满足下列条件的封闭空间或平台：

- 1) 调整至确保操作者安全的位置，如有必要；
- 2) 符合 ISO6385 人类工效学设计原则；
- 3) 操作者位置配有照明与通风设施；

- 4) 配有能够到达操作者位置的进口和出口（如，梯子）并符合 ISO14122-3 和 ISO 14122-4;
- 5) 预防接近危险区，如，防护上带有可视窗或符合 ISO13857 的足够安全距离；
- 6) 提供防护措施，防止切屑和/或金属切削液，及排出或甩出的部分伤及操作者[见 5.13 和 5.15 b)]。用于此目的防护高度从操作平台地面算起应至少 1.80m;
- 7) 采取措施将可移动调整（水平的或垂直的）操作平台/封闭空间可能引起挤压，剪切和冲击的风险降至最低（如，保险杠，金属卷帘，压敏保护装置）。调整操作平台/封闭空间位置将其定位为仅可能在模式 2（设定模式）状态下使用，如点动控制[见 5.11 b) 2)]。

注 3: 见图 6 和 7。

d) 关于接近大型卧式 3 类机床:

- 1) 任何剪切点，如平台与机床边框之间，或应避免，如设置可调限位，或预防，如，平台运行速度超过 25m/min 设置保险杠；
- 2) 保险杠应符合 ISO13856-3 并在冲击力达到 400N 之前使运动停止。冲击力可采用直径 80mm 的圆形固定测头来测量，正对运动方向放置。保险杠有效接触部分应采用柔性材料，如，橡胶，并其宽度大于 80mm；
- 3) 保险杠应延伸整个部件高度 1800mm 并其受力应不得超过 400N。

注 4: 见图 6。

e) 防止接近大型立式 3 类机床加工区域应设置带有安全锁的可移动联锁防护装置及围栏构成。如在地面安装，应确保围栏固定牢靠，其高度至少 1.4m 并离危险区域距离符合 ISO13857:2008，表 2 规定。

注 5: 见图 7。

5.2.2.5 4 类机床，自动车床的主要防护

5.2.2.4 a) 1) 与 5.2.2.4 a) 3) 中要求同样应适用于本类机床。

5.2.3 工件夹紧条件

a) 一般条件如下:

- 1) 工件夹紧装置应符合 ISO16156;

- 2) 除夹头, 其余工件夹紧装置均应清楚标明其最大夹持速度(见 6.2.8);
- 3) 主轴运转过程中手动操作工件夹紧装置松开或夹紧应无效;
- 4) 机床配置的夹紧装置为夹头以外的装置并可编程的主轴转速有效, 应下列条件满足才可编程运行加工模式:
- i) 在考虑到最高夹紧工件速度(见 3.5.2)及工件(见 6.2.8)在模式2(设定模式)情况下, 机床应输入和/或使生效主轴最高转速(见 3.5.3)。每次程序改变不应输入和/或使生效这个/这些转速, 应避免机床在模式1(自动模式)情况下运行。低转速应监控[见 5.11 b) 5)]并不得超限;
 - ii) 仅对大型3类机床, 采取措施避免加/减速率变化这样易导致工件夹紧力丧失, 例如, 提供高效能的加/减速或手动调整(通常在手动机床轻柔起动/停止)。
- 5) 卡盘, 花盘和其它应安装到主轴的工件夹紧装置应符合 ISO702-1, ISO702-2, ISO702-3 和 ISO702-4。
- b) 对于动力工件夹紧装置:
- 1) 夹紧作用力足够大保证安全夹紧工件直至主轴完全停稳(符合 ISO16156:2004, 5.2.1), 例如, 液压系统采用单向阀或自锁工件夹紧装置;
 - 2) 应具备手段监控动力工件夹紧装置工件夹紧力(如, 通过监控液压或气压)。此外, 卡盘卡爪行程也应有效控制确保工件完全夹紧所需足够的行程。如必须的夹紧力未达到或必须的行程不够, 不得起动工件夹紧主轴[见 5.11 b) 7)]。如卡盘卡爪行程无法有效控制, 应提供其它安全措施;
 - 3) 主轴转动过程中, 如卡盘夹紧力或在工件装夹位置剩余的行程降至低于预设值, 应起动符合 IEC60204-1 的机床1类停止;
 - 4) 仅对3类和4类机床, 对于机床预热, 机床加注(油液)或机床整理, 允许工件夹紧主轴未带有工件并防护生效情况下机床在自动模式下运行。在此情况下, 工件夹紧监控可以不执行。制造商应提供安全措施允许夹紧感知原件不生效[见 5.11 b) 7)], 如, 通过专门编制的数控程序达到上述效果, 通过专门的按键或通过接触控制。
- 对于带有副主轴的机床, 需将工件从两主轴之间转换而此时两主轴以同样的转速运转, 允许工件夹紧主轴未带有工件并防护生效情况下机床在自动模式下运

行。在此情况下，工件夹紧监控或可以在主轴不执行或可以在副主轴不执行。但是应保证至少一个主轴运行时工件夹紧处于有效监控[见 5.11 b) 7)]。

5) 手动装载/卸载，应采取有效措施避免手指被挤伤，可采取以下措施：

i) 调整卡盘爪行程不超过 4mm 或防护安全距离符合 ISO13857；

ii) 可调增量移动不超过 4mm；

iii) 夹紧移动速度不超过 4mm/s 或；

iv) 手控工件夹紧装置处于加工区域外，如，用可伸缩工件支撑双手同时控制。

c) 对于手动控制卡盘，采取有效措施防止主轴开始运转时卡盘钥匙仍遗留在卡盘上。

注：对此可采取联锁卡盘防护或采用自动弹出钥匙（如，弹簧加载）。

5.2.4 机床操作模式

5.2.4.1 模式的选择和/或选项

a) 具体车床的操作模式是标配还是选项见表 1。

b) 模式的选择和/或选项：

1) 执行模式选择操作或可用钥匙开关，访问代码或其它等效安全的手段，执行此项操作只允许在工作区外边。被选模式应清晰可见（例如，通过显示器或通过选择开关的定位）。模式选择生效后不应立即进入危险的情况。如采用带锁住机构的选择开关，应符合 ISO12100:2010, 6.2.11.10 和 IEC60204-1:2009, 9.2.3；

2) 模式选择装置及其相应的控制系统应确保在任何时候只能 1 种模式被选择生效。模式选择的安全要求详见 5.11 b) 10)。

5.2.4.2 模式 0：手动模式

选择模式 0（手动模式），下列要求应满足：

a) 卡盘防护有效的情况下才能用手动方式起动主轴；

b) 分度转盘或可手动或可机动。分度只允许采用步进方式并操作者双手在危险区域外边才能执行[如. 通过点动控制配合其它使能设施，见 5.11 b) 2) 和 4)] 或防护门关闭（如，2类和3类机床）；

c) 进给速度应手动方式选择并快速进给只能采取点动控制[见 5.11 b) 2)]。

进给速度应限制在：

- 1) 小型车床 6 m/min, 及
- 2) 大型车床 10 m/min。
- d) 轴起动只允许每次一个主要进给轴移动。

5.2.4.3 模式1：自动模式

a) 选择模式1（自动模式），如移动防护罩未关闭，除了以下其它机床运动都应被禁止：

- 1) 工件夹紧装置的夹紧和松开，为适应工件长短尾座套筒伸缩移动（见5.2.3）；
- 2) 主轴运转应采用点动控制[见5.11 b) 2)]转速应低于50r/min, 依照说明书要求采用的最大工件夹紧装置的线速度不应超过1.3m/s. 速度限制应进行监控[见5.11 b) 5)]。
- 3) 移动防护罩打开接近工作区域时切削液/冷却液应自动关闭。
- b) 选择模式1（自动模式），如移动防护罩关闭，允许机床所有部件的自动运行。主轴最高转速监视应有效[见5.2.3 a) 4)i)]。
- c) 仅对于2类机床（手动控制车床配有限数控功能），2类机床选择模式1（自动模式）所有防护罩应有效（例如，卡盘防护罩及前防护罩关闭，并速度监控有效）：

 - 1) 所有数控功能都能提供（见3.4.1.4）；
 - 2) 线性轴快速进给运动最高速度不应超过10m/min。

5.2.4.4 模式2：设定模式，总则

由于设定模式对机床类很有针对性，一些对2类和3类机床的附加要求在5.2.4.4.1给出，对4类机床的附加要求在5.2.4.4.2给出。

选择模式2（设定模式），如移动防护罩打开，下列一般要求应予以采用。

- a) 对于机床输入和/或使生效主轴最高转速的要求，见5.2.3a) 4)i)。
- b) 自动刀具和工件交换功能都应无效，只有防护罩关闭时这些功能才能生效。
- c) 采取措施避免由于重力作用垂直轴或倾斜轴下落的危险（例如，备用制动系统）。避免垂直轴或倾斜轴意外跌落的安全控制功能要求，见5.11b) 12)。

- d) 通过移动防护罩进入机床危险区域不止一处而在操作者的位置又不易察觉这些危险因素时，所有运动都应禁止直至所有防护罩均关闭为止。
- e) 如机床配有工件装载/卸载的搬运设施：
- 1) 关于搬运设施如何完成工件装载/卸载的安全要求和/或措施，见5.2.5.2；
 - 2) 搬运设施应只能采用点动控制并低于2m/min速度下运行[见5.11 b) 6)]或防护罩门关闭；
 - 3) 在防护罩门打开或保护装置未起作用作业时，应只能采用点动控制配合其它设施机动步进运行。如需要连续运行，点动控制配合其它设施保持与危险情况应有安全距离，双手都在危险区外边。距离应满足ISO13855规定要求。关于点动控制配合其它设施的安全功能要求，见5.11b)2)和4)。任何传感器或反馈装置动作时不允许出现危险运动；
 - 4) 如采用机器人完成工件装载/卸载，ISO10218-2规定要求应适用。
- 5.2.4.4.1 模式2：设定模式针对2类和3类机床（手动控制车床配有限数控功能和数控车床及车削中心）。选择设定模式并移动防护罩打开，机床部件运动只能在满足下列条件下才能进行。
- a) 坐标轴运动的进给速度≤2m/min并进行进给速度限制监控[见5.11 b) 6)]。
- 坐标轴进给运动应是
- 1) 点动控制[见5.11 b)2)]，或
 - 2) 步进移动在6mm以下。
- b) 动力刀盘分度（旋转）只允许增量步进方式并且操作者双手在危险区外边操作[如，双手控制（见ISO13851）]或点动控制配合其它设施[见5.11 b) 4)]或防护罩门关闭。如刀盘作为数控轴控制，进给速度以及最大线速度应满足5.2.4.2b) 中要求。
- c) 移动防护罩打开接近工作区域时切削液/冷却液应自动关闭。
- d) 动力刀具主轴转速不超过50r/min。
- e) 仅适用于小型2类和3类机床，工件主轴转速应不超过50r/min。旋转应由点动控制或其它设施控制并应进行速度限制监控[见5.11 b) 2)或4)和5)]。
- f) 仅适用于大型2类和3类机床，工件主轴转速和花盘运动应受工件夹紧装

置标定的圆周速度所限并应不超过1.3m/s。特殊的工件主轴转速应予以监控[见5.11 b) 5)]并在危险区域外边采用点动控制或其它设施控制[见5.11 b) 2)或4)]。

5.2.4.4.2 模式2：设定模式针对4类机床（单轴或多轴自动车床）。选择设定模式，如移动防护罩打开，机床部件运动只能在满足下列条件下才能进行。

a) 轴运动仅应遵循如下：

- 1) 轴运动的进给速度≤2m/min并进行进给速度限制监控[见5.11 b) 6)]，
- 2) 每个轴进给运动由点动控制[见5.11 b) 2)]，或
- 3) 轴进给运动步进移动在6mm以下；

b) 对于动力刀具和/或工件主轴旋转

- 1) 旋转应予以监控且转速不超过50r/min[见5.11 b) 5)]，
- 2) 旋转运动由点动控制[见5.11 b) 2)]，和
- 3) 机械控制机床上无减速功能，动力刀具或工件主轴操作应仅只允许符合ISO13851:2002, 6.3的II或IIIB型双手控制设备进行；双手控制设备就位应符合ISO13855规定；

c) 主轴载体运动仅应遵循如下：

- 1) 旋转圆周速度限制应在2m/min以下及速度应予以监控[见5.11 b) 5)]。旋转运动由点动控制[见5.11 b) 2)]；
- 2) 从一个工位到另一工位的分度，操作者双手都在危险区域外边，如，应由点动控制配合其它使能设施控制[见5.11 b) 2)和4)]或符合ISO13851:2002, 6.3的II或IIIB型双手控制设备。控制设施的就位应符合ISO13855。

d) 对于凸轮机械所在区域，机动应只允许点动控制配合其它设施控制[见5.11 b) 2)和4)]或靠近凸轮机械进出门就位的双手控制设备完成。

5.2.4.5 维修模式

维修应只允许维修人员进行，维修人员经过制造商培训并授权。

使用说明见6.2.8。

a) 总则，维修模式

- 1) 对于维修模式选择应提供一个电缆连接，活动的维修装置并配有带锁开关。维修装置连接应便于接近机床，如，从电气柜外边。维修装置上警示标志

应告知维修装置使用权严格限制只能维修人员，并经机床制造商培训和授权。一经维修装置与机床连接，其它任何操作模式都不应可被选择。全部维修工作展开其它所有使用都应无效；

2) 自动工件交换机械应保持失能状态。只有重新选择模式1它们的自动运行才能启动；

3) 采取措施避免由于重力作用垂直轴或倾斜轴下落的危险（例如，备用制动系统）。避免垂直轴或倾斜轴意外跌落的安全控制功能要求，见5.11b)12)；

4) 按照风险分析，辅助的安全措施也是必要的，如，第二防护罩，配有警示标志的挡板或屏蔽，可能的话；

b) 这个模式将随着主要工作区防护罩打开而限制了机床的自动功能性。具体限制是：

1) 维修模式不允许进行加工：

- i) 所有轴线降低进给速度[见5.2.4.4.1 a)]并受到监控[见5.11b)6)]。进给速度应 $\leq 2\text{m/min}$ ；
- ii) 连续的操作过程应允许（如，重复性试验）；
- iii) 如风险分析指出冷却液喷出的压力可能产生伤害，应禁止冷却液喷出；
- iv) 如换刀机械手运动可预见，5.2.5.5 b) 中要求应适用；

v) 主轴运转与坐标轴进给同步进行应限制至模式2（设定模式）的低速并将被监控[见5.11b)5)和见5.11b)6)]；

2) 每一个外围设备（换刀机械手，排屑器，等）仅能独立有效。应确保在刀座转动时换刀装置工作安全与可靠，在此情况下转动速度应限制至最大线速度 2m/min 或操控装置就位在接近危险运动的外部符合ISO13857[见5.11b)6)]；

3) 如工作主轴转速超过 50r/min 或圆周速度超过 1.3m/s 并没有卡盘防护罩[见5.2.1.1 a)]，机床前面防护罩门应装有另外的门禁开关。此开关应与主轴运转联锁并至少防护罩覆盖到卡盘整体时才允许主轴运转；

4) 在某一模式生效时，注意临近模式开关的警示信息，用叙述和图示说明其安全使用方法。

5.2.5 车床的选配或附加设备

5.2.5.1 机床配有棒料进给装置的具体要求

如机床配有棒料进给装置，应满足下列要求：

- a) 转动或移动的棒料或棒料进给的移动部分应予以防护，防护可采用固定式和/或联锁移动防护罩[见5.2.2.2 a)]防止接近。只有在危险运动按ISO14119要求停下来才能靠近；
- b) 防护罩打开时，棒料进给装置不得进行分度旋转；
- c) 与棒料进给装置相连的移动防护罩的联锁防护的安全功能要求，见5.11b)1)viii)；
- d) 防止接近机床加工区域的防护罩应与棒料进给装置联锁以避免在防护罩打开时加工模式操作棒料进给；
- e) 棒料进给进入加工区域应仅在模式2（设定模式）下进行，加工区域防护罩打开由点动控制[见5.11 b) 2)]，并速度不超过2m/min或在加工区域外双手控制；
- f) 当剩余棒料长度不足，无法确保牢固抓住时应有应对措施停止进给（见6.1标记）。

5.2.5.2 手动或自动工件装载/卸载的搬运装置

- a) 如机床配有工件装载/卸载的搬运装置，下列概括的要求应予以满足（规定在ISO10218-2:2011和ISO11161:2007+Amd1:2010）
 - 1) 操作者在工件转换装置装载/卸载的位置应在工作区域外，远离其它危险机械（如，机械手）；
 - 2) 接近搬运装置的危险活动应采取固定和/或移动联锁防护罩[见5.11 b) 1)iii)]或危险活动停止或被防护装置作用阻止（如，联锁防护罩或光屏障）；
 - 3) 工件装载/卸载的搬运装置设定模式的相关要求，见5.2.4.4 b)；
 - 4) 机床急停装置的动作同样应对搬运装置急停动作产生作用；
 - 5) 有可能接近搬运装置的危险活动区域时，以此到机床工作区域应不可能或机床应处于停止状态或意外启动应予以避免（见ISO14118）。接近搬运装置的危险活动和机床的其它任何危险动作，如，在机床工作区域，应采用固定防护罩和/或带防护锁的移动防护罩加以避免。
- b) 仅只对4类机床（单轴或多轴自动车床），应提供有效措施在不接近危险

运动情况下得到已加工工件样品。

5.2.5.3 机床配有尾座和/或套筒

a) 如机床配有尾座和/或套筒, 应采取措施避免在手动调整其在床身上位置时从床尾端被意外拉出(如, 机械限位)。

b) 如机床配有动力尾座和/或套筒:

1) 在防护罩打开情况下套筒机动运行速度应 $\leq 1.2\text{m/min}$ [见5.11 b) 6)]; 套筒向前运行控制或

——双手在工作区外边(如, 双手控制),

——点动控制[见5.11 b) 2)],

——采用3-位脚踏开关, 松开位停止, 脚踏板踩下套筒退回, 或

——采用2-位脚踏开关, 松开位停止;

2) 采取措施监控套筒顶紧力[见5.11 b) 7)], 如套筒顶紧力低于预设的限值, 自动运行循环由此停止;

3) 工件夹紧主轴运转时尾座和套筒的机动运行应被叫停[见5.11 b) 7)];

4) 二者之一

——套筒顶紧力限值应在尾座套筒上标出, 套筒末端也应有经久耐用的标识(如, 彩色环), 或

——套筒顶紧力限值应由限位开关予以监控, 限位开关应与主轴运转联锁[见5.11 b) 7)];

5) 在防护罩打开的情况下尾座体朝向工件方向机动运行只能由点动控制[见5.11 b) 2)]. 按ISO13854要求尾座体可回退到至指定位置留有足够的间隙以避免发生碰触。尾座体移动最高速度应不超过 2m/min 。

5.2.5.4 切屑收集与排出

a) 采取固定和/或联锁移动防护罩[见5.2.2.2 a)]防止接近切屑收集与排出系统的危险部位, 除非其位置布局符合ISO13857也别样安全情况外。

b) 这些移动联锁防护罩打开时, 应避免切屑收集与排出。从操作者位置有可能接近切屑收集系统的危险部件(如, 皮带或螺杆)时, 在工作区防护罩打开时这些部件的运动应予以防护罩。在切屑收集与排出过程中需要打开移动防护罩时(如, 清理), 此时只能由点动控制[见5.11 b) 2)]并急停按钮就位于附近便

于操作。

c) 切屑排出区域的危害应采用防护罩挡板或围栏予以防护罩避免产生触碰及缠绕，并按ISO12100:2010规定在附近贴上固定警示标志提示可能存在的危险。如使用移动防护罩，应与排屑器装置联锁[见5.2.2.2 a)]。

5.2.5.5 外部可接近刀库，刀具传送与刀具交换机械

如机床配有外部可接近刀库，刀具传送与刀具交换机械，应满足下列要求。

a) 应设置符合ISO14119:2013, 6.1的固定与移动联锁防护罩组合[见5.2.2.2 a)]来防止接近外部可接近刀库，刀具传送与刀具交换机械。有关刀具机械手，刀库的联锁装置的安全功能要求，见5.11 b) 1) iii)。

b) 当移动联锁防护罩打开接近刀库时，刀库动作应以符合IEC60204-1:2009, 9.2.2恰当停止方式停止。在模式2（设定模式）或维修模式移动联锁防护罩打开时，刀库的机械动作（如，装刀，刀具维护或调整）应只能由点动控制并只能一次交换一个刀位或采用双手控制装置允许刀库连续动作。移动速度不超过2m/min或在危险区域外一定距离并符合ISO13857。有关刀具机械手，刀库的联锁装置的安全功能要求，见5.11 b) 1) iii)。

c) 当整个身体有可能进入刀库区域，应提供感知器件避免刀库的任何运动或其它可接近的机床危险动作。应尽可能在安全位置观察刀库带有联锁情况下的运动状态。为避免刀具落下或甩出，刀具应夹在刀库的刀座内。刀具夹持的设计数据（如，刀具最大重量，转动惯量，及刀具最大直径）应告诉用户（见6.2）。

d) 机械手活动范围空间应采用固定或移动联锁防护罩避免靠近。从危险区域接近机械手的移动联锁防护罩打开时，机械手任何动作都应禁止。任何传感器或反馈装置动作机床的所有运动都不允许。为避免掉刀或甩刀，刀具在所有情况下应被机械手牢牢抓住，包括断电。

5.3 针对电气危险的专门要求

a) 直接接触电气设备：

- 1) 除非在本国际标准中另有其它规定外，电气设备都应符合IEC60204-1；
- 2) 关于电击防护见IEC60529:2003, 第6章，有关短路防护和过载防护见IEC60529:2003, 第7条。按IEC60529:2003电气部分的防护等级至少应达到IP54。此外，IEC60529:2003相关章条的下列要求也应满足：

- i) 第7章关于电气设备的保护;
- ii) 第8章关于等电位联结;
- iii) 第12章关于导线和电缆;
- iv) 第13章关于配线技术;
- v) 第14章关于电动机及有关设备。

3) 电气柜不应暴露在易于被刀具和/或工件甩出而造成损坏的位置。带电部件不应触摸到（见IEC60204-1: 2009, 6.2.2）。动力电路应防止过流（见IEC60204-1: 2009, 7.2.2）以免由此引起火灾的风险。

b) 对于间接接触电气设备，IEC60204-1:2009, 6.3中要求应予以满足。

注：“间接接触”见IEC60204-1:2009, 3.27中定义。

c) 关于控制装置的防护等级，控制装置的外壳的防护等级至少为IP2X，符合IEC60204-1:2009, 6.2.2，但工作区域内的控制装置的防护等级应为IP55。

5.4 针对噪声危害的专门要求

设计机床过程中，控制噪声无论时搜集有价值的数据还是技术手段都应考虑从噪声源着手（见，例如，ISO/TR11688-1）。

注：这些机床的主要噪声源包括：

- 金属切削过程；
- 主轴/坐标轴运动；
- 棒料进给机械（如提供的话），和
- 抽气排烟装置（如提供的话）。

噪声测量的操作条件应符合IS08525。

噪声散发的评定应符合IS0230-5。

噪声散发值公布应符合6.2.6。

5.5 针对辐射危害的专门要求

a) 对于低频辐射，射频辐射及微波辐射，见5.8k)。更详细信息见EN12198-1, EN12198-2和EN12198-3。

b) 对于激光，内在激光反馈系统设计上应考虑避免光路外露或镜面反射符合IEC60825-1。

5.6 针对材料或物质产生危险的专门要求

- a) 由于材料处理取决于实际应用，这个国际标准不可能提出详细具体的减少风险的建议。然而，金属切削液，下列要求适用。
- b) 金属切削排出液/冷却液要求如下：
- 1) 机床应能够对排出液/冷却液进行采样，系统清理及过滤器更换（见6.2）；
 - 2) 金属切削排出液应能够在重力作用下从机床流向积液箱，避免在机床上或内部存在滞留区域。
- c) 如存在火灾和/或爆炸的风险：
- 1) 按照制造商建议，机床，包括控制系统，在设计上应考虑预留连接火灾检测装置，灭火系统，报警装置及减压装置等（见，图E.1和E.2中的例子）；
 - 2) 如冷却液或抽气排烟装置不能正常工作，应不能开动机床（见图E.2，第5项）；
 - 3) 如冷却液系统出现故障，加工应以适当的方式自动停止，如，刀具与工件分开，主轴停止运转，刀具驱动停止，抽气排烟装置关闭；
 - 4) 在火情检测时，抽气排烟装置应以适当的方式停止。如使用自动灭火装置，停止时间延迟至灭火装置就要起动的临界值。
- 注：火灾和爆炸出现的风险取决于机床的实际使用条件和/或易燃液体的使用及具体的情况（见EN13478）。
- d) 生物或微生物（病毒或细菌）危害防护要求如下：
- 1) 金属切削液处理单元在正常使用时应整体形成循环避免在液箱产生“死区”，除非设计上用于沉淀的地方；
 - 2) 避免在机床内部存在滞留区域，金属切削液应能够在重力作用下从机床流向液箱；
 - 3) 流通管道孔径应足够大并适当倾斜确保流通顺畅，使污水杂物沉积最小化；
 - 4) 金属切削液处理单元应有过滤装置；
 - 5) 一旦沉积残渣形成，结构设计上应便于清理（如，容器内无锐棱尖角）。也不应要求全部排空后再清理（见ISO14159）；
 - 6) 液箱内部不应有产生细菌的环境因素（如，平滑，无喷涂的表面）；

- 7) 金属切削液箱应有盖，以避免外来杂物侵入；
- 8) 由于外部原因，如，因机床润滑泄漏而造成的金属切削液被油液或润滑脂污染的情况应予以避免或采取措施清除。必要的话，应加装油水分离装置，将油液或润滑脂分离或清除。
- 9) 在车床采用封闭防护结构使用金属切削液（冷却液），封闭防护罩上应有封闭防护罩与外部抽排装置之间的接口。接口的位置应考虑机床正常使用情况下产生的气流被抽排装置及时排出。
- ### 5.7 针对忽略人机工程学原理而产生危险的具体要求
- a) 机床设计应符合人机工程学原理体现在：
- IS012100:2010, 表B. 1, №8;
 - IS012100:2010, 6. 2. 6, 6. 2. 8 及 6. 3. 5. 6;
 - IS06385;
 - IS015534-1;
 - IS015534-2。
- b) 主控制面板位置要求如下：
- 1) 机床上安装有起动，2类停止，模式选择开关和保持-控制按钮（如采用）的主控制面板应就位在操作者处。控制显示和/或操动器均应防屑并符合 IS09355-1, IS09355-2, IS09355-3 和 IEC60204-1:2009, 第10章，并应防止意外触碰操作，如，设计成有凸缘的按钮或双手动作控制操作；
 - 2) 模式选择开关或在模式1（自动模式）操控起动的按键不应在机床主控制面板外任何点位出现。如操作者为了更好地观察危险区域工作情况，在不同于主控制面板的位置可设立另外的起动开关。如机床设有多于1个起动开关，设计上应保证同一时间只有1个起作用；
 - 3) 机床在模式2（设定模式）操作控制可在主控制面板外提供遥控方式，如，悬吊控制板。交替地，在危险区域外各自独立控制；
 - 4) 机床在模式2（设定模式）有多个操控装置控制机床运动，设计上应保证同一时间只有1个起作用；
 - c) 考虑操作过程中不利于身体健康的姿势或过度用力（经久疲劳），机床设计符合人机工程学原理避免操作过程中过度用力，不利于身体健康的姿势或疲

劳尤其是：

- 1) 工件，刀具和附件应便于搬运。超过10kg的重物应使用起吊设备搬运（见ISO11228）；
 - 2) 要求装卸设备，升降设备或起吊设备安排布局应便于安装与操作（如，防护罩打开时从机床顶部方便地接近工作区域）；
 - 3) 部件需手动装载时，夹具，刀套或刀座定位合理避免过度进入机床（见ISO11228）；
 - 4) 夹紧或夹持设备（如，拉杆，卡盘）的控制装置其定位应避免工件或刀具承重时过度接近（见ISO9355-3）；
 - 5) 移动防护罩使用频次较高时应采用机动，避免重复过度用力（参见ISO12100: 2010, 6.2.2.2）。
 - d) 对于人体手-臂或脚-腿不周密的考虑，控制装置的位置和观察或保养的点位，如那些诸如水箱出入口，选择应满足人机工程学原理（见ISO6385, ISO9355-1, ISO9355-2, ISO9355-3; ISO11228; ISO13855）。
 - e) 各种操作模式下都应提供机床照明。对于卧式机床在卡盘端沿主轴轴线前一个卡盘直径长距离范围内光强至少500lx，对于立式机床工件夹紧设备端面光强至少500lx（见EN1837）。
 - f) 手动控制，输入设备（如，键板，小键盘）的设计位置或标识应符合ISO9355-1和ISO9355-3。
 - g) 视觉显示单元，屏幕显示信息应清楚并明显，反光和炫光应尽量最小化[见ISO9355-1, ISO9355-2和ISO9241（全部）]。
- 5.8 针对非正常起动，过度运行或超速而产生危险的具体要求
- a) 对本标准来说，IEC60204-1:2009, 9.2.5.2条件源自5.2.2.2a) 要求的联锁结构。
 - b) 针对控制装置故障/失控的要求如下：
 - 1) 控制系统设计应符合ISO4413:2010, ISO4414:2010, IEC60204-1:2009，并ISO13849-1:2006或EN954-1:1996。意外的机床运动（如，主轴运转，坐标轴移动，刀具从主轴中松开）应避免（见ISO14118）；
 - 2) 对可编辑的功能访问并在模式1(自动模式)状态下进行替换予以限制，

如，刀具几何尺寸修正，应锁住避免非授权人访问程序数据或可编辑的功能。可通过使用密码或带锁开关实现；

3) 涉及安全功能的软件应防止非授权重新设置。尤其，不允许用户借助于部件程序重新顺序插入或调出终止安全功能运行（包括联锁防护罩）。

c) 起动的要求如下：

- 1) 关于安全功能的起动和重新起动功能要求，见5.11b)13)；
- 2) 提供多个点动控制设备（如，主控制台，手持悬挂式）时，在同一时间应仅只一个有效；
- 3) 如采用动力驱动防护装置，移动联锁防护的护罩不应导致机床运动部件重新起动，见5.2.2.2b)；

4) 在移动防护罩打开时或模式0（手动模式）时，危险部件的意外起动，如，工作主轴，坐标轴，分度主轴盘，刀具夹持溜板或工件夹紧设备，应避免并符合ISO14118:2000, 第6条；

5) 在模式1（自动模式），只有在防护罩关闭并手动操作情况下机床才能起动或重新起动，参见IEC60204-1:2009, 9.2.5.2。

d) 下列主轴和坐标轴速度监控适用于除1类机床（手动控制车床没有数控）外其它各类机床转速极限监控和坐标轴进给速度极限监控的要求：

1) 主轴最高允许转速和坐标轴允许最快进给速度取决于操作模式应进行监控。包括夹具最高允许转速，工件主轴最高允许转速或在设定模式下主轴降速及小型和大型机床的差别；

2) 一旦超过主轴最高允许转速和坐标轴允许最快进给速度，符合IEC60204-1:2009, 9.2.2的类型1停止立即自动起作用；

3) 与安全相关的工件和刀具主轴限速监控及坐标轴进给限速监控方面的要求见5.11b)5)和6)。

e) 溜板运动要求如下：

1) 溜板运动可以通过手动或工件主轴带动齿轮机动或电机/致动器独立驱动：

- i) 溜板运动方向应与控制装置的方向一致（ISO447规定）；
- ii) 在模式0（手动模式）下起动溜板运动，每一次溜板运动应手动起动；

- iii) 溜板意外机动起动应予以防止（见ISO14118:2000，第6条）；
- iv) 垂直轴或倾斜轴在重力作用下产生意外危险运动应予以防止（如，采用备用抱闸系统）；
- 2) 与安全相关的坐标轴起动或垂直轴或倾斜轴意外下落方面的要求见5.11b)12)和14)。
- f) 下列关于2类停止的安全要求不适用于机械控制4类机床（多轴机床）：
 - 1) 2类停止功能，由停止器件完成，每个机床操作模式下都应配备。起动2类停止功能，能源供给到坐标轴驱动电机，工件夹紧设备致动器（如，电动卡盘或夹头）数控装置不必切断（2类停止符合IEC60204-1:2009, 9.2.2）。然而，与仍未断电的驱动电机连接的工件主轴和刀具溜板应进行监控，运动检测（见ISO14118:2000, 6.4）；
 - 2) 与安全功能相关的2类停止的要求见5.11b)11)；
 - 3) 当机床被执行2类停止，打开防护罩应保持机床处于2类停止状态（见IEC60204-1:2009, 9.2.2）；
 - 4) 控制系统与安全相关的部分2类停止失灵应立即导致1类停止，可能的话，按照IEC60204-1:2009, 9.2.2导致0类停止。
- g) 能源暂时中断后恢复，控制系统设计应确保不会自动重新起动及起动控制的重新动作应要求再执行起动过程（见ISO14118）。
- h) 对于能源隔断和分离：
 - 1) 见ISO12100:2010, 6.2.10和6.3.5.4，和ISO14118:2000，第5条；
 - 2) 采取措施隔断能源供给（见ISO4413:2010, 5.4.7.2.1, ISO4414:2000, 5.2.8和IEC60204-1:2009, 5.3。对于分离储存的能源，见ISO14118:2000, 5.3）。（也参见第5章和ISO14118:2000, 5.3.1.3）；
 - 3) 断电设备应符合IEC60204-1:2009, 5.3，除非隔离器不是IEC60204-1:2009, 5.3.2的d)型或e)型；
 - 4) 机床本身配有液压泵和/或空气压缩机，机床电气隔离也应切断泵电机和/或压缩机的电源供应。在液压或气动能源都由机床外部供应时，机床应配可靠的手动操作和带锁住机构的能源断开设施（截流阀）并满足ISO14118:2000，

第5章的要求。由于隔离的原因能源供应无法自动分开时(见IS014118:2000,5.3.1.3)，应提供切断残余压力的手段。这些手段包括提供阀但不包括断开管路。

- i) 气动系统应符合IS04414:2010。
- j) 液压系统应符合IS04413:2010。
- k) 对于电气系统外部影响要求如下：

对于电磁兼容，

- 1) 抗扰性：电气控制系统设计和安装应能防止电磁干扰，以至于面临电气系统运行或故障时保持稳定，符合IEC61000-4-2。
- 2) 辐射：电气/电子设计应从技术数据还是实际措施都能限制电磁辐射，符合IEC61000-4-4。

注：EN50370-1和EN50370-2也适用。

5.9 针对刀具转速变化而产生危险的具体要求

关于刀具主轴限速监控安全功能的要求，见5.11b)5)。

5.10 针对电源故障而产生危险的具体要求

针对电源故障的要求如下：

- a) 压力或电压不足应实时监控并机床应停机；
- b) 电源供应出现故障或中断不应导致工件夹紧力和刀具夹紧力丧失（如，借助于低电压和/或低压设备）；
- c) 电源供应恢复不应导致机床自动重新起动（见IS014118和IS012100:2010,6.2.11.4）；
- d) 电源供应出现故障或中断不应导致垂直轴或倾斜轴在重力作用下产生意外危险运动（如，采用备用抱闸系统）。避免垂直轴或倾斜轴意外下沉的安全相关功能要求，见5.11b)12)；
- e) 线路设计考虑到电路任何部分（如，导线，管路或软管破损）出现绝缘失效不应导致安全功能丧失；
- f) 应提供有效措施隔断电源（见IS04413:2010,5.3.2.2,IS04414:2010,5.28和IEC60204-1,5.3；储存能源的分离，见IS014118:2000,5.3）。

5.11 针对控制电路故障而产生危险的具体要求

a) 考虑与安全相关的硬件和软件，对本标准来说，控制系统与安全相关的部件包括整个系统从起动器（控制设备）或位置检测器到最终执行器或原件的输入端，如，电机。按ISO13849-1:2006或EN954-1:1996应采用安全可靠的部件设计，建造和应用来保证控制系统的安全功能。

b) 本章给出安全性能相对照的要求。对下表所列的安全性能制造商有两个参照标准可供选择：

如采用ISO13849-1:2006，应满足要求的性能水平（PLr）。

如采用EN954-1:1996，应满足要求的等级。

注：确定性能水平，见附录F计算示例。

	按ISO13849-1:2006 按EN954-1:1996	
	要求的性能水平PLr	要求的等级
1) 在下列区域带联锁装置的移动防护，电-敏防护设备或其它安全设备应用于：		
i) 操作者所在工作区域；	d	3
用于维修的工作区域；	c	1
ii) 传动，驱动机械；	c 或 d ¹⁾	1 或 3 ¹⁾
iii) 机械手，刀库；	d	3
iv) 工件装/卸的搬运设备；	c 或 d ¹⁾	1 或 3 ¹⁾
v) 托板交换设施；	c 或 d ¹⁾	1 或 3 ¹⁾
vi) 排屑器；	c	2
vii) 接近围栏的槽、门；	c 或 d ¹⁾	1 或 3 ¹⁾
viii) 棒料进给设备；	c	1
ix) 正常操作可接近的动力传动机械。	c 或 d ²⁾	1 或 3 ²⁾
2) 点动控制；	d ³⁾	3 ³⁾
3) 电子手轮控制系统；	见6)	见6)
4) 使能装置；	d	3
5) 主轴转速限速监视[见5.8 d)]；	d	3
6) 线性轴进给限速监视（包括电子手轮）；	c	2
7) 刀具夹紧与工件夹紧控制系统；	b	1
8) 急停[见5.11 c)]；	c	1 或 3 ⁴⁾

9) 机动防护/门边缘防护防挤压危险, 如压敏防护装置 (PSPD) ;	d	2或3 ⁵⁾
10) 操作模式选择功能;	c	1
11) 2类停止安全符合 IEC61800-5-2:2007;	c	2或3 ⁶⁾
12) 防止垂直或倾斜轴意外下落的控制功能;	c 或 d ⁷⁾	2或3 ⁷⁾
13) 起动和重新起动功能[见5.8 c)];	c	1
14) 起动轴运动[见5.8 e)]。	c	1

¹⁾ 基于S1和P2, 确定F1或F2取决于访问次数。如每小时1次或以上, PLr=d或3类。如每小时少于1次PLr=c或1类。

²⁾ 如风险难以避免 (P2, 见F.2) 联锁应符合PLr=d或3类。如风险可以避免 (P1, 见F.2) 联锁可符合PLr=c或1类。

³⁾ 如PLr=d或3类不能达到, 点动控制与使能装置配合应符合Pr=d或3类。

⁴⁾ 如急停功能是硬线连接的, 应采用1类。其它情况, 应采用3类。

⁵⁾ 根据风险评估并考虑门的质量与速度。

⁶⁾ 坐标轴运动为2类, 主轴运转为3类。

⁷⁾ 在垂直或倾斜轴意外下落危险发生时, 能有效避免事故或大大减少事故损失只能选择PLr=c或2类; 几乎无法避免时选择PLr=d或3类。

c) 紧急停止:

1) 急停功能应为1类(或0类/根据风险评估确定)并符合 IEC60204-1:2009, 9.2.5.4.2, ISO12100:2010, 6.3.5.2 和 ISO13850:2006;

2) 急停功能应由符合IEC60204-1:2009, 10.7 和 ISO13850:2006 的急停器件来完成。每个操作者位置都应配有急停控制器件, 包括:

- i) 主控制面板;
- ii) 任一便携控制面板 (提供的话);
- iii) 封闭防护内部或刀库附近 (整个身体可能接近处);
- iv) 刀库与加工区域分开, 有可能面临处置;
- v) 工件装载与卸载的搬运设备处 (如与主操作面板不在一处);
- vi) 棒料装载与卸载处 (如与主操作面板不在一处)。

5.12 针对安装错误而产生危险的具体要求

使用者在设定或维修时可能出现部件安装错误, 如, 凸轮, 转盘, 刀座及其他机械设备应采取措施避免装配错误, 如, 销子, 非对称安装 (见6.2)。

5.13 由于喷出流体或其它物质而产生危险的具体要求

5.13.1 一般要求

a) 对于容纳加工材料和切削液的容器，应提供防护罩阻止可预见的液体和气流，加工材料和切削液喷出（见ISO4413和ISO4414）。这样的防护罩应符合ISO14120: 2002，第8章要求。可将可调防护罩固定在主轴箱上，使加工处理过的材料/切削液直接朝向收集区域，或固定防护罩包含整个喷出区域。

b) 喷出危险的防护：

1) 围绕工作区防护使甩出的加工零件，刀具（或其中一部分），碎片，切屑或冷却液风险降至最低（见5.1和5.2）；

2) 围绕工作区的防护罩应设计结构应能够承受预期最大的冲击能量。预期最大冲击，冲击能量取决于机床卡盘夹紧最大工件直径及它的最大线速度（见附录B和C）；

注1：本要求不适用1类机床的前切屑防护罩，卡盘防护罩已起到这个作用。

c) 棒料部分最大抖动范围和速度（见附录C）。

d) 用于构成防护罩的材料应满足附录A规定的抵御等级，正如夹紧装置安装在机床上。同时防飞出的切屑和冷却液。试验装置的相关说明见附录B。

e) 防护罩装有可视窗时也应充分考虑最小化喷出的风险，安装方法及选材更应谨慎考虑（见ISO14120: 2002, 5.2.2）。可视窗的材料（如，聚碳酸酯）由于受到润滑油，清洁剂，金属切削液的污染和磨损随着使用日久（老化）抵御冲击的能力会降低，应提供附加环绕防护罩，如，多层或分层压结构。在机床正常使用周期内避免这些有害的影响。值得注意的是，表面硬化的聚碳酸酯不能防止老化的影响；应采取适当的多层或分层压结构。

注2：本要求不适用1类机床的前切屑防护，卡盘防护罩已起到这个作用。

f) 材料抵御等级示例见附录B。

g) 由于冲击难以预料，应采用至少2mm厚并拉伸强度， R_m ，最小为 369N/mm^2 的钢板或6mm厚并拉伸强度， R_m ，最小为 68N/mm^2 的聚碳酸酯作为防护，将切削液，切屑和冷却液全部防护起来。

h) 由于操作者可能的误操作造成工件甩出产生的风险，供应商应提示用户由于防护失灵会造成工件甩出，用户应遵循供应商推荐的防护措施，这样风险会降至最低（见6.2，6.2.1和6.2.3）。

i) 刀具固定，动力刀具拉杆，应设计成避免由于动力失去而刀具被甩出。拉杆装置应予以监控，确保在全部操作模式下主轴起动控制时不会出现刀具未对正或固定刀柄未拉紧的情况。主轴运转时松开拉杆使刀具放松的操作应禁止[见5.11 b)6)]。

5.13.2 大型立式3类机床的防护（数控车床和车削中心）

- a) 固定防护罩和/或移动联锁防护罩应包容切屑/碎片和/或切削液和刀具部分或工件部分，并引导这些朝向收集区域。
- b) 防护罩从结构上应防止切屑和切削液在其上积存。此外，平的固定和移动联锁防护罩应配有防护锁[见5.2.2.2 a)，如必须靠近的话]，周边应有挡板和排屑器入口，挡板至少高出平板0.25m。
- c) 工作区域防护罩应至少3mm厚钢板或类似强度材料构成。可视窗与工作区域防护罩合为一体的应至少8mm聚碳酸酯，防护全部周边的切削液，切屑，冷却液或同等物（冲击能量3000J）。这个防护罩同时防止从地面或从操作平台接近加工区域(见图7)。

5.13.3 大型卧式3类机床的防护（数控车床和车削中心）

- a) 防护罩应包容切屑/碎片和/或切削液和刀具部分或工件部分，引导这些朝向收集区域。
- b) 防护罩从结构上应防止切屑和切削液在其上积存。在机床后边，防护罩应包容切屑/碎片和/或切削液和刀具部分或工件部分。防护罩应固定在溜板或机床上。固定在溜板上，其宽度应包含整个溜板。固定在机床上，其宽度应包含整个加工区域。
- c) 此外，如必须靠近的话，在操作平台或滑台应提供平的固定和移动联锁防护罩，高度至少1.8m，宽度应包含整个操作平台或滑台。防护罩的任何移动部分应与主轴运转联锁[见5.2.2.2 a)]。防护罩移动部分应与溜板移动联锁，防护罩的位移应与锁住溜板位移的防护罩联锁。环绕工作区域的防护罩应至少是3mm厚钢板。与其一体的可视窗应至少8mm聚碳酸酯，两边均能防护切削液，切屑，冷却液或同等物（冲击能量3000J）（见图6）。

5.14 缺乏稳定性而产生危险的具体要求

机床从设计结构上满足日常加工同时，还应有足够的稳定性，无翻倒，跌落

或意外移动的危险。如使用地脚螺栓防止翻倒，制造商应对使用的螺栓和地基情况明确规定。

5.15 人员滑倒，倾翻和跌落而产生危险的具体要求

a) 工作地及前往机床的各种设施（如阶梯，爬梯，平台及步道）设计应充分考虑出现滑倒、倾翻和跌落的危险，采取如设置栏杆，立足点或其它措施，表面防滑处理等尽量避免滑倒，倾翻和跌落。ISO14122-1, ISO14122-2和ISO14122-3中要求都应满足。相关的使用信息应提供警示告知此类危险（见第6章）。

b) 为避免弄脏地面，流体使用应严格规范，结构设计保证不会向机床封闭防护外边洒落，溅出和呈雾状。使用信息中应强调流体溢出机床周边而产生滑倒的危害。

5.16 安全要求和/或防护措施的验证

表4中例行试验用于验证安全要求和/或防护措施，示例见附录D。

表4—验证方法

章条	项目	验证方法				
		目测	功能试验	测量	计算	提供资料
5.1	一般要求					
5.1.2	所有各类车床防护所需的特性	X	X	X		X
5.2	针对第4章汇总的机械危险因素具体对策					
5.2.1	1类机床					
5.2.1.1	1类机床的主要防护措施，手动车床没有数控	X	X	X		X
5.2.2	2, 3和4类机床					
5.2.2	接近工作区域	X	X			X

. 1						
. 2	5. 2. 2 防护的特点, 针对2, 3和4类机床的具体要求	X	X			X
. 3	5. 2. 2 2类机床, 手动控制车床配有数控但功能有限的主要防护	X	X			X
. 4	5. 2. 2 3类机床, 数控数控车床与车削中心的主要防护	X	X		X	X
. 5	5. 2. 2 4类机床, 自动车床的主要防护	X	X		X	X
	5. 2. 3 工件夹紧条件	X	X	X		X
	5. 2. 4 机床操作模式					
. 1	5. 2. 4 模式选择和/或选项	X	X			X
. 2	5. 2. 4 模式0: 手动模式	X	X			X
. 3	5. 2. 4 模式1: 自动模式	X	X			X
. 4	5. 2. 4 模式2: 设定模式, 总则	X	X			X

表 4 (续)

章条	项目	验证方法				
		目测	功能试验	测量	计算	提供资料
5.2.4 .5	维修模式	X	X			X
5.2.5	车床的选配或附加设备	X	X			X
5.2.5 .1	机床配有棒料进给装置的具体要求	X	X			X
5.2.5 .2	手动或自动工件装载/卸载的搬运装置	X	X			X
5.2.5 .3	机床配有尾座和/或套筒	X	X			X
5.2.5 .4	切屑收集与排出	X	X			X
5.2.5 .5	外部可接近刀库，刀具传送与刀具交换机械	X	X			X
5.3	针对电气危险的专门要求	X	X			X
5.4	针对噪声危害的专门要求	X	X			X
5.5	针对辐射危害的专门要求	X	X			X
5.6	针对材料或物质产生危险的专门要求	X	X			X
5.7	针对忽略人机工程学原理而产生危险的具体要求	X	X			X
5.8	针对非正常起动，过度	X	X			X

	运行或超速而产生危险的具体要求					
5.9	针对刀具转速变化而产生危险的具体要求	X	X			X

表 4 (续)

章条	项目	验证方法				
		目测	功能试验	测量	计算	提供资料
5.10	针对电源故障而产生危险的具体要求	X	X			X
5.11	针对控制电路故障而产生危险的具体要求	X	X			X
5.12	针对安装错误而产生危险的具体要求	X	X			X
5.13	由于喷出流体或其它物质而产生危险的具体要求	X	X		X	X
5.13.1	一般要求	X	X		X	X
5.13.2	大型立式3类机床的防护（数控车床和车削中心）	X	X		X	X
5.13.3	大型卧式3类机床的防护（数控车床和车削中心）	X	X		X	X
5.14	缺乏稳定性而产生危险的具体要求	X	X			X
5.15	人员滑倒，倾翻和跌落而产生危险的具体要求	X	X			X

6	使用信息					
6.1	铭牌	X				X
6.2	使用说明书					
6.2.1	总则	X	X			X
6.2.2	刀具	X	X			X
6.2.3	工件夹紧	X	X			X

表 4 (续)

章条	项目	验证方法				
		目测	功能试验	测量	计算	提供资料
6.2.4	数控面板获取的机床功能	X	X			X
6.2.5	重新起动	X	X			X
6.2.6	噪声	X	X			X
6.2.7	辅助搬运设备	X	X			X
6.2.8	提示机械使用者注意的残余风险	X	X			X
6.2.9	车床安装说明	X	X			X
6.2.10	机床清洁说明	X	X			X

6 使用说明

注： 见 ISO12100:2010, 6.4

6.1 铭牌

车床应提供符合 ISO12100:2010, 6.4.4 的铭牌。至少包含以下内容：

a) 明确标明：

- 机床名称，制造商详细地址，需要的话，法人代表；
- “车床”，系列号或机床型号，归属的机床类型，大小；
- 出厂编号，可能的话；
- 出厂日期，制造商交付使用年份。

b) 标明其符合的强制性要求（如，CE认证）；

c) 关于安全使用:

—— 主轴最高限速, r/min;

—— 卡盘最高限速, r/min, 使用整体的棒料夹紧夹具或符合ISO16156的动力卡盘除外;

—— 卧式车床或用于棒料加工的机床加工棒料时, 很可能棒料毛坯或棒料支撑超出主轴后端或棒料进给装置, 应有警示信息告知存在抖动及甩出的危险, 机床后端或棒料进给装置应予以防护;

—— 防护, 保护装置和机床其它部件, 未和机床永久固定一起的部分应标明其检验日期;

—— 如存在火灾和/或爆炸的危险, 机床应适当标出如何灭火。

6.2 使用信息

6.2.1 总则

使用说明书应符合ISO12100:2010, 6.4.5, 包含所述车床的所有具体信息, 与机床一起提供用户。

使用说明书应包括运输, 组装/拆卸, 操作, 设定, 维修, 清洁等全部信息, 培训或使操作人员后期熟练操作并安全使用机床。

使用说明书应规定操作者应在安全使用, 调整与操作机床上经过严格培训才能使用机床。至少下列信息应给出:

a) 车床的加工参数和操作模式。如机床提供模式2(设定模式)和/或维修模式, 这些模式使用中更详细内容应予以规定:

1) 可能出现的误操作;

2) 可能的残余风险, 如, 通过任何操作模式(如, 模式0, 1, 2或维修模式);

3) 操作者必备的技能, 尤其机床具备操作设定和/或手动模式和/或维修模式情况下, 要求的能力:

—— 工件和设备的调整与夹紧,

—— 车床的设定, 操作与监控,

—— 刀具选择, 使用与安装,

—— 工件加工的数据输入与加工过程优化,

—— 风险与针对性防范措施, 及

——人员防护设备的使用。

注： 在维修模式，甚至另外的技能也是必要的（见6.2.8）

- b) 每个操作模式起动机床前防护应到位并完好；
- c) 就位安装（如可能，推荐采取措施避免接近排屑区域）；
- d) 维护要求，包括设备清单中哪些应检查或测试，检查周期与测试手段；
- e) 目测的经常性应确保可视面板的防护功能，详细如下：

1) 使可视面板不能再继续使用或应进行更换的缺陷的描述及检查手段。

信息包括不能再继续使用可视面板的状况，如，先前所受冲击产生的塑性变形（隆起，凹陷），敲击损坏局部密封，冷却液侵入（逐渐老化），品质下降的迹象如失去光泽/退色，其它损坏到防护层。聚碳酸酯可视面板出现失去光泽或退色意味着危险了（见附录B），应及时更换新的可视面板；

- 2) 制造商建议可视面板更换应考虑其材料性能，对于聚碳酸酯具体使用情况，见图B.2；
- 3) 清洁可视面板而又不损坏它推荐方法，适时选择和使用合适的清洁剂；
- 4) 可视面板更换应按制造商使用说明书的操作步骤进行；
- 5) 供货商推荐清洗聚碳酸酯面板的方法不会引起损坏；
- f) 搬运和起吊大件，刀具或工件给予指导，包括重物如，刀具，部件，夹紧设备的起吊点位；
- g) 校准激光器的使用说明（需要的话，见IEC60825-1）；
- h) 制动和传输系统润滑的选择，准备，使用与维护说明；
- i) 切削液的选择，准备，使用与维护说明，避免损坏变质；
- j) 避免切削液溢出的方法说明，如，积液槽良好的绕流性；
- k) 使受困人员解困说明；
- l) 人员防护装备使用说明（如，手，耳和眼防护）；
- m) 抽排装置使用说明，其在加工过程中产生有害物质（如，尘和油雾）；
- n) 易燃切削液或自燃材料加工时附加警示说明；
- o) 切削液制造商关于切削液使用说明应遵循，如机床使用易燃切削液时，尤其注意液体粘度和闪点的相关说明；
- p) 禁止手上使用砂布；

q) 所有卧式机床在其加工的棒料伸出封闭防护和支撑外边时，可能产生的抖动危险应给出明确警示（见ISO12100）。

6.2.2 刀具

a) 备用刀具的选择，配置和/或更换的信息应予以提供，如，刀具此部分/机床界面的数据应存入机床。

b) 适当时，机床使用的刀具应给出说明，如，预设刀具包括，使用情况，最大刀具质量，转动惯量和刀具在换刀装置中占据的空间。

c) 告诫操作者加工后刀具会发热。

6.2.3 工件夹紧

下面给出工件夹紧与工件夹紧装置的相关信息：

a) 工件夹紧装置附属于机床，如何使用与维护应给出相关说明（如，维护与润滑程序）；

b) 对于使用的工件夹紧装置，如何夹紧工件给予说明，包括与机床配套使用的夹头或卡盘，并同时工件夹紧装置制造商给出使用/维护说明；

c) 对于替换/改变工件夹紧装置，使用提供的工件夹紧备装置（如，卡盘，花盘或夹头）的选择，配置和/或更换的信息应予以提供，如，工件夹紧备装置此部分/机床界面的数据应存入机床或卡盘与花盘的不平衡要求；

d) 工件夹紧装置修改：

1) 与机床适配的工件夹紧装置修改后很可能降低或改变主轴最高限速或它们的效率的说明；

2) 工件夹紧装置修改只应在车床制造商给定的限度内并符合工件夹紧装置制造商的规定；

3) 工件夹紧装置添加或替换某些部件（如，卡爪），很可能降低这些部件最高限速。应清晰标明降低的最高限速r/min。

6.2.4 数控操作面板获取的机床功能

使用说明书应指出如何从数控面板正确选择和使用机床功能，如，刀具修正，模式访问和模式改变。

6.2.5 重新起动

应说明重新起动的步骤。尤其更换卡盘后，机床调整人员应输入工件夹紧装

置最高限速。每一个程序改变，操作者都应输入和/或使生效最高工作速度并两个速度都应由操作者生效。

操作者应输入和/或使生效某些特殊工件的最高工作速度及工件夹紧装置最高限速（见3.5.1）。

6.2.6 噪声

空气传播噪声下列信息应予以提供：

- a) 在工作室的A-计权噪声声压级超过70dB(A)；如低于70dB(A)应予以说明；
- b) 在工作室的C-计权瞬时声压值可以超过63Pa[130dB(A)相当于20uPa]；
- c) 在工作室的A-计权噪声声压级超过80dB(A)，机械产生的A-计权噪声声功率级。

这些值可以按如上所述对机械实测获得或由生产机械中的样机进行技术对比测量得出。

对于大型机械不采用A-计权噪声声功率级测量，但围绕机械进行A-计权噪声声压级测量测点分布应明确。

声压值测出的同时，这些值的不确定性也应说明。测量时机械运行状况和采用的测量方法都应说明。

最大声压值及所在的测点应指出。

测量中运行状况，采用的测量方法应与测量结果同时说明，不确定性取值， K ，按ISO4871规定取双数的形式：

$K=4\text{dB}$ ，采用ISO3746或ISO11202(3级)；

$K=2.5\text{dB}$ ，采用ISO3744或ISO11204(2级)。

例 对于声功率级 $L_{WA}=83\text{dB(A)}$ (测量值)，按ISO3746测量不确定性 $K=4\text{dB(A)}$ 。

另一例按ISO230-5:2000，附录E可获得噪声测量结果。

注：从ISO230-5举例的操作模式仅只是一般情况并不代表本国际标准中定义3.3.1到3.3.4车床的操作模式。

如获得测量值的准确性需验证。应采用与前述同样的测量方法及同样的运行状况。

结果应同时附有以下说明“图中标注仅是发出的级别并不是必要的安全工作级别。而发出的与感觉到的有一定的关联性，这不能作为决定是否或进一步警示

的依据。工作间的情况以及其它噪声源对暴露在外的劳动力实际影响因素，如，机器数量，关联的加工及操作者感觉噪声时间的长短。当然，不同国家之间允许的级别变化不同。因此要求机床的使用者对此产生的危害与风险作出更好评估”。

在销售文件中应注明噪声的相关内容。

6.2.7 辅助装卸设备

如辅助装卸设备时整个机床的一部分，辅助装卸设备制造商/供货商应提供必要说明确保机床制造商/供货商正确安装使用。

6.2.8 设备使用者引起注意的残余危险

应告诫随机床提供并符合附录A的防护所起的作用是最小化甩出的风险而并不能完全排除风险。操作者与可视面板的最小距离也应指出。

应提示加工某些材料如铝或镁有可能产生另外的危险，如，火灾和爆炸或有害灰尘。

说明书提示部件更换，某些部分去除或修改软件后可能影响安全功能应进行必要的检查。

指出加工不平衡工件时可能产生甩出的风险，只有通过尽量均衡分布或低速加工来最小化风险。

应提示加工及操作模式的选择哪一种车床最适宜。

可能存在的残余风险，如，在设定模式和手动模式涉及的机械危险应提示。

如机床提供符合5.2.4.5的维修模式，机床制造商应规定：

- 维修模式使用详细资料，
- 操作者操作维修模式要求的资质及资质水平，和
- 所有刀具和工件夹紧装置（可能的话）移出。

卧式车床可能装有棒料进给设备，棒料可能伸出到封闭防护罩或支撑的外边，此情况棒料进给设备醒目位置应提示注意抖动危险（见IS012100:2010, 6.4.4）。

提供给用户降低噪声相关主要因素，如

- 刀具选择，
- 工件/刀具夹紧，与
- 维护。

6.2.9 车床就位安装说明

对地基有什么要求,如何安装与固定机床应指出。此外,大型机床的大型部件的吊运安装也应详细说明。

6.2.10 机床清洗说明

说明清洗详细步骤。所有设施(如,护栏,脚踏和/或防滑表面)都应说明并指出到达所有边缘/部件的途径。

附录 A

(规范性附录)

车床防护罩的冲击性试验方法

A.1 总则

本附录规定数控车床与车削中心防护罩的试验,为尽量减少工件或部件甩出工作区域外的风险。本附录适用于数控车床与车削中心的防护罩材料及全部防护。

A.2 试验方法

A.2.1 原理

本试验方法适用于机床配置标准卡爪的卡盘,模拟卡爪甩出的危险。试验揭示了防护罩的抵抗力/强度和/或防护罩材料抵御穿透和移位的能力。试验基于机床配置标准卡盘卡爪并按表A.2规定的最高转速运行。如卡爪质量或其线速度超出表A.2给定值,试验条件相应进行修改。当只用一片卡爪,总质量既为一片卡爪的。

A.2.2 器具

A.2.2.1 推动设备,将抛射物加速至预先设置冲击速度的±5%[见表A.2和公式(A.1)]。

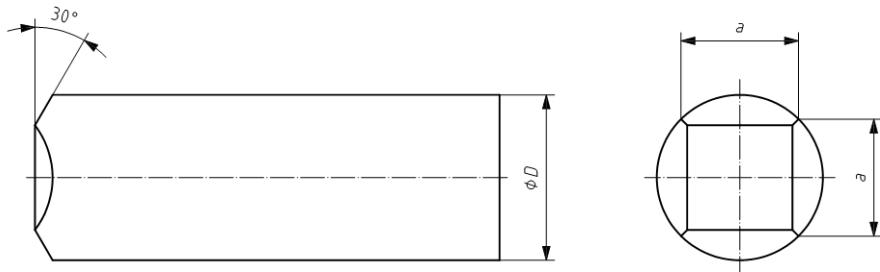
A.2.2.2 抛射物 图A.1和表A.1给出其形状,质量和尺寸,由具有以下机械性能的钢件制成:

—抗拉强度 $R_m=560\text{N/mm}^2$ 至 690N/mm^2

—屈服强度 $R_{0.2}\geq330\text{N/mm}^2$

—破裂时延伸率 $A \geq 20\%$

A.2.2.3 支撑, 试验防护所用



图A.1—抛射物

A.2.3 速度测量

抛射物在不受加速作用力(脱离推动设备或在推动设备内已超出受力范围)应测量抛射物速度。速度测量应在一定距离用邻近的传感器,光电传感器或其他等效手段进行。

表A.1—抛射物质量和尺寸

质量 kg	直径 mm	前端面 axa mm×mm
0.625	30	19×19
1.25	40	25×25
2.5	50	30×30

A2.4 试验中防护罩的支撑

用防护罩和/或防护罩材料的样品进行试验。防护罩支撑应等效于防护罩安装在机床上。对于试验防护罩材料,可采用样件,固定在其中开有450mm×450mm空洞的框架上,框架应有足够的刚性。样件安装应采用非正向夹紧。

A2.5 试验过程

为评估防护罩的抵御等级,抛射物应正对样件射击,冲击应正对中心并尽可能垂直其表面。对于机床后防护罩试验,冲击应选择防护罩最薄弱的部分。对于机床配置标准卡盘卡爪,冲击试验应按表A.2中抛射物的质量,尺寸和冲击速度

进行，这样的抛射物与标准卡爪相当。

A. 3 试验结果

A. 3. 1 破损程度

冲击后，防护罩或材料上发现的任何损坏按如下评定，其情况分为如下几种：

- a) 撞弯/隆起（永久变形但没有破裂）；
- b) 轻微裂痕（只在一面能看到）；
- c) 全部裂开（两面均可见裂痕）；
- d) 穿过（抛射物穿过样件）；
- e) 防护罩窗从其固定处脱开；
- f) 防护罩与其支撑松动。

A. 3. 2 评定

损坏情况如A. 3. 1a) 和/或b) 试验通过。试验出现另外情况如A. 3. 1c), d), e) 或f) 损坏，试验不通过。

A. 4 试验报告

试验报告最少应含下列内容：

- a) 日期，试验地点和试验机构；
- b) 抛射物质量，尺寸和速度；
- c) 机床制造商，型号最大回转直径，最高主轴转速，卡盘爪质量与尺寸；
- d) 样件的设计，材料和尺寸；
- e) 样件夹紧或固定；
- f) 冲击方向和抛射物冲击点；
- g) 试验结果。

A. 5 抵御等级确定

A. 5. 1 确定方法

用公式 (A. 1) 计算冲击速度[见表A. 2脚注b)]确定抵御等级 (A₁至C₃)：

$$v_i = 1.25 \times \pi \times B \times \frac{n}{60} \quad (\text{A. 1})$$

注

v_i 冲击速度 m/s;

1.25 安全系数；

B 工件夹紧装置直径 mm;

n 转速 r/min。

要求的抵御等级决定于工件夹紧装置直径并其线速度。冲击试验的抛射物质量，冲击速度和冲击能量按表A. 2导出，冲击速度按线速度的1.25倍选取，主要考虑卡盘基板槽的加速影响。关注冲击试验也在于获得抵御等级。

抛射物应按表A. 1选取，使其基本与探讨的机床标准卡盘爪匹配或从安全角度考虑近似。其形状如图A. 1所示长度和前端面如表A. 1所示（见直径和前端面）。抛射物应加速至冲击速度[见表A. 2脚注b)]并正对样件或机床防护罩局部射击（如，用枪如图B. 1所示）。这样的话，样件或防护罩局部将或被击穿或抵御住（虽然可能产生变形）。

A. 5. 2 冲击试验结果说明

a) 机床配置标准卡盘标准卡爪的，考虑甩出卡盘爪（见表A. 2）的质量，尺寸及预期的冲击速度，从A₁至C₃规定共9个抵御等级（见表B. 1）。抵御等级基本决定于工件夹紧装置直径并其线速度，然而，如直径与线速度在实际机床组合不同于表A. 2，冲击能量栏计算应按公式(C. 1)，这里冲击速度假设为线速度的1.25倍（卡盘基板槽的加速影响）。要求的抵御等级就决定于工件夹持装置直径，冲击速度和卡爪实际质量，如，直径B=254 (mm)，最高转速n=3500min⁻¹，线速度m/s用公式(A. 2)计算：

$$v_p = \pi \times B \times n = 46.55 \quad (\text{A. 2})$$

冲击速度，m/s，用公式(A. 3)计算：

$$v_i = 1.25 \times 46.55 = 58.19 \quad (\text{A. 3})$$

而标准卡爪的质量m=1.21kg，冲击能量J用公式(A. 4)计算：

$$J_c = 0.5 \times 1.21 \times (58.19)^2 = 2048.66 \quad (\text{A. 4})$$

相应的抵御等级可从表A. 2确定。如冲击能量栏中没有相应的冲击能量值J_c存在，取栏中高于此值的确定抵御等级。由此，最小要求的抵御等级时（因A₃太小）B₂对应配备8mm厚聚碳酸酯（表B. 1）。

b) 机床配置夹头，抵御等级A₁至C₃同样适用，冲击能量应按公式(C. 2)与图C. 1计算，如，直接冲击能量不必考虑卡盘基板槽的加速影响（冲击速度等于线

速度)。结果应对照表A.2中冲击能量。所求的抵御等级取栏中高于此值的冲击能量[见A.5.2a)例]。

c) 抵御等级得出是在假设样件或防护罩局部未被抛射物冲击穿透。表B.1显示在德国柏林的圣奥古斯丁所做冲击试验结果汇总,可供制造商参考,不必去进行自己的冲击试验了。

A.5.3 结论

这些冲击试验的一个重要结论在于甩出标准卡爪的直线运动能量是确定防护罩尺寸的最重要参考,可以看出最大卡盘夹持直径和长度与直径比 $l/d=1$ 上工件转动能量在甩出时能最大限度地转换成直线运动能量,低于标准卡爪甩出时的直线运动能量。如长度与直径比 $l/d>1$,用公式(C.2)计算冲击能量,抵御等级相应求出。长工件情况不同于此,其夹于卡盘与尾座间。转动能量对操作者产生的危险相对小些,只有小部分转换为直线运动能量。很多情况在长工件中间增加稳定的支撑。对于某些特殊加工,如凸轮轴加工,潜在的冲击危险应分别分析;附录A至C对此分析提供必要的信息。

表A.2—抵御等级

工件夹持装置直 径 mm	线速度 m/s	抛射物 尺寸 $D \times a$ mm	抛射物 质量 kg	冲击 速度 ^a m/s	冲击 能量 ^b J	抵 御 等 级
<130	25	30×19	0.625	32	310	A ₁
	40			50	781	A ₂
	63			80	2000	A ₃
≥130~<260	40	40×25	1.25	50	1562	B ₁

	50			63	2480	B ₂
	63			80	4000	B ₃
$\geq 260 \sim 500$	40			50	3124	C ₁
	50	50×30	2.50	63	4960	C ₂
	63			80	8000	C ₃

a 冲击速度假设为线速度的1.25倍（安全考量），因在卡盘夹紧部件碎裂情况下，卡爪不仅可从夹紧位置甩出，在甩出前也能在卡盘底板槽向外加速。

b 冲击能量计算见附录C。

附录 B

(资料性附录)

冲击性试验设备和示范材料

B. 1 喷射器

喷射器由压缩空气罐和带凸缘的喷射器管组成（见图B. 1）压缩空气经由气阀推动抛射物射向试验目标。

喷射器动力源自压缩空气。抛射物速度由气压控制。

抛射物速度测量由靠近喷射器腔口的测速仪完成，如，用邻近的传感器或光电传感器。

B. 2 试验用材料

下列材料经过了表A. 2冲击抵御等级试验（抛射物射向板中心）

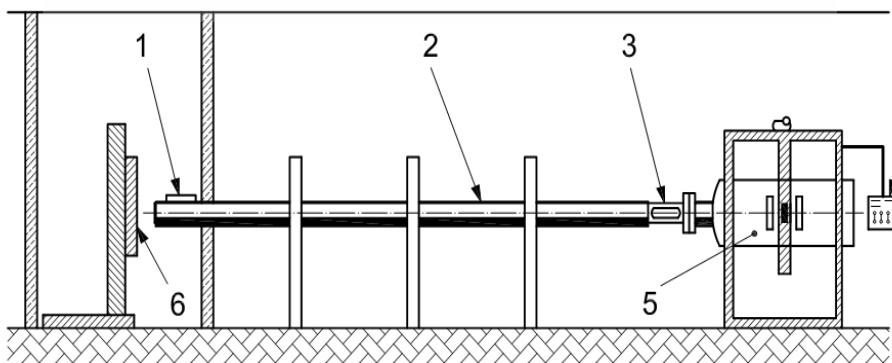
表B. 1—材料示例

材料	厚度 d mm	抗拉强度 Rm N/mm ²	断裂 伸度 A %	冲击抵御等级								
				A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
钢板	2	370	28	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	2.5	370	28	+	+	-	+	-	-	+	-	-
	3	400	28	+	+	-	+	+	-	+	-	-
	4	340	25	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	5	300	40	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	6	340	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+
合金铝	5	240	18	+	+	-	+	-	-	+	-	-
聚碳酸脂	6	68	80	+	+	-	+	-	-	-	-	-
	8	68	80	+	+	-	+	+	-	+	+	
	10	68	80	+	+	+	+	+	-	+	+	-

	12	68	80	+	+	+	+	+	-	+	+	-
聚碳酸脂 化合物	2×8	68	80	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	2×12	68	80	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	19	68	80	+	+	+	+	+	+	+	+	+
安全玻璃+ 聚碳酸酯 化合物	6+18			+	+	+	+	+	+	+	+	+
+ 满足要 求												
- 未满足 要求												

在表B.1标注“满足要求”仅仅针对冲击抗力。如达到冲击抗力仅借助于PC板，制造商应采取其它措施确保抵御磨损和老化（如，边角密封组合设计）。

防护罩和/或可视面板的抗力不仅仅取决于钢板和钢片的尺寸设计，也决定于可视面板在防护罩如何安装及防护罩如何固定在机床上。聚碳酸酯面板应与构架充分搭接以避免受冲击时穿过构架。对于450mm×450mm试验窗口附着PC样件显示8mm PC，搭接至少40mm，12mmPC，搭接至少25mm，才能保留聚碳酸酯面板在其构架。如窗口尺寸大于或小于450mm×450mm，搭接应相应增加或减少。



注

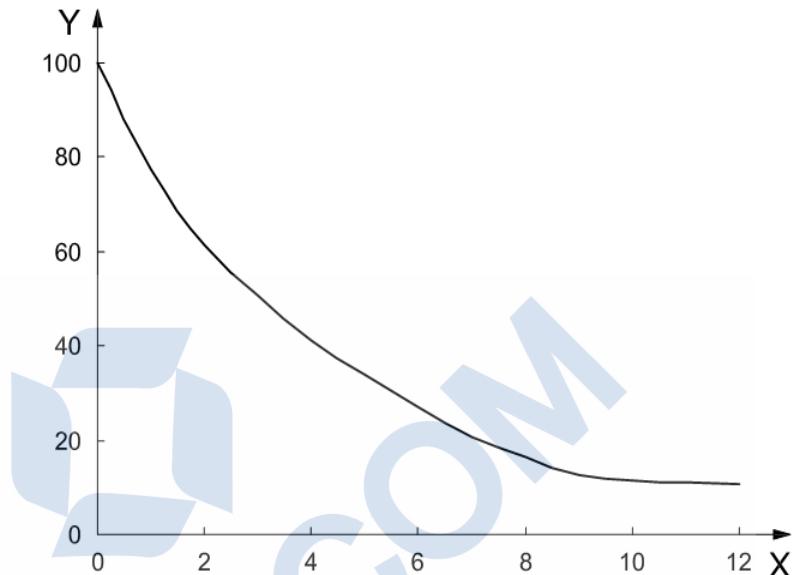
1 测速仪

4 控制面板

2 喷射器管
3 抛射物

5 压缩空气罐
6 试验目标

图B. 1—冲击试验设备



图中：

X 使用时间 用年表示
Y 冲击抗力 用百分比表示

注 全防护聚碳酸酯面板显示仅边缘处冲击抗力减少，而曲线显示未防护的聚碳酸酯抗力明显减少。

图B. 2—未防护的聚碳酸酯老化曲线（正常试验位置）

(源自：参考文献[33])

附录 C

(资料性附录)

直接冲击能量计算

冲击能量, J_c , 用焦耳表示, 用公式 (C. 1) 和 (C. 2) 计算:

a) 车床配置卡盘, 用公式 (C. 1) :

$$J_c = \frac{m \times v_i^2}{2} \quad (C. 1)$$

这里

m 标准卡爪质量, kg;

v_i 采用公式 (A. 1) 的冲击速度。

b) 车床配置夹头, 冲击能量, J_c , 用焦耳表示, 用公式 (C. 2) 计算:

$$J_c = \frac{\rho \times \pi^3 \times d^2 \times l^3 \times \left(\frac{n}{60}\right)^2}{24} \quad (C. 2)$$

这里

P 密度, kg/m³;

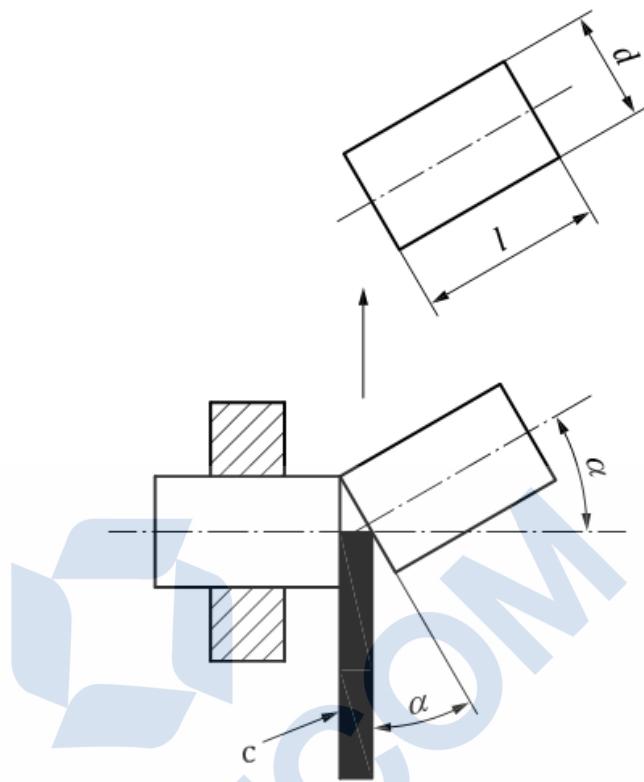
d 最大棒料直径, m;

l 最大工件长度, m;

n 工件主轴最高转速, r/min。

公式 (C. 2) 假设棒部分断裂以 $\alpha=30^\circ$ 从机床夹头旋转轴线甩出产生的直接冲击。

注: 这个计算时面向应用仅仅用于引导。制造商在使用夹头卡盘时可规定出工件最大直径和长度。



注

d 工件直径[见公式 (C.2)]

c 切断刀刃

l 工件长度[见公式 (C.2)]

a 折断角度

c) 车削外的其它加工

如铣削，磨削或其它加工，见EN12417和EN13128建议，铣削EN12417，磨削EN13128。

附录 D

(资料性附录)

安全功能检查单示例

本附录说明了特定机床的某些行为与涉及的安全功能之间关系。本附录提及的安全规则同样适用其它类型机床；给定系列的机床是值得做的，以便于安全功能检查（见表 D. 1）选择操作模式并移动防护位置（见表 D. 2）变化时提供“允许”或“禁止”操作列表。

表 D. 1—安全功能检查

模式选择的位置	模式 1（自动模式）	移动防护情况			
		关闭	打开	打开条件	重新接通
模式 1（自动模式）	手动与单段	机床功能操作，安全设施有效	主轴不能起动。部件与刀具搬运设备(PTH)不能起动。坐标轴不能起动。花盘不能分度。发“循环起动”指令显示错误码。允许操作卡盘与尾座。	主轴停止。PTH 运动停止。坐标轴运动停止。花盘分度停止。冷却关闭。	不允许任何操作自动重新起动。安全设施复位后，手动与单段形式操作机床功能。
	自动与单段	机床功能操作，安全设施有效	主轴不能起动。PTH 运动不能起动。坐标轴或自动循环不能起动。发“循环起动”指令显示错误码。允许操作卡盘与尾座。	循环停止。主轴停止。动力刀具主轴停止。PTH 运动停止。坐标轴运动停止。花盘分度	不允许任何操作自动重新起动。安全设施复位后，自动形式操作机床功能。

			座。	停止。冷却 关闭。	
--	--	--	----	--------------	--

表 D. 1 (续)

模式选择的位置	模式 1 (自动模式)	移动防护情况			
		关闭	打开	打开条件	重新接通
模式 2 (设定模式)	手动与单段或空运行	—	<p>下列功能与安全设施配合使用有效：主轴低速运行；PTH 运动仅只低速运行；坐标轴运动低速并仅增量进给方式；花盘分度。</p> <p>此外，下列功能允许：操作卡盘，尾座与工件夹紧装置；冷却打开/关闭。</p>	主轴低速和坐标轴运动低速。PTH 运动监控。点动控制或使能设备配合起动控制进行操作	—
—	自动与单段或空运行	与生产模式相同条件	与生产模式相同条件	—	—

表 D. 2—卡盘夹紧控制

模式选择的位置	卡盘或工件夹紧装置情况			
	打开	关闭	工件在卡盘中	卡爪换位
模式 2 (设定模式)	主轴不能起动	主轴能起动	主轴能起动	主轴不能起动
模式 1 (自动模式)	主轴不能起动	主轴不能起动	主轴能起动	主轴不能起动

对于专用卡盘，参见供货商或制造商提供的说明书。

附录 E

(资料性附录)

排气与灭火装置示例

出于机床安全考虑对冷却系统和抽排气装置时时监控是必要的，冷却液中油含量超过 15% 就可能引起火灾和爆炸的危险。

根据排气装置类型（集中或独立）火情监控后应采取的安全措施：

a) 对于集中自动排气装置

- 1) 加工应立即停止（无论控制刀具退出与否），
- 2) 易燃物质到达排气装置的管路在所难免，应关闭闸门或阀断路装置（见图 E.3) 阻止及扑灭出现的火情。
- 3) 灭火装置应立即起动，
- 4) 冷却系统应关闭，并
- 5) 集中排气装置继续运行。

b) 对于独立排气装置（与机床连接）

- 1) 加工应立即停止（无论控制刀具退出与否），
- 2) 排气装置应立即停止，
- 3) 灭火装置应立即起动，并
- 4) 冷却系统应关闭。

注 加工易燃材料，如镁或钛这种类型的材料以上这些安全措施防止火灾是不够的，应采用专门的安全措施。

为完成上述安全措施，车床控制，排气装置与灭火装置应有一个界面（见图 E.1）。制造商与用户之间的责任应明确划分，如图 E.2 与 E.3 所示。

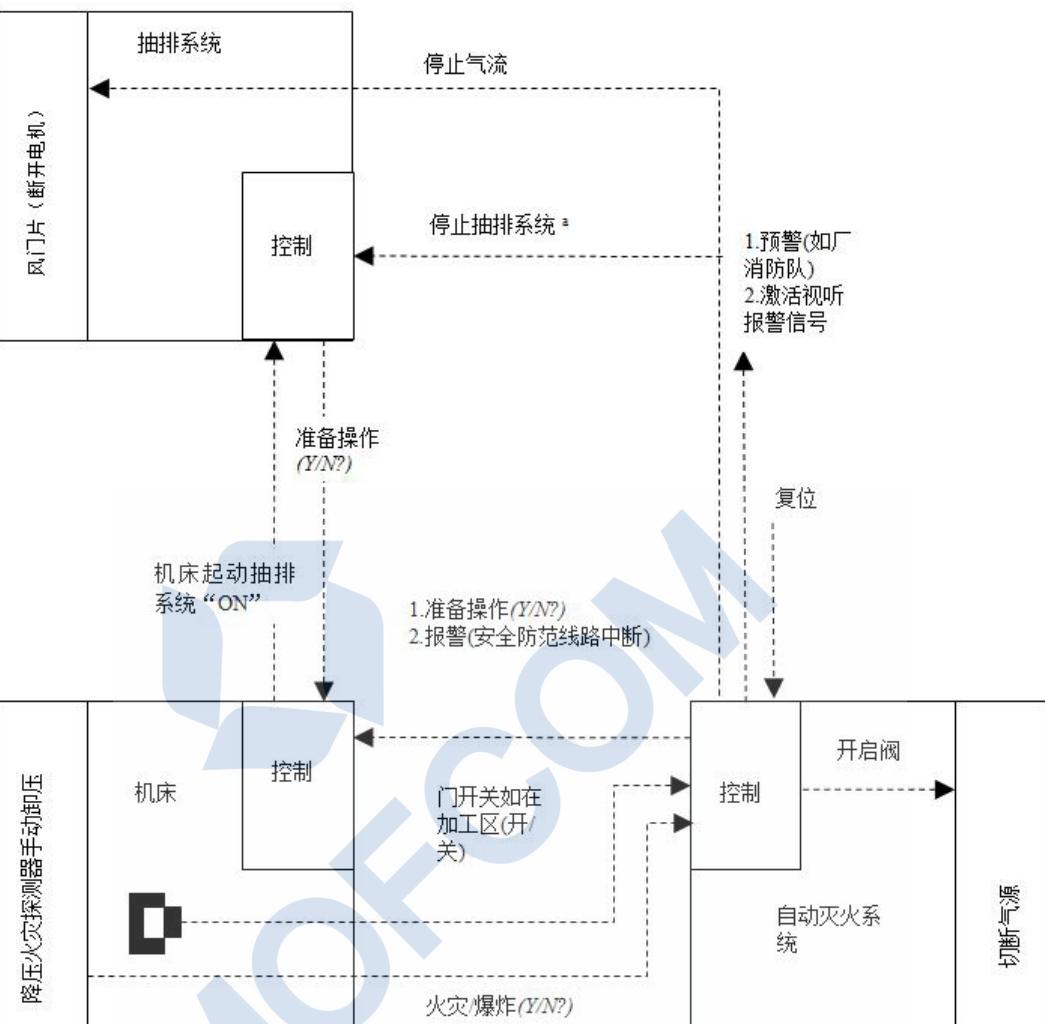
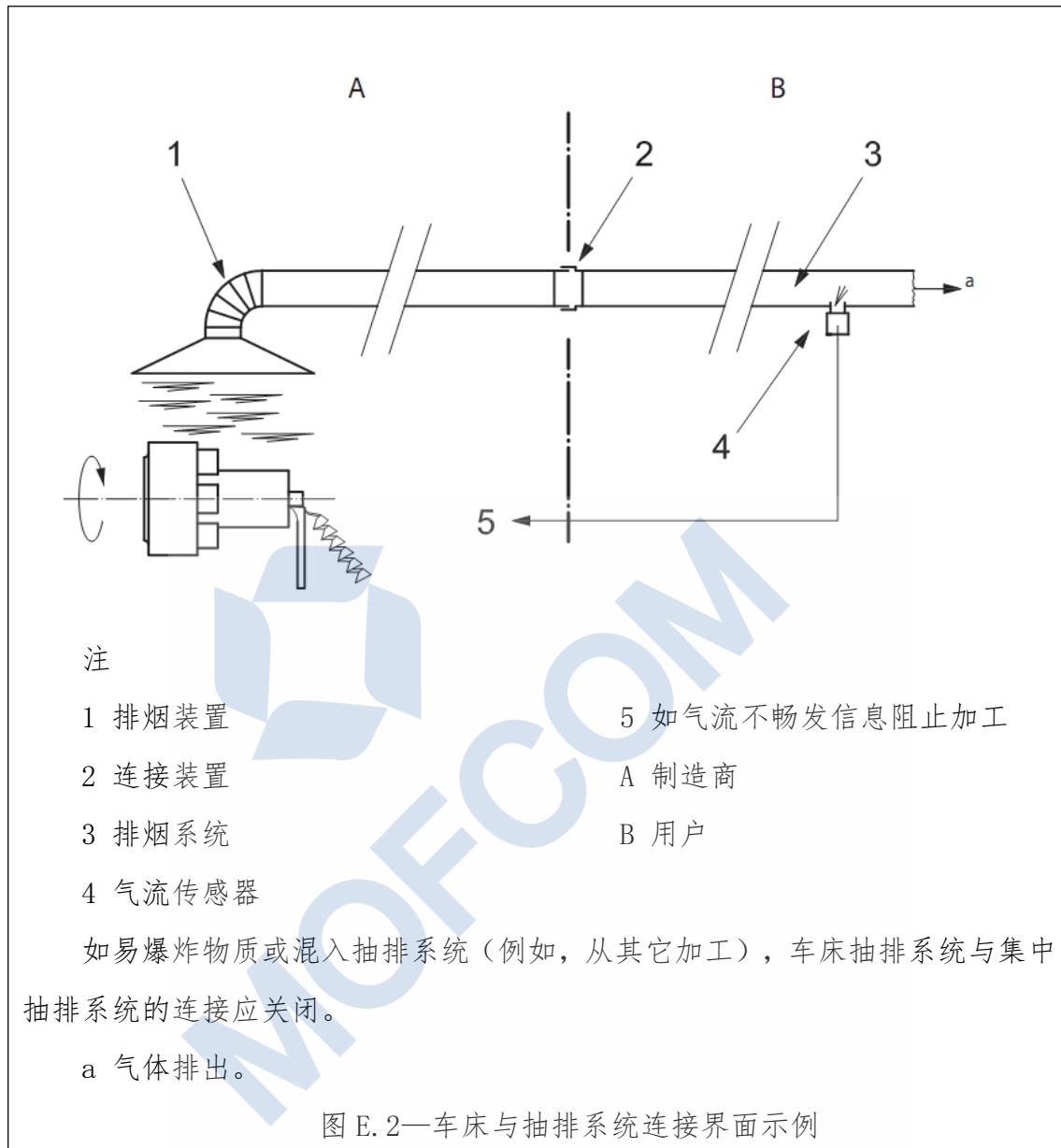
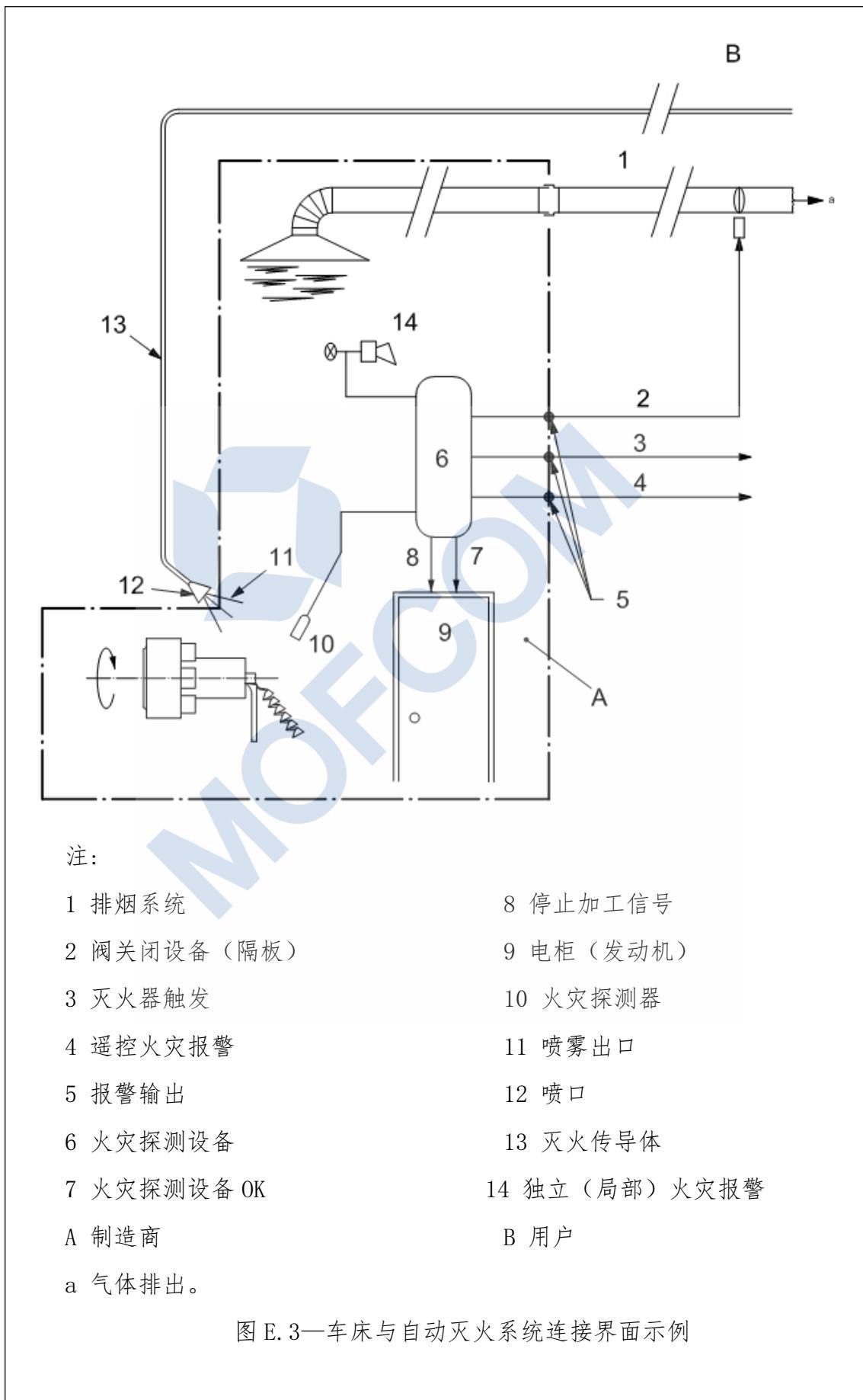


图 E.1—车床控制系统与灭火系统控制相互作用示例





附录 F

(资料性附录)

连锁防护罩性能水准评定示例

F. 1 总则

本附录说明 ISO13849-1 方法用于评定安全功能和确定性能水准 (PL)。广泛使用的控制电路量化为例说明。程序按步骤如下。

——控制系统与安全相关部件 (SRP/CS) 所执行的安全功能评定。对每一个安全功能步骤如下：

- 规定性能指标的详述；
- 要求性能水准确定，PL_r；
- 安全功能设计与完成情况；执行安全功能与安全相关部件评定；
- 性能水准评估，PL，就事论事
- 可量化方面：等级，部件的可靠性 (MTTF_d)，试验诊断范围 (DC)，避

免常见故障 (CCF) 的方法，

——不可量化的，影响 SRP/CS 状况定性方面（故障条件下安全功能状况，安全相关软件，系统故障与环境条件）；

- 安全功能 PL 验证 (PL 大于或等于 PL_r?)；
- 确认(所有要求均满足?)。

PL 评估，非量化方面考虑和确认，本附录未给出。

F. 2 安全功能和要求的性能水准

与安全相关的控制电路在完成（见图 F. 1）防护门联锁的安全功能给出的例子，可如下选择。

防护门打开时危险运动应停止（1 类停止符合 IEC60204-1; SS1，安全停止符合 IEC61800-5-2）。

为风险图示方法，ISO13849-1:2006，附录 A 风险参数定义引入。

F. 2. 1 受伤的严重程度，S1 和 S2

评估由于安全功能失效引起的风险，考虑不过有轻伤（通常可治愈的），重

伤（通常不可治愈的）和死亡。确定结果，通常根据事故情况及处理结果来判定 S1 和 S2。如，磕碰伤和/或撕裂伤并没有并发症可划分为 S1，而截肢或死亡就划分为 S2 了。

F. 2.2 危险出现频率和/或出现时间，F1 和 F2

频率参数应根据危险出现的次数及接近危险情况停留时间长短来选择。一般正常的时间周期选择参数 F1（不经常）或 F2（经常）很难划分。然而，下面的解释将有助于做出正确选择不存在疑问。如人经常或连续存在于危险环境中就应选择 F2。这与是同一人或不同人连续存在于危险环境中无关，如，使用起重设备。设计者要有安全的理念，经常并持续把持这点而不是经常或持续接近危险局面。ISO13849-1，安全活动需求频率假设为每年多于一次。出现在危险环境周期评估应以大致的平均值相对于设备整个使用周期来评定。如，在循环操作中为保障加工不得不隔一定时间去接近机床刀具和移动工件，就应选择 F2。如只是有时接近，就应选择 F1。

如没有其它理由，每个小时接近多于 1 次就应选择 F2。

F. 2.3 避免危险的可能性，P1 和 P2

在事故出现前能否意识到危险并能够避免很重要。如，危险能够直接被感知，或技术手段识别，如，指示器也是重要的考量。当然其它方面也影响参数 P 选择：

- 操作要或不要监控；
- 专业人员操作或非专业人员操作；
- 速度是否与发生危险有关（如，快或慢）；
- 避免危险的可能性（如，逃离）；
- 针对具体情况的安全实践经验。

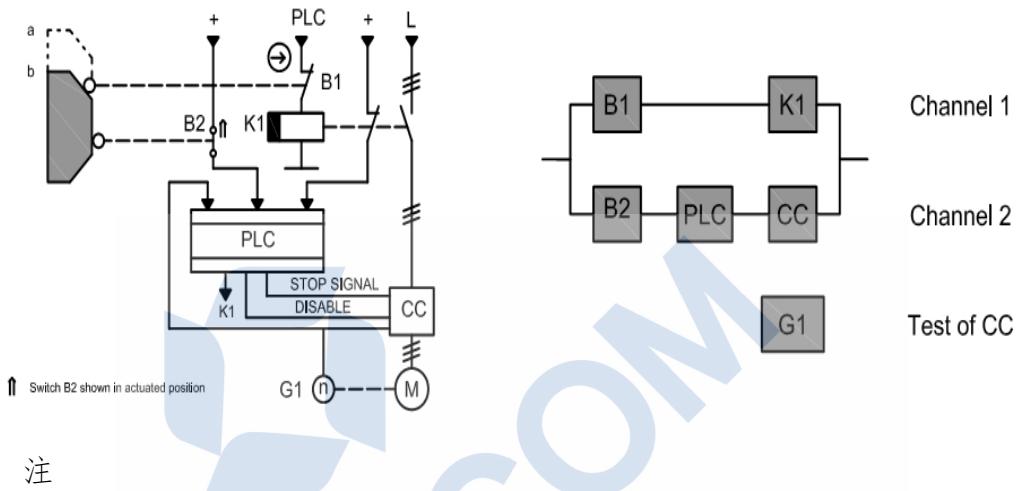
危险情况出现，如有机会避免事故或大大减小事故的危害应选 P1（可避免）；如几乎没有机会避免危害应选 P2（不可避免）。

F. 2.4 要求的性能水平

要求的性能水平，PLr，对于车床在 5.11b) 确定并说明。本附录推出的实例（见图 F.1），接近刀具机械手和/或刀库移动防护罩的联锁装置。根据 5.11b) 1) iii)，这种安全功能要求的性能水平应满足 PLr=d。

F. 3 安全相关部件鉴定

图 F. 1 表示出所有部件对安全起的作用。不仅联锁功能起作用（如起动-和停止-开关或 K1 延迟开关）省略。为说明 ISO13849-1 的方法，在这个例子（见图 F. 1），电流转换器没有与集成脉冲分段块配合使用。如集成脉冲分段块用作独立的断开路径，接触器 K1 可最终忽略。



注

B1 配有独立致动器的行程开关并直接打开

CC 电流转换器

B2 行程开关（常开）

G1 转动传感器

PLC 可编程逻辑控制器

M 电机

K1 接触器

a 打开

b 闭合

图 F. 1—控制电路与安全相关方框图验证安全相关部件

在此例中，两条备用通道提供不同的多余部分可供使用。第一通道（机电的）由配有独立致动器的行程开关并直接打开（B1），连接至接触器（K1），机械连接接触元件能够关闭电机电源。在第二通道（可编程的）使用电子元件。第二行程开关（常开）（B2）隐蔽布局避免失效，连接至可编程逻辑控制器（PLC）其控制电流转换器（CC）停止电机转动（停止信号）。电机停转后，意外起动可避免（使不能）。转动传感器（G1）用于控制电机转速，也用于试验。

如此，安全相关部件及所划分的通道可用安全相关方框图予以说明，如图 F. 1 右图所示。

F. 4 性能等级评定

F. 4.1 总则

危险故障平均时间, MTTF_d, 重要性对于每一个通道, 平均诊断覆盖率, DCavg, 及公共因素因子假设其评定符合 ISO13849-1:2006, 附录 C,D,E 和 F 或由制造商给出。等级评定符合 6.2 和 ISO13849-1:2006, 附录 B。

F. 4.2 每一个通道危险故障平均时间量化, 平均诊断覆盖率, 公共因素因子, 等级和性能水平

行程开关 B1 有直接打开动作及动作正模式。因此, 故障禁止主要由于机械故障造成接触没有打开和开关不动作引起(如, 柱塞断裂, 致动凸轮磨损及失调)。

注 这些假设同样适合符合 ISO60947-5-1:1997, 附录 K 和按制造商要求(见 ISO13849-2) 的开关动作及足够机械固定的辅助电路开关. 涉及联锁装置失效, 见 ISO14119。

对于第一通道危险故障平均时间 MTTF_d, B1 和 K1 对危险故障平均时间的影响, MTTF_{dc1}。对于 B1 的机械故障(包括致动器), 假设制造商给出的 B_{10d}-值是 2000000 循环。考虑一年 365 工作日, 每个工作日 16 工时并每个循环 10min, 每年操作平均数, n_{op}, 每年 35040 循环. 因此计算 MTTF_{dB1} 采用公式 (F. 1) :

$$\text{MTTF}_{\text{dB1}} = \frac{B_{10d}}{0.1 \times n_{op}} = \frac{2000000 \text{cycles}}{0.1 \times 35040 \text{cycles/a}} = 570a \quad (\text{F. 1})$$

对于接触器 K1, 假设制造商给出的 B_{10d} 是 2600000 循环(电感负荷电气寿命-AG3-考虑 50% 的危险故障)。n_{op}, 规定同上, 这样的话 MTTF_{dk1}=742a。

第一通道如公式 (F. 2) 给出:

$$\frac{1}{\text{MTTF}_{\text{dc1}}} = \frac{1}{\text{MTTF}_{\text{dB1}}} + \frac{1}{\text{MTTF}_{\text{dk1}}} = \frac{1}{570a} + \frac{1}{742a} = \frac{1}{322a} \quad (\text{F. 2})$$

对此通道这样的话 MTTF_{dc1}=322a, 简化为最大值 100a 也是被任何通道允许的。

在第二通道, B2, PLC 和 CC 对 MTTF_{dc2} 的影响。B2 是行程开关(常开)假设制造商给出的 B_{10d}-值是 1000000 循环。n_{op}, 规定同上, MTTF_d 为 285a 是 B1 的 1/2。对于 PLC 和 CC, 假设制造商给出的 MTTF_d 为 50a。

第二通道如公式 (F. 3) 给出:

$$\frac{1}{MTTF_{dC2}} = \frac{1}{MTTF_{dB2}} + \frac{1}{MTTF_{dPLC}} + \frac{1}{MTTF_{dCC}} = \frac{1}{285a} + \frac{1}{50a} + \frac{1}{50a} = \frac{1}{23a}$$

(F. 3)

因为两通道给出不同的 $MTTF_d$, 对称化公式, 给出 (F. 4) 可用于计算对称两通道系统的其中一通道 $MTTF_d$ 的替代值:

$$\begin{aligned} MTTF_d &= \frac{2}{3} \left(MTTF_{dC1} + MTTF_{dC2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{dC1}} + \frac{1}{MTTF_{dC2}}} \right) \\ &= \frac{2}{3} \left(100a + 23a - \frac{1}{\frac{1}{100a} + \frac{1}{23a}} \right) = 69a \text{ (“高”)} \end{aligned} \quad (\text{F. 4})$$

转动传感器 G1 对 $MTTF_d$ 没有影响。

在控制电路 DC 测定, B1, B2 和 K1 由 PLC 重复, PLC 完成自检并 CC 经 G1 由 PLC 重复。每个试验部分相关的 DC-值:

- $DC_{B1}=DC_{B2}=60\%$ (“低”), 由于输入的交叉监控没有动态试验;
- $DC_{K1}=99\%$ (“高”), 由于直接监控 (接触元件机械连接机电设备监控);
- $DC_{PLC}=30\%$ (“几乎无”), 由于自检有效性低 (假设制造商 FMEA 给出此值);
- $DC_{CC}=90\%$ (“中等”), 由于备用关闭路径由逻辑或试验设备配有经致动器之一监控。如 PLC 监视器 CC 失效, 由于 K1 电源切断停止运动。

对于 PL 评估, 平均诊断范围, $DCavg$, 需要作为输入:

$$\begin{aligned} DCavg &= \frac{\frac{DC_{B1}}{MTTF_{dB1}} + \frac{DC_{B2}}{MTTF_{dB2}} + \frac{DC_{K1}}{MTTF_{dK1}} + \frac{DC_{PLC}}{MTTF_{dPLC}} + \frac{DC_{CC}}{MTTF_{dCC}}}{\frac{1}{MTTF_{dB1}} + \frac{1}{MTTF_{dB2}} + \frac{1}{MTTF_{dK1}} + \frac{1}{MTTF_{dPLC}} + \frac{1}{MTTF_{dCC}}} \\ &= \frac{\frac{60\%}{570a} + \frac{60\%}{285a} + \frac{99\%}{742a} + \frac{30\%}{50a} + \frac{90\%}{50a}}{\frac{1}{570a} + \frac{1}{285a} + \frac{1}{742a} + \frac{1}{50a} + \frac{1}{50a}} = 61\% \end{aligned}$$

对于 CCF, 假设 CCF 评估完全按 ISO13849-1:2006, F. 2。下面针对 CCF 所采取的措施 (括号内为得分) :

物理分离信息路径 (15), 差异性 (20), 防止过电压, 过压, 污染防治和电磁兼容 (EMC) 针对 CCF 符合相应标准 (25), 防止温度, 冲击, 振动, 湿度

及所有原因造成常见故障（10）。

大量手段针对 CCF 要求最小得分 65（优于 100）。这里得分 85 足以满足针对 CCF 要求了。

对于等级，满足等级 B 基本要求（设计，建造，选择，组装和符合相关标准克服预期影响的配合；采用基本安全原则）。采用经验证的安全原则。单独的故障不会导致安全功能丧失。只要合理可行的，单独的故障检测到。诊断范围（DC）在 60%~90%。CCF 大大减少。这些特性满足等级 3 要求。

对于 PL 的评估，图 5 和 ISO13849-1:2006 的输入数据如下：对每一通道 MTTF_d 是“高”（69a），DCavg 是“低”（61%）并等级是 3。假设使用寿命为 20 年（见 ISO13849-1:2006, 4.5.4），这样的话性能水平“d”危险故障平均概率 $1.84 \times 10^{-7}/\text{h}$ 。

F.5 验证

这个结果对比 F.2 性能水平“d”要求。因此，控制电路满足 F.2 实例风险大大减少中要求。

参考文献

- [1] ISO1219-1, 液压驱动系统和组件—图形符号和电路图—第1部分：常规用图形符号和数据处理应用
- [2] ISO1219-2, 液压驱动系统和组件—图形符号和电路图—第2部分：电路图
- [3] ISO2806:1994, 工业自动化系统—机床数字控制—术语
- [4] ISO2972, 机床数字控制—符号
- [5] ISO3002-1, 切削和磨削加工的基本参数—第1部分：刀具工作部分的几何参数—通用术语、基准坐标系、刀具角度和工作角度、断屑器
- [6] ISO7000,¹⁾ 设备用图形符号—注册符号
- [7] ISO9614-1:1993, 声学—声强法测量噪声源声功率级—第1部分：离散点测量
- [8] ISO11553-1, 机械安全—激光加工机械—通用安全要求
- [9] ISO13732-1, 热环境的人类工效学—人对表面接触反应的评估方法—第1部分：热表面
- [10] ISO13856-1, 机械安全—压敏保护装置—第1部分：压敏垫和压敏地板的设计和试验通则
- [11] ISO15641, 高速切削铣刀—安全要求
- [12] IEC60947-5-1+A.1:2009, 低压开关和控制设备—第5-1部分：控制设备和开关元件—机电控制电路装置
- [13] IEC61496-2, 机械安全—电敏防护设备—第2部分：有源的光电保护设备（AOPDs）的特殊要求
- [14] IEC61496-3, 机械安全—电敏防护设备—第2部分：有源的光电保护设备对漫发射响应（AOPDDR）的特殊要求
- [15] IEC61508(全部), 电气/电子/可编程电子安全系统的功能安全
- [16] IEC61511-1, 功能安全—加工工业部门的安全仪表化系统—第1部分：框架、定义、系统、硬件和软件要求
- [17] EN414, 机械安全—安全标准的起草与表述规则
- [18] ISO15534-3, 机械安全人机工效学设计—第3部分：人体测量数据
- [19] EN692, 机床—机械压力—安全

- [20] EN693, 机床—安全—液压机
- [21] EN12198-1, 机械安全—设备的电磁辐射风险的评估与降低—第 1 部分：一般原则
- [22] EN12198-2, 机械安全—设备的电磁辐射风险的评估与降低—第 2 部分：电磁辐射测量程序
- [23] EN12198-3 机械安全—设备的电磁辐射风险的评估与降低—第 3 部分：通过衰减或屏蔽降低电磁辐射
- [24] EN12417, 机床—安全—加工中心
- [25] EN12717 机床安全—钻床
- [26] EN13128 机床安全—铣床（包括镗床）
- [27] EN13218 机床—安全—固定式磨床
- [28] EN13478 机械安全—火灾的预防和保护
- [29] EN13736:2003, 机床的安全—气压机
- [30] EN50370-1 电磁兼容性(EMC)—机床用产品系列标准—第 1 部分：辐射
- [31] EN50370-2 电磁兼容性(EMC)—机床用产品系列标准—第 2 部分：抗扰性
- [32] 研究所的其它出版物/德国圣奥古斯汀职业安全与健康研究所。可以在：
<http://www.dguv.de/bgia>

3. 国际标准和技术规范与我国的差异

3.1 我国和国外数控机床检验标准情况及差异

3.1.1 概述

目前数控机床检验标准国际上有 ISO 标准，主要为一些检验方法标准和检验标准（加工中心，数控车床与车削中心）。目前欧洲各国如：德国、英国、法国等纷纷将 ISO 标准转化为本国标准，同时美国、日本等也都抛弃了原来独自制定标准的原则，也纷纷采用国际标准。

因为随着国际贸易的迅猛发展和经济全球化的进程，标准在国际贸易与交流中的作用显得更加重要了，为全球的经济发展和消除内部技术性贸易壁垒发挥了重要作用。同时，国际标准在贸易中的地位不断提升，特别是在 ISO / IEC 与 WTO 协议中规定了一项重要原则，即各成员国制定技术法规和标准都应以国际标准作为基础，以避免造成贸易中的技术壁垒。因此 ISO 标准成为了国际一致公认和被普遍采用的标准，它具有很强的影响力，一般达到 ISO 标准的要求，基本可以达出口市场和贸易的要求。

与数控机床检验有关的国际标准（ISO）情况见表 27。

表 27 与数控机床检验有关的国际标准（ISO）情况

数控机床检验通用标准	
标准代号	标准名称
ISO 230-1:2012	机床检验通则 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度
ISO 230-2:2014	机床检验通则 第 2 部分：数控机床轴线的定位精度和重复定位精度的确定
ISO 230-3:2020	机床检验通则 第 3 部分：热变性的确定
ISO 230-4:2005	机床检验通则 第 4 部分：数控机床的圆检验
ISO 230-5:2005	机床检验通则 第 5 部分：机床噪声的发射
ISO 230-6:2002	机床检验通则 第 6 部分：对角线位移检验

ISO 230-7:2015	机床检验通则 第 7 部分：回转轴的几何精度检验
ISO/TR 230-8:2010	机床检验通则第 8 部分：振动
ISO/TR 230-9:2009	机床检验通则第 9 部分：ISO230 机床检验系列标准的不确定度估算的基本方程
ISO 230-10:2016	机床检验通则第 10 部分：数控机床测量性能的确定
ISO/TR 230-11:2018	机床检验通则 第 11 部分：适用于机床几何精度检验的测量仪器
ISO 14955-1:2017	机床 机床环境评价 第 1 部分：高能效机床设计方法
ISO 14955-2:2018	机床 机床环境评价 第 2 部分：测量提供给机床和机床部件的能量的方法
ISO 14955-3:2020	机床 机床的环境评价 第 3 部分：关于能源效率的金属切削机床的试验原则
ISO 14955-4:2019	机床 机床环境评价 第 4 部分：金属成形机床和激光加工机床能效测量原理
ISO/TR 16907:2015	机床 几何误差的数值补偿
ISO 26303:2012	机床 金属加工机床加工过程短期能力评估
加工中心检验标准	
ISO 10791-1:2015	加工中心检验条件 第 1 部分：卧式和带附加主轴头机床几何精度检验（水平 Z 轴）
ISO 10791-2:2001	加工中心检验条件 第 2 部分：立式或带垂直主回转轴的万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）
ISO 10791-3:1998	加工中心检验条件 第 3 部分：带水平主回转轴的整体万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）
ISO 10791-4:1998	加工中心检验条件 第 4 部分：线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验
ISO 10791-5:1998	加工中心检验条件 第 5 部分：工件夹持托板的定位精度和重复定位精度检验
ISO 10791-6:2014	加工中心检验条件 第 6 部分：进给量、速度和插补精度检验

ISO 10791-7:2020	加工中心检验条件 第 7 部分：精加工试件精度检验
ISO 10791-8:2001	加工中心检验条件 第 8 部分：三个坐标平面上轮廓特性的评定
ISO 10791-9:2001	加工中心检验条件 第 9 部分：刀具转换和托板转换动作时间的评定
ISO 10791-10:2007	加工中心检验条件 第 10 部分：热效应的评定

数控车床和车削中心检验标准

标准代号	标准名称
ISO 13041-1:2020	数控车床与车削中心检验条件 第 1 部分：卧式车床几何精度检验
ISO 13041-2:2020	数控车床与车削中心检验条件 第 2 部分：立式车床几何精度检验
ISO 13041-3:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 3 部分：倒置立式车床几何精度检验
ISO 13041-4:2004	数控车床与车削中心检验条件 第 4 部分：定位精度和重复精度检验
ISO 13041-5:2015	数控车床与车削中心检验条件 第 5 部分：进给、速度和插补精度检验
ISO 13046-6:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 6 部分：精加工试件精度检验
ISO 13041-7:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 7 部分：在坐标平面内轮廓特性的评定
ISO 13041-8:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 8 部分：热变形的评定
ISO 23125:2015	机床安全 车床

数控机床检验通用标准

标准代号	标准名称
ISO 230-1:2012	机床检验通则 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度
ISO 230-2:2014	机床检验通则 第 2 部分：数控机床轴线的定位精度和重复

	定位精度的确定
ISO 230-3:2007	机床检验通则 第 3 部分：热变性的确定
ISO 230-4:2005	机床检验通则 第 4 部分：数控机床的圆检验
ISO 230-5:2005	机床检验通则 第 5 部分：机床噪声的发射
ISO 230-6:2002	机床检验通则 第 6 部分：对角线位移检验
ISO 230-7:2015	机床检验通则 第 7 部分：回转轴的几何精度检验
ISO/TR 230-8:2010	机床检验通则第 8 部分：振动
ISO/TR 230-9:2009	机床检验通则第 9 部分：ISO230 机床检验系列标准的不确定度估算的基本方程
ISO 230-10:2016	机床检验通则第 10 部分：数控机床测量性能的确定
ISO 14955-1:2014	机床 机床环境评价 第 1 部分：高能效机床设计方法
加工中心检验标准	
ISO 10791-1:2015	加工中心检验条件 第 1 部分：卧式和带附加主轴头机床几何精度检验（水平 Z 轴）
ISO 10791-2:2001	加工中心检验条件 第 2 部分：立式或带垂直主回转轴的万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）
ISO 10791-3:1998	加工中心检验条件 第 3 部分：带水平主回转轴的整体万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）
ISO 10791-4:1998	加工中心检验条件 第 4 部分：线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验
ISO 10791-5:1998	加工中心检验条件 第 5 部分：工件夹持托板的定位精度和重复定位精度检验
ISO 10791-6:2014	加工中心检验条件 第 6 部分：进给量、速度和插补精度检验
ISO 10791-7:2014	加工中心检验条件 第 7 部分：精加工试件精度检验
ISO 10791-8:2001	加工中心检验条件 第 8 部分：三个坐标平面上轮廓特性的评定
ISO 10791-9:2001	加工中心检验条件 第 9 部分：刀具转换和托板转换动作时间的评定

ISO 10791-10:2007	加工中心检验条件 第 10 部分：热效应的评定
数控车床和车削中心检验标准	
标准代号	标准名称
ISO 13041-1:2004	数控车床与车削中心检验条件 第 1 部分：卧式车床几何精度检验
ISO 13041-2:2008	数控车床与车削中心检验条件 第 2 部分：立式车床几何精度检验
ISO 13041-3:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 3 部分：倒置立式车床几何精度检验
ISO 13041-4:2004	数控车床与车削中心检验条件 第 4 部分：定位精度和重复精度检验
ISO 13041-5:2015	数控车床与车削中心检验条件 第 5 部分：进给、速度和插补精度检验
ISO 13046-6:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 6 部分：精加工试件精度检验
ISO 13041-7:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 7 部分：在坐标平面内轮廓特性的评定
ISO 13041-8:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 8 部分：热变形的评定
ISO 23125:2015	机床安全 车床

3.1.2 美国

美国有 ANSI/ASME B5.57-2000《数控车床与车削中心 性能评价方法》，美国标准除在其本土使用外，在加拿大、墨西哥及中、南美的其它一些国家都有使用。

3.1.3 德国

德国目前是完全直接采用国际标准。以前还有一些标准将 ISO 标准直接转化为自己的国家标准（DIN），详见表 28。

表 28 国际标准（ISO）转化为德国标准（DIN）情况

标准代号	标准名称	转化情况
数控机床检验通用标准		
DIN-ISO-230-1-1999	机床检验通则 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度	ISO 230-1:1996
DIN-ISO-230-2-2011	机床检验通则 第 2 部分：数控机床轴线的定位精度和重复定位精度的确定	ISO 230-2:2006
DIN-ISO-230-4-2001	机床检验通则 第 4 部分：数控机床圆检验	ISO 230-4:1996
DIN-ISO-230-5-2006	机床检验通则 第 5 部分：机床噪声的发射	ISO 230-5:2020
加工中心检验标准		
DIN ISO 10791-1-2001	加工中心检验条件 第 1 部分：卧式和带附加主轴头机床几何精度检验（水平 Z 轴）	ISO 10791-1:1998
DIN ISO 10791-3-2001	加工中心检验条件 第 3 部分：带水平主回转轴的整体万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）	ISO 10791-3:1998
DIN ISO 10791-4-2001	加工中心检验条件 第 4 部分：线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验	ISO 10791-4:1998
DIN ISO 10791-7-2001	加工中心检验条件 第 7 部分：精加工试件精度检验	ISO 10791-7:1998

3.1.4 英国

英国除还保留 BS 4656—28: 1998《机床精度检验和检验方法车削直径小于 1500mm 的数控车床技术规范》外，基本上是将 ISO 标准直接转化为自己的国家标准（BS），详见表 29。

表 29 国际标准（ISO）转化为英国标准（BS）情况

标准代号	标准名称	转化情况
数控机床检验通用标准		
BS-ISO-230-1-2012	机床检验通则 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度	ISO 230-1:2012
BS-ISO-230-2-2014	机床检验通则 第 2 部分：数控机床轴线的定位精度和重复定位精度的确定	ISO 230-2:2014
BS-ISO-230-3-2007	机床检验通则 第 3 部分：热变性的确定	ISO 230-3:2007
BS ISO 230-4-2005	机床检验通则 第 4 部分：数控机床的圆检验	ISO 230-4:2005
BS ISO 230-5-2000	机床检验通则 第 5 部分：噪声的发射	ISO 230-5:2000
BS-ISO-230-6-2002	机床检验通则 第 6 部分：对角线位移检验	ISO 230-6:2002
BS ISO 230-7-2015	机床检验通则 第 7 部分：回转轴的几何精度检验	ISO 230-7:2015
BS ISO 230-10-2016	机床检验通则第 10 部分：数控机床测量性能的确定	ISO 230-10:2016
加工中心检验标准		
BS ISO 10791-1-2015	加工中心检验条件 第 1 部分：卧式和带附加主轴头机床	ISO 10791-1:2015

	几何精度检验（水平 Z 轴）	
BS ISO 10791-2-2001	加工中心检验条件 第 2 部分：立式或带垂直主回转轴的万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）	ISO 10791-2:2001
BS ISO 10791-3-1999	加工中心检验条件 第 3 部分：带水平主回转轴的整体万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）	ISO 10791-3:1998
BS ISO 10791-4-1998	加工中心检验条件 第 4 部分：线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验	ISO 10791-4:1998
BS ISO 10791-5-1998	加工中心检验条件 第 5 部分：工件夹持托板的定位精度和重复定位精度检验	ISO 10791-5:1998
BS ISO 10791-6-2014	加工中心检验条件 第 6 部分：进给量、速度和插补精度检验	ISO 10791-6:2014
BS ISO 10791-7-2014	加工中心检验条件 第 7 部分：精加工试件精度检验	ISO 10791-7:2014
BS ISO 10791-8-2001	加工中心检验条件 第 8 部分：三个坐标平面上轮廓特性的评定	ISO 10791-8:2001
BS ISO 10791-9-2001	加工中心检验条件 第 9 部分：刀具转换和托板转换动作时间的评定	ISO 10791-9:2001
BS ISO 10791-10-2007	加工中心检验条件 第 10 部分：热效应的评定	ISO 10791-10:2007
数控车床和车削中心检验标准		

BS ISO 13041-1:2004	数控车床与车削中心检验条件 第 1 部分：卧式车床几何精度检验	ISO 13041-1:2004
BS ISO 13041-2:2008	数控车床与车削中心检验条件 第 2 部分：立式车床几何精度检验	ISO 13041-2:2008
BS ISO 13041-3:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 3 部分：倒置立式车床几何精度检验	ISO 13041-3:2009
BS ISO 13041-4:2004	数控车床与车削中心检验条件 第 4 部分：定位精度和重复精度检验	ISO 13041-4:2004
BS ISO 13041-5:2015	数控车床与车削中心检验条件 第 5 部分：进给、速度和插补精度检验	ISO 13041-5:2015
BS ISO 13041-6:2009	数控车床与车削中心检验条件 第 6 部分：精加工试件精度检验	ISO 13046-6:2009
BS ISO 13041-7:2004	数控车床与车削中心检验条件 第 7 部分：在坐标平面内轮廓特性的评定	ISO 13041-7:2004
BS ISO 13041-8:2004	数控车床与车削中心检验条件 第 8 部分：热变形的评定	ISO 13041-8:2004

3.1.5 法国

法国目前是完全采用国际标准，直接将 ISO 标准直接转化为自己的国家标准（NF），详见表 30。

表 30 国际标准（ISO）转化为国家标准（NF）情况

标准代号	标准名称	转化情况
数控机床检验通用标准		
NF-E60-100-1-2012	机床检验通则 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度	ISO 230-1:2012
NF-E60-100-2-2014	机床检验通则 第 2 部分：数控机床轴线的定位精度和重复定位精度的确定	ISO 230-2:2014
NF-E60-100-3-2007	机床检验通则 第 3 部分：热变性的确定	ISO 230-3:2007
NF-E60-100-4-2005	机床检验通则 第 4 部分：数控机床的圆检验	ISO 230-4:2005
NF-E60-100-5-2000	机床检验通则 第 5 部分：噪声的发射	ISO 230-5:2000
NF-E60-145-2003	机床检验通则 第 6 部分：对角线位移检验	ISO 230-6:2002
NF-E60-100-7-2015	机床检验通则 第 7 部分：回转轴的几何精度检验	ISO 230-7:2015
NF-E60-100-10-2016	机床检验通则 第 10 部分：数控机床测量性能的确定	ISO 230-10:2016
加工中心检验标准		
NF-E60-172-1-2015	加工中心检验条件 第 1 部分：卧式和带附加主轴头机床几何精度检验（水平 Z 轴）	ISO 10791-1:2014
NF-E60-172-2-2001	加工中心检验条件 第 2 部分：立式或带垂直主回转轴的万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）	ISO 10791-2:2001
NF-E60-172-3-1999	加工中心检验条件 第 3 部	ISO 10791-3:1998

	分：带水平主回转轴的整体万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）	
NF-E60-172-4-1998	加工中心检验条件 第 4 部分：线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验	ISO 10791-4:1998
NF-E60-172-5-1998	加工中心检验条件 第 5 部分：工件夹持托板的定位精度和重复定位精度检验	ISO 10791-5:1998
NF-E60-172-6-2015	加工中心检验条件 第 6 部分：进给量、速度和插补精度检验	ISO 10791-6:2014
NF-E60-172-7-2015	加工中心检验条件 第 7 部分：精加工试件精度检验	ISO 10791-7:2015
NF-E60-172-8-2001	加工中心检验条件 第 8 部分：三个坐标平面上轮廓特性的评定	ISO 10791-8:2001
NF-E60-172-9-2001	加工中心检验条件 第 9 部分：刀具转换和托板转换动作时间的评定	ISO 10791-9:2001
数控车床和车削中心检验标准		
NF E 60-160-1-2004	数控车床与车削中心检验条件 第 1 部分：卧式车床几何精度检验	ISO 13041-1:2004
NF E 60-160-2-2008	数控车床与车削中心检验条件 第 2 部分：立式车床几何精度检验	ISO 13041-2:2008
NF E 60-160-3-2009	数控车床和车削中心检验条件 第 3 部分：反向立式机床几	ISO 13041-3:2009

	何精度	
NF E 60-160-4-2004	数控车床与车削中心检验条件 第 4 部分：定位精度和重复精度检验	ISO 13041-4:2004
NF E 60-160-5-2015	数控车床与车削中心检验条件 第 5 部分：进给、速度和插补精度检验	ISO 13041-5:2015
NF E 60-160-6-2009	数控车床与车削中心检验条件 第 6 部分：精加工试件精度检验	ISO 13046-6:2009
NF E 60-160-7-2004	数控车床与车削中心检验条件 第 7 部分：在坐标平面内轮廓特性的评定	ISO 13041-7:2004
NF E 60-160-8-2004	数控车床与车削中心检验条件 第 8 部分：热变形的评定	ISO 13041-8:2004

3.1.6 日本

日本原来有自己的数控机床检验标准 JIS B6331-1986《数控车床 性能和加工精度试验规程》、JIS B6336-1986《加工中心 性能和精度试验规程》，目前日本积极采用国际标准，将原 JIS B 6331-1986、JIS B 6336-1986 标准废止，日本转化数控机床精度检验国际标准（ISO）情况见表 31。

表 31 国际标准（ISO）转化为日本标准（JIS）情况

标准代号	标准名称	转化情况
数控机床检验通用标准		
JIS B0955-1-2020	机床. 机床的环境评估. 第 1 部分： 节能机床的设计方法	ISO 14955-1:2018
JIS B6190-1-2016	机床检验通则 第 1 部分：在无负荷	ISO 230-1:2012

	或精加工条件下机床的几何精度	
JIS B6190-2-2016	机床检验通则 第 2 部分：数控机床轴线的定位精度和重复定位精度的确定	ISO 230-2:2014
JIS B6190-3-2014	机床检验通则 第 3 部分：热变性的确定	ISO 230-3:2007
JIS-B6190-4-2008	机床检验通则 第 4 部分：数控机床的圆检验	ISO 230-4:2005
JIS B6195-2003	机床试验规程. 噪声排放的测定	ISO 230-5:2000
JIS-B6196-2006	机床检验通则 对角线位移检验	ISO 230-6:2002
JIS-B6190-7-2019	机床检验通则 第 7 部分：回转轴的几何精度检验	ISO 230-7:2015
JIS-B6190-10-2019	机床试验规程. 第 10 部分：数控机床探测系统测量性能的测定	ISO 230-10:2016
JIS B6197-2015	机床. 金属切削机床加工过程的短期能力评估	
加工中心检验标准		
JIS-B6336-1-2018	加工中心检验条件 第 1 部分：卧式和带附加主轴头机床几何精度检验（水平 Z 轴）	ISO 10791-1:2015
JIS-B6336-2-2002	加工中心检验条件 第 2 部分：立式或带垂直主回转轴的万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）	ISO 10791-2:2001
JIS-B6336-3-2000	加工中心检验条件 第 3 部分：带水平主回转轴的整体万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）	ISO 10791-3:1998
JIS-B6336-4-2000	加工中心检验条件 第 4 部分：线性	ISO 10791-4:1998

	和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验	
JIS-B6336-5-2000	加工中心检验条件 第 5 部分：工件夹持托板的定位精度和重复定位精度检验	ISO 10791-5:1998
JIS-B6336-6-2018	加工中心检验条件 第 6 部分：进给量、速度和插补精度检验	ISO 10791-6:2014
JIS-B6336-7-2018	加工中心检验条件 第 7 部分：精加工试件精度检验	ISO 10791-7:2014
JIS-B6336-8-2002	加工中心检验条件 第 8 部分：三个坐标平面上轮廓特性的评定	ISO 10791-8:2001
JIS-B6336-9-2002	加工中心检验条件 第 9 部分：刀具转换和托板转换动作时间的评定	ISO 10791-9:2001
JIS-B6190-10-2014	加工中心检验条件 第 10 部分：热效应的评定	ISO 10791-10:2007

数控车床和车削中心检验标准

JIS B 6331. 1-2006	数控车床与车削中心检验条件 第 1 部分：卧式车床几何精度检验	ISO 13041-1:2004
JIS B 6331. 2-2013	数控车床与车削中心检验条件 第 2 部分：立式车床几何精度检验	ISO 13041-2:2008
JIS B 6331. 3-2013	数控车床和车削中心检验条件第 3 部分：反向立式机床几何精度	ISO 13041-3:2009
JIS B 6331. 4-2004	数控车床与车削中心检验条件 第 4 部分：定位精度和重复精度检验	ISO 13041-4:2004
JIS B 6331. 5-2019	数控车床与车削中心检验条件 第 5 部分：进给、速度和插补精度检验	ISO 13041-5:2009
JIS B 6331. 6-2013	数控车床与车削中心第 6 部分：精加工试件精度检验	ISO 13046-6:2005
JIS B 6331. 7-2006	数控车床与车削中心第 7 部分：在坐	ISO 13041-7:2004

	标平面内轮廓特性的评定	
JIS B 6331.8-2006	数控车床与车削中心第8部分：热变形的评定	ISO 13041-8:2004

3.1.7 中国

我国的数控机床标准，起初是参照苏联标准制定的，如：GB/T 16421《数控卧式车床 精度》。另外根据我国型谱标准的特色，将数控机床作了进一步的细分，如按照重量划分可划分为重型、普通（中型）、仪表（轻型），按照所配数控系统类型可划分为经济型或简式数控、全功能型（数控）。根据不同的类型，分别制定了相应的标准，如数控卧式车床就有 JB/T 8324.1～8324.2《简式数控卧式车床》、JB/T 8325.1～8325.2《重型数控卧式车床》、JB/T 8326.1～8326.2《仪表数控卧式车床》等不同的标准。

随着我国加入WTO，我国加快了与国际接轨的步伐，并且积极采用国际标准（ISO），尤其在数控机床方面，基本做到了与世界同步。国际标准（ISO）转化为国家标准（GB）的情况详见表32。

表32 国际标准（ISO）转化为国家标准（GB）的情况

标准代号	标准名称	转化情况
数控机床检验通用标准		
GB/T 17421.1-1998	机床检验通则 第1部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度	ISO 230-1:1996 IDT (ISO 230-1:2012)
GB/T 17421.2-2016	机床检验通则 第2部分：数控机床轴线的定位精度和重复定位精度的确定	ISO 230-2:2006 IDT (ISO 230-2:2014)
GB/T 17421.3-2009	机床检验通则 第3部分：热变性的确定	ISO 230-3:2001 MOD (ISO 230-3:2020)

GB/T 17421.4-2016	机床检验通则 第 4 部分：数控机床的圆检验	ISO 230-4:2005 IDT
GB/T 17421.5-2015	机床检验通则 第 5 部分：噪声的发射	ISO 230-5:2000 IDT
GB/T 17421.6-2016	机床检验通则 第 6 部分：对角线位移检验	ISO 230-6:2002 IDT
GB/T 17421.7-2016	机床检验通则 第 7 部分：回转轴的几何精度检验	ISO 230-7:2006 IDT (ISO 230-7:2015)
	机床检验通则第 8 部分：振动	ISO/TR 230-8:2010 待转化
	机床检验通则第 9 部分： ISO230 机床检验系列标准的 不确定度估算的基本方程	ISO/TR 230-9:2009 待转化
GB/T 17421.10-2021	机床检验通则第 10 部分：数控机床测量性能的确定	ISO 230-10:2016
	机床 机床环境评价 第 1 部 分：高能效机床设计方法	ISO 14955-1:2017 即将发布
GB/T 18400.1-2010	加工中心检验条件 第 1 部 分：卧式和带附加主轴头机床 几何精度检验（水平 Z 轴）	ISO 10791-1:1998 IDT (ISO 10791-1:2015)
GB/T 18400.2-2010	加工中心检验条件 第 2 部 分：立式或带垂直主回转轴的 万能主轴头机床几何精度检 验（垂直 Z 轴）	ISO 10791-2:2001 IDT
	加工中心检验条件 第 3 部 分：带水平主回转轴的整体万 能主轴头机床几何精度检验	ISO 10791-3:1998 待转化

	(垂直 Z 轴)	
GB/T 18400.4—2010	加工中心检验条件 第 4 部分: 线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验	ISO 10791-4:1998 IDT
GB/T 18400.5—2010	加工中心检验条件 第 5 部分: 工件夹持托板的定位精度和重复定位精度检验	ISO 10791-5:1998 IDT
GB/T 18400.6—2001	加工中心检验条件 第 6 部分: 进给量、速度和插补精度检验	ISO 10791-6:1998 MOD ISO 10791-6:2014
GB/T 18400.7—2010	加工中心检验条件 第 7 部分: 精加工试件精度检验	ISO 10791-7:1998 IDT ISO 10791-7:2014
GB/T 18400.8—2001	加工中心检验条件 第 8 部分: 三个坐标平面上轮廓特性的评定	ISO 10791-8:2001 MOD
GB/T 18400.9—2007	加工中心检验条件 第 9 部分: 刀具转换和托板转换动作时间的评定	ISO 10791-9:2001 IDT
GB/T 18400.10—2021	加工中心检验条件 第 10 部分: 热效应的评定	ISO 10791-10:2007 IDT
数控车床和车削中心检验标准		
GB/T 16462.1—2007	数控车床与车削中心第 1 部分: 卧式车床几何精度检验	ISO 13041-1:2004 MOD (ISO 13041-1:2020)
GB/T 16462.2—2017	数控车床与车削中心第 2 部分: 立式车床几何精度检验	ISO 13041-2:2008 IDT (ISO 13041-2:2020)
GB/T 16462.3—2017	数控车床与车削中心第 3 部	ISO 13041-3:2009

	分：倒置立式车床几何精度检验	IDT
GB/T 16462.4-2007	数控车床与车削中心第4部分：定位精度和重复精度检验	ISO 13041-4:2004 MOD
GB/T 16462.5-2017	数控车床与车削中心第5部分：进给、速度和插补精度检验	ISO 13041-5:2006 IDT ISO 13041-5:2015
GB/T 16462.6-2017	数控车床与车削中心第6部分：精加工试件精度检验	ISO 13046-6:2005 IDT ISO 13041-6:2009
GB/T 16462.7-2009	数控车床与车削中心第7部分：在坐标平面内轮廓特性的评定	ISO 13041-7:2004 IDT
GB/T 16462.8-2009	数控车床与车削中心第8部分：热变形的评定	ISO 13041-8:2004 IDT

随着数控机床技术的发展，在单一数控机床基础上派生了一些复合数控机床，例如：铣车复合加工中心、车铣复合加工中心、车磨复合加工中心等，目前这些产品基本上没有相应的产品标准，只是参照相应数控机床标准执行。

3.2 我国和国外安全标准情况及差异

安全标准作为贸易技术壁垒的一种重要手段被各国和地区广泛采用，所以安全标准在国际贸易中具有举足轻重的作用。

目前 ISO/TC39/SC10 机床安全分技术委员会正在起草车床、加工中心、磨床、金属锯床、锻压机床、电加工机床（含数控机床）的安全标准，已发布的机床安全标准见表 33：

表 33 欧洲国家机床安全标准情况

序号	标准号	标准名称
----	-----	------

1	ISO 666:2012	机床 轮毂式法兰平面磨轮的安装
2	ISO 16089:2015	机床安全 固定式磨床
3	ISO 16090-1:2017	机床安全 加工中心、铣床、运输装置 第 1 部分： 安全要求
4	ISO 16092-1:2017	机床安全 压力机 第 1 部分：一般安全要求
5	ISO 16092-2:2019	机床安全 压力机 第 2 部分：机械压力机的安全要求
6	ISO 16092-3:2017	机床安全 压力机 第 3 部分：液压机的安全要求
7	ISO 16092-4:2019	机床安全 压力机 第 4 部分：
8	ISO 16093:2017	机床 安全 冷金属锯床
9	ISO 23125:2015	机床 安全 车床
10	ISO 28881:2013	机床 安全 电火花机床
11	ISO 28881:2013/COR 1:2013	机床 安全 电火花机床 勘误 1

为了与国际接轨和便于开展国际贸易, 我国已转化和正转化国际机床安全标准为我国标准, 详见表 34。

表 34 我国采用数控机床安全标准情况

标准号	标准名称	转化情况
GB/T 21013-2007	机床 轮毂式法兰平面磨轮的安装	ISO 666:2012, MOD
GB/T 40330-2021	机床安全 固定式磨床	ISO 16089:2015, MOD
	机床 安全 车床	ISO 23125:2015, MOD 即将发布
	机床 安全 冷金属锯床	ISO 16093:2017 正在转化

当前对数控机床国际贸易影响较大的安全标准为欧洲机床安全标准, 其标准情况见表 35, 欧洲机床安全标准还被其他国家和地区如; 亚洲、美洲、非洲等所采用, 因此欧洲机床安全标准对数控机床国际贸易起着关键作用。

表 35 欧洲国家机床安全标准情况

序号	标准号	标准名称
1	EN 12413:2019	普通磨具 安全要求
2	EN 12622:2009+A1:2013	机床安全 液压制动器
3	EN 12717:2001+A1:2009	机床安全 钻床
4	EN 13236:2019	超硬磨料 安全要求
5	EN 13743:2017	涂敷磨具 安全要求
6	EN 13985:2003+A1:2009	机床安全 剪切机
7	EN 1550:1997+A1:2008	机床安全 卡盘设计与结构安全要求
8	EN ISO 15641:2001	高速铣刀 安全要求
9	EN ISO 16089:2015	机床安全 固定式磨床
10	EN ISO 16090-1:2018	机床安全 加工中心、铣床、转移机 第 1 部分:安全要求
11	EN ISO 16092-1:2018	机床安全 压力机 第 1 部分:一般安全要求
12	EN ISO 16092-2:2020	机床安全 压力机 第 2 部分:机械压力机的安全要求
13	EN ISO 16092-3:2018	机床安全 压力机 第 3 部分:液压压力机的安全要求
14	EN ISO 16092-4:2020	机床安全 压力机 第 4 部分:气动压力机的安全要求
15	EN ISO 16093:2017	机床 安全 冷金属锯床
16	EN ISO 23125:2015	机床 安全 车床
17	EN ISO 28881:2013	机床 安全 电火花机床
18	EN ISO 28881:2013/AC:2013	机床 安全 电火花机床修改单
19	EN ISO 6103:2014	粘合磨料产品 交货砂轮允许的不平衡量 静态试验

为了与国际接轨和便于开展国际贸易,我国也将两个数控车床欧洲安全标准转化为我国标准,详见表 36。

表 36 我国采用数控机床安全标准情况

标准号	标准名称	转化情况
GB 22997-2008	机床安全 小规格数控车床与车削中心	EN 12415:2000+ EN 12415:2000/A1:2002 MOD
GB 22998-2008	机床安全 大规格数控车床与车削中心	EN 12478:2000+ EN 12478:2000/AC:2001 MOD
GB 18568-2001	加工中心 安全防护技术条件	自行制定

美国机床安全标准自成体系制定了不少机床安全标准见表 37。

表 37 美国机床安全标准情况

序号	标准号	标准名称
1	ANSI B11.0-2020	机械安全
2	ANSI B11.1-2009 (R2020)	机械压力机 安全要求
3	ANSI B11.2-2013 (R2020)	液压和气动压力机 安全要求
4	ANSI B11.3-2012 (R2020)	动力压力制动器 安全要求
5	ANSI B11.4-2003 (R2020)	剪切机 安全要求
7	ANSI B11.6-2001 (R2020)	手动、无自动控制车床 结构、维护和使用安全要求
8	ANSI B11.07 1995 (R2010)	冷镦 结构、维护和使用安全要求
9	ANSI B11.8-2001 (R2020)	铣床、钻床、镗床 结构、维护和使用安全要求
10	ANSI B11.9-2010 (R2020)	磨床 结构、维护和使用安全要求
11	ANSI B11.10-2003 (R2020)	金属锯床 结构、维护和使用安全要求
12	ANSI B11.11-2001 (R2012)	齿轮和花键轴机床 安全要求
13	ANSI B11.12 2005 (R2010)	轧辊和弯曲成形机 安全要求

14	ANSI B11.13-2020	单轴和多轴 棒料和卡盘机床 安全要求
15	ANSI B11.15 - 2001 (R2020)	管子、管材和弯管机 安全要求
16	ANSI B11.16-2014 (R2020)	机床 粉末/金属压结机 安全要求
17	ANSI B11.17-2004 (R2015)	卧式液压挤压机 安全要求
18	ANSI B11.18-2006 (R2020)	卷绕或非卷绕金属机械加工或分切安全要求
19	ANSI B11.19-2019	降低风险措施的性能要求:保护和其他降低风险的方法
20	ANSI B11.20-2017	集成制造系统 安全要求
21	ANSI B11.21-2006 (R2020)	激光加工机床 安全要求
22	ANSI B11.22-2002 (R2020)	数控车床与车削中心 安全要求
23	ANSI B11.23-2002 (R2020)	加工中心和数控铣、钻、镗床 安全要求
24	ANSI B11.24-2002 (R2020)	运输装置 安全要求
25	ANSI B11.TR1-2016	设计、安装和使用机床的人机工程学指南
26	ANSI B11.TR2-1997	机床金属加工液的油雾控制对设计、安装和使用
27	ANSI B11.TR3 -2000 (R2015)	机械的 ANSI 技术报告。风险评估和降低。估计、评估和降低机床相关风险的指南
28	ANSI B11.TR4-2004	可编程电子产品的选择
29	ANSI B11.TR5-2006 (R2017)	机器的 ANSI 技术报告 噪音等级测量指南。测量, 评估, 记录和报告机器发出的噪声等级指南
30	ANSI B11.TR6-2010	机床控制系统安全
31	ANSI B11.TR7-2007	安全和精益制造而设计:在机械使用中集成安全和精益制造原则的指南

32	ANSI B7.1-2017	砂轮使用、保管和防护的安全要求
33	ANSI B7.7-2003 (R2011)	涂附磨具的安全要求

德国机床安全标准主要是采用国际标准，见表 38。

表 38 德国机床安全标准情况

序号	标准号	标准名称
1	DIN EN ISO 16089-2016	机床 安全 固定式磨床
2	DIN EN ISO 16092-1-2019	机床安全 压力机 第 1 部分：一般安全要求
3	DIN EN ISO 16092-3-2019	机床安全 压力机 第 3 部分：液压机的安全要求
4	DIN EN ISO 16093-2017	机床 安全 车床
5	DIN EN ISO 28881-2014	机床 安全 电火花加工机床

3.3 主要技术差异

我国采用国际标准的一致性程度是反映我国标准与相应国际标准之间差异大小的标志，我国标准采用国际标准的一致性程度分为三种：

- 等同采用（IDT），技术内容完全一致，仅做微小编辑性修改；
- 修改采用（MOD），技术内容大体一致，可做相应调整、修改等，但必须标识出来；
- 非等效采用（EQV）技术内容可不一致，所做修改无需标识。

3.3.1 我国标准与 ISO 230 检验通则标准的主要技术差异

对于 ISO 230 检验通则标准，我国现行标准部分采用国际标准的前一版本：GB/T 17421.1-1998《机床检验通则 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度》采用 ISO 230-1: 1996（最新版本为 ISO 230-1: 2012），GB/T 17421.2-2016《机床检验通则 第 2 部分：数控机床轴线的定位精度和重复定位

精度的确定》采用 ISO 230—2: 2006（最新版本为 ISO 230—2: 2014），GB/T 17421.3—2009《机床检验通则 第3部分：热变形的确定》采用 ISO 230—3: 2001（最新版本为 ISO 230—3: 2020），GB/T 17421.7—2016《机床检验通则 第7部分：回转轴线的几何精度》采用 ISO 230—7: 2007（最新版本为 ISO 230—7: 2015）。

对于 ISO 230 检验通则标准，我国现行标准部分采用国际标准的最新版本：GB/T 17421.4—2016《机床检验通则 第4部分：数控机床的圆检验》采用 ISO 230—4: 2005，GB/T 17421.5—2015《机床检验通则 第5部分：噪声发射的确定》采用 ISO 230—5: 2000，GB/T 17421.6—2016《机床检验通则 第6部分：体和面定位精度的测定（对角位移测试）》采用 ISO 230—6: 2002。主要技术差异见表 39。

表 39 我国标准与 ISO 230 检验通则标准的主要技术差异

GB/T 17421.2—2016 与 ISO 230—2: 2006 主要技术差异
—— 在结果的表达（第 7 章）中，增加了一个规定——提供测量不确定度参数的最低要求； —— 本部分的两个附录均为资料性附录。新增的附录 A 对测量直线位置的不确定度的简便方法作了描述。附录 B 给出了可供选择的阶梯循环。
ISO 230—2: 2006 与 ISO 230—2: 2014 主要差异
—— 增加了第 2 章“规范性引用文件”； —— 增加了附录 C（资料性附录）“周期定位误差”； —— 增加了附录 D（资料性附录）“线性定位误差测量用校准列阵球或步距规”。
GB/T 17421.7—2016 与 ISO 230—7: 2007 主要技术差异
—— 对原标准中的错误内容、公式进行了纠正； —— 对局部内容进行了编辑性修改，如：附录 G 增加了表 G.1。

3.3.2 我国标准与 ISO 10791 加工中心检验条件标准的主要技术差异

目前我国已转化加工中心检验条件国际标准 ISO 10791—1 系列标准，主要技术差异见表 40。

表 40 我国标准与 ISO 10791 加工中心检验条件标准的主要技术差异

国际标准	我国标准	转化程度	主要技术差异
ISO 10791: 1998 《加工中心检验条件 第1部分：卧式和带附加主轴头机床几何精度检验（水平Z轴）》	GB/T 18400. 1-2010	等同, IDT	无
ISO10791-2:2001 《加工中心检验条件 第2部分：立式或带垂直主回转轴的万能主轴头机床几何精度检验（垂直Z轴）》	GB/T 18400. 2-2010	等同, IDT	无
ISO 10791-3:1998 《加工中心检验条件 第3部分：带水平主回转轴的整体万能主轴头机床几何精度检验(垂直Z轴)》		不转化, 国内无此类型机床	
ISO 10791-4:1998 《加工中心检验条件 第4部分：线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验》	GB/T 18400. 4-2010	等同, IDT	无
ISO 10791-5:1998 《加工中心检验条件 第5部分：工件夹持托板的定位精度和重复定位精度检验》	GB/T 18400. 5-2010	等同, IDT	无
ISO 10791-6:1998 《加工中心检验条件 第6部分：进给量、速度和插补精度检验》	GB/T 18400. 5-2001	等效, eqv	无
ISO 10791-7:1998 《加工中心检验条件 第7部分：精加工试件精度检验》	GB/T 18400. 7-2010	等同, IDT	无

ISO 10791-8:2001 《加工中心检验条件 第 8 部分：三个坐标平面上轮廓特性的评定》	GB/T 18400.8-2001	等效， eqv	无
ISO 10791-9:2001 《加工中心检验条件 第 9 部分：刀具转换和托板转换动作时间的评定》	GB/T 18400.9-2007	等同， IDT	无
ISO 10791-10:2007 《加工中心检验条件 第 10 部分：热效应的评定》		准备转化	

目前 ISO 10791 的第 1 部分、第 6 部分、第 7 部分均有新的版本，ISO 10791-1:2015、ISO 10791-6:2014、ISO 10791-7:2014 主要技术差异见表 41。

表 41 ISO 10791 加工中心检验条件标准的新、老版本主要技术差异

ISO 10791-1:2015 与 ISO 10791-1:1998 主要差异
—— 第 1 章范围由 2000mm 扩大到 3200mm； —— 第 2 章中增加了 ISO 230-2:2012、ISO 230-7、ISO 10791-6:2014； —— G13 和 G14 检验方法增加了“另法”； —— 取消 1998 版的 G15~G26 内容； —— 1998 版附录 A “45° 分度主轴头”变为“水平非回转工作台”； —— 1998 版附录 B “附加回转主轴头”变为“绕垂直 B 轴线旋转的工作台”； —— 1998 版附录 C “整体万能 45° 对分连续分度主轴头”变为“绕垂直 B 轴线旋转和水平 A 轴线倾斜旋转的工作台”； —— 1998 版附录 D “参考文献”变为“绕水平 A 轴线旋转和垂直 B 轴线旋转的工作台”； —— 增加了附录 E(资料性附录)“刀具夹持轴与工件夹持回转工作台的运动误差”； —— 增加了附录 F(资料性附录)“回转运动轴线与可倾工作台的运动误差”； —— 增加了附录 G(资料性附录)“回转运动轴线与回转工作台的运动误差”。
ISO 10791-6:2014 与 ISO 10791-6:1998 主要差异
—— 第 2 章“规范性引用文件”进行修订；

- 增加了“术语和定义”（见 2014 版的第 3 章）；
- 增加了 4.7 “不在检验位置的轴线”（见 2014 版的 4.7）；
- 取消了 1998 版的 K5 和 K6；
- 附录 A “参考文献” 变为 “主轴头两回转轴线的动态检验”；
- 附录 B（资料性附录）“工作台两回转轴线的动态检验”；
- 附录 C（资料性附录）“回转头和/或回转工作台的动态检验”；
- 附录 D（资料性附录）“关于附录 A 至附录 C 的检验调整的预防措施”。

ISO 10791-7:2020 与 ISO10791-7:2014 主要差异

- 增加了“第3章 术语和定义”；
- 4.10 增加了试件 M5 “自由形状试件”；
- 增加了附录 A（资料性）自由形状试件精加工精度（M5）。

3.3.3 我国标准与 ISO 13041 数控车床和车削中心检验条件标准的主要技术差异

目前我国已转化“ISO 13041-1”～“ISO 13041-8”《数控车床和车削中心 检验条件》八个国际标准，基本是修改采用，我国 GB/T 16042 系列国家标准与 ISO 13041 国际标准的主要技术差异见表 42-表 47：

表 42 GB/T 16042.1-2007 与 ISO13041-1:2004 主要技术差异

标准章条	ISO13041-1:2004	GB/T 16042.1-2007	有关说明
------	-----------------	-------------------	------

4. 7	B-2 组——配置二个同轴相对的主轴箱 B-3 组——配置一个同轴旋转的主轴箱 B-4 组——配置二个平行的主轴箱	B-2 组——配置二个相对的主轴箱 B-3 组——配置二个平行的主轴箱 B-4 组——配置二个同轴旋转的主轴箱 将 4. 7 条 b)、c) 二项合并为一项	有误 简化
4. 8 a)	“卧式刀架”	改为“立式刀架”	有误
4. 11	机床尺寸范围表 1 中的主参数原文直译为“床身上允许的直径”	修改为“床身上最大回转直径”	概念不够清楚，为了符合我国现有数控车床主参数的划分
G4	检验方法中将“产生的平面只许凹”	更改为“a) 项检验产生的平面只许凹”	不明确
G7、G8、G9		检验方法中增加了“注释”	更明确
G20	G24	我国标准“G20”为原国际标准的“G24”	排列更合理
G21	G20	我国标准“G21”为原国际标准的“G20”	排列更合理
G22	G21	我国标准“G22”为原国际标准的“G21”	排列更合理
G23	G22	我国标准“G23”为原国际标准的“G22”	排列更合理

G24	G23	我国标准“G24”为原国际标准的“G23”	排列更合理
-----	-----	-----------------------	-------

我国 GB/T 16042.2-2017 与 ISO 13041-2:2008 的主要技术差异见表 43:

表 43 GB/T 16042.2-2017 与 ISO 13041-2:2008 的主要技术差异

标准章条	ISO13041-2:2008	GB/T 16042.2-2017	有关说明
G1、G2、G3	G1、G2、G3	删除国际标准 G1、G2、G3 范围 4 中的公差，改为“——”代替范围 4 中公差。	更改后更加合理
G5	G5	国际标准 G5 简图中“a”在第四象限位置，本部分更改为第一象限位置。	更改后更加合理
第 6 章	第 6 章	将国际标准第 6 章改为本部分的附录 A（资料性附录）	更改后更加合理

我国 GB/T 16042.3-2017 与 ISO 13041-3:2009 的主要技术差异见表 44:

表 44 GB/T 16042.3-2017 与 ISO 13041-3:2009 的主要技术差异

标准章条	ISO13041-3:2009	GB/T 16042.3-2017	有关说明
第 6 章	第 6 章	将国际标准第 6 章改为本部分的附录 A（资料性附录）	

我国 GB/T 16042.4-2007 与 ISO 13041-4:2004 的主要技术差异见表 45:

表 45 GB/T 16042.4-2007 与 ISO 13041-4:2004 主要技术差异

标准章条	ISO13041-4:2004	GB/T 16042.4-2007	有关说明
前言	ISO 前言删除	采用我国前言	

第 1 章 5. 3		增加了线性轴线行程大于 2000mm 的机床位置精度检验方法及位置精度允差值。	扩大使用范围
---------------	--	---	--------

我国 GB/T 16042. 5-2017 与 ISO 13041-5:2006 的主要技术差异见表 46:

表 46 GB/T 16042. 5-2017 与 ISO 13041-5:2006 的主要技术差异

标准章条	ISO13041-5:2006	GB/T 16042. 5-2017	有关说明
K5	K5	将国际标准中 K5 检验公差中的“0.15、0.25”分别修改为“0.05、0.07”。	国际标准指标过低, 修改后更符合机床实际情况

我国 GB/T 16042. 6-2017 与 ISO 13041-6:2009 的主要技术差异见表 47:

表 47 GB/T 16042. 6-2017 与 ISO 13041-6:2009 的主要技术差异

标准章条	ISO13041-6:2009	GB/T 16042. 6-2017	有关说明
3. 7	试件的材料、刀具和切削参数应按供应商/制造商和用户之间的协议执行	试件的材料、刀具和切削参数由制造商自定	更改后更合理
3. 8	推荐将机床的型号和序列号、检验日期和轴线的位置标记在试件上, 与机床同时交付以便用户参考	删除	删除此条更符合国情, 因为试件需重复使用
3. 10	注 1、注 2、注 3 和注 4	合并为注 1 和注 2	更改后更加合理
M2	简图中 “ $D_p < 160$ 和 $D_p < 60$ ”	改为 “ $60 < D_p \leq 160$ 和 $D_p \leq 60$ ”	更改后更加合理
表 5 中 b)、i) 和 m)	公差前没有 “Φ”	增加了 “Φ”	更改后更加合理

表 5 中 m) 项	“内孔 N 对外孔 M 的同轴度”有误	更正为“内孔 M 对外孔 N 的同轴度”	更改后更加合理
------------	---------------------	----------------------	---------

3.3.4 我国安全标准与 EN 欧洲机床安全标准的主要技术差异

我国 GB 22997—2008《机床安全 小规格数控车床与车削中心》和我国 GB 22998—2008《机床安全 大规格数控车床与车削中心》是修改采用 EN 12415:2000《机床安全 小规格数控车床与车削中心》和 EN 12478:2000《机床安全 大规格数控车床与车削中心》制定的。目前 EN 12415:2000 和 EN 12478:2000 已被 EN ISO 23125:2015《机床安全 车床》所代替，而 EN ISO 23125:2015 是等同采用 ISO 23125:2015。但我国 GB 22997—2008 和 GB 22998—2008 尚未修订，所以若出口欧洲应直接采用 ISO 23125:2015 国际标准。

我国 GB 18568-2001《加工中心 安全防护技术条件》。我国的加工中心安全是根据加工中心存在的主要危险，参照了欧盟机械指令的基本要求、英国 MTTA 加工中心安全规范、美国相关安全等制定的。同 EN 12417 的主要差异在标准的结构和一下具体安全要求措施上。

3.3.5 我国机床安全标准与 ISO 国际机床安全标准的主要技术差异

目前已颁布的国际机床安全标准，我国已转化、正在转化、未转化情况如下：

已转化

- ISO 16089:2015《机床安全 固定式磨床》；
- ISO 23125:2015《机床安全 车床》。

正在转化

- ISO 16093:2017《机床 安全 冷金属锯床》。

待转化

- ISO 16090-1:2017《机床安全 加工中心、铣床、运输装置 第 1 部分：安全要求》；
- ISO 16092-1:2017《机床安全 压力机 第 1 部分：一般安全要求》；
- ISO 16092-2:2019《机床安全 压力机 第 2 部分：机械压力机的安全要

求》；

—— ISO 16092-3:2017《机床安全 压力机 第3部分:液压压力机的安全要求》；

—— ISO 16092-4:2019《机床安全 压力机 第4部分:气动压力机的安全要求》；

—— ISO 28881:2013《机床安全 电火花机床》。

由于种种原因这些国际机床安全国际标准我国尚未转化。因此，这些产品在出口时，应采用相应的国际机床安全标准。

我国 GB/T 30440-2021 与 ISO 16089:2015 的主要技术差异见表 48:

表 48 我国 GB/T 30440-2021 与 ISO 16089:2015 的主要技术差异

标准章条	ISO 16089:2015	GB/T 30440-2021	有关说明
第 2 章		GB/T 5226. 1-2019 代替 IEC 60204-1:2016; GB 7247. 1 代替 IEC 60825-1; GB/T 7932-2017 代替 ISO 4414:2010; GB 11291. 1-2011 代替 ISO 10218-1: 2006; GB/T 12467. 1 代替 ISO 3834-1; GB/T 12668. 502-2013 代替 IEC 61800-5-2-2007; GB/T 14574 代替 ISO 4871; GB 15706-2012 代替 ISO 12100: 2010; GB/T 16655 代替 ISO 11161; GB/T 16754 代替 ISO 13850; GB/T 16855. 1-2018 代替 ISO 13849: 2015;	关于规范性引用文件, 本文件做了具有技术性差异的调整, 以适应我国的技术条件, 调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中, 具体调整: 用等同采用国际标准的

	GB/T 17161 代替 ISO 447; GB/T 17454. 2 代替 ISO 13856-2; GB/T 17799. 2 代替 IEC 61000-6-2; GB/T 17799. 4-2012 代替 IEC 61000-6-4; GB/T 17888. 1 代替 ISO 14122-1; GB/T 17888. 2 代替 ISO 14122-2; GB/T 17888. 3 代替 ISO 14122-3; GB/T 17888. 4 代替 ISO 14122-4; GB/T 18831-2017 代替 ISO 14119: 2013; GB/T 19418 代替 ISO 5817; GB/T 19866 代替 ISO 15607; GB 23821-2009 代替 ISO 13857: 2008; GB 28526 代替 IEC 62061; GB/T 324 代替 ISO 2553; GB/T 3766-2015 代替 ISO 4413; GB/T 8196-2018 代替 ISO 14120: 2015; GB/T 19670-2005 代替 ISO 14118: 2000;	
--	--	--

		的 GB/T 24598 代替 ISO 9606-2。	
5.2.1 c) 4) 和 5.2.2 e) 4)		增加了“4) 提供警示标牌”	因为国内手动机 床无法做到 1)、 2)、3) 的要求， 以适应大多数中 小企业实际情况
5.9e) 1) i)		增加了“（外圆磨削类机床 横向进给机构除外）”	以适应我国外圆 磨削类机床横向 进给机构的结构 特征
A.3.2.1 以及表 A.8、表 A.9		增加了“磨具防护罩若采用 抗拉强度不低于 415 N/mm ² 的压延钢板，其壁厚圆周板 厚度 tp 及侧板厚度 ts 可采 用不低于表 A.8 所列数值； 若选用焊接性能较好的 Q235 压延钢板时（抗拉强度 为 375 N/mm ² ～460 N/mm ² ）， 其壁厚不应低于表 A.8 所列 数值；当选用抗拉强度不低 于 150 N/mm ² 的灰铸铁时， 其壁厚不应低于表 A.9 所列 数值；当选用可锻铸铁时， 其壁厚不应低于表 A.8 所列 数值的 2 倍。”	以适应我国磨床 行业实际情况

3.4 我国和国外功能部件检验标准情况及差异

3.4.1 概述

机床功能部件包括：丝杠、导轨、主轴、刀库、刀架、转台、卡盘、摆头等。但是在国际上只有丝杠、导轨、卡盘有相应的国际标准。与功能部件检验有关的国际标准（ISO）情况见表 49。

表 49 与数控机床检验有关的国际标准（ISO）情况

滚珠丝杠副标准	
标准代号	标准名称
ISO 3408-1:2006	滚珠丝杠副 第 1 部分：术语和符号
ISO 3408-2:2021	滚珠丝杠副 第 2 部分：公称直径和公称导程 公制系列
ISO 3408-3:2006	滚珠丝杠副 第 3 部分：验收条件和验收检验
ISO 3408-4:2006	滚珠丝杠副 第 4 部分：轴向静刚度
ISO 3408-5:2006	滚珠丝杠副 第 5 部分：轴向额定静载荷和动载荷及使用寿命
导轨标准	
ISO 14728-1:2004	滚动轴承 直线运动滚动支承 第 1 部分：额定动载荷和额定寿命
ISO 14728-2:2004	滚动轴承 直线运动滚动支承 第 2 部分：额定静载荷
卡盘标准	
ISO 3089:2005	机床 整体爪手动自定心卡盘检验条件
ISO 3442-1:2005	机床 双爪自动定心卡盘的尺寸和几何试验 第 1 部分：单爪自动定心手动卡盘
ISO 3442-2:2005	机床 双爪自动定心卡盘的尺寸和几何试验 第 2 部分：舌槽型手动卡盘
ISO 3442-3:2007	机床 双爪自动定心卡盘的尺寸和几何试验 第 3 部分：动力夹紧卡盘
ISO 16156:2004	机床安全卡盘设计和制造安全要求
ISO 19719:2010	机床 卡盘 术语

3.4.2 我国和国际标准情况及差异

3.4.2.1 我国和国际标准情况

目前我国功能部件全部有相应的术语标准、制造与验收标准。在采用国际标准上基本做到了与世界同步。国际标准（ISO）转化为中国标准（GB）的情况详见表 50。

表 50 国际标准（ISO）转化为中国标准（GB）的情况

标准代号	标准名称	转化情况
滚珠丝杠副标准		
GB/T 17587. 1-2017	滚珠丝杠副 第 1 部分：术语和符号	ISO 3408-1:2006 MOD
GB/T 17587. 2-1998	滚珠丝杠副 第 2 部分：公称直径和公称导程 公制系列	ISO 3408-2:1991 IDT (ISO 3408-2:2021)
GB/T 17587. 3-2017	滚珠丝杠副 第 3 部分：验收条件和验收检验	ISO 3408-3:2006 MOD
GB/T 17587. 4-2008	滚珠丝杠副 第 4 部分：轴向静刚度	ISO 3408-4:2006 MOD
GB/T 17587. 5-2008	滚珠丝杠副 第 5 部分：轴向额定静载荷和动载荷及使用寿命	ISO 3408-5:2006 MOD
导轨标准		
GBT 21559. 1-2008	滚动轴承 直线运动滚动支承 第 1 部分：额定动载荷和额定寿命	ISO 14728-1:2004 IDT
GBT 21559. 2-2008	滚动轴承 直线运动滚动支承 第 2 部分 额定静载荷	ISO 14728-2:2004 IDT
卡盘标准		
GB/T 23291-2009	机床 整体爪手动自定心卡盘	ISO 3089:2005

	检验条件	MOD
GB/T 31396. 1-2015	机床 双爪自动定心卡盘的尺寸和几何试验. 第 1 部分: 单爪自动定心手动卡盘	ISO 3442-1:2005 IDT
GB/T 31396. 2-2015	机床 双爪自动定心卡盘的尺寸和几何试验. 第 2 部分: 舌槽型手动卡盘	ISO 3442-2:2005 IDT
GB/T 31396. 3-2020	机床 双爪自动定心卡盘的尺寸和几何试验 第 3 部分: 动力夹紧卡盘	ISO 3442-3:2005 IDT
GB/T 23290-2009	机床安全卡盘设计和制造安全要求	ISO 16156:2004 IDT
GB/T 38759-2020	机床 卡盘 术语	ISO 19719:2010 MOD

3.4.2.2 我国和国际标准主要技术差异

我国丝杠、导轨、卡盘标准和国际标准的主要技术差异见表 51 至表 54。

表 51 我国丝杠标准和 ISO 3408 国际标准主要技术差异

GB/T 17587. 1-2017 与 ISO 3408-1:2006 主要差异
<ul style="list-style-type: none"> —— 对 ISO 3408-1:2006 中 2.1.1.1 的“注 3”进行了修改。保留了 GB/T 17587. 1-1998 的处理法，增加了 2 级与 4 级标准公差等级及相应的 IT2 和 IT4 标准公差。主要考虑到 2 级与 4 级的滚珠丝杠副在我国得到广泛应用； —— 对 ISO 3408-1:2006 中 2.2.2.1 中的“注”进行了修改。增加了“(等于节圆直径或滚珠丝杠螺纹外径)”，主要考虑到国内外不少生产商的滚珠丝杠副，其公称直径是等于节圆直径或滚珠丝杠螺纹外径； —— ISO 3408-1:2006 的 2.2.2.4 “槽”中，未对“槽”本身作定义，而下面“2.2.2.4.1 哥德式槽”和“2.2.2.4.2 圆弧形槽”两个术语的定义涉及到“滚

道法向截形”的概念。为了叙述更直观并适合我国标准的表述，本部分保留了 GB/T 17587. 1-1998 的处理办法：将 2. 2. 2. 4 的标题“槽”改为“滚道法向截形”并作了定义；将“哥德式槽”和“圆弧形槽”分别修改为“双圆弧滚道”和“单圆弧滚道”，并增加了它们的滚道法向截形示意图（图 5），为此，将 ISO 3408-1:2006 的图 5 和图 6 改为图 6 和图 7。；

—— 本部分在 2. 2. 9. 3 中，为便于理解和使用标准，保留 GB/T 17587. 1-1998 的

处理办法，在 ISO 3408-1:2006 的定义的前面，增加了“根据实际使用要求提出的具有方向目标要求的导程”。

本部分还对 ISO 3408-1:2006 做了下列编辑性修改：

—— 对图 2 进行了下列修改：将图中到滚珠螺母体的线改成实线，并增加了图注：

“注：虚线表示非必有的组件”；

—— 将 2. 2. 1 的图 3 中滚珠螺母外径 韵 1 的标注地方，由 ISO 3408-1:2006

标注在滚珠螺母的法兰上，修改为标注在滚珠螺母的安装外圆上，并删除了法兰的图形；

—— 将图 3 下面说明中的“公称接触角”修改为“接触角”。

GB/T 17587. 2-1998 与 ISO 3408-2:1991 主要差异

无

GB/T 17587. 3-2017 与 ISO 3408-3:2006 主要差异

—— 在 ISO 3408-3: 2006 中，滚珠丝杠副标准公差等级没有 2 级与 4 级，考虑到 2 级与 4 级的滚珠丝杠副在我国得到广泛应用，故本部分在“4. 1 分级”的表 1 中，保留了 GB/T 17587. 1-1998 的处理办法，增加了标准公差等级 2 级和 4 级，以后凡涉及标准公差等级及检验项目允差之处，均增加 2 级与 4 级标准公差等级和相应的允差；

—— 在“4. 2. 1 公差”中，同 GB/T 17587. 1-1998，增加了 2 级和 4 级

- 精度有效行程 l_u 内行程变动量公差 v_{up} 的计算公式；
- 对 5.1 中图 2 进行了以下修改：将图中“允许误差=”改为“允许误差≤”；增加了表示行程测量仪的图形，重新引出了它的指引线 4；
 - 在检验项目 E4 的检验说明中，增加了“简图中的 n 代表滚珠丝杠相对滚珠螺母旋转的圈数”；
 - 在检验项目 E5 中，同 GB/T 17587.1-1998，在注 1 中，增加了“此时 l_1 为滚珠丝杠总长”；
 - 在检验项目 E6.1、E7.1 及 E8.1 中，同 GB/T 17587.1-1998，在 E6、E7 及 E8 中一样，增加了表注“注：经商定允许将滚珠丝杠顶在中心孔上测量”；
 - 在附录 A 中，考虑到公称导程 4、6、8、12、16…等滚珠丝杠副有广泛应用，同 GB/T 17587.1-1998 的表 A.2 中增加了公称导程的规格，还将表中的“导程”改为“公称导程”，“ P_h ”改为“ P_{h0} ”；
 - 在附录 A 表 A.3 中，考虑到表 A.2 中修改了公称导程的规格，为此对原表 A.3 的表格进行了修改。
- 本部分对 ISO 3408-3:2006 做了下列编辑性修改：
- 在“4.2.1 公差”和附录 A 表 A.1 的表注中，有效行程 l_u 内的目標行程公差值 e_p 确定方法，由不分精度级别的说明，修改为分别按 0 级精度说明和按其他精度级别说明；
 - 将 ISO 3408-3:2006 的 4.2.2.3 中图 3b) e_{sa} 和 e_{0a} 下面的箭头的标注处，改注到 l'_2 和 l_2 之间的中心线上；
 - 将 ISO 3408-3:2006 的 5.2 中检验项目 E4 内的符号“ $v 2 \pi p$ ”修改为“ $v 2$

π”。
GB/T 17587. 4-2008 与 ISO 3408-4: 2006 主要差异
<p>—— 考虑到 GB/T 17587. 3—1998 《滚珠丝杠副 第 3 部分： 验收条件与验收检验》</p> <p>标准中滚珠丝杠副的标准公差等级有 2、 4 级而无 0 级的情况，在本部分的 5. 5. 3 及附录 B 的表 B. 2 中，标准公差等级增加了 2、 4 级，取消了 0 级，相应也增加了 2、 4 级的修正系数，其数值按插入法计算。</p>
GB/T 17587. 5-2008 与 ISO 3408-5: 2006 主要差异
<p>—— 考虑到 GB/T 17587. 3—1998 《滚珠丝杠副 第 3 部分： 验收条件与验收检验》</p> <p>标准中滚珠丝杠副的标准公差等级有 2、 4 级无 0 级的情况，在本部分的 6. 1. 3 的表 1 中，标准公差等级 0, 1, 3 和 5 改为 1 至 5。</p>

表 52 ISO 3408-2:2021 与 ISO 3408-2:1991 主要技术差异

ISO 3408-2:2021 与 ISO 3408-2:1991 主要差异
<p>—— 充分审查了标准的技术现状；</p> <p>—— 定义了反映不同国际标准的三个系列滚珠丝杠副；</p> <p>—— 根据当前市场的反映，增加了尺寸；和</p> <p>—— 根据技术现状，给出了不同类型的法兰。</p>

表 53 我国导轨标准和 ISO 导轨国际标准主要技术差异

GB/T 21559. 1-2008 与 ISO 14728-1:2004 主要差异
无
GB/T 21559. 2-2008 与 ISO 14728-2:2004 主要差异

无

表 54 我国卡盘标准和 ISO 卡盘国际标准主要技术差异

GB/T 23291-2009 与 ISO 3089:2005 主要差异
<p>—— 卡盘公称直径≤125 和>500 的卡盘几何精度检验公差值进行了调整；</p> <p>—— G01 项和 G02 项，$d > 500$ 的公差值改为 0.008mm；</p> <p>—— G3 项几何精度公差值进行了调整；</p> <p>—— G4 项检验中“检验环外径应大于卡爪夹持弧直径”改为“检验环外径应小于卡爪夹持弧直径”。</p>
GB/T 38759-2020 与 ISO 19719:2010 主要差异
<p>—— 删除了“范围”里原 ISO19719:2010 的注 1 和注 2 的内容；原因是注 1 和注 2 是从国际标准角度说明的，我国标准不用这种解释；</p> <p>—— 增加了中文索引。</p>

4.目标市场的技术规范、标准和合格评定程序与我国的差异

“技术法规”的定义为：“规定技术要求的法规，它或者直接规定技术要求，或者通过引用标准、技术规范、或规程来规定技术要求，或者将标准、技术规范、或规程的内容纳入法规中”。这个定义有意强调并揭示了标准与技术法规的关系，未对技术法规的内涵做更多的描绘。也就是说“技术法规”的概念是随着技术的发展而出现的，法规的执行是解决一些技术问题，从而实现法规执行的可操作性。标准作为解决技术问题的重要手段被法规所利用，所以成为法规的重要支撑。

技术法规是保障国家安全，保障人身健康和安全等权益，保护动植物和环境的重要法律形式。世界各国都十分重视本国技术法规的建立，特别是经济发达国家，其技术法规体系十分完善并有一套行之有效的技术法规管理运行机制。

4.1 欧盟

在欧盟市场上，不论是欧盟内部企业生产的产品，还是其他国家生产的产品，要想在欧盟市场上自由流通，就必须通过 CE 认证，加贴“CE”标志。

CE 标志属于强制性认证标志，并非测试标志，表明产品符合欧盟《技术协调与标准化新方法》指令的基本要求，并作为通关的凭证，证明产品可在欧洲自由交易。

加贴“CE”标志必须符合下列几个要求：

- 必须具备所适用的指令；
- 必须符合该产品的欧洲标准(即 EN 标准(或 ENV:暂行欧洲标准和 prEN:欧洲标准草案)，主要是安全标准；或
- 经过适当的合格评定程序。

目前欧盟已颁布了三十几个指令，与数控机床相关的指令见表 55。

表 55 与数控机床相关的欧盟指令

指令编号	指令名称
2006/42/EC	机械指令 Machinery Directive

2014/35/EU	低压电气指令 Low Voltage Electrical Equipment Directive
2014/30/EU	电磁兼容指令 Electromagnetic Compatibility Directive

协调标准是指受欧盟委员会的委托，由欧洲标准化委员会（CEN）、欧洲电工标准化委员会（CENELEC）和欧洲电信标准学院（ETSI）按照欧洲议会与欧盟理事会关于在技术标准规范和信息社会服务法规领域提供信息程序的 98/34/EC 指令要求，依据其中指导原则而批准的不具强制约束力的技术规范。

符合欧盟官方公报上公布的协调标准的机械设备可视为符合该协调标准覆盖的本指令相关部分的要求，协调标准虽不具有强制约束力，但其在本指令的执行过程中扮演着重要的角色。

合格评定可分为以下八种基本模式见表 56:

表 56 合格评定的基本模式

模式序号	模式内容	说明
模式一	内部生产控制	工厂自我控制和认证
模式二	EC 型式评审	
模式三	与型式（样品）一致	
模式四	生产过程质量保证	
模式五	产品质量保证	由指定的测试机构进行评审
模式六	产品验证	
模式七	单件验证	
模式八	综合质量保证	

4.2 美国

UL 是英文保险商试验所（Underwriter Laboratories Inc.）的简写，UL 标志是美国最认可的安全标志，美国的采购商一般都要求产品要取得 UL 认证。只有取得 UL 标志的产品才能被大多数销售商所接受，只有取得 UL 标志的产品在

出现质量事故后才可逃避产品责任。

根据产品的类别，UL 标志又分为：

—— 第 1 种，列名 主要适用于整机产品，是正式的产品认证。属于 UL 列名服务的产品主要为各类电器产品和电气构件：如：保险丝、电线、开关和其它电气构件等。经过认证的产品，通常在 UL 产品目录上刊登获证产品；

—— 第 2 种，认可 主要用于零部件。有时甚至不需要测试产品就可以获得认可。特别注意 UL 在整机认证时不一定完全承认经过 UL 认可的零部件。

—— 第 3 种，分级。分级服务仅对产品的特定危害进行评价，或对执行 UL 标准以外的其它标准（包括国际上认可的标准，如 IEC 和 ISO 标准等）的产品进行评价。一般来说工业产品适用这种方式。UL 标志中的分级标志表明了产品在经 UL 鉴定时有一定的限制条件和规定范围。

UL 标志除了美国市场以为，在加拿大市场也被认可。

4.3 俄罗斯

GOST, 俄语 ГОСТ Государственный союзный стандарт (全苏国家标准) 的英文简称，

国外制造商生产的产品出口到以俄罗斯为代表的独联体国家，应满足俄罗斯的国家质量标准，也就是通过 GOST 认证。

根据产品进入国的不同，分别有 GOST-R 认证(Russia, 俄罗斯)，GOST-B 认证(Belarus, 白俄罗斯)，GOST-K 认证(Kazakhstan, 哈萨克斯坦)等。

需要注意的是，2007 年俄罗斯，白俄罗斯，哈萨克斯坦三国成立了海关联盟。为了使联盟国之间的贸易更容易，也为了避免在这个关税联盟内进出口产品的技术法规壁垒，海关联盟立法签发强制性海关联盟 TR 技术法规证书，海关联盟证书 Customs Union Technical Regulations certificate: 是证明该产品符合海关联盟技术法规的唯一证明，该证书适用于：俄罗斯、白俄罗斯、哈萨克斯坦全境。凡是持有“CU-TR”证书的产品就可在海关联盟各成员国内销售，无须符合每个成员国的要求，从而实现了商品在海关同盟成员国范围内的自由流通。

2013 年 2 月 15 日起，凡属于俄白哈海关联盟(CU)认证范围内的产品，强制申请 CU-TR 认证。截至 2013 年 3 月 15 日，俄罗斯、哈萨克斯坦、白俄罗斯已经

停止签发本国旧法规的 GOST 证书，改为申请签发 CU-TR 证书。

根据俄罗斯联邦认证法规，商品如果属于 GOST 认证范围，应依据现行的安全规定通过认证并领取俄罗斯国家标准合格证书。标准合格证书分单批次证书和连续性生产证书两种：

单批次证书是指针对一个购买合同有效的证书。该单货物可以分批出口，多次有效。一般情况下发货周期不能超过 1 年。

连续性生产证书是指长期有效的证书。通常适用于多个项目或者合同下的产品认证，按照有效期可以分为 1 年期、3 年期、5 年期。申请连续性证书，申请工厂必须具备 ISO9001 质量体系证书。通过认证后，在证书有效期内，每次出口凭证书复印件即可清关，不限出口次数。部分产品需要每年接受工厂审核。

前苏联解体后独联体各国都纷纷出台了自己的 ГОСТ 认证证书，例如，哈萨克斯坦的 GOST-K 证书，白俄罗斯的 GOST-B 证书等。基本上都仍旧沿用过去的苏联标准，因此 ГОСТ 标准又称苏联标准。

1995 年俄罗斯联邦法律《产品及认证服务法》颁布之后，俄罗斯开始实行产品强制认证制度，对需要提供安全认证的商品从最初的数十种发展到现在数千种，商品上市基本实行准入制，要求国内市场上市必须有强制认证标志。

近年来，俄罗斯逐步加强了进口商品的强制性管理，将产品强制认证扩展到了海关。1999 年 5 月 12 日，俄联邦国家海关委员会第 282 号令颁布了进入俄联邦海关领土需出具强制认有 PCT 标志的国家标准《商品质量证书》（GOST 证书）和《卫生安全证书》，才能进入俄罗斯市场，只要获得了俄国家带有 PCT 标志的 GOST 证书，就等于拿到了进入俄罗斯国门的通行证。

强制认证产品范围：主要包括：电子产品，轻工业品等。

根据俄罗斯法律，商品如果属于强制认证范围，不论是在俄俄罗斯生产的，还是进口的，都应依据现行的安全规定通过认证并领取俄罗斯国家标准合格证书（缩写 GOST 合格证）。取得俄罗斯强制认证证书（GOST），一方面可以直接上市销售，或可在俄设立委托销售或直接销售，价格也会有较大的优势。二是可长期解决使用证书的问题，一旦通过认证，在三年有效期内，每出口一批产品，领取一份证书复印件，即可以作为有效证明保证出口和上市。三是使用俄罗斯强制认证标志，提升产品价值，为企业开拓俄罗斯市场提供信誉保证。

4.4 日本

日本政府推行的 JIS 认证制度，因日本工业标准—JIS 标准而得名。

目前，日本推行的产品认证制度主要有两类：

一类是根据《工业标准化法》实施的自愿性认证，认证后可使用 JIS 标志，简称 JIS 认证。JIS 认证制度因日本工业标准 JIS 标准而得名，产品一旦标识了 JIS 标志，就意味着产品符合 JIS 标准。JIS 标志在日本得到了十分广泛的应用。

另一类是根据《消费生活产品安全法》、《电器用品安全法》（DENAN）等产品安全法实施的强制性认证，使用 PS 标志。目前有 498 种产品进入日本市场必须通过安全认证。其中，165 种 A 类产品包括电线、电缆、保险丝、开关、插座等应取得菱形的 PSE 标志，333 种 B 类产品包括金属导管、连接器等应取得圆形 PSE 标志。

4.5 韩国

KS 认证属于自愿性认证，它表明该产品符合韩国工业标准的规定，制造商具备或超过韩国工业标准所规定的制造能力。对取得 KS 产品实施优惠政策，要求在采购时，应优先考虑 KS 标志产品，优先与 KS 标志产品签订合同。另外具有 KS 标志的产品还可免除诸多检验、验证或型式批准。

韩国 EK 认证属于强制性认证，它适用于所有的电气和电子产品，要求列入强制认证产品目录，主要包括电线电缆、电器连接件、设备保护器、安全变压器、灯具等，必须取得 EK 认证后，才可在韩国市场销售。

2009 年 1 月 1 日起对所有电子和电气产品强制使用 KC 标志并替代原来的 EK 标志。KC 认证分两类，一类是对消费者危险性较大的产品，实行强制性认证，其它电子电气产品属自律安全确认计划产品，此类产品只需在安全检测机构进行产品检测且得到确认进行自我宣告即可。

4.6 东盟自由贸易区

BPS 是东盟自由贸易区的强制认证标志，它要求属于强制认证产品目录的产品必须加贴该标志，主要包括六大类产品，同工业产品有关的主要有：接线装置、

电线电缆、机械。

4.7 非洲地区

SONCAP 认证是尼日利亚的认证标志，它要求列入目录的管制产品必须取得该标志，主要涉及电子电气产品。

4.8 中国

中国自 2002 年 5 月 1 日起施行强制性产品认证。

认证标志“CCC”的名称为“中国强制认证”（英文名称为“China Compulsory Certification”，英文缩写为“CCC”，也可简称为“3C”标志）。

对于列入《目录》内的产品，必须获取“CCC” 标志，“CCC” 标志是准许其出厂销售、进口和在经营性活动中使用的证明标记。

对于机床产品目前还尚未列入到目录中。

另外，由于我国目前技术法规正处在建设时期，目前尚未有与数控机床相关的技术法规。但是我国标准化法赋予了“强制性标准”具有技术法规地位，所以目前我国的“强制性标准”可视作“技术法规”。我国的强制性标准的范畴包括“国家安全、防止欺骗、保护人身健康或安全、保护动植物和环境”。

5. 出口商品应注意的其他问题

5.1 知识产权问题

随着我国加入WTO，数控机床市场的全球化，跨国公司早已把知识产权发展战略作为企业发展战略的重要组成部分，这是发达国家制定知识产权战略的基础和立足点。美国政府根据国家利益和美国企业的竞争需要，对专利法、版权法、商标法等传统知识产权立法不断地修改与完善，并通过积极推动WTO的知识产权协议（TRIPS）的达成，从而在世界上形成了一套有利于美国等技术领先国家的知识产权规则。

国际知名跨国公司已成为运用专利战略的典范，而且对专利战略的重视达到前所未有的高度。在全球专利保护一体化的条件下，拥有专利，就拥有全球市场。专利对市场构成一种无形的法律保护。谁拥有核心专利，就是抢占了产业的制高点，就意味着别人要生产符合这种专利的产品，就会遇到专利的围堵。由于目前数控机床的大部分关键技术、专利技术（至少70%以上）被发达国家所掌握，尤其是发明专利，因此机床出口前，应重视专利侵权防御检索，掌握有关数控机床专利、商标等方面的技术内容在哪些国家或地区已申请过专利，在国际主要市场上同族专利的分布情况，并在此基础上，进一步进行专利有效性检索，明确每一专利的当前法律状态，以确定该产品可否出口，可以出口到哪些国家和地区，当该产品落入专利保护范围，则应检索对方专利的法律状态，核实其是否在有效期内。在产品出口前做到心中有数，尽早采取专利申请或专利技术引进等措施，以避免引起不必要的国际纠纷和造成经济损失。此外，在国际贸易竞争中，国内机床企业除了要重视自主创新之外，还必须要加强自身的知识产权意识，明确自身机床产品的优势特点，利用专利武器保护自身利益，增强企业在国际市场中的竞争力。再者，要想突破专利壁垒，企业就必须增强知识产权意识，加强对知识产权的研究，提高知识产权水平。另外还要注意对自主专利的保护，除了要申请专利外，还需要建立预警机制来保护自主专利，这样才能在激烈的竞争中立于不败之地。

5.2 文化问题

出口的数控机床在满足购买者技术需求的前提下，也应注重和研究各国购买者文化心理差异。比如：西方国家喜欢豪放、广泛、神秘、注重功能方面，而东方国家喜欢正统 稳重、向上、圆满、注重物美价廉。总之，应建立在了解和尊重出口地文化的基础之上，将不同民族文化心理及民族文化融于产品中去，只有这样才能被购买者认同和满意，增加购买的欲望。

5.3 民族（宗教）习惯

由于不同宗教的信奉者有不同的价值观念、禁忌和行为准则，因此必须充分了解出口地的宗教信仰和民族习惯，像文字、数字、图型、符号、颜色等等，否则会引起产品的退货和索赔，影响产品的销售。如黄色，在信奉基督教的国家被视为下等颜色，而在日本，黄色被认为是阳光颜色，还被视为安全色。各国颜色喜好和禁忌见表 57。

表 57 各国颜色喜好和禁忌

国家或地区	喜好颜色	禁忌颜色
日本	柔和	黑、深灰、黑白相间
韩国	红、黄、绿	黑、灰
印度	红、绿、黄、橙、蓝、鲜艳色	黑、白、灰色
马来西亚	红、橙、绿	黑、黄
土耳其	绿、红、白、鲜艳色	
尼日利亚		红、黑
美国	无	无
意大利	鲜艳色	
德国	鲜艳色	

5.4 绿色消费

在国际贸易领域中，发达国家凭借其经济技术优势，以保护环境和人类健康的名义，通过立法或制订严格的强制性技术法规；以洁净技术和洁净产品能维护生态环境为由，制定相关的以环境保护为目的的贸易惩罚措施，设置绿色壁垒，对发展中国家产品进入国际市场进行限制。

绿色贸易壁垒主要有绿色关税制度、市场准入制度、绿色技术标准制度、绿色环境标志制度、绿色包装制度、环境卫生检疫制度、绿色补贴限制和成本内在化要求等形式。绿色贸易壁垒具有合法性、隐蔽性、不公正性和广泛性等特点。其广泛性体现在影响范围和影响作用两个方面。在范围上，它的影响涉及初级产品、中间产品以及制成品从生产、销售到消费处理的每个环节，而且有从产品贸易向服务贸易、技术贸易扩展的趋势。此外，绿色壁垒往往还会产生连锁反应，限制措施会在更广的范围内被仿效。要求进口产品从生产准备到制造、销售、使用及最后处理阶段都要达到环保标准，包括排污量限制、可回收率、节能性等多方面。在影响作用上，绿色贸易壁垒在全球关税不断大降的趋势下，发挥着越来越大的关税壁垒替代作用。

另外，不少国家和地区为了保护生态环境，或限制进口，把产品的材料、成分、包装作为非关税限制进口的措施，对进口产品所使用的材料、成分、包装有严格的规定。进口商品必须符合这些复杂的规定，否则不准进口或禁止在其市场上销售。

为此必须了解出口地的环保等绿色消费的要求或相关标准后，采取相应的措施。比如：建立健全“绿色壁垒”预警机制，在加强国际交流的同时，研究国际环保认证的系列标准；另外重视以环境和资源保护为核心的绿色产品的开发与绿色市场的形成。使生产机床产品的相关企业从生产、流通的整个过程中融入“绿色元素”，实施绿色 R&D、绿色设计、绿色生产、绿色品牌、绿色包装、绿色营销等等，以此来满足消费者的绿色需求，提高机床产品的国际竞争力。绿色壁垒短期来看对数控机床出口是弊大于利，但从长远来看却是利大于弊，会不断提高我国数控机床产品的竞争力和创造力，并相应提高产品本身的各项环保标准，从容应对发达国家的各种壁垒。

5.5 市场准入要求

为了提高市场准入门槛，世界各国和地区纷纷提出市场准入的环境要求，具体体现在以下几个方面：

- 1、用料最省，废弃物最少，且节省能源；
- 2、易于回收再利用；
- 3、包装废弃的物质，不再产生二次污染；
- 4、使用环保材料可自行分解，不会污染环境。

目前在市场准入环境要求以欧盟市场最为突出，如欧盟的 WEEE 指令、RoHS 指令和 EUP 指令。

WEEE 指令：（报废电子电气设备指令），要求生产商（包括进口商和经销商），负责回收、处理进入欧盟市场的废弃的电器和电子产品，并对投放市场的电器和电子产品上加贴回收标志。

RoHS 指令：（关于在电子电气设备中限制使用某些有害物质指令），要求投放欧盟市场的电器和电子产品不得含有铅、汞、镉、6 价铬、聚溴二苯醚和聚溴联苯 6 种有害物质。

EUP 指令（耗能产品环保设计指令）：EUP 指令对产品的设计、生产、维护到最终淘汰、回收和处理的所有阶段都作出环保要求，促进生产商采用先进的环境化设计技术来生产耗能的产品，鼓励生产商在产品的整个生命周期内对某些有害物的使用量最小化，并使排放到环境中的排放物最少，从而达到减少对环境的破坏以及保护资源的目的。

由于数控机床上使用大量的电气和电子元件和设备，因此在选用上必须考虑出口地的相关要求。

进入不同市场需要不同的认证要求。比如：欧洲市场基本认证有：GS, ROHS, TUV, CE(LVD& EMC), Nordic (Nemko, Semko, Fimko, Demko), CB; BSI, GOST, STB, UkrSEPRO, ZIK; EZU, EVPU, SIQ/SVN, SABS, MEEI, CEBEC, E/e-Mark (E1, E4, E11, E13, E27), CECC Mark。

其他市场认证标准，

如：北美市场：UL, CUL, ETL, CETL, FCC, CSA, S 标志；

南美市场：IRAM, NOM;

亚洲市场：PSE mark, SASO; CCI, EK mark, KTL, TISI, PSB;

中国市场：CCC, CQC, BSMI, HK ;

澳洲市场：RCM mark & C-tick, SAA。

为此，产品出口前必须了解出口市场的相关要求，避免引起不必要的国际纠纷和造成经济损失。

5.6 其他问题

1) 主动申请原产地证书（FORME）。如：出口东盟数控机床产品要注意填写并获得原产地证书，这样可享受相关优惠关税待遇。我国企业可到国家质检总局及其地方质检局申领原产地证书并凭证出口。

2) 掌握各国的产品关税减让清单，了解各国的税率情况，在与出口国谈判签订合同时，可充分利用关税优惠条件，有的放矢地开展出口贸易。

3) 出口退税（Export Rebates）是指对出口商品已征收的国内税部分或全部退还给出口商的一种措施，这也是国际惯例。目前我国数控机床的退税率位17%。

4) 货物到达一个特定的国家都要经过清关。而且不同国家的海关要求会有所不同，如果按照 A 国家的要求给货物贴上标签，却发往 B 国家就会在这个过程中卡住。最后会导致发货延迟，流程重复以及成本增加。

为了避免这种情况，必须确保以下几点：

明确注意所涉及的文件，包括所有必要的文件。虽然大多数国际货运要求你包括出口发票，适用的许可证，和危险货物的注意，最好检查出口文件要求为货物的目的地国家；

在货物贴上正确的联系方式、包装或付款信息；

根据协调制度(HS)代码或任何适用的标准正确分类货物。协调系统(HS)代码本质上是一个 6 位代码，用于描述所运货物的类型。但是由于它被世界各地的几个组织所接受和广泛使用，它已成为国际贸易中不可缺少的工具。事实上，国际贸易中 98%以上的商品都是按 HS 分类的。如果使用不恰当的 HS 编码，海关可能会征收不恰当的关税，从而成倍地增加客户的进口成本。会因为不遵守相关 HS

或出口目的地的货物分类术语而导致法律惩罚，带来严重的麻烦，从而耽误商业上的计划。如果是第一次出口货物，最好直接向海关或清关公司的专家咨询如何使用正确的海关编码。

5) 需要了解特定国家的进出口规则和条例。它们是国家发展国内工业、发展对外贸易关系和防止对消费者和环境造成任何损害的手段。如果想和一个国家保持良好的贸易关系，就必须严格遵守他们的政策，避免任何限制或法律问题。因此，商品出口必须根据受限制方名单检查所有参与出口交易的各方的状态，以避免法律或遵从性问题。

确定出口托运的关税和费用，并了解谁支付什么费用及这些是出口的货物在目的国清关后的额外费用。这可能会增加外国买家购买你方产品的成本，并可能影响你方在市场上的竞争力。国际货物的关税通常取决于该国的规章制度或全球公认的 HS 编码。为了确定一个特定国家的估计关税和税收，以下是应遵循的步骤：

确定要托运的货物的产品分类号；

利用正确的 HS 编码来确定产品适用的关税和特定国家的税率；

货物清关国家的海关官员对关税和税款有最终决定权。

如何管理出口相关数据可以发挥重要作用，运行一个成功的航运业务。与容易出错和耗时的手工纸质流程不同，使用基于云的导出文档软件可以带来显著的好处。

基于云的软件可能是一种有用的数字工具，可以使出口文档保持最新，从而代替不断变化的贸易规则和规章。这将节省大量的时间、金钱和精力，最终提高业务效率。

6. 达到目标市场技术要求的建议

6.1 认真研究出口国和地区技术文件要求

数控机床出口主要依据的技术文件有：

- 出口国或地区的标准（包括国家标准、协会标准、地区标准、国际标准）；
- 出口国或地区的技术规范；
- 合同和招标文件中的相关技术要求。

注意：在无相关国家标准和地区标准情况下，采用国际标准一般也能被大多数国家所认同。

6.2 通过相关认证，加贴认证标志

数控机床出口时最好加贴有关国家或地区规定的认证标志，这样可以使产品顺利地进入目标市场。

注意：目前除了出口欧盟市场的必须加贴 CE 标志为强制性要求外，其他国家和地区没有对数控机床提出认证要求，其有关产品认证均属于自愿性的。但如果加贴 CE 标志，也可较容易进入欧盟市场外的其他目标市场。

6.2.1 CE 认证的要点

6.2.1.1 CE 认证适用范围

CE 认证适用范围，目前共有 30 个成员国，见表 58。

表 58 CE 认证成员国

Sweden	瑞典	Finland	芬兰
Ireland	爱尔兰	England	英国
Netherland	荷兰	Danmark	丹麦
Estonia	爱沙尼亚	Latvia	拉脱维亚

Lithuania	立陶宛	Belgium	比利时
Luxembourg	卢森堡	Germany	德国
Poland	波兰	Czechoslovakia	捷克
Slovakia	斯洛伐克	France	法国
Austria	奥地利	Hungary	匈牙利
Slovenia	斯洛文尼亚	Portugal	葡萄牙
Spain	西班牙	Italy	意大利
Greece	希腊	Cyprus	塞浦路斯
Malta	马耳他	Iceland	冰岛
Liechtenstein	列支敦士登	Norway	挪威
Romania	罗马尼亚	Bulgaria	保加利亚

6.2.1.2 申请 CE 认证注意事项

申请 CE 认证应注意以下几点：

—— 在产品开发设计阶段，就要使其符合 CE 认证的指令要求，及所涉及的协调标准。在申请人提交申请书和送样前，详细了解产品有关指令和协调标准，考虑本国标准与欧洲协调标准的差异，确认其产品符合有关的新方法指令和协调标准要求；

注意：对于指令的解释是否存在差异；指令的要求是否改变其设计或生产工艺；会不会给带来额外的负担认证和检测活动；是否带来新的生产成本。

—— 当申请人和制造商不一致时，须提供双方合作的协议书；

申请人：向认证机构申请获得产品 CE 认证书的一个法人单位。申请人是产品 CE 认证书的持有人。同样承担责任质量方面的责任。

制造商：一个进行或控制产品制造、评定、处理和存储等阶段，使其能对产品持续地符合有关要求负责，并在这些方面承担责任的位于一个固定地点的组织。

—— 当申请人委托代理机构代为申请时，须提供申请人盖章的代理申请 CE 认证委托授权书；

—— CE 认证申请的制造商或其确定的在欧盟的授权代理，应按规定编制技术文件，随时提供（48 小时）并至少保存十年，以备产品在欧盟市场受到质

疑时，方便地提供；

—— CE 认证的企业，还必须编写一份 EC 合格声明，声明产品符合欧盟的新方法指令要求和协调标准的要求。并且与技术文件一起保存。

6.2.1.3 申请 CE 所需技术文件

申请 CE 所需技术文件有：

—— 合格声明书，包括：

—— 制造商的名称、地址与产品辨识；

—— 欧洲地区代理商的姓名与地址；

—— 列出所遵循的调和标准，和/或满足基本安全健康 要求的措施。

—— 产品说明（型号、产品名称等），操作手册，产品的全部计划，测试报告，设计细节、操作描述、零组件清单、测试理论基础、电路图，含所有为满足健康与安全等基本要求的必要项目、质量保证文件、由指定机构颁发合格证书。

6.2.1.4 CE 标志的使用要求

CE 标志的使用时应注意以下要求：

—— 需加施 CE 标志的产品，在投放欧盟市场前，必须加施 CE 标志。产品加施了 CE 标志，就意味着产品符合欧盟所颁布的有关 CE 标志的全部必要条件，可以在欧盟市场上自由流通；

—— CE 合格标志并非由任何官方当局、认证机构或实验室核发，而是由制造商或其销售代理商自行制作和加贴；

—— 当该产品涉及两个或两个以上的指令要求时，则须满足所有指令要求后，方可加贴 CE 标志；

—— CE 合格标志必须加贴在数据铭牌上。但是，如果由于产品的性质不可能做到或不能保证做到是，必须加贴到产品的包装上。如果指令中对 CE 合格标志另有规定要求，则按指令的要求进行；

—— 如果缩小或放大 CE 标志，则应遵守规定的刻度比例；

—— CE 标志各部分的垂直尺寸必须基本相同。误差不得大于 5mm；

—— CE 标志必须清晰可可辨、不易擦掉。

从 2010 年 1 月 1 日起，相关产品出口至欧盟，如果误用滥用 CE 标志，将受

欧盟的重罚。

在 2008 年欧盟出台了 765/2008/EC“产品营销的通用框架”和 768/2008/EC，就产品营销相关授权与监督作出规定，两项旨在严格 CE 标志认证规定的法规，以确保产品安全。新法规为各成员国对误用 CE 认证标志实施法律制裁提供了法律依据。

新法规最突出的重点是加强 CE 标志的市场监督。具体措施如强化欧盟各港口海关检查进口商品合格性的责任；规定加贴 CE 标志产品的合格评定活动由指定评估机构完成，授权评估机构通知欧盟各成员国的程序，规定每个成员国只设一个评估机构，其评估通知对整个欧洲地区均有效；规定生产商、分销商、进口商的责任，细化合格评定程序的不同模块。

另外，欧盟委员会计划对 CE 标志进行注册，使该标志成为一个商标，商标形式将成为成员国当局市场监督和法律保障的有力工具。如果不符要求的产品加贴 CE 标志，或 CE 字体未使用圆圈形字母、CE 标志高度小于 5 毫米等形状和尺寸错误等以往大量存在的误用和滥用现象，将受到欧盟成员国法律行动的严厉制裁。

6.2.2 数控机床 CE 认证要点

数控机床加贴 CE 标志满足的指令见表 59，协调标准见表 59：

表 59 数控机床适用的欧盟指令

指令名称	指令	生效/废止日期
机械指令 Machinery Directive	旧指令 98/37/EC	2009 年 12 月 29 日废止
	新指令 2006/42/EC	2006 年 5 月 17 日生效
低压电气指令 Low Voltage Electrical Equipment Directive	旧指令 73/23/EEC	2007 年 1 月 16 日废止
	新指令 2006/95/EC	2006 年 12 月 12 日生效
电磁兼容指令 Electromagnetic Compatibility Directive	旧指令 89/336/EEC	2007 年 7 月 20 日废止
	新指令 2004/108/EC	2005 年 1 月 20 日生效

在过渡期内新、旧指令可同时存在，过渡期到后旧指令废止。

表 60 数控机床适用的协调标准

产品标准	
标准编号和标准名称	对应中国标准
EN 12415:2000+ EN 12415:2000/A1:2002 机床安全 小规格数控车床与车削中心	GB 22997—2008 (EN 12415:2000+ EN 12415:2000/A1:2002, MOD)
EN 12478:2000+ EN 12478:2000/AC:2001 机床安全 小规格数控车床与车削中心	GB 22998—2008 (EN 12478:2000+ EN 12478:2000/AC:2001, MOD)
EN 12417:2000 机床安全 加工中心	无
电气标准	
IEC 60204-1:2016 机械安全 机械电气设备 第1部分：通用 技术条件	GB/T 5226.1-2019 (IEC 60204-1:2016, IDT)
IEC 62061:2005 机械安全 安全相关电气、电子和可编程电子 控制系统安全功能	GB 28526-2012 (IEC 62061:2005, IDT)
IEC 61310-1:2007 机械安全 指示、标志和操作 第1部分： 关于视觉、听觉和触觉信号的要求	GB 18209.1-2010 (IEC 61310-1:2007, IDT)
IEC 61310-2:2007 机械安全 指示、标志和操作 第2部分：标 志要求	GB 18209.2-2010 (IEC 61310-2:2007, IDT)
IEC 61310-3:2007 机械安全 指示、标志和操作 第3部分：操 动器的位置和操作的要求	GB 18209.3-2010 (IEC 61310-3:2007, IDT)

IEC 61496-1:2008 机械安全 电敏保护设备 第 1 部分:一般要求和试验	GB/T 19436. 1-2013 (IEC 61496-1:2008, IDT)
IEC 61496-2:2006 机械安全 电敏保护设备 第 2 部分:使用有源光电设保护装置 (AOPDs) 设备的特殊要求	GB/T 19436. 2-2013, IDT (IEC 61496-2:2006)
IEC/TS 62046:2008 机械安全 检测人体存在的保护设备应用	GB/T 29483-2013, IDT (IEC/TS 62046:2008)
IEC 61496-3:2001 机械安全 电敏防护装置 第3部分: 使用有源光电漫反射器件设备的特殊要求	GB 19436. 3-2008, IDT (IEC 61496-3:2001)
IEC/TR 61496-4:2007 机械电气安全 电敏保护设备 第 4 部分: 使用视觉保护装置 (VBPD) 设备的特殊要求	GB/T 19436. 4-2016, IDT (IEC/TR 61496-4:2007)
电磁兼容标准	
IEC 6100-6-2 :2005 (EN 61000-6-2:2005) 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度 试验	GB/T 17799. 2-2003, IDT (IEC 61000-6-2:1999)
IEC 61000-6-4:2011 (EN 61000-6-4:2011) 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射	GB/T17799. 4-2012, IDT (IEC61000-6-4: 2011)

6.2.2.1 关于新机械指令 (2006/42/EC)

与 98/37/EC 机械指令相比，新指令在适用范围、市场监督、基本健康和安全要求、合格评定程序等方面都发生了变化。新指令排除了一些机械设备，对适用的机械产品也给予了明确的规定。另外，新指令对基本健康和安全要求方面的主要变化有：

- (1) 由于机械运动部件或升降机械移动所造成的危险特殊要求扩展到了适用于所有机械；
- (2) 说明书要求更加详细，更容易理解；用户手册必须使用产品使用地区

的语言；

(3) 在每个章节均加入关于特殊危险的警告信息，以提醒相关用户注意此种机械必须符合所有的基本健康和安全要求；

(4) 对新增涵盖的机械装置给出了具体的要求；

(5) 明确了与低电压指令（2006/95/EC）的界限。新指令与低电压（Low Voltage）指令的区分不再根据“主要风险”，其中列出的六类电子和电气产品由低电压指令涵盖。而其他机械则由低电压指令涵盖电气风险，但合格评定程序和投放市场要求由机械指令掌控；

(6) 明确了安全部件的类别；

(8) 强化了市场监督；

(9) 指令范围扩大，但新指令的涵盖范围明确地将电动机排除，降低了制造商管理中的不确定性。

新指令中对基本健康和安全要求出现的变化主要有：

(1) 指令 98/37/EC 中针对由于机械运动部件或升降机械移动所造成的危险的特殊要求已经扩展到适用于所有机械。特别是：

- 搬运期间的突然运动；
- 多控制台的相关特定条款；
- 闪电产生的危险。

(2) 说明书的相关要求更加详细，更容易理解；

(3) 在每个章节均加入关于特殊危险的警告信息，以提醒相关用户注意此种机械必须符合所有的基本健康和安全要求；

(4) 对新增涵盖的机械装置给出了具体的要求。

6.2.2.2 关于新低压电气指令（2006/95/EC）

该指令适用于适用于在下列电压区使用的电气仪器或装置：

- AC，额定电压在 50V 到 1000V 之间；
- DC，额定电压在 75V 到 1500V 之间。

The Low Voltage Directive 2006/95/EC requires products to have protection against hazards that could arise from within the product itself or from external influences. 低电压指令 2006/95/EC 要求产品不仅需防止产

品本身可能出现的危险，还要防止从外部影响造成的危险。The Directive covers all risks arising from the use of electrical equipment, including mechanical, chemical (such as, in particular, emission of aggressive substances) and all other risks. 该指令涵盖了所有的风险，其目标为确保低电压设备不会危害人身安全以及家畜或财产安全。低电压设备在使用时的安全性，包括电气、机械、化学、噪声、振动以及人类工效学等方面的安全要求。

低压电气设备应达到下列安全目标：

- (1) 确保电气设备能够按照设计目的正确地使用，基本性能应该在设备上或在随附的报告上进行标识；
- (2) 制造商的名称和商标应清楚地印在电气设备上或在包装上；
- (3) 电气设备及其零部件的设计应确保设备能够安全并且正确地安装和连接；
- (4) 电气设备的设计和生产应确保防护(5)～(11)指出的危害，如果设备按照其设计目的使用并且正确维护；
- (5) 对人身和家畜有足够的保护，免受因电气直接或间接接触造成物理伤害或其他危害（触电）；
- (6) 不会产生导致危险的温度、电弧或辐射；
- (7) 对人身、家畜和财产有足够的保护，免受按照经验电气设备导致的非电气危险；
- (8) 在可预见的条件下有适当的绝缘保护；
- (9) 电气设备满足预期的机械性能要求，不会危及人身、家畜和财产；
- (10) 电气设备在预期的环境条件下能够抵御非机械方面的影响，从而不会危及人身、家畜和财产；
- (11) 在可预见的过载（过电流）的情况下，电气设备不会危及人身、家畜和财产。

1) 关于低压电气安全使用原则

低压电气安全的主要目标是保证电气设备能安全地使用。它涉及两类安全问题：

——一类是会对人体直接造成伤害的，如电击、电气着火、电弧和由电气

设备引起的非电气性危险等；

—— 另一类是在长期作用下、有害于人体健康的，如噪声、振动、辐射以及不合理的人机工效学等。

针对这两类问题可采取三级防护措施来解决：

—— 通过设计使存在的安全隐患彻底消除；

—— 如果因为不能削弱设备的功能某些安全要求不能实现的话，可以采用独立于设备之外的防护手段，例如外壳、挡板和护栏等。采用此类安全措施时，安全隐患仍然存在，只不过不让操作人员接近；

—— 如果以上两项措施都不能采取，则应采用加贴警示标志，警告用语或在说明书中说明残余危险的存在。

对于安全问题，从理论上来讲应该是越安全越好，但是任何事物都应该把握一个尺度。比如是否都采取冗余安全措施问题，具体问题应具体分析。

例如像安全隔离变压器，源边连接 220V 的危险电压，副边提供一般电路使用的 SELV 电压，中间靠一层绝缘将其隔开，这层绝缘为基本绝缘，能抗得住 2 倍工作电压+1000V 交流电压 1 分钟的耐压试验。如果需要考虑安全冗余，可采用二种方法去实现：一种是将基本绝缘加倍，变为加强绝缘，使其能抗得住 4 倍工作电压+2000V 交流电压 1 分钟。另一种方法是在原、次级之间加导电屏蔽层，并将屏蔽层接地。当原、次级之间击穿时，原级的危险电压是先与屏蔽层击穿形成短路，使过流保护器件动作，切断电源，起到保护作用。

另外也可设置护板，同时加贴警示标志，达到安全冗余。

2) 电气元器件加贴 CE 标志问题

一般来说，电气元器件往往需要装入整机或设备才可以使用的。其中有些基本元器件的安全在很大程度上取决于整机或设备。例如带危险电压的元器件在整机的防护外壳保护下，或其安装地点根本不可能被人触摸到，那么它就不会造成直接触电危险。又如整机或设备在规定的过载条件，或单故障条件下，元器件的温升过高可能会造成电气着火。所以安全就取决于元器件选用是否得当，在此种情况下，低电压指令不包它们，而实际上它们也不需要加贴 CE 标志。

但是与安全有关的元器件，例如某些类型的变压器、电动机、断路器、熔断器、端子板、接插件、导线等则包括在低电压指令范围内，而且它们必须要有

CE 标志。

注：不适用于电气的安装，电气安装规则不在这个范畴内。

6.2.2.3 关于新电磁兼容指令（2004/108/EC）

(1) 有关定义和说明

老指令针对的对象是“apparatus”，而新指令针对的则是“equipment”。两者的中文意思几乎相同，都可以译作“设备”，但在新指令中两者有一点区别：equipment 包括 apparatus（设备）和 fixed installations（成套设备），涵盖的设备范围更宽。

新指令还增加了“safety purposes”术语，删除了老指令中的“Competent body”和“EC type-examination certificate”术语。

(2) 基本要求 (essential requirements)

设备产生的射频骚扰不会高于某个电平；超过此电平时，无线和通信设备或其它设备不能按预期工作。另外，设备对预期使用中将遇到的电磁骚扰有抗扰性。同老指令比较，新指令还增加了对固定成套设备的基本要求，即对零件的安装、安装过程的文件化和存档提出了要求。

(3) 设备符合性评定程序

老指令中提供了 3 条设备符合性评定途径：用得最广的自我申明途径（也称标准途径）、技术结构文件（TCF）途径和 EC 型号核准证书途径。

新指令规定了两种符合性评定途径，差别在于制造商是否请下述的 Notified Bodies（被通知机构）进入了符合性评定过程。

(4) 技术文件 (Technical documentation)

对 EMC 指令而言，技术文件是新增内容，但技术文件的内容与老指令中的技术结构文件（Technical Construction File）非常相似，之所以这么修改，是考虑到技术文件是新近发布的一些新方法指令中的一个要求。

新指令附录 4 的 1) 对技术文件的内容进行了规定：

技术文件必须使设备满足基本要求的符合性可以得到评定。它必须包括设备的设计和制造，尤其是：

——设备的一般描述；

——如果全部或部分使用了协调标准，应提供符合协调标准的证据。

——如果没有使用协调标准或只使用了一部分，则提供为满足指令基本要求而采取的步骤描述和解释，包括附录 2 第一点提出的电磁兼容评定的描述、所作的设计计算结果、实施的检查、测试报告等；

——当按附录 3 程序实施时，NB 的声明。

(5) EC 符合性声明 (EC declaration of conformity)

新指令的 EC 符合性声明比老指令所要求的内容更多、更严格。新指令附录 4 2) 对技术文件进行了规定：

EC 符合性声明必须至少包括以下内容：

- 新指令的引用；
- 按第九条 (1) 对设备的标识；
- 制造商、它在欧盟内的授权代表（适用时）的名称和地址；
- 声称的符合性根据注有时间的引用规范文件作出，保证设备的符合性符合新指令的规定；
- 发布声明的时间；
- 制造商或其授权代表的授权签字人的身份和签名。

(6) 其它标识和信息

新指令第九条“其它标识和信息”为新增内容。考虑到简化产品的符合性评定程序时赋予了制造商更多的权利，为了避免风险，通过以下标识和信息，可以极大地方便欧盟对产品的管理，降低各种管理费用。新增的内容为：

- 应用型号、批次、串号或其它信息来标识每个设备；
- 每个设备都应附有制造商或其在欧盟授权代表或负责将设备投入到欧盟市场的人的姓名和地址；
- 制造商应提供任何有关装配、安装、维护或使用的专门防范信息；
- 对于在居住区不能确保符合保护要求的设备，应附有限制使用的醒目指示。合适时该要求也适用于设备的包装上；
- 在随设备提供的使用说明中，应包含使设备按预期目的使用的信息。

(7) 固定成套设备

新指令中的第十三条“固定成套设备”属新增内容：

——已销售的并且可以被并入一个固定成套设备的设备，应满足新指令为设

备列出的所有相关规定；

——但对于预期并入一个特定固定成套设备的设备，如果该设备不能在其它处购得，则第 5、7、8 和 9 条的规定则不是强制性的。此时，随附的文件将对该固定成套设备及其电磁兼容特性加以确定，指出将设备组合成固定成套设备需要预防的问题，以便不损害成套设备的符合性。此外，它还应包括第九条（1）和（2）所指的信息；

——当有迹象表明固定成套设备不符合要求，尤其是有人抱怨它产生了骚扰时，有关成员国的管理机构可以要求提供固定成套设备的符合性证据；

——当不符合性得到了确定后，管理机构可以采取强制措施以便使该固定成套设备满足附录 1 中第一点提出的保护要求；

——成员国应提出必需的规定以便确定负责固定成套设备符合相关基本要求的人员。

目前对于电磁兼容除欧盟有具体要求外，其他国家和地区没有严格的要求。

欧盟电磁兼容指令主要从两个方面要求产品的性能满足要求：发射电磁产生干扰以及抗扰度方面。对于不同产品，依照不同标准进行测试。对于数控机床的电磁兼容执行标准见表 61。

表 61 数控机床的电磁兼容标准

内容	标准
发射方面	EN 61000-6-4:2011 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
抗扰度方面	EN 61000-6-2:2005 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验

对于数控机床这种大型设备，如果不能进行实验室测试，可以按照 EMC 指令的 10.2 条款来证明其符合性。尽管是在制造或安装现场进行测试，仍然可以采用 EMC 协调标准作为指导。由于这些协调标准一般用于实验室测试环境，所以现场测试会存在一些偏差。

在不能完全遵照协调标准的情况下，需要使用 EMC 指令的第 10.2 条款。该

条款要求“能力机构（competent body）”对“技术构成文件（technical construction file）”进行审核并颁发证书。制造商准备技术构成文件（或简称“TCF”）并且递交一份给能力机构审核。将该产品投入到欧盟市场，并在该产品最后一次生产之后，仍需保留 TCF 文件至少 10 年。

根据指令的规定，TCF 的内容应当包括：

- 产品的一般性描述；
- 设计和制造图纸，以及理解图纸和产品执行任务所必须的描述和解释；
- EMC 标准清单（完整或部分使用）；如果没有采用协调标准，还需要说明符合指令要求所采取的任何措施；
- 根据 EMC 测试得出的设计计算结果（如果采用该结果的话）；
- 由能力机构颁发的技术报告或证书；
- 一份符合性声明；
- 一份用户使用说明书。

注：电磁兼容整机试验有困难时，其电气系统、数控系统等均应有能提供符合相关要求的证明。

6.3 选用的元器件和装置应符合出口国或地区的标准和要求

由于数控机床涉及机械、电、气、液、光等方面的技术，所有数控机床在选用的配套元器件和装置时，最好直接选用符合出口国和地区标准的产品，否则也尽量选用一些知名企业的配套产品。

注意：如果选用加贴出口国或地区认证标志的产品更好。

6.4 了解出口国或地区的使用条件

数控机床应在技术文件（操作或使用说明书）中明确规定各种使用参数（包括：环境参数、电源要求、安装条件、使用条件等，见表 62、表 63、表 64、表 65）。或通过洽谈或考察了解出口地的使用条件。

表 62 环境条件

环境条件	允许范围
------	------

运输温度	0°C~60°C
运行温度	20°C ± 2°C
湿度	20°C 时 40%~70% 无结露
振动	0.5G 以下

表 63 安装条件

安装条件	要求
光线	避免阳光直接照射和热辐射的影响
湿度	温度差变化应很小
温差	工作温度恒定或温度差变化应很小
振动	远离振源，如机床四周有振源，则机床四面应设置防振沟。
辐射	避免微波、紫外线、激光或 X 射线等辐射影响。
多尘	避免在灰尘大的环境

表 64 电源条件和插座型式

国家或地区	电源条件		
	电压	频率	插座型式
加拿大	110/220V (单相), 208/240V (三相)	60Hz	两脚扁形
加拿大	110/220V (单相), 208/240V (三相)	60Hz	两脚扁形
巴西	120/240V (单相), 380/460V (三相)	60Hz	双脚圆形
欧盟	230V (单相), 380V (三相)	50Hz	双脚圆形
日本	100/200V (单相), 200V (三相)	50Hz	两脚扁形
韩国	220V (单相), 380V (三相)	60Hz	双脚圆形
印尼	230V (单相), 380V (三相)	50Hz	双脚圆形
新加坡	230V (单相), 400V (三相)	50Hz	三脚扁形
越南	120/240V (单相), 220V (三相)	50Hz	双脚圆形

注：电源电压波动必须在规定范围内，并且保持相对稳定。

表 65 电气设备的一些特殊要求

国家或地区	特殊要求
欧洲	公共配电系统供电的电压特性在欧洲由 EN 50160: 1999《公共配电系统供电的电压特性》规定
美国	引入电源端接法，例外情况不允许
挪威	建筑物的低电压装置中不允许采用 TN-C 系统
美国	保护接地导体连接用的端子的识别可通过绿颜色，字母 G 或 GR 或 GRD 或 GND，或词汇 ground 或 grounding，或图形符号 IEC60417-5019 (DB:2002-10) 或任何组合
美国	不允许 TT 电源系统
法国和挪威	TN-S 系统强制断开中线
美国	最大标称交流控制电路电压是 120V
美国	在机械上只允许绞合导线，外壳内 0.2mm 硬导线除外
美国	机械上允许最小动力电路导体，在多导体电缆或外壳中是 0.82mm (AWG18)
美国	截面积按使用美国线规 (AWG) 的 ANSI / NFPA 79 中的规定
美国和加拿大	保护导线的颜色标识，绿色（带或不带黄色条纹）与黄 / 绿双色组合等效
美国和加拿大	接地中线用白色或天然灰标识代替浅蓝色标识（
美国	导线间最大值 150V
美国	照明电路的满负载电流额定值不超过 15A
美国	铭牌标记要求

注：对于出口热带或亚热带国家电气系统必须做盐雾试验和湿热试验。

6.5 关于噪声

欧盟指令中《机械设计与制造的基本健康与安全要求》规定的噪声指标（见表 66）。

表 66 噪声指标

检验项目	新指令	旧指令
A 加权声压级	70dB (A)	70dB (A)
C 加权声压级瞬间峰值	63Pa	63Pa
工作位置 A 加权声压级	80dB (A)	85dB (A)

在公布机床噪声水平时，应附下列声明：

“所提供的数据为机床的噪声发射水平，未必是安全工作的噪声水平。安全工作噪声水平有时与发射水平和暴露水平二者有关。所提供的数据不能作为确定采取更进一步的必要预防措施的可靠依据。影响劳动者的实际暴露水平的因素包括：工作场所特性，其他噪声源（如：机床数量和邻近的加工情况），操作者暴露在噪声环境时间长短等。另外，不同的国家允许的暴露水平也不一样。因此，提供这个信息是为了使机床的使用者对危险和风险作出更好地评价。”。

6.6 关于验收标准

对于出口来说准入和验收都是很重要的技术环节，这是完成产品出口过程的起始和终结的两端。产品的准入标准并不只是目标国的产品标准、规范或招标技术文件，例如出口欧洲有的国家（欧共体）还引用“欧洲有关指令”及有关合格认证的规定。

7. 我国企业出口常见的技术性贸易措施问题和案例分析

7.1 货物付款及退税问题

进出口贸易货物付款会用到的付款方式有信用证 (L/C)、电汇 (T/T)、付款交单 (D/P) 和承兑交单 (D/A)，其中 L/C 是银行信用，比较安全，但是开证，审证，交单，议付等过程比较繁琐，也有一定的费用；T/T 分为前 T/T 和后 T/T，都是商业信用，过程简单，没有其他费用；D/P 也是商业信用，风险比较大；D/A

是商业信用，风险特别大。

在数控机床出口销售过程中，客户要求采用信用证形式。货物放在客户手中销售，等货物销售完之后才收款。期间，企业的货物一直被客户占用，也就相当于资金被客户占用，这些资金都是有成本的。

在这种交易中，成本和风险都是非常高的，特别是在当前的经济环境下。所以，其应对的方法一般是对老客户先付合同金额 30%~50% 的预付款，对新客户需要 80% 的预付款，收到新客户的定金，最好就是你的产品成本，即使客户违约不要货了，你也没有任何损失。

另外，对一般不熟悉的客户用信用证，经常来往的客户做付款交单，付钱的方式一般用电汇，D/A 跟单托收特别危险，很容易放了货，收不回款，不要用。其实最主要是要看买卖双方的信用情况、卖方的产品质量、市场行情好不好，在实践中会慢慢有所了解的。

出口退税流程经过几次的修订越来越简单和流畅，生产企业正常应在货物报关出口之日起至次年 4 月 30 日前的各增值税纳税申报期内收齐有关凭证，向主管税务机关申报办理出口货物增值税免抵退税及消费税退税。逾期的，企业不得申报免抵退税。

到申报截止日，相关退税单证和电子信息还没有收到的处理方式：单证在次年的 4 月 18 日之前没有收齐，如果属于不可抗力因素（国税 2013 年 12 号），可以在 4 月 18 日之前提出延期申请，税务局同意延期，不受申报期限制，日后申报退税；也可以在 5 月 18 日之前进行免税申报。如果电子信息在次年的 4 月 18 日之前没有收齐，可以在 4 月 18 日之前报送无相关电子信息申报（2013 年 61 号），不受申报期限制，日后申报退税，也可以在 5 月 18 日之前进行免税申报。

世界风云变幻莫测，如：目前原材料上涨居高不下，并且有不断上涨的趋势，另外受疫情影响，仓位奇缺，空箱一柜难求，海运费狂涨，人民币升值趋势不减以及劳动力成本居高不下等问题；会给贸易带来诸多的不确定风险（如：亏损、外商弃货、外商破产、钱货两空等）。因此，企业做技术性贸易一定要关注全球经济环境、国家及企业所在省的退税等相关政策。

7.2 售后服务问题

产品出口之后的售后服务问题，是一件大难事。一般来说，在保修期内，企业能免费提供所需部件。若出国维修的话，其费用要比销售的机床赚的利润还要高。如果客户一再要求派人前往维修的话，那么可向客户提出：维修人员的出国费用是否能由客户承担；或则，客户派人来我国进行培训学习操作。另外，客户也可凭借现场照片，视频连线等方式，进行现场指导维修。



附录

(涉及版权、专利等问题的内容不对外发布)

- 1、主要目标市场有关技术法规、标准、合格评定程序原文，以及与我国存在差异部分的中文翻译及解释；
- 2、有关国际标准原文以及与我国存在差异部分的中文翻译及解释；
- 3、国外解决同类问题的良好操作规范等指导性文件；
- 4、重点出口企业（至少 5 家）对本指南的书面意见（不对外发布）；
- 5、推广本指南的建议。（不对外发布）
- 6、其他

附录一

机床海关编码目录

HS 码 (6 位)	产品描述
845611	用激光处理各种材料的加工机床
845612	用其他光或光子束处理各种材料的加工机床
845620	用超声波处理材料的加工机床
845630	用放电处理材料的加工机床
845640	用等离子弧处理各种材料的加工机床
845690	用电化学法、电子束或离子束处理各种材料的加工机床
845710	加工中心
845720	单工位组合机床
845730	多工位组合机床
845811	数控卧式车床
845819	其他卧式车床
845891	其他数控车床
845899	其他车床
845910	直线移动式动力头机床
845921	数控钻床
845929	其他钻床
845931	数控镗铣床
845939	其他镗铣床
845941	数控镗床
845949	其他镗床
845951	升降台式数控铣床
845959	其他升降台式铣床
845961	其他数控铣床

845969	其他铣床
845970	其他攻丝机床
846012	数控平面磨床
846019	其他平面磨床
846022	数控无心磨床
846023	数控外圆磨床
846024	其他数控磨床
846029	其他磨床
846031	数控刃磨机床
846039	其他刃磨机床
846040	金属珩磨或研磨机床
846090	其他用磨石、磨料等对金属进行精加工的机床
846120	牛头刨床或插床
846130	拉床
846140	切齿机、齿轮磨床或齿轮精加工机床
846150	锯床或切断机
846190	刨床
846210	锻造或冲压机床及锻锤
846221	数控弯曲、折叠、矫直或矫平机床
846229	其他弯曲、折叠、矫直或矫平机床
846231	数控剪切机床
846239	其他剪切机床
846241	数控冲孔或开槽机床
846249	其他冲孔或开槽机床
846291	其他液压压力机
846299	其他加工金属或硬质合金的压力机
846310	金属杆、管、型材、异型材、丝等的拉拔机

846320	金属螺纹滚轧机
846330	金属丝加工机
846390	未列名的金属非切削加工机床

附录二

国内外数控机床现行标准目录

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
1.	GB/T 18400.8-2001	加工中心 检验条件 第8部分：三个坐标平面上轮廓特性的评定	Test conditions for machining centres--Part 8:Evaluation of the contouring performance in the three coordinate planes
2.	GB/T 18400.6-2001	加工中心 检验条件 第6部分：进给率、速度和插补精度检验	Test conditions for machining centres--Part 6:Accuracy of feeds,speeds, speeds and interpolations
3.	GB/T 4683-1993	转塔车床 精度	Turret lathes — Testing of the accuracy
4.	GB/T 4020-1997	卧式车床 精度检验	Acceptance conditions for general purpose parallel lathes--Testing of the accuracy
5.	GB/T 14535-1993	单轴自动车床 精度	Single spindle automatic lathes --Testing of the accuracy
6.	GB/T 16462-1996	数控卧式车床 精度检验	Numerically controlled turning machines—Testing of the accuracy
7.	GB 18568-2001	加工中心 安全防护技术条件	Machining centres--Safeguarding specification
8.	GB/T 4020-1997	卧式车床 精度检验	Acceptance conditions for general purpose parallel lathes--Testing of the accuracy

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
9.	GB/T 17421.4-2003	机床检验通则 第4部分：数控机床的圆检验	Test code for machine tools—Part 4:Circular tests for numerically controlled machine tools
10.	GB/T 17421.2-2000	机床检验通则 第2部分：数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定	Test code for machine tools--Part 2:Determination of accuracy and repeatability of positioning numerically controlled axes
11.	JB/T 4138-1999	精整车床 精度检验	
12.	JB/T 10165.1-1999	数控纵切自动车床 精度检验	
13.	JB/T 10165.2-1999	数控纵切自动车床 技术条件	
14.	JB/T 1464.2-1999	单轴纵切自动车床 技术条件	
15.	JB/T 4368.3-1996	数控卧式车床 技术条件	
16.	JB/T 4368.4-1996	数控卧式车床 性能试验规范	
17.	JB/T 8481.1-1999	立式多轴半自动车床 精度检验	
18.	JB/T 3644.2-1999	卧式多轴自动车床 技术条件	
19.	JB/T 3663.3-1999	重型卧式车床 精度检验	
20.	JB/T 3317.1-1999	卡盘多刀车床 精度检验	
21.	JB/T 9934.2-1999	数控立式车床 技术条件	
22.	JB/T 5762.1-1999	转塔车床 技术条件	
23.	JB/T 2523.4-1999	落地车床 精度检验	
24.	JB/T 3644.1-1999	卧式多轴自动车床 精度检验	

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
25.	JB/T 8648.2-1997	钻削加工中心 技术条件	
26.	JB/T 8648.1-1997	钻削加工中心 精度检验	
27.	JB/T 8772.1-1998	精密加工中心检验条件 第1部分:卧式和带附加主轴头 机床几何精度检验(水平Z轴)	
28.	JB/T 8772.5-1998	精密加工中心检验条件 第5部分:工件夹持托板的定位 精度和重复定位精度检验	
29.	JB/T 8490.1-1996	数控落地铣镗床、落地铣 镗加工中心 精度检验	
30.	JB/T 8772.4-1998	精密加工中心检验条件 第4部分:线性和回转轴线的定 位精度和重复定位精度检验	
31.	JB/T 8771.2-1998	加工中心检验条件 第2 部分:立式加工中心几何精度 检验	
32.	JB/T 8771.5-1998	加工中心检验条件 第5 部分:工件夹持托板的定位精 度和重复定位精度检验	
33.	JB/T 8490.2-1996	数控落地铣镗床、落地铣 镗加工中心 技术条件	
34.	JB/T 8801-1998	加工中心 技术条件	
35.	JB/T 8772.7-1998	精密加工中心检验条件 第7部分:精加工试件精度检验	
36.	JB/T 8771.7-1998	加工中心检验条件 第7 部分:精加工试件精度检验	
37.	JB/T 8771.4-1998	加工中心检验条件 第4 部分:线性和回转轴线的定 位精度和重复定位精度检验	
38.	JB/T 8772.2-1998	精密加工中心检验条件 第2部分:立式加工中心几何精 度检验	

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
39.	JB/T 8771.1-1998	加工中心检验条件 第1部分:卧式和带附加主轴头机床的几何精度检验(水平Z轴)	
40.	JB/T 8773-1998	精密加工中心 技术条件	
41.	JB/T 2322.1-2002	卧式车床 性能试验方法	
42.	JB/T 1464-1994	单轴纵切自动车床 精度	
43.	JB/T 2322-1993	卧式车床 技术条件	
44.	JB/T 2322.1-2002	卧式车床 性能试验方法	
45.	ISO 6155-1998	机床.卧式轴六角自动车床和卧式单轴自动车床的试验条件.精度试验	Machine tools - Test conditions for horizontal spindle turret and single spindle automatic lathes - Testing of the accuracy
46.	ISO 10791-4-1998	组合加工中心机床的试验条件.第4部分:线性和旋转轴定位的准确度和可重复性	(Test conditions for machining centres - Part 4: Accuracy and repeatability of positioning of linear and rotary axes)
47.	ISO 9524-1993	机床.加工中心轴托架的正面	(Machine tools; front faces of spindle holders for machining centres; functional dimensions)
48.	ISO 10791-7-1998	组合加工中心机床的试验条件.第7部分:成品试验件的准确度	(Test conditions for machining centres - Part 7: Accuracy of a finished test piece)
49.	ISO 10791-9-2001	组合加工中心机床的试验条件.第9部分:工具和垫板转换的操作时间的评价	(Test conditons for machining centres - Part 9: Evaluation of the operating times of tool change and pallet change)
50.	ISO 10791-6-1998	组合加工中心机床的试验条件.第6部分:走刀量、速度和插入动作的准确度	(Test conditions of machining centres - Part 6: Accuracy of feeds, speeds and interpolations)
51.	ISO 10791-8-2001	组合加工中心机床的试验条件.第8部分:评价三维坐标平面上轮廓性能	(Test conditions for machining centres - Part 8: Evaluation of the contouring performance in the three

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
			coordinate planes)
52.	ISO 10791-3-1998	组合加工中心机床的试验条件.第3部分:带整体可转位的或连续通用头的机器的几何试验(垂直的Z轴)	(Test conditions of machining centres - Part 3: Geometric tests for machines with integral indexable or continuous universal heads (vertical Z-axis))
53.	ISO 10791-1-1998	组合加工中心机床的试验条件.第1部分:带水平主轴和辅助头的机床的几何试验(水平的Z轴)	(Test conditions for machining centres - Part 1: Geometric tests for machines with horizontal spindle and with accessory heads (horizontal Z-axis))
54.	ISO 6155-1998	机床.卧式轴六角自动车床和卧式单轴自动车床的试验条件.精度试验	Machine tools - Test conditions for horizontal spindle turret and single spindle automatic lathes - Testing of the accuracy
55.	ISO 1708-1989	一般用途卧式车床的验收条件.精度试验	Acceptance conditions for general purpose parallel lathes; testing of the accuracy
56.	ISO 10791-2-2001	组合加工中心机床的试验条件.第2部分:带垂直主轴或带垂直旋转主轴通用头的机器的几何试验(垂直的Z轴)	(Test conditions for machining centres - Part 2: Geometric tests for machines with vertical spindle or universal heads with vertical primary rotary axis (vertical Z-axis))
57.	ISO 10791-5-1998	组合加工中心机床的试验条件.第5部分:工件夹紧盘定位的准确度和可重复性	(Test conditions for machining centres - Part 5: Accuracy and repeatability of positioning of work-holding pallets)
58.	ISO 230-4-1996	机床试验规程.第4部分:数控机床的循环测试	Test code for machine tools - Part 4: Circular tests for numerically controlled machine tools
59.	JIS B6331-1986	数控车床试验及检验方法	Test code for performance and accuracy of numerically controlled lathes
60.	JIS B6336-9-2002	加工中心的试验条件.第9部分:改变工具和底板的操作	Test conditions for machining centres -- Part 9: Evaluation of the

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
		时间的评估	operating times of tool change and pallet change
61.	JIS B6336-1-2000	组合加工中心机床的试验条件.第1部分:有水平轴和附属头的机床的几何试验(水平Z轴)	Test conditions for machining centers -- Part 1: Geometric tests for machines with horizontal spindle and with accessory heads (horizontal Z-axis)
62.	JIS B6336-8-2002	机械加工中心的试验条件.第8部分:三坐标平面内等高线特性的评定	(Test conditions for machining centres -- Part 8: Evaluation of the contouring performance in the three coordinate planes)
63.	JIS B6336-1986	卧式万能自动数控机床的试验及检验方法	Test code for performance and accuracy of machining centres
64.	JIS B6336-2-2002	机械加工中心的试验条件.第2部分:有立轴或带垂直主旋转轴(垂直Z轴)的通用头的机床的几何试验	(Test conditions for machining centres -- Part 2: Geometric tests for machines with vertical spindle or universal heads with vertical primary rotary axis (vertical Z-axis))
65.	JIS B6218-1990	主轴箱移动式单轴自动车床性能和准确度的试验方法	(TEST CODE FOR PERFORMANCE AND ACCURACY OF SINGLESPINDLE AUTOMATIC LATHES (SLIDING HEADSTOCK TYPE))
66.	JIS B6219-1990	多轴自动车床性能和准确度的试验方法	(TEST CODE FOR PERFORMANCE AND ACCURACY OF MULTI SPINDLE AUTOMATIC LATHES)
67.	JIS B6331-1986	数控车床试验及检验方法	Test code for performance and accuracy of numerically controlled lathes
68.	JIS B6223-1998	立式车床.准确度的测试	(Vertical turning and boring lathes -- Testing of the accuracy)
69.	EN 13788-2001	机床安全 多轴自动车床	Machine tools - Safety - Multi-spindle automatic turning machines

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
70.	EN 12840-2001	机床安全带/不带自动控制的手控车床	Safety of machine-tools - Manually controlled turning machines with or without automatic control
71.	EN 12417-2001	机床的安全.加工中心机床	(Safety of machine tools - Machining centres; German version EN 12417:2001)
72.	DIN 8609-2-1979	机床.立式车床.单柱立式车床.验收条件	(Machine tools; vertical turning and boring lathes with one column, acceptance conditions)
73.	DIN 8611-3-1976	机床.卧式自动车床.纵向自动车床.验收条件	(Machine Tools; Horizontal Automatic Lathes; Swiss-Type Automatic Lathes; Acceptance Conditions)
74.	DIN 8609-3-1979	机床.立式车床.双柱立式车床.验收条件	(Machine tools; vertical turning and boring lathes with two columns, acceptance conditions)
75.	DIN 8611-2-1976	机床.正面操作的卧式自动车床.验收条件	(Machine Tools; Horizontal Automatic Lathes; Front-loaded; Acceptance Conditions)
76.	DIN 8605-1976	机床.高精度车床.旋转直径至 500mm.车床中心距至 1500mm.验收条件	(Machine Tools; Lathes of High Accuracy Swing up to 500 mm, Turning Length up to 1500 mm, Acceptance Conditions)
77.	DIN 8613-1970	机床的验收条件.自动车削工件用卧式多轴自动车床	(Acceptance Conditions for Machine Tools; Multi-spindle Automatic Lathes; Horizontal Type for Rotating Workpieces)
78.	DIN 8606-1976	机床.标准精度车床.旋转直径至 800mm.验收条件	(Machine Tools; Lathes of Normal Accuracy; Swing up to 800 mm; Acceptance Conditions)
79.	DIN 8611-1-1976	机床.卧式单轴自动车床.验收条件	(Machine Tools; Horizontal Single-spindle Automatic Lathes; Acceptance Conditions)

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
80.	DIN 45635-1601-1978	机器噪声测量.空气载声测量.包围法.金属加工机床.车床特殊规定	(Measurement of Airborne Noise Emitted by Machines; Enveloping Surface Method; Metal Processing Machine, Tools Special, Stipulations for Lathes)
81.	BS 4656-28-1988	机床精度及试验方法.第28部分:车削直径小于1500mm(含)的数控车床规范	(Accuracy of machine tools and methods of test - Specification for numerically controlled turning machines up to and including 1500 mm turning diameter)
82.	BS 4656-1-1981	机床精度及试验方法.通用车床规范	(Accuracy of machine tools and methods of test - Specification for lathes, general purpose type)
83.	BS 4656-29-1981	机床精度及试验方法.第29部分:多轴(分度回轮)自动车床规范	(Accuracy of machine tools and methods of test - Specification for automatic lathes, multi-spindle (indexing drum) type)
84.	NF E60-416/A1-2003	机床的安全.小型数字控制的转向车床和转向中心	(Safety of machine tools - Small numerically controlled turning machines and turning centres.)
85.	NF E60-417-2001	机床的安全.大型数字控制的转向车床和转向中心	(Safety of machine tools - Large numerically controlled turning machines and turning centres.)
86.	NF E60-102-1976	数控卧式车床的试验条件.精确度检验	(TEST CONDITIONS FOR NUMERICAL CONTROL PARALLEL LATHES. TESTING OF THE ACCURACY.)
87.	NF E60-425-2002	机床.安全性.多轴自动车床	(Machine tools - Safety - Multi-spindle automatic turning machines.)
88.	NF E60-273-1991	机床.测量噪音的常规工作条件.车床	(Machine tools. Conventional working conditions for measurement of noise. Turning machines.)
89.	NF E60-172-4-1998	组合加工中心机床的试验条件.第4部分:线性和旋转轴	(Test conditions for machining centres. Part 4 : accuracy and

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
		定位的精度和可重复性	repeatability of positioning of linear and rotary axes.)
90.	NF E60-420-2001	机床.安全.组合加工中心机床	(Machine tools - Safety - Machining centres.)
91.	NF E60-172-7-1998	组合加工中心机床的验收条件.第7部分:成品试验件的精度	(Test conditions for machining centres. Part 7 : accuracy of a finished test piece.)
92.	NF E60-172-9-2001	组合加工中心机床的试验条件.第9部分:工具和垫板转换的操作时间的评价	(Test conditions for machining centres - Part 9 : evaluation of the operating times of tool change and pallet change.)
93.	NF E60-172-6-1998	组合加工中心机床的试验条件.第6部分:走刀量、速度和插入动作的准确度	(Test conditions for machining centres. Part 6 : accuracy of feeds, speeds and interpolations.)
94.	NF E60-172-5-1998	组合加工中心机床的试验条件.第5部分:工件夹紧盘定位的精度和可重复性	(Test conditions of machining centres. Part 5 : accuracy and repeatability of positioning of work-holding pallets.)
95.	NF E60-172-8-2001	组合加工中心机床的试验条件.第8部分:评价三维坐标平面上轮廓性能	(Test conditions for machining centres - Part 8 : evaluation of the contouring performance in the three coordinate planes.)
96.	NF E60-172-2-2001	组合加工中心机床的试验条件.第2部分:带垂直主轴或带垂直旋转主轴通用头的机器的几何试验(垂直的Z轴)	(Test conditions for machining centres - Part 2 : geometric tests for machines with vertical spindle or universal heads with vertical primary rotary axis (vertical Z-axis).)
97.	ANSI B11.6-1984	机床.车床的制造、维护和使用的安全要求	Machine Tools - Lathes - Safety Requirements for Construction, Care and Use
98.	ANSI B11.13-1992	机床.单轴、多轴自动棒材、卡盘车床的制造、维护和使用的安全要求	Machine Tools - Single- and Multiple-Spindle Automatic Bar and Chucking Machines - Safety Requirements for Construction, Care and Use

序号	标准号	标准中文名称	标准英文名称
99.	ASME B5.50 Errata-1995	带自动工具转换器的组合加工中心机床用“V”形法兰工具柄.勘误	(“V” flange tool shanks for machining centers with automatic tool changers; Errata)
100.	ANSI/ASME B5.54-2003	计算机数控加工中心机床性能评定方法	(Performance Evaluation of Computer Numerically Controlled Machining Centers, Methods for)
101.	ASME B5.54 Errata-1993	计算机数控机床中心评价性能的方法.勘误表	(Methods for performance evaluation of computer numerically controlled machining centers; Errata)
102.	ASME B5.54-1992	计算机数控机床中心的评价性能的方法	(Methods for performance evaluation of computer numerically controlled machining centers)
103.	ANSI/ASME B 5.57-1998	计算机数控机床和回转中心的性能评价方法	Methods for Performance Evaluation of Computer Numerically Controlled Lathes and Turning Centers

附录三

数控车床出口样机性能测试及国内外相关检验标准对比分析

1 样机测试

1. 1 样机的主要性能及配置

主轴电机：SIEMENS 1PH7131-2NF02-0CA0 11kW

X 轴直线电机：SIEMENS 1FN3450-3WB00-0AA1 27.5kW 164m/min

Z 轴伺服电机：1FT6064-6AC71-4EG0 2.0kW

最大车削长度：500mm

最大车削直径：350mm

X 轴行程：190mm

Z 轴行程：600mm

X 轴快速移动速度：60m/min

Z 轴快速移动速度：30 m/min

X 轴加速度：1g

1. 2 样机测试项目

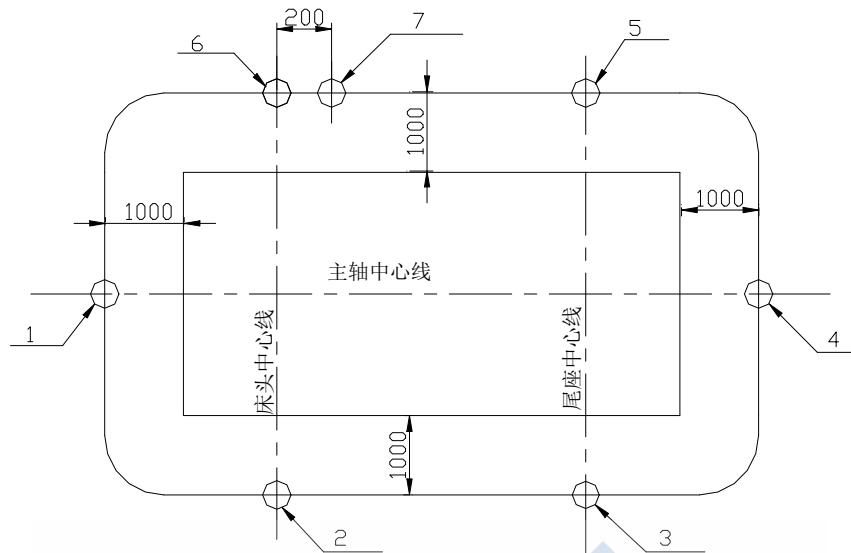
1. 2. 1 噪声试验

1. 2. 1. 1 试验条件

试验前机床中速运转 30min，测试时关上防护门。

1. 2. 1. 2 试验方法

用 2230 精密声级计进行测量，声级计离地面 1.5m，平面测点布置见图 1。在最高声压级转速下（5000r/min）测量 1~6 点声压级 dB(A)，并且确定最高声压级点第 7 点的位置，在该位置逐级测量机床的噪声。



附录三图 1 平面测点位置图

1.2.1.3 测量结果

最高声压级点（第 7 点）在机床后方接近主轴箱中部 200mm 的位置，测量结果见表 1。

表 1

主轴转速 (r/min)	500	1000	1500	2000	2500
声 压 级 dB(A)	62	65	66	68	70
主轴转速 (r/min)	2500	3000	3500	4000	4500
声 压 级 dB(A)	71	71.5	73	74	74.8

该机床的最大声压级为 74.8 dB(A)。

注：机床背景噪声：53dB(A)

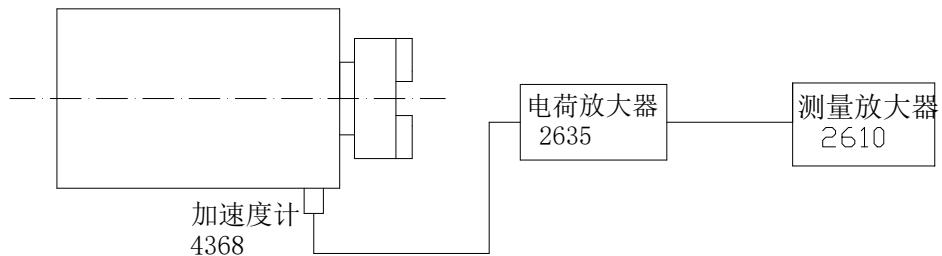
1.2.2 空运转振动试验

1.2.2.1 试验条件

试验前机床中速运转 30min，试验时机床安装卡盘，尾座固定在床身末端，刀架位于行程的中部。

1.2.2.2 试验方法

在各级转速下，测量主轴箱、刀架、尾座在三个方向上的绝对振动速度，测试仪器配置见图 2。



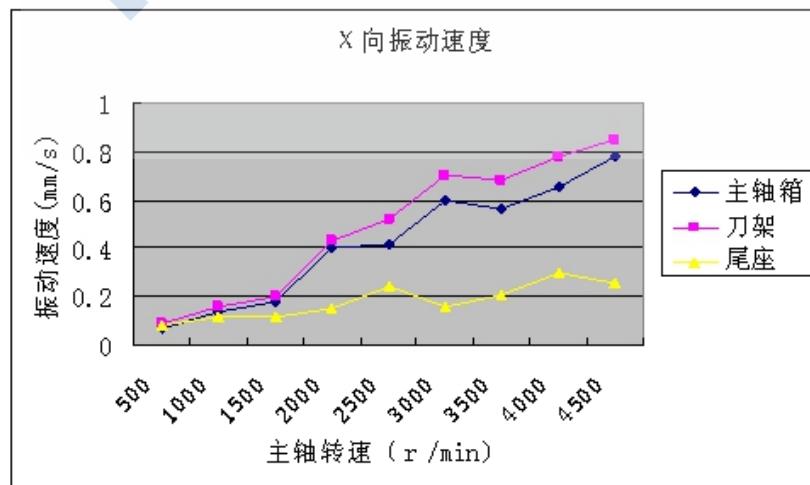
附录三图 2 测试仪器配置

1.2.2.3 测试结果

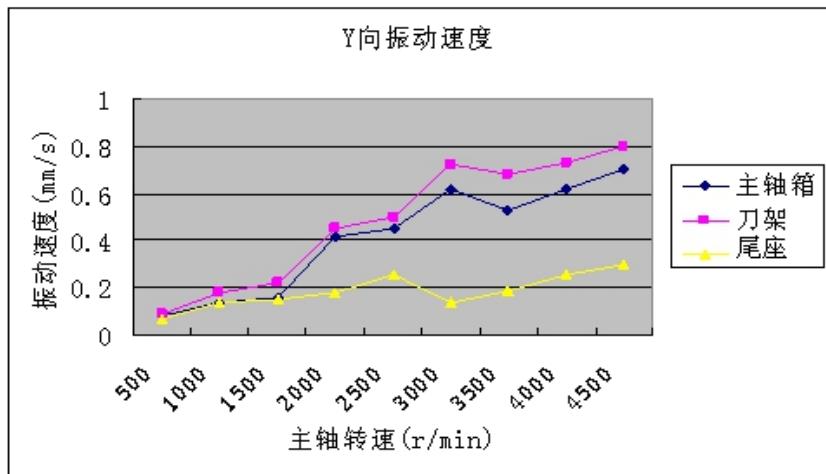
测试结果见表 2, 振动速度曲线图见图 3、图 4 和图 5。

表 2

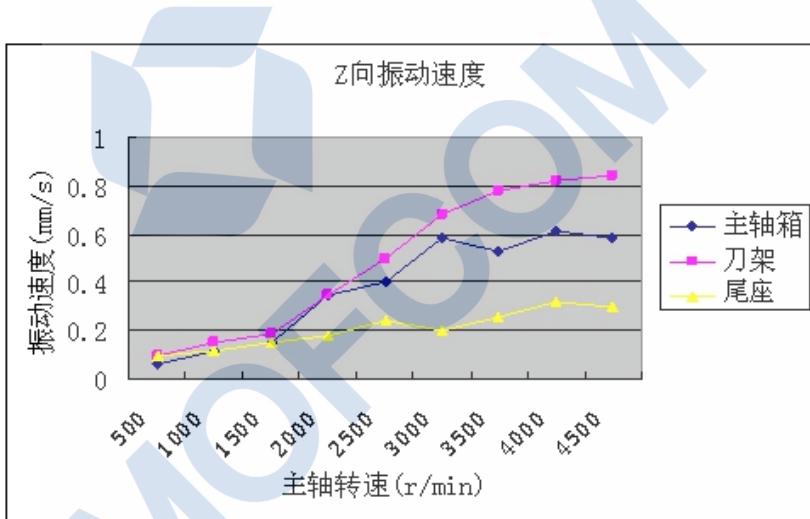
主轴转速 (r/min)	主轴箱			刀架			尾座		
	振动速度 (mm/s)								
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
500	0.07	0.08	0.06	0.09	0.09	0.10	0.08	0.07	0.10
1000	0.14	0.14	0.12	0.16	0.18	0.15	0.12	0.14	0.12
1500	0.18	0.16	0.15	0.20	0.22	0.19	0.12	0.15	0.15
2000	0.40	0.42	0.35	0.43	0.45	0.35	0.15	0.18	0.18
2500	0.42	0.45	0.40	0.52	0.50	0.50	0.24	0.26	0.24
3000	0.6	0.62	0.58	0.70	0.72	0.68	0.16	0.14	0.20
3500	0.56	0.53	0.53	0.68	0.68	0.78	0.21	0.19	0.26
4000	0.65	0.62	0.61	0.78	0.73	0.82	0.30	0.26	0.32
4500	0.78	0.70	0.58	0.85	0.80	0.84	0.26	0.30	0.30



附录图 3 X 方向振动速度曲线图



附录图 4 Y 方向振动速度曲线图



附录图 5 Z 方向振动速度曲线图

1.2.3 温升和热变形试验

温升试验主要测定主轴中速运转时主轴轴承的稳定温度及温升变化规律。热变形试验测定主轴中速空运转时，主轴中心线在 X 方向、Y 方向的最大线位移和角位移以及 Z 方向的轴向位移。

1.2.3.1 试验条件

机床在冷态下开始试验，即试验前 16h 之内不得工作，试验中途不准停车。

1.2.3.2 试验方法

1.2.3.2.1 温升试验

主轴以中速 2500r/min 连续运转 3h，用点温计测量以下各位置处的初始温度和终止温度。

(1) 主轴轴承的温升测点

位置 1(前轴承法兰盘的 M6×35 螺孔内)：主要针对前轴承外环处的温升。试验时把 M6 螺丝拆下，内部填充干油，用点温计插入内部，测量起始温度和结束时的温度。

位置 2 (后轴承端盖 M8×20 螺孔内)：主要针对后轴承外环处的温升。由于此位置与后轴承外环距离较近，基本反映了后轴承外环处的温度。试验时把 M8 螺丝拆掉，内部填充干油，用点温计插入内部，测量起始温度和结束时的温度。

位置 3 (后轴承锁紧螺母与轴承之间的隔套的外缘)：主要针对轴承内环处的温升。此位置与后轴承内环相对较近，在一定程度上可以反映后轴承内环的温升状况。

(2) 卡盘油缸配油环处：直接用点温计点在配油环的外缘。

1.2.3.2.2 热变形试验

步骤如下：① 卡盘装卡试件（见图 6），精车两 $\Phi 60$ 凸肩及右端面。保证径向跳动及端面跳动不超过 0.005mm。

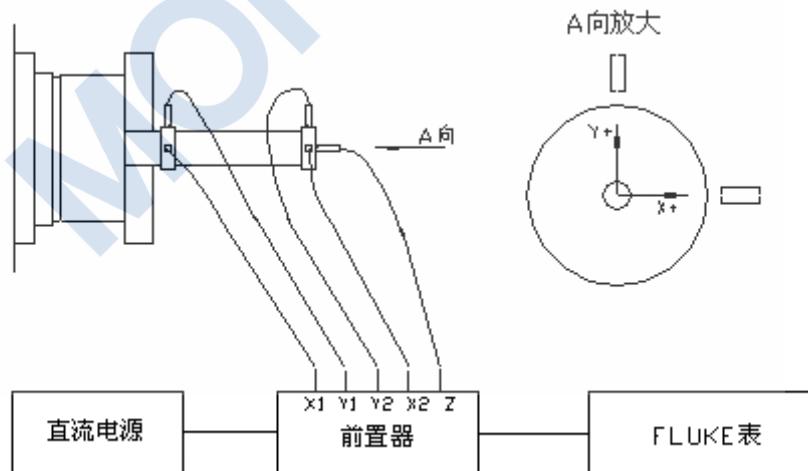


图 6 热变形试验安装示意图

② 在 X1, X2, Y1, Y2 及 Z 位置，沿各坐标轴方向安装非接触式传感器，如图 6 所示。传感器用磁力表座固定在床身上。其中 X1, X2 两传感器测量 X 方向的线位移和角位移。Y1, Y2 两传感器测量 Y 方向的线位移和角位移。Z 传感器测量 Z 方向（轴向）位移。

③ 主轴以中速 (2500r/min) 连续运转 3h 时。每隔 15min 记录各点位移数

值。

1.2.3.3 试验结果

1.2.3.3.1 中速温升（见表 3）

表 3 0C

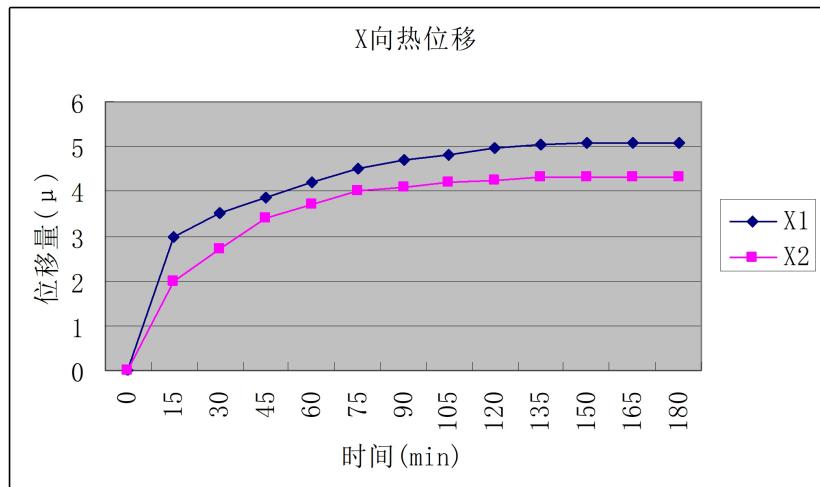
测 温 点		初 始 温 度	平 衡 温 度	稳 定 温 升
主 轴	位置 1	19	30	11
	位置 2	19	35	16
	位置 3	19	37	18
卡 盘 配 油 环		19	45	26

1.2.3.3.2 热变形

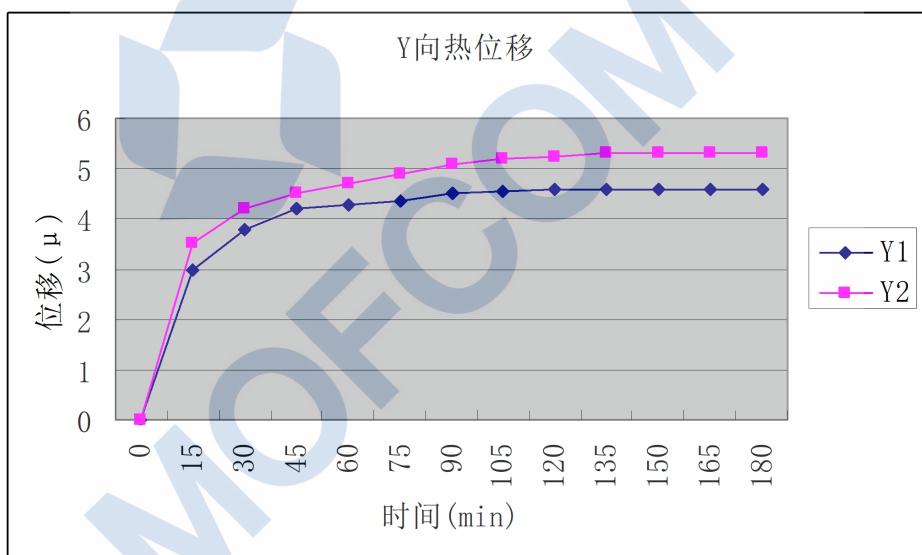
X、Y 和 Z 方向热位移测试数据分别见表 4、图 7、图 8 和图 9

表 4 μm

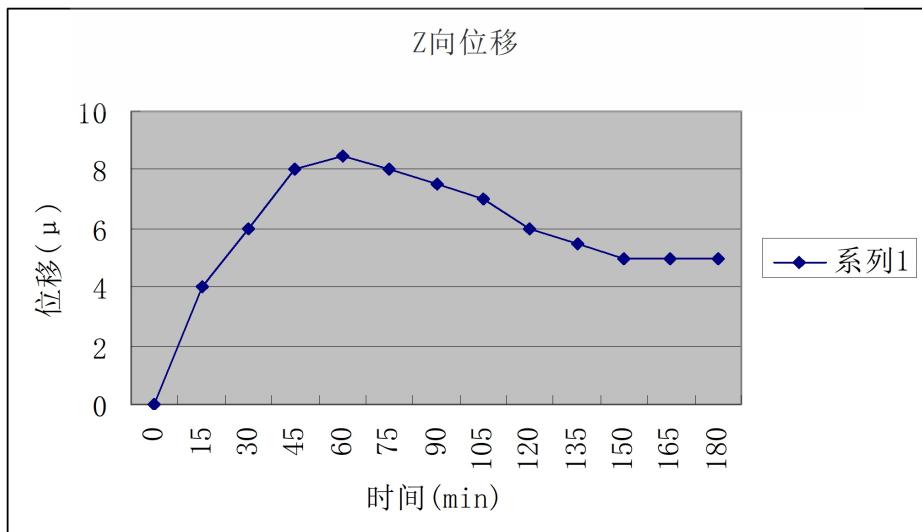
时间 (min)	X 向		Y 向		Z 向
	X1	X2	Y1	Y2	
0	0	0	0	0	0
15	3	2	3	3.5	4
30	3.5	2.7	3.8	4.2	6
45	3.85	3.4	4.2	4.5	8
60	4.2	3.7	4.28	4.7	8.5
75	4.5	4.0	4.35	4.9	8
90	4.7	4.1	4.5	5.1	7.5
105	4.8	4.2	4.55	5.2	7
120	4.95	4.25	4.6	5.25	6
135	5.05	4.3	4.6	5.3	5.5
150	5.1	4.3	4.6	5.3	5
165	5.1	4.3	4.6	5.3	5
180	5.1	4.3	4.6	5.3	5



附录三图 7 X 方向热位移



附录三图 8 Y 方向热位移



附录三图 9 Z 方向热位移

由上图表可知：

X 方向：线位移： $A_x = 5.1 \mu m$ （ 移向刀架 ）

角位移： $\alpha_x = 0.8 \mu / 250 mm$ （ 远离刀架 ）

Y 方向：线位移： $A_y = 4.6 \mu m$ （ 向上 ）

角位移： $\alpha_y = 0.7 \mu / 250 mm$ （ 抬头 ）

Z 方向：线位移： $5 \mu m$ （ 伸出 ）

1.2.4 主轴静刚度试验

1.2.4.1 试验目的

考核机床在外界静态载荷的作用下抵抗变形的能力。本次试验主要针对主轴系统的静刚度，确定其是否合理。

1.2.4.2 试验方法

用音叉测力计进行主轴的 X 向加载。加载时，用脉冲手轮 X-向移动刀架，使刀盘上模拟车刀和卡盘上Φ70 棒料同时向音叉测力计施加压力，通过千分表 4 就可以读出加力的数值，通过千分表 1 可以读出主轴受力后的变形量（见图 10）。

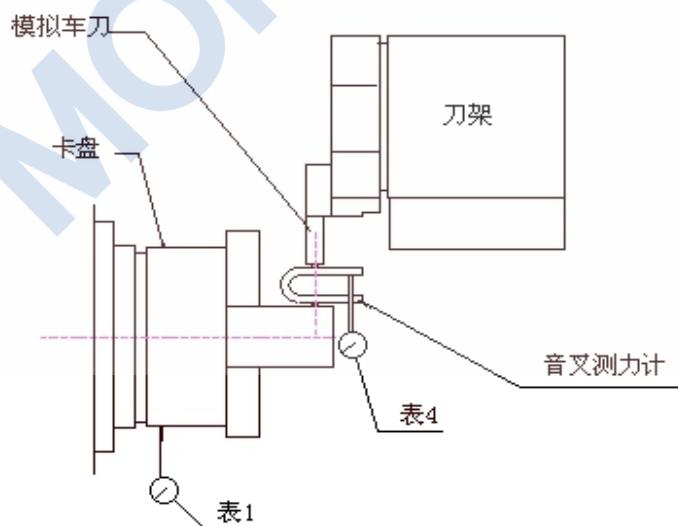


图 10 试验方法简图

1.2.4.3 主轴静刚度试验数据（见表 5）

表 5

力 (N)	变形量 (μm)						
	平均值	第一组		第二组		第三组	
		加载	减载	加载	减载	加载	减载
500	1.83	1.7	2.0	1.7	1.9	1.7	2.0
1000	3.88	3.8	3.9	3.8	4.0	3.8	4.0
1500	5.97	5.8	6.0	6.0	6.2	5.8	6.0
2000	8.03	7.8	7.8	8.2	8.2	8.1	8.1
主轴的静刚度: $K_s = 249\text{N}/\mu\text{m}$							

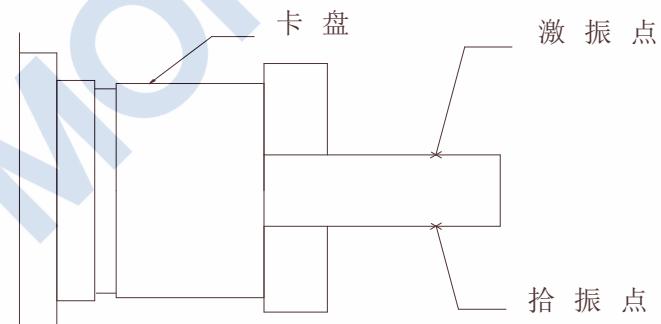
1.2.5 主轴动刚度试验

1.2.5.1 试验目的

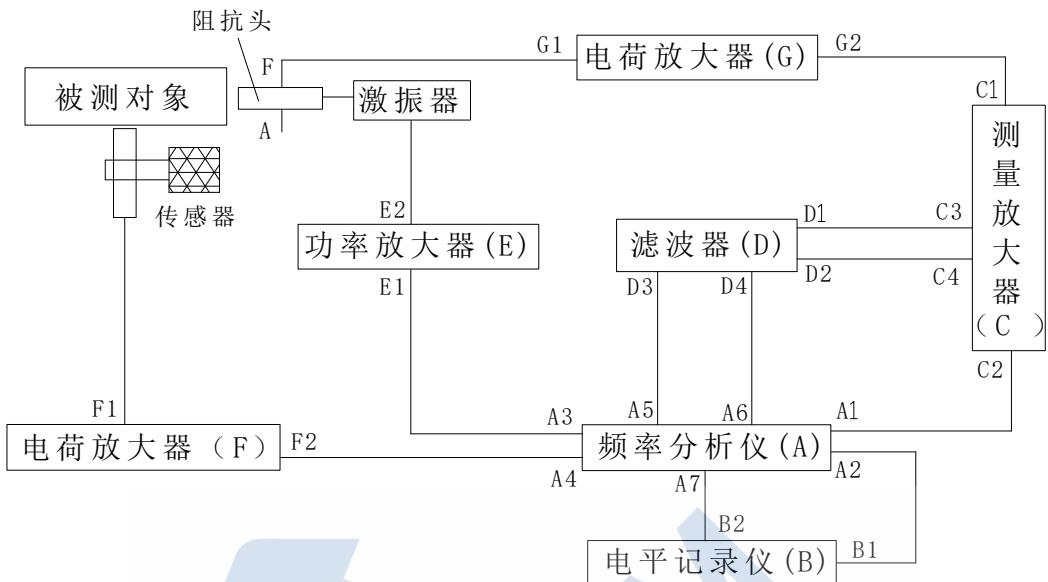
采用正弦绝对激振方式对夹持在机床上的试件进行激振，通过激起的结构响应，测量动态特性参数。

1.2.5.2 试验方法

在水平方向上对 $\phi 80 \times 120\text{mm}$ 的试件激振，其装卡方式如图 11。试验采用丹表 B&K 公司仪器，接线示意图（见图 12）



附录三图 11 主轴动刚度试验装卡方式



附录三图 12 接线示意图

1.2.5.3 主轴的试验结果（见表 6）

表 6

类 别 阶次	频率 (Hz)	机械导纳 (mm/s/kgf)	机械阻抗 (kgf/mm/s)	动柔度 (μ /kgf)	动刚度 (kgf/ μ)
1 阶	370	3.1	0.323	1.333	0.750
2 阶	879	11	0.091	1.992	0.502

1.2.6 最小设定单位进给试验

1.2.6.1 试验条件

- 1) 机床各部位充分润滑；
- 2) 机床中速空运转 30min。

1.2.6.2 试验方法

测试的部位：在 X 轴、Z 轴两端及中间位置共取 3 个点，分别正向反向进给 20 个脉冲，对各轴的位移进行检测。

1.2.6.3 试验数据

X 轴单脉冲进给与实际行程关系数据见表 7，Z 轴单脉冲进给与实际位移关

系数据见表 8。

表 7

脉冲个数	实际位移(μ)					
	行程位置 1(左)		行程位置 2(中)		行程位置 3(右)	
	正向	负向	正向	负向	正向	负向
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20
L-20	0	0	0	0	0	0

表 8

脉冲个数	实际位移(μ)					
	行程位置 1(下)		行程位置 2(中)		行程位置 3(上)	
	正向	负向	正向	负向	正向	负向
1	0	0	0	0	1	0
2	2	1	2	2	1	1
3	2	1	2	2	3	1
4	4	4	3	4	3	4
5	4	4	5	4	5	3
6	5	5	5	6	5	6
7	5	6	6	5	7	6
8	7	8	8	8	7	8

9	7	8	8	8	9	8
10	9	10	8	10	9	10
11	9	10	10	10	9	10
12	11	12	10	12	11	12
13	11	12	12	12	13	12
14	14	13	12	13	13	13
15	14	13	14	13	15	15
16	16	16	14	15	15	16
17	16	16	16	17	17	17
18	18	18	16	17	17	17
19	18	19	19	19	19	17
20	19	19	19	19	19	19
L-20	-1	-1	-1	-1	-1	-1
总体均值				-1		

1.2.6.4 结论（见表 9）

表 9

测量方向	指令值 (μm)	指令值- 实测值 (μm)	$\frac{(L-20)}{20} \times 100\%$		允差 20%(内定)
X 正向	位置 1	20	0	0	合格
	位置 2	20	0	0	合格
	位置 3	20	0	0	合格
X 负向	位置 1	20	0	0	合格
	位置 2	20	0	0	合格
	位置 3	20	0	0	合格
Z 正向	位置 1	20	1	-5%	合格
	位置 2	20	1	-5%	合格
	位置 3	20	1	-5%	合格
Z 负向	位置 1	20	1	-5%	合格
	位置 2	20	1	-5%	合格
	位置 3	20	1	-5%	合格

1.2.7 最大速度、最大加速度测试

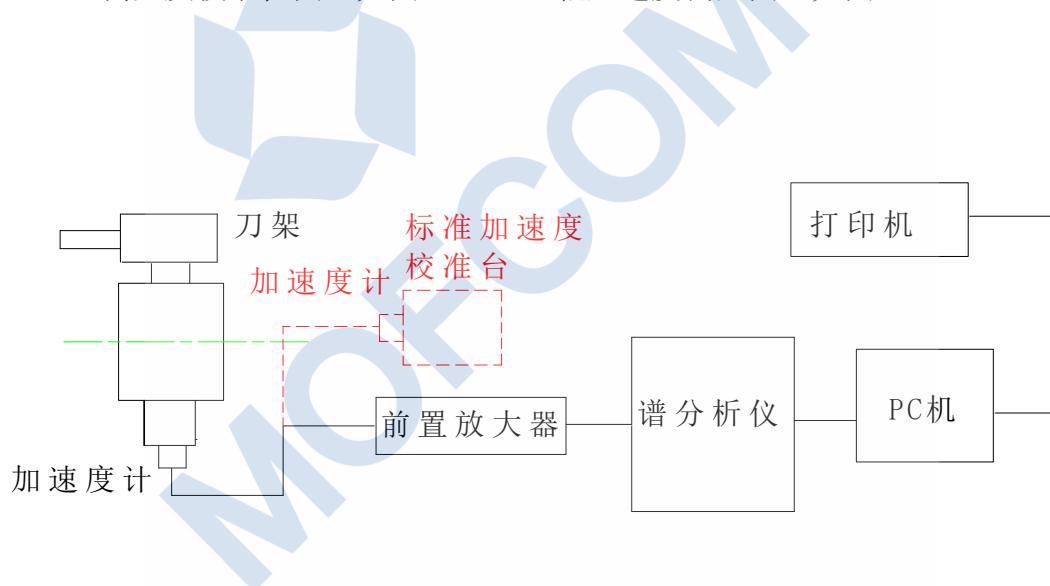
1.2.7.1 最大速度

采用 RENISHAW ML10 激光干涉仪测量

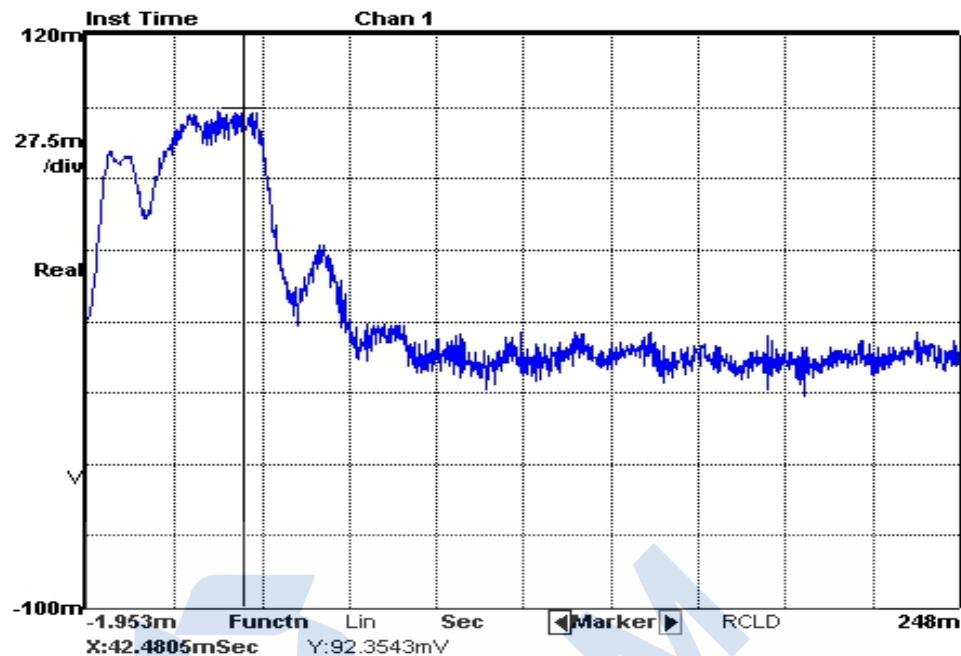
测试结果：X 轴最大速度为 60m/min, Z 轴最大速度为 16m/min.

1.2.7.2 最大加速度

加速度测量采用 HP3566A 信号分析仪，加速度传感器，前置放大器，微型计算机，采集机床快速移动时的加速度信号。测量前使用丹麦 BK4291 的加速度效准台进行标定。标定结果为当加速度效准台给出 1g(9.8m/s²)时，测量信号为 92mV。测量及校准框图（见图 13）。X 轴加速度测量图（见图 14）。



附录三图 13 加速度 测量及校准框图



附录三图 14 X 轴加速度测量图

测试结果：X 轴最大加速度为 1g。

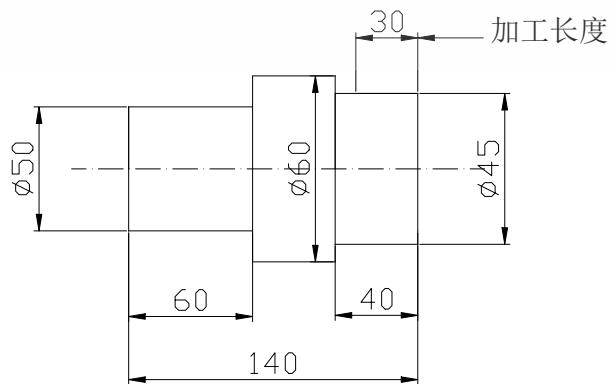
1.2.8 生产能力试验

1.2.8.1 试验条件

- (1) 加工前，机床按试件的加工程序连续空运行 30min。
- (2) 试件：数量：25 件。

材料：45 钢

试件简图（见图 15）



附录三图 15 试件简图

- (3) 刀具：半精车：刀体：SANDVIK PCLNL25×25M12

刀片: SANDVIK CNMG12 04 08-WF 4015

精车: 刀体: SANDVIK PDJNL 25×25 M15

刀片: SANDVIK DNMG15 06 04-PF 4015

(4) 切削用量

半精加工: a_p (切深) = 0.9mm f (进给量) = 0.2mm/r n (转速) = 1200r/min

精加工: a_p =0.1mm f =0.1mm/r $n=1600$ r/min

1.2.8.2 试验方法

机床一次安装刀具的情况下, 完成 25 个试件的连续加工。加工时, 刀具及切削用量调整到最佳状态。为了考核机床热变形对工件尺寸精度的影响, 在半精加工和精加工之间安排了 30s 的延时, 用以拉长整个试件的加工时间。试件全部加工完毕后, 用千分尺测量精车后的试件外圆尺寸, 然后计算 C_p 值。

1.2.8.3 试验结果 (见表 10)

表 10

mm

序号	1	2	3	4	5
测量值	43.180	43.180	43.178	43.179	43.178
序号	6	7	8	9	10
测量值	43.179	43.179	43.180	43.180	43.179
序号	11	12	13	14	15
测量值	43.181	43.183	43.182	43.182	43.183
序号	16	17	18	19	20
测量值	43.183	43.182	43.181	43.181	43.181
序号	21	22	23	24	25
测量值	43.181	43.182	43.181	43.181	43.181

按总体取样, 计算标准偏差:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 1.46 \mu$$

按 6 级精度取公差: $T = 16 \mu$

$$\text{工序能力系数: } C_P = \frac{T}{6\sigma} = 1.82$$

1.2.8.4 试验结果分析

工序能力系数为 1.82, 说明本机床对于公差为 IT6 的零件具有足够的加工能力, 并有一定的裕量。

1.2.9 样机精度检验

1.2.9.1 几何精度检验 (见表 11)

表 11

检验项目	执行标准 GB/T16462. 1-2007	
	公差 (mm)	实测值 (mm)
主轴端部 a) 定心轴颈的径向跳动; b) 周期性轴向窜动; c) 主轴端面跳动。	a) 0.008 b) 0.005 c) 0.010	a) 0.004 b) 0.003 c) 0.007
主轴孔的径向跳动 a) 靠近主轴端面; b) 距主轴端面 300mm 处。	a) 0.015 b) 0.020	a) 0.009 b) 0.012
Z 轴运动 (床鞍运动) 对主轴轴线的平行度: a) 在 ZX 平面内; b) 在 YZ 平面内。	在 300 测量长度上: a) 0.015 b) 0.020	在 300 测量长度上: a) 0.011 b) 0.014
主轴轴线对 X 轴线在 ZX 平面内运动的垂直度	0.015	0.006
Z 轴运动的角度偏差 a) 在 YZ 平面内 (俯仰); b) 在 XY 平面内 (倾斜); c) 在 ZX 平面内 (偏摆)。	a) 0.060/1000 b) 0.060/1000 c) 0.060/1000	a) 0.030/1000 b) 0.020/1000 c) 0.025/1000
X 轴运动的角度偏差 a) 在 XY 平面内 (俯仰); b) 在 YZ 平面内 (倾斜);	a) 0.040/1000 b) 0.040/1000 c) 0.040/1000	a) 0.030/1000 b) 0.022/1000 c) 0.025/1000

c) 在 ZX 平面内（偏摆）。		
尾座运动对床鞍运动的平行度 a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。	a) 0.020 b) 0.030	a) 0.015 b) 0.022
尾座套筒运动对床鞍 Z 轴运动的平行度 a) 在 ZX 平面上内； b) 在 YZ 平面上。	L=100 a) 0.015 b) 0.020	L=100 a) 0.008 b) 0.013
尾座套筒锥孔轴线对床鞍 Z 轴运动的平行度 a) 在 ZX 平面上内； b) 在 YZ 平面上。	在 300 测量长度上： a) 0.020 b) 0.020	在 300 测量长度上： a) 0.014 b) 0.017
Z 轴运动对车削轴线的平行度 a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。	a) 0.015 b) 0.030	a) 0.007 b) 0.012
刀架工具安装基面对主轴轴线的垂直度	0.020/100	0.005/100
刀架工具安装孔轴线对 Z 轴运动的平行度 a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平面内。	L=100 a) 0.030 b) 0.030	L=100 a) 0.018 b) 0.022
刀架转位的重复定位精度 a) 在 YZ 平面内； b) 在 ZX 平面内。	L=100 a) 0.010 b) 0.010	L=100 a) 0.006 b) 0.008
刀架转位的定位精度	0.040	0.016

1.2.9.2 位置精度试验（见表 12）

表 12

检验项目	执行标准 GB/T16462.4-2007			
	X 轴		Z 轴	
	公差 (mm)	实测 (mm)	公差 (mm)	实测 (mm)

定位精度	0. 022	0. 008	0. 025	0. 013
重复定位	0. 006	0. 003	0. 008	0. 006
反向偏差	0. 010	0. 002	0. 010	0. 005

1.2.9.3 加工精度检验（见表 13）

表 13

检验项目	执行标准 ISO13041-6: 2005	
	公差 (mm)	实测 (mm)
车削圆柱试件		
a) 圆度	a) 0. 005	a) 0. 003
b) 加工直径的一致性	b) 0. 015	b) 0. 008
垂直主轴轴线端面的平面度	0. 015	0. 007
试件上 100°圆弧内的圆偏差	0. 045	0. 030

1.2.10 样机性能检验分析

机床控制系统稳定可靠，功能齐备，满足加工需求；该机床整体几何精度、位置精度，加工精度、动静刚度指标，主轴系统热特性，噪声等指标均达到相关标准要求，完全可以满足国内外市场的需要。

2 国内外机床性能检验标准和机床精度检验标准对比

2.1 性能检验标准对比

2.1.1 噪声检验（见表 14）

表 14

执行的标准	国家标准	ISO 标准	其它国家
检验方法	GB/T16769-2008	ISO230-5: 2000	未查到
检验指标	GB/T9061-2006	无	未查到

2.1.2 热变形检验（见表 15）

表 15

国别	中国	ISO 标准	法国	其它国家
检验方法标准	GB/T16462. 8-200 × GB/T17421. 3-200 ×	ISO13041-8: 2004 ISO 230-3: 2007	NF E60-160-8-2004	未查到

检验指标	无	无	无	未查到
------	---	---	---	-----

2.1.3 单脉冲试验（见表 16）

表 16

国别	中国	ISO	日本	其它国家
检验方法标准	JB/T4368.3-1996	无	JIS B6330	未查到
检验指标	无	无	无	未查到

2.2 机床精度检验标准对比

注：这里以床身上最大回转直径 $250 < D \leq 500$ ，不带 C 轴和 Y 轴的同类、同规格数控卧式车床为例。

2.2.1 几何精度检验（见表 17）

表 17

检验项目	中国	ISO	英国	日本	法国
	GB/T 16462.1 -2007	IS013041-1: 2004	BS IS013041.1- 2004	JIS B6331- 2006	NF E60-160-1-2 004
主轴端部 a) 定心轴颈的径向跳动； b) 周期性轴向窜动； c) 主轴端面跳动。	指标同 ISO	a) 0.008 b) 0.005 c) 0.010	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
主轴孔的径向跳动 b) 靠近主轴端面； b) 距主轴端面 300mm 处。	指标同 ISO	c) 0.015 d) 0.020	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
Z 轴运动（床鞍运动）对主轴轴线的平行度： a) 在 ZX 平面内； b) 在 YZ 平	指标同 ISO	在 300 测量 长度上： a) 0.015 b) 0.020	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO

面内。 主轴轴线对 X 轴线在 ZX 平面内运动的垂直度					
Z 轴运动的角度偏差 a) 在 YZ 平面内(俯仰); a) 在 XY 平面内(倾斜); b) 在 ZX 平面内(偏摆)。	指标同 ISO	0.015	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
X 轴运动的角度偏差 a) 在 XY 平面内(俯仰); b) 在 YZ 平面内(倾斜); c) 在 ZX 平面内(偏摆)。	指标同 ISO	a)、b) 和 c) 0.060/1000	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
尾座运动对床鞍运动的平行度 a) 在 ZX 平面内; b) 在 YZ 平面内。	指标同 ISO	a) 0.020 b) 0.030	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
尾座套筒运动对床鞍 Z 轴运动的平行度 c) 在 ZX 平面上内; d) 在 YZ 平面上内。	指标同 ISO	L=100 a) 0.015 b) 0.020	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
尾座套筒锥孔轴线对床鞍 Z 轴运动的平行度 b) 在 ZX 平面上内; b) 在 YZ 平面上内。	指标同 ISO	在 300 测量 长度上: a) 和 b): 0.020	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO

Z 轴运动对车削轴线的平行度 c) 在 ZX 平面内; d) 在 YZ 平面内。	指标同 ISO	a) 0.015 b) 0.030	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
刀架工具安装基面对主轴轴线的垂直度	指标同 ISO	0.020/100	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
刀架工具安装孔轴线对 Z 轴运动的平行度 a) 在 ZX 平面内; b) 在 YZ 平面内。	指标同 ISO	L=100 a) 和 b): 0.030	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
刀架转位的重复定位精度 a) 在 YZ 平面内; b) 在 ZX 平面内。	指标同 ISO	L=100 a) 和 b): 0.010	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
刀架转位的定位精度	指标同 ISO	0.040	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO

2.2.2 位置精度检验（见表 18）

表 18

国别		中国	ISO		英国	日本	德国
执行标准	检验方法	GB/T17421.2-2000	ISO230-2: 2006			VDI/DGQ 3441-197 7	
	检验指标	GB/T16462.4-2007	ISO13041-4: 2004	BS ISO13041-4 : 2004	JIS B6331-4 : 2004	DIN	
检验项	双向定位精度	指标同 ISO	0.022	0.025	指标同 ISO	指标同 ISO	未查到
	单向重复	指标同 ISO	0.006	0.008	指标同 ISO	指标同	未查到

目	定位精度				ISO	
	反向差值	指标同 ISO	0.010	0.010	指标同 ISO	指标同 ISO 未查到
	单向定位 系统偏差	指标同 ISO	0.010	0.012	指标同 ISO	指标同 ISO 未查到

2.2.3 加工精度检验（见表 19）

表 19

检验项目	中国	ISO	英国	日本	法国
	GB/T16462.6 -200×	ISO13041. 6-2005	BS1S013041. 6-2005	JIS B6331 -2006	NF E60-160 -6-2005
车削圆柱试件 a) 圆度 b) 加工直径的一致性	指标同 ISO	a) 0.005 b) 0.015	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
垂直主轴轴线端面的平面度	指标同 ISO	0.015	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO
试件上 100°圆弧内的圆偏差	指标同 ISO	0.045	指标同 ISO	指标同 ISO	指标同 ISO

通过标准对比，我们可以看出，各国机床检验标准都在等同或修改采用国际标准，从表面上看标准的水平相当，但实际上各国的机床水平仍会出现差异，差异的关键在于制造水平、检测能力，主要体现在机床的外观质量，可靠性、精度保持性等。对于中国的数控机床要想真正与国际接轨、特别是与欧、美等制造业强国的数控机床接轨，还要对标准的内涵做更细致的工作。

3 数控车床出口分布情况

数控车床分为：数控卧式车床、数控立式车床、其它数控车床。

数控卧式车床又分为：经济型数控卧式车床和普及型数控卧式车床。

经济型数控卧式车床的出口量远远大于普及型数控卧式车床，主要出口地区为东南亚国家；而普及型数控卧式车床主要出口欧洲、北美和南美，但数量较少；大型数控立式车床主要出口欧洲等国家。