



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40330—2021

---

## 机床安全 固定式磨床

Safety of machine tools—Stationary grinding machines

(ISO 16089:2015, Machine tools—Safety—Stationary grinding machines, MOD)

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

---

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

|   |    |
|---|----|
| 前言 .....  | V  |
| 1 范围 .....  | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                                   | 1  |
| 3 术语和定义 .....                                     | 3  |
| 3.1 一般术语 .....                                    | 3  |
| 3.2 磨床部件 .....                                    | 4  |
| 3.3 安全操作模式(MSO) .....                             | 5  |
| 3.4 磨床型式和类别 .....                                 | 6  |
| 3.5 转速和坐标轴进给的速度 .....                             | 11 |
| 4 主要危险列表 .....                                    | 12 |
| 4.1 通用要求 .....                                    | 12 |
| 4.2 主要危险区域 .....                                  | 12 |
| 4.3 主要危险与危险情况 .....                               | 13 |
| 5 安全要求和/或措施 .....                                 | 16 |
| 5.1 通用要求 .....                                    | 16 |
| 5.1.1 通则 .....                                    | 16 |
| 5.1.2 各类磨床防护装置要求 .....                            | 16 |
| 5.2 针对表 2 中 1.1~1.4、1.6 和 1.7 汇总的机械危险因素具体要求 ..... | 17 |
| 5.2.1 1 类磨床:无动力驱动轴无数字控制的手动控制磨床 .....              | 17 |
| 5.2.2 2 类磨床:有动力驱动轴,如果适用可配有限数字控制能力的手动控制磨床 .....    | 19 |
| 5.2.3 3 类磨床:数字控制磨床 .....                          | 19 |
| 5.2.4 刀具夹持装置 .....                                | 21 |
| 5.2.5 工件夹持 .....                                  | 21 |
| 5.2.6 在重力作用下垂直或倾斜的轴线 .....                        | 21 |
| 5.2.7 机床操作模式 .....                                | 21 |
| 5.2.8 磨床的选配或附加装置 .....                            | 25 |
| 5.3 针对电气危险的具体要求 .....                             | 26 |
| 5.4 针对噪声危险的具体要求 .....                             | 27 |
| 5.5 针对振动危险的具体要求 .....                             | 27 |
| 5.6 针对辐射危险的具体要求 .....                             | 27 |
| 5.7 针对材料或物质危险的具体要求 .....                          | 27 |
| 5.7.1 通用要求 .....                                  | 27 |
| 5.7.2 使用金属加工切削液的设备 .....                          | 28 |
| 5.7.3 火灾与爆炸危险的防护措施 .....                          | 29 |
| 5.8 针对忽视人类工效学产生危险的具体要求 .....                      | 30 |
| 5.9 针对意外起动,超程或超速产生危险的具体要求 .....                   | 31 |
| 5.10 针对转速变化产生危险的具体要求 .....                        | 32 |

|  |    |
|--|----|
| 5.11 针对电源故障产生危险的具体要求 .....             | 32 |
| 5.12 针对控制电路故障产生危险的具体要求 .....           | 33 |
| 5.13 针对流体喷出或物质甩出危险的具体要求 .....          | 35 |
| 5.13.1 通用要求 .....                      | 35 |
| 5.13.2 在磨具破碎情况下避免甩出的防护装置 .....         | 35 |
| 5.13.3 防止工件和工件上的零件甩出的装置 .....          | 36 |
| 5.14 针对稳定性缺失而产生危险的具体要求 .....           | 36 |
| 5.15 针对人员滑倒、绊倒和跌倒而产生危险的具体要求 .....      | 36 |
| 6 安全要求和/或防护措施的验证 .....                 | 37 |
| 7 使用信息 .....                           | 39 |
| 7.1 标志 .....                           | 39 |
| 7.2 使用信息 .....                         | 39 |
| 7.2.1 通用要求 .....                       | 39 |
| 7.2.2 刀具 .....                         | 41 |
| 7.2.3 工件夹紧 .....                       | 41 |
| 7.2.4 NC 操作面板获取的机床功能 .....             | 41 |
| 7.2.5 重新起动 .....                       | 41 |
| 7.2.6 噪声 .....                         | 41 |
| 7.2.7 振动 .....                         | 42 |
| 7.2.8 辅助装卸设备 .....                     | 42 |
| 7.2.9 机床使用应注意的剩余风险 .....               | 42 |
| 7.2.10 磨床安装说明 .....                    | 43 |
| 7.2.11 机床清洁说明 .....                    | 43 |
| 附录 A (规范性) 磨具防护罩、工作区域防护装置以及两者的组合 ..... | 44 |
| A.1 通则 .....                           | 44 |
| A.2 缩略语和符号 .....                       | 44 |
| A.3 磨具防护罩和工作区域防护装置要求 .....             | 45 |
| A.3.1 磨具防护罩形状和开口角度 .....               | 45 |
| A.3.2 壁厚与材料 .....                      | 53 |
| A.3.3 复合磨具防护罩 .....                    | 64 |
| A.3.4 台式或落地砂轮机透明挡板 .....               | 65 |
| A.3.5 工作区域封闭装置 .....                   | 66 |
| A.3.6 工作区域封闭装置附带的观察窗 .....             | 67 |
| A.3.7 强度验证,测试 .....                    | 69 |
| A.4 磨具防护罩和连接装置的设计准则 .....              | 69 |
| A.4.1 通则 .....                         | 69 |
| A.4.2 磨具碎片的能量 .....                    | 70 |
| A.4.3 确定磨具防护罩的壁厚 .....                 | 70 |
| A.4.4 磨具防护罩连接装置设计 .....                | 71 |
| 附录 B (资料性) 防护装置的冲击试验——碰撞试验 .....       | 73 |
| B.1 通则 .....                           | 73 |
| B.2 试验方法 .....                         | 73 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| B.2.1      | 原理 .....                                 | 73 |
| B.2.2      | 试验条件 .....                               | 73 |
| B.2.3      | 试验设备 .....                               | 73 |
| B.2.4      | 试验样件 .....                               | 74 |
| B.3        | 结果 .....                                 | 74 |
| B.3.1      | 损伤情况 .....                               | 74 |
| B.3.2      | 评定 .....                                 | 75 |
| B.4        | 试验报告 .....                               | 75 |
| 附录 C (资料性) | 防护装置的冲击试验——抛射冲击 .....                    | 76 |
| C.1        | 通则 .....                                 | 76 |
| C.2        | 试验方法 .....                               | 76 |
| C.2.1      | 原理 .....                                 | 76 |
| C.2.2      | 试验条件 .....                               | 76 |
| C.2.3      | 试验设备 .....                               | 76 |
| C.2.4      | 试验过程 .....                               | 78 |
| C.3        | 试验结果 .....                               | 78 |
| C.3.1      | 损伤情况 .....                               | 78 |
| C.3.2      | 评定 .....                                 | 78 |
| C.4        | 试验报告 .....                               | 79 |
| 附录 D (规范性) | 磨具的夹紧方法及夹持装置的安全要求 .....                  | 80 |
| D.1        | 通则 .....                                 | 80 |
| D.2        | 夹紧方法 .....                               | 80 |
| D.3        | 一般要求 .....                               | 80 |
| D.4        | 法兰的设计 .....                              | 80 |
| D.4.1      | 夹紧力和拧紧力矩 .....                           | 80 |
| D.4.2      | 外部夹紧直径, 径向宽度和罩盖 .....                    | 80 |
| D.4.3      | 刚度 .....                                 | 82 |
| D.4.4      | 法兰的标志 .....                              | 83 |
| D.5        | 采用夹紧芯轴安装磨具的装置 .....                      | 83 |
| D.5.1      | 对中螺纹芯轴 .....                             | 83 |
| D.5.2      | 弹簧夹头径向跳动误差测量方法 .....                     | 84 |
| D.5.3      | 磨具芯轴型号 2,35,36,37(见 EN 12413)与磨具对照 ..... | 84 |
| 附录 E (资料性) | 噪声抑制 .....                               | 89 |
| 附录 F (资料性) | 噪声确定 .....                               | 90 |
| F.1        | 方法 .....                                 | 90 |
| F.2        | 操作条件 .....                               | 90 |
| 附录 G (规范性) | 对加工易燃材料和产生易爆粉尘磨床的要求 .....                | 91 |
| G.1        | 湿磨设备(见图 G.1) .....                       | 91 |
| G.2        | 干磨设备通过瞬间增湿产生湿性沉降(见图 G.2) .....           | 91 |
| G.3        | 干磨设备通过湿型收集系统产生湿沉降(见图 G.3) .....          | 92 |
| 附录 H (资料性) | 使用易燃金属加工切削液所采取的措施 .....                  | 93 |

|            |                                   |     |
|------------|-----------------------------------|-----|
| H.1        | 选择低挥发金属加工切削液 .....                | 93  |
| H.2        | 迷宫式密封防火结构 .....                   | 93  |
| H.3        | 防止火焰进入吸排系统 .....                  | 94  |
| H.4        | 泄压面大小设计 .....                     | 94  |
| 附录 I (资料性) | 使用易燃金属加工切削液采取排风和灭火组合措施的实例 .....   | 96  |
| 附录 J (资料性) | 功能安全——砂轮主轴转速限制监控的实例 .....         | 97  |
| J.1        | 通用要求 .....                        | 97  |
| J.2        | 安全功能 .....                        | 97  |
| J.3        | 失效概率的计算 .....                     | 98  |
| 附录 K (资料性) | MSO 3(限制操作条件下人工干预可选的专用模式)实例 ..... | 100 |
| K.1        | 通用要求 .....                        | 100 |
| K.2        | 例 1:在设定操作时新 NC 程序运行的控制 .....      | 100 |
| K.2.1      | 状态 .....                          | 100 |
| K.2.2      | 安全要求实现 .....                      | 101 |
| K.3        | 例 2:在移动式工作台上成形导轨的定位和成形砂轮的修整 ..... | 101 |
| K.3.1      | 状态 .....                          | 101 |
| K.3.2      | 安全要求的实施 .....                     | 103 |
| 参考文献       | .....                             | 104 |

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件使用重新起草法修改采用 ISO 16089:2015《机床 安全 固定式磨床》。

本文件与 ISO 16089:2015 的技术性差异及其原因如下：

——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，具体调整如下：

- 用等同采用国际标准的 GB/T 5226.1—2019 代替 IEC 60204-1:2009；
- 用等同采用国际标准的 GB 7247.1 代替 IEC 60825-1；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 12467.1 代替 ISO 3834-1；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 12668.502—2013 代替 IEC 61800-5-2；
- 用等效采用国际标准的 GB/T 14574 代替 ISO 4871；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 16655 代替 ISO 11161；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 16754 代替 ISO 13850；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 16855.1—2018 代替 ISO 13849-1:2006；
- 用等效采用国际标准的 GB/T 17161 代替 ISO 447；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 17454.2 代替 ISO 13856-2；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 17799.2 代替 IEC 61000-6-2；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 17799.4—2012 代替 IEC 61000-6-4；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 17888.1 代替 ISO 14122-1；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 17888.2 代替 ISO 14122-2；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 17888.3 代替 ISO 14122-3；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 17888.4 代替 ISO 14122-4；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 18831—2017 代替 ISO 14119:1998；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 19418—2003 代替 ISO 5817；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 19866 代替 ISO 15607；
- 用等同采用国际标准的 GB 28526 代替 IEC 62061；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 324 代替 ISO 2553；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 3766—2015 代替 ISO 4413；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 8196—2018 代替 ISO 14120:2002；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 19670—2005 代替 ISO 14118:2000；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 24598 代替 ISO 9606-2；
- 删除了 ISO 19719 和 EN 1127-1；
- 增加了 GB/T 16251、GB/T 18717.1 和 GB/T 18717.2；

——增加了“提供警示标牌”[见 5.2.1 c)4) 和 5.2.2 e)4)]，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；

——增加了“(外圆磨削类机床横向进给机构除外)”[见 5.9e)1)i)]，以适应我国外圆磨削类机床横向进给机构的结构特征；

——增加了“磨具防护罩的材料若采用抗拉强度不低于 415 N/mm<sup>2</sup> 的压延钢板，其圆周板壁厚  $t_p$

及侧面板壁厚  $t_s$  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  $375\text{ N/mm}^2 \sim 460\text{ N/mm}^2$ ),其壁厚不应低于表 A.8 所列数值;当选用抗拉强度不低于  $150\text{ N/mm}^2$  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。”(见 A.3.2.1 以及表 A.8、表 A.9),以适应我国磨床行业实际情况。

本文件做了下列编辑性修改:

——标准名称修改为《机床安全 固定式磨床》;

——删除了范围中的说明部分(见第 1 章)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国金属切削机床标准化技术委员会(SAC/TC 22)归口。

本文件起草单位:上海机床厂有限公司、国家机床质量监督检验中心、上海新钡机床有限公司、浙江杭机股份有限公司、北京第二机床厂有限公司、桂林桂北机器有限责任公司、新乡日升数控轴承装备股份有限公司、秦川机床工具集团股份公司、安庆机床有限公司、北京工业大学。

本文件主要起草人:汪学栋、陈伟、张维、房小艳、陈卫菊、孙克己、张金莲、张秀兰、陈妍言、程杰、蔡新娟、钱梅、蒋贵珍、孔艳、胡万良、裘卓明、叶浩、李书林、刘志峰。

# 机床安全 固定式磨床

## 1 范围

本文件规定了下列几类通过磨削完成金属加工的固定式磨床消除危险或降低风险的要求和/或措施:

- 1类:无动力驱动轴无数字控制的手动控制磨床。
- 2类:有动力驱动轴、如果适用可配有限数字控制能力的手动控制磨床。
- 3类:数字控制磨床。

注1:有关磨床分类的详细信息见3.1和3.4的定义。

注2:本文件的要求通常适用于所有各类的磨床,如果某些要求仅适用于某类磨床,则会明确指出是哪类磨床。

本文件也适用于集成在自动生产线中的机床或磨削单元,因为这类机床产生的危险和风险与独立工作机床是相当的。

本文件不适用于固定珩磨机、抛光机和砂带磨床,也不适用于符合IEC 61029-2-4和IEC 61029-2-10的可移动式电动工具。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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。

GB/T 324 焊缝符号表示法(GB/T 324—2008,ISO 2553:1992,MOD)

GB/T 3766—2015 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求(ISO 4413:2010,MOD)

GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2016,IDT)

GB 7247.1 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求(GB 7247.1—2012,IEC 60825-1:2007,IDT)

GB/T 7932—2017 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求(ISO 4414:2010,IDT)

GB/T 8196—2018 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求(ISO 14120:2015,IDT)

GB 11291.1—2011 工业环境用机器人 安全要求 第1部分:机器人(ISO 10218-1:2006,ISO 10218-1/Cor.1:2007,IDT)

GB/T 12467.1 金属材料熔焊质量要求 第1部分:质量要求相应等级的选择准则(GB/T 12467.1—2009,ISO 3834-1:2005,IDT)

GB/T 12668.502—2013 调速电气传动系统 第5-2部分:安全要求 功能(IEC 61800-5-2:2007,IDT)

GB/T 14574 声学 机器和设备噪声发射值的标示和验证(GB/T 14574—2000,eqv ISO 4871:1996)

GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小(ISO 12100:2010,IDT)

- GB/T 16251 工作系统设计的人类工效学原则(ISO 6385:2004,IDT)
- GB/T 16655 机械安全 集成制造系统 基本要求(GB/T 16655—2008,ISO 11161:2007,IDT)
- GB/T 16754 机械安全 急停 设计原则(GB/T 16754—2008,ISO 13850:2006,IDT)
- GB/T 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分:设计通则(ISO 13849-1:2015,IDT)
- GB/T 17161 机床 控制装置的操作方向(GB/T 17161—1997,eqv ISO 447:1984)
- GB/T 17454.2 机械安全 压敏保护装置 第2部分:压敏边和压敏棒的设计和试验通则(GB/T 17454.2—2017,ISO 13856-2:2013,IDT)
- GB/T 17888.1 机械安全 接近机械的固定设施 第1部分:固定设施的选择及接近的一般要求(GB/T 17888.1—2020,ISO 14122-1:2016,IDT)
- GB/T 17888.2 机械安全 接近机械的固定设施 第2部分:工作平台和通道(GB/T 17888.2—2020,ISO 14122-2:2016,IDT)
- GB/T 17888.3 机械安全 接近机械的固定设施 第3部分:楼梯、阶梯和护栏(GB/T 17888.3—2020,ISO 14122-3:2016,IDT)
- GB/T 17888.4 机械安全 接近机械的固定设施 第4部分:固定式直梯(GB/T 17888.4—2020,ISO 14122-4:2016,IDT)
- GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验(GB/T 17799.2—2003,IEC 61000-6-2:1999,IDT)
- GB 17799.4—2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射(IEC 61000-6-4:2011,IDT)
- GB/T 18717.1 用于机械安全的人类工效学设计 第1部分:全身进入机械的开口尺寸确定原则(ISO 15534-1:2000,NEQ)
- GB/T 18717.2 用于机械安全的人类工效学设计 第2部分:人体局部进入机械的开口尺寸确定原则(ISO 15534-2:2000,NEQ)
- GB/T 18831—2017 机械安全 与防护装置相关的联锁装置 设计和选择原则(ISO 14119:2013,IDT)
- GB/T 19418—2003 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南(ISO 5817:1992,IDT)
- GB/T 19670—2005 机械安全 防止意外启动(ISO 14118:2000,MOD)
- GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则(GB/T 19866—2005,ISO 15607:2003,IDT)
- GB/T 24598 铝及铝合金熔化焊焊工技能评定(GB/T 24598—2009,ISO 9606-2:2004,MOD)
- GB/T 23821—2009 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离(ISO 13857:2008,IDT)
- GB 28526 机械电气安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全(GB 28526—2012,IEC 62061:2005,IDT)
- ISO 9355-1 显示和控制致动器设计的人类工效学要求 第1部分:人与显示和控制致动器的相互作用(Ergonomic requirements for the design of displays and control actuators—Part 1:Human interactions with displays and control actuators)
- ISO 9355-2 显示和控制致动器设计的人类工效学要求 第2部分:显示(Ergonomic requirements for the design of displays and control actuators—Part 2:Displays)
- ISO 9355-3 显示和控制致动器设计的人类工效学要求 第3部分:控制致动器(Ergonomic requirements for the design of displays and control actuators—Part 3:Control actuators)
- ISO 9606-1 焊工资质考试 熔焊 第1部分:钢(Qualification testing of welders—Fusion welding—Part 1:Steels)

### 3 术语和定义

GB/T 15706—2012 和 GB/T 16855.1—2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 一般术语

##### 3.1.1

**磨床 grinding machine**

采用旋转磨削刀具加工工件的机床。

注：机床可以采取不同的磨削方式，例如：外圆磨削和内圆磨削。

##### 3.1.1.1

**固定式磨床 stationary grinding machine**

在固定位置加工的磨床(3.1.1)。

注 1：固定式磨床的型式和分类见 3.4。

注 2：在本文件的以下部分，术语“磨床”就是指“固定式磨床”。

##### 3.1.2

**手动控制 manual control**

机床的每一个动作均由操作者逐个启动和控制。

##### 3.1.3

**手动控制磨床 manually controlled grinding machine**

所有加工步骤都是由操作者控制或启动、没有借助数字控制加工程序的磨床(3.1.1)。

##### 3.1.4

**数字控制 numerical control; NC**

在加工过程中使用数字数据设备进行的自动控制。

[来源：GB/T 8129—2015, 3.1.1, 有修改]

##### 3.1.5

**计算机数控 computerized numerical control; CNC**

用计算机实现的数字控制(3.1.4)。

[来源：GB/T 8129—2015, 3.1.2, 有修改]

##### 3.1.6

**数控磨床 numerically controlled grinding machine; NC grinding machine**

用数字控制(3.1.4)或计算机数控(3.1.5)操作运行的磨床。

##### 3.1.7

**动力驱动轴 power operated axis**

臂力或重力以外其他动力操纵的轴。

##### 3.1.8

**磨具 abrasive product**

**磨削刀具 grinding tool**

具有几何特征不确定的切削刃、用磨粒粘结而成的各种形状的旋转切削刀具。

注：粘结磨具和超硬磨具之间还存在差异(见 EN 12413 和 EN 13236)。

3.1.9

**修整刀具 dressing tool**

用于生成或再生磨削能力(锐化)和/或几何形状(修整)的固定或旋转的刀具。

3.1.10

**工作区域 work zone**

发生切削的空间。

3.1.11

**接近危险区域 access to the hazard zone**

身体的某一部分或整个身体(整体接近)进入或到达危险区域。

3.1.12

**运行停止 operational stop**

在加工过程中机床运动的停止。

注: 控制系统与机床驱动之间的控制功能(扭矩、转速、位置)仍在维持。

3.1.13

**安全运行停止 safe operational stop**

为避免机床运动发生危险而采取的辅助控制系统控制实现机床的运行停止。

3.1.14

**安全停止 safe stop**

为避免因控制系统故障而引起危险的机床运动,通过切断机床致动器动力的停止。

3.1.15

**性能等级 performance level**

**PL**

用于规定控制系统安全相关部件在预期条件下执行安全功能的离散等级。

[来源:GB/T 16855.1—2018,3.1.23]

3.1.16

**所需的性能等级 required performance level**

**PLr**

每种安全功能为达到所需的风险减小所采用的性能等级(PL)。

[来源:GB/T 16855.1—2018,3.1.24]

3.2 磨床部件

3.2.1

**观察窗 vision panel**

防护装置上为操作者观察机床工作区域(3.1.10)或其他区域而留出的窗口。

3.2.2

**透明挡板 transparent screen**

机床可视窗上用于防止小的碎片和磨削火花伤害到操作者的面部和眼睛的透明屏障。

3.2.3

**卡盘 chuck**

通过人力或者借助于气动、液压、电能或贮存的机械能量(例如,预加载弹簧)夹紧工件的夹紧装置。

注 1: 见图 1。

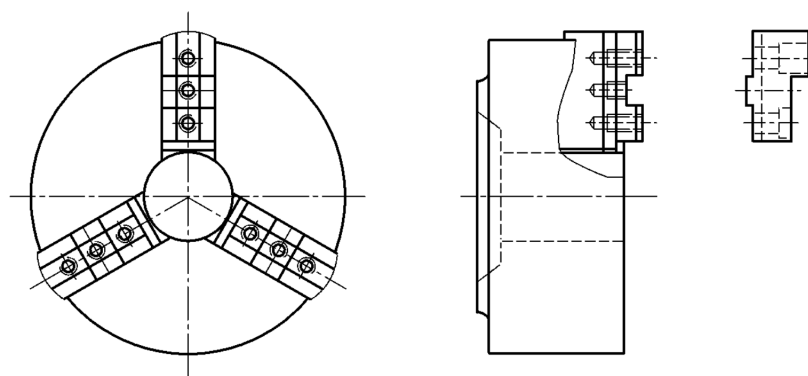


图 1

注 2：三爪卡盘仅仅是举例，卡盘可以有 2、3、4、6 爪等。

[来源：GB/T 23290—2009, 3.1, 3.2, 3.3, 有修改]

### 3.2.4

**弹簧夹头   collet**

**具有多点夹紧的夹具   chuck with multiple clamping**

从内部或外部夹紧工件的零件。

[来源：ISO 19719:2010, 1.5]

### 3.2.5

**电子手轮   electronic handwheel**

转动手摇脉冲发生器，将其信号输入至数字控制(3.1.4)，起动和保持机床轴线运动的手动操作控制装置。

### 3.2.6

**磨具防护罩   abrasive product guard**

仅暴露磨削必需的部分，并按照当磨具破损时其碎片被挡在防护区域内的原则设计和构造的磨具围护装置。

### 3.2.7

**工作区域防护装置   work zone enclosure**

按照将任何飞出的物体(例如，破碎的磨具、机床零件、材料、工作液)阻挡在工作区域(3.1.10)内，且防止接近危险运动的原则设计的磨床工作区域的围护装置。

### 3.2.8

**刀具夹持装置   tool holding device**

在砂轮主轴上定位和固定磨具的装置。

## 3.3 安全操作模式(MSO)

### 3.3.1

**手动模式   manual mode**

**MSO 0**

不使用预先编制的程序(即非自动操作)对加工过程进行控制的方式。

注：可以使用按钮、机械或电子手轮、操纵杆控制机床。

3.3.2

自动模式    automatic mode

MSO 1

自动、程序、顺次操作具有手动或自动装载/卸载工件和刀具设施的机床,直至通过程序或由操作者停止机床的方式。

3.3.3

设定模式    setting mode

MSO 2

操作者为后续的加工过程顺利完成所进行调整的方式。

注：检查磨削刀具或工件位置(例如,用测头或磨削刀具触碰工件)是设定模式的过程。调整包括机床的安装操作。

3.3.4

在受限工况条件下进行人工干预的可选专用模式    optional special mode for manual intervention under restricted operating conditions mode

MSO 3

加工过程中可人工干预及允许操作者在限制自动模式下起动机床的操作模式。

示例：在程序自动运行过程中可以由程序或操作者打开活动防护装置接近工作区域。

3.3.5

MSO service

服务模式    service mode

用于服务和维修任务的方式。

注：在服务模式中,磨床处于非加工状态。

示例：通过激光、检验棒或主轴误差分析方法对坐标轴进行校正。

3.4 磨床型式和类别

3.4.1

型式    type

按照不同的磨削工艺特点对磨床进行的分类。

不同型式的磨床示例见表 1。

表 1 磨床的型式

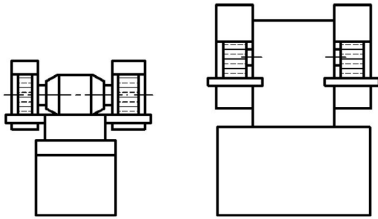
| 序号  | 机床的型式<br>(简图)   | 名称   | 磨削方式                            |
|-----|---|--|---------------------------------|
| 1.1 |  | 台式或落地砂轮机<br>bench or pedestal grinding machine | 周边磨削<br>使用磨具的圆周面进行磨削。<br>工件由手操控 |

表 1 磨床的型式 (续)

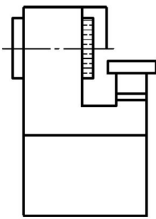
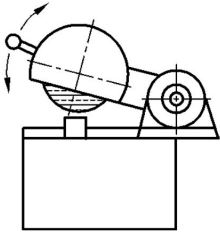
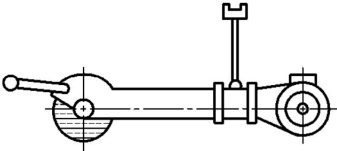
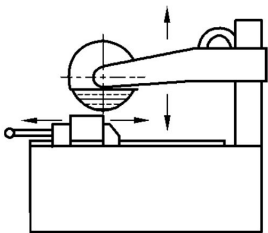
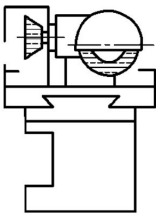
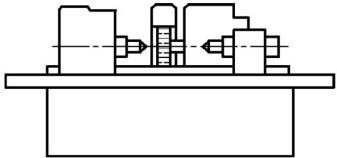
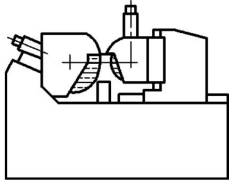
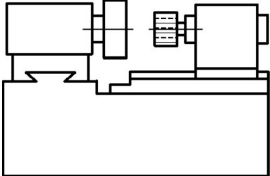
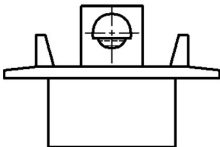
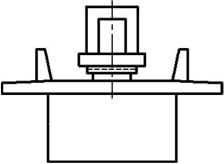
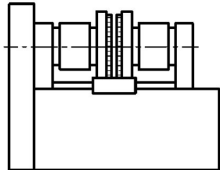
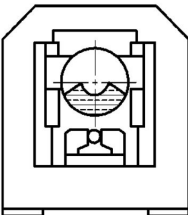
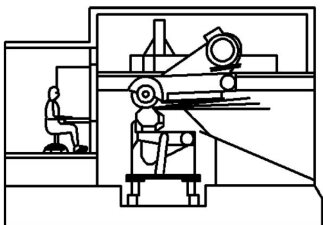
| 序号  | 机床的型式<br>(简图)   | 名称  | 磨削方式  |
|-----|---|---|---|
| 1.2 |    | 落地砂轮机<br>pedestal grinding machine            | 端面磨削<br>使用磨具的侧面进行磨削。工件由人手操控                       |
| 1.3 |    | 切割机<br>cutting-off machine                    | 切割<br>使用磨削方式进行切割。工件固定,切割砂轮由机械控制(手动进给)             |
| 1.4 |  | 悬架式磨床<br>swing frame grinding machine         | 周边磨削、切割<br>使用磨具的圆周面高压磨削。工件由其自重可靠固定并保持稳定。磨床悬垂并用手操控 |
| 1.5 |  | 切割机<br>cutting-off machine                    | 切割<br>使用磨削方式进行切割或切槽。工件由手操控,切割砂轮由机械控制              |
| 1.6 |  | 工具磨床<br>tool grinding machine                 | 周边磨削和端面磨削<br>使用磨削方式生成或修复切削面。工件和磨具由机械控制            |
| 1.7 |  | 外圆磨床<br>external cylindrical grinding machine | 外圆磨削<br>磨削旋转的工件生成外圆面。工件和磨具由机械控制                   |

表 1 磨床的型式 (续)

| 序号   | 机床的型式<br>(简图)   | 名称   | 磨削方式  |
|------|---|--|---|
| 1.8  |    | 无心外圆磨床<br>centreless external<br>cylindrical grinding machine                                    | 无心外圆磨削<br>磨削旋转的工件生成外圆面。<br>工件通过导轮和两轮之间的托架由被机械地引导到磨具位置 |
| 1.9  |    | 内圆磨床<br>internal cylindrical grinding<br>machine   | 内圆磨削<br>磨削旋转的工件生成内圆面。<br>工件和磨具由机械控制                   |
| 1.10 |   | 卧轴矩台或圆台平面磨床<br>surface grinding machine,<br>reciprocating or rotary table,<br>horizontal spindle | 平面磨削-周边磨削<br>磨削平面, 工件固定于工作台。<br>工件和磨具由机械控制            |
| 1.11 |  | 立轴矩台或圆台平面磨床<br>surface grinding machine,<br>reciprocating or rotary table,<br>vertical spindle   | 平面磨削-端面磨削<br>磨削平面, 工件固定于工作台。<br>工件和磨具由机械控制            |
| 1.12 |  | 立轴或卧轴双端面磨床<br>surface grinding machine,<br>double spindle,<br>horizontal or vertical             | 平面磨削-端面磨削<br>磨削相互平行的两相对平面。<br>工件和磨具由机械控制              |
| 1.13 |  | 切割机<br>cutting-off machine   | 切割<br>使用磨削方式进行切割或切槽。工件和磨具由机械控制                        |
| 1.14 |  | 高压磨床<br>high pressure grinding machine   | 平面磨削<br>高压磨削平面, 工件固定于工作台。工件和磨具由机械控制                   |

## 3.4.2

**1 类:无动力驱动轴无数字控制的手动控制磨床 group 1: manually controlled grinding machine without power operated axes and without numerical control**

除砂轮主轴和个别粗定位轴外无动力驱动轴、每次起动所有运动及控制均由操作者完成的磨床。

1 类磨床示例见图 2。

此类磨床可以具有如下特点:

- 配备用于机械进给的机械装置;
- 手动控制工件或刀具进行加工;
- 配有用于恒线速度(CSS)控制的电子装置;
- 仿形附件(如圆角磨削器、模板);
- 工件轮廓测量装置(如显微镜);
- 分度装置(细分装置);
- 动力控制个别粗定位轴。

此类磨床没有任何数字控制(NC)系统。

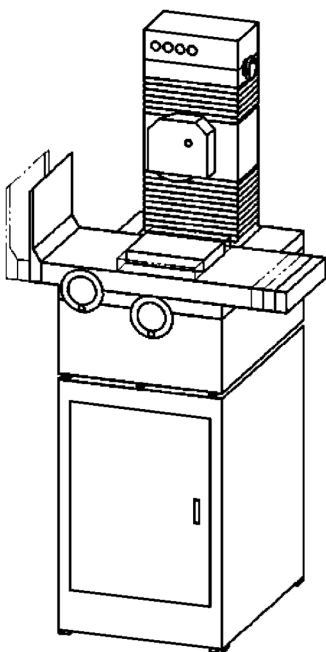


图 2

## 3.4.3

**2 类:有动力驱动轴、如果适用可配有限数字控制能力的手动控制磨床 group 2: manually controlled grinding machine with power operated axes and, if applicable, with limited numerically controlled capability**

带有动力驱动轴、可以用电子手轮或 NC 面板上的有限的数控功能操作控制的磨床。

磨削刀具与工件之间的进给运动可以用人力手动或动力来完成。

2 类磨床示例见图 3。

此类磨床可以具有如下特点:

- a) 1 类磨床的所有特点;

- b) 提供有限的数字控制(NC)功能:
  - 1) MSO 0 除外;
  - 2) 轴线插补(如仿形/预设轮廓)。

然而,没有下述特点:

- 自动程序起动;
- 自动起动换刀机构;
- 自动上下料机构。

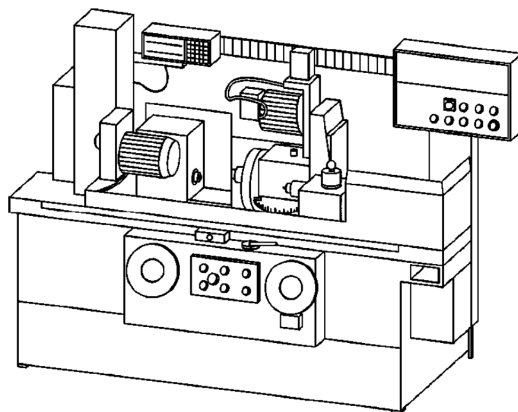


图 3

#### 3.4.4

##### 3 类:数字控制磨床 group 3: numerically controlled grinding machine

由数字控制(NC)提供自动功能的磨床。

3 类磨床示例见图 4、图 5。

此类磨床可以具有如下特点:

- a) 具有不同安全操作模式的数控系统;
- b) 自动上下料机构;
- c) 自动刀库、刀具传送、换刀机构;
- d) 自动尾架套筒伸出或退回;
- e) 自动修整装置;
- f) 第二种加工操作(如铣削、车削、钻削);
- g) 选配的附属辅助装卸设备。

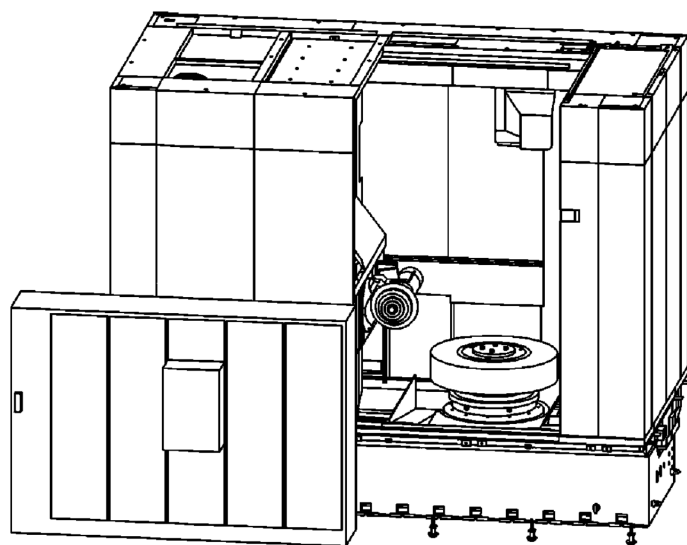


图 4

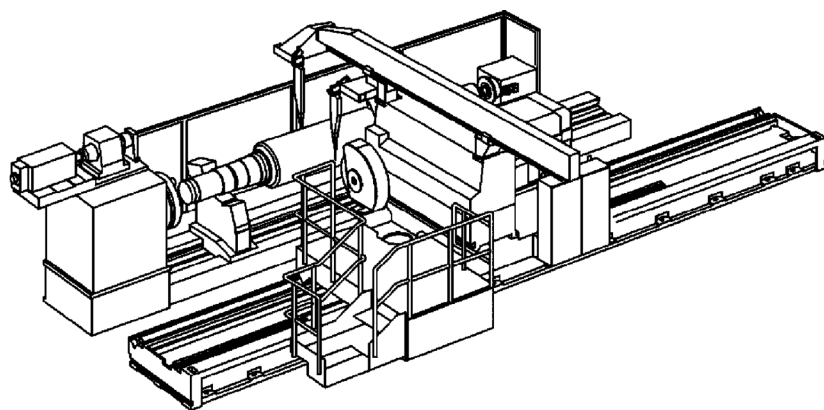


图 5

### 3.5 转速和坐标轴进给的速度

#### 3.5.1

**最高工作速度** **maximum operating speed**

磨具制造厂规定的磨具允许使用的最大圆周速度(3.5.6)。

#### 3.5.2

**最大允许速度** **maximum permissible speed**

机床制造厂作为机床参数设定的最高允许的速度。

#### 3.5.3

**最大可能速度** **maximum possible speed**

故障状态下可达到的最大速度。

#### 3.5.4

**限制速度** **reduced speed**

出于安全考虑机床制造厂限定的允许速度最大值。

## 3.5.5

**旋转速度 rotational speed**

磨具的旋转速度可按以下公式计算：

$$n = \frac{v \times 1\,000 \times 60}{D \times \pi}$$

式中：

$n$  —— 旋转速度，单位为转每分(r/min)；

$v$  —— 线速度，单位为米每秒(m/s)；

$D$  —— 磨具的外圆直径，单位为毫米(mm)。

## 3.5.6

**线速度 peripheral speed****圆周速度**

磨具的线速度可通过以下公式计算：

$$v = \frac{D \times \pi \times n}{60 \times 1\,000}$$

式中：

$v$  —— 线速度，单位为米每秒(m/s)；

$D$  —— 磨具的外圆直径，单位为毫米(mm)；

$n$  —— 旋转速度，单位为转每分(r/min)。

## 4 主要危险列表

## 4.1 通用要求

磨床制造厂应按 GB/T 15706 对其产品进行风险评估。表 2 中危险和危险情况的清单是依据 GB/T 15706—2012 中第 4 章和 5.4 进行风险评估的规定做出危险识别的结果，适用于本文件范围内的磨床。第 5 章和第 6 章的安全要求和/或防护措施是以风险评估为基础对消除或降低已经识别的危险而进行的处理。

风险评估假设风险来自各个方面，包括意外起动。不仅识别有可能进入危险区域的操作者和其他人员的风险，还要考虑在机床生命周期中各种条件(例如，试运转、设定、生产、保养、维修和停运)下可能发生的危险。评估包括对控制系统故障所造成的影响进行分析。

此外，本文件的使用者(即设计人员、制造者和供应商)应确认通过风险评估所考虑的机床的风险评估是完整的并特别注意：

- a) 机床的预期使用包括维护、设定和清洁打扫以及可预见的误操作(见 GB/T 15706—2012, 3.23 和 3.24)；
- b) 识别和机床相关的重大危险。

## 4.2 主要危险区域

主要危险区域如下：

- a) 存在移动轴和砂轮主轴(包括修整主轴)、工件夹持装置、工件夹持主轴、托架、尾架、工件的工作区域；
- b) 工件装载/卸载装置；
- c) 内部和外部刀库和换刀机构；
- d) 齿轮箱；
- e) 凸轮机械。

## 4.3 主要危险与危险情况

本文件涉及的主要危险列于表2。表2中所列针对磨床的危险出自 GB/T 15706—2012 中表 B.1。

表2 主要危险与危险情况清单

| 编号 <sup>a</sup> | 危险原因和危险情况    | 磨床危险区域和危险情况举例   | 潜在后果                       | 本文件<br>对应条款  |
|-----------------|--------------|---|----------------------------|--|
| 1               | 机械危险         |   |                            |  |
| 1.1             | 运动部件向固定部件的趋近 | 在磨具与磨床部件之间的区域手动操作,尤其在托板或磨具与工件之间   | 挤压<br>剪切<br>吸入<br>陷入       | 5.1.2<br>5.2<br>5.12   |
|                 |              | 磨具向工件的进给运动  | 挤压<br>剪切<br>部件甩出           | 5.1.2<br>5.2   |
|                 |              | 在磨具或主轴附近手动操作  | 卷入                         | 5.1.2<br>5.2   |
|                 |              | 夹具与工件的夹紧  | 挤压<br>剪切                   | 5.2.4<br>5.2.5<br>附录 D   |
| 1.2             | 运动部件         | 在加工、设定、保养和维修时,在运行轴和运动机床部件的区域以及在自动装载装置区域内活动;<br>工作台往复运动;<br>在工作平台区域活动        | 碰撞<br>卷入<br>吸入<br>陷入       | 5.1.2<br>5.2<br>5.9<br>5.12  |
| 1.3             | 旋转部件         | 在装载和卸载或测量时意外碰到旋转的磨具   | 刮蹭<br>擦伤<br>吸入<br>陷入       | 5.1.2<br>5.2<br>5.9<br>5.10<br>5.12                                    |
| 1.4             | 尖状和切削部分锐边    | 在装载和卸载或测量时意外碰到工件锐边  | 切割<br>刺破<br>刮蹭<br>擦伤       | 5.1.2<br>5.2   |
| 1.5             | 坠落或甩出的物体     | 在启动、设定、磨削、更换磨具、维护或停用时材料的部分和碎片甩出或坠落;<br>工件坠落;<br>磨具破裂;<br>机床零件破裂后甩出时正好在现场或附近 | 挤压<br>剪切<br>磕碰<br>穿刺<br>刺破 | 5.1.2<br>5.2<br>5.9<br>5.10<br>5.12<br>5.13<br>7.2.2<br>7.2.3<br>7.2.5 |

表2 主要危险与危险情况清单(续)

| 编号 <sup>a</sup> | 危险原因和危险情况    | 磨床危险区域和危险情况举例  | 潜在后果  | 本文件<br>对应条款                  |
|-----------------|--------------|--|---|------------------------------|
| 1.6             | 重力           | 设定(如更换磨具或工件)时可移动的机床部件因重力而坠落;<br>在工作平台或地坑区域活动   | 挤压<br>剪切<br>磕碰  | 5.1.2<br>5.2<br>5.12         |
| 1.7             | 高压           | 在液压元件旁边或在机床附近停留,尤其在机床安装和试运转时   | 压力作用下介质<br>穿透或冲击进入<br>皮肤/眼睛                                   | 5.1.2<br>5.2                 |
| 1.8             | 稳定性          | 停留在机床附近时,固定不牢的机床或机床部件坠落或倾倒   | 磕碰<br>挤压  | 5.14<br>7.2.10               |
| 1.9             | 粗糙表面、光滑表面    | 在机床周边地面、台阶和在高处作业,由于:<br>——金属加工液、润滑油或压力流体喷出或泄漏;<br>——残留的喷出液体;<br>——护栏或其他防护装置不完善,尤其是在可能有坠落风险地方 | 滑倒<br>翻倒<br>跌倒  | 5.1.2<br>5.2<br>5.15         |
| 2               | 电气危险         |  |   |                              |
| 2.1             | 带电部件         | 接触带电部件   | 电击  | 5.3                          |
| 2.2             | 故障条件下变为带电的部件 | 接触故障状态下变为带电的部件   | 触电  | 5.3                          |
| 3               | 热危险          |  |   |                              |
|                 | 高温的物体或材料     | 磨削时正好在机床边停留或在附近,灼热的磨削火花溅出  | 烧伤  | 5.1.2<br>5.2                 |
| 4               | 噪声危险         |  |   |                              |
|                 | 加工过程和移动部件    | 因以下原因产生气动噪声时在机床边停留或在附近:<br>——旋转的磨具;<br>——磨削时磨具和/或工件的振动;<br>——驱动和传动元件;<br>——空气吹扫              | 永久听力下降<br>另外(如机械的、<br>电气的)危险造成<br>后果就是干扰<br>正常交流和妨碍<br>接收声音信息 | 5.4<br>7.2.6<br>附录 E<br>附录 F |
| 5               | 振动危险         |  |   |                              |
|                 | 振动部件         | 操作者在操作手动操控磨床进行磨削时振动的传递   | 烦躁不安<br>神经系统疾病<br>关节损伤  | 5.5<br>7.2.7                 |
| 6               | 辐射危险         |  |   |                              |
| 6.1             | 高低频电磁辐射      | 电气设备运行时,尤其在设定或维护时  | 影响有源植入物<br>(如起搏器、除颤器)   | 5.6                          |

表 2 主要危险与危险情况清单 (续)

| 编号 <sup>a</sup> | 危险原因和危险情况               | 磨床危险区域和危险情况举例   | 潜在后果                             | 本文件<br>对应条款                          |
|-----------------|-------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|
| 6.2             | 光辐射(红外光、可见光和紫外光),包括激光辐射 | 测量设备和测量激光器使用时,尤其在设定或维护时   | 烧伤<br>眼损伤                        | 5.6                                  |
| 7               | 材料/物质产生危险               |   |                                  |                                      |
| 7.1             | 生物和微生物(病毒或细菌)           | 在机床边停留或在附近接触被细菌污染的金属切削液   | 感染                               | 5.7.1                                |
| 7.2             | 液体                      | 在机床边停留或在附近皮肤接触金属切削液   | 皮肤损伤                             | 5.7.1<br>5.7.2                       |
| 7.3             | 气体                      | 在机床边停留或在附近吸入加工时使用或产生的材料,如金属切削液挥发吸收  | 呼吸困难<br>中毒                       | 5.7.1<br>5.7.2                       |
| 7.4             | 火灾危险材料                  | 火灾和爆炸危险:<br>a) 加工易燃材料,如铝、镁;<br>b) 使用易燃材料,如含油金属切削液                                     | 火灾和爆炸产生<br>燃烧                    | 5.7<br>5.7.3<br>附录 G<br>附录 H<br>附录 I |
| 8               | 人类工效学危险                 |   |                                  |                                      |
| 8.1             | 指示器和可视显示单元的设计或位置        | 在操作者位置指示信息错误解读  | 其他人为错误引起的机械或电气危险                 | 5.8                                  |
| 8.2             | 控制装置的设计、定位或识别           | 在操作者位置误操作   |                                  | 5.8                                  |
| 8.3             | 费力                      | 在控制机床和操作过程中<br>在工件或刀具交换时对手/(手臂)或脚/(腿)解剖结构考虑欠妥   | 疲劳                               | 5.8                                  |
| 8.4             | 身体姿势                    |   | 肌肉骨骼系统受损                         | 5.8                                  |
| 8.5             | 重复活动                    |   | 疲劳                               | 5.8                                  |
| 8.6             | 清晰度,局部照明                | 在处理和调整工件和磨具期间、<br>在装载/卸载、设置、磨具更换和维护期间、<br>在磨具装载/卸载、更换的位置对人工操作准确性和判断能力的影响              | 疲劳<br>除机械、电气外<br>人为失误造成的<br>其他危险 | 5.8                                  |
| 9               | 与机床使用环境有关的危险            |   |                                  |                                      |
|                 | 人为失误                    | 可预见的操作不当<br>误操作机床<br>对工件和磨具的处置与设置不当<br>对工作场地和/或加工工艺设计有欠缺<br>对手/臂或脚/腿解剖结构考虑欠妥<br>不正确安装 | 全部危险列于<br>上面                     | 5.2.6<br>7.2.4<br>7.2.11             |

表 2 主要危险与危险情况清单（续）

| 编号 <sup>a</sup>                               | 危险原因和危险情况 | 磨床危险区域和危险情况举例   | 潜在后果   | 本文件<br>对应条款         |
|---|-----------|---|--|---------------------|
| 10  | 组合危险      |   |  |                     |
| 10.1  | 供电故障      | 运动机床部件或安装的工件或刀具或其<br>碎片坠落或飞出<br>运动部件停止控制失效  | 挤压<br>剪切<br>磕碰<br>切割<br>切断<br>吸入<br>缠绕<br>侵入<br>刺破<br>刮蹭<br>擦伤 | 5.9<br>5.11         |
| 10.2  | 能源中断后恢复   | 运动失控(包括速度改变)<br>非正常的/意外的起动  |  | 5.9<br>5.10         |
| 10.3  | 控制系统故障    | 运动的机床部件或安装的工件或刀具坠<br>落或飞出<br>运动部件停止控制失效<br>运动失控(包括速度改变)<br>非正常的/突然的起动<br>由于控制系统设计欠佳或缺陷而造成的<br>其他危害事故<br>刀具速度改变(设定时) |  | 5.9<br>5.10<br>5.12 |
| <sup>a</sup> 这一列的编号参照 GB/T 15706—2012 中表 B.1。 |           |   |  |                     |

5 安全要求和/或措施

5.1 通用要求

5.1.1 通则

磨床应符合第 5 章的安全要求和/或措施,本文件中没涉及的风险,机床设计应符合 GB/T 15706—2012 中第 4 章和 6.1 的基本原则。

通过设计降低风险的指导详见 GB/T 15706—2012 中 6.2,安全防护措施详见 GB/T 15706—2012 中 6.3。

设计人员应充分考虑在机床整个生命周期可能发生的风险,这个风险不仅针对操作者以及那些具备使用条件可能接近危险区域的人员,甚至包括那些可能误用机床的人员(见 GB/T 15706—2012 中 3.23和 3.24)。这个风险对于由操作者和/或其他人员进行机械加工和/或需要干预的操作(例如,设定、保洁、维护和修理)都要予以考虑。机床部件故障(包括控制系统的故障)分析,是风险评估的一部分,关于这个问题在 GB/T 16855.1—2018 给出了指导意见。因此,安全性能的可靠性要求被定义为性能等级(PL),应符合 GB/T 16855.1—2018[见 5.12 b)]。

如无另外说明,第 5 章所给出的所有安全要求和/或防护措施适用于所有各类磨床。

5.1.2 各类磨床防护装置要求

5.1.2.1 通用要求

防护装置应符合 GB/T 8196—2018。当固定防护装置被移除时,固定防护装置的固定元件应系留

在防护装置上。当遇到特殊情况,例如当机器完全翻新时或当需要进行大修或拆卸到另一个地点时,不必执行此要求。

### 5.1.2.2 位置与安全

位置与安全满足如下要求。

- a) 高度和位置:从地面安装的防护装置(比如周边栅栏),它们应固定牢靠并最低高度 1.4 m。与危险区域的距离符合 GB/T 23821—2009 中表 2 规定。任何防护装置底部和地面之间的开口距离不应超过 180 mm。
- b) 对于驱动装置的防护,凡可接近的机械动力传动驱动装置(比如链和链轮、齿轮、丝杠、进给丝杠和滚珠丝杠等)应予防护。例如,通过固定防护装置或通过设计保证危险区域无法接近。如需要在机床正常操作时接近这些部件,应提供联锁式活动防护装置[见 c)]。

注:1类磨床和2类磨床是否安装联锁式活动防护装置视情况而定。

- c) 联锁式防护装置。
  - 1) 为防止接近机床危险运动,活动防护装置联锁与否应符合 GB/T 18831—2017 的规定。联锁装置的选择应符合 GB/T 18831—2017 中第 6 章的规定。
  - 2) 联锁装置的故障(如功能或布局的),将导致机床根据 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.2 的 1 类停止。
  - 3) 联锁式活动防护装置的安全性能要求详见 5.12 b) 1)。

## 5.2 针对表 2 中 1.1~1.4、1.6 和 1.7 汇总的机械危险因素具体要求

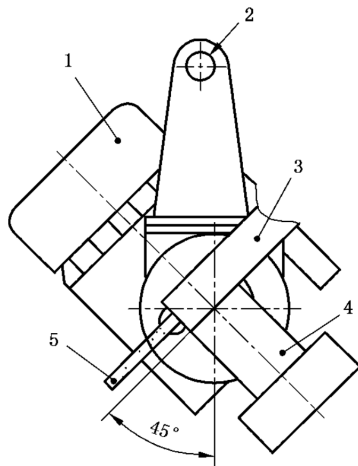
### 5.2.1 1 类磨床:无动力驱动轴无数字控制的手动控制磨床

1 类磨床满足如下要求。

- a) 机床应提供防止意外触碰磨具的措施。整个磨具除工作时必须暴露在外的部分外均应进行防护。  
符合 5.13.2.1 的磨具防护罩通常满足此要求。
- b) 在动力控制粗定位时,轴的进给速度应小于或等于 2 m/min。运动控制应借助于保持—运行控制装置[见 5.12 b)2)]或电子手轮[见 5.12 b)3)]。
- c) 对于装料、卸料或测量(工件由人手操控的这类机床除外)应提供辅助设备或预防措施,以避免触碰旋转的磨具。可以包括下列一种或多种措施:
  - 1) 关停旋转的磨具。
  - 2) 提供安全防护装置。
  - 3) 设置磨具所处位置使操作者无法触碰到(考虑安全距离,磨具与工件之间至少 200 mm)。
- d) 符合表 1 中编号 1.3 的机械控制进行切割的切割机应采取措施确保切割轮完成切割后自动返回原始位置。并应停留在那个位置自动防止触碰并直至切割轮停止转动。
- e) 符合表 1 中编号 1.4 的悬架式磨床和悬架式切割机应配有可调配重,这样不再操控时确保磨头脱离工件。
- f) 手动操控悬架式磨床,磨头只能从垂直轴向两边分别摆动不超过 45°(见图 6)。

注:由于工作区域较小与 GB/T 23821—2009 有偏差。

- 4) 提供警示标牌。

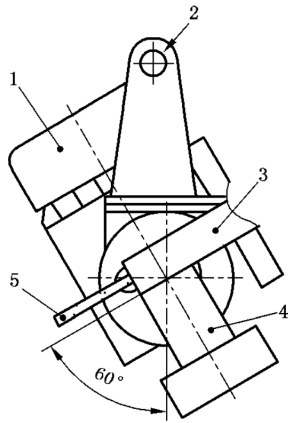


标引序号说明:

- 1——电动机;
- 2——悬架;
- 3——防护罩;
- 4——摆动轴;
- 5——磨削轮。

图 6

g) 手动操控悬架式切割机,磨头只能从垂直轴向两边分别摆动不超过  $60^\circ$ (见图 7)。



标引序号说明:

- 1——电动机;
- 2——悬架;
- 3——防护罩;
- 4——摆动轴;
- 5——切割轮。

图 7

h) 符合表 1 中编号 1.1 和编号 1.2 的台式或落地砂轮机或磨床应配有透明挡板保护操作者面部尤其眼睛免受小的磨削颗粒和磨削火花伤害。

挡板应具有足够的抗冲击性和耐磨性,这样在冲击载荷下(比如操作工件时)不至于破碎或开裂,并且可使弹出的磨料颗粒和磨削火花引起的表面磨损最小化。聚碳酸酯是不错的可选挡

板材料。

挡板应方便调整并足够大以便于操作者在通常的操作位置通过挡板能观察到磨削情况。挡板应不妨碍工件的定位和夹紧。

挡板的最小尺寸在 A.3.4 给出。

- i) 对于 1 类磨床,应按 GB/T 19670—2005 中第 6 章要求,防止砂轮主轴和粗定位轴(如果适用的话)的意外启动。
- j) 符合 5.13.2.1 的磨具防护罩要求磨具线速度限制在  $v \leq 50$  m/s 时砂轮主轴才可以运行。砂轮主轴限速监视见 5.12b)5)。主轴的旋转只能通过专用的控制装置(如启动按钮)手动启动 [见 5.12b)14)]。

## 5.2.2 2 类磨床:有动力驱动轴、如果适用可配有限数字控制能力的手动控制磨床

2 类磨床满足如下要求。

- a) 防止触碰磨具:  
机床应提供措施防止意外触碰磨具。整个磨具除工作时必须暴露在外的部分外均应进行防护。  
符合 5.13.2.1 的磨具防护罩通常满足此要求。
- b) 接近工作区域:  
2 类磨床(工件尺寸  $\leq 300$  mm 的机床除外)应在工作区域的后面和侧面安装固定和/或活动防护装置防止接近危险区域(包括加工位置),并防止金属切削液从工作区域向外喷出。应满足 GB/T 23821—2009 规定的最小距离。
- c) 在工作区域转动部件易发生卷入和缠绕的位置(例如,卡盘),应有固定和/或活动防护装置避免此类危险。
- d) 工作区域外易发生剪切和磕碰的位置(例如,往复工作台与静止机床部件、电柜之间)和在行程开关处(例如,平面磨床)应通过设计或防护措施避免此类危险。
- e) 对于手动干预(如装料、卸料或测量),应提供辅助设备或预防措施以避免触碰旋转的磨具。可以包括下列一种或多种措施。
  - 1) 关停旋转的磨具。
  - 2) 提供自动安全防护装置。
  - 3) 设置磨具所处位置使操作者无法触碰到(考虑安全距离,磨具与工件之间至少 200 mm)。  
注:由于工作区域较小与 GB/T 23821—2009 有偏差。
  - 4) 提供警示标牌。
- f) 安全操作模式:  
仅只符合 5.2.7.2 的 MSO 0 是允许的。与 5.2.7.2c)有区别,如仅有碰撞的危险存在,对于平面磨床工作台纵向往复运动速度最大应减至 25 m/min。
- g) 应防止手轮机动旋转所产生的夹持、缠绕和碰撞危险,例如采用自动脱开机构或采用无把手或折叠把手到安全位置的平实(无辐条)手轮。

## 5.2.3 3 类磨床:数字控制磨床

### 5.2.3.1 接近工作区域

为防止接近机床危险部位,应提供防护装置减轻列于表 2 的风险(缠绕、挤压、剪切等)。对于那些通过设计不能避免的运动机床部件的危险,其防护措施选择的一般指导见 GB/T 15706—2012 中 6.3.2 和 6.3.3。防护装置降低喷射危险的特点见 5.13。

### 5.2.3.2 防护装置的具体要求

针对 3 类磨床防护装置的具体要求如下。

#### a) 防护装置的联锁。

- 1) 在操作过程中需要经常接近危险运动的防护装置应设计为联锁式活动防护装置[见 5.1.2.2c)]。打开活动防护装置或防护设施的动作应使危险运动停止或下一步运动将被禁止(见 GB/T 19670—2005)。如果活动防护装置能接近工作区,接着存在危险发生的情况,应另外配置锁定防护装置的设施。应采取措施减小联锁装置可能的失效(见 GB/T 18831—2017 中第 5 章和第 6 章)。
- 2) 当人整体接近或能滞留在危险区域内且不被操作者察觉时,应提供措施禁止重新启动,如使用感应防护设备或由自保钥匙控制门的关闭。

注:自保钥匙是一个联锁装置,它能使门在危险运动发生时启动停止功能后解锁。

#### b) 动力驱动防护装置。

- 1) 应符合 a) 中要求。
- 2) 为操作者提供的可接近的动力驱动防护装置,应符合 GB/T 15706—2012 中 6.3.3.2.6,并应在前面配备保护装置以免发生剪切和挤压伤害。如提供压敏边,这个边应包括整个前面总长或从地面(或操作平台)算起高度达到 2.50 m(当防护装置的高度超过 2.50 m 时)。压敏边应符合 GB/T 17454.2。防护装置的安全功能应符合 5.12b)9)。
- 3) 阻止门关闭的力应不超过 75 N 且防护装置的动能应不超过 4J。当防护装置装有能自动启动防护装置再打开的保护机构时,这个力最大为 150 N,动能最大为 10 J(见 GB/T 8196—2018 中 5.2.5.3)。这些要求仅适用于假设前缘具有最小宽度为 8 mm 且不发生剪切运动的条件下。在活动防护装置和壳体侧面之间的间隙宽度应不超过 4 mm。
- 4) 如 b)2) 和 b)3) 中要求不能满足,应提供另外的固定位置保护装置(例如,双手控制装置)。
- 5) 只有防护装置完全关闭才能起动机床。当防护装置满足 GB/T 15706—2012 中 6.3.3.2.5 要求时,防护装置的关闭可作为机床的起动指令。
- 6) 这些要求只适用于符合 GB/T 15706—2012 中 3.27 规定的防护装置。

### 5.2.3.3 附加专门要求

针对第 3 类磨床附加专门要求如下。

- a) 符合 5.2.7 要求的情况下,允许进入工作区。
- b) 防护装置应设计成能容纳和/或避免外露那些磨削碎片、切削液和那些可能甩出的部分[见 5.13 和 5.15 b)]。
- c) 接触防护:  
对于在 MSO 1 时的手动干预(如装料、卸料或测量),应提供辅助设备或预防措施以避免触碰旋转的磨具。可以包括下列措施:
  - 1) 关停旋转的磨具;
  - 2) 提供安全防护装置;
  - 3) 设置磨具所处位置使操作者无法触碰到(考虑在 GB/T 23821—2009 中的安全距离)。
- d) 安全操作模式:  
MSO 1 和 MSO 2 对于此类机床是强制性的。MSO 0、MSO 3 和 MSO 服务模式是可选的。
- e) 对于 MSO 0,2 类磨床的要求也应符合(见 5.2.2)。

### 5.2.4 刀具夹持装置

刀具夹持装置应设计成在包括加速和减速的操作过程中都不会出现夹持松脱的情况。

对于磨具的夹紧方式和刀具夹持装置的安全要求,应符合附录 D 的要求。

## 5.2.5 工件夹持

### 5.2.5.1 通用要求

磨床应提供夹紧装置,夹持或定位工件避免出现意外的移动。应能在所有安全操作模式下打开和闭合工件夹持装置手动更换工件。

### 5.2.5.2 工件托架

工件托架应满足如下要求。

- a) 没有工件夹持装置的磨床(对照表 1 中 1.1 和 1.2)应提供工件托架,以安全地适应磨削产生的力。
- b) 工件托架应方便调节以适应磨具磨损情况维持磨具与工件托架之间距离应不超过 2 mm。其宽度至少与磨具一致,应具有坚实的结构并与磨床牢固地连接在一起。

### 5.2.5.3 动力驱动工件夹紧装置

动力驱动工件夹紧装置应满足如下要求。

- a) 配置动力驱动夹紧装置的磨床在夹紧能量损失或夹紧装置的实际夹持力下降至低于最小设定值时,应中止加工过程或应启动符合 GB/T 5226.1 的机床 1 类停止。对于转动工件夹紧装置,在特殊情况下,如果不存在工件被甩出的危险,则允许在夹持力丧失或减小的情况下转动动力驱动工件夹紧主轴用于工件的定位。
- b) 此装置功能执行情况应予以监控,例如夹紧压力和/或夹紧行程的监控[见 5.12b)7)]。
- c) 在转动工件夹紧装置时,带有旋转工件夹紧主轴的夹紧装置应不能被打开[见 5.12b)7)]。
- d) 手动装载时,操纵夹紧装置的过程应防止手指受伤[预设最大卡爪行程  $< 4\text{ mm}$  (见 GB/T 23821)]。
- e) 转动的工件夹紧装置应清楚标明其最大允许转速。
- f) 操作者应能及时获得夹紧装置状态的信息。

在夹紧能力出现故障或中断的情况下,夹紧功能应保持;或者磨床的设计或防护装置能确保没有任何部件甩出。

## 5.2.6 在重力作用下垂直或倾斜的轴线

应采取措施(例如,刹车系统)避免在重力作用下垂直或倾斜轴的危险运动。避免垂直或倾斜轴意外坠落的安全功能控制的相关要求见 5.12b)13)。

## 5.2.7 机床操作模式

### 5.2.7.1 模式选择

模式选择应满足以下要求。

- a) 具体磨床的安全操作模式是强制的还是可选的在 5.2.2.f) 和 5.2.3.3d) 给出。
- b) 选择模式要求如下。
  - 1) 安全操作模式的选择操作应使用钥匙开关、访问代码或其他类似的方法,且执行此类操作只允许在工作区域之外。被选模式应清晰可见(例如,通过显示器或通过选择开关的位置)。模式的选择不应引发危险的情况。如采用带锁住机构的选择开关,应符合 GB/T 15706—2012 中 6.2.11.10 和 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.3 的规定。

- 2) 模式选择装置及其相应的控制系统布置应确保在任何时候只能一种模式被选择生效。模式选择的安全要求见 5.12b)10)。
- 3) 对于 MSO 3 的选择(见 5.2.7.5)应有一个单独的设备,同时也应满足 1)和 2)的要求。

### 5.2.7.2 MSO 0:手动模式

选择 MSO 0 并且活动防护装置打开或机床不要求对在 5.2 规定的机械危险进行防护时,下列要求应满足。

- a) 符合 5.13.2.1 的磨具防护罩要求磨具线速度限制在  $v \leq 50$  m/s 时砂轮主轴才可以运行。砂轮主轴限速监视见 5.12b)5)。主轴的旋转只能通过专用的控制装置(如启动按钮)手动启动[见 5.12b)14)]。
- b) 磨具与工件之间的进给运动应手动方式完成。最大 2 轴运动时也可以选择数控装置控制,可以在磨具转动时通过启动按钮[见 5.12b)14)]同步启动。所有其他轴线的进给运动可以通过手轮手动操作,通过电子手轮[见 5.12b)3)]或采取保持—运行控制装置机动操作[见 5.12b)2)]。
- c) 轴线运动应限速如下[见 5.12b)6)]：
  - 1) 最大 2 m/min;
  - 2) 在行程 1 m~5 m 时最大 5 m/min;
  - 3) 在行程超过 5 m 结合采取防护措施(如双手控制设备或压敏垫)并确保操作者处于安全位置时最大 10 m/min;
- d) 对于直径至 500 mm 的夹紧装置或工件,工件夹紧主轴线速度应限制在最大 0.7 m/s 之内。直径大于 500 mm,最大线速度应限制在 1.3 m/s 之内,但应降低转速至不超过 50 r/min。工件夹紧主轴限速监视见 5.12b)5)。

注:在 a)、c)、d)给出的进给、转速和线速度限值均为最大值。在这个风险评估的框架内,如果可能的话,可以根据机床实际危险状况适当减少。

### 5.2.7.3 MSO 1:自动模式

选择了 MSO 1 并且活动防护装置打开,应满足下列要求。

机床部件运动都应不能运行,并所有轴线运动和主轴应安全停止[见 5.12b)12)]或安全运行停止[见 5.12b)11)]。以下情况除外。

- 1) 手动工件夹持,见 5.2.5。
- 2) 工件主轴旋转运行应由保持—运行控制[见 5.12b)2)]并根据使用说明书叙述的最大标准工件夹持装置转速不应超过 5 r/min 同时线速度不应超过 5 m/min。限制速度应予监控[见 5.12b)5)]。
- 3) 砂轮主轴可在下列情况下运行：
  - 磨具的线速度应限制在  $v \leq 50$  m/s, 5.2.3.3c)(接触防护)和 5.13.2.1(磨具防护罩)的要求应满足,或
  - 磨具的线速度应限制在  $v \leq 16$  m/s, 5.2.3.3c)的要求未满足和 5.13.2.1 磨具防护罩未提供。

砂轮主轴限速监控见 5.12b)5)。

注:对于通过修正磨石手动清理磨具容屑空间,根据风险评估结果(如适用),可通过个人防护设备满足接触保护要求(见第 7 章)。

选择了 MSO 1 并活动防护装置关闭,所有的程序运动都可进行和机床启动或重新启动都应通过致动启动装置完成。砂轮主轴最大允许速度监控应有效[见 5.12b)5)](电力直接驱动的异步电动机除外)。

#### 5.2.7.4 MSO 2: 设定模式

这种操作模式用于非加工场合。

选择了 MSO 2 并且活动防护装置打开,应满足下列要求。

a) 如果具备下列条件,砂轮主轴可以使用起动装置进行运行:

——磨具的线速度应限制在  $v \leq 50$  m/s, 5.2.3.3c)(接触防护)和 5.13.2.1(磨具防护罩)的要求应满足,或

——磨具的线速度应限制在  $v \leq 16$  m/s, 5.2.3.3c)的要求未满足和 5.13.2.1 磨具防护罩未提供。

砂轮主轴限速监控见 5.12b)5)。

b) 轴线运动应限速如下[见 5.12b)6)]:

1) 最大 2 m/min;

2) 行程超过 1 m~5 m 时最大 5 m/min;

3) 在行程超过 5 m 结合采取防护措施(如双手控制设备或压敏垫)并确保操作者处于安全位置时最大 10 m/min。

应采取保持—运行控制装置[见 5.12b)2)]或电子手轮[见 5.12b)3)]来控制运动。

对于保持—运行控制装置或电子手轮,如存在实际机会避免风险则 PL<sub>r</sub> 可以低于 5.12b)中的要求。比如假设轴线运动限速降至 0.5 m/min 以下[见 5.12b)6)]。

c) 动力驱动工件夹紧主轴转速应限制在  $n \leq 50$  r/min,但不超过 1.3 m/s 之内,应在夹紧装置的直径处(如果工件直径更大,就在最大工件直径处)进行测量。工件夹紧主轴减速限速监控见 5.12b)5)。应采取保持—运行控制装置[见 5.12b)2)]或电子手轮[见 5.12b)3)]或起动按钮结合使能装置[见 5.12b)4)]来控制运动。

基于人类工效学的原因保持—运行控制装置也可设计成两阶脚踏开关[见 5.12b)2)]。

对于保持—运行控制装置或电子手轮,如存在实际机会预期损伤的严重程度是低的则 PL<sub>r</sub> 可以低于 5.12b)中的要求。比如假设没有缠绕、卷入、吸入危险等存在。

注:在 a)~c)给出的进给、转速和线速度限值均为最大值。在这个风险评估的框架内,如果可能的话,可以根据机床实际危险状况适当减少。

d) 可以通过活动防护装置从多个位置进入机床危险区域而在操作者的位置又不能观察到危险区域部分时,所有运动都应禁止直至所有危险区域的防护装置均关闭为止。

e) 机床配有工件和刀具装载/卸载的搬运设施。

1) 对于搬运设施的设定,在 b)规定的要求或在 GB 11291.1—2011 中 5.7.3 和 5.7.4 的要求均适用,即使搬运设施编程运行少于三轴。

2) 如轴进给速度未能超过限制(如对于气动轴),按 5.12b)6)的要求在防护装置打开的情况下减速监控不是必需的。机动运行只能采用使能装置配合保持—运行控制装置起步运行。如需要连续运行,使能装置和保持—运行控制装置与危险情况间应有安全距离,以保持双手都在危险区外边(见 GB/T 19876)。关于安全功能要求,例如保持—运行控制装置和使能装置,见 5.12b)2)和 5.12b)4)。任何传感器或反馈装置动作时不准许出现危险运动。

3) 如采用机器人完成工件装载/卸载,GB 11291.1 规定要求应适用。

选择了 MSO 2 并活动防护装置关闭,机床部件所有运动都可进行。对砂轮主轴最大允许速度进行有效监控(电力直接驱动的异步电动机除外)[见 5.12b)5)]。

### 5.2.7.5 MSO 3:在受限工况条件下进行人工干预的可选专用模式

这个操作模式仅适用于操作者必须接近危险区域的场合,并提供所有适用于技术方面并按照目前工艺现状执行的安全措施。在高精度高复杂性的单件小批量生产情况下操作者接近危险区域是完全必要的。此外,对于复杂工件和刀具配置的最初的程序测试,打开防护装置进行自动程序运行也是必需的。

如果选择了 MSO 3 并且防护装置被打开,按照 5.2.7.4 要求(MSO 2:设定模式)适合手动操作,下列要求适合于执行程序循环。

- a) 如果具备下列条件,砂轮主轴可以运行。
    - 磨具的线速度应限制在  $v \leq 50 \text{ m/s}$ , 5.2.3.3c) (接触防护) 和 5.13.2.1 (磨具防护罩) 的要求应满足。或
    - 磨具的线速度应限制在  $v \leq 16 \text{ m/s}$ , 5.2.3.3c) 的要求未满足和 5.13.2.1 磨具防护罩未提供。
 砂轮主轴限速监控见 5.12b)5)。
  - b) 轴线运动应限速如下[见 5.12b)6)]：
    - 1) 最大  $2 \text{ m/min}$ ;
    - 2) 在行程超过  $1 \text{ m}$  时最大  $5 \text{ m/min}$ 。
  - c) 对于直径至  $500 \text{ mm}$  的夹紧装置或工件,工件夹紧主轴线速度应限制在最大  $0.7 \text{ m/s}$  之内。直径大于  $500 \text{ mm}$ , 最大线速度应限制在  $1.3 \text{ m/s}$  之内,但应降低转速至不超过  $50 \text{ r/min}$ 。工件夹紧主轴限速监视见 5.12b)5)。
- 注:在 a)~c) 给出的进给、转速和线速度限值均为最大值。在这个风险评估的框架内,如果可能的话,可以根据机床实际危险状况适当减少。
- d) 可采取保持一运行控制装置[见 5.12b)2)]或电子手轮[见 5.12b)3)]或起动按钮来控制 b) 和 c) 中的程序运动。无论哪种方式都要结合使能装置。
  - e) 应通过防护装置避免在移动夹紧装置(比如旋转卡盘上凸出的卡爪)时接近危险区域。
  - f) 在整个循环过程中开始运行的程序应被显示,下一步首先执行的程序也应显示。

另外,5.3~5.15 中的要求也应满足。MSO 3 的应用实例见附录 K。

选择了 MSO 3 并关闭了活动防护装置,机床部件所有运动都可在未使用使能装置情况下进行。砂轮主轴限速监控应有效[见 5.12b)5)]。

### 5.2.7.6 MSO 服务模式

MSO 服务模式应仅提供给经过机床制造厂培训和授权的维修服务人员以及用户按照机床制造厂使用说明书认可的有资质人员(参见 7.2.9)。

- a) 通则。
  - 1) 对于服务模式选择,应提供可拆卸的服务装置(电缆连接的带锁开关)。服务装置连接应便于接近机床,例如:在电气柜外边。服务装置上警示标志应告知服务装置的使用仅限于经过机床制造厂培训和授权的维修服务人员。全部维修工作展开其他所有使用都应无效。使用说明书应写上:一旦本模式工作完成,立即拆除相关连接设备。  
服务装置可以被 MSO 服务模式限定的其他可选装置替代供上述提及的人员使用。
  - 2) 在 5.2.7.4 规定的条件下可以进行手动操作。
  - 3) 根据风险评估,附加的安全措施也是必要的,如第二级防护、栅栏或屏障,配合相关的警示标志。

- b) 移动防护打开时服务模式将限制机床的自动运行功能性。这些限制内容如下所示。
- 1) 服务模式不准许进行加工。
  - 2) 除 5) 的情况外,轴速应降低并受到监控[见 5.12b)6)]。这些轴速应降到不超过 2 m/min,或行程超过 1 m 的轴速不超过 5 m/min。
  - 3) 可进行连续的运动循环(如,重复性试验)。
  - 4) 在符合 5.2.7.5a)和 5.2.7.5c)的条件下,可以运转砂轮和工件主轴。
  - 5) 程序的运动控制可采用保持—运转装置[见 5.12b)2)]、电子手轮[见 5.12b)3)]或起动按钮,无论采用哪种方式都要结合使能装置。如减速限制超过 2)所规定,使能装置应置于危险区域之外。

## 5.2.8 磨床的选配或附加装置

### 5.2.8.1 工件装载/卸载的搬运装置

如机床配有工件装载/卸载的搬运装置,下列要求应予以满足。

- a) 操作者在工件转换装置装载/卸载的位置应在工作区域外,并远离其他危险机械(例如,换刀机构)。
- b) 应采取固定和/或联锁活动防护装置[见 5.12b)1)iv)]来防止接近装卸设备的危险移动,或应通过启动保护装置(如联锁防护装置或光幕)停止或抑制危险移动。
- c) 工件装载/卸载的搬运装置设定模式的相关要求,见 5.2.7.4e)。
- d) 如装载装置在机床区域内,机床急停装置的动作[见 5.12c)]同样应对搬运装置产生急停作用,反之亦然。如机床和装载装置形成一个集成制造系统,应符合 GB/T 16655。
- e) 如果有可能进入搬运装置的危险区,那么从该区域进入机床工作区:
  - 要么是不可能的;
  - 要么机床应处于停止状态,并防止意外启动。
- f) 如果有可能接近机床工作区域,那么接近搬运装置:
  - 要么是不可能的;
  - 要么搬运装置应处于停止状态且应防止意外启动(对于避免意外启动,见 GB/T 19670—2005)。

### 5.2.8.2 机床配有尾架和/或套筒

如机床配有尾架和/或套筒,应采取措施(例如,机械限位)避免尾架在手动调整其位置时从机床尾端被意外越出。对于具有尾架和/或套筒的磨床有下列要求。

- a) 在防护装置打开的情况下套筒机动运行(不包括弹簧致动套筒),在行程 $>10$  mm 时速度应不超过 1.2 m/min 并只能操作下列装置之一运行:
  - 1) 一种需要双手在工作区域外操作的控制装置[例如符合 GB/T 19671 的双手控制,见 5.12 b) 2)];
  - 2) 保持—运行控制[见 5.12b)2)];或
  - 3) 采用 2 位或 3 位脚踏开关,见 5.12b)2)。
- b) 建议采取措施调整顶紧力,如果顶紧系统未生效或未闭合,运行应禁止。如顶紧系统意外打开(例如,操作者预设的最小顶紧力未达到或打开机构未启动)[见 5.12b)7)]运行应停止(控制停止)。
- c) 在所有操作模式下,手动更换工件时,都可进行尾架套筒的进退。
- d) 如果卡盘的夹持力或中心架不能确保安全时,工件主轴转动时不得手动开启机动尾架和机动套筒运动。
- e) 夹紧限制应做到:

- 1) 套筒顶紧力限值应在尾架套筒上标示,套筒末端也应有经久耐用的标志(例如,使用彩色环);或
- 2) 通过与主轴运转联锁的限制开关监控[见 5.12b)7)]。
- f) 在所有安全操作模式且防护装置是打开的情况下,尾架体朝工件方向的机动运行只能由保持—运行控制[见 5.12b)2)]实现。尾架体可通过一次操作回退至预定位置并且留出防止挤压的必要间距(参照 ISO 13854)。尾架体移动最高速度不应超过 2 m/min。

### 5.2.8.3 外部可接近的刀库、刀具传输与换刀机构

如机床配有外部可接近刀库、刀具传输或刀具交换装置,下列要求应满足。

- a) 应设置符合 GB/T 18831—2017 中 6.1 的固定与联锁式活动防护装置[见 5.2.3.2a)]的组合来防止接近外部可接近的刀库、刀具传输与刀具交换装置。有关刀具交换装置、刀库的联锁装置的安全功能要求,见 5.12b)1) iii)。
- b) 当接近刀库的活动防护装置打开时,刀库动作应按照 5.12b)11)和 5.12b)12)安全停止或安全运行停止。在 MSO 2、MSO 3 和 MSO 活动防护装置打开时,刀库的机械动作(例如,装刀、刀具维护或调整)应只能由保持—运转控制并只能一次交换一个刀位或采用双手控制装置(见 GB/T 19671)允许刀库连续动作。其移动速度应减至 2 m/min 或从位于危险区域之外的控制装置起动并符合 GB/T 23821—2009。
- c) 为避免刀具坠落或甩出,刀具应夹持在刀库的刀座内。刀具夹持的设计数据(例如,刀具最大重量、转动惯量及刀具最大直径)应提供给用户(见 7.2.2)。
- d) 应采用固定或活动防护装置避免靠近刀具交换装置的活动部分。从任何危险区域接近刀具交换装置的活动防护装置打开时,刀具交换装置的运动应被禁止。机床任何传感器或反馈装置的所有运动都不准许。为避免掉刀或甩刀,刀具在所有情况下应被刀具交换装置牢牢抓住,包括断电。

## 5.3 针对电气危险的具体要求

针对电气危险的具体要求如下所示。

- a) 直接接触电气设备应满足如下要求。
    - 1) 除非在本文件中另有其他规定,电气设备应符合 GB/T 5226.1 的规定。
    - 2) 关于电击防护见 GB/T 5226.1—2019 中第 6 章,有关短路保护和过载保护见 GB/T 5226.1—2019 中第 7 章。此外,应满足 GB/T 5226.1—2019 相关章节的下列要求:
      - 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) 电气柜不应放置在易于被刀具和/或工件甩出而造成损坏的位置。带电部件不应被触摸到(见 GB/T 5226.1—2019 中 6.2.2)。只要机床的电力电路配备有过电流保护(见 GB/T 5226.1—2019 中 7.2.2),由机床电气设备故障引发的火灾风险可显著降低。
  - b) 间接接触电气设备应满足 GB/T 5226.1—2019 中 6.3 的要求。
- 注:“间接接触”的定义见 GB/T 5226.1—2019 中 3.1.34。
- c) 控制设备外壳的防护等级至少为 IP2X,且符合 GB/T 5226.1—2019 中 6.2.2,但工作区域内的控制设备的防护等级应为 IP55。

## 5.4 针对噪声危险的具体要求

设计机床过程中,应充分考虑控制噪声源的有用信息和技术措施(见 ISO/TR 11688-1)。

注:磨床的主要噪声源取决于磨削方式和部件以及磨床所使用的设备。空间传播的噪声源包括如下:

- 磨具和工件;
- 砂轮主轴;
- 工件主轴;
- 轴驱动;
- 滚珠丝杠;
- 修整和整形设备;
- 装载、卸载、退出和传送操作;
- 液压系统;
- 吸排系统;
- 气动系统;
- 金属切削液系统。

如果在源头降低噪声的措施尚不如意时,应采取进一步的降噪措施。降低噪声的措施,见附录 E。

噪声发射的评定见附录 F。

噪声发射值的标示应符合 7.2.6。

## 5.5 针对振动危险的具体要求

使用手柄手动操控刀具进给的磨床(例如表 1 中序号 1.3 和 1.4),当操作者承受加速度超过  $2.5 \text{ m/s}^2$  的振动时,应采取预防措施减少振动。减少振动的措施包括结构与设计、阻尼和/或隔离(见 CR1030-1)。机械振动测量见 GB/T 25631。

## 5.6 针对辐射危险的具体要求

具体要求如下:

- a) 对于低频辐射、射频辐射及微波辐射,见 5.9k),更详细信息见 EN 12198-1、EN 12198-2 和 EN 12198-3;
- b) 对于内置激光反馈系统设计上应考虑避免光路外露或镜面反射且符合 GB 7247.1。

## 5.7 针对材料或物质危险的具体要求

### 5.7.1 通用要求

磨床在构造和操作时使用的材料或物质的选择应遵循这样的原则,就是在磨床整个使用周期内对人身健康无害,例如石棉不应用于制动器和离合器的内衬。

危害健康的材料被加工或使用,或粉尘、烟雾和雾气可能发生的危险,应采取防护措施使操作者尽量减少暴露在这种环境之中。应提供集中吸排系统和/或单独配置的吸排。加工或使用危害健康的材料,或可能产生粉尘、气味和雾气,应采取安全防护措施,充分减小对操作人员的影响,并提供集中吸排系统和/或适当的单独吸排系统。

磨床配置的集中吸排系统应设计成一旦启动可能产生粉尘、烟雾和雾气的功能即被激活,关闭这些功能后,吸排系统应继续运行直至粉尘、烟雾和雾气产生的危害不再存在。对于整体封闭机床,后运行周期取决于工作空间的大小以及吸排能力,例如应至少工作空间的空气交换两次才允许打开防护装置。集中吸排系统应设计成在打开防护装置后暴露在空间的危险物质低于造成危险的水平。

应采取措施防止有害的气雾逸出(例如由于压缩空气的逸出)。

吸排系统的实际要求应取决于各种不同的参数,例如使用材料的特性,在本文件中不可能给出更详细的技术要求。

## 5.7.2 使用金属加工切削液的设备

### 5.7.2.1 通用要求

在磨削中用于冷却和润滑的金属切削液会对健康造成危害,磨床应提供预防装置或使这样的危害最小化。

#### 5.7.2.2 防止接触或吸入的措施

防止接触或吸入的措施如下所示。

- a) 系统设计应防止金属切削液飞溅、溢出和渗漏。
- b) 积液箱和其他系统元件应由确保系统为一完整体的材料构成。
- c) 出液喷嘴应使不需要的喷射最小化。
- d) 在预计工作区域将产生雾气的场合,应提供防护装置和吸排系统或连接这样系统的附件(见 5.7.1)。
- e) 金属切削液应使磨床完成其正常功能且避免过热并由此使液体蒸发。换言之,应提供冷却系统。
- f) 在防护装置打开,操作者需用手进入工作区域工作(例如,装载/卸载操作、调整等),流入工作区域的金属切削液应自动停止[见 5.12b)19)]。用于部件冷却或床身冲洗的金属切削液流量应可以调整,例如调整喷嘴。所有其他没有自动液流控制的机床应提供相应设备用于手动控制或使金属切削液分流。
- g) 积液箱应装有清楚标明最低/最高液位的液位指示器。
- h) 金属切削液系统应有足够流量保障金属切削液流动,在可预见的运行/磨削条件下避免产生有害的蒸汽或带有悬浮微粒的气体。
- i) 金属切削液系统应便于维护包括采样,在维护时尽可能减少人为接触暴露的金属切削液。
- j) 磨床设计应能使磨削滤渣在不要求切削液排空的情况下可排出。

#### 5.7.2.3 防止生物或微生物的危险(病毒或细菌)

防止生物或微生物的危险措施如下所示。

- a) 在正常使用时,金属切削液系统整个储液单元内应整体形成循环避免在液箱产生“死区”,设计上用于沉淀的地方除外。
- b) 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积液箱。
- c) 流通管道孔径应足够大并适当倾斜确保流通顺畅,使残渣沉积最小化。
- d) 金属切削液应有过滤装置。
- e) 一旦沉积残渣形成,结构设计上考虑应便于清理(例如,容器采用内圆角)。不应要求全部排空后再清理(见 GB/T 19891)。
- f) 液箱内部应不利于细菌滋生(例如,平滑的表面)。
- g) 金属切削液箱应有盖,以避免外来杂物侵入。
- h) 外部来源的油或油脂对金属切削液的污染(例如,机床润滑油的泄漏)情况应予以避免或应采取清除措施清除。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。
- i) 磨床采用与金属切削液一起使用的封闭式防护装置时,封闭防护装置上应有封闭防护与外部吸排系统之间的接口。接口的位置应考虑机床正常使用情况下产生的气流被吸排系统及时排出。

### 5.7.3 火灾与爆炸危险的防护措施

#### 5.7.3.1 易燃金属切削液

##### 5.7.3.1.1 针对金属切削液系统的要求

使用易燃金属切削液的磨床应提供下列设备尽量将易燃混合物和着火点产生的风险最小化。

- 金属切削液回路设计(管横截面、储液容器、泵、喷嘴类型和位置选择等)应确保无论使用任何刀具和任意时间在加工点液流充分。
- 如金属切削液不能提供,应禁止起动机床。金属切削液工作监控见 5.12b)18)。
- 如金属切削液系统出现故障,加工应以适当的方式自动停止,例如刀具与工件分开、砂轮主轴停止运转、吸排系统关闭。
- 应提供适当的吸排系统。

##### 5.7.3.1.2 针对吸排系统的要求

抽气排烟效果应至少在工作区域范围内保证维持负压,以避免金属切削液产生的蒸汽和带有悬浮微粒的气体从机床向外排出。

如吸排系统功能不正常,应避免起动机床的加工循环[见 5.12b)18)]或应以适当的方式自动停止加工过程,例如刀具与工件分开、砂轮主轴和刀具驱动关闭。

工作区域范围内所有金属物体(包括吸排系统管路)应不间断地连接到保护接地系统。

如采取这些措施火灾与爆炸危险仍不能避免,应采用另外的限制火灾与爆炸事故的措施。

- 耐压工作区域封闭防护包括观察窗和要求对人不构成危害方向的卸压装置。耐压工作区域封闭防护应满足 5.1.2 规定防护装置的要求,见 5.2.3.2。关于卸压表面的尺寸信息见附录 H。
- 避免火苗和热气逸出进入工作区域和机床周围环境,例如在防护装置的可移动部分(圆周的)采用防火迷宫密封。实例见附录 H。
- 灭火设施[火情报警和自动灭火系统的技术控制要求,见 5.12b)16)和 5.12b)17)]。
- 按照制造厂的建议,机床(包括控制系统)应设计成具有连接火苗检测、灭火系统、火灾报警及释压等装置的接口。

对于打算连接集中吸排系统的机床,应提供措施或系统防止火灾情况下:

- 火苗传入集中吸排系统,
- 大量空气进入加工区域,和
- 灭火介质吸入。

注 1: 例如使用阻火器(实例见附录 H)、关闭排气阀。

在起火和爆炸情况下集中吸排系统应自动关闭。

使用易燃金属切削液时,吸排系统和灭火系统集成实例见附录 I。

注 2: 风险降低的进一步措施取决于机床的实际使用条件及各机床的特殊性。

#### 5.7.3.2 易燃易爆粉尘

在磨床加工某些材料可产生易燃易爆粉尘(例如,铝、镁及其合金),为避免引起火灾和爆炸危险,应提供安全排除这些粉尘和任何可燃气体(如氢气)的装置。在适合的情况下可采取 EN 1127-1 提到的防爆措施。

为避免粉尘爆炸,磨床应采取如示例的办法:

- 湿磨,
- 干磨同时采取即时湿化沉淀,或

- c) 干磨同时采用湿式离心除尘器,进行湿化沉淀。  
要求应符合附录 G 的规定。

## 5.8 针对忽视人类工效学产生危险的具体要求

针对忽视人类工效学产生危险的具体要求如下所示。

- a) 机床设计应符合下列文件所规定的人类工效学原理。
- GB/T 15706—2012 中的 6.2.6、6.2.8 及 6.3.5.6;
  - GB/T 16251;
  - GB/T 18717.1;
  - GB/T 18717.2。
- b) 主控面板位置要求如下。
- 1) 机床上安装有起动、操作停止、模式选择开关和保持—运行控制(如采用)的主控制面板应位于操作者处。控制显示器和/或操纵器均应防止切屑和磨屑并符合 ISO 9355-1、ISO 9355-2、ISO 9355-3 和 GB/T 5226.1—2019 中第 10 章,并应防止意外使用操作,例如使用有带肩的按钮。
  - 2) 模式选择开关或在 MSO 1 操控起动的按键不应在机床主控面板外的任何位置。如操作者为了更好地观察危险区域的状况,在偏离主控面板的位置可设立另外的起动开关。如机床设有多个起动开关,设计上应保证同一时间只有一个起作用。
  - 3) 在 MSO 2,机床操作控制可在主面板外提供远程操作控制,例如悬挂式控制板。也可在危险区域外提供独立控制台。
  - 4) 机床在 MSO 2 有多个操控装置控制机床运动,设计上应保证任一时刻,只有一个操控装置起作用。
- c) 考虑操作过程中不健康的姿势或过度用力(经久疲劳),机床设计应符合人类工效学原理避免操作过程中过度用力,不健康的姿势或疲劳内容如下所示。
- 1) 工件、刀具和附件应便于搬运。超过 10 kg 的重物应使用起吊设备搬运(见 EN 1005-1、EN 1005-2、EN 1005-3、EN 1005-4)。
  - 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(例如防护装置打开时从机床顶部方便地接近工作区域)。
  - 3) 零件需手动装载时,夹具(例如刀套)应有定位装置,避免过度进入机床(见 EN 1005-1、EN 1005-2、EN 1005-3、EN 1005-4)。
  - 4) 在支撑工件或刀具重量的同时,夹紧或夹持设备(例如拉杆、卡盘)的控制装置的位置应避免过度接近(例如采用脚踏控制)。见 EN 894-3:2000 中第 4 章。
  - 5) 活动防护装置使用频次较高时应采用机动,避免重复过度用力(参见 GB/T 15706—2012 中 6.2.2.2)。
- d) 考虑到手/臂或腿/脚的解剖结构,控制装置、观察或保养点(例如水箱进出水口)的位置应满足人类工效学原理(见 EN 614-1、EN 614-2、EN 894-1、EN 894-2、EN 894-3、EN 894-4、EN 1005-1、EN 1005-2、EN 1005-3、EN 1005-4、GB/T 19876)。
- e) 机床设计时应考虑照明的强度、方向、眩光等。必要时,应提供整体照明。尤其应考虑下列事项:
- 1) 机床所需照明强度取决于所执行的磨削操作,在需要观察的区域及其附近至少 300 lx;
  - 2) 尽量避免由工件或机床零件等引起的闪光、反光和阴影;
  - 3) 照明光源安放的位置尽可能使其在加工过程中造成的污染最小。
- f) 手动控制和输入设备(例如,键盘、按键、按钮)的设计、位置和标志应符合 ISO 9355-1、

ISO 9355-2 和 ISO 9355-3。

- g) 视觉显示单元的设计或位置应使屏幕显示信息清晰且明确,反光和炫光应尽量最小化[见 EN 894-1、EN 894-2、EN 894-4 和 ISO 9241(所有部分)]。

## 5.9 针对意外起动,超程或超速产生危险的具体要求

具体要求如下所示。

- a) 对本文件来说,GB/T 5226.1—2019 中 9.2.3.2 的条件是通过 5.2.3.2a)的联锁装置实现的。
- b) 针对控制系统故障/异常的要求如下:
  - 1) 控制系统设计应符合 GB/T 5226.1、GB/T 3766 和 GB/T 7932 并 GB 28526 或 GB/T 16855.1—2018。应避免意外的机床运动(例如砂轮和工件夹持主轴运转、坐标轴移动、磨削刀具从主轴中松开)(见 GB/T 19670—2005)。
  - 2) 应锁定对可编辑功能的访问及更改,防止非授权的访问程序数据或使用可编辑功能。可通过使用密码或钥匙开关实现。
  - 3) 涉及安全功能的软件应防止非授权的重新设置。尤其,用户无法借助于插入或调用工件程序来暂停安全功能(包括联锁防护装置)的操作。
- c) 起动的要求如下所示。
  - 1) 关于起动和重新起动的安全功能要求,见 5.12b)14)和 5.12b)19)。
  - 2) 提供多个保持—运行控制装置(例如主控制台、手持操作盒)时,在同一时间应仅只有一个有效。
  - 3) 联锁式活动防护装置的关闭不应导致机床运动部件的重启。提供动力驱动防护装置的,见 5.2.3.2b)。
  - 4) 在活动防护装置打开或在 MSO 0 时,应避免危险运动的意外起动(例如,砂轮和工件夹持主轴、轴线运动或工件夹紧设备)并符合 GB/T 19670—2005 中第 6 章。
  - 5) 手动操作主轴起动的任何控制设备在设计上应避免意外操作,例如可以采用机械双作用装置、嵌入式按钮或带盖按钮。
- d) 下列主轴和轴线速度限速监控要求适用于所有安全操作模式:
  - 1) 主轴最高允许转速和轴线允许最快进给速度取决于操作模式并应进行监控,这也包括工件夹持装置和砂轮主轴的转速。
  - 2) 一旦超过主轴最高允许转速和轴线允许最快进给速度,符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.2 的 1 类停止立即自动启动。  
砂轮主轴的停止不应在刀具夹持装置内引起侧滑、松脱或打碎磨具。
  - 3) 与安全相关的工件和刀具主轴及轴线进给的限速监控要求见 5.12b)5)和 5.12b)6)。
- e) 轴线运动要求如下。
  - 1) 轴线运动可以通过手动方式或动力驱动实现:
    - i) 根据 GB/T 17161 规定,轴线运动方向应与控制装置的所标示方向一致(外圆磨削类机床横向进给机构除外);
    - ii) 应防止机动轴线的意外起动(见 GB/T 19670—2005 中第 6 章);
    - iii) 应防止垂直轴或倾斜轴在重力作用下产生意外的危险运动,例如可采用配重或备用制动系统)。
  - 2) 有关轴线运动起动的安全功能要求以及防止垂直轴或倾斜轴意外坠落的要求分别见 5.12b)15)和 5.12b)13)。
- f) 停止的要求如下。
  - 1) 机床运动应通过符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.2 的停止功能来停止。

- 2) 因机床运动的意外启动而使人员处于危险情况下时,仅只可以使用“安全停止”或“安全运行停止”的停止功能。在“运行停止”情况下,应不可能打开活动防护装置。
- 3) 安全功能的停止要求见 5.12b)11)和 5.12b)12)。
- g) 能源中断后恢复,控制系统的设计应确保阻断自动重启,控制运动的动力需通过重新激励的方式才能启动(见 GB/T 19670—2005)。
- h) 对于能源断开和能量释放。
  - 1) 见 GB/T 15706—2012 中 6.2.10 和 6.3.5.4 以及 GB/T 19670—2005 中第 5 章。
  - 2) 采取措施断开能源供给(见 GB/T 3766—2015, 5.1.5, GB/T 7932—2017 中 5.1.6 和 GB/T 5226.1—2019 中 5.3)。对于贮能的释放见 GB/T 19670—2005 中 5.3。
  - 3) 断电设备应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.3。
  - 4) 机床本身配有液压泵和/或空气压缩机,机床电气断开也应切断泵电机和/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,机床应配有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 GB/T 19670—2005 中第 5 章的要求。由于能源断开的原因能量无法自动释放时(见 GB/T 19670—2005 中 5.3.1.3),应提供排放剩余压力的措施。可使用排放阀,但不应拆卸管路。
- i) 气动系统应符合 GB/T 7932。
- j) 液压系统应符合 GB/T 3766。
- k) 对于电气系统/电子设备外部影响要求(电磁兼容)如下。
  - 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 GB/T 17799.2。
  - 2) 辐射:电气/电子设计应采用技术信息和物理措施限制电磁辐射,符合 GB 17799.4—2012。

注: EN 50370-1 和 EN 50370-2 也适用。

## 5.10 针对转速变化产生危险的具体要求

对于带有砂轮主轴调速装置的磨床,为尽量使夹持砂轮超出最大运行速度的风险最小化,应根据砂轮主轴的驱动方式提供以下措施/装置。

- a) 启动砂轮主轴的启动装置仅能从最低可调速度开始。
- b) 对于变极驱动电机,需要进行开关联锁,防止从高速直接启动。
- c) 磨床编程主轴转速由砂轮线速度和实际砂轮直径计算得出,控制应识别出砂轮的变化,或者在砂轮发生变化时应对必要的数据输入进行清晰的警告。输入的信息应经操作者确认。
- d) 磨床配有不同外径的磨具,在不同的磨具应清晰标明各自允许的最高转速。所选速度应清晰可见(例如,带速度标尺的旋钮)。
- e) 所选转速或线速度其指示值应与所选值一致。

对于砂轮和工件夹持主轴限速安全功能监控的要求,见 5.12b)5)。

## 5.11 针对电源故障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启动(见 GB/T 19670—2005 和 GB/T 15706—2012 中 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 5.12b)13);
- 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(见 GB/T 5226.1、GB/T 3766 和 GB/T 7932);
- f) 应提供有效措施隔断电源(见 GB/T 3766—2015 中 5.3.2.2 和 5.4.7.2.1,GB/T 5226.1—2019 中 5.3),储存能源的分离见 GB/T 19670—2005 中 5.3。

## 5.12 针对控制电路故障产生危险的具体要求

针对控制电路故障的要求如下。

- a) 考虑与安全相关的硬件和软件,对本文件来说,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元件的输入端(如电动机)。按 GB/T 16855.1—2018 应采用安全可靠的部件设计、制造和应用来保证控制系统的安全功能。一般来讲,激活时,输入设备的安全功能应起动危险运动的 0 类或 1 类停止,符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.2,应避免意外起动。
- b) 安全功能应符合表 3 所列性能等级的要求(见 GB/T 16855.1—2018)。附录 J 举例说明了对砂轮主轴的限速监控,从而实现所需性能等级是可行的。

注 1: 实现风险降低可以采取不同的防护措施,即控制系统的安全相关部件和其他防护措施,例如机械措施;见 GB/T 16855.1—2018 中图 2。

注 2: 通过独立于控制系统的其他技术手段(如机械防护罩)实现风险降低,用于确定预期安全功能 PLr 的风险图的输入点可位于这个措施实施之后;见 GB/T 16855.1—2018 中 A.1。

表 3 安全功能与性能等级对比

| 安全功能  | 要求的性能等级(PLr)  |
|---|---------------|
| 1) 当带联锁装置的活动防护装置,电-敏防护设备(ESPE)或其他安全设备应用于在下列区域   |               |
| i) 工作区域<br>用于维修的工作区域                            | d 等级 3 类<br>c |
| ii) 传动,驱动机构<br>每小时接触多于 1 次<br>每小时接触少于或等于 1 次    | d<br>c        |
| iii) 机械手,刀库                                     | d             |
| iv) 工件装/卸的搬运设备<br>每小时接触多于 1 次<br>每小时接触少于或等于 1 次 | d<br>c        |
| v) 托盘交换器<br>每小时接触多于 1 次<br>每小时接触少于或等于 1 次       | d<br>c        |
| vi) 接近围栏的开口,门<br>每小时接触多于 1 次<br>每小时接触少于或等于 1 次  | d<br>c        |

表 3 安全功能与性能等级对比 (续)

| 安全功能   | 要求的性能等级 (PLr) |
|--|---------------|
| 2) 保持—运行控制<br>保持—运行控制与使能装置配合使用<br>轴限速监控不符合 5.12b)6)时<br>轴限速监控符合 5.12b)6)时                    | d<br>d<br>c   |
| 3) 电子手轮控制系统<br>电子手轮控制系统与使能装置配合使用<br>轴限速监控不符合 5.12b)6)时<br>轴限速监控符合 5.12b)6)时                  | d<br>d<br>c   |
| 4) 使能装置  | d             |
| 5) 主轴转速限速监测  | d 等级 3 类      |
| 6) 线性轴进给限速监视使用保持—运行控制设备符合 5.12b)2)PL=d 或电子手轮符合 5.12b)3)PL=d 控制线性轴进给                          | d             |
| 7) 刀具夹紧与工件夹紧机动控制系统机床未要求可移动防护<br>机床配有可移动防护,可移动防护打开时加工仍然进行,例如,机床具有 MSO 3<br>需可移动防护关闭的安全运行模式    | c<br>c<br>b   |
| 8) 急停  | c             |
| 9) 机动防护/门边缘防护防挤压危险,如压敏防护装置 (PSPD)  | d             |
| 10) 安全操作模式选择功能   | c             |
| 11) 安全运行停止 (符合 GB/T 12668.502—2013 的 2 类停止)  | d             |
| 12) 安全停止 (符合 GB/T 12668.502—2013 的 1 类停止)<br>安全停止 (符合 GB/T 12668.502—2013 的 0 类停止)           | d<br>c        |
| 13) 防止垂直或倾斜轴意外下坠的控制功能<br>如危险很难避免<br>如垂直或倾斜轴意外下落危险存在,如能有机会避免危险或大大减少危险程度                       | d<br>c        |
| 14) 启动和重新启动功能 [见 5.9c)]<br>针对电子控制系统<br>针对机电控制系统<br>注: 如避免风险采用其他手段,如门联锁、使能装置,启动和重新启动功能与安全不关联。 | d<br>c        |
| 15) 坐标轴启动 [见 5.9e)]<br>针对电子控制系统<br>针对机电混合控制系统<br>注: 如避免风险采用其他手段,如门联锁、使能装置、启动和重新启动功能与安全不关联。   | d<br>c        |
| 16) 避免 CO <sub>2</sub> 灭火系统意外启动<br>——能够接近机床<br>——不能够接近机床                                     | c<br>b        |
| 17) 火情报警或自动灭火系统与机床控制系统之间存在技术联系   | b             |

表 3 安全功能与性能等级对比 (续)

| 安全功能                             | 要求的性能等级(PLr) |
|----------------------------------|--------------|
| 18) 使用易燃金属切削液时金属切削液和油雾吸收装置工作状态监控 | b            |
| 19) 金属切削液压力在大于或等于 0.5 MPa 时意外起动  | c            |
| 金属切削液压力系统低压状态下意外起动,例如小于 0.5 MPa  | b            |

## c) 紧急停止。

- 1) 急停功能应为 1 类或 0 类停止(根据风险评估确定)遵从 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.3.4.2,此外还应符合 GB/T 15706—2012 中 6.3.5.2 和 GB/T 16754。
- 2) 急停功能应由符合 GB/T 5226.1—2019 中 10.7 和 GB/T 16754 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,包括如下场合:
  - i) 每一可能引发危险运动的位置;
  - ii) 主控面板上;
  - iii) 任一便携控制面板上(如采用);
  - iv) 刀库处;
  - v) 工件装载与卸载的部位。

## 5.13 针对流体喷出或物体甩出危险的具体要求

## 5.13.1 通用要求

磨床,除了砂轮碎片(见 5.13.2)引起的危险外,工件、工件上的零件、机床部件、粉尘或金属切削液飞出的风险也应予以防范,可通过设置固定和/或活动防护装置将这些部件和物质阻挡在工作区域内。这个防护装置的设计、构造和定位应考虑到能承受预期的压力,并应符合 GB/T 8196—2018 的一般要求。

设计、构造和定位合适的防护装置不但能阻隔部件飞出也能符合 5.13.2 使磨具碎片阻挡在工作区域内和/或防止接近工作区域。

## 5.13.2 在磨具破碎情况下避免甩出的防护装置

## 5.13.2.1 磨具防护罩

磨床应配有磨具防护罩在磨具破碎情况下有效地限制碎片飞出。这些防护罩的厚度应根据防护罩所使用材料的类型和磨具的质量及其最高线速度来确定。

防护罩应尽可能最大地包围磨具。

磨具防护罩的每一个部分通过焊接或其他手段互相连接,连接应足够牢固确保在碎片冲击下不会脱开。

磨具防护罩的要求见 A.3.1~A.3.3。

磨具防护罩应与磨床主机连接成一个整体这样避免在磨具破碎情况下造成失控移动或松脱。

磨具防护罩连接的要求见 A.4。

磨具防护罩和它们的固定部件应与磨床预期使用的最大尺寸磨具和砂轮主轴最高速度相匹配。这里的最高速度应考虑为在驱动出现故障的情况下砂轮主轴可能达到的最高速度。

磨床所配的磨具  $D \leq 1\,000\text{ mm}$  并线速度  $v \leq 16\text{ m/s}$  时,磨具防护罩不是必需的。

在不能提供磨具防护罩的情况下,应提供工作区域的封闭防护装置或其他防护措施。工作区域的

封闭防护装置其防护板的厚度和材料应符合 A.3.5.2.2 的要求。

转动的修整器与转动的磨具一样会产生危险,同样应提供对这些器具的防护措施。

5.13.2.2 工作区域防护装置

磨具安全系数  $S_{br} \leq 1.75$  (见 EN 12413) [见公式(1)] 或运行线速度  $v > 50$  m/s 的磨床其工作区域应封闭,从而使得包括从工作区域磨具防护罩的开口处飞出的碎片被阻挡在工作区域内(工作区域整体封闭)。

$$S_{br} = \left( \frac{v_{br}}{v_s} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$S_{br}$ ——防止离心力产生爆裂的安全系数;

$v_{br}$ ——爆裂速度,在离心力作用下磨具爆裂时的线速度;

$v_s$ ——最高运行速度,旋转磨具允许的最高线速度。

工作区域封闭的措施可包括如下:

- a) 符合 A.3.5 的固定式和活动式防护装置;
- b) 砂轮防护装置,外加内部防护装置,万一发生砂轮破碎,能立即封闭砂轮的开口处。

工作区域不要求封闭的:

- a) 手动操控悬架式磨床和悬架式切割机其磨具线速度  $v \leq 80$  m/s,见表 1 编号 1.4;
- b) 手动和机械操控切割机其磨具线速度  $v \leq 100$  m/s,并切割轮直径  $D \leq 406$  mm,见表 1 编号 1.3 和编号 1.5。

磨具防护罩和工作区域的封闭应与磨床预期使用的最大尺寸磨具和砂轮主轴最高转速相匹配。这里的最高速度应考虑为在驱动出现故障的情况下砂轮主轴可能达到的最高速度。

注:按附录 A,通过对磨削刀具直径不同的工作区域的速度监控,可以减少防护装置的壁厚(砂轮防护罩和工作区域的封闭防护),防护装置的冲击试验见附录 B 和附录 C。

5.13.3 防止工件和工件上的零件甩出的装置

5.13.3.1 通则

磨床设计应防止工件和/或工件上的零件飞出。如无法实现,应提供适当的防护装置足够阻隔这些飞出的部件。防护装置的尺寸与飞出物的能量有关。

5.13.3.2 平面磨床

平面磨床(见表 1 编号 1.10 和编号 1.11)应在磨具旋转方向的工作区域边缘配置防止工件飞出的防护装置。飞出工件的平动能量可根据工件的重量和磨具的最大线速度确定。防护装置的尺寸大小根据不同材料可通过在 A.4.3 的公式计算得出。公式中  $E_{trans}$  对应飞出工件能量的确定。

注:对于平面磨床,可以假设飞出最大工件质量为  $m = 0.5$  kg。

5.14 针对稳定性缺失而产生危险的具体要求

机床及相关装置的设计应使其在规定的使用条件下,保持足够的稳定性,应符合 GB/T 15706—2012 中 6.2.6 和 6.3.2.6 的要求。

5.15 针对人员滑倒、绊倒和跌倒而产生危险的具体要求

具体要求如下所示。

- a) 机床的工作场地及通道(例如,阶梯、爬梯、平台及走道)应提供扶手、踏板和必要的防滑地面,

尽量减小滑倒、绊倒和跌倒的可能性,应符合 GB/T 17888.1、GB/T 17888.2、GB/T 17888.3 和 GB/T 17888.4 中的要求。

- b) 为避免弄脏地面,提供金属切削液供应系统的机床其结构设计应防止流体向机床封闭防护的外面溅出、喷射和呈雾状弥散。使用信息中应强调流体溢出机床周边而产生滑倒的危险。

## 6 安全要求和/或防护措施的验证

表 4 指出了验证第 5 章安全要求和/或防护措施的方法,同时给出本文件相关章节的信息。

表 4 验证方法

| 章条号     | 安全要求和/或防护措施                             | 验证方法 |      |    |    |      |
|---------|---|------|------|----|----|------|
|         |   | 目测   | 功能试验 | 测量 | 计算 | 提供资料 |
| 5.1     | 通用要求                                    |      |      |    |    |      |
| 5.1.2   | 各类磨床防护装置要求                              | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2     | 针对表 2 中 1.1~1.4、1.6 和 1.7 汇总的机械危险因素具体要求 |      |      |    |    |      |
| 5.2.1   | 1 类磨床,无动力驱动轴无数字控制的手动控制磨床                | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.2   | 2 类磨床,有动力驱动轴、如果适用可配有限的数字控制能力的手动控制磨床     | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.3   | 3 类磨床,数控控制磨床                            |      |      |    |    |      |
| 5.2.3.1 | 接近工作区域                                  | *    | *    |    |    | *    |
| 5.2.3.2 | 防护装置的具体要求                               | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.3.3 | 附加专门要求                                  | *    | *    | *  | *  | *    |
| 5.2.4   | 刀具夹持装置                                  | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.5   | 工件夹持                                    |      |      |    |    |      |
| 5.2.5.2 | 工件托架                                    | *    |      | *  |    | *    |
| 5.2.5.3 | 动力驱动工件夹紧装置                              | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.6   | 重力作用下的垂直轴或倾斜轴线                          | *    | *    |    |    | *    |
| 5.2.7   | 机床操作模式                                  |      |      |    |    |      |
| 5.2.7.1 | 模式选择                                    | *    | *    |    |    | *    |
| 5.2.7.2 | MSO 0:手动模式                              | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.7.3 | MSO 1:自动模式                              | *    | *    |    |    | *    |
| 5.2.7.4 | MSO 2:设定模式                              | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.7.5 | MSO 3:在受限工况条件下人工干预的可选专用模式               | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.7.6 | MSO 服务模式                                | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.8   | 磨床的选配或附加装置                              |      |      |    |    |      |
| 5.2.8.1 | 工件装载/卸载的搬运装置                            | *    | *    |    |    | *    |
| 5.2.8.2 | 机床配有尾座和/或套筒                             | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.2.8.3 | 外部可接近刀库,刀具传输与换刀机构                       | *    | *    | *  |    | *    |

表4 验证方法(续)

| 章条号        | 安全要求和/或防护措施            | 验证方法 |      |    |    |      |
|------------|------------------------|------|------|----|----|------|
|            |                        | 目测   | 功能试验 | 测量 | 计算 | 提供资料 |
| 5.3        | 针对电气危险的具体要求            | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.4        | 针对噪声危险的具体要求            | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.5        | 针对振动危险的具体要求            | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.6        | 针对辐射危险的具体要求            | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.7        | 针对材料或物质危险的具体要求         |      |      |    |    |      |
| 5.7.1      | 通用要求                   | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.7.2      | 使用金属加工切削液的设备           |      |      |    |    |      |
| 5.7.2.1    | 通用要求                   | *    |      |    |    |      |
| 5.7.2.2    | 防止接触或吸入的措施             | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.7.2.3    | 防止生物和微生物的危险(病毒或细菌)     | *    | *    |    |    | *    |
| 5.7.3      | 火灾与爆炸危险的防护措施           |      |      |    |    |      |
| 5.7.3.1    | 易燃金属切削液                | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.7.3.2    | 易燃易爆粉尘                 | *    | *    |    |    | *    |
| 5.8        | 针对忽视人类工效学产生危险的具体要求     | *    | *    | *  |    | *    |
| 5.9        | 针对意外启动,超程或超速产生危险的具体要求  | *    | *    |    |    | *    |
| 5.10       | 针对转速变化产生危险的具体要求        | *    | *    |    |    | *    |
| 5.11       | 针对电源供应故障产生危险的具体要求      | *    | *    |    |    | *    |
| 5.12       | 针对控制电路故障产生危险的具体要求      | *    | *    |    | *  | *    |
| 5.13       | 针对流体喷出或物体甩出危险的具体要求     |      |      |    |    |      |
| 5.13.1     | 通用要求                   | *    | *    |    |    | *    |
| 5.13.2     | 磨具破碎情况下避免甩出的防护装置       |      |      |    |    |      |
| 5.13.2.1   | 磨具安全防护罩                | *    | *    | *  | *  | *    |
| 5.13.2.2   | 工作区域防护装置               | *    | *    | *  | *  | *    |
| 5.13.3     | 防止工件和工件上的零件甩出的装置       | *    | *    | *  | *  | *    |
| 5.14       | 针对稳定性缺失而产生危险的具体要求      | *    | *    |    |    | *    |
| 5.15       | 针对人员滑倒、绊倒和跌倒而产生危险的具体要求 | *    | *    |    |    | *    |
| 7          | 使用信息                   |      |      |    |    |      |
| 7.1        | 标志                     | *    |      |    |    | *    |
| 7.2        | 使用信息                   | *    |      |    |    | *    |
| * 选中的验证项目。 |                        |      |      |    |    |      |

## 7 使用信息

注：见 GB/T 15706—2012 中 6.4。

### 7.1 标志

磨床应具有符合 GB/T 15706—2012 中 6.4.4 的铭牌。铭牌上至少包含以下内容。

- a) 明确标明：
  - 1) 制造商的公司名称和详细地址,需要的话,法人代表;
  - 2) 机床名称,系列号或机床型号;
  - 3) 出厂编号,如有的话;
  - 4) 出厂日期,制造商哪一年完工交付使用的。
- b) 标明其符合的强制性要求(如,CE 认证标志)。
- c) 关于安全使用：
  - 1) 砂轮主轴旋转方向;
  - 2) 砂轮主轴的转速范围或最高限速,转速以 r/min 表示或线速度以 m/s 表示;
  - 3) 磨具最大允许尺寸;
  - 4) 机床重量;
  - 5) 电气、液压和气动系统的有关数据;
  - 6) 工件主轴最高限速,以 r/min 表示;
  - 7) 安全防护、保护装置和机床其他部件、未和机床永久连接一起的部分应标明其辨识信息;
  - 8) 存在火灾和爆炸的风险的机床应提供适当的标志,如：
    - i) 机床存在火灾危险并提供灭火措施的情况,和
    - ii) 本机床专用于加工特殊材料(如轻金属)和其他易产生危险的材料(如易形成火花)的情况。

### 7.2 使用信息

#### 7.2.1 通用要求

使用说明书应符合 GB/T 15706—2012 中 6.4.5,包含所述磨床的所有具体信息,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) 磨床的加工参数和安全操作模式。如机床提供 MSO 2 和/或 MSO 3 和/或 MSO 服务模式,这些模式使用中更详细内容应予以规定。
  - 1) 应提供可能出现的误操作信息。
  - 2) 给出可能的剩余风险的信息,如：
    - i) 磨床所具备的安全操作模式(如 MSO 0、MSO 1、MSO 2、MSO 3 或 MSO 服务),
    - ii) 噪声(见 7.2.6),
    - iii) 手动操控机床的振动(见 7.2.7),和
    - iv) 手动操控刀具时触碰磨具。

3) 操作者必备的资质,尤其是机床在 MSO 0、MSO 2、MSO 3 和/或 MSO 服务工作状态下要求的能力:

- i) 工件和设备的调整与夹紧,
- ii) 磨床的设定、操作与监控,
- iii) 磨具选择和使用,
- iv) 磨具的安装和修整,
- v) 工件加工的数据输入与加工工艺优化,
- vi) 具体的危险与安全需求,和
- vii) 人员保护设备的使用。

注:在 MSO 3 或 MSO 服务模式,还需要其他技能(见 7.2.9)。

另外根据 GB/T 15706—2012 给出的一般信息,使用说明书还应给出下列信息:

- b) 对于每种安全操作模式,起动机床前安全防护装置应到位并功能正常。
- c) 安全就位安装的必要信息(如地面状况、维护保养、振动阻尼)。

这包括使用易燃金属加工切削液的机床,其配有卸压设备的安装位置信息,机床加工时产生的易燃易爆粉尘其配备用于收集粉尘的湿沉淀器安装位置信息。

- d) 维护要求,包括设备清单中哪些应检查或测试,包括测试频度与方法。
- e) 为了确保观察窗和透明挡板保护功能正常所需的目测的频度。
  - 1) 使透明挡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观察窗的状况,如先前受冲击产生的塑性变形(隆起,凹陷)、裂缝边缘密封、冷却液渗入(老化效应)、品质下降的迹象(如失去光泽/退色)以及其他防护层的损坏。聚碳酸酯透明挡板出现失去光泽或退色表明存在危险,应及时予以更换。
  - 2) 制造厂建议透明挡板更换应考虑各种透明挡板材料的性能,对于聚碳酸酯特殊性,见 A.3.6。
  - 3) 推荐清洁透明挡板而又不损坏它的方法,适时选用合适的清洁剂。
  - 4) 透明挡板更换应按制造厂使用说明书的操作步骤进行。
- 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、夹紧设备可更换部件的起吊位置。
- g) 校准激光器的使用说明(如采用,见 GB 7247.1)。
- h) 制动和传动系统润滑的选择、准备、使用与维护说明。
- i) 金属加工切削液的选择、准备、使用与维护说明,按金属加工切削液制造厂使用说明,以及防止切削液的警示。
- j) 防止金属加工切削液飞溅、喷射或喷出的方法说明,如积液槽保持清洁、避免流入机床周围。
- k) 使用易燃金属加工切削液如何减少火灾和爆炸的风险。包括其黏度和燃点以及通过选择低挥发性金属加工切削液(见附录 I)来减少悬浮微粒和蒸汽的形成方面的信息。
- l) 使用易燃金属加工切削液格外需注意的提示,包括内容:
  - 1) 门缝隙和机床开口热气如何排出,
  - 2) 火灾后热表面和部件可能易燃烧,
  - 3) 火灾后打开/重新起动机床回火的危险,和
  - 4) 避免外来杂物侵入,如:
    - i) 机床清洁和修理物品,
    - ii) 工件清洁物品和溶剂,和
    - iii) 外来的油品等。

在金属加工切削液整个使用期间考虑避免火灾和爆炸的危险维持其安全相关特性。

- m) 加工时可能出现易燃或易爆颗粒,附加警示措施的建议(也见 7.2.9 第二段)。
- n) 使受困人员解困说明。
- o) 人员防护装备使用说明(如手、耳和眼防护)。
- p) 抽排装置连接使用说明,其在加工过程中产生有害物质(如尘和油雾)。
- q) 在工件和机床入口(如梯子、工作平台、步道)附近设置风险警示和预防措施,指出存在滑倒、绊倒或跌落风险时格外的警示和防范措施。

### 7.2.2 刀具

关于刀具注意以下信息。

- a) 关于磨具和夹紧法兰盘的选择和操作、磨具如何安装和夹紧、环绕试验和速度试验、中间层和衬垫的使用、新磨具如何使用、修整和精修的信息应符合附录 D 的规定。可能的话,磨具选择的信息应包括指导如何进行低噪声磨具适用性检查。
- b) 关于磨具最大质量和在磨床配有自动装载装置时磨具占据的空间信息。
- c) 关于不同类型不同尺寸磨具的防护如何选择的信息。
- d) 安全防护装置和防护措施,如人体防护设备(该设备在人工清理排削槽时需用)。

### 7.2.3 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) 对于使用工件夹紧装置的机床: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弹簧夹头或卡盘,并同时提供工件夹紧装置制造厂给出的使用/维护说明。
- c) 对于替换/改变工件夹紧装置:使用的工件夹紧装置(如卡盘、花盘或弹簧夹头)的选择,配置和/或更换的信息应予以提供,如夹紧装置的部件/机床界面或卡盘与花盘的不平衡要求的相关数据应存入机床。
- d) 工件夹紧装置调整如下。
  - 1) 与机床适配的工件夹紧装置调整后很可能降低或改变主轴最高限速或这些设备效率的说明。
  - 2) 工件夹紧装置调整只应在磨床制造厂给定的限度内并符合工件夹紧装置制造厂的规定。
  - 3) 工件夹紧装置添加或减少某些部件(如卡爪),很可能降低这些部件最高限速。应清晰标明以 r/min 表示降低的最高限速。

### 7.2.4 NC 操作面板获取的机床功能

使用说明书应指出如何从 NC 面板正确选择和使用机床功能,如刀具修正、模式获取和模式改变。

### 7.2.5 重新启动

应说明重新启动的步骤。尤其更换磨具后,机床调整人员应输入磨具最高限速。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最高限速。

### 7.2.6 噪声

应提供下列机床空气传播噪声信息:

- a) 在工作室的 A-计权噪声声压级超过 70 dB(A);如低于 70 dB(A)应予以说明;
- b) 在工作室的 C-计权瞬时声压值峰值可以超过 63 Pa(130 dB 相当于 20  $\mu$ Pa);

c) 机械发出的 A-计权噪声声功率级,这时在工作室的 A-计权噪声声压级超过 80 dB(A)。

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。

检测报告应说明最大声压值及所在的测量点。

测量中机床的运行状况,采用的测量方法描述,以及不确定性取值,  $K$ ,按 GB/T 14574 规定取双数的形式:

—— $K=4$  dB,采用 GB/T 3768 或 GB/T 17248.3(3 级);

—— $K=2.5$  dB,采用 GB/T 3767 或 GB/T 17248.5(2 级)。

示例:对于声功率级  $L_{WA}=83$  dB(A)(测量值),按 GB/T 3768 测量不确定性  $K=4$  dB(A)。

注:另一个例子见 GB/T 17421.5—2015 中附录 E。

如获得测量值的精度需验证。应采用与前述同样的测量方法及同样的运行状况。

噪声测量结果应同时附有以下说明:

“图中标注仅是排放水平并不是必要的安全工作水平。虽然排放水平与感受水平之间有相关性,但不能可靠地用于确定是否需要进一步的预防措施。影响劳动力实际感受水平的因素包括工作室和其他噪声源的特性,即机床和其他相邻工序的数量以及操作员暴露在噪声中的时间长度。此外,允许的接触水平因不同国家而异。但是,这些信息将使机床的使用者能够更好地评估危险和风险。”

### 7.2.7 振动

工作时身体上半部分处于振动环境中(如手动操控磨床),使用说明书中应包含机械振动传播的下列有关内容:

——身体上半部分暴露在振动环境中,测定的总振动值大于  $2.5 \text{ m/s}^2$ ,应给出数据;

——身体上半部分暴露在振动环境中,如果测定的总振动值小于  $2.5 \text{ m/s}^2$ ,也应予以表述;

——应给出测量的不确定度。

使用说明书也应给出下列信息:

- a) 关于减少振动的技术措施;
- b) 合适的人体防护设备;
- c) 振动测量时的机械运行状况;
- d) 测量时传感器安放位置;
- e) 可采用的振动测量方法;
- f) 振动测量依据的标准(如 EN 12096)。

### 7.2.8 辅助装卸设备

如辅助装卸设备为机床的一个组成部分,辅助装卸设备制造厂/供货商应提供必要说明,确保机床制造厂/供货商正确安装使用。

### 7.2.9 机床使用应注意的剩余风险

应告诫随机床或提供的并符合附录 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。另外,操作者与观察窗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粉尘。

说明书提示部件更换,某些部件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工件甩出的风险,只有通过尽量均衡分布或低速加工来最小化风险。应提供适用于磨床的加工方法和安全操作模式的信息。

可能存在的剩余风险,如由设定模式和手动加工模式引发的机械危险应提示。

如机床提供符合 5.2.7.5 的 MSO 3:

——机床制造厂/供货商提供使用和安全措施的详细资料,和

——机床制造厂/供货商应规定操作者操作 MSO 3 要求的资质水平。

如机床提供符合 5.2.7.6 的 MSO 服务,机床制造厂应规定:

——MSO 服务的详细使用细则,

——操作者操作 MSO 服务要求的资质及资质水平,和

——所有刀具和工件夹紧装置(如果采用)去除。

提供给用户降低噪声相关主要因素,如:

- a) 刀具选择,
- b) 工件/刀具夹紧,与
- c) 维护。

#### 7.2.10 磨床安装说明

对地基有什么要求,应指出如何安装与固定机床。此外,大型机床的大型部件的安全吊运安装也应详细说明。

#### 7.2.11 机床清洗说明

说明清洗详细步骤。所有设施(如护栏、脚踏板和/或防滑表面)应说明清洗到机床所有边缘/部件的方法。

# 附录 A

(规范性)

## 磨具防护罩、工作区域防护装置以及两者的组合

### A.1 通则

下列要求适用于磨具防护罩、工作区域封闭装置以及两者的组合,并针对粘结磨具和超硬磨具。

### A.2 缩略语和符号

|              |                        |                      |
|--------------|------------------------|----------------------|
| $A_s$        | 固定元件的剪切横截面积            | (mm <sup>2</sup> )   |
| $A_T$        | 缩颈螺栓的缩减轴横截面积           | (mm <sup>2</sup> )   |
| $D$          | 剪切面直径                  | (mm)                 |
| $E$          | 转动磨具的总能量               | (J)                  |
| $E_{trans}$  | 碎片的直线运动能量              | (J)                  |
| $E'_{trans}$ | 用于计算磨具防护罩固定元件碎片的平动能量   | (J)                  |
| $E_{rot}$    | 碎片的转动能量                | (J)                  |
| $\Delta E$   | 冲击的能量损失                | (J)                  |
| $F$          | 冲击力                    | (N)                  |
| $F_m$        | 平均剪切力                  | (N)                  |
| $F_{max}$    | 最大剪切力                  | (N)                  |
| $k$          | 冲击系数                   | (-)                  |
| $l_s$        | 缩颈螺栓的缩减轴长度             | (mm)                 |
| $m$          | 磨具质量                   | (kg)                 |
| $m_{Br}$     | 碎片的质量                  | (kg)                 |
| $m_{SH}$     | 磨具防护罩的质量               | (kg)                 |
| $n$          | 夹紧元件数                  | (-)                  |
| $Q$          | 磨具孔径与外径之比              | (-)                  |
| $R_{eH}$     | 屈服点                    | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| $R_m$        | 抗拉强度                   | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| $R_{p0.2}$   | 0.2%的弹性极限应力            | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| $s$          | 位移                     | (mm)                 |
| $s_w$        | 剪切长度                   | (mm)                 |
| $v$          | 磨具的线速度                 | (m/s)                |
| $v_{max}$    | 在砂轮轴驱动故障情况下磨具最大可能的线速度  | (m/s)                |
| $v_s$        | 磨具最高工作速度               | (m/s)                |
| $W_D$        | 缩颈螺栓在碰撞冲击下能量吸收量        | (J)                  |
| $W_i$        | 第 <i>i</i> 个夹紧元件的能量吸收量 | (J)                  |
| $W_s$        | 剪切元件在剪切冲击下的能量吸收量       | (J)                  |
| $z$          | 磨具碎片数                  | (-)                  |
| $\alpha$     | 碎片的半角                  | (°)                  |

|                |   |                      |
|----------------|---|----------------------|
| $\hat{\alpha}$ | 碎片的半角(弧度测量)                                       | (-)                  |
| $\epsilon_B$   | 拉断伸长率   | (%)                  |
| $\epsilon_R$   | 断裂伸长率   | (%)                  |
| $\sigma_m$     | 屈服点 $R_{eH}$ 或 0.2% 的弹性极限应力 $R_{p0.2}$ 与抗拉强度的算术平均 | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| $\rho$         | 密度  | (g/cm <sup>3</sup> ) |
| $\tau_s$       | 剪切强度  | (N/mm <sup>2</sup> ) |

A.3 磨具防护罩和工作区域防护装置要求

A.3.1 磨具防护罩形状和开口角度

A.3.1.1 通用要求

磨具防护罩应在磨具破碎的情况下安全地防止碎片飞出。通常,磨具防护罩应将磨具全部包围住。各种型式的磨床磨具防护罩开口角度会不同,且只有加工过程所需的磨具部分可被接近。

A.3.1.2 周边磨削的磨具防护罩

满足表 1 中 1.3、1.5、1.10、1.13、1.14 周边磨削、切割、成形磨削的磨床其封闭磨具防护罩的开口最大角度为 150°(见图 A.1 和图 A.2)。

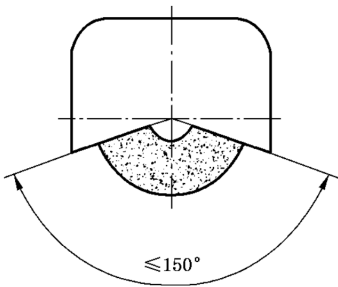


图 A.1

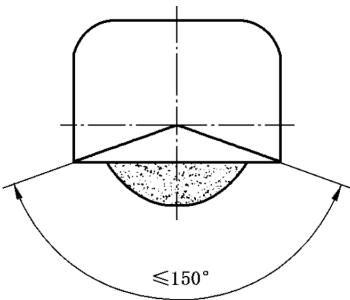
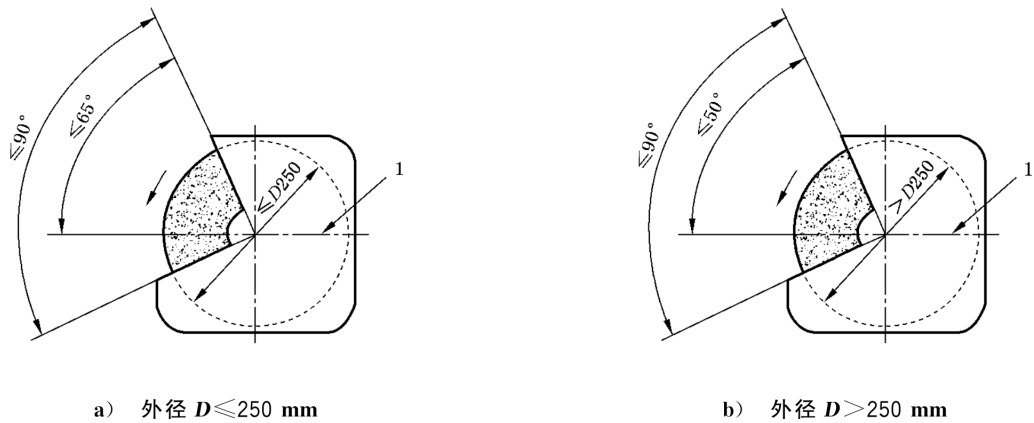


图 A.2

A.3.1.3 圆周磨削线速度  $v \leq 50$  m/s 的台式或落地砂轮机(见表 1 中 1.1)的磨具防护罩

磨具防护罩的开口角度应不超过 90°。对于外径  $D \leq 250$  mm 的磨具其 X 轴上的角度应不超过 65°,对于外径  $D > 250$  mm 的砂轮其 X 轴上的角度应不超过 50°(见图 A.3)。



标引序号说明:

1——X 轴。

图 A.3

对于外径  $D \geq 125$  mm 的磨具,其防护罩设计应考虑磨具的径向磨损,磨具与磨具防护罩之间的间隙宽度应能够调整至  $\leq 5$  mm。例如,见图 A.4~图 A.9。

单位为毫米

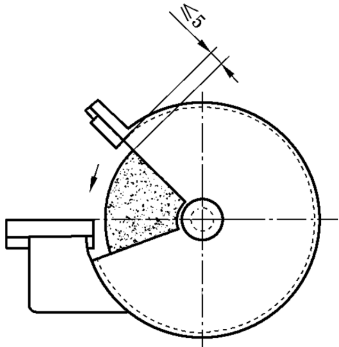


图 A.4

单位为毫米

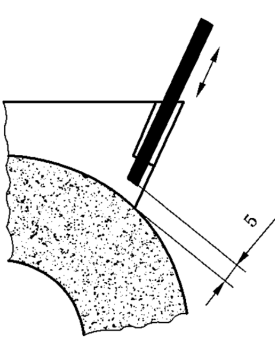


图 A.5

单位为毫米

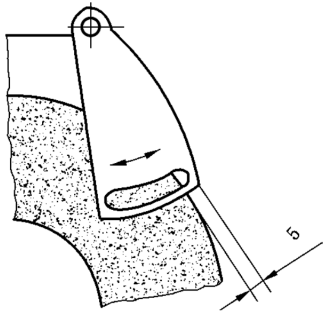


图 A.6

单位为毫米

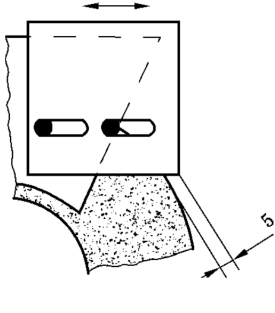


图 A.7

单位为毫米

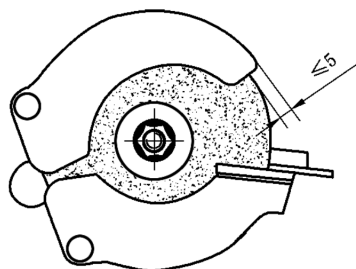


图 A.8

单位为毫米

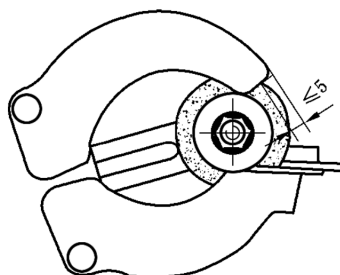


图 A.9

磨具与磨具防护罩之间的侧向距离应不超过 10 mm(见图 A.10)。

单位为毫米

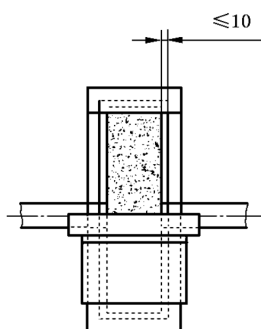
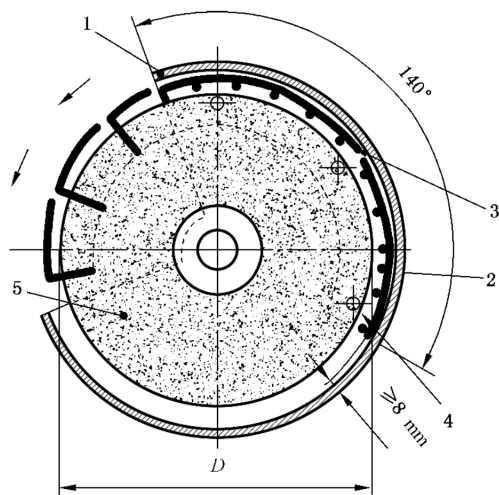


图 A.10

#### A.3.1.4 圆周磨削线速度 $v > 50$ m/s 的台式或落地砂轮机(见表 1 中 1.1)的磨具防护罩

台式或落地砂轮机其砂轮线速度  $v > 50$  m/s 应配有磨具防护罩和内部防护罩。当磨具破碎的情况下内部防护罩可封闭磨具防护罩的开口部分(见图 A.11 和图 A.12)。

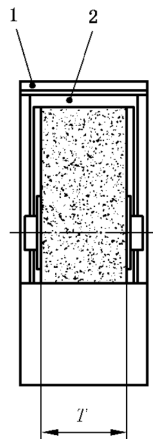


标引序号说明:

- 1——磨具防护罩;
- 2——内部防护装置;
- 3——托架销;

- 4——紧固螺钉;
- 5——磨具。

图 A.11



标引序号说明：

1——磨具防护罩；

2——内部防护装置；

$T$ ——砂轮的宽度,单位为毫米。

图 A.12

内部防护装置的要求和设计：

U 形状很适合圆形防护装置的内部轮廓。中心角应为  $140^\circ$ 。作为磨具外径的函数,砂轮的宽度 ( $T$ ) 应遵循：

$$D \geq 500 \text{ mm} \quad T \geq 60 \text{ mm}$$

$$D \geq 600 \text{ mm} \quad T \geq 50 \text{ mm}$$

$$D \geq 762 \text{ mm} \quad T \geq 40 \text{ mm}$$

注：实验表明,只有符合上述直径/宽度比才能保证系统的安全运行。

在 U 形状转动部件内部,应提供托架销。

内部防护罩应采用固定元件紧固防护罩的侧面。固定元件应具有较低的断裂伸长率,例如 M5 10.9。

内部防护罩的壁厚至少应为 3 mm,但最大 5 mm,材料为符合表 A.7 的序号 1 至序号 3。

内部防护罩的位置应使防护罩的内侧与内部防护罩的外侧之间的距离  $\geq 8 \text{ mm}$  (见图 A.11)。

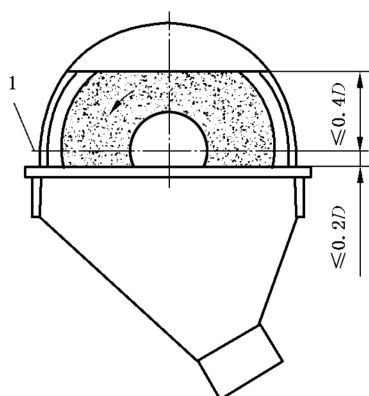
#### A.3.1.5 端面磨削的台式或落地砂轮机(见表 1 中 1.2)的磨具防护罩

端面磨削磨具无论带不带凹槽磨具防护罩都应设计成：

——开口在 X 轴上不超过  $0.4D$ , 和

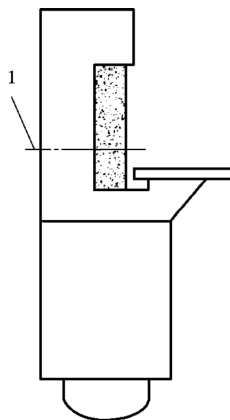
——开口在 X 轴下不超过  $0.2D$ 。

见图 A.13 和图 A.14。



标引序号说明：  
1——X 轴。

图 A.13



标引序号说明：  
1——X 轴。

图 A.14

对于外径  $D \leq 200$  mm 的磨具其磨具防护罩,如其圆周部分从磨具边缘向外伸出至少 5 mm 则 X 轴上的前封闭并非必需(见图 A.15 和图 A.16)。

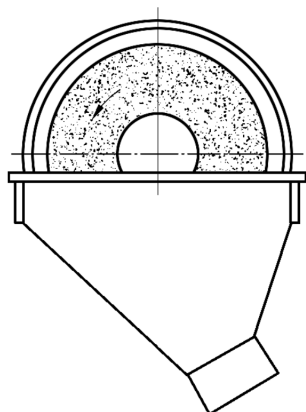


图 A.15

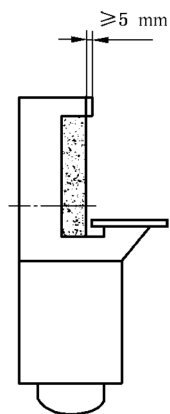


图 A.16

A.3.1.6 内圆磨床(见表 1 中 1.9)的磨具防护罩

在工件装卸过程中,用以防止与磨具接触的自动保护装置的例子见图 A.17~图 A.20。

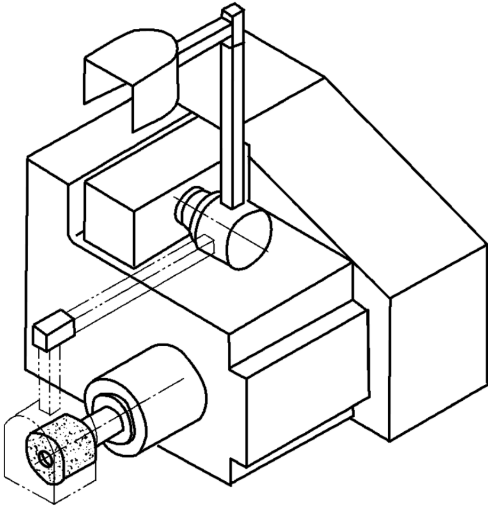


图 A.17

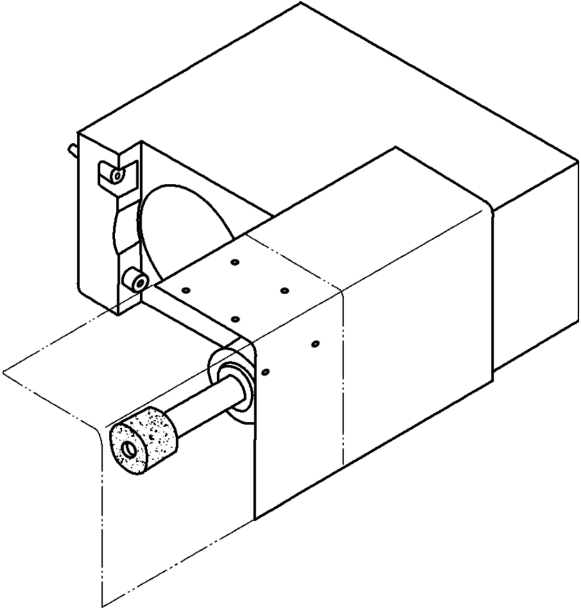


图 A.18

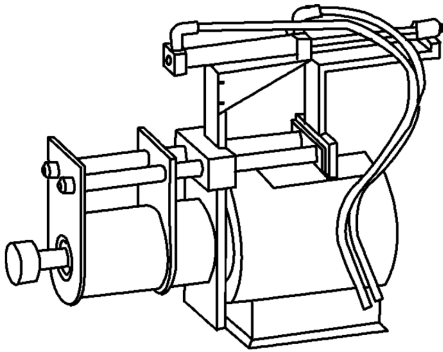


图 A.19

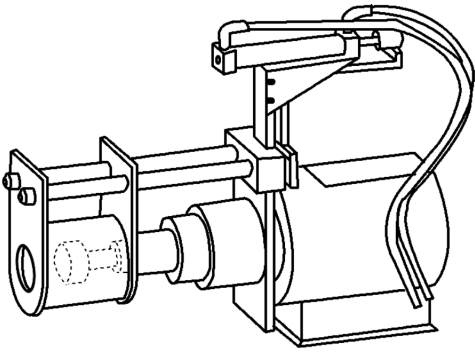
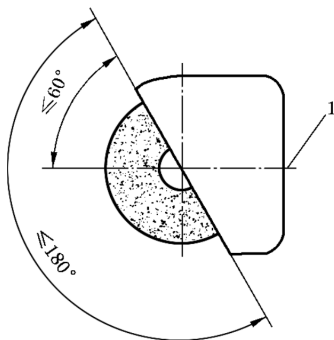


图 A.20

在加工过程中,应由符合 5.13.2.2 的工作区域防护装置来阻挡磨具碎片的飞出。

A.3.1.7 外圆磨床(见表 1 中 1.7 和 1.8)的磨具防护罩

磨具防护罩开口的整个张角应不超过  $180^\circ$ , X 轴上方的开口角度应不超过  $60^\circ$ (见图 A.21)。



标引序号说明：  
1——X 轴。

图 A.21

对于外径  $D \geq 250$  mm 的磨具其磨具防护罩设计应考虑磨具径向磨损,磨具圆周表面与磨具防护罩之间的间隙宽度应能够调整至  $\leq 5$  mm。(见图 A.5 至图 A.7)。

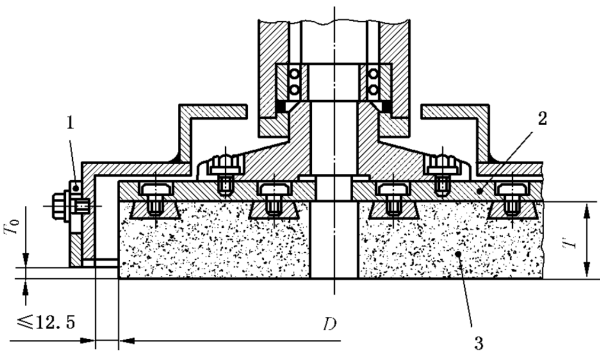
A.3.1.8 端面平面磨床(见表 1 中 1.11)的磨具防护罩

移动可调磨具防护罩(带有可调整保护圈)同步与磨具支承体沿轴向运动,磨具圆周表面与磨具防护罩内表面之间最大间隙应为 12.5 mm 且磨具(宽度  $T$ 、直径  $D$ )外露部分(未防护)的宽度  $T_0$ 。即从移动可调磨具防护罩(可调保护圈)突出的部分应为:

对于  $T \leq 50$  mm  $T_0 \leq 0.3T$

对于  $T > 50$  mm  $T_0 \geq 0.2T$

见图 A.22。



标引序号说明：  
1——可调整保护圈；  
2——可更换钢垫；  
3——磨具。

图 A.22

A.3.1.9 双主轴端面磨床(见表 1 中 1.12)的磨具防护罩

双主轴磨床的磨具防护罩应将除工件装卸的开口部分以外的整个工作区域予以封闭(见图 A.23 和图 A.24)。

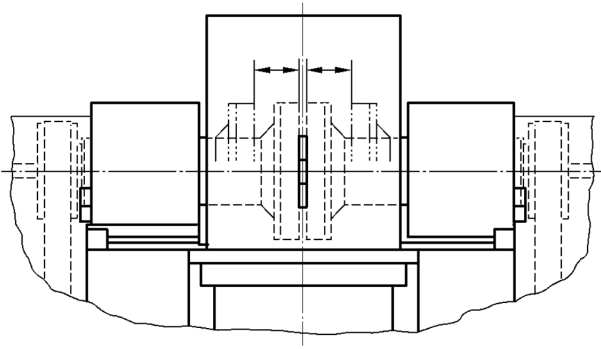


图 A.23

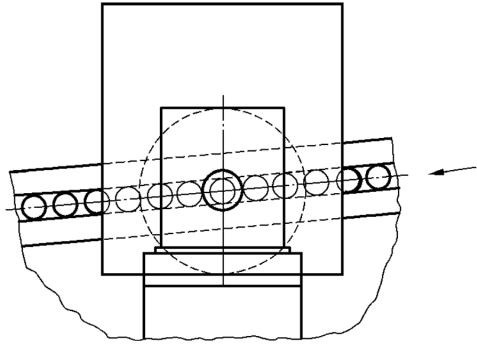


图 A.24

A.3.1.10 工具磨床(见表 1 中 1.6)的磨具防护罩

采用的磨具防护罩取决于磨具的形状、位置以及工作方式。

磨具防护罩的开口角度应不超过  $180^\circ$ 。磨具防护罩应覆盖磨具的整个宽度( $T$ ) (见图 A.25 和图 A.26)。

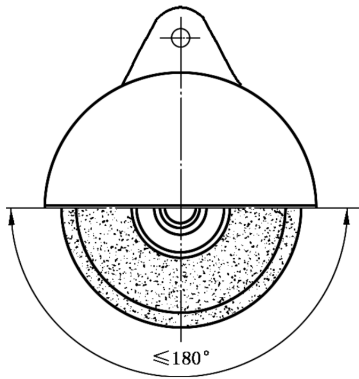


图 A.25

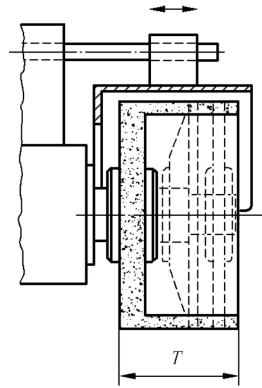


图 A.26

A.3.1.11 悬架式磨床和悬架式切割机(见表 1 中 1.4)的磨具防护罩

磨具防护罩的开口角度应不超过  $160^\circ$  (见图 A.27)。

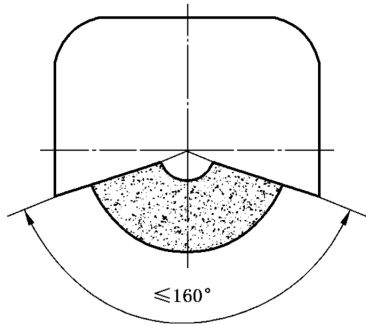


图 A.27

### A.3.2 壁厚与材料

#### A.3.2.1 通用要求

磨具防护罩的材料(见表 A.7)选定后,其壁厚应按表 A.1~表 A.6 给出的尺寸选用。根据磨具尺寸及线速度在表 A.1~表 A.6 中给出的壁厚参数应认为是最小值。

磨具防护罩的材料若采用抗拉强度不低于  $415 \text{ N/mm}^2$  的压延钢板,其圆周板壁厚  $t_p$  及侧面板壁厚  $t_s$  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  $375 \text{ N/mm}^2 \sim 460 \text{ N/mm}^2$ ),其壁厚不应低于表 A.8 所列数值;当选用抗拉强度不低于  $150 \text{ N/mm}^2$  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。

如果磨床使用了不同类型的磨具或磨具以不同的线速度运行,磨具防护罩的厚度应始终以预计的碎片最高能量为依据(计算方法,见 A.4.2)。

对于成套安装的磨具,防护罩的壁厚应考虑磨具产生碎片的最高能量(计算方法,见 A.4.2)。对于粘结磨具防护罩的尺寸计算应基于这个能量值的 150%,对于超硬磨具防护罩的尺寸应基于这个能量值的 100%。

A.4 叙述了确定壁厚尺寸的原则。磨具尺寸及线速度未在表中列出,其防护罩壁厚可按照此原则确定。壁厚应至少为 1.5 mm。

与列于表 A.1~表 A.6 中的基础数值相比较,如果可以预计到对应的磨具尺寸和/或线速度会产生更高的碎片能量,设计人员应单独规定尺寸。在此情况,设计上应考虑采用在磨具防护罩内附加另外的能量吸收元件或更厚的防护罩。

#### A.3.2.2 砂轮防护罩壁厚

砂轮防护罩材料及壁厚见表 A.1~表 A.9。

表 A.1 粘结磨具的钢质磨具防护罩壁厚(切割砂轮除外)

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup>  | 线速度 <sup>d</sup><br>$v_{\max}$<br>m/s | 磨具<br>宽度<br>$T$ | 磨具外径 $D$            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|                  |                                       |                 | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       |                 | 125                 |       | 200   |       | 315   |       | 406   |       | 508   |       | 610   |       | 762   |       | 914   |       | 1 067 |       | 1 250 |       |  |  |  |  |
|                  |                                       |                 | $t_p$               | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |  |  |  |  |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 32                                    | 25              | 1.5                 | 1.5   | 2.5   | 2     | 3     | 2.5   | 4     | 3     | 4.5   | 3.5   | 5     | 4     | 6     | 4.5   | 7     | 5     | 8     | 6     | 8.5   | 6.5   |  |  |  |  |
|                  |                                       | 50              | 2                   | 1.5   | 3     | 2     | 4     | 3     | 5     | 3.5   | 6     | 4.5   | 6.5   | 5     | 8     | 6     | 9     | 6.5   | 10    | 7.5   | 11    | 8.5   |  |  |  |  |
|                  |                                       | 100             | 2.5                 | 2     | 4     | 3     | 5     | 4     | 6.5   | 5     | 7.5   | 5.5   | 8.5   | 6.5   | 10    | 7.5   | 11.5  | 8.5   | 13    | 10    | 14.5  | 11    |  |  |  |  |
|                  |                                       | 160             | 3                   | 2.5   | 4.5   | 3.5   | 6     | 4.5   | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     | 13.5  | 10.5  | 15    | 11.5  | 17    | 13    |  |  |  |  |
|                  |                                       | 200             | 3.5                 | 2.5   | 5     | 3.5   | 7     | 5     | 8     | 6     | 9.5   | 7     | 11    | 8     | 13    | 10    | 15    | 11    | 16.5  | 12.5  | 18.5  | 14    |  |  |  |  |
|                  |                                       | 250             | 4                   | 3     | 5.5   | 4     | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10.5  | 8     | 12    | 9     | 14    | 10.5  | 16    | 12    | 18    | 13.5  |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       | 315             |                     |       |       |       | 8     | 6     | 10    | 7     | 11.5  | 8.5   | 13    | 10    | 15.5  | 11.5  | 17.5  | 13    |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       | 400             |                     |       |       |       |       |       | 10.5  | 8     | 12.5  | 9.5   | 14    | 10.5  | 17    | 12.5  | 19    | 14.5  |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       | 500             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 13.5  | 10    | 15.5  | 11.5  | 18    | 13.5  |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       | 600             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 15.5  | 12    | 16.5  | 12.5  | 19.5  | 14.5  |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 40                                    | 25              | 2.0                 | 1.5   | 2.5   | 2.0   | 3.5   | 3     | 4.5   | 3.5   | 5.5   | 4     | 6     | 4.5   | 7     | 5.5   | 8     | 6     | 9     | 7     | 10.5  | 7.5   |  |  |  |  |
|                  |                                       | 50              | 2.5                 | 2     | 3.5   | 2.5   | 5     | 3.5   | 6     | 4.5   | 7     | 5     | 8     | 6     | 9     | 7     | 10.5  | 8     | 12    | 9     | 13    | 10    |  |  |  |  |
|                  |                                       | 100             | 3                   | 2.5   | 4.5   | 3.5   | 6     | 4.5   | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     | 13.5  | 10    | 15    | 11.5  | 17    | 13    |  |  |  |  |
|                  |                                       | 160             | 3.5                 | 3     | 5     | 4     | 7     | 5.5   | 9     | 6.5   | 10.5  | 8     | 12    | 9     | 14    | 10.5  | 16    | 12    | 18    | 13.5  | 20.5  | 15    |  |  |  |  |
|                  |                                       | 200             | 4                   | 3     | 5.5   | 4.5   | 8     | 6     | 9.5   | 7     | 11.5  | 8.5   | 13    | 10    | 15.5  | 11.5  | 17.5  | 13    | 19.5  | 14.5  | 22    | 16.5  |  |  |  |  |
|                  |                                       | 250             | 4.5                 | 3.5   | 6     | 5     | 8.5   | 6.5   | 10.5  | 8     | 12.5  | 9     | 14    | 10.5  | 16.5  | 12.5  | 19    | 14.5  | 21.5  | 16    |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       | 315             |                     |       |       |       | 9.5   | 7     | 11.5  | 8.5   | 13.5  | 10    | 15.5  | 11.5  | 18    | 13.5  | 20.5  | 15.5  |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       | 400             |                     |       |       |       |       |       | 12.5  | 9.5   | 14.5  | 11    | 17    | 12.5  | 20    | 15    | 22.5  | 17    |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       | 500             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 16    | 12    | 18    | 13.5  | 21.5  | 16    |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                  |                                       | 600             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 17    | 12.5  | 19.5  | 14.5  | 23    | 17    |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |

表 A.1 粘结磨具的钢质磨具防护罩壁厚(切割砂轮除外)(续)

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup>  | 线速度 <sup>d</sup><br>$v_{\text{max}}$<br>m/s | 磨具<br>宽度<br>$T$ | 磨具外径 $D$            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|---|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  |   |                 | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                  |   |                 | 125                 |       | 200   |       | 315   |       | 406   |       | 508   |       | 610   |       | 762   |       | 914   |       | 1 067 |       | 1 250 |       |
|                  |   |                 | $t_p$               | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 50  | 25              | 2.5                 | 1.5   | 3     | 2.5   | 4.5   | 3.0   | 5     | 3.5   | 6     | 4.5   | 7     | 5.5   | 8.5   | 6.5   | 9.5   | 7     | 11    | 8     | 12    | 9     |
|                  |   | 50              | 3                   | 2     | 4     | 3     | 5.5   | 4.5   | 7     | 5     | 8     | 6     | 9     | 7     | 11    | 8     | 12.5  | 9.5   | 14    | 10.5  | 15.5  | 11.5  |
|                  |   | 100             | 3.5                 | 2.5   | 5     | 4     | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10.5  | 8     | 12    | 9     | 14    | 10.5  | 16    | 12    | 18    | 13.5  | 20    | 15    |
|                  |   | 160             | 4.5                 | 3     | 6     | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 10.5  | 8     | 12.5  | 9     | 14    | 10.5  | 16.5  | 12.5  | 19    | 14    | 21.5  | 16    | 24    | 18    |
|                  |   | 200             | 5                   | 3.5   | 6.5   | 5     | 9.5   | 7     | 11.5  | 8.5   | 13.5  | 10    | 15.5  | 11.5  | 18    | 13.5  | 20.5  | 15.5  | 23    | 17.5  | 26    | 19.5  |
|                  |   | 250             | 5                   | 4     | 7     | 5.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     | 14.5  | 11    | 16.5  | 12.5  | 19.5  | 14.5  | 22.5  | 17    | 25    | 19    |       |       |
|                  |   | 315             |                     |       |       |       | 11    | 8.5   | 13.5  | 10    | 15.5  | 12    | 18    | 13.5  | 21.5  | 16    | 24.5  | 18.5  |       |       |       |       |
|                  |   | 400             |                     |       |       |       |       |       | 14.5  | 11    | 17    | 13    | 20    | 15    | 23.5  | 17.5  | 26.5  | 20    |       |       |       |       |
|                  |   | 500             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 18.5  | 14    | 21.5  | 16    | 25.5  | 19    |       |       |       |       |       |       |
|                  |   | 600             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 20    | 15    | 23    | 17    | 27    | 20    |       |       |       |       |       |       |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 63  | 25              | 2.5                 | 2     | 3.5   | 3     | 5     | 4     | 6     | 4.5   | 7.5   | 5.5   | 8.5   | 6.5   | 10    | 7.5   | 11.5  | 8.5   | 12.5  | 9.5   | 14.5  | 11    |
|                  |   | 50              | 3.5                 | 2.5   | 5     | 3.5   | 6.5   | 5     | 8     | 6     | 9.5   | 7     | 11    | 8     | 13    | 9.5   | 14.5  | 11    | 16.5  | 12.5  | 18.5  | 14    |
|                  |   | 100             | 4.5                 | 3.5   | 6     | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 10.5  | 8     | 12    | 9     | 14    | 10.5  | 16.5  | 12.5  | 19    | 14    | 21    | 16    | 24    | 18    |
|                  |   | 160             | 5                   | 4     | 7     | 5.5   | 10    | 7.5   | 12.5  | 9     | 14.5  | 11    | 16.5  | 12.5  | 19.5  | 15    | 22.5  | 17    | 25    | 19    | 28.5  | 21.5  |
|                  |   | 200             | 5.5                 | 4.5   | 8     | 6     | 11    | 8.5   | 13.5  | 10    | 16    | 12    | 18    | 13.5  | 21.5  | 16    | 24.5  | 18.5  | 27.5  | 20.5  |       |       |
|                  |   | 250             | 6                   | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 12    | 9     | 14.5  | 11    | 17    | 13    | 20    | 15    | 23    | 17.5  | 26.5  | 20    |       |       |       |       |
|                  |   | 315             |                     |       |       |       | 13    | 10    | 16    | 12    | 18.5  | 14    | 21.5  | 16    | 25.5  | 19    |       |       |       |       |       |       |
|                  |   | 400             |                     |       |       |       |       |       | 17.5  | 13    | 20.5  | 15    | 23.5  | 17.5  | 27.5  | 20.5  |       |       |       |       |       |       |
|                  |   | 500             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 22    | 16.5  | 25.5  | 19    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                  |   | 600             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 23.5  | 17.5  | 27    | 20    |       |       |       |       |       |       |       |       |

表 A.1 粘结磨具的钢质磨具防护罩壁厚 (切割砂轮除外) (续)

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup>  | 线速度 <sup>d</sup><br>$v_{\max}$<br>m/s | 磨具<br>宽度<br>$T$            | 磨具外径 $D$                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|------------------|---------------------------------------|----------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
|                  |                                       |                            | 最小壁厚 <sup>b,c</sup>                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       |                            | 125   | 200   | 315   | 406   | 508   | 610   | 762   | 914   | 1 067 | 1 250 |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       |                            | $t_p$                                       | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |      |      |      |      |      |      |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 80                                    | 25                         | 3   | 2.5   | 4.5   | 3.5   | 6     | 4.5   | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     | 13.5 | 10   | 15   | 11.5 | 17   | 13   |
|                  |                                       | 50                         | 4   | 3     | 5.5   | 4     | 8     | 6     | 9.5   | 7     | 11.5  | 8.5   | 13    | 10    | 15.5  | 11.5  | 17.5 | 13   | 19.5 | 14.5 | 22   | 16.5 |
|                  |                                       | 100                        | 5   | 4     | 7.5   | 5.5   | 10.5  | 7.5   | 12.5  | 9     | 14.5  | 11    | 17    | 12.5  | 20    | 15    | 22.5 | 17   | 25.5 | 19   | 28.5 | 21.5 |
|                  |                                       | 160                        | 6   | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 12    | 9     | 14.5  | 11    | 17.5  | 13    | 20    | 15.5  | 23.5  | 17.5  | 27   | 20   |      |      |      |      |
|                  |                                       | 200                        | 6.5   | 5     | 9.5   | 7     | 13    | 10    | 16    | 12    | 19    | 14    | 21.5  | 16.5  | 25.5  | 18    |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       | 250                        | 7.5   | 5.5   | 10.5  | 7.5   | 14.5  | 11    | 17.5  | 13    | 20.5  | 15    | 23.5  | 17.5  | 28    | 21    |      |      |      |      |      |      |
| 315              |                                       |                            |   |       |       | 15.5  | 11.5  | 19    | 14    | 22    | 16.5  | 25.5  | 19    |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  | 400                                   |                            |   |       |       |       |       | 20.5  | 15.5  | 24.5  | 18    | 28    | 21    |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 100                                   | 25                         | 3.5   | 3     | 5     | 4     | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10.5  | 7.5   | 12    | 9     | 14    | 10.5  | 16   | 12   | 18   | 13.5 | 20   | 15   |
|                  |                                       | 50                         | 4.5   | 3.5   | 6.5   | 5     | 9.5   | 7     | 11.5  | 8.5   | 13.5  | 10    | 15.5  | 11.5  | 18    | 13.5  | 20.5 | 15.5 | 23   | 17.5 | 26   | 19.5 |
|                  |                                       | 100                        | 6   | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 12    | 9     | 14.5  | 11    | 17    | 13    | 20    | 15    | 23.5  | 17.5  | 26.5 | 20   |      |      |      |      |
|                  |                                       | 160                        | 7.5   | 5.5   | 10.5  | 7.5   | 14.5  | 11    | 17.5  | 13    | 20.5  | 15    | 23.5  | 17.5  | 27.5  | 21    |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       | 200                        | 8   | 6     | 11    | 8.5   | 15.5  | 11.5  | 19    | 14    | 22    | 16.5  | 25.5  | 19    |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       | 25                         | 4.5   | 3     | 6     | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 10.5  | 7.5   | 12    | 9     | 14    | 10.5  | 16.5  | 12.5  | 19   | 14   |      |      |      |      |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 125                                   | 50                         | 5.5   | 4     | 8     | 6     | 11    | 8     | 13.5  | 10    | 15.5  | 12    | 18    | 13.5  | 21.5  | 16    | 24.5 | 18.5 |      |      |      |      |
|                  |                                       | 100                        | 7   | 5.5   | 10    | 7.5   | 14    | 10.5  | 17    | 13    | 20    | 15    | 23.5  | 17.5  | 27.5  | 21    |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       | 160                        | 8.5   | 6.5   | 12    | 9     | 17    | 12.5  | 20.5  | 15    | 24    | 18    | 27.5  | 21    |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       | 材料序号见表 A.7。 <sup>a</sup>   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       | $t_p$ 圆周部分壁厚。 <sup>b</sup> |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       | $t_s$ 侧面部分壁厚。 <sup>c</sup> |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       |                            | 壁厚规定值(见 A.4.3)。 <sup>d</sup>                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|                  |                                       |                            | 考虑砂轮主轴驱动故障情况下磨具最大可能的线速度(监控速度)。 <sup>d</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |

表 A.2 粘结磨具的铸钢磨具防护罩壁厚(切割砂轮除外)

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup> | 线速度 <sup>d</sup><br>$v_{\max}$<br>m/s | 磨具<br>宽度<br>$T$ | 磨具外径 $D$            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|                 |                                       |                 | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       |                 | 125                 |       | 200   |       | 315   |       | 406   |       | 508   |       | 610   |       | 762   |       | 914   |       | 1 067 |       | 1 250 |       |  |  |  |  |
|                 |                                       |                 | $t_p$               | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |  |  |  |  |
| 4               | 32                                    | 25              | 2.5                 | 2     | 3     | 2.5   | 4.5   | 3.5   | 5.5   | 4     | 6.5   | 5     | 7.5   | 5.5   | 8.5   | 6.5   | 10    | 7.5   | 11    | 8.5   | 12.5  | 9.5   |  |  |  |  |
|                 |                                       | 50              | 3                   | 2.5   | 4     | 3     | 6     | 4.5   | 7     | 5     | 8     | 6     | 9.5   | 7     | 11    | 8.5   | 12.5  | 9.5   | 14    | 10.5  | 16    | 12    |  |  |  |  |
|                 |                                       | 100             | 4                   | 3     | 5.5   | 4     | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10.5  | 8     | 12    | 9     | 14.5  | 11    | 16.5  | 12    | 18.5  | 14    | 20.5  | 15.5  |  |  |  |  |
|                 |                                       | 160             | 4.5                 | 3.5   | 6.5   | 4.5   | 9     | 6.5   | 10.5  | 8     | 12.5  | 9.5   | 14.5  | 11    | 17    | 13    | 19.5  | 14.5  | 22    | 16.5  | 24.5  | 18.5  |  |  |  |  |
|                 |                                       | 200             | 5                   | 3.5   | 7     | 5     | 9.5   | 7     | 11.5  | 8.5   | 13.5  | 10    | 15.5  | 12    | 18.5  | 14    | 21    | 16    | 23.5  | 18    | 26.5  | 20    |  |  |  |  |
|                 |                                       | 250             | 5.5                 | 4     | 7.5   | 6     | 10.5  | 8     | 12.5  | 9.5   | 15    | 11    | 17    | 13    | 20    | 15    | 23    | 17    | 25.5  | 19.5  |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       | 315             |                     |       |       |       | 11.5  | 8.5   | 13.5  | 10.5  | 16    | 12    | 18.5  | 14    | 22    | 16.5  | 25    | 19    |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       | 400             |                     |       |       |       |       |       | 15    | 11    | 17.5  | 13    | 20    | 15    | 24    | 18    | 27    | 20.5  |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       | 500             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 19    | 14    | 22    | 16.5  | 26    | 19.5  |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       | 600             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 20.5  | 15.5  | 23.5  | 17.5  | 27.5  | 21    |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 4               | 40                                    | 25              | 3                   | 2     | 4     | 3     | 5.5   | 4     | 6.5   | 5     | 7.5   | 5.5   | 8.5   | 6.5   | 10    | 7.5   | 11.5  | 8.5   | 13    | 10    | 14.5  | 11    |  |  |  |  |
|                 |                                       | 50              | 3.5                 | 2.5   | 5     | 3.5   | 7     | 5     | 8     | 6     | 9.5   | 7     | 11    | 8.5   | 13    | 10    | 15    | 11    | 16.5  | 12.5  | 19    | 14    |  |  |  |  |
|                 |                                       | 100             | 4.5                 | 3.5   | 6.5   | 4.5   | 9     | 6.5   | 10.5  | 8     | 12.5  | 9.5   | 14.5  | 11    | 17    | 12.5  | 19    | 14.5  | 21.5  | 16    | 24.5  | 18    |  |  |  |  |
|                 |                                       | 160             | 5                   | 4     | 7.5   | 5.5   | 10.5  | 8     | 12.5  | 9.5   | 15    | 11    | 17    | 13    | 20    | 15    | 23    | 17    | 25.5  | 19.5  | 29    | 21.5  |  |  |  |  |
|                 |                                       | 200             | 5.5                 | 4.5   | 8     | 6     | 11    | 8.5   | 13.5  | 10    | 16    | 12    | 18.5  | 14    | 22    | 16.5  | 25    | 18.5  | 28    | 21    | 31.5  | 23.5  |  |  |  |  |
|                 |                                       | 250             | 6                   | 4.5   | 9     | 6.5   | 12    | 9     | 14.5  | 11    | 17.5  | 13    | 20    | 15    | 23.5  | 17.5  | 27    | 20    | 30.5  | 22.5  |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       | 315             |                     |       |       |       | 13    | 10    | 16    | 12    | 19    | 14    | 22    | 16.5  | 25.5  | 19.5  | 29.5  | 22    |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       | 400             |                     |       |       |       |       |       | 17.5  | 13    | 20.5  | 15.5  | 24    | 18    | 28    | 21    | 32    | 24    |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       | 500             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 22.5  | 17    | 26    | 19.5  | 30.5  | 23    |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|                 |                                       | 600             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 24    | 18    | 27.5  | 21    | 32.5  | 24.5  |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |

表 A.2 粘结磨具的铸钢磨具防护罩壁厚(切割砂轮除外)(续)

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup>                             | 线速度 <sup>d</sup><br>$v_{\max}$<br>m/s | 磨具<br>宽度<br>$T$ | 磨具外径 $D$            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|---|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|   |                                       |                 | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|   |                                       |                 | 125                 |       | 200   |       | 315   |       | 406   |       | 508   |       | 610   |       | 762   |       | 914   |       | 1 067 |       | 1 250 |      |
| $t_p$                                       | $t_s$                                 | $t_p$           | $t_s$               | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |      |
| 4   | 50                                    | 25              | 3                   | 2.5   | 4.5   | 3.5   | 6     | 4.5   | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     | 13.5  | 10.5  | 15.5  | 11.5  | 17    | 13   |
|   |                                       | 50              | 4                   | 3     | 6     | 4     | 8     | 6     | 9.5   | 7.5   | 11.5  | 8.5   | 13    | 10    | 15.5  | 11.5  | 17.5  | 13    | 20    | 15    | 22    | 16.5 |
|   |                                       | 100             | 5                   | 4     | 7.5   | 5.5   | 10.5  | 8     | 12.5  | 9.5   | 14.5  | 11    | 17    | 12.5  | 20    | 15    | 22.5  | 17    | 25.5  | 19    | 28.5  | 21.5 |
|   |                                       | 160             | 6                   | 4.5   | 9     | 6.5   | 12.5  | 9     | 15    | 11    | 17.5  | 13    | 20    | 15    | 23.5  | 18    | 27    | 20    | 30    | 22.5  | 34    | 25.5 |
|   |                                       | 200             | 6.5                 | 5     | 9.5   | 7     | 13.5  | 10    | 16    | 12    | 19    | 14    | 22    | 16.5  | 25.5  | 19    | 29    | 22    | 33    | 24.5  | 37    | 27.5 |
|   |                                       | 250             | 7.5                 | 5.5   | 10.5  | 8     | 14.5  | 11    | 17.5  | 13    | 20.5  | 15.5  | 23.5  | 18    | 28    | 21    | 32    | 24    | 36    | 27    |       |      |
|   |                                       | 315             |                     |       |       |       | 15.5  | 12    | 19    | 14    | 22.5  | 17    | 25.5  | 19    | 30    | 22.5  | 34.5  | 26    |       |       |       |      |
|   |                                       | 400             |                     |       |       |       |       |       | 20.5  | 15.5  | 24.5  | 18.5  | 28    | 21    | 33    | 25    | 38    | 25.5  |       |       |       |      |
|   |                                       | 500             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 26.5  | 20    | 30.5  | 23    | 36    | 27    |       |       |       |       |       |      |
|   |                                       | 600             |                     |       |       |       |       |       |       |       |       | 28    | 21    | 32.5  | 24.5  | 38.5  | 29    |       |       |       |       |      |
| 4   | 63                                    | 25              | 4                   | 3     | 5     | 4     | 7.5   | 5.5   | 9     | 6.5   | 10.5  | 8     | 12    | 9     | 14    | 10.5  | 16    | 12    | 18    | 13.5  | 20.5  | 15.5 |
|   |                                       | 50              | 5                   | 4     | 7     | 5     | 9.5   | 7     | 11.5  | 8.5   | 13.5  | 10    | 15.5  | 11.5  | 18    | 13.5  | 21    | 15.5  | 23.5  | 17.5  | 26.5  | 20   |
|   |                                       | 100             | 6                   | 4.5   | 9     | 6.5   | 12    | 9     | 14.5  | 11    | 17.5  | 13    | 20    | 15    | 23.5  | 17.5  | 27    | 20    | 30    | 22.5  | 34    | 25.5 |
|   |                                       | 160             | 7.5                 | 5.5   | 10.5  | 8     | 14.5  | 11    | 17.5  | 13    | 20.5  | 15.5  | 24    | 18    | 28    | 21    | 32    | 24    | 36    | 27    |       |      |
|   |                                       | 200             | 8                   | 6     | 11.5  | 8.5   | 16    | 12    | 19    | 14.5  | 22.5  | 17    | 26    | 19.5  | 30.5  | 23    | 35    | 26    | 39    | 29    |       |      |
|   |                                       | 250             |                     |       | 12.5  | 9     | 17    | 13    | 20.5  | 15.5  | 24.5  | 18.5  | 28    | 21    | 33    | 25    | 38    | 28.5  |       |       |       |      |
|   |                                       | 315             |                     |       |       |       | 18.5  | 14    | 22.5  | 17    | 26.5  | 20    | 30.5  | 23    | 36    | 27    |       |       |       |       |       |      |
|   |                                       | 400             |                     |       |       |       |       |       | 24.5  | 18.5  | 29    | 21.5  | 33.5  | 25    | 39.5  | 29.5  |       |       |       |       |       |      |
|   |                                       | 500             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 31.5  | 23.5  | 36    | 27    |       |       |       |       |       |       |       |      |
|   |                                       | 600             |                     |       |       |       |       |       |       |       | 33.5  | 25    | 39    | 29    |       |       |       |       |       |       |       |      |
| <sup>a</sup> 材料序号见表 A.7。                    |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| <sup>b</sup> $t_p$ 圆周部分壁厚。                  |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| <sup>c</sup> $t_s$ 侧面部分壁厚。                  |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| <sup>d</sup> 壁厚规定值(见 A.4.3)。                |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| <sup>e</sup> 考虑砂轮主轴驱动故障情况下磨具最大可能的线速度(监控速度)。 |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |

表 A.3 粘结磨具的球墨铸铁磨具防护罩壁厚(切割砂轮除外)

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup>                             | 线速度 <sup>d</sup><br><br>$v_{\max}$<br><br>m/s | 磨具<br>宽度<br><br>$T$ | 磨具外径 $D$            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|---|---------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |   |                     | 125                 |       | 200   |       | 315   |       | 406   |       | 508   |       | 610   |       |
|   |   |                     | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|   |   |                     | $t_p$               | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |
| 5   | 32  | 25                  | 3,5                 | 3     | 5     | 4     | 7     | 5,5   | 8,5   | 6,5   | 10    | 7,5   | 12    | 9     |
|   |   | 50                  | 4,5                 | 3,5   | 6,5   | 5     | 9     | 7     | 11    | 8,5   | 13    | 10    | 15    | 11,5  |
|   |   | 100                 | 6                   | 4,5   | 8,5   | 6,5   | 12    | 9     | 14,5  | 11    | 17    | 13    | 19,5  | 14,5  |
|   |   | 160                 | 7                   | 5,5   | 10    | 7,5   | 14    | 10,5  | 17    | 13    | 20    | 15    | 23    | 17,5  |
| <sup>a</sup> 材料序号见表 A.7。                    |   |                     |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>b</sup> $t_p$ 圆周部分壁厚。                  |   |                     |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $t_s$ 侧面部分壁厚。                               |   |                     |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>c</sup> 壁厚规定值(见 A.4.3)。                |   |                     |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>d</sup> 考虑砂轮主轴驱动故障情况下磨具最大可能的线速度(监控速度)。 |   |                     |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

表 A.4 粘结磨具的铝合金磨具防护罩壁厚(切割砂轮除外)

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup>                             | 线速度 <sup>d</sup><br>$v_{\max}$<br>m/s | 磨具<br>宽度<br>$T$ | 磨具外径 $D$            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |                                       |                 | 125                 |       | 200   |       | 315   |       | 406   |       | 508   |       |
|   |                                       |                 | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|   |                                       |                 | $t_p$               | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |
| 6   | 40                                    | 10              | 2.5                 | 2     | 3     | 2.5   | 4.5   | 3.5   | 5.5   | 4     | 6.5   | 5     |
|   |                                       | 20              | 3                   | 2.5   | 4     | 3     | 6     | 4.5   | 7     | 5.5   | 8.5   | 6.5   |
|   |                                       | 32              | 3.5                 | 2.5   | 5     | 3.5   | 7     | 5.5   | 8.5   | 6.5   | 10    | 7.5   |
|   | 50                                    | 10              | 3                   | 2     | 4     | 3     | 5.5   | 4     | 6.5   | 5     | 7.5   | 6     |
|   |                                       | 20              | 3.5                 | 2.5   | 5     | 3.5   | 7     | 5.5   | 8.5   | 6.5   | 10    | 7.5   |
|   |                                       | 32              | 4                   | 6     | 6     | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     |
|   | 63                                    | 10              | 3                   | 2.5   | 4.5   | 3.5   | 6.5   | 5     | 7.5   | 6     | 9     | 7     |
|   |                                       | 20              | 4                   | 3     | 6     | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     |
|   |                                       | 32              | 5                   | 3.5   | 7     | 5.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     | 14    | 10.5  |
| 7   | 32                                    | 10              | 5                   | 4     | 7     | 5.5   | 10    | 7.5   | 12    | 9     | 14    | 11    |
|   |                                       | 20              | 6.5                 | 5     | 9     | 7     | 13    | 10    | 15.5  | 11.5  | 18.5  | 14    |
|   |                                       | 32              | 8                   | 6     | 11    | 8     | 15.5  | 11.5  | 18.5  | 14    | 22    | 16.5  |
|   | 40                                    | 10              | 6                   | 4.5   | 8.5   | 6.5   | 12    | 9     | 14    | 11    | 17    | 12.5  |
|   |                                       | 20              | 7.5                 | 6     | 11    | 8     | 15    | 11    | 18.5  | 14    | 21.5  | 16    |
|   |                                       | 32              | 9                   | 7     | 13    | 9.5   | 18    | 13.5  | 22    | 16    | 26    | 19    |
| <sup>a</sup> 材料序号见表 A.7。                    |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>b</sup> $t_p$ 圆周部分壁厚。                  |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $t_s$ 侧面部分壁厚。                               |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>c</sup> 壁厚规定值(见 A.4.3)。                |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>d</sup> 考虑砂轮主轴驱动故障情况下磨具最大可能的线速度(监控速度)。 |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

表 A.5 粘结切割砂轮的钢或铸钢磨具防护罩壁厚

单位为毫米

| 切割轮尺寸                                       |                   |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|---|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 材料 <sup>a</sup>                             | 外径 $D$            | 150                 | 250   | 350   | 500   | 600   | 800   | 1 000 | 1 250 | 1 500 | 1 800 |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|   | 孔径 $H$            | 16                  | 32    | 32    | 40    | 60    | 60    | 100   | 100   | 127   | 203.2 |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|   | 宽度 $T$            | 3.2                 | 4     | 4     | 6     | 8     | 10    | 13    | 16    | 16    | 20    |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|   | 线速度 <sup>d</sup>  | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|   | $v_{\max}$<br>m/s | $t_p$               | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |      |      |      |      |      |      |      |
| 1   | 63                | 1.5                 | 1.5   | 2     | 1.5   | 3     | 2     | 4     | 3     | 5.5   | 4     | 7     | 5.5   | 9.5   | 7     | 12   | 9    | 13.5 | 10   | 17   | 13   |      |
| 2   |                   | 80                  | 1.5   | 1.5   | 2.5   | 2     | 3.5   | 2.5   | 4     | 6.5   | 5     | 8.5   | 6.5   | 11    | 8.5   | 14   | 10.5 | 16   | 12   | 20   | 15   |      |
| 3   |                   |                     | 100   | 2     | 1.5   | 3     | 2.5   | 4     | 3     | 6     | 4.5   | 7.5   | 5.5   | 10    | 7.5   | 16.5 | 12.5 | 19   | 14.5 | 24   | 18   |      |
| 4   |                   | 63                  | 2     | 1.5   | 3     | 2.5   | 4     | 3     | 6     | 4.5   | 8     | 5.5   | 10.5  | 8     | 13.5  | 10   | 17   | 13   | 19.5 | 15   | 24.5 | 18   |
|   |                   | 80                  |       | 2.5   | 2     | 4     | 3     | 5     | 3.5   | 7     | 5.5   | 9     | 7     | 12.5  | 9.5   | 16   | 20   | 15   | 23   | 17.5 | 29   | 22   |
|   |                   | 100                 |       |       | 2     | 4.5   | 3.5   | 5.5   | 4     | 8.5   | 6.5   | 10.5  | 8     | 14.5  | 11    | 19   | 24   | 18   | 27.5 | 20.5 | 34   | 25.5 |
| <sup>a</sup> 材料序号见表 A.7。                    |                   |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| <sup>b</sup> $t_p$ 圆周部分壁厚。                  |                   |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| <sup>c</sup> $t_s$ 侧面部分壁厚。                  |                   |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| <sup>d</sup> 壁厚规定值(见 A.4.3)。                |                   |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| <sup>e</sup> 考虑砂轮主轴驱动故障情况下磨具最大可能的线速度(监控速度)。 |                   |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |

表 A.6 带有钢或铝芯的超硬磨具的钢质磨具防护罩壁厚

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup>  | 线速度 <sup>d</sup><br>$v_{\max}$<br>m/s | 磨具<br>宽度<br>$T$ | 磨具外径 $D$            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |  |  |
|------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--|--|
|                  |                                       |                 | 150                 |       |       | 200   |       |       | 300   |       |       | 400   |       |       | 500   |       |       | 600   |       |       | 750 |  |  |
|                  |                                       |                 | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |  |  |
|                  |                                       |                 | $t_p$               | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |     |  |  |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 50                                    | 20              | 1.5                 | 1.5   | 2     | 1.5   | 2     | 2.5   | 2     | 1.5   | 2     | 2.5   | 2     | 2     | 3     | 2     | 2.5   | 3     | 2.5   |       |     |  |  |
|                  |                                       | 40              | 2                   | 1.5   | 2.5   | 2     | 3     | 3     | 2     | 2.5   | 3.5   | 2.5   | 3.5   | 3     | 4     | 3     | 3     | 4     | 3     |       |     |  |  |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 63                                    | 20              | 2                   | 1.5   | 2.5   | 1.5   | 2.5   | 2     | 2     | 2     | 2     | 3     | 2.5   | 3     | 3.5   | 2.5   | 3     | 3.5   | 3     |       |     |  |  |
|                  |                                       | 40              | 2.5                 | 2     | 3     | 2     | 3.5   | 3     | 2.5   | 4     | 3     | 4     | 3     | 4.5   | 3.5   | 5     | 3.5   | 5     | 3.5   |       |     |  |  |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 80                                    | 20              | 2.5                 | 2     | 2.5   | 2     | 3     | 3     | 3.5   | 2.5   | 3.5   | 4     | 3     | 3     | 4     | 3     | 4     | 4.5   | 3.5   |       |     |  |  |
|                  |                                       | 40              | 3                   | 2.5   | 3.5   | 2.5   | 4     | 4     | 3     | 4.5   | 3.5   | 5     | 3.5   | 5     | 4     | 5.5   | 4.5   | 5.5   | 4.5   |       |     |  |  |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 100                                   | 20              | 3                   | 2     | 3     | 2.5   | 3.5   | 3     | 4     | 3     | 3     | 4.5   | 3.5   | 5     | 3.5   | 4     | 5     | 5     | 4     |       |     |  |  |
|                  |                                       | 40              | 3.5                 | 2.5   | 4     | 3     | 4.5   | 3.5   | 5.5   | 4     | 5.5   | 4.5   | 6     | 4.5   | 6.5   | 4.5   | 6.5   | 5     | 5     |       |     |  |  |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 125                                   | 20              | 3                   | 2.5   | 3.5   | 2     | 4     | 4     | 3     | 3     | 4.5   | 3.5   | 5     | 4     | 5.5   | 4     | 6     | 4.5   | 4.5   |       |     |  |  |
|                  |                                       | 40              | 4                   | 3     | 4.5   | 3.5   | 5.5   | 6     | 4     | 4.5   | 6.5   | 5     | 7     | 5.5   | 7.5   | 5.5   | 7.5   | 5.5   | 5.5   |       |     |  |  |
| 1<br>2<br>3<br>8 | 140                                   | 20              | 3.5                 | 2.5   | 4     | 3     | 4.5   | 5     | 3.5   | 4     | 5.5   | 4.5   | 6     | 4.5   | 6.5   | 4.5   | 6.5   | 5     | 5     |       |     |  |  |
|                  |                                       | 40              | 4.5                 | 3.5   | 5     | 4     | 6     | 6.5   | 5     | 4.5   | 7     | 5.5   | 8     | 6     | 8.5   | 6.5   | 8.5   | 6.5   | 6.5   |       |     |  |  |

表 A.6 带有钢或铝芯的超硬磨具的钢质磨具防护罩壁厚 (续)

单位为毫米

| 材料 <sup>a</sup>                             | 线速度 <sup>d</sup><br>$v_{\max}$<br>m/s | 磨具<br>宽度<br>$T$ | 磨具外径 $D$            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |                                       |                 | 150                 |       | 200   |       | 300   |       | 400   |       | 500   |       | 600   |       | 750   |       |
|   |                                       |                 | 最小壁厚 <sup>b,c</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|   |                                       |                 | $t_p$               | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |
| 1<br>2<br>3<br>8                            | 160                                   | 20              | 4                   | 3     | 4.5   | 3.5   | 5     | 4     | 5.5   | 4.5   | 6     | 4.5   | 6.5   | 5     | 7     | 5.5   |
| 40  |                                       | 5               | 4                   | 5.5   | 4.5   | 6.5   | 5     | 7.5   | 5.5   | 8     | 6     | 8.5   | 6.5   | 7     |       |       |
| 1<br>2<br>3<br>8                            | 180                                   | 20              | 4.5                 | 3     | 5     | 3.5   | 5.5   | 4     | 6     | 4.5   | 7     | 5     | 7.5   | 5.5   | 8     | 6     |
| 40  |                                       | 5.5             | 4                   | 6     | 4.5   | 7     | 5.5   | 8     | 6     | 9     | 6.5   | 9.5   | 7     | 10.5  | 7.5   |       |
| 1<br>2<br>3<br>8                            | 180                                   | 20              | 4.5                 | 3.5   | 5     | 4     | 6     | 4.5   | 7     | 5     | 7.5   | 5.5   | 8     | 6     | 8.5   | 6.5   |
| 40  |                                       | 6               | 4.5                 | 6.5   | 5     | 8     | 6     | 9.5   | 7     | 10    | 7.5   | 11    | 8.5   |       |       |       |
| <sup>a</sup> 材料序号见表 A.7。                    |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>b</sup> $t_p$ 圆周部分壁厚。                  |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>c</sup> $t_s$ 侧面部分壁厚。                  |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>d</sup> 壁厚规定值(见 A.4.3)。                |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <sup>d</sup> 考虑砂轮主轴驱动故障情况下磨具最大可能的线速度(监控速度)。 |                                       |                 |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

表 A.7 材料选择

| 序号         | 材料标示       |                      | 机械强度性能                     |                               |                   |
|------------|------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------|
|            | 材料名称       | 符合<br>ISO 标准         | $R_m$<br>N/mm <sup>2</sup> | $R_{eH}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $\epsilon_B$<br>% |
| 1          | 商用和拉拔冷轧碳钢板 | ISO 3574             | 270                        | 140                           | 28                |
| 2          | 工程级冷轧钢板    | ISO 4997<br>ISO 6316 | 300                        | 220                           | 18                |
| 3          | 一般工程用途钢板   | ISO 1052             | 340                        | 215                           | 17                |
| 4          | 一般工程用途铸碳钢  | ISO 3755             | 450                        | 230                           | 22                |
| 5          | 球墨铸铁       | ISO 1083             | 400                        | 250                           | 15                |
| 6          | 锻造铝合金      | ISO 6361-2           | 310                        | 260                           | 10                |
| 7          | 铸造铝合金      | ISO 3522             | 200                        | —                             | 3                 |
| 8          | 热轧不锈钢板     | ISO 9444             | 520                        | 205                           | —                 |
| 9          | 聚碳酸酯       | —                    | 60                         | $E=2\,400\text{ N/mm}^2$      | $\epsilon_R>80$   |
| 注：E 为弹性模量。 |            |                      |                            |                               |                   |

表 A.8 材料为 Q235 砂轮防护罩壁厚

| 线速度 $v_{\max}$<br>m/s | 磨具宽度 $T$<br><br>mm | 磨具外径 $D$<br>mm |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|--------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       |                    | 最小壁厚<br>mm     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                       |                    | $\leq 150$     | $>150$<br>$\sim 200$ | $>200$<br>$\sim 300$ | $>300$<br>$\sim 400$ | $>400$<br>$\sim 500$ | $>500$<br>$\sim 600$ | $>600$<br>$\sim 750$ | $>750$<br>$\sim 900$ | $>900$<br>$\sim 1\,250$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                       |                    | $t_p$          | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                   | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |
|                       |                    | $t_p$          | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                   | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |
| $\leq 35$             | $\leq 50$          | 2              | 2                    | 2.5                  | 2                    | 3                    | 2.5                  | 4                    | 3                    | 5                       | 4     | 6     | 5     | 7     | 5     | 8     | 5     | 9     | 6     |
|                       | $>50\sim 100$      | 3              | 2                    | 4                    | 2.5                  | 5                    | 3                    | 5                    | 4                    | 6                       | 5     | 7     | 5     | 8     | 6     | 9     | 6     | 10    | 7     |
|                       | $>100\sim 160$     | 4              | 3                    | 5                    | 3                    | 5                    | 4                    | 7                    | 5                    | 8                       | 6     | 9     | 6     | 10    | 7     | 11    | 7     | 12    | 8     |
| $>35$<br>$\sim 50$    | $\leq 50$          | 3              | 2                    | 4                    | 2.5                  | 5                    | 3                    | 6                    | 4                    | 7                       | 5     | 8     | 6     | 10    | 7     | 11    | 7     | 12    | 8     |
|                       | $>50\sim 100$      | 5              | 3                    | 5                    | 3                    | 6                    | 4                    | 7                    | 5                    | 8                       | 6     | 9     | 7     | 11    | 8     | 12    | 8     | 14    | 9     |
|                       | $>100\sim 160$     | 6              | 4                    | 7                    | 4                    | 8                    | 5                    | 9                    | 6                    | 10                      | 7     | 11    | 8     | 12    | 9     | 14    | 9     | 16    | 10    |
| $>50$<br>$\sim 63$    | $\leq 50$          | 4              | 3                    | 5                    | 3                    | 6                    | 4                    | 7                    | 5                    | 8                       | 6     | 10    | 7     | 12    | 8     | 14    | 9     | 16    | 10    |
|                       | $>50\sim 100$      | 6              | 4                    | 7                    | 5                    | 8                    | 6                    | 10                   | 6                    | 10                      | 7     | 12    | 8     | 14    | 9     | 15    | 10    | 18    | 12    |
|                       | $>100\sim 160$     | 7              | 5                    | 8                    | 6                    | 10                   | 7                    | 12                   | 8                    | 11                      | 8     | 14    | 9     | 15    | 10    | 18    | 12    | 20    | 14    |
|                       | $>160\sim 200$     | 10             | 7                    | 12                   | 8                    | 14                   | 9                    | 15                   | 10                   | 15                      | 10    | 18    | 12    | 20    | 14    | 22    | 14    | 24    | 16    |
|                       | $>200\sim 250$     | 14             | 9                    | 15                   | 10                   | 16                   | 12                   | 18                   | 12                   | 18                      | 12    | 22    | 14    | 24    | 16    | 26    | 16    | 28    | 20    |
|                       | $>250\sim 400$     | 15             | 10                   | 18                   | 12                   | 20                   | 14                   | 22                   | 14                   | 24                      | 16    | 26    | 18    | 28    | 20    | 30    | 20    | 32    | 22    |
| $>400\sim 500$        | 18                 | 12             | 20                   | 15                   | 24                   | 16                   | 25                   | 18                   | 28                   | 18                      | 30    | 20    | 32    | 22    | 34    | 22    | 36    | 25    |       |

表 A.8 材料为 Q235 砂轮防护罩壁厚 (续)

| 线速度 $v_{\max}$<br>m/s | 磨具宽度 $T$<br><br>mm | 磨具外径 $D$<br>mm |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|--------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       |                    | $\leq 150$     | $>150$<br>$\sim 200$ | $>200$<br>$\sim 300$ | $>300$<br>$\sim 400$ | $>400$<br>$\sim 500$ | $>500$<br>$\sim 600$ | $>600$<br>$\sim 750$ | $>750$<br>$\sim 900$ | $>900$<br>$\sim 1\ 250$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                       |                    | 最小壁厚<br>mm     |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                       |                    | $t_p$          | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                   | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |
|                       |                    |                |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $>63$<br>$\sim 80$    | $\leq 50$          | 5              | 3                    | 7                    | 5                    | 8                    | 6                    | 10                   | 7                    | 11                      | 8     | 13    | 10    | 15    | 10    | 18    | 12    | 20    | 14    |
|                       | $>50\sim 100$      | 7              | 5                    | 10                   | 6                    | 10                   | 7                    | 12                   | 8                    | 14                      | 10    | 15    | 10    | 18    | 12    | 20    | 14    | 24    | 16    |
|                       | $>100\sim 160$     | 10             | 7                    | 12                   | 8                    | 13                   | 10                   | 15                   | 10                   | 16                      | 12    | 18    | 12    | 20    | 14    | 22    | 15    | 26    | 18    |
|                       | $>160\sim 200$     | 12             | 8                    | 14                   | 10                   | 16                   | 12                   | 18                   | 12                   | 18                      | 14    | 20    | 14    | 24    | 16    | 26    | 18    | 28    | 20    |
|                       | $>200\sim 250$     | 14             | 10                   | 16                   | 12                   | 18                   | 13                   | 20                   | 15                   | 20                      | 16    | 22    | 18    | 25    | 18    | 28    | 20    | 30    | 22    |
|                       | $>250\sim 400$     | 18             | 13                   | 20                   | 14                   | 24                   | 16                   | 26                   | 18                   | 28                      | 20    | 30    | 22    | 32    | 24    | 34    | 25    | 36    | 26    |
|                       | $>400\sim 500$     | 20             | 15                   | 22                   | 16                   | 25                   | 18                   | 28                   | 20                   | 30                      | 22    | 32    | 24    | 34    | 25    | 36    | 26    | 40    | 28    |

表 A.9 材料为铸铁砂轮防护罩壁厚

| 线速度 $v_{\max}$<br>m/s | 磨具宽度 $T$<br><br>mm | 磨具外径 $D$<br>mm |                      |                      |                      |                      |                      |                         |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|--------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       |                    | 最小壁厚<br>mm     |                      |                      |                      |                      |                      |                         |       |       |       |       |       |       |       |
|                       |                    | $\leq 150$     | $>150$<br>$\sim 300$ | $>300$<br>$\sim 400$ | $>400$<br>$\sim 500$ | $>500$<br>$\sim 600$ | $>600$<br>$\sim 750$ | $>750$<br>$\sim 1\ 200$ |       |       |       |       |       |       |       |
|                       |                    | $t_p$          | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                | $t_s$                | $t_p$                   | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ | $t_p$ | $t_s$ |
| $\leq 40$             | $\leq 50$          | 6.5            | 6.5                  | 9.5                  | 8                    | 13                   | 9.5                  | 16                      | 13    | 22    | 16    | 25.5  | 19    | 32    | 25.5  |
|                       | $>50\sim 100$      | 8              | 8                    | 9.5                  | 8                    | 13                   | 10                   | 19                      | 16    | 25.5  | 16    | 28.5  | 19    | 35    | 25.5  |
|                       | $>100\sim 160$     | 9.5            | 8                    | 13                   | 11                   | 16                   | 13                   | 25.5                    | 16    | 28.5  | 19    | 32    | 22    | 38    | 28.5  |
|                       | $>160\sim 200$     | —              | —                    | 16                   | 14                   | 22                   | 19                   | 25.5                    | 19    | 28.5  | 19    | 32    | 22    | 38    | 28.5  |
|                       | $>200\sim 250$     | —              | —                    | 19                   | 17                   | 22                   | 19                   | 25.5                    | 19    | 28.5  | 19    | 32    | 22    | 38    | 28.5  |
|                       | $>250\sim 400$     | —              | —                    | —                    | —                    | 28.5                 | 25.5                 | 32                      | 25.5  | 33    | 25.5  | 36.5  | 27    | 44.5  | 35    |
|                       | $>400\sim 500$     | —              | —                    | —                    | —                    | —                    | —                    | 35                      | 28.5  | 35    | 28.5  | 38    | 35    | 51    | 41    |

A.3.3 复合磨具防护罩

A.3.3.1 通用要求

如果磨具防护罩是通过一些单件连接(例如通过焊接、螺钉拧紧、铆接)而成,则在磨具破碎的情况下各元件间的连接处可靠且连接处不应被磨具破碎产生的能量冲击而分离。

### A.3.3.2 磨具防护罩的焊接

#### A.3.3.2.1 图纸

在设计图纸中焊缝的表达方法应符合 GB/T 324 的规定。

#### A.3.3.2.2 准备

准备焊接用的零件应与图纸一致。全熔透焊接尤为重要,应按正确的工艺步骤进行。

#### A.3.3.2.3 人员

焊接人员应按相关准则规定的条件获得资质认可。

——对于钢质磨具防护罩的焊接人员,应具备符合 ISO 9606-1 要求的资质证书。

——对于铝合金磨具防护罩的焊接人员,应具备符合 GB/T 24598 要求的资质证书。

#### A.3.3.2.4 焊接工艺

应根据基体金属材料来确定焊接工艺和选择焊接材料。焊接方法应符合 GB/T 19866 和 GB/T 12467.1 的要求。

#### A.3.3.2.5 检验与测试

焊接质量应符合 GB/T 19418—2003 中表 1 质量 C 级(中等)的规定。

焊接后,应对部件进行目测检查。对于壁厚 $>20$  mm 的磨具防护罩,对焊缝应进行无损检测。

注:由于要求的焊接点应尽可能短并必须焊接牢固满足相关标准,所以对头焊接或填角焊缝长度的前边和后边 25 mm 都不准许忽略。

### A.3.4 台式或落地砂轮机透明挡板

装有平形磨具的台式或落地砂轮机的矩形、梯形或圆形透明挡板的透明部分最小尺寸在表 A.10 和图 A.28 给出。

这些给出的尺寸是磨具标称直径  $D$  的函数并且磨具宽度  $T$  限定为  $0.15D$ 。

当  $T$  大于  $0.15D$  时, $b_{1\min}$  应随实际的  $T$  值而成正比地增加。梯形透明挡板较小边  $b_2$  应至少等于磨具宽度  $T$  的 1.5 倍,最小尺寸值为 75 mm。

装有端面或凹形磨具的台式或落地砂轮机的透明挡板的透明部分最小尺寸与那些装有平形磨具砂轮机的透明挡板一致;然而,平形磨具的宽度  $T$  应被端面磨具工作部分的宽度  $W$  替代。

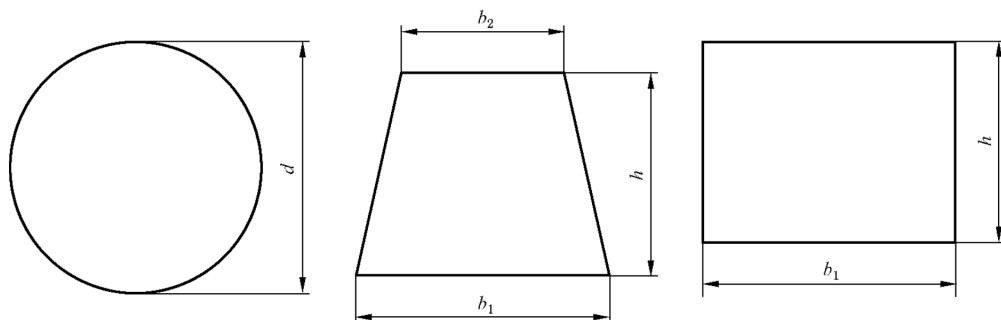


图 A.28

表 A.10 透明挡板尺寸

单位为毫米

| 磨具外径<br>$D$ | 梯形下底边最小值<br>$b_{1\min}$ | 矩形宽<br>$h$ | 梯形上底边<br>$b_2$ | 圆形直径<br>$d$ |
|-------------|-------------------------|------------|----------------|-------------|
| 100/200     | ..75                    | ..60       | 75             | 75          |
| 200         | 80                      | 70         | 80             | 85          |
| 230/250     | 100                     | 80         | 80             | 95          |
| 300         | 125                     | 100        | 80             | 115         |
| 356         | 140                     | 110        | 100            | 130         |
| 406/457     | 150                     | 115        | 100            | 135         |
| 508         | 200                     | 150        | 100            | 170         |
| 610         | 200                     | 175        | 100            | 182         |
| 762         | 200                     | 175        | 100            | 182         |

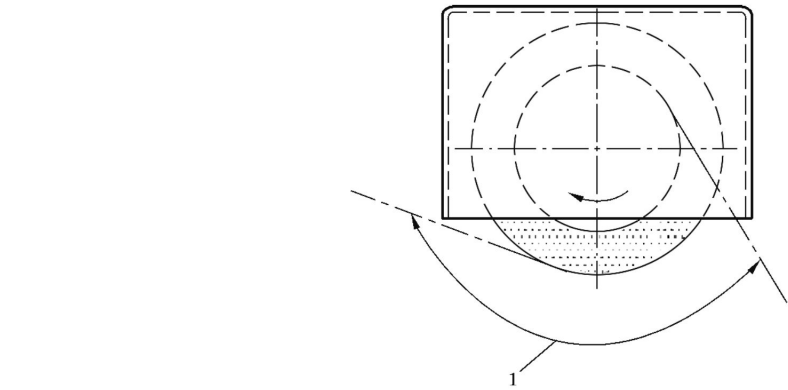
A.3.5 工作区域封闭装置

A.3.5.1 撒布范围

撒布范围是指磨床磨具破碎产生的碎片可能撒布的区域(见图 A.29)。

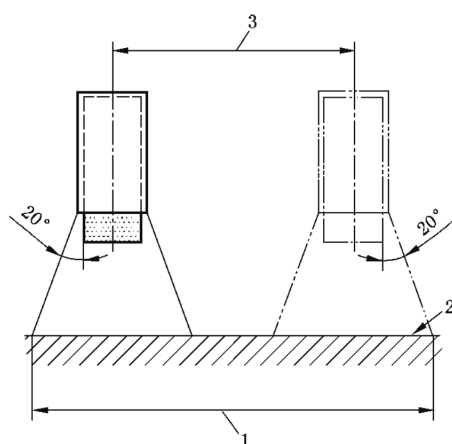
撒布范围对应磨床指定的磨具最大宽度再加上磨具自由侧端面两边分别向外扩展至少 20°(见图 A.30)。自由侧端面就是未被防护罩或法兰封闭的面。

在确定撒布范围时要考虑磨头的移动和转动(见图 A.30)。



标引序号说明：  
1——撒布范围。

图 A.29



标引序号说明:

1——撒布范围;

2——工作区域封闭装置;

3——移动距离。

图 A.30

### A.3.5.2 壁厚与材料

#### A.3.5.2.1 带有磨具防护罩磨床的工作区域防护装置的壁厚与材料。

——钢板材质防护装置的壁厚与材料:

在撒布范围内,壁厚为表 A.1、表 A.5 或表 A.6 中  $t_p$  的 0.2 倍且  $\geq 1.5$  mm。材料为表 A.7 的 1、2、3 或 8。

——聚碳酸酯材质防护装置的壁厚与材料:

在撒布范围内,壁厚为表 A.1 中  $t_p$  的 0.5 倍且  $\geq 3$  mm。材料为表 A.7 的 9。

#### A.3.5.2.2 没有磨具防护罩磨床的工作区域封闭装置的壁厚与材料。

——钢板材质防护装置的壁厚与材料:

在撒布范围内,壁厚为表 A.1、表 A.5 或表 A.6 中的  $t_p$ ; 在撒布范围外,则壁厚为表 A.1、表 A.5 或表 A.6 中  $t_p$  的 0.2 倍且  $\geq 1.5$  mm。材料为表 A.7 的 1、2、3 或 8。

——聚碳酸酯材质封闭装置的壁厚与材料:

在撒布范围内,壁厚为表 A.1、表 A.5 或表 A.6 中  $t_p$  的 2.5 倍且  $\geq 3$  mm; 在撒布范围外,则壁厚  $\geq 3$  mm。材料为表 A.7 的 9。

注:对钢板和聚碳酸酯深入研究发现存在壁厚的关系式  $t_{pc} = 2.5 \times t_{steel}$ , 冲击阻力近似相等 ( $t_{pc}$  = 聚碳酸酯壁厚,  $t_{steel}$  = 钢板壁厚)。

### A.3.6 工作区域封闭装置附带的观察窗

在工作区域封闭装置上的观察窗应通过夹紧或粘接置于封闭装置的内部。

为了保证观察窗的保护作用,要求对观察窗周边用钢板结构充分覆盖住。下列是覆盖周边的最小尺寸:

- 配有磨具防护罩和工作区域封闭装置的磨床,观察窗位于撒布范围之外(见图 A.29 和图 A.30)——最小覆盖尺寸 10 mm(见图 A.31);
- 配有磨具防护罩和工作区域封闭装置的磨床,观察窗位于撒布范围之内(见图 A.29 和图 A.30)——最小覆盖尺寸 15 mm,若观察窗尺寸达到 500 mm,则最小覆盖尺寸应为 35 mm(见图 A.31);

- c) 没有磨具防护罩但有工作区域封闭装置的磨床,观察窗位于撒布范围之外(见图 A.29 和图 A.30)——最小覆盖尺寸 15 mm(见图 A.31);
- d) 没有磨具防护罩但有工作区域封闭装置的磨床,观察窗位于撒布范围之内(见图 A.29 和图 A.30)——制造厂应提供观察窗的安装能够包容磨具碎片的适宜性的证明。验证方法见附录 B 和附录 C。

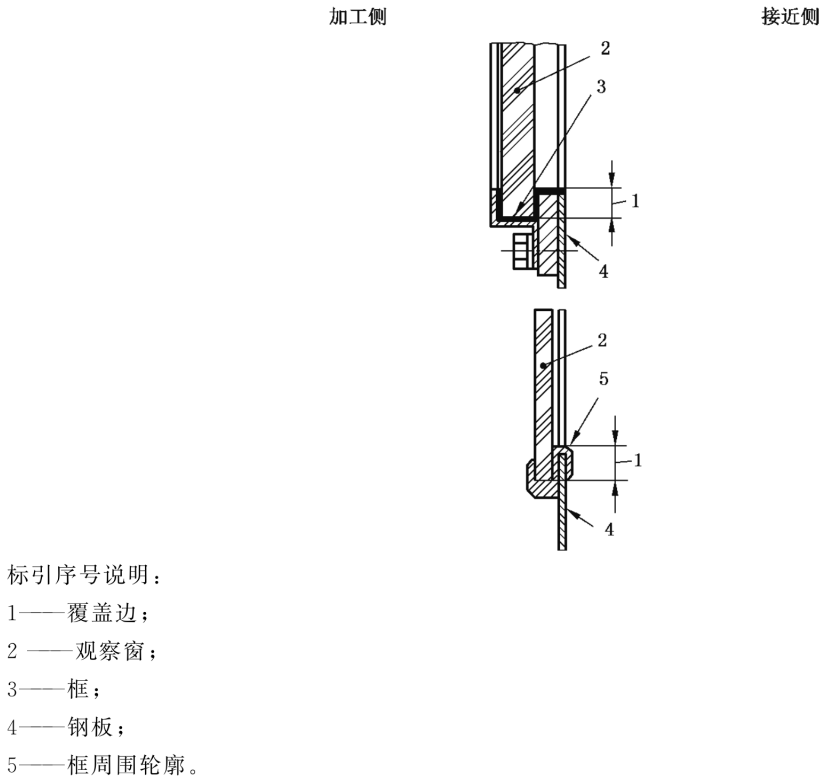
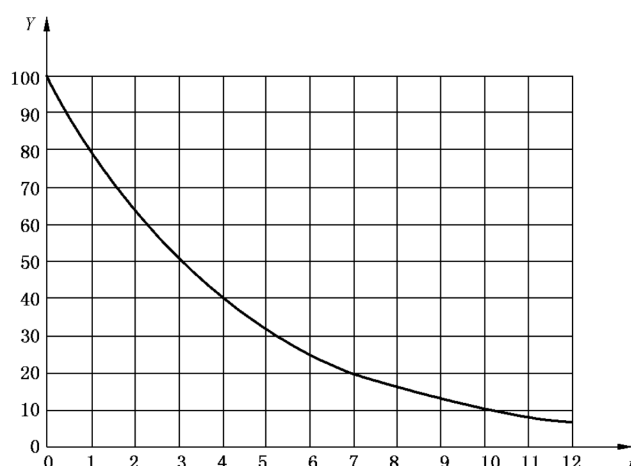


图 A.31

聚碳酸酯屏幕应有防止老化的措施,例如在加工侧加装安全玻璃屏幕并在接近侧加装塑料屏幕。屏幕边应密封。聚碳酸酯屏幕的使用寿命期限在说明书中应予以说明。

注:周边保护的聚碳酸酯面板仅在边沿处表现出抗冲击力的下降,而曲线统计显示无保护的聚碳酸酯抗冲击性就显著降低了。无保护的聚碳酸酯老化曲线(均化测试点)见图 A.32(源自:IFA,St 奥古斯丁,德国)。



图示：

$Y$  —— 抗冲击性，用%表示；

$t$  —— 使用年限。

图 A.32

### A.3.7 强度验证,测试

#### A.3.7.1 磨具防护罩

不符合 A.3.2 规格参数的磨具防护罩应进行测试以验证其强度。测试应按照下列方法进行：

- 安装防护罩；
- 用于测试的防护罩其安装位置和固定元件都应与其磨床通常的使用情况保持一致；
- 采用的磨具其设计类型和尺寸应与磨床通常的使用情况保持一致；
- 磨具破碎的场景应是：其运行在最大工作速度或最高允许转速时，被抛射物击中（亦可通过其他适当方法实现），抛射物应击中靠近夹紧装置（法兰）处的磨具；
- 测试应采用同样的防护罩对三个磨具连续进行。

使用一种公认的裂缝检测方法（例如染料渗透试验法或磁力探伤法）进行检测，防护罩及其夹紧元件均保持作用且没有任何可见裂缝的则被认为具有足够的强度。轻微的变形和表面损伤可以被接受，固定装置（如夹紧装置、螺栓）应保持原状没有可探测到的损伤。

#### A.3.7.2 工作区域封闭装置

不符合 A.3.5.2 要求的工作区域防护装置应进行测试以验证其强度或验证其对磨具碎片的抗冲击性。测试方法见附录 B 和附录 C。A.3.5.2 提出的壁厚计算，所确定的各值需经逐一验证方可使用。

### A.4 磨具防护罩和连接装置的设计准则

#### A.4.1 通则

磨具破碎产生碎片的能量是磨具防护罩和连接装置设计的基本依据，因为碎片能量的传递：

- 直接或间接（通过碰撞碎片飞出）到达磨具防护罩，
- 经过磨具防护罩传递到连接装置和机床床身，和
- 经过可以深入到磨具防护罩内的砂轮修整器，间接传递到主轴头和机床床身。

磨具碎片能量的计算方法和磨具防护罩壁厚的确定以及磨具防护罩连接装置的设计将在下列各条中进行叙述。

#### A.4.2 磨具碎片的能量

在磨具破碎情况下碎片飞到磨具防护罩的冲击能量的计算只能采用近似的方法。其数值也取决于磨具破碎时的特征。

转动磨具的能量见公式(A.1):

$$E = \frac{1}{4} m (1 + Q^2) \times v^2 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

包含了碎片的平动和转动能量。假设产生的碎片大小一样,适用公式(A.2):

$$E = z \times (E_{\text{trans}} + E_{\text{rot}}) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

碎片的平动能量见公式(A.3):

$$E_{\text{trans}} = \frac{2}{9 \times \pi} \times m \times \frac{(1 - Q^3)^2}{(1 - Q^2)^2} \times \frac{(\sin \alpha)^2}{\hat{\alpha}} \times v^2 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

对于碎片的半角  $\alpha = 67^\circ$ , 平动能量达到它的最大值, 见公式(A.4):

$$E_{\text{trans}} (\alpha = 67^\circ) = 0.51 \times m \frac{(1 - Q^3)^2}{(1 - Q^2)^2} \times v^2 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

计算碎片的转动能量见公式(A.5):

$$E_{\text{rot}} = \frac{E}{z} - E_{\text{trans}} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

注: 关于符号, 见 A.2。

#### A.4.3 确定磨具防护罩的壁厚

计算磨具防护罩壁厚并无现成的理论模型。因而, 表 A.1~表 A.6 壁厚的一部分数值是基于经验数据, 另一部分则根据试验结果来确定。这个过程叙述如下:

确定磨具防护罩壁厚大小的基本准则是依据公式(A.4)计算的碎片平动能量, 采用的新磨具质量、大小以及在砂轮主轴驱动出现故障的情况下磨具可能达到的最大线速度。

在 EN 13218:2002 发布后, 要求的壁厚与碎片能量的对应关系以德国、英国和法国的国家现行法规为基础。在壁厚表列出的预计磨具碎片能量计算就是用上述公式。在这个表格里磨具防护罩壁厚数值由这个计算的能量值确定。在曲线图里所根据磨具防护材料不同表示的壁厚随着碎片能量变化。

图表显示了它们之间的对应关系。然而, 在全部表格里能量值对应的壁厚值显得很宽泛。

为了确定碎片能量所对应的壁厚, 利用补偿函数给出的变化是近似的, 另外, 对壁厚实验研究的成果和经验一直在实践中起重要作用。

这些基于实验的方法使得磨具防护罩圆周部分的壁厚  $t_p$  与对应表 A.7 不同防护罩材料的磨具碎片能量  $E_{\text{trans}}$  之间建立了下列关系:

$$\begin{aligned} \text{钢板:} & \quad t_p = 0.4 E_{\text{trans}}^{0.37} (E_{\text{trans}} < 100\,000 \text{ Nm}) \\ \text{铸钢:} & \quad t_p = 0.57 E_{\text{trans}}^{0.37} (E_{\text{trans}} < 100\,000 \text{ Nm}) \\ \text{铸铁:} & \quad t_p = 0.92 E_{\text{trans}}^{0.37} (E_{\text{trans}} < 6\,000 \text{ Nm}) \\ \text{锻造铝合金:} & \quad t_p = 0.7 E_{\text{trans}}^{0.37} (E_{\text{trans}} < 3\,300 \text{ Nm}) \\ \text{铸造铝合金:} & \quad t_p = 1.8 E_{\text{trans}}^{0.37} (E_{\text{trans}} < 1\,300 \text{ Nm}) \end{aligned}$$

在上述公式中, 能量值  $E_{\text{trans}}$  以 Nm 为单位, 壁厚  $t_p$  以 mm 为单位。

括号中给出的能量值为极限值, 在运用上述公式的实验中从未出现过超过极限值的情况。

确定在表 A.1~表 A.6 给出的壁厚借助于近似运算。依据公式(A.4)计算的碎片能量基于以下假设:

表 A.1~表 A.4: 符合 GB/T 2484 形状代号为 1 或 41 的磨具

$Q=0.2$  在  $D \leq 508$  mm 时

$Q=0.4$  在  $D \geq 610$  mm 时

$Q$  = 磨具孔直径  $H$  与外径  $D$  的比值

碎片半角  $\alpha = 67^\circ$

磨具密度  $\rho = 2.4$  g/cm<sup>3</sup>

表 A.6: 符合 JB/T 7425 形状代号为 1A1 的超硬磨具

超硬磨料部分的深度  $X = 6$  mm

$Q$  = 磨具基体外径  $(D - 2X)$  与磨具外径  $D$  的比值

碎片半角  $\alpha = 15^\circ$

磨料部分密度  $\rho = 8.6$  g/cm<sup>3</sup> (金属粘结)

排除基体的各项误差

排除超硬磨具基体误差只在磨具符合 EN 13236 要求或类似要求的情况下才适用。

基于一些国家法规给出的表格和经验给出的数据,假设比值  $t_s/t_p = 0.75$  作为计算磨具防护罩端面部分壁厚  $t_s$  的基础。在表中经过计算确定的壁厚值圆整为 1 mm 或 0.5 mm。

这个程序过程也适用于磨具尺寸和线速度未列入表 A.1~表 A.6 和磨具密度与上述给定不同的磨具防护罩壁厚计算。公式里相关的限制应予以遵守。

#### A.4.4 磨具防护罩连接装置设计

为简化起见,连接装置的设计仅考虑了碎片的平动能量。然而,出于安全考虑,实际计算所采用的线速度超过最高工作速度 30%。因此,计算公式(A.4)修改见公式(A.6):

$$E_{\text{trans}}(\alpha - 67^\circ) = 0.086 \times m \times \frac{(1 - Q^3)^2}{(1 - Q^2)^2} \times v^2 \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

不过,考虑静态质量受到冲击应力的情况下,因塑性变形而导致的能量损失:

$$\Delta E = \frac{m_{\text{SH}}}{m_{\text{Br}} + m_{\text{SH}}} \times (1 - k^2) \times E'_{\text{trans}} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

冲击系数  $k$  在  $k=0$  (塑性冲击) 和  $k=1$  (弹性冲击) 之间变化。通过塑性变形材料和元件(比如将硬质膨胀聚氨酯或薄壁圆管作为磨具防护罩的衬料)冲击系数  $k$  可以在一定范围内减小。实际试验表明冲击系数  $k=0.75$ 。变形部分的厚度至少应与磨具厚度相当。对于强度为 180 N/cm<sup>2</sup> 的膨胀聚氨酯衬料厚度与磨具防护罩的壁厚(表 A.1~表 A.5)之比约为 4:1。应力求避免磨具防护罩中的刚性阻碍(如焊接筋板)。

在磨具破碎的情况下,连接到磨床的限制碎片的安全装置应与磨床保持连接。应确保  $n$  个固定元件吸收能量能力的总和超过通过计算得到的能量值,即应满足公式(A.8)。

$$\sum_{i=1}^n W_i > E'_{\text{trans}} - \Delta E \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

应满足。

#### 拉伸冲击应力

采用缩颈轴螺栓来应对拉伸冲击应力。圆柱缩颈轴螺栓(即高强度螺栓,材料等级 8.8、10.9 或相当)吸收的能量可通过公式(A.9)近似计算得出:

$$W_D = A_T \times l_s \times \sigma_m \times \epsilon_B \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

$\sigma_m$  用公式(A.10)计算:

$$\sigma_m = \frac{R_{eH} + R_m}{2} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

例如,  $R_{\text{cH}}$  可取  $R_{\text{p0.2}}$ 。

**剪切冲击应力**

若有可能,在能量吸收非常小的条件下固定螺钉应不会屈服于碎片能量产生的剪切应力。如结合特殊的附件装置,应能确保提供的剪切面积足够大。剪切元件能量吸收量约见公式(A.11):

$$W_s = F_m \times s_w \dots\dots\dots (A.11)$$

对于带有圆形截面的剪切元件,平均剪切力见公式(A.12):

$$F_m = \frac{2}{3} \times F_{\text{max}} \dots\dots\dots (A.12)$$

最大剪切力见公式(A.13):

$$F_{\text{max}} = \tau_s \times A_s \dots\dots\dots (A.13)$$

剪切长度见公式(A.14):

$$s_w = 0.3 \times d \dots\dots\dots (A.14)$$

## 附录 B

(资料性)

### 防护装置的冲击试验——碰撞试验

#### B.1 通则

本附录规定了为降低零件甩出或工件偏离工作区域的风险而对磨床上使用的防护装置进行的试验。

本附录适用于防护装置所用材料及整个防护装置。

#### B.2 试验方法

##### B.2.1 原理

这个试验方法适用于没有配置磨具防护罩的磨床并模拟磨具碎片飞出的危险。本试验在于揭示防护装置的强度/抵御能力和/或防护装置材料抗击穿和移动的能力。

用这个试验方法,人为的对磨床上的磨具进行碰撞来模拟危险情况。

##### B.2.2 试验条件

试验条件如下所示。

- a) 在这个试验,使磨具破裂的速度最小应是相关磨床最大可能主轴转速的 1.2 倍。如果符合 5.12.b)5)的要求,与磨具直径有关的最大速度能被保证,试验可以在 1.2 倍的上述最大速度下进行。

注:假设磨具的线速度高于最大可能主轴转速的 20%或由安全限制最大主轴转速产生的线速度。这个“安全因素”包括如下:

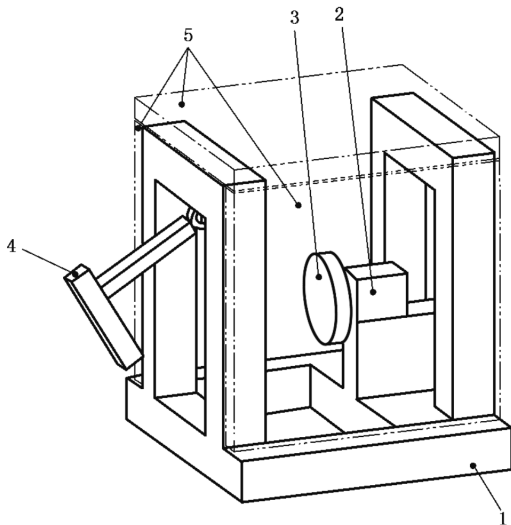
- 样件或防护装置材料的材质特性的离散性;
  - 控制系统处理信息时,由于延时所产生的时间间隔,延迟关闭主轴驱动造成速度/线速度变化的不安全性;
  - “击中”不是应力最危险的情况;
  - 确定冲击的抵御能力所需的试验次数较少;
  - 试验设备的主轴转速确定存在不稳定。
- b) 所使用的磨具其类型(形状、硬度、孔隙率)和质量应与磨床预期使用的磨具相当。磨具存在潜在高风险状况的应尽量采用。
- c) 试验样件应围绕着磨具的飞出方向径向布置。
- d) 如果碎片的质量约为磨具质量的 1/3,则碎片的平动能量最大。应产生约占磨具总质量 1/3 的碎片这可以通过一定的锯切方法制备磨具来实现。
- e) 样件到砂轮主轴之间的距离应与实际磨床上磨具与防护装置之间的距离基本一致。
- f) 试验次数:由于磨具碎片的飞行方向与冲击位置具有一定的巧合性,要经过试验(例如借助高速摄影装置),如试验样件表面上至少被 1/3 的碎片击中。如未出现这样的情况,试验应重新进行。为增加击中的可能性,每次试验可以在飞行方向上准备几个样件。

##### B.2.3 试验设备

试验设备(见图 B.1)主要由具有磨具夹持装置的动力驱动主轴构成,这个动力驱动主轴可以使磨具加速至所需的速度或线速度。

速度应可测可控。

此外,试验设备有一个激发磨具破碎的装置(如坠落的重物)。试验设备还包括用于固定试验样件的架子。



标引序号说明:

- 1——机体;
- 2——主轴;
- 3——磨具;
- 4——碰撞设备;
- 5——试验样件。

图 B.1

### B.2.4 试验样件

准备使用的材料样品和防护装置都可作为试验样件。

承受冲击的试验样件应与实际磨床在其最薄弱部位的防护装置的材料和组成结构相对应。

如对防护装置两组成部分之间的结合部位进行试验,应按磨具碎片能够直接击中结合部位的方式将试验样件布置在试验设备上。

对于观察窗,不仅仅测试纯冲击抵御能力。另一个要素就是观察窗与周围壁板的连接。

因此,被测试的观察窗应安装在与磨床防护装置结构相对应的框架上,类似于它们安装在实际的机床上一样(尤其考虑材料的交链和元件的固定)。

由于较大的观察窗承受冲击时比较小的观察窗凸起变形更大,因此要求有一个最小重叠部分,对试验用的观察窗,其外部尺寸应与实际磨床上使用的观察窗大致相当,偏差应在 $\pm 15\%$ 范围内。

### B.3 结果

冲击试验之后,试验样件上发现的任何损伤应按如下评定。

#### B.3.1 损伤情况

损伤情况如下:

- a) 撞弯/隆起(无裂缝的永久变形);
- b) 轻微裂痕(仅在一个表面能看到);
- c) 贯穿裂缝(可见裂缝从一个表面扩展到另一个表面);

- d) 穿透(抛射物穿透样件)；
- e) 防护窗从其固定处松动；
- f) 防护装置在其夹持中松动。

#### B.3.2 评定

损伤情况如没有贯穿裂缝或试验样件穿透和没有 B.3.1e) 和 B.3.1f) 类型的损伤则试验通过。

#### B.4 试验报告

试验报告至少应包含下列具体内容：

- a) 试验日期、试验地点和试验机构名称；
- b) 磨具质量、尺寸和强度，碰撞速度和线速度；
- c) 样件的设计、材料和尺寸；
- d) 样件在试验设备上的夹紧或固定方式；
- e) 图形显示的损坏情况的试验结果。

## 附录 C

(资料性)

## 防护装置的冲击试验——抛射冲击

## C.1 通则

本附录规定了为降低零件甩出或工件偏离工作区域的风险而对磨床上使用的防护装置进行的试验。

本附录适用于防护装置所用材料及整个防护装置。

## C.2 试验方法

## C.2.1 原理

这个试验方法适用于没有配置磨具防护罩的磨床并模拟磨具碎片飞出的危险。本试验在于揭示防护装置的强度/抵御能力和/或防护装置材料抗击穿和移动的能力。

用这个试验方法,人为地对防护装置进行抛射冲击来模拟危险情况,冲击能量对应磨具碎片  $134^\circ$  的平动能量。

## C.2.2 试验条件

试验条件如下所示。

- a) 为了确定抛射物的冲击能量,以预期在具有最大潜在危险的机床上使用的磨具作为基础。
- b) 对应  $134^\circ$  磨具碎片的平动能量所具有的冲击能量,由公式(A.4)确定,假设磨具的线速度是相关磨床最大可能主轴转速的 1.2 倍。如果符合 5.12.b)5) 的要求,与磨具直径有关的最大速度能被保证,试验可以在 1.2 倍的上述最大速度下进行。

注:计算抛射的冲击能量,假设磨具的线速度高于最大可能主轴转速的 20%或由安全限制最大主轴转速产生的线速度。这个“安全因素”包括如下:

- 样件或防护装置材料的材质特性的离散性;
- 控制系统处理信息时,由于延时所产生的时间间隔,延迟关闭主轴驱动造成速度/线速度变化的不安全性;
- “击中”不是应力最危险的情况;
- 确定冲击的抵御能力所需的试验次数较少。

- c) 抛射物的质量应按 a) 规定的磨具的  $134^\circ$  碎片的质量。抛射物的直径应与相关磨具的宽度一致。

- d) 抛射物所要求的速度由 b) 确定的平动能量和根据 c) 确定的质量,由公式  $v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$  计算得出。

式中:

$v$  ——抛射物速度(等于冲击速度);

$E$  ——按照 b) 计算的冲击能量;

$m$  ——根据 c) 确定的抛射物质量。

## C.2.3 试验设备

试验设备包括抛射器、抛射物和被试防护装置的夹持设备。

## C.2.3.1 抛射器

抛射器由压缩空气罐和带法兰的抛射管组成(见图 C.1),压缩空气经由气阀送出,推动抛射物加速

射向试验目标。气源来自压缩空气。抛射物速度由气体压力控制。驱动单元应使抛射物加速到给定冲击速度的 $\pm 5\%$ 。

抛射物速度的测量由靠近抛射管出口的适当的测速仪完成,比如使用接近传感器或光电元件。

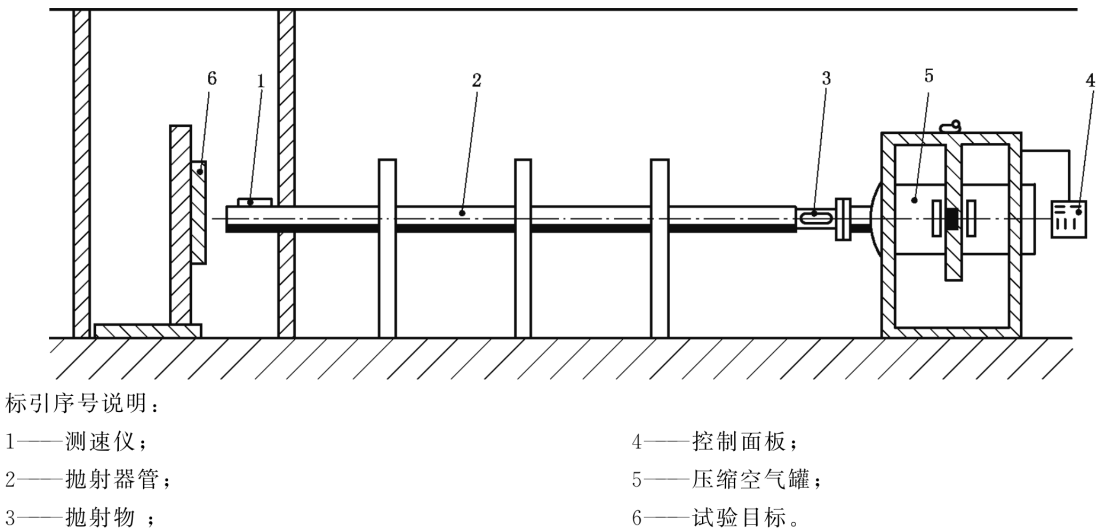


图 C.1

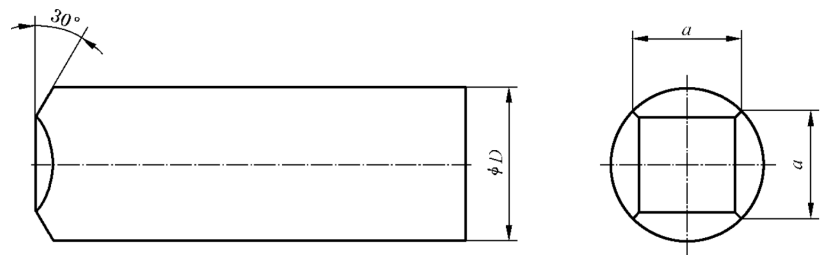
C.2.3.2 抛射物

图 C.2 和表 C.1 给出了标准抛射物的形状、质量和尺寸。

抛射物材料、质量和形状的规格由下列因素决定:

- 对应于磨具材料的抛射物材质规定见 C.2.2.a);
- 抛射物质量和直径应按 C.2.2.c) 规定;
- 抛射物前端面如图 C.2 和表 C.1 规定。

如果抛射物相关参数与表 C.1 规定的标准抛射物一致,那么可用此抛射物进行试验。否则,抛射物要重新确定几何尺寸减少和增大。



抛射物淬硬至  $HCR56^{+4}_0$ , 深度至少 0.5 mm。

图 C.2

表 C.1 抛射物质量和尺寸

| 抛射物                  |                 |                                       |
|----------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 质量<br>$m$<br>kg      | 直径<br>$D$<br>mm | 前端面<br>$a \times a$<br>mm $\times$ mm |
| 0.625<br>1.25<br>2.5 | 30              | 19 $\times$ 19                        |
|                      | 30              | 19 $\times$ 19                        |
|                      | 40              | 25 $\times$ 25                        |
|                      | 50              | 30 $\times$ 30                        |
|                      | 30              | 19 $\times$ 19                        |
|                      | 50              | 30 $\times$ 30                        |
|                      | 60              | 38 $\times$ 38                        |
|                      | 70              | 45 $\times$ 45                        |

C.2.3.3 速度测量

抛射物的速度应在不再加速的位置(即离开抛射管或在气动压力已经处于适当释放状态)进行测量。速度测量应使用接近式传感器、光电元件或其他等效方法,在一给定距离进行。

C.2.3.4 试验中防护装置的夹持

用防护装置和/或防护装置材料的样品进行试验。防护装置的夹持应等效于其在机床上的安装状况。对于试验防护装置的材料,可采用样件,固定在有 450 mm $\times$ 450 mm 方孔的框架上,框架应有足够的刚性。样件安装应采用非正面夹紧。

C.2.4 试验过程

为评估防护装置的抵御等级,抛射物应正对样件冲击,冲击点应正对中心并尽可能垂直其表面。为了获得等同于真实机床防护装置试验的效果,应选择防护装置最薄弱的部分进行试验。

C.3 试验结果

试验之后,防护装置或材料样件上发现的任何损伤应按如下评定。

C.3.1 损伤情况

损伤情况如下:

- a) 撞弯/隆起(无裂缝的永久变形);
- b) 轻微裂缝(仅在一个表面能看到);
- c) 贯穿裂缝(裂缝从一个表面扩展到另一个表面);
- d) 穿透(抛射物穿透样件);
- e) 防护窗从其固定处松动;
- f) 防护装置在其夹持中松动。

C.3.2 评定

损伤情况如没有贯穿裂缝或试验样件穿透和没有 C.3.1e)和 C.3.1f)类型的损伤则试验通过。

#### C.4 试验报告

试验报告至少应包含下列具体内容：

- a) 试验日期、试验地点和试验机构名称；
- b) 抛射物质量、尺寸和速度；
- c) 机床制造厂、型号、最大直径、最高主轴转速、磨具的质量和尺寸，如有缺失，上述冲击试验重做；
- d) 样件的设计、材料和尺寸；
- e) 样件夹紧或固定方式；
- f) 抛射物的冲击方向和冲击点；
- g) 试验结果。

## 附录 D

(规范性)

## 磨具的夹紧方法及夹持装置的安全要求

## D.1 通则

下列内容涵盖磨床上用于磨具安装的一些装置的安全要求。

## D.2 夹紧方法

夹紧方法示例如下：

- 通过法兰安装。见图 D.7~图 D.15。
- 通过插入螺帽安装。见图 D.13~图 D.15。
- 通过在磨具外侧的夹紧环或夹头工具安装。见图 D.16。
- 通过粘合在后面的支承板安装。见图 D.17 和图 D.18。
- 通过部分安装在装夹夹紧器具上安装。见图 D.19 和图 D.20。

## D.3 一般要求

夹紧装置应可在最小的夹紧力时传递最大的工作转矩。应满足下列一般要求：

- 设计法兰应确保在夹紧时接触面垂直于旋转轴线(类型 4 的锥形砂轮除外)。
- 夹紧力应均匀分布在整個夹紧面上。接触面应平坦没有毛刺。与旋转轴线的同心度误差应小于 0.02 mm。
- 槽口应在夹紧区域的內径处。槽口最小应为 1 mm,对于磨具孔径  $H > 0.2D$  最小为 4 mm。
- 夹紧装置标注应符合 D.4.4。

## D.4 法兰的设计

## D.4.1 夹紧力和拧紧力矩

尺寸大小可以很方便地使用有限元法(FEM)或其他等效方法进行设计。另外也可按照 D.4.2 导则设计。

## D.4.2 外部夹紧直径、径向宽度和罩盖

法兰的外径  $D_F$  应符合表 D.1 至表 D.3,它随磨具的性能、机床的型式和最高工作速度而变化。此外,对于安装大孔径磨具( $H > 0.2D$ )的夹紧法兰(见图 D.1,图中  $T$  为磨具宽度)还应确保至少磨具径向宽度  $M$  的  $1/6$  被夹紧法兰所覆盖(即  $R \geq 0.17M$ );对于安装小孔径磨具( $H \leq 0.2D$ )的直槽法兰(见图 D.2,图中  $T$  为磨具宽度)环形接触区域宽度  $R$  应至少有法兰直径的  $1/6$ (即  $R \geq 0.17D_F$ )。

如图 D.1 所示夹紧法兰的设计可参考 GB/T 21013。

表 D.1 带有陶瓷孔芯的粘结磨具和超硬磨具法兰直径(切割砂轮除外)

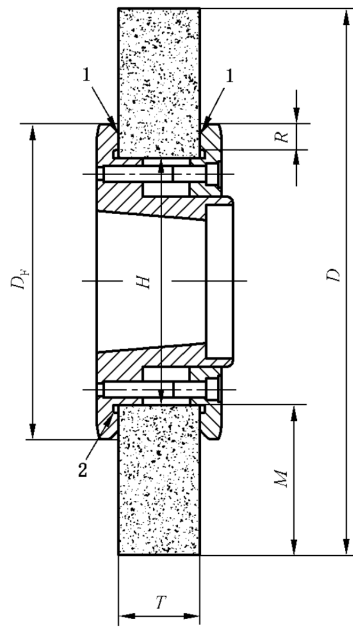
| 机床型式  | 磨具                    |                  |     | 最高工作速度 $v_s$<br>m/s | 法兰外径 $D_F$<br>mm         |
|---|-----------------------|------------------|-----|---------------------|--------------------------|
|   | 类型                    | 尺寸<br>mm         | 结合剂 |                     |                          |
| 固定式磨床   | 平砂轮，<br>碟形砂轮，<br>碗形砂轮 | $H\leqslant0.2D$ | 全部  | 全部                  | $\geqslant0.33D$         |
|   |                       | $H>0.2D$         |     |                     | $\geqslant H+2(0.17M)^a$ |
| $D$ —— 磨具外径；<br>$H$ —— 磨具孔径；<br>$M$ —— 磨具的径向宽度 $\left(\frac{D-H}{2}\right)$ 。 |                       |                  |     |                     |                          |
| <sup>a</sup> 见 GB/T 21013。  |                       |                  |     |                     |                          |

表 D.2 粘结磨具切割砂轮法兰直径

| 机床型式        | 磨具           |              |       | 最高工作速度 $v_s$<br>m/s | 法兰外径 $D_F$<br>mm     |
|-------------|--------------|--------------|-------|---------------------|----------------------|
|             | 类型           | 尺寸<br>mm     | 结合剂   |                     |                      |
| 固定式切割<br>机床 | 平切割砂轮        | $D \leq 800$ | B, BF | $\leq 63$           | $\geq 0.2D$          |
|             |              |              |       | 80, 100             | $\geq 0.25D$         |
|             |              |              |       | 125                 | $\geq 0.33D$         |
|             |              | $D > 800$    | BF    | $\leq 63$           | $\geq 0.2D$          |
|             |              |              |       | 80, 100, 125        | $\geq 0.33D$         |
|             | 凹心切割砂轮       | $D$ (全部)     | BF    | $\leq 100$          | $\geq 0.25D$         |
| 悬架式切割<br>机床 | 平和凹心切割<br>砂轮 | $D \leq 600$ | BF    | $\leq 80$           | 至少<br>$H + 2(0.17M)$ |

表 D.3 带有金属孔芯超级磨具切割轮法兰直径

| 机床型式        | 磨具     |                       |      | 最高工作速度 $v_s$<br>m/s | 法兰外径 $D_F$<br>mm       |
|-------------|--------|-----------------------|------|---------------------|------------------------|
|             | 类型     | 尺寸<br>mm              | 结合剂  |                     |                        |
| 固定式切割<br>机床 | 直线切割砂轮 | $D \leq 600$          | G, M | $\leq 200$          | $\geq 0.18D$           |
|             |        |                       | B    | $\leq 140$          | 至少 41                  |
|             |        | $600 < D \leq 1\ 500$ | M    | $\leq 125$          | $\geq 0.18D$           |
|             |        | $D > 1\ 500$          |      |                     | $\geq 0.10D$<br>至少 270 |



标引序号说明:

1——柔性垫;

2——切槽。

图 D.1

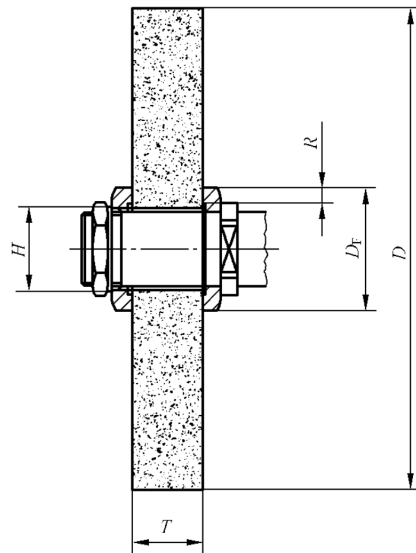


图 D.2

### D.4.3 刚度

#### D.4.3.1 通用要求

法兰应有足够的刚性确保夹紧时力均匀地分布在整個接触面上。当施加试验力  $F_c (\lambda \leq 0.005)$  时夹紧表面平行于支承面,就认为法兰的刚性是足够的。试验步骤见 D.4.3.2。法兰符合 GB/T 21013—

2007 时认为有足够的刚性,因此在这种情况下刚度就不必测量了。

#### D.4.3.2 刚度测量方法

施加试验力  $F_C$  其值应与制造厂计算的夹紧力相符并考虑磨具的特性。

测量方法如下。

- a) 将法兰放到测量平台上(平面度允差 0.01/100),接触面触及测量平台。
- b) 放两个指示表,一个法向于凹处直径,另一个距离外径 1 mm ( $D_F \leq 200$  mm) 或 2 mm ( $D_F > 200$  mm)。
- c) 用平的衬垫提供类似的接触表面并用螺帽或多螺纹夹紧法兰(见注释):  
——施加试验力  $F_C$ ;  
——力逐渐减少至预加载数值,该值为试验力的 1/10,将千分表调零;  
——对于带有多螺纹系统的轮毂法兰,法兰垂直于螺纹方向放置销钉来传递载荷。
- d) 记住千分表指示的位移数值  $C_1$  和  $C_2$ ,  $F_C$  为试验力(图 D.3)。

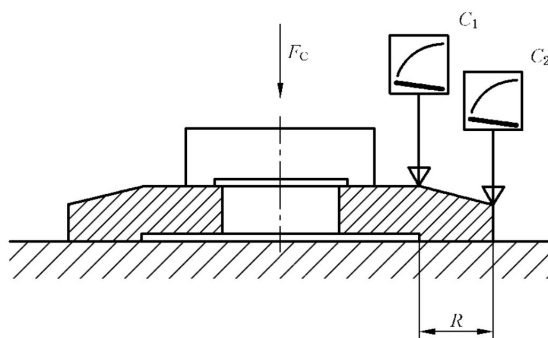


图 D.3

- e) 去除试验力,维持预加载状态。千分表指针应返回到零位。
- f) 在相隔 120° 位置分别进行测量,共计 3 次。
- g) 计算比值:

$$\lambda = \frac{|C_1 - C_2|}{R}$$

式中:

$C_1$ 、 $C_2$  和  $R$  单位为毫米。

#### D.4.4 法兰的标志

磨具外径  $D > 200$  mm, 法兰上应有以下标注,即使磨具安装后应仍清晰可见:

- 磨具最大外径  $D$ ;
- 磨具最大和最小宽度  $T$ ;
- 磨具孔直径  $H$ 。

#### D.5 采用夹紧芯轴安装磨具的装置

##### D.5.1 对中螺纹芯轴

采用对中螺纹芯轴安装的支承法兰应与磨具有平坦的接触面。旋转轴线的径向跳动误差应不大于 0.02 mm。

对于安装平砂轮和锥杯形砂轮的支承法兰的外径  $D_F$  应至少为磨具最大外径的 0.33 倍,即  $0.33D$  (图 D.4)。插入主轴用于安装磨具的弹簧夹头在夹紧时其直径和长度应有标注。应确保与夹紧主轴有足够的同心度。采用 D.5.2 所述的试验方法其径向跳动误差未超过表 D.4 的允差即认为同心度达到要求。

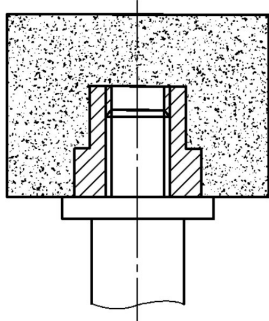


图 D.4

D.5.2 弹簧夹头径向跳动误差测量方法

将弹簧夹头放入试验主轴,试验棒 h5 放入弹簧夹头(图 D.5)。

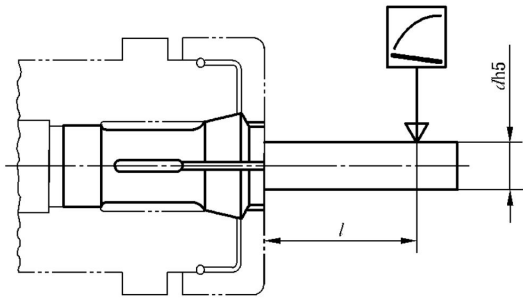


图 D.5

试验轴的径向跳动误差在距夹紧位置  $l$  (试验长度)处测得,采用千分表,实测值与表中对应数值进行对照。

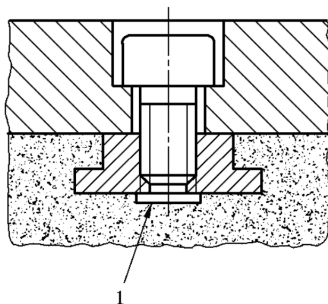
表 D.4 弹簧夹头径向跳动允差

| 夹紧直径<br>mm | 试验长度 $l$<br>mm | 径向跳动允差<br>mm |
|------------|----------------|--------------|
| 大于 1.6~3   | 10             | 0.02         |
| 大于 3~6     | 16             | 0.02         |
| 大于 6~10    | 25             | 0.02         |
| 大于 10~18   | 40             | 0.03         |

D.5.3 磨具芯轴型号 2、35、36、37(见 EN 12413)与磨具对照

磨具芯轴螺帽应与钢质底板充分接触,螺栓的引导部分在芯轴螺帽处不应发生弯曲或破裂。螺栓端部不应到达芯轴螺帽的底部或接触到磨具。总之,螺栓与芯轴螺帽底部/磨具应有适当的间隙。螺母

与螺栓的正确配合见图 D.6。



标引序号说明：

1——螺栓端部不应到达芯轴螺帽的底部。

图 D.6

图 D.7~图 D.19 显示了磨具夹紧方式的各种示例。

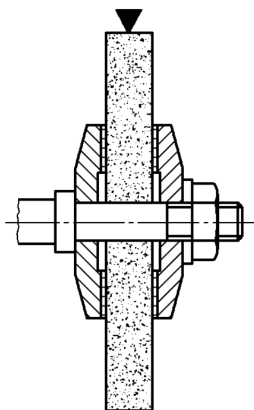


图 D.7

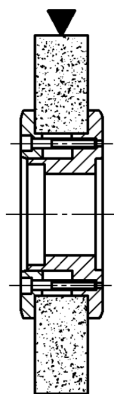


图 D.8

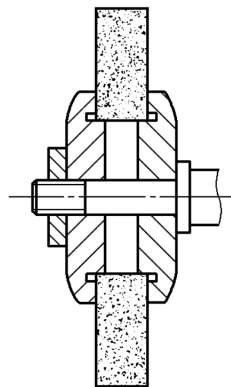


图 D.9

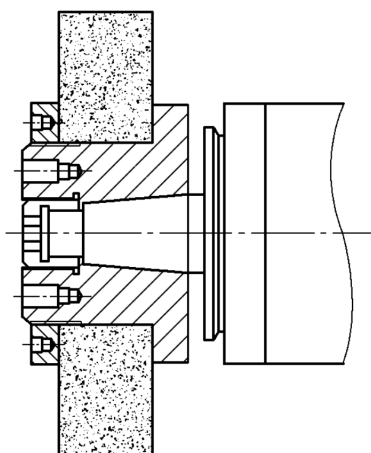


图 D.10

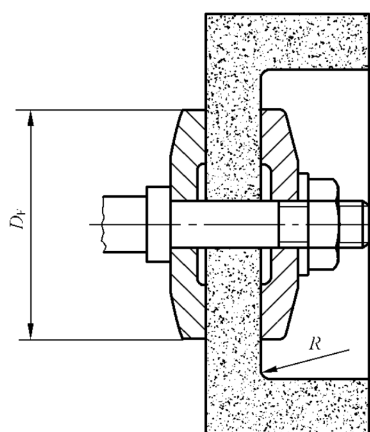
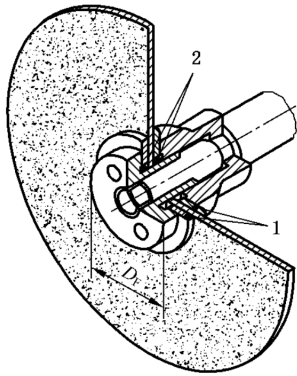
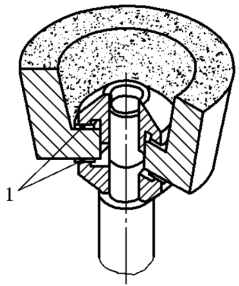


图 D.11



标引序号说明：  
1——中间层；  
2——槽。

图 D.12



标引序号说明：  
1 ——中间层。

图 D.13

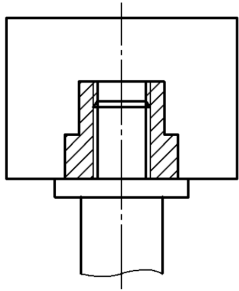
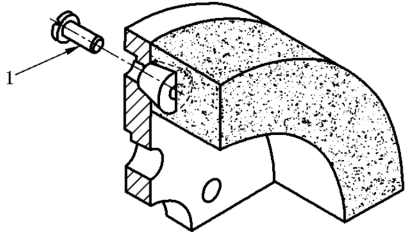
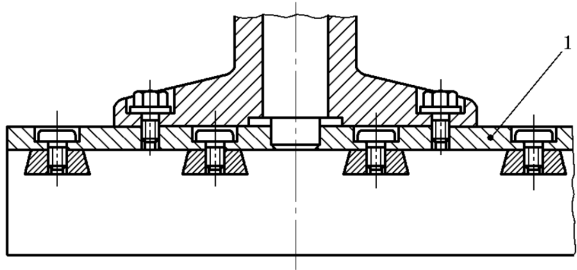


图 D.14



标引序号说明：  
1——螺栓端部不应到达磨具的底部。

图 D.15



标引序号说明：  
1——底板。

图 D.16

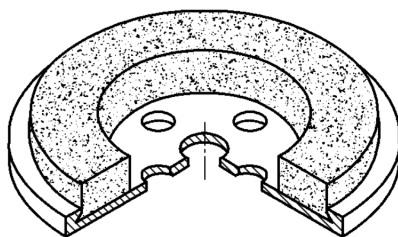
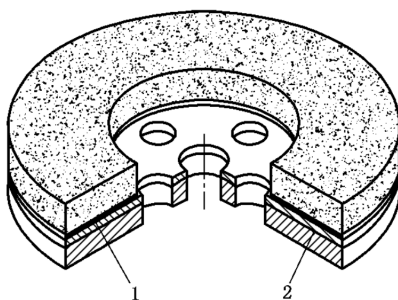


图 D.17

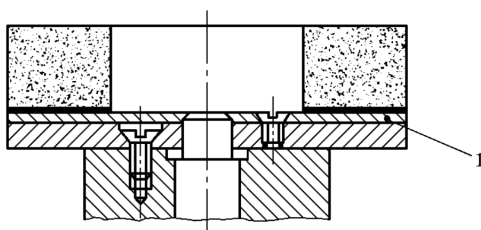


标引序号说明：

1——底板；

2——粘结剂。

图 D.18



标引序号说明：

1——粘结剂。

图 D.19

图 D.20 和图 D.21 显示了多段式磨具的例子。

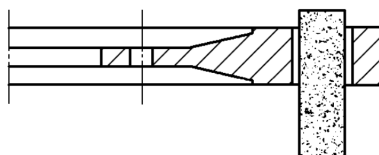


图 D.20

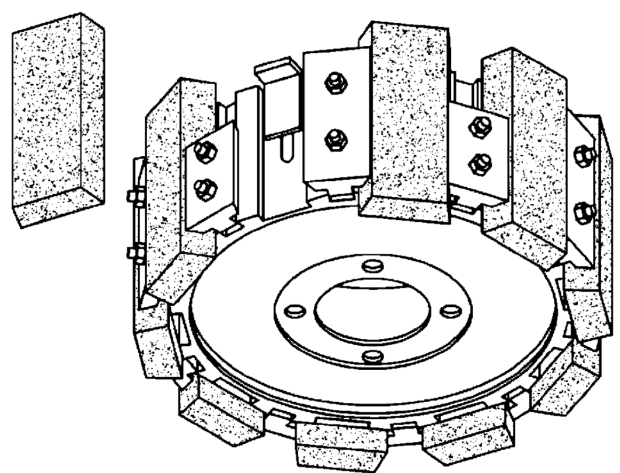


图 D.21

## 附录 E

(资料性)

## 噪声抑制

下列条目包含在设计阶段降低噪声传播采取措施的实际示例,不过并不详尽。制造厂在噪声控制方面可采取其他类似的或更高效的措施。

降低噪声可采取以下措施:

——防止振动

使用经过平衡的刀具并对刀具进行有效支承,如,采用刚性强外径大的法兰支承。

——防止振动传播

如果改进结构后振动还是不可避免,那么可采取隔离措施,降低振动向周围环境的传播。

——降低流体噪声

在气体出口处或对气体降压处理时,加装气体消声器(如使用压缩空气进行气动控制)。

使用多孔喷嘴控制压缩空气(如刀具和工件夹紧部件的清理)。

——防止气体涡流

高速转动部件的气动设计(如封闭表面)如有可能,应防止涡流及其高频啸叫声。

——抑制声音传播

声音隔离/衰减的封闭措施能降低声音从声源向周围环境的传播。即可以封闭整台机床或者封闭个别噪声源(例如液压单元、加工区域、驱动电机)。

封闭的效果应考虑减少开口,如空气入口或出口,装载和卸载的开口通道。

降低声音传播也可采用局部封闭。吸声材料放置于围绕噪声源的机床封闭的内表面(如围绕滚筒轴的机床箱体的内表面)。

**附 录 F**  
**(资料性)**  
**噪 声 确 定**

**F.1 方法**

机床声压级和声功率级测定的一般说明和基本测量步骤见 GB/T 17421.5。

作为环境修正系数  $K_2$ ，采用反射面方法测量声功率级应符合 GB/T 3767 或 GB/T 3768。在工作位置测量声压级应符合 GB/T 17248.2、GB/T 17248.3 或 GB/T 17248.5。所处位置不同噪声也不同，在机床使用说明书应直接指出机床附近噪声测量位置，包括操作者工作位置。

**F.2 操作条件**

本文件未涉及磨床噪声测量的具体操作条件。这些操作条件以后将会包含在本文件的专门附录中。在这些技术要求发布前，制造厂提供的噪声测量结果应详细说明操作条件和使用的磨具以及工件。

在几种常见操作条件下进行噪声测量是可行的。在标准规定适宜的技术要求颁布之前，测量至少应在“空载”运行模式，即下列条件：

- 磨具最高运行速度；
- 坐标轴允许最高速度；
- 最大冷却压力或流量；
- 最大抽气排风功率。

除此之外：

- 所有的辅助设备(如排屑器、冷却系统、液压系统和润滑系统)在测量时都应工作；并
- 所有的防护装置，尤其那些与机床一起交付的，在设计上用于降低噪声的设备，测量时均应安装并应处于“防护”位置。

在工作位置声压级测量和声功率级测量，都应保证同样的安装和运行条件。

**注：**本文件尚未详述所获取的磨床噪声测量值，目前为止，还没有就执行 GB/T 22156 中如何系统地记录、采集和评定测量数据等方面提供任何信息。

## 附录 G

(规范性)

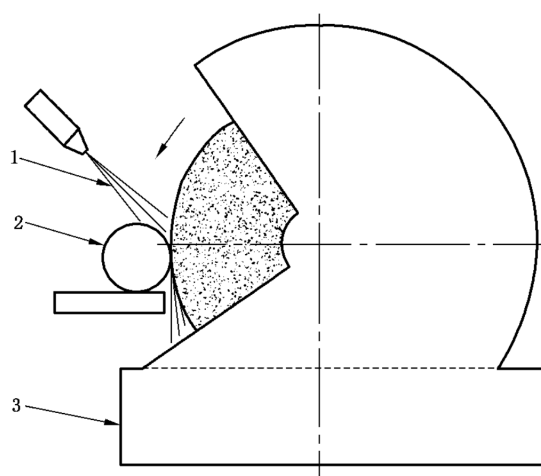
## 对加工易燃材料和产生易爆粉尘磨床的要求

## G.1 湿磨设备(见图 G.1)

机床应配备供水或其他适当的金属切削液并将其喷向加工部位。金属切削液回路流量大小应确保任何时刻在加工点都有足够的流量。

如金属切削液未处于正常工作状态应无法起动砂轮主轴。

在 MSO 1(安全操作模式 1),如金属切削液供给不充足加工过程应以适当的方式停止。



标引序号说明:

1——金属切削液;

2——工件;

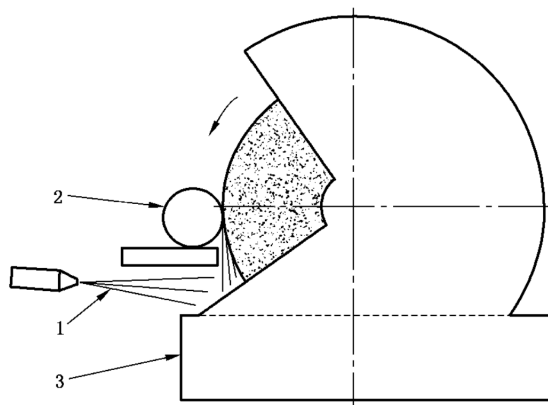
3——积液箱。

图 G.1

## G.2 干磨设备通过瞬间增湿产生湿性沉降(见图 G.2)

机床应配备水或其他适当的金属切削液供给设备在磨削点下面尘屑产生时直接对其湿化,这样尘屑被集中,湿化并在那里收集。金属切削液或水的回路流量大小应确保任何时刻湿化处理都有足够的液流供给。

如金属切削液未处于正常工作状态应无法起动砂轮主轴。



标引序号说明：

- 1——金属切削液；
- 2——工件；
- 3——积液箱。

图 G.2

**G.3 干磨设备通过湿型收集系统产生湿沉降(见图 G.3)**

机床在加工点应配有吸尘设备直接吸取干磨产生的尘屑并采用适当装备湿化这些吸取的尘屑。

机床从设计上及结构上应防止加工区域产生尘屑的聚积。

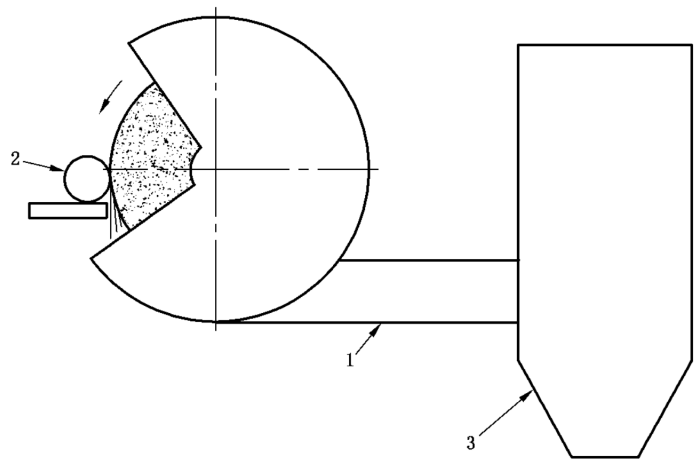
湿型收集系统应确保使用充足的冲洗水对尘屑湿化处理。在收集系统内部应防止尘屑结块和聚积。即使在收集系统停顿期间也应避免有害的氢气/空气混合物聚积。

如吸尘或湿化处理未处于正常工作状态应无法起动砂轮主轴。

如吸尘和湿化处理不充足加工过程应以适当的方式停止。

气流速度 20 m/s 应作为构造吸尘设备安全吸除磨削尘屑的基本要求。

吸尘风机应置于空气清洁的地方并在磨削停止后继续工作以避免磨削尘屑在管道内沉积。



标引序号说明：

- 1——抽取设备；
- 2——工件；
- 3——湿型收集系统。

图 G.3

附录 H

(资料性)

使用易燃金属加工切削液所采取的措施

H.1 选择低挥发金属加工切削液

金属加工切削液中若含有超过 15% 的油质会引起火苗或爆燃的危险。

通过选择不溶于水的低挥发金属加工切削液，会在机床内部有效减少悬浮微粒和蒸汽的形成。低挥发性金属加工切削液有下列特性：

- 以低挥发矿物油或合成酯和/或专用液为主；
- 添加防雾剂。

低挥发金属加工切削液的选择、特性介绍、黏度等级和加工工艺由表 H.1 给出。

表 H.1 不溶于水的金属加工切削液特性

| 趋势            | 按照 GB/T 3141—1994 的黏度等级 | 在 40 ℃ 时<br>黏度 mm <sup>2</sup> /s | 对于 GB/T 3536—2008 燃点<br>(克利夫兰开杯法)<br>℃ | 在 250 ℃ 时的挥发损失<br>(Noack 法) % | 加工工艺<br>(举例)                    |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------------|
| 火苗和爆燃的危险<br>↓ | ISO VG 5                | 4.14~5.06                         | >120                                   | <85                           | 珩磨、磨削、深孔钻、车削、铣削、钻削、螺纹加工、螺纹扩孔、拉削 |
|               | ISO VG 7                | 6.12~7.48                         | >145                                   | <80                           |                                 |
|               | ISO VG 10               | 9~11                              | >155                                   | <60                           |                                 |
|               | ISO VG 15               | 13.5~16.5                         | >190                                   | <25                           |                                 |
|               | ISO VG 22               | 19.8~24.2                         | >200                                   | <15                           |                                 |
|               | ISO VG 32               | 28.8~35.2                         | >210                                   | <13                           |                                 |
|               | ISO VG 46               | 41.4~50.6                         | >220                                   | <11                           |                                 |

一般来说，在加工工艺所要求黏度的情况下首选择发性最小并燃点最高的金属加工切削液。

H.2 迷宫式密封防火结构

在机床的入口处采用合适的迷宫式密封几乎可以完全防止火焰从出口蔓延至工作区域。多次改变火焰传播方向的迷宫式密封其最大间隙宽度≤2 mm 的结构可获得最好的效果。

防火迷宫的构造原则：

- 在机床内部空间压力突然增加时，间隙变得狭窄；
- 狭窄处的间隙宽度最大为 2 mm；
- 改变气流方向至少 2×180°；
- 间隙可调；
- 不使用易燃材料；
- 出口方向不直接对着操作人员；
- 采用适当的方式防止剪切和挤压(如，边缘防护)。

图 H.1 显示迷宫式密封对进口处用一系列串联方式多次改变方向和阻止火焰扩散的作用原理。

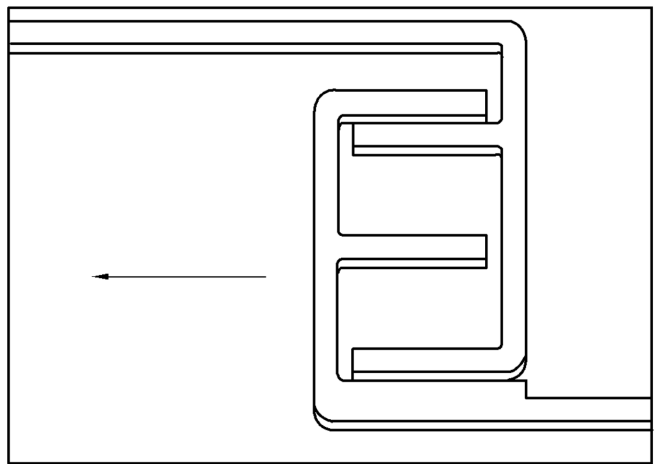
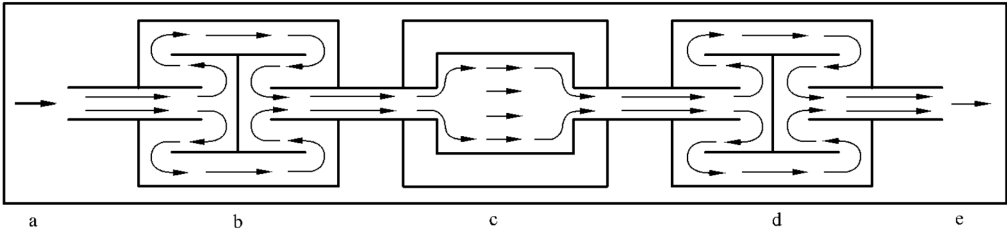


图 H.1

**H.3 防止火焰进入吸排系统**

在吸排系统开口处前面放置隔板并结合在吸排管道中使用适当的火焰消除器可以避免火焰进入（中心）吸排系统。

图 H.2 显示火焰消除器通过对进入的火焰扩散并多次改变方向的作用原理。



标引序号说明：

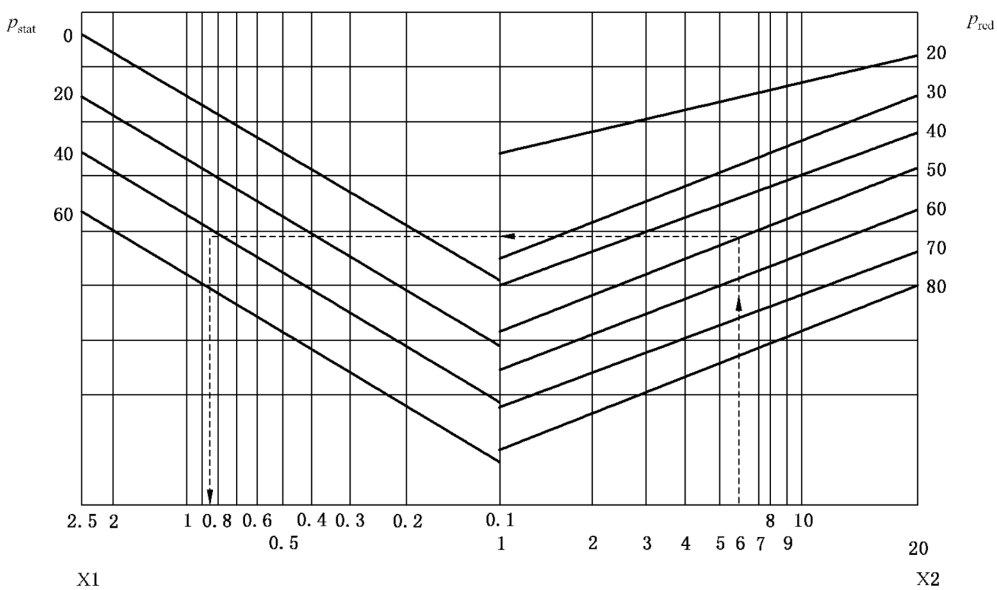
- a —— 进气；
- b —— 改变方向；
- c —— 扩展；
- d —— 改变方向；
- e —— 排气。

图 H.2

**H.4 泄压面大小设计**

取决于密封工作区域的耐压性，泄压设备的集成能将爆炸压力限定在非危险范围并将火焰直接朝非危险方向排出（例如，泄压设备在机床顶部）。

必要的泄压设备和泄压面尺寸大小由图 H.3（爆炸泄压-要求表面评估图解）确定。对此，密封工作区域的容积是在右面部分。找出在密封工作区域最大降低爆炸压力  $p_{red}$  所代表的线与水平线的交线，然后沿水平线找出与选择的泄压设备静态响应压力  $p_{stat}$  所代表的线的交点。要求的泄压面尺寸可在 X 轴查出。自然的外壳开口，例如，进气开口，可考虑响应压力在 0 Pa 时的消耗量。



标引序号说明：

$p_{\text{stat}}$  —— 静态响应压力，单位 hPa；

$p_{\text{red}}$  —— 最大降低爆炸压力，单位 hPa；

$X_1$  —— 泄压面，单位  $\text{m}^2$ ；

$X_2$  —— 密封工作区域容积，单位  $\text{m}^3$ 。

注：图 H.3 在填充度为 5% 时有效。

图 H.3

附录 I  
(资料性)

使用易燃金属加工切削液采取排风和灭火组合措施的实例

监控金属加工切削液与吸排系统的工作状况是机床安全的重要环节。  
火情检测后的安全措施取决于使用吸排系统的类型(集中型或独立型)。

- a) 对于集中型自动吸排系统：
- 1) 加工立即停止(不管有无受控的刀具回退功能)；
  - 2) 通过关闭设备的挡板或阀门(排气阀)熄灭窜入吸排系统的火焰；进入吸排系统管道的着火微粒难以避免；
  - 3) 立即启动灭火程序；
  - 4) 停止金属加工切削液供给；
  - 5) 尽可能使集中型吸排系统继续运行。
- b) 对于独立型吸排系统(通常在机床顶部)：
- 1) 加工立即停止(不管有无受控的刀具回退功能)；
  - 2) 关停独立型吸排系统；
  - 3) 立即启动灭火程序；
  - 4) 停止金属加工切削液供给。

为了执行上述安全措施,磨床的控制系统,吸排系统和灭火系统应有适当的接口(见图 I.1)。

注 1: 如要求磨床配备自动灭火系统,图 I.1 显示磨床控制系统与灭火系统之间接口的实例。  
注 2: 这些防火和灭火的安全措施对于加工易燃材料如镁或钛来说并不充分。对于这些材料,应采取专门措施。

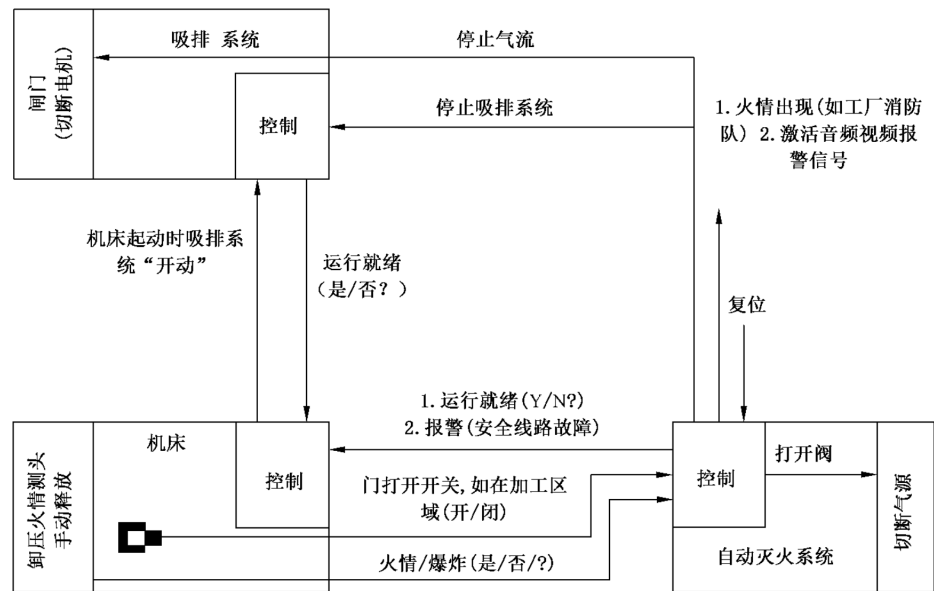


图 I.1

附录 J  
(资料性)

功能安全——砂轮主轴转速限制监控的实例

J.1 通用要求

在 5.12b)5), 规定要求  $PL_r=d$  和类别 3。为更全面的考虑问题, 显然需要定义三个独立的安全功能, 旨在验证系统与上述要求的相符性。由此就产生了三个单独的量化结果, 基本电气连接线图示例见图 J.1。

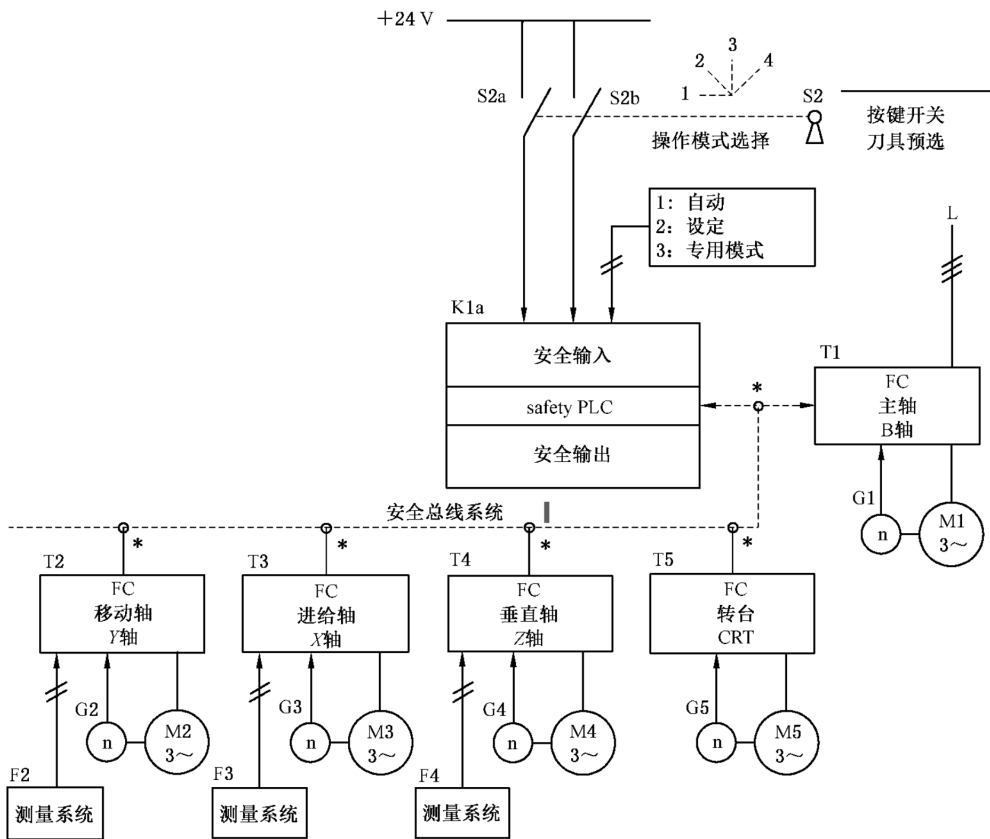
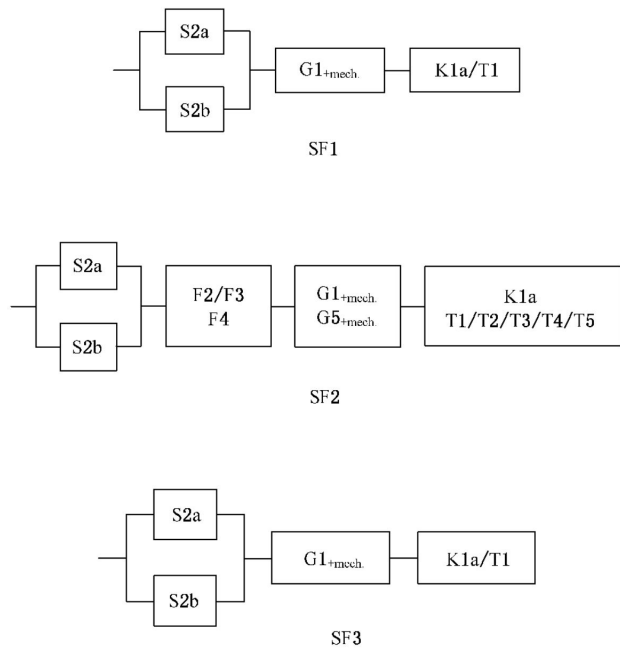


图 J.1

J.2 安全功能

安全 PLC(K1a)和 FCT<sub>n</sub> 结合为技术单元。某一时刻, 安全 PLC(K1a)与某个 FCT<sub>n</sub> 相结合就形成了双通道条件。其他的安全功能还有, 安全转矩切断功能 STO、安全限速功能 SLS 和安全电子凸轮的集成, 控制系统制造厂应给出其中每一项的性能等级 PL、种类数值以及每小时失效概率 PFH, 安全相关框图示例见图 J.2。



标引序号说明：

SF1——砂轮主轴转速限制；

SF2——降低磨具直径 SUG 限制<sup>a</sup>；

SF3——根据刀具选择情况最大 SUG<sup>b</sup> 限制。

<sup>a</sup> 安全电子凸轮监控在修整位置的修整刀具；

<sup>b</sup> SUG——磨具的线速度。

图 J.2

### J.3 失效概率的计算

失效概率的计算如下所示。

- a) 对于所有安全功能：充足的措施防止共因失效至少 65 点：分开(15)，过电压保护等(15)和环境状况(25+10)。
- b) 操作预选开关 S2 不应引发任何动作。预选开关有 4 位编码并经双通道读入安全 PLC。
- c) 预选开关的  $B_{10d}$  值是  $10^6$  开关次数<sup>1)</sup>。对于每年运行 240 天每天运行超过 16 h 的 4 h 运行循环， $n_{op}=960$  循环/年对电磁触点(例如 S2a)而言，它的平均危险失效时间  $MTTF_d=10\,416$  年。对于子系统 S2(刀具预选开关)而言，若其真实性检查的诊断覆盖率  $DC=99\%$ ，那么它的每小时失效概率 PFH 为  $2.47 \times 10^{-9}/h$ 。
- d) 对于电机与编码器之间的机械轴(包括轴承)  $G1_{mech}$  和  $G5_{mech}$ ，假定无故障。制造厂应提供疲劳强度的证明(参见 GB/T 12668.502—2013 中表 D.19)。
- e) 对于旋转轴编码器 G1 和 G5，每小时失效概率  $PFH=2.6 \times 10^{-9}$  和种类 3<sup>1)</sup> 由制造厂予以说明。
- f) 线性测量系统 F2-F4 的故障率为 1 500 FIT，其对应的平均危险失效时间  $MTTF_d$  为 152 年。由于线性测量系统已被集成在安全控制回路中，并且它的一般故障检测由安全 PLC K1a 完成，所以线性测量系统的诊断覆盖率  $DC=90\%$ 。
- g) 安全控制 K1a 和安全输入/输出模块是按照种类 3 安全器件测试的，因此，其每小时失效概率

1)  $B_{10d}$  或  $MTTF_d$  值是基于制造厂数据。

PFH 为  $2.89 \times 10^{-7}/\text{h}$ 。

- h) 变频器 T1-T5 是控制驱动模块,每个变频器的每小时失效概率 PFH 为  $4.8 \times 10^{-9}/\text{h}$ 。变频器配置有与直线轴和旋转轴运动控制相关的集成安全功能(例如安全运行停止功能 SOS、安全限速功能 SLS 以及 1 类安全停止功能 SS1)。
- i) 子系统 K1a/T1 计算(见 SF1 和 SF3),采用制造厂提供的方法,该子系统每小时失效概率 PFH 为  $3.34 \times 10^{-7}/\text{h}$ 。
- j) 子系统 K1a/T1/T2/T3/T4/T5 计算(见 SF2),采用制造厂提供的方法,该子系统每小时失效概率 PFH 为  $5.14 \times 10^{-7}/\text{h}$ 。
- k) 对于 SF1,计算  $PL=d$  和  $PFH=3.84 \times 10^{-7}/\text{h}$ 。
- l) 对于 SF2,计算  $PL=d$  和  $PFH=9.32 \times 10^{-7}/\text{h}$ 。
- m) 对于 SF3,计算  $PL=d$  和  $PFH=3.84 \times 10^{-7}/\text{h}$ 。

附 录 K

(资料性)

MSO 3(限制操作条件下人工干预可选的专用模式)实例

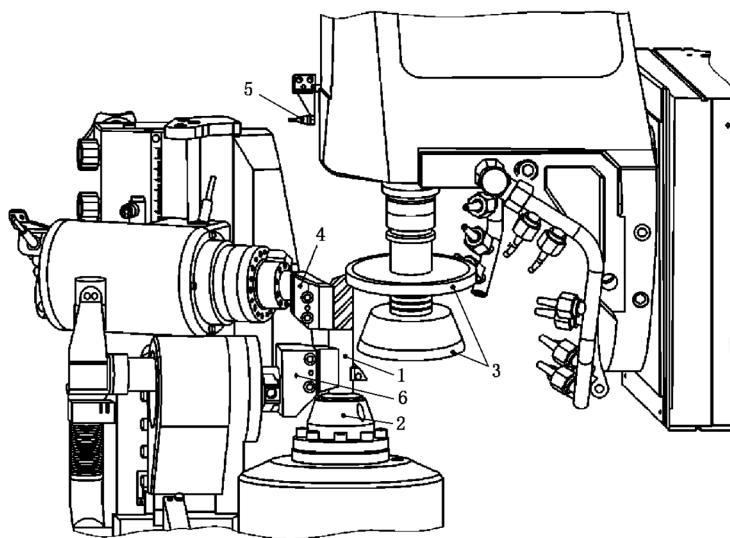
K.1 通用要求

5.2.7.5 叙述在防护打开的情况下执行运行自动程序的基本安全要求。由于使用情况差异很大,完全的防护措施只能通过实例加以说明。当 MSO 3 有其他应用时,至少应保证获得示例中的安全水平。

K.2 例 1:在设定操作时新 NC 程序运行的控制

K.2.1 状态

CNC 工具磨床的铣刀自动加工程序正在调试。除砂轮主轴外,还可安装 3 套磨具,在加工区域有一个测量头。此外,采用了支承工件的辅助设备。为验证新编写的程序可以首次用于该工件。先在工件与刀具之间偏置约 5 mm 的距离。首次运行程序时,调试人员要控制磨具的运行轨迹,确保移动轴不发生碰撞。由于工件几何形状复杂,调试人员应从不同的视角评估整个程序运行的效果。又由于需从不同的视角观察,不太可能使用摄像系统,工具磨床的示例见图 K.1。



标引序号说明:

- 1——工件(端铣);
- 2——夹头;
- 3——砂轮组件;
- 4——支承架;
- 5——测量头;
- 6——凹槽支承。

图 K.1

程序运行时,调试人员可通过速度修调器降低坐标轴运行速度直至停顿。调试时关闭冷却系统。为确保主轴旋转时的同心度,磨具转速设定为 500 r/min( $<16$  m/s)。不需加工工件。

## K.2.2 安全要求实现

为了在防护打开的情况下调试机床的自动运行功能,通过单独的模式选择器(按键开关)选择 MSO 3 方式。

为确保主轴旋转的同心度磨具转速为 500 r/min( $<16$  m/s)。这里,触碰磨具的风险降低到允许的风险范围内。

为防止坐标轴运动带来的危险,在选择 MSO 3 方式并防护打开的情况下,坐标轴应在安全停止或安全运行停止状态。仅在使能装置激活时,坐标轴才能从安全停止/安全运行停止状态转换为允许限速( $<2$  m/min)运行状态。

启动坐标轴自动运行,以及工件主轴旋转( $<50$  r/min)应同时激发起动按钮和使能装置。一只手在使能按钮上,另一只手操作手动倍率修调器。因此,两只手均被限制在危险区域外。

通过手动倍率修调器,坐标轴运行速度可以从 0 m/min(停顿)连续上升至 2 m/min。

为避免跌落到机床内,根据 GB/T 23821—2009 为操作人员设计的具有开口的围栏不得低于 1 100 mm。

由于不需要冷却且冷却系统关闭,所以就不存在危险物质带来的危险或冷却气雾带来的火情危险。

由于没有实际加工,所以噪声水平低于 75 dB(A)。有关电气、生物、热、人类工效学危险、以及振动、供能、辐射、超速、或控制系统故障所造成的危险在第 5 章给出要求。

## K.3 例 2:在移动式工作台上成形导轨的定位和成形砂轮的修整

### K.3.1 状态

封闭式 CNC 平面磨床要求 MSO 3 方式。该磨床用于成形导轨的自动磨削(见图 K.2 和图 K.3)。

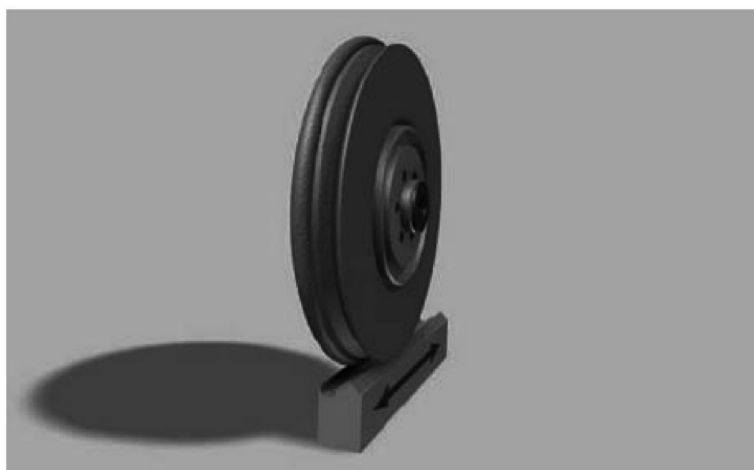


图 K.2

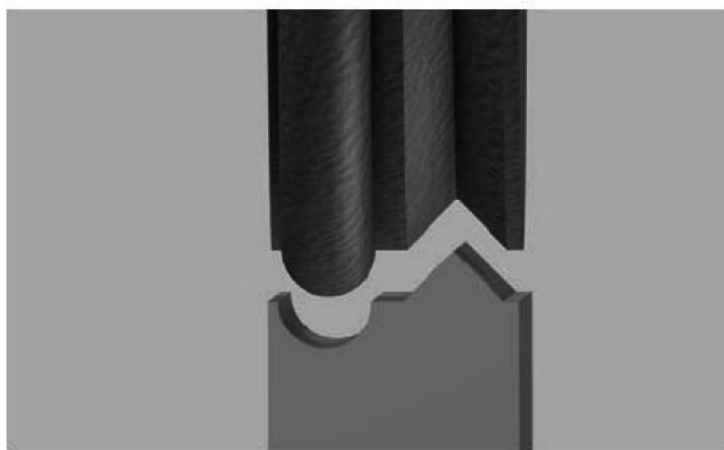


图 K.3

开始磨削之前,工件,比如,初加工成形的导轨应准确就位于移动式工作台上。这种操作也被称为“找正”。为此,为使加工过程始终沿整个导轨运行并视检工件处于准确的位置,工作台应执行自动往复运动。关闭了防护,从操作者位置欲通过视窗观察清楚成形导轨与砂轮之间的轮廓边缘不太可能。在往复磨削成形导轨时,操作人员只能靠听觉来判断整个边缘部分磨削是否均匀。这个过程很有难度,需要有历练,尤其是当成形导轨有塑料涂层,磨削时发出的声音很微弱。当操作人员听出磨削声音在整条成形导轨上并不均匀时,应用速度修调器停止工作台的自动往复运动,重新调整成形导轨的定位。

接下来机床还有另一项任务,就是防护装置打开且处于 MSO3 模式时,自动运行加工程序。即使使用绕轴旋转修整器(见图 K.4 和图 K.5)修成形砂轮轮廓。

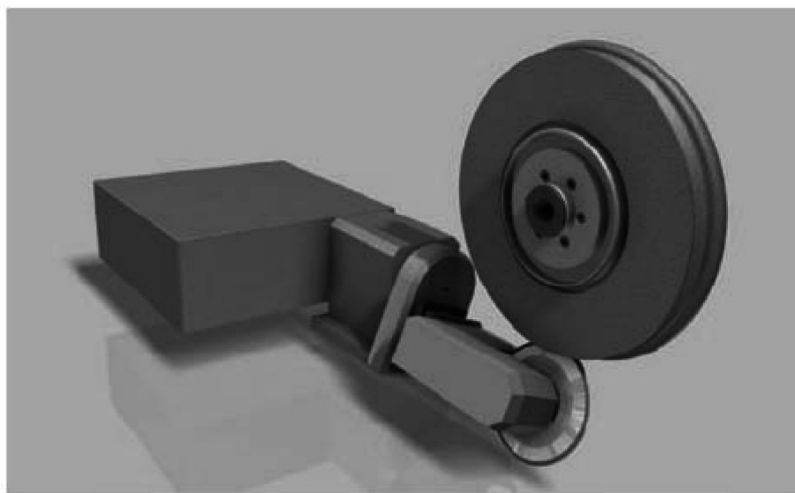


图 K.4

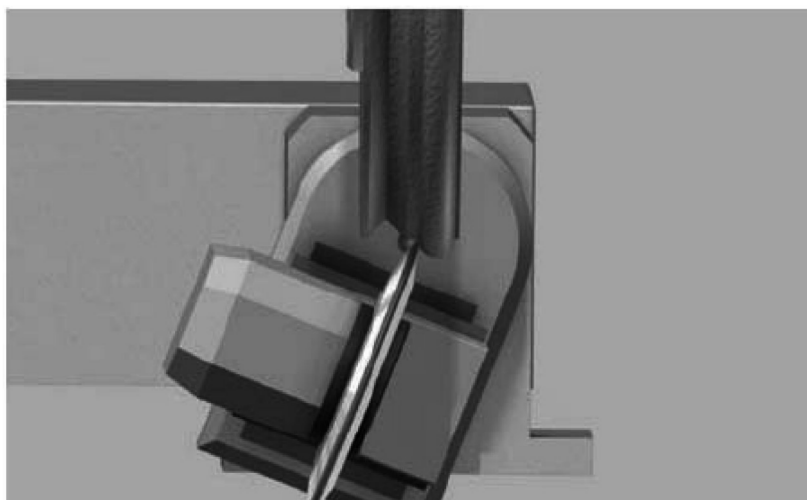


图 K.5

长臂绕轴旋转修整器按所编自动程序执行砂轮修整。运行中,操作人员要检查程序运动轨迹是否与砂轮的实际轮廓相符。在修整过程中,操作人员需根据声音的变化作出判断。

### K.3.2 安全要求的实施

通过独立的模式选择器(按键开关)选择 MSO 3,可以在防护打开情况下使长臂绕轴旋转修整器和工作台按要求自动运行。防护打开时选择 MSO 3 方式,坐标轴处于安全停止或安全运行停止状态。一旦防护关闭时,只有按下起动按钮,程序才能自动运行。程序运行期间防护应保持关闭状态。当使能装置被激活,轴速也已降至安全限速时,防护才可以打开。这样,坐标轴运动引起的危险大为降低。

滚轮能以最高为 16 m/s 的线速度旋转。电镀金刚滚轮修整器最高转速为 2 400 r/min。当其直径为 125 mm 时,对应的线速度约为 16 m/s。这样就降低了触碰砂轮或在砂轮爆裂时由碎片造成的风险。

防护打开时,激活使能装置可使坐标轴从安全停止或运行停止状态转换为  $<2 \text{ m/min}$  的长臂绕轴旋转修整器安全低速运行,工作台往复轴移动速度  $<5 \text{ m/min}$  (行程  $>1 \text{ m}$ )。使能装置未激活、按钮未按下或一直摁着,安全停止或运行停止立刻恢复。

一只手在使能按钮上,另一只手操控倍率修调器或电子手轮。这样,双手均被限制住而不能进入危险区域。

工件台往复移动速度或长臂绕轴旋转修整器的转速通过倍率修调器可以无级调速,但不能超过安全限速。

加工前,借助电子手轮,能使某轴移动(精调)。

通过将冷却润滑油限制到最低限度可减小其带来的危险。调试阶段,若发生砂轮碰触工件的意外情况,应有少量的冷却润滑油以避免工件被烧伤。若冷却润滑油溅到机床的左侧封闭区域难以避免,抽气排风也能发挥作用。操作人员接触到冷却润滑油或冷却润滑油雾并非不可能。

由于限速和磨除量少,所以噪声水平一般低于 70 dB(A)。有关电气、生物、热、人类工效学危险、以及振动、能源供应中断、辐射、超速、或控制系统故障所造成的危险在第 5 章给出要求。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 1348—2019 球墨铸铁件
- [2] GB/T 2484 固结磨具 一般要求
- [3] GB/T 3141—1994 工业液体润滑剂 ISO 粘度分类
- [4] GB/T 3536—2008 石油产品闪点和燃点的测定 克利夫兰开口杯法
- [5] GB/T 3767 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 反射面上方近似自由场的工程法
- [6] GB/T 3768 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法
- [7] GB/T 11253 碳素结构钢冷轧钢板及钢带
- [8] GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件
- [9] GB/T 17248.2 声学 机器和设备发射的噪声 在一个反射面上方可忽略环境修正的近似自由场测定工作位置和其他指定位置的发射声压级
- [10] GB/T 17248.3 声学 机器和设备发射的噪声 采用近似环境修正测定工作位置和其他指定位置的发射声压级
- [11] GB/T 17248.5 声学 机器和设备发射的噪声 采用准确环境修正测定工作位置和其他指定位置的发射声压级
- [12] GB/T 17421.5—2015 机床检验通则 第5部分:噪声发射的确定
- [13] GB/T 19671—2005 机械安全 双手操纵装置 功能状况及设计原则
- [14] GB/T 19876 机械安全 与人体部位接近速度相关的安全防护装置的定位
- [15] GB/T 19891 机械安全 机械设计的卫生要求
- [16] GB/T 21013—2007 机床 紧固平砂轮用砂轮卡盘
- [17] GB/T 22156—2008 声学 机器与设备噪声发射数据的比较方法
- [18] GB/T 23290—2009 机床安全 卡盘的设计和结构安全要求
- [19] GB/T 25631—2010 机械振动 手持式和手导式机械 振动评价规则
- [20] GB/T 35479—2017 超硬磨料制品 金刚石或立方氮化硼磨具 形状总览和标记
- [21] JB/T 7425 超硬磨料制品 金刚石或立方氮化硼磨具技术条件
- [22] ISO 1052 Steels for general engineering purposes
- [23] ISO 3522 Aluminium and aluminium alloys—Castings—Chemical composition and mechanical properties
- [24] ISO 3574 Cold-reduced carbon steel sheet of commercial and drawing qualities
- [25] ISO 6316 Hot-rolled steel strip of structural quality
- [26] ISO 6361-2 Wrought aluminium and aluminium alloys—Sheets, strips and plates—Part 2: Mechanical properties
- [27] ISO 9241(all parts) Ergonomics of human-system interaction
- [28] ISO 13854 Safety of machinery—Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body
- [29] ISO/TR 11688-1 Acoustics—Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment—Part 1: Planning

- [30] ISO 19719, Machine tools—Work holding chucks—Vocabulary
- [31] EN 614-1 Safety of machinery—Ergonomic design principles—Part 1: Terminology and general principles
- [32] EN 614-2 Safety of machinery—Ergonomic design principles—Part 2: Interactions between the design of machinery and work tasks
- [33] EN 894-1 Safety of machinery—Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators—Part 1: General principles for human interactions with displays and control actuators
- [34] EN 894-2 Safety of machinery—Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators—Part 2: Displays
- [35] EN 894-3:2000 Safety of machinery—Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators—Part 3: Control actuators
- [36] EN 894-4 Safety of machinery—Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators—Part 4: Location and arrangement of displays and control actuators
- [37] EN 1005-1 Safety of machinery—Human physical performance—Part 1: Terms and definitions
- [38] EN 1005-2 Safety of machinery—Human physical performance—Part 2: Manual handling of machinery and component parts of machinery
- [39] EN 1005-3 Safety of machinery—Human physical performance—Part 3: Recommended force limits for machinery operation
- [40] EN 1005-4 Safety of machinery—Human physical performance—Part 4: Evaluation of working postures and movements in relation to machinery
- [41] IEC 61029-2-4 Safety of transportable motor-operated electric tools—Part 2-4: particular requirements for bench grinders
- [42] IEC 61029-2-10 Safety of transportable motor-operated electric tools—Part 2-10: Particular requirements for cutting-off grinders
- [43] EN 1127-1 Explosive atmospheres—Explosion prevention and protection—Part 1: Basic concepts and methodology
- [44] EN 12096 Mechanical vibration—Declaration and verification of vibration emission values
- [45] EN 12198-1 Safety of machinery—Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery. Part 1: General principles
- [46] EN 12198-2 Safety of machinery—Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery—Part 2: Radiation emission measurement procedure
- [47] EN 12198-3 Safety of machinery—Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery—Part 3: Reduction of radiation by attenuation or screening
- [48] EN 12413 Safety requirements for bonded abrasive products
- [49] EN 13218:2002 Machine tools—Safety—Stationary grinding machines
- [50] EN 13236 Safety requirements for superabrasive products
- [51] EN 50370-1 Electromagnetic compatibility (EMC)—Product family standard for machine tools—Part 1: Emission
- [52] EN 50370-2 Electromagnetic compatibility (EMC)—Product family standard for machine

tools—Part 2:Immunity

[53] CR 1030-1 Hand-arm vibration—Guidelines for vibration hazards reduction—Part 1:Engineering methods by design of machinery

[54] Mewes D., & Trapp R.-P. Impact Resistance of Materials for Guards on Cutting Machine Tools—Requirements in Future European Safety Standards; International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 6 (2000) Nr. 4, S. 507-520, 8 Lit.

---



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
机床安全 固定式磨床  
GB/T 40330—2021

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2021年5月第一版

\*

书号: 155066 · 1-67901

版权专有 侵权必究



GB/T 40330-2021