



中华人民共和国国家标准

GB/T 5226.34—2020

机械电气安全 机械电气设备 第 34 部分：机床技术条件

Electrical safety of machinery—Electrical equipment of machines—
Part 34: Requirements for machine tools

2020-04-28 发布

2020-11-01 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 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义、缩略语 | 2 |
| 4 基本要求 | 3 |
| 5 引入电源线端接法和切断开关 | 5 |
| 6 电击防护 | 6 |
| 7 电气设备的保护 | 6 |
| 8 等电位联结 | 6 |
| 9 控制电路和控制功能 | 6 |
| 10 操作板和安装在机械上的控制器件 | 8 |
| 11 控制设备的位置、安装和电柜 | 8 |
| 12 导线和电缆 | 8 |
| 13 配线技术 | 8 |
| 14 电动机及有关设备 | 8 |
| 15 插座和照明 | 8 |
| 16 标记、警告标志和参照代号 | 9 |
| 17 技术文件 | 9 |
| 18 验证 | 10 |
| 附录 A (规范性附录) 机床数控系统的安全 | 13 |
| 附录 B (资料性附录) 功能安全说明 | 17 |
| 附录 C (资料性附录) 保护器件的动作电流 | 18 |
| 参考文献 | 20 |

前 言

GB/T 5226《机械电气安全 机械电气设备》分为以下部分：

- 第 1 部分：通用技术条件；
- 第 6 部分：建设机械技术条件；
- 第 7 部分：工业机器人技术条件；
- 第 11 部分：电压高于 1 000 V a.c.或 1 500 V d.c.但不超过 36 kV 的高压设备的技术条件；
- 第 31 部分：缝纫机、缝制单元和缝制系统的特殊安全和 EMC 要求；
- 第 32 部分：起重机械技术条件；
- 第 33 部分：半导体设备技术条件；
- 第 34 部分：机床技术条件；

……

本部分为 GB/T 5226 的第 34 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国工业机械电气系统标准化技术委员会(SAC/TC 231)归口。

本部分起草单位：北京机床研究所有限公司、浙江省机电产品质量检测所、广东产品质量监督检验研究院、浙江凯达机床股份有限公司、科德数控股份有限公司、中国质量认证中心、北京精雕科技集团有限公司、山东莱恩光电科技有限公司、广东今科机床有限公司。

本部分主要起草人：黄祖广、杜量、薛瑞娟、陈建明、黄麟、李志宏、何宇军、蒋峥、王江东、李国学、任壮喜、胡进方、邝锦富、张玉洁。

机械电气安全 机械电气设备

第 34 部分：机床技术条件

1 范围

GB/T 5226 的本部分规定了机床电气设备及系统(简称“电气设备”)安全与验收的技术要求。本部分适用于机床电气设备及系统。

注 1：本部分所指的机床电气设备及系统一般包括金属切削机床、木工机床、锻压机床等的电气设备及系统。

下面给出了机床的示例,但不限于所给出的示例:

- a) 车床(包括:没有数控系统或带有限功能数控系统的手工操作的车床、数控机床、数控车床和车削中心、单或多主轴自动车床);
- b) 铣床(包括:镗床);
- c) 加工中心;
- d) 刨床;
- e) 钻床;
- f) 磨床;
- g) 齿轮加工机床;
- h) 激光加工机床;
- i) 电加工机床(不包括放电电路部分);
- j) 冷金属锯切机床;
- k) 剪板机床;
- l) 液压折弯机床;
- m) 液压、气动压力机床;
- n) 将电能直接作为工具的电路应不在本部分范围之内。

注 2：本部分所指的电气设备包括机床电气设备、电子设备和可编程序电子设备,系统包括电气控制系统和数字控制系统(数控系统)。

注 3：本部分所述的电气设备及系统是从机床电气设备的电源引入处开始的。

注 4：本部分适用的电气设备及系统及其部件,其标称电压不超过 AC 1 000 V 或 DC 1 500 V,额定频率不超过 200 Hz。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 755—2008 旋转电机 定额和性能(IEC 60034-1:2004, IDT)

GB/T 4026—2019 人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子、导体终端和导体的标识(IEC 60445:2017, IDT)

GB/T 4205—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则(IEC 60447:2004, IDT)

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/T 12668.501—2013 调速电气传动 第 5-1 部分:安全要求 电气、热和能量(IEC 61800-5-1:2007, IDT)

GB/T 5226.34—2020

- GB/T 15969.2—2008 可编程序控制器 第2部分:设备要求和测试(IEC 61131-2:2007, IDT)
- GB/T 15969.6—2015 可编程序控制器 第6部分:功能安全(IEC 61131-6:2012, 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 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验(IEC 60664-1:2007, IDT)
- GB/T 18216(所有部分) 交流1 000 V和1 500 直流 V以下低压配电系统电气安全 防护设施的试验、测量或监控设备
- GB/T 18759.3—2009 机械电气设备 开放式数控系统 第3部分:总线接口与通信协议
- GB/T 19660—2005 工业自动化系统与集成 机床数值控制 坐标系和运动命名(ISO 841:2001, IDT)
- GB/T 20438.1—2017 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第1部分:一般要求(IEC 61508-1:2010, IDT)
- GB/T 22663—2008 工业机械电气设备 电磁兼容 机床抗扰度要求
- GB/T 23712—2009 工业机械电气设备 电磁兼容 机床发射限值
- GB/T 24340—2009 工业机械电气图用图形符号
- GB/T 24341—2009 工业机械电气设备 电路图、图解和表的绘制
- GB/T 26675—2011 机床电气、电子和可编程电子控制系统 绝缘电阻试验规范
- GB/T 26676—2011 机床电气、电子和可编程电子控制系统 耐压试验规范
- GB 28526—2012 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(IEC 62061:2005, IDT)
- GB/T 29482.1—2013 工业机械数字控制系统 第1部分:通用技术条件
- ISO 2806:1994 工业自动化系统 机床数字控制 词汇(Industrial automation systems—Numerical control of machines—Vocabulary)

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 5226.1—2019界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

机床 machine tool

非手提式操作的机械,由外部电源驱动及电气/电子系统控制与操作,用于加工固态材料产品。

示例:包括车削、铣削、磨削、钻削、齿轮切削及其他机械加工等有切屑的切削加工,也包括诸如弯曲、锻压等无切屑的成形加工。

注1:机床通常包含电源、电气和电子部件用以驱动和控制一个或多个动力系统实现元件或部件的运动。

注2:改写 GB/T 23712—2009,定义 3.1。

3.1.2

数值控制 numerical control

数控

用数值数据的控制装置,在运行过程中不断地引入数值数据,从而对某一生产过程实现自动控制。

[ISO 2806:1994,定义 2.1.1]

3.1.3

性能等级 performance level

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。

[GB/T 16855.1—2018, 定义 3.1.23]

3.1.4

安全完整性等级 safety integrity level

一种离散的等级(三种可能的等级之一),对应安全完整性值的范围。在这里,安全完整性等级 3 是最高的,安全完整性等级 1 是最低的。

[GB 28526—2012, 定义 3.2.23]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AC: 交流电(Alternating Current)

CNC: 计算机数控(Computerized Numerical Control)

DC: 直流电(Direct Current)

EMC: 电磁兼容性(Electromagnetic Compatibility)

I/O: 输入/输出(Input / Output)

MT: 机床(Machine Tool)

NC: 数值控制, 数控(Numerical Control)

PELV: 保护特低电压(Protective Extra-Low Voltage)

PL: 性能等级(Performance Level)

SIL: 安全完整性等级(Safety Integrity Level)

4 基本要求

4.1 一般原则

机床电气设备及系统安全的一般原则应符合 GB/T 5226.1—2019 中 4.1 的规定。

机床数控系统的安全要求见附录 A。

4.2 电气设备的选择

4.2.1 概述

电气设备和器件应:

- a) 适合于他们预期的用途;
- b) 按供方说明书要求使用;
- c) 符合 GB/T 5226.1—2019 中有关规定。

4.2.2 开关设备

开关设备应符合 GB/T 5226.1—2019 中 4.2.2 的规定。

4.3 电源

电源的设计运行条件、交流电源、直流电源、专用电源系统应符合 GB/T 5226.1—2019 中 4.3 的规定。

4.4 实际工作环境和运行条件

4.4.1 概述

电气设备应适用于其预期使用的实际环境和运行条件。当实际环境和运行条件与下文规定范围不符时,供方需和用户达成必要的协议。

4.4.2 电磁兼容性(EMC)

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

电气设备按 GB/T 22663—2008 及 GB/T 23712—2009 的规定进行抗扰度和/或发射试验,满足下列条件的除外:

- a) 在相关产品标准或通用标准(无产品标准时)规定的预期 EMC 环境中,采用的装置或元件符合 EMC 要求;
- b) 电气安装和布线符合装置和元件供方的要求(电缆、屏蔽、接地等)或已采取降低电磁影响的有效措施见 GB/T 5226.1—2019 中 4.4.2。

4.4.3 环境空气温度

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

机床制造商可根据机床电气设备的使用环境规定使用的最低或最高环境空气温度。

4.4.4 湿度

电气设备使用的湿度应符合 GB/T 5226.1—2019 中 4.4.4 的规定。

4.4.5 海拔

电气设备使用的海拔要求应符合 GB/T 5226.1—2019 中 4.4.5 的规定。

4.4.6 污染

电气设备的污染防治应符合 GB/T 5226.1—2019 中 4.4.6 的规定。

4.4.7 离子和非离子辐射

当电气设备受到微波、紫外线、激光、X 射线辐射时,应采取附加措施,以避免误动作和加速绝缘的老化。

4.4.8 振动、冲击和碰撞

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

4.5 运输和存放

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

注：在低温下易损坏的电气设备包括 PVC 绝缘电缆。

4.6 设备搬运

当运输需要与主机分开或独立于机床的重大电气设备，应提供合适手段供起重机或类似设备操作。

5 引入电源线端接法和切断开关

5.1 引入电源线端接法

把电气设备连接到单一电源上。当一台机床需要几个电气柜(箱)时，电源线连接到其中一个电气柜(箱)的主电源开关，而当其他电气柜(箱)需要电源时，应由该电气柜(箱)的主电源开关引入。

如需要使用其他电压或电源系统来满足电气设备的某些部分，包括电子设备、电磁离合器的供电需求，这些电源宜尽可能通过机床电气设备组成部分的器件，包括变压器、整流器、换能器供电。

除非电气设备采用插头/插座直接连接电源处，否则电源线应直接连到电源切断开关的电源端子上。

使用中线时应在电气设备的安装图和电路图上表示清楚，标记符号 N，并应为中线提供单用绝缘端子。

在电气设备内部，中线(N)和保护联结电路(PE)之间不应相连。

引入电源连接端子均应按 GB/T 4026—2019 中规定进行清晰的标识。

5.2 连接外部保护导线(体)的端子

连接外部保护导线(体)的端子应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.2 的规定。

5.3 电源切断(隔离)开关

5.3.1 概述

机床电气设备应安装电气切断(隔离)开关。

5.3.2 型式

电源切断(隔离)开关应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.3.2 的规定。

5.3.3 技术要求

按 GB/T 5226.1—2019 中 5.3.3 的规定。

5.3.4 电源切断开关的操作装置

电源切断开关的操作装置应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.3.4 的规定。

5.3.5 例外电路

例外电路应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.3.5 的规定。

5.4 防止意外起动的去除动力装置

防止意外起动的去除动力装置应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.4 的规定。

5.5 隔离电气设备的装置

隔离电气设备的装置应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.5 的规定。

5.6 对未经允许、疏忽和错误连接的防护

对未经允许、疏忽和错误连接的防护应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.6 的规定。

6 电击防护

电气设备应具备保护人们免受电击的能力,分为基本防护和故障防护。

电击的基本防护包括用外壳作防护、用绝缘物防护带电体、残余电压的防护、用遮拦的防护、置于伸臂以外的防护或用阻挡物的防护。

故障防护包括出现触摸电压的防护(采用Ⅱ类设备或等效绝缘、采用电气隔离)及用自动切断电源的防护。

另外,还可采用 PELV(保护特低电压)进行电击防护。

以上所述电气设备的电击防护应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 6 章的规定。

7 电气设备的保护

电气设备的保护主要包括:由短路引起的过电流保护、电动机过热保护(过载保护、过流保护、超温保护、限流保护)、异常温度保护(防护)、对电源中断或电压降落随后复原的保护、电动机的超速保护、附加接地故障/残余电流保护、相序保护、闪电和开关浪涌引起的过电压保护以及短路电流定额的确定。

以上所述电气设备的保护应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 7 章的规定。

8 等电位联结

等电位联结分为保护联结(保护接地)和功能联结(功能接地)。

保护联结为保护人员防止电击及故障防护的基本措施。

功能联结为降低绝缘失效影响机床运行、降低敏感电气设备受电骚扰影响机床运行及降低可能会损坏电气设备的闪电感应电流等所采取的防护措施。

通常的功能联结可由连接到保护电路来实现。

对于电气设备的适当功能,对保护联结电路的骚扰水平不是足够低的场合,应使用单独的导线分别用于保护联结和功能联结。

等电位联结应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 8 章的规定。

应将机床的床身、控制柜连接到保护联结电路,以保证保护联结电路的连续性。

9 控制电路和控制功能

9.1 控制电路



9.1.1 控制电路电源

控制电路电源应符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.1.1 的规定。

9.1.2 控制电路电压

控制电压标称值应与控制电路的正确运行协调一致。

AC 控制电路的标称电压不宜超过:

- a) 230 V,适用于标称频率 50 Hz 的电路;
 - b) 277 V,适用于标称频率 60 Hz 的电路。
- DC 控制电路的标称电压不宜超过 220 V 为宜。

控制电路的电压应是下列一种或多种:

- a) 6 V / 24 V / 48 V / 100 V / 110 V / 120 V / 200 V / 220 V / 230 V(AC);
- b) 5 V / 6 V / 12 V / 24 V / 48 V / 110 V / 220 V (DC)。

9.1.3 保护

控制电路保护应符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.1.3 的规定。

每台交流电动机应分别装设相间短路保护。当符合下列条件之一时,数台交流电动机可以共用一套短路保护电器:

- a) 允许无选择切断时,总设计电流不应超过 20 A;
- b) 应同时起停的一组电动机,如不同时切断将危及人身安全或不能满足工艺要求时。

9.2 控制功能

控制功能包括停止功能类别、操作(安全功能和/保护措施、启动、停止、紧急操作、无线控制系统)。机床的控制功能应符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.2 的规定。

9.3 联锁保护

联锁保护包括联锁安全防护装置的复位、超过行程限值、辅助功能的工作、不同工作和相反运动间的联锁、反接制动、安全功能和/安全防护措施暂停。

联锁保护应符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.3 的规定。

9.4 失效情况的控制功能

失效情况的控制功能包括一般要求、失效情况下减低风险的措施、控制电路故障的防护,应符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.4 的规定。

9.5 机床电气设备/系统功能安全

功能安全(参见附录 B)为机床整体安全的一部分,取决于电气设备或系统执行安全功能的能力。安全有关部件执行安全功能的能力通过性能等级(PL)来表示。

在 GB 28526—2012 和 GB/T 20438.1—2017 中,安全控制系统执行安全功能的能力通过安全完整性等级(SIL)体现,性能等级 PL 和安全完整性等级 SIL 之间的关系见表 1。

确定所需的性能等级(PL)见 GB/T 16855.1—2018 的附录 A。

实现功能安全的进一步信息见 GB 28526—2012、GB/T 20438.1—2017 及 GB/T 15969.6—2015。

表 1 SIL 和 PL

| 安全完整性等级 SIL (按 GB/T 20438.1—2017 或 GB 28526—2012 提供信息) 连续操作模式 | 每小时危险 失效概率 (1/h) | 性能等级 PL |
|---|--|---------|
| — | $\geq 10^{-5} \sim < 10^{-4}$ | a |
| SIL1 | $\geq 3 \times 10^{-6} \sim < 10^{-5}$ | b |
| SIL1 | $\geq 10^{-6} \sim < 3 \times 10^{-6}$ | c |

表 1 (续)

| 安全完整性等级 SIL (按 GB/T 20438.1—2017 或 GB 28526—2012 提供信息) 连续操作模式 | 每小时危险 失效概率 (1/h) | 性能等级 PL |
|---|-------------------------------|---------|
| SIL2 | $\geq 10^{-7} \sim < 10^{-6}$ | d |
| SIL3 | $\geq 10^{-8} \sim < 10^{-7}$ | e |

10 操作板和安装在机械上的控制器件

尽可能合适选择、安装和标识或安装操作板的控制器件,包括体现人类工效学、位置和安装、防护、位置传感器、便携式和悬挂控制站。

操作板和安装在机械上的控制器件主要包括操动器、指示灯和显示器、光标按钮、旋动控制器件、急停器件、紧急断开器件、使能控制器件。

以上所述的操作板和安装在机械上的控制器件均应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 10 章的规定。

11 控制设备的位置、安装和电柜

控制设备的位置、安装和电柜应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 11 章的规定。

12 导线和电缆

导线和电缆包括选择的一般要求、导线、绝缘、正常工作时的载流容量、导线和电缆的电压降、软电缆及汇流线(汇流排和汇流环),均应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 12 章的规定。

13 配线技术

配线技术包括连接和布线、导线的标识、电柜内配线、电柜外配线、管道(接线盒与其他线盒),均应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 13 章的规定。

14 电动机及有关设备

电动机及有关设备包括一般要求、电动机外壳、电动机尺寸、电动机安装隔间、电动机的选择依据、机械制动用保护器件,均应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 14 章的规定。

15 插座和照明

插座和照明包括附件用插座、机械和电气设备的局部照明,应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 15 章的规定。

16 标记、警告标志和参照代号

标记、警告标志和参照代号包括一般要求、警告标志(电击危险、热表面危险)、功能识别、电气设备外壳的标记及参照代号,均应符合 GB/T 5226.1—2019 中第 16 章的规定。

17 技术文件

17.1 概述

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

机床电气图用图形符号应按 GB/T 24340—2009 的规定选用。

机床电气图中电气部件的参照代号应按 GB/T 24341—2009 选用。

机床电气图、图解和表绘制应符合 GB/T 24341—2009 的规定。

注 1: 电气设备技术文件一般以纸质文件形式提供,如能得到电子版或互联网形式的说明书通常会更有益处。

注 2: 在我国使用的机床,其电气设备及系统应具有中文形式的说明书。

17.2 有关电气设备的资料(信息)

电气设备应提供下列资料(信息):

- a) 当提供多个文件时,应为整体机床电气设备提供一个主要文件,同时列出与电气设备相关的补充文件。
- b) 电气设备的标识见 GB/T 5226.1—2019 中 16.4。
- c) 安装和配置资料(信息)包括:
 - 1) 电气设备的配置和安装的描述及其与电源和其他源的连接;
 - 2) 各引入电源、电气设备短路电流额定值;
 - 3) 额定电压、相数和频率(AC),配电系统形式(TT, TN, IT)和各引入电源满载电流;
 - 4) 对于各引入电源的任何附加电源要求;

示例 1: 最大电源阻抗、漏电流。

 - 5) 移动和维护电气设备要求的空间;
 - 6) 确保不损害冷却布局的安装要求;
 - 7) 适当时,照明、振动、EMC 环境和大气污染等的环境限制;
 - 8) 适当时,峰值起动电流和允许的电压降等的功能限制;
 - 9) 对于涉及电磁兼容性的电气设备的安装应采取的预防措施。
- d) 在机械邻近区域(2.5 m 以内),可同时接近的外部可导电部分的连接说明,例如下列保护联结电路:
 - 1) 金属管;
 - 2) 防护栏;
 - 3) 梯子;
 - 4) 扶手。
- e) 功能和操作资料(信息),适用时包括:
 - 1) 数控机床加工程序如果使用了辅助功能代码 M,应提供辅助功能代码 M 的功能菜单和功能说明;
 - 2) 数控机床加工程序如果使用了宏功能参数表和/或设定值,应提供宏功能参数的功能说明;

注 1：“功能菜单”是典型工件的加工程序的列表(CNC)。

注 2：“辅助功能代码 M”是 NC 起动机床或数控系统辅助功能指令。

注 3：宏程序是机床数控系统加工程序中使用的子程序，能处理参数。

3) 电气设备的结构概略图；

示例 2：结构图或概略图。

4) 如需预期使用时，编程或配置的步骤；

5) 意外停止后重新启动的程序；

6) 操作顺序。

f) 电气设备的维护信息，适当时包括：

1) 功能测试的频次和方法；

2) 有关安全维护程序的说明，以及需要时暂停安全功能的场合和/或保护措施程序的说明见 GB/T 5226.1—2019 中 9.3.6；

3) 有关调整、修理和预防性维护的频次及方法的指南；

4) 用于替换的电气零部件互连在电路图和/或互连图的说明；

5) 所需专用装置或工具的信息；

6) 备件信息；

7) 有关可能的剩余风险的信息，是否需要任何特殊培训的指导和任何必要的个人防护设备的规范；

8) 如适用，仅熟练人员和受过训练人员才能使用的钥匙和工具的说明；

9) 设定(DIP 双列直插式封装开关，可编程参数值等)；

10) 修理或修改后，确认有关安全控制功能，以及必要时定期测试的资料(信息)，如适当。

g) 适宜时，包括尺寸、重量、环境条件及可能的老化等限制搬运、运输和储存的信息。

h) 正确拆卸和处理部件，包括回收或处置的信息。

18 验证

18.1 概述

机床及机床电气设备的验证范围应在机床电气设备/系统的产品标准中规定。如果尚无该机床专用的电气产品标准，验证项目应包括 a)、b)、c)、h)和 i)，同时可在 d)、e)、f)、g)、j)和 k)中选一项或多项进行：

a) 验证电气设备与技术文件的一致性；

b) 验证保护联结电路连续性见 GB/T 5226.1—2019 中 18.2.2 的试验 1；

c) 若通过自动切断电源进行间接接触的防护，对于自动切断电源适用条件应按 GB/T 5226.1—2019 中 18.2 进行验证；

d) 绝缘电阻试验见 GB/T 5226.1—2019 中 18.3；

e) 耐压试验见 GB/T 5226.1—2019 中 18.4；

f) 残余电压试验见 GB/T 5226.1—2019 中 18.5；

g) 满足 GB/T 5226.1—2019 中 18.6 要求的验证；

h) 功能试验见 GB/T 5226.1—2019 中 18.6；

i) 目视检验见 18.8；

j) 空运转试验见 18.9；

k) 负载试验见 18.10。

当进行验证试验时，宜按上述顺序(但不限于)进行。

当电气设备改进后,应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.7 的规定。
验证测量,测量器具及设备应符合 GB/T 18216(所有部分)的规定。
验证的结果应形成验证(检验与试验)文件。

18.2 用自动切断电源作保护条件的验证

用自动切断电源作保护条件的验证除按 GB/T 5226.1—2019 中 18.2 的规定外,还应满足下列补充要求:

通过按 GB/T 5226.1—2019 中 18.2.2 测得并经过计算的保护联结电路的电阻 R_{PE} 应不大于 0.1Ω , R_{PE} 按式(1)计算。

$$R_{PE} \leq \frac{50}{I_{a(5s)}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

R_{PE} ——机械上外部保护接地端子和设备的任何处之间的保护联结电路的电阻或是同时可触及的外露可导电部分和(或)外部可导电部分之间的保护联结电路的电阻,单位为欧姆(Ω);

$I_{a(5s)}$ ——保护器件的小于或等于 5 s 动作电流,单位为安培(A)。

注 1: 辅助保护联结被认为是对防护间接接触的补充。

注 2: 辅助保护联结可以包括整个装置、部分装置、设备零件或配置。

注 3: 保护器件的动作电流参见附录 C。

18.3 绝缘电阻试验

绝缘电阻应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.3 的规定,试验方法按 GB/T 26675—2011 进行试验。

18.4 耐压试验

耐压试验应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.4 的规定,试验方法按 GB/T 26676—2011 进行试验。

18.5 残余电压的防护

残余电压的保护试验应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.5 的规定。

18.6 功能试验

功能试验应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.6 的规定。

18.7 重复试验

重复试验应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.7 的规定。

18.8 目视检验

机床电气设备及系统应进行下列目视检验验证:

- a) 技术文件是否齐全;
- b) 元器件的代号是否与电路图上的代号一致;
- c) 元器件的安装是否正确和牢靠;
- d) 各个接线端头是否连接牢靠;
- e) 各种标记是否正确、齐全;
- f) 电路导线的绝缘颜色是否符合 GB/T 5226.1—2019 中第 13 章的规定;
- g) 总电源开关断开后,所有外露的、电压高于 50 V 的带电部分是否采用绝缘覆盖;

- h) 过载保护装置的正确选择和调整；
- i) 电气柜外壳防护是否符合 GB/T 5226.1—2019 中 6.2.1 的规定；
- j) 急停装置使用是否方便；
- k) 各个按钮、信号灯罩和光标按钮的颜色是否符合 GB/T 5226.1—2019 中 10.2 及 10.3 的规定；
- l) 接触器的开关容量是否大于负载的额定电流；
- m) 电缆的选择、电缆的敷设是否符合 GB/T 5226.1—2019 中第 12 章及第 13 章的规定，接线端头/电缆芯是否受到应力影响，敷设电缆处是否有毛刺或锋利的边缘。

18.9 空运转试验

机床的电气设备应通过空运转试验进行验证：

- a) 机床电气设备的正常工作；
- b) 动作顺序正常；
- c) 功能完整和正确，每个安全保护措施有效可靠，包括保护联锁、急停、使能装置。

每台机床都应进行空运转试验。

注：空运行为不装工件及刀具，只是让机床按照试验程序运行，以验证机床动作或程序的正确性。

18.10 负载试验

在样机试验和型式试验时，应进行负载试验。

机床电气设备应在制造厂商规定的机床负载条件下，连续运转到稳定温度，以验证安全联锁，转动报警及过热保护等相关功能操作的安全性。

验证所有的电气设备的温度(温升)，不应超过任何组件规定的温度(温升)。

附 录 A
(规范性附录)
机床数控系统的安全

A.1 概述

机床数控系统(简称“数控系统”)主要由数字控制器(数控装置)、驱动装置(驱动器/驱动单元与伺服电动机)、PLC、接口[输入/输出(I/O)接口、人机接口]与通信、传感器及相应软件等组成。

数控系统的功能定义见 ISO 2806:1994。

坐标轴及运动方向见 GB/T 19660—2005。

GB/T 12668.501—2013 适用于数控系统中的控制装置,GB/T 755—2008 适用于电动机,GB/T 15969.2—2008 适用于 PLC。

A.2 功能**A.2.1 数字 I/O**

数字 I/O 接口按 GB/T 15969.2—2008 的有关内容进行设计和安装并满足有关安全要求。

A.2.2 模拟 I/O

模拟 I/O 接口按 GB/T 15969.2—2008 的有关内容进行设计和安装并满足有关安全要求。

A.2.3 通信接口

通信接口按 GB/T 15969.2—2008 的有关内容进行设计和安装并满足有关安全要求,并适用于通信接口和模块链接。

A.2.4 现场总线接口

现场总线接口按 GB/T 18759.3—2009 的有关内容进行设计和安装并满足有关安全要求。

A.2.5 人机接口

控制面板按 GB/T 4205—2010 的有关内容进行选择、安装、标识和编码。控制器件指示灯的颜色按 GB/T 5226.1—2019 中第 10 章的规定选用。

A.2.6 外围设备

可插拔的外设单元宜进行验证。

外设与 NC 之间连接器的设计要防止错误连接。假如 NC 与外设之间的连接发生错误时,不会导致损坏。

数控系统在与外设正确连接并识别后,在显示界面上予以提示。

假如通过外设对 NC 在线编程或修改操作模式,系统能够:

- a) 修改后,NC 能够提示明确的警告,“程序已在线修改,显示与系统实际存储的程序可能有所不同,系统将在…ms 之后强制中断,等等”;

- b) 能够提供确认操作提示“是否确认保存本次更改?”或类似的提示信息;
- c) 通过制造商提供的存储介质,应能够对系统进行修复或者更新新的程序;
- d) 提供防止未经授权使用这些功能(硬件或软件,如钥匙开关,电子密码等)。

A.2.7 数控系统自检及诊断

数控系统提供自检及诊断功能,应考虑下列功能:

- a) 监控应用程序的措施;

示例 1: 看门狗。

- b) 存储器完整性检查的措施;
- c) 检查电源不超过由硬件设计所允许的电压和电流限制的方法;
- d) 监控数控系统的状态,包括报警提示及错误处理(即数字 PLC 输出)。

远程输入/输出站失去供电或与 NC 正常通信丢失的情况下能发出报警,并转到预设的状态。

示例 2: 通过数字输出模块发出报警。

A.3 电击、热和能量危险的防护

A.3.1 概述

数控系统应具备防止电击、热和能量的危险的能力。

A.3.2 故障条件

数控系统应有能力避免操作模式或顺序可能引起故障状态或组件失效从而导致危险,除非具有由安装提供的其他措施能有效防止危险。在单一故障条件和正常情况下,应具备对热危险和电击的防护能力。

A.3.3 电击防护

A.3.3.1 概述

数控系统的电击防护包括基本防护(直接接触防护)和故障防护(间接触电防护)。

按 GB/T 12668.501—2013 的规定应具有下列保护措施。

基本防护:

- a) 带电部件的绝缘;
- b) 外壳和遮栏;
- c) 使用 DVC A (界定电压等级 A);
- d) 保护阻抗;
- e) 限制电压。

故障防护:

- a) 带电部分和易接近的可导电部分之间的绝缘;
- b) 保护联接电路;
- c) II 类保护。

考虑下列绝缘的影响:

- a) 污染等级见 A.3.3.2;
- b) 过电压类别见 A.3.3.2;
- c) 电源接地系统;

- d) 绝缘电压；
- e) 绝缘的位置；
- f) 绝缘的类型；
- g) 有关绝缘的更多信息，见 GB/T 16935.1—2008。

A.3.3.2 污染等级和过电压类别

数控组件没有保护外壳(即控制柜)应具有防护污染等级 3。有保护外壳的 NC 组件应具有防护污染等级 2。有关污染等级更多信息见 GB/T 16935.1—2008。

过电压类别不低于过电压类别 II。

A.3.4 热危险的防护

数控系统应具备热危险防护的能力。

按 GB/T 12668.501—2013 的规定应满足下列要求：

- a) 因高温着火的风险最小化；
- b) 绝缘材料；
- c) 外壳材料的可燃性；
- d) 内部材料及组件和外部组成部分的温度极限。

详细信息见 GB/T 12668.501—2013。

A.3.5 能量危险的防护

A.3.5.1 电能的危险

数控系统宜考虑：

- a) 数控组件的失效不应释放导致危险的能量。
- b) 在短时间内释放电能(如短路)可能导致危险(如高温、火灾、物体的燃烧等)。
- c) 过压和瞬变应予以考虑。
- d) 电池可能引起危险，如电池的短路或过载可能引起火灾(或爆炸)，故电池要采用适当的安全措施。
- e) 电容器是储能组件。存储的能量不仅可能导致能量冲击，在某些情况下(如短路)也烧伤身体或引起火灾，应采纳释放电路或其他保护措施。
- f) 电弧是一种能量危险形式，有电弧的情况应采用隔离和消弧措施。

A.3.5.2 机械能危险

由于临界速度或扭振而引起机械故障会对操作人员造成危险。这些问题随着设备规格的增大而越来越显著，这些问题均与应用场合相关。

示例：采用高电压 PDS 会增加设备尺寸。

A.4 电磁兼容性(EMC)

数控系统的设计与制造应保证：

- a) 系统不产生高于预期工作环境的电磁骚扰水平；
- b) 系统在其预期运行环境中对电磁骚扰具有抗扰度水平。

EMC 的试验与验证应与其制造商进行。对于机床制造商有关 EMC 信息应由数控系统制造商

提供。

数控系统的 EMC 试验见 GB/T 29482.1—2013。

A.5 试验

数控系统的试验宜考虑：

- a) 试验一般项目(但不限于)：
 - 1) 气候环境试验,例如高温与低温、温度变化、湿度、盐雾试验等；
 - 2) 机械环境试验,例如振动、冲击、自由跌落试验等；
 - 3) 耐电源条件变化试验；
 - 4) 其他环境条件,例如磁场、辐射等；
 - 5) 功能试验；
 - 6) EMC 试验；
 - 7) 电气安全方面的试验；
 - 8) 可靠性试验见 GB/T 29482.1—2013；
 - 9) 数控系统具体的试验项目一般由数控系统制造商或数控系统制造商与用户商议确定。
- b) 试验通常可分为：
 - 1) 型式试验：为某一设计对其一个或多个产品进行的试验,以表明该设计符合某些规范。
 - 2) 常规试验：在制造期间或之后,对每个单独产品进行的试验,以确定其是否符合某些标准。这种试验可能包括检查特征,如适当的标签、警告和其他安全方面。
 - 3) 样品试验：从一批产品中随机抽取一定数量的试验。
- c) 试验方法和试验程序,确定试验目的和试验项目后,制定试验计划(人员、试验配置、时间安排等)。
- d) 试验报告,包括：
 - 1) 试验项目名称；
 - 2) 试验样品标识信息；
 - 3) 日期、试验单位信息、操作人员、审核批准人员；
 - 4) 试验方法、原理；
 - 5) 试验设备标识信息及检定(校准)情况,如主要仪器、仪表型号和精度等级等；
 - 6) 试验条件记录；
 - 7) 试验结果数据、图表,简要列出数据分析处理过程及所用公式等；
 - 8) 试验结论。

数控系统的产品试验可参照 GB/T 26220—2010、GB/T 29482.1—2013 及 GB/T 29771.1—2013 规定。

A.6 技术文件

技术文件按 GB/T 5226.1—2019 中第 17 章的规定。

附录 B

(资料性附录)

功能安全说明

B.1 概述

机床的设计和性能方面可能存有潜在的风险。因此,当进行机床设计时应进行风险评估,采取降低风险的措施,消除危险和充分减小风险,使剩余风险控制在可接受的程度。

功能安全是与机床及其控制系统有关的整体安全的组成部分,它取决于电气/电子/可编程电子安全相关系统功能的正确执行,也与其他技术安全相关系统和外部风险减少设施功能的正确执行有关。

功能安全基于风险评估,是机床整体安全的组成部分,涉及控制系统有关安全部件(含软件)的设计和集成,与安全回路、安全功能密切相关。

B.2 风险评估

风险评估是对由机床引起的有关风险进行识别和分析的一系列逻辑步骤,通过采取适当的保护措施尽可能消除危险和充分减小风险。风险评估包括:

- a) 风险分析(确定机床的各种限制、识别危险)。
- b) 风险评估(风险评估、风险减小),是一个迭代过程,首先确定是否有必要降低风险,如果需要进一步降低风险,需选择合适的保护措施。依据风险要素,例如伤害的严重度(用 S 表示),暴露于风险的频率和时间(F)及避免风险的可能性(P)进行风险评估,确定性能等级(PL)或安全完整性等级(SIL)。风险评估参见 GB/T 15706—2012。

B.3 安全功能

安全功能与具体机床有关,通常包括(但不限于):

- a) 停止(含可控停止或不可控停止);
- b) 急停;
- c) 防止意外起动;
- d) 联锁;
- e) 速度限制;
- f) 限位等。



B.4 机床安全相关控制系统设计方法

机床安全相关控制系统设计通常采用 GB 28526—2012 及 GB/T 16855.1—2018 提供的方法。

附 录 C
(资料性附录)
保护器件的动作电流

C.1 概述

用自动切断电源作保护的保护器件,应根据控制电路的保护要求,选用熔断器、断路器和剩余电流保护器中的一种或二种保护器件作自动切断电源保护的的保护器件。

保护器件的动作电流按小于或等于 5 s 动作时间选择。

C.2 熔断器熔断体门限

熔断器熔断体门限参见 GB/T 13539.1—2015 中 5.6.3 的规定,通用熔断体标记为“gG”,电动机专用熔断体标记为“gM”。

“gG”和“gM”熔断体的门限值见表 C.1。

表 C.1 “gG”和“gM”熔断体规定弧前时间的门限值

单位为安培

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| I_n 用于“gG” I_{ch} 用于“gM” | $I_{min}(10\text{ s})$ | $I_{max}(5\text{ s})$ | $I_{min}(0.1\text{ s})$ | $I_{max}(0.1\text{ s})$ |
| 16 | 33 | 65 | 85 | 150 |
| 20 | 42 | 85 | 110 | 200 |
| 25 | 52 | 110 | 150 | 260 |
| 32 | 75 | 150 | 200 | 350 |
| 40 | 95 | 190 | 260 | 450 |
| 50 | 125 | 250 | 350 | 610 |
| 63 | 160 | 320 | 450 | 820 |
| 80 | 215 | 425 | 610 | 1 100 |
| 100 | 290 | 580 | 820 | 1 450 |
| 125 | 355 | 715 | 1 100 | 1 910 |
| 160 | 460 | 950 | 1 450 | 2 590 |
| 200 | 610 | 1 250 | 1 910 | 3 420 |
| 250 | 750 | 1 650 | 2 590 | 4 500 |
| 315 | 1 050 | 2 200 | 3 420 | 6 000 |
| 400 | 1 420 | 2 840 | 4 500 | 8 060 |
| 500 | 1 780 | 3 800 | 6 000 | 10 600 |
| 630 | 2 200 | 5 100 | 8 060 | 14 140 |
| 800 | 3 060 | 7 000 | 10 600 | 19 000 |

C.3 断路器熔瞬时脱扣电流

断路器熔瞬时脱扣电流参见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.4, 瞬时脱扣电流一般为断路器整定电流的 10 倍。

注: 10 倍即 $10I_n$ 。

参 考 文 献

- [1] GB/T 13539.1—2015 低压熔断器 第1部分:基本要求
- [2] GB/T 14048.2—2008 低压开关设备和控制设备 第2部分:断路器
- [3] GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- [4] GB/T 26220—2010 工业自动化系统与集成 机床数值控制 数控系统通用技术条件
- [5] GB/T 29771.1—2013 工业机械数值控制器 第1部分:通用技术条件

