



中华人民共和国国家标准

GB XXXXX—XXXX

代替GB 19436.3-2008、GB 5226.3-2005、GB 28526-2012

工业机械电气设备及系统 安全要求

Electrical equipment and system of industrial machines-Safety requirements

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 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	II
引言	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 基本安全要求	3
4.1 安全原则	3
4.2 电源	4
4.3 工作环境	6
4.4 危险防护	7
5 电击防护	9
6 电气设备保护和控制电路	9
6.1 电气设备保护	9
6.2 控制电路	10
7 电磁兼容性(EMC)	10
8 功能安全	11
9 电敏保护	11
10 特定电气设备或功能	12
11 设计和安装	12
11.1 操作板	12
11.2 控制设备	13
11.3 线缆和布线	13
11.4 照明	13
12 使用信息	14
12.1 安全标志	14
12.2 技术文件	14
13 试验和验证	15
参考文献	17
表 1 接触温度限值	7
表 2 接触时间为 1 分钟或更长时的烧伤阈值	8
表 3 基于每小时平均危险失效概率的 PL 和 SIL 的关系	11

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。

本文件代替GB 19436.3-2008《机械电气安全 电敏防护装置 第3部分：使用有源光电漫反射防护器件(AOPDDR)设备的特殊要求》、GB 5226.3-2005《机械安全 机械电气设备 第11部分：电压高于1000Va.c.或1500Vd.c.但不超过36kV的高压设备的技术条件》、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》。与上述标准相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了规范性引用文件（见第2章）；
- 增加了“安全原则”内容，对基本安全原则、风险评估与减少风险的要求进行了规定（见4.1）；
- 更改了“工作环境”内容，提出高海拔地区使用的设备有必要降低相关因素（见4.3中“d海拔”，GB 5226.3-2005中4.4）；
- 增加了“危险防护”内容，针对电击、机械、能量等危险源，提出了相应的防护要求（见4.4）；
- 更改了“控制电路”内容，增加了控制功能（见6.2，GB 5226.3-2005中第9章）；
- 增加了“电磁兼容性（EMC）”内容，提出了减少电磁兼容影响的措施（见第7章）；
- 增加了“基于每小时平均危险失效概率的PL和SIL的关系”（见第8章表3）；
- 增加了“特定电气设备或功能”内容（见第10章）；
- 更改了技术文件的要求（见12.2，5226.3-2005中第18章）；
- 增加了“保护联结电路连续性的验证”的要求，提出了保护联结电路的电阻的要求（见第13章“b保护联结电路连续性的验证”）。

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这些专利的责任。

本文件由工业和信息化部提出并归口。

本文件所代替标准的历次版本发布情况为：

- 2008年首次发布为GB 19436.3-2008；
- 2005年首次发布为GB 5226.3-2005；
- 2012年首次发布为GB 28526-2012。

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这些专利的责任。

本文件由工业和信息化部提出并归口。

引 言

工业机械电气安全标准对保证安全生产和财产安全，以及人身安全和健康发挥了重要作用。本文件以工业机械电气设备及系统整体为对象，提出通用安全要求，目的是保障人员和财产的安全、保证电气设备和系统工作可靠、便于电气设备和系统的使用和维护。

本文件属于B类安全标准。当本文件与A类安全标准中规定的要求不同时，对于已按本文件设计和制造的工业机械电气设备及系统，本文件的要求优先于A类标准中的要求。

工业机械电气设备及系统 安全要求

1 范围

本文件规定了电气设备和系统在其全生命周期内的安全要求。

本文件适用于机械（包括协同工作的一组机械）的电气、电子和可编程电子设备及系统。

本文件适用的电气设备或电气设备部件，其标称电源电压不超过1000 V a.c.或1 500 V d.c.，额定频率不超过200Hz。

工作在较高标称电源电压或较高频率的电气设备或电气设备部件可提出附加要求。

本文件适用于电气设备的设计、制造、生产、使用和维护。

本文件不适用于：

- 易爆炸环境使用的电气设备；
- 放射学及医疗目的使用的电气设备；
- 货物、人员用电梯的电气零部件；
- 电表；
- 船舶、飞机或铁路专用电气设备。

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 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求

GB/T 5226.1—2019 机械安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB 5226.3 机械安全 机械电气设备 第11部分：电压高于1000Va.c.或1500Vd.c.但不超过36kV的高压设备的技术条件

GB 5226.6 机械电气安全 机械电气设备 第6部分：建设机械技术条件

GB/T 5226.31 机械电气安全 机械电气设备 第31部分：缝纫机、缝制单元和缝制系统的特殊安全和EMC要求

GB/T 5226.32 机械电气安全 机械电气设备 第32部分：起重机械技术条件

GB/T 5226.33 机械电气安全 机械电气设备 第33部分：半导体设备技术条件

GB/T 5226.34 机械电气安全 机械电气设备 第34部分：机床技术条件

GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

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

GB/T 19436.1 机械电气安全 电敏保护设备 第1部分：一般要求和试验

GB/T 19436.2 机械电气安全 电敏保护设备 第2部分：使用有源光电保护装置（AOPDs）设备的特殊要求

GB/T 19436.4 机械电气安全 电敏保护设备 第4部分：使用视觉保护装置（VBPD）设备的特殊要求

GB 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

GB/T 29483 机械电气安全 检测人体存在的保护设备应用

GB/T 34136—2017 机械电气安全 GB 28526和GB/T 16855.1用于机械安全相关控制系统设计的应用指南

GB/T 34934—2017 机械电气安全 安全相关设备中的通信系统使用指南

IEC 60695-11-10:2013 着火危险试验 第11-10部分：试验火焰：50W水平和垂直火焰的试验 (Fire hazard testing-Part11-10: Test flames-50W horizontal and vertical flame test methods)

IEC 61180 低压电气设备的高电压试验技术 定义、试验和程序要求、试验设备 (High-voltage test techniques for low-voltage equipment-Definitions, test and procedure requirements, test equipment)

IEC 61557(所有部分) 小于等于1000 V交流电以及1500 V直流电低压配电系统的电气安全保护措施的测试, 测量或监测设备 (Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000V a.c. and 1500V d.c.-Equipment for testing,measuring or monitoringof protective measures)

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

伤害 harm

对健康产生的生理上的损伤或危害。

[来源：GB/T 15706—2012，3.5]

3.1.2 风险 risk

伤害发生的概率与严重程度的组合。

[来源：GB/T 15706—2012，3.12]

3.1.3

危险 hazard

潜在的伤害源。

注1：“危险”一词可由其起源（例如：机械危险和电气危险），或其潜在伤害的性质（例如：电击危险、切割危险、中毒危险和火灾危险）进行限定。

注2：本定义中的危险包括：

——在机器的预定使用期间，始终存在的危险（如危险运动部件的运动、焊接过程中产生的电弧、不利于健康的姿势、噪声排放、高温）。

——意外出现的危险（例如：爆炸、意外启动引起的挤压危险、破裂引起的喷射、加速/减速引起的坠落）。

[来源：GB/T 15706—2012，3.6]

3.1.4

电气设备 electrical equipment

将机械或机械部件（例如材料、装置、器件、器具、卡具、仪器及类似物件）用与电连接的装置。

[来源：GB/T 5226.1—2019，3.1.25]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AC: 交流电 (Alternating Current)

DC:直流电(Direct Current)

EMC:电磁兼容性(Electromagnetic Compatibility)

ESPE:电敏保护设备(Electro-sensitive Protective Equipment)

IP:侵入保护(Ingress Protection)

PL:性能等级(Performance Level)

SIL:安全完整性等级(Safety Integrity Level)

SRECS:安全相关电气控制系统(Safety-Related Electrical Control System)

SRCF:安全相关控制功能(Safety-Related Control Function)

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

SELV:安全特低电压(Safe Extra-Low Voltage)

4 基本安全要求

4.1 安全原则

4.1.1 概述

4.1.1.1机械电气设备在其全生命周期内都应满足本文件规定的基本安全要求。

4.1.1.2电气设备应确保人身和财产安全。

4.1.1.3当电气设备正确安装、维护和按预定用途使用时，不危及人身和财产的安全。以确保：

- a) 充分保护人身和设备免受可能因直接或间接的电接触引起的身体或其他伤害的危险；
- b) 不会产生可能引起危险的温度、电弧或辐射；
- c) 充分保护人身和财产免受根据经验判定由电气设备引起的非电气危险；
- d) 绝缘适合于可预见的状况。

4.1.2 风险评估

电气设备风险评估的基本步骤是识别电气设备全生命周期所有阶段可预见的危险、危险情况和/或危险事件，所有阶段包括：

- 存储、运输和安装；
- 试运转；
- 使用；
- 拆卸、停用和报废。

作为机械风险评估的整个技术要求的一部分，与电气设备危险有关的风险应进行评估。这将进行：

- 识别风险及需要降低的风险；
- 确定适当的风险降低；
- 确定必要的保护措施。

危险情况起因有下列几种，但不限于：

- 电气设备失效或故障，从而导致电击、电弧或火灾的发生；
- 控制电路(或与其有关的元器件)失效或故障，从而导致机械误动作；
- 电源的骚扰或中断，以及动力电路失效或故障造成的机械误动作；
- 由于滑动或滚动接触的电路连续性损失，所引起安全功能失效；
- 由电气设备外部或内部产生的电骚扰(如电磁、静电)，从而导致机械误动作；
- 由存储的能量(电气或机械的)释放，从而导致例如电击、会引起伤害的非预期动作；
- 噪声和机械振动达到危害人员健康的程度；
- 会引起灼伤的外表温度。

安全措施包括设计阶段采纳的和要求用户实施的组合措施。

通过安全设计方法不能消除的危险和/或充分降低的风险的场合，应提供降低风险的保护措施（例如：安全防护）。在需要进一步降低风险的场合，应提供额外的方法（例如，警示）并实施降低风险的工作程序。

风险评估应符合 GB/T 15706-2012 的要求。

4.1.3 减少风险

减少风险的措施如下所示：

a) 安全设计

电气设备和系统应通过安全设计措施消除危险或降低相关风险。

电气设备和系统应符合下列要求以防出现危险：

- 应能承受预期操作应力和外部影响；
- 硬件或软件的故障不会导致危险状态；
- 逻辑错误不会导致危险状态；
- 可预见的合理误用不会导致危险状态；
- 应防止意外起动；
- 保护装置保持有效或适时发出停止命令。

操动器应：

- 清晰可见、易于识别；
- 其动作与控制效果一致；
- 置于危险区外，必要时，某些操动器，例如急停装置或示教盒除外；
- 安装位置在操作时不会引起附加风险；
- 安排应考虑人类工效学原理，使其位置、行程和操作阻力等与执行的动作协调。

电气设备应配置安全操作所需要的指示器。操作者从控制位置能读取。

在每个操作（控制）位置，应使操作者能确保机械危险区内没有人，若有人处于危险区内时则防止机械起动。

对于危险机械，起动前，电气设备应发出听觉和/或视觉的报警信号。以使暴露者有时间离开危险区或不允许机械起动。

当有多个操作（控制）位置时，电气设备的设计应使在一个操作（控制）位置使用时，其他的操作（控制）位置不能使用，但停止控制和急停除外。

当机械有两个或多个操作（控制）位置时，每个位置必须提供全部所需的控制装置，操作者互不干扰或不使彼此处于危险状态。

b) 安全防护及补充保护措施；

当固有安全设计措施不可能合理消除危险或充分降低风险时，应使用防护装置和保护装置来保护人员的安全，采用补充保护措施（例如，急停装置）来降低风险。

控制设备应有足够的防护等级以防止外界固体物和液体的侵入，并要考虑到机械运行时外界影响（即位置 and 实际环境条件），且应充分防止粉尘、冷却液和切屑。

根据安装条件可采用适当的防护等级。

4.2 电源

4.2.1 概述

电气设备和系统的设计应在下列电源条件下正常运行：

——按 4.2.2 或 4.2.3 规定的电源条件；

- 由用户规定的电源条件；
 - 按专用电源供方规定的电源条件（见 4.2.4）。
- 电气设备和系统的电源引入和切断开关应符合 4.2.5 的规定。

4.2.2 交流电源

电压：稳态电压值为（0.9~1.1）倍标称电压。

频率：（0.99~1.01）倍标称频率（连续的）。

（0.98~1.02）倍标称频率（短时工作）。

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

不平衡电压：三相电源电压负序和零序成分都不应超过正序成分的 2%。

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

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

4.2.3 直流电源

由电池供电：

电压：（0.85~1.15）倍标称电压。

（0.7~1.2）倍标称电压（在用电池组供电的运输工具的情况下）。

电压中断时间：不超过 5 ms。

由换能装置供电：

电压：（0.9~1.1）倍标称电压。

电压中断时间：不超过 20 ms，相继中断间隔时间应大于 1 s。

纹波电压（峰对峰）：不超过标称电压的 0.15 倍。

注：专用电源系统（例如车载发电机，DC总线等）可以超过4.2.2和4.2.3所规定的限值，前提是设备应设计成在所提供的条件下能正常运行。

4.2.4 控制电路电源和电压

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

如果使用几个变压器，这些变压器的绕组宜按使次级侧电压同相位的方式连接。

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

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

控制电压标称值应与控制电路的正确运行协调一致。

AC控制电路的标称电压不宜超过：

——230 V，适用于标称频率 50 Hz 的电路；

——277 V，适用于标称频率 60 Hz 的电路。

DC控制电路的标称电压不宜超过 220 V。

4.2.5 引入电源和切断开关

宜将机械电气设备和系统连接到单一电源上。

引入电源可直接连接到机械的电源切断开关或机械供电系统的电源切断开关。电源切断装置的操作装置（例如手柄）应置于电气设备的外壳表面，在其断开位置（或断开状态）应提供安全措施（例如：提供挂锁钥匙安全连锁），这种安全措施应防止遥控及在本地使开关闭合。

注：动力操作（电动操作）的开关设备不必在外壳的表面配备手柄，而是装有其他装置（例如钥匙旋钮）以便从外壳的表面断开电源切断装置。

如果需要用其他电源供电给电气设备的某些部分（如不同工作电压的电子设备），这些电源宜尽可能取自组成为机械电气设备一部分的器件（如变压器、换能器等）。

对大型复杂机械电气设备若需要一个以上的引入电源，应由场地电源进行配置。

当配备两个或两个以上的电源切断开关时，为了防止出现危险，应采取联锁保护措施。

引入电源和切断开关的规定见GB/T 5226.1—2019中第5章。

4.3 工作环境

电气设备和系统应适应于其预期使用的实际环境和运行条件，如下所示。

a) 电磁兼容性（EMC）；

电气设备和系统产生的电磁骚扰不应超过其预期使用场合允许的水平。设备和系统对电磁骚扰应有足够的抗扰度，以保证电气设备和系统在预期使用环境中正确运行。

b) 环境空气温度；

电气设备和系统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（箱或盒）的外部环境空气温度在 5 °C~40 °C 范围内正常工作。

c) 湿度；

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

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

d) 海拔；

电气设备和系统应能在海拔 1 000 m 以下正常工作。

对于要在高海拔地区使用的设备，有必要降低下列因素：

- 介电强度，和；
- 装置的开关能力，和；
- 空气的冷却效应。

要使用而在产品数据中又没有规定的修正因数，宜向制造商咨询。

e) 污染；

电气设备和系统应有足够的能力防止固体物和液体的侵入。

若电气设备安装处的实际环境中存在污染物（如粉尘、酸类物、腐蚀性气体、盐类物）时，电气设备和系统应适当防护。

f) 离子和非离子辐射；

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

g) 振动、冲击和碰撞；

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

h) 运输和存放；

电气设备和系统应通过设计或采取适当的预防措施，以保障能经受得住 -25 °C~+55 °C 的温度范

围内的运输和存放，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，以免损坏电气设备和系统。

4.4 危险防护

电气设备和系统的设计与制造应作下列防护：

a) 电击危险：

电气设备应具备在基本防护和故障防护情况下保护人们免受电击的能力(见第 5 章)。

b) 机械危险：

电气设备在正常使用中，不应导致机械危险。

减少机械危险的基本方法是：锐边倒钝，使用防护装置和安全联锁装置、使设备保持稳定性等；设备外壳的边缘、拐角、开孔、挡板、凸起物、手柄等应光滑，避免造成人体伤害。

防止运动部件带来的伤害。

设备应有足够的稳定性。

质量≥18 kg 的设备应使用起升或搬运装置。

预期安装在墙壁上或天花板上的设备应有足够的支撑结构。

设备应具有足够的机械强度，以承受在正常使用时可能遇到的冲击和碰撞。

c) 能量危险：

操作者访问区不应有因能源危险而造成伤害的风险，减少这种危险的基本方法是：隔离、屏蔽和使用安全联锁装置。

- 使用受限制电源进行能量防护；
- 电容储能不仅产生电击危险也可能产生能量危害，例如人身伤害，引燃周围易燃物等。电源切断后，应提供电容放电回路，选用带防爆结构的电解电容等；
- 采用封闭隔离和灭弧措施防止电弧的危害；
- 使用电池和电池组应防止其出现能量危险，例如过热，燃烧，爆炸，化学泄露等。

d) 热危险：

减少热危险的基本方法是：隔离热源，加强散热，温度限值，选耐热材料等。

- 非金属材料外壳应耐高温，绝缘材料应具有足够的耐热性；
- 限制表面温度，以防止灼伤。环境温度为40 °C，正常条件，易接触表面的温度不应超过表1中的值，单一故障条件不应超105 °C。

如果易接触加热表面对于材料的加工或加热是必要的，或在其他情况下是不可避免的，它们在正常条件下允许超过表 1 的值，在单一故障条件下超过 105 °C，只要它们可以通过外观或功能识别。由其环境加热的设备正常状态的温度超过表 1 中的值和单一故障条件下 105 °C 值不需要用符号标记。

通过屏障保护的易接触表面，防止其被意外接触，如果不使用工具就不能移除屏障，这些表面不认为是易接触表面。

表1 接触温度限值

操作区零件	最高温度(最高值) °C		
	金属	玻璃，瓷料和釉料	塑料和橡胶
仅短时间被握住持或被接触的把手，旋钮，提手等	60	70	85
正常使用时被连续握持的把手，旋钮，提手等	55	65	75
可能会被接触到的设备外表面	70	80	95

可能会被接触到的设备内表面	70	80	95
注1：此表摘自GB 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求			
注2：风险评价表明需要警告防止电气设备危险表面温度的可能性时，应使用ISO 7010-W017图形符号。			

有关触及持续时间影响的信息见表 2。

表2 接触时间为 1 分钟或更长时的烧伤阈值

材料	接触时间的烧伤阈值		
	1 min	10 min	8 h 和更长
	°C		
裸露的金属	51	48	43
涂层金属	51	48	43
陶瓷，玻璃和石材	56	48	43
塑料	60	48	43
木材	60	48	43

额定功率大于 0.5 kW 以上的电动机应提供电动机过热保护(连续运转，除冷却风扇以外)。电动机的过热保护可由下列来实现：

- 过载保护；
- 超温度保护；
- 限流保护。

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

在电动机散热条件较差的场合（如尘埃环境），宜采用带热保护器的电动机。根据电动机的型式，如果在转子失速或缺相条件下温度保护不一定起作用时，应提供附加保护。

在可能存在过热场合（如散热不好），对于不会出现过载的电动机也宜设置温度保护(如由机械过载保护器件保护或有足够容量的力矩电动机和运动驱动器)。

e) 着火风险；

减少着火危险的基本方法是：设置过电流保护装置，避免电气设备自身或其所使用或产生的气体、液体、粉尘、蒸汽或其他物质引发火灾或过热，使用屏蔽或隔离防止火焰蔓延等。

通过选择和合理使用电气元器件及采用适当结构，可以降低高温引燃的风险。

电气元器件的使用应使它们在正常负载条件下的最高工作温度低于可能引燃与之接触的周围物品所需的温度。

如果在故障条件下不能使元器件免于过热，那么与这些元器件接触的所有物品应符合 IEC 60695-11-10: 2013 的可燃性等级 V-1 或更高。

绝缘材料应适合于其工作的最高温度。附加绝缘应提供足够的机械强度并考虑其在使用过程中是否会受到冲击。

经耐热强化处理、布线或层压的金属、陶瓷材料玻璃，在未经测试的情况下可认为是合格的。

防止着火危险可采取下列措施：

- 采用适当结构；
- 选用阻燃材料、引燃及火焰蔓延可能性小的元器件、配线；
- 必要时使用防火外壳；
- 外壳、元器件和其他部件的结构或使用的材料，应限制火势蔓延。

f) 化学危险：

减少化学危险的基本方法是：采用多种措施降低有害化学物质的危害，例如不使用有害化学物质，避免有害化学物质产生泄露或气化等

用于制造电气设备所用的材料或使用的物质，使用期间不应危害人身安全与健康。

避免使用含有害物质的物品、会挥发/汽化而生成有害气体/烟雾的化学物质。

通过密封措施和防护结构设计避免化学泄露，以防对人和环境造成危害。

采用通风或排放措施以防止有害物质的聚集。

g) 辐射（离子和非离子辐射）：

减少辐射危险的基本方法是：在允许的辐射限值内，对暴露者没有影响、屏蔽辐射源、采用防护装置等。

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

激光加工机可能产生激光辐射。宜对激光等级应予说明，并附上对应激光危害等级的激光危险标签，以尽量减小激光危险。

5 电击防护

减少电击危险的方法如下所示：

- a) 带电部件应安装在外壳内，直接接触带电部分的最低防护等级为 IP2X 或 IPXXB（见 GB/T 4208—2017）；
- b) 带电体应用绝缘物完全覆盖住，只有用破坏性办法才能去掉绝缘层。在正常工作条件下绝缘物应能经得住机械的、化学的、电气的和热的应力作用；
- c) 电源切断后，任何残余电压高于 60 V 的带电部分，都应在 5 s 之内放电到 60 V 或 60 V 以下，只要这种放电速率不妨碍电气设备的正常功能（元件存储电荷小于等于 60 μC 时可不考虑）。否则，作耐久性警告标志提醒“注意危险”，并说明在打开外壳以前的必要延时；
- d) 可用遮栏、置于伸臂以外的防护及用阻挡物作基本防护（见 GB/T 16895.21-2020 的附录 B）；
- e) 采用 II 类设备（或等效绝缘）、电气隔离防止出现危险触摸电压；受绝缘故障影响的任何电路，可采用自动切断电源以防止由触摸电压引起的危险情况；
- f) 采用 PELV 或 SELV 的保护（见 GB/T 16895.21-2020 中 414）；
- g) 采用保护联结，保护联结是为了保护人员防止电击，是故障防护的基本措施。

电击防护规定见 GB/T 5226.1—2019 中第 6 章。

等电位联结见 GB/T 5226.1—2019 中第 8 章。

6 电气设备保护和控制电路

6.1 电气设备保护

电气设备应设置下列保护：

- 过电流；
- 过电压（例如雷电和开关浪涌引起的过电压）；
- 过载；
- 异常温度；
- 失压或欠电压；

- 机械或机械部件超速、超程；
- 接地故障；
- 相序错误。

电气设备的保护见 GB/T 5226.1—2019 中第 7 章。

电气设备的防护装置应符合下列要求：

- 结构坚固；
- 安全固定到位；
- 不引起附加危险；
- 不容易被旁路或导致不起作用；
- 与危险区有足够的距离；
- 对观察制造过程影响最小。

固定式防护装置应使用紧固装置固定，只有采用工具才能将其打开或移走。当移走防护装置时，紧固装置应保留在该防护装置或机械（电气设备）上。

联锁活动式防护装置应符合下列要求：

- 打开时，尽可能仍保留在机械（或电气设备）上；
- 只能通过有意识操作才能调整；
- 当发出停止指令，无论何时联锁装置不再闭合。

6.2 控制电路

控制电路按照实际需要设计和使用时下列功能：

- 起动功能和停止功能（0 类、1 类或 2 类停止）；
- 紧急停止和紧急断开；
- 联锁功能（例如，双手控制，使能控制，超过工作限值例如速度、压力、位置控制，不同工作和相反运动间的联锁控制等）；
- 冗余技术和相异技术。

控制电路和控制功能见 GB/T 5226.1—2019 中第 9 章。

7 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。电气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正确运行。

电气设备一般应进行抗扰度和 / 或发射试验，但满足下列条件的除外：

- 在相关产品标准或通用标准（无产品标准时）规定的预期 EMC 环境中，采用的装置或元件符合 EMC 要求；
- 电气安装和布线符合该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 中附录 H。

注：EMC通用标准 GB/T 17799.1（或 GB/T 17799.2）和 GB/T 17799.3（或 GB/T 17799.4）分别给出了 EMC 通用的抗扰度限值和发射限值。

机床抗扰度要求见 GB/T 22663—2008。

机床发射限值见 GB 23712—2009。

建设机械的 EMC 要求见 GB 5226.6—2014。

缝纫机、缝制单元和缝制系统的 EMC 要求见 GB/T 5226.31—2017。

8 功能安全

功能安全是与电气设备有关的整体安全的组成部分，它取决于电气设备的安全功能和外部风险减少设施的正确执行。

- a) 电气设备功能安全的工作及其目标如下：
- 功能安全管理，规定必要的管理和技术活动；
 - 安全相关控制功能规范要求，建立程序，规定安全有关控制功能的要求；
 - 电气设备的设计和选择，包括：选择系统结构，选择和设计安全相关硬件和软件；
 - 电气设备的确认，包括对SRECS的检查和测试，确保其达到安全要求规范中所述的要求；
 - 电气设备使用信息，包括：用户手册和程序，维修手册和程序。
- b) 功能安全管理：
- 起草功能安全计划，并形成文件，功能安全计划内容应依照具体情况定；
 - 实施功能安全计划，确保立即跟踪并完满地解决由于各种原因造成的电气设备相关问题。
- c) 安全相关控制功能规范要求（SRCF），各个 SRCF 规范应包括功能要求规范和安全完整性要求规范；
- d) SRCFs 功能要求规范，SRCFs 功能要求规范应描述各个需要执行的 SRCF 的细节，包括：各个 SRCF 的描述、特性（例如，工作频率，响应时间），故障反应功能以及各种限制的描述等；
- e) SRCFs 的安全完整性要求规范，每个 SRCF 的安全完整性要求应来自风险评价，以确保达到必要的风险降低。安全完整性要求表示为 SRCF 每小时危险失效概率的目标失效值。每个 SRCF 的安全完整性要求应按照表 3 依照 SIL/ PL 规定并形成文档。

注：GB/T 16855.1-2018，执行安全功能的安全有关部件的能力是通过性能等级（PL）来表示。GB 28526-2012，安全控制系统执行安全功能的能力是通过安全完整性等级（SIL）体现。表3显示两个概念（PL和SIL）之间的关系。

如何确定所需的性能等级（PL）见GB/T 16855.1—2018的附录A，GB 28526—2012的附录A给出计算SIL的方法。

表3 基于每小时平均危险失效概率的 PL 和 SIL 的关系

性能等级(PL)	每小时平均危险失效概率(1/h)	安全完整性等级(SIL)
a	$10^{-5} \sim <10^{-4}$	无特定安全要求
b	$3 \times 10^{-6} \sim <10^{-5}$	1
c	$10^{-6} \sim <3 \times 10^{-6}$	1
d	$10^{-7} \sim <10^{-6}$	2
e	$10^{-8} \sim <10^{-7}$	3

注1：该表摘自 GB/T 34136—2017 中表 1；

注2：GB 28526 和 GB/T 16855.1 均规定了机械安全控制系统的设计和实施要求。这两个标准开发的方法不同，但是如果正确应用，可以达到同等降低风险的水平；

注3：这些标准将执行安全功能的安全相关控制系统划分为按每小时危险失效概率定义的级别。GB/T 16855.1 有 5 个性能等级(PLs)， a, b, c, d 和 e，而 GB 28526 有 3 个安全完整性等级(SILs)， 1, 2 和 3。

功能安全详见 GB 28526—2012，也见 GB/T 16855.1—2018。

涉及功能安全的两项标准 GB 28526 和 GB/T 16855.1，用哪一项更合适，见应用指南 GB/T 34136—2017。

9 电敏保护

电敏保护用于人员进入危险区（或称检测区）的保护。

注：“危险区”是指人员易受到伤害风险的机械（或电气设备）内部和/或周围的任何区域。

电敏保护设备(ESPE)适用于当人体进入有伤害风险的机械（电气设备）危险区时，它能在人处于危险状态前，使机械（电气设备）回复到安全状态，从而提供保护。关于电敏保护设备的规定应执行对应的标准：

- 检测人体的非接触型电敏保护设备（ESPE）的设计、制造和试验的一般要求见 GB/T 19436.1。
- 敏感功能使用有源光电保护装置（AOPDs），用于检测人体的电敏保护设备（ESPE）的设计、制造和试验的特殊要求见 GB/T 19436.2。
- 敏感功能采用视觉保护装置（VBPD），用于检测人体的电敏保护设备（ESPE）的设计、制造和试验的要求见 GB/T 19436.4。
- 对于进入检测区的人员进行检测的保护设备的选择、定位、配置和试运行的要求和应用，见 GB/T 29483。

10 特定电气设备或功能

有些机械由于特定功能使其对电气设备提出不同或特殊的安全要求，例如，下列机械的电气设备都有其特定的要求，为保证安全应执行其对应的标准：

- 额定电压高于 1000 V a.c.或 1500 V d.c.但不超过 36 kV 和额定频率不超过 200 Hz 的情况下运行的设备或设备部件的特殊要求见 GB 5226.3。高压设备也包括构成高压设备整体组成部分的低压设备。
- 建设机械（包括协同工作的一组建设机械）的电气、电子设备及系统的特殊安全要求见 GB 5226.6；
- 缝纫机、缝制单元和缝制系统的特殊安全和 EMC 要求见 GB/T 5226.31；
- 起重机械（包括各种类型的起重机、绞车以及有轨巷道堆垛起重机）的电气设备及其部件的要求见 GB/T 5226.32；
- 半导体设备的制造、测量、组装和测试的电气、电子和可编程电子设备及系统的安全要求见 GB/T 5226.33；
- 机床电气设备及系统的安全和验收条件见 GB/T 5226.34；
- 传输安全相关数据的串行数字通信系统（或称现场总线）的使用指南见 GB/T 34934。

11 设计和安装

11.1 操作板

在预期使用条件下，应考虑人类工效学原则，将操作者面临的不舒适、疲劳以及身体和心理压力降低至最低限度，使疏忽操作的可能性降到最低，用于危险机械控制的操作者输入装置应特别予以考虑。安装在机械上的控制器件应易于接近和维修。

操动器不低于维修站台以上0.6 m，并处于操作者在正常工作位置上易于操作，且不会处于危险情况。

采用合适的防护等级以防固体和液体的侵入，操作板上的控制器件的防护等级至少应采用IPXXD（见GB/T 4208—2017），以防止接触带电部分。

操动器的颜色代码和符号标记见GB/T 5226.1—2019中10.2.1和10.2.2。

11.2 控制设备

控制设备的位置和安装应易于接近和维护，预期操作不受外部因素或条件的影响。

为了常规维修或调整而需接近的器件，应安设于维修站台以上0.4 m~2 m之间。端子宜至少在维修站台以上0.2 m，且便于导线和电缆连接其上。

与电气设备无直接联系的非电气部件和器件不应安装在装有控制器件的外壳中。

动力电路和控制电路的接线端子应单独成组。

电气设备外壳内部温升不应超过元件制造商规定的环境温度。

控制设备应有足够的防护等级以防止外界固体物和液体的侵入，外壳的防护等级应不低于IP22。

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

紧固门和盖的紧固件应为系留式的。

电柜门宜使用垂直铰链，开角最小95°，门宽不超过0.9 m。

电气设备通道中的门和电气工作区用的通道门应至少宽0.7 m，高2.1 m，向外开。

11.3 线缆和布线

11.3.1 线缆

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

一般情况，导线应为铜质的。如果用铝导线，截面积应至少为16 mm²。为保证足够的机械强度，导线截面积应符合GB/T 5226.1—2019中表5的规定。

在正常工作状态下，任何动力电路的电缆，从电源端到负载的电压降不应超过额定电压的5%。

导线和电缆的规定见GB/T 5226.1—2019中第12章。

11.3.2 布线

所有连接，尤其是保护联结电路的连接应牢固，防止意外松脱。

导线和电缆的敷设应使两端子之间无接头或拼结点。

电缆端部应夹牢以防止导线端部的机械应力。

每根导线应按照技术文件的要求在每个端部作出标识。导线标识可用数字，字母数字，颜色（导线整体用单色或用单色、多色条纹）或颜色和数字或字母数字的组合。采用数字时，应是阿拉伯数字，字母应是罗马字（大写或小写）。当只采用色标时，保护导线/保护联结导线应在导线全长上采用黄/绿双色组合。中线用颜色标识，其颜色应为蓝色。

当使用颜色代码标识导线时，宜使用下列颜色代码：

——黑色：交流和直流动力电路；

——红色：交流控制电路；

——蓝色：直流控制电路；

——橙色：按照 GB/T 5226.1—2019 中 5.3.5 的例外电路。

11.4 照明

电气设备的照明应符合下列要求：

——如果电柜中装有固定照明装置，则应按第7章提出的原则考虑电磁兼容性；

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

——照明电路的供电电源应符合 GB/T 5226.1—2019 中 15.2.2 的规定；

- 供给照明电路的所有未接地导线，应使用单独的过电流保护器件防护短路，与防止其他电路的防护器件分离开；
- 局部照明通/断开关不应装在灯头座上或悬挂在软线上；
- 应选用适合的光源避免照明有频闪效应。

12 使用信息

12.1 安全标志

电气设备应具有以下列标志：

- 用于电气设备的明确识别；
- 用于电气设备的安全使用。

适当给出补充信息：

- 永久在电气设备上；
- 在随同文件如说明书、手册中；
- 在包装上。

标志、符号和文字信息应该容易理解和明确无误。

安全标志、标记及其他警告的方法，应指示危险状态，促进机械的安全使用和监控，降低对可能暴露人员的危险。故应满足下列要求：

- 电气设备应具有给出安全信号的手段，以提供适当的安全信息；
- 操动器能安全地使用，在操动器上或其附近装有合适的标志以示区别；
- 电气设备应提供由操作者检查操作的警告标志；
- 提供有源信号（例如，颜色、声音、位置等的变化信号）以发出危险信号并提醒人们采取相应的行动；
- 提供无源信号（例如，标志、标记、形状等的静止信号）以警示永久性风险并给出信息，例如安全通道、紧急停止操动器的位置。

指示器和操动器可使用视觉、听觉和触觉信号的编码方法。

为预期用户设计的所有安全信号其含义应清晰而明确。在机械（或电气设备）设计和安装中尤其要考虑人类工效学的原则。

表示有关安全信息所使用的方法应与操作人员和/或暴露人员的能力相符合。只要可能，应使用视觉信号。在可能有感觉缺陷的人出现的场所，例如失明、色盲、耳聋或由于使用个人防护设备而引起这类缺陷的人出现的地方，需要感知有关安全的信号，为确保实现这一点，要特别注意使用以下辅助方法：

- 使用多种感觉（视觉、听觉、触觉）；
- 使用多重编码。

机械（或电气设备），对于操作者，施加在操动器的动作和最终效应之间的相关性应明显。

电气设备常用的安全标志应符合GB/T 5226.1—2019中16.2的规定。

人机接口对暴露人员用视觉、听觉和触觉方法指示有关安全信息的要求见GB/T 18209.1—2010。

对机械识别标志、机械和电气危险相关的安全标志见GB/T 18209.2—2010。

在人机接口用手或人体的其他部分操纵的操动器的有关安全要求见GB/T 18209.3—2010。

12.2 技术文件

除特定要求的技术文件外应符合GB/T 5226.1—2019中第17章的规定。

13 试验和验证

a) 概述；

电气设备的型式试验和例行试验按产品标准或相关标准的规定。

本标准仅规定下列安全相关的试验和验证：

- 验证电气设备与技术文件一致性；
- 保护联结电路的连续性试验；
- 绝缘电阻试验；
- 耐压试验；
- 故障环路阻抗验证和关联的过电流保护器件的适合性。

进行试验时，建议遵循以上列出的顺序。

验证包括测量，宜采用符合IEC 61557系列标准的测量设备。

验证结果应形成文件。

b) 保护联结电路连续性的验证；

PE端子和各保护联结电路部件的有关点之间的电阻应采用取自最大空载电压为24V a.c或d.c的独立电源（例如SELV，见GB/T 16895.21—2020中414），电流在0.2A到10A之间进行测量。

保护联结电路的电阻 R_{PE} 应不大于0.1 Ω ， 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5s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。

接地的PELV在该试验中会产生使人误解的结果，因此不应使用。

注3：对于连续性试验使用较大的电流提高试验结果的准确性，尤其包括低电阻在内，即较大截面积和（或）较短的长度。

c) 绝缘电阻试验；

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

d) 耐压试验；

当执行耐压试验时，使用的设备应符合IEC 61180规定。

试验电压的标称频率为50Hz或60Hz。

最大试验电压具有两倍的电气设备额定电源电压值或1000V，取其中的较大者。

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

不适宜经受试验电压的元件和器件应在试验期间断开。

已按照某产品标准进行过耐压试验的元件和器件在试验期间可以断开。

e) 故障环路阻抗验证和关联的过电流保护器件的适合性；

如果使用自动切断电源作保护条件，应通过故障环路阻抗验证和确认过电流保护器件的设置和特性两种方法验证，见GB/T 5226.1—2019的18.2.3和附录A。

试验和验证的规定见GB/T 5226.1—2019中第18章。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/617166125116006131>