



中华人民共和国国家标准

GB/T 5959.1—2019/IEC 60519-1:2015
代替 GB 5959.1—2005

电热和电磁处理装置的安全 第 1 部分：通用要求

Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing—
Part 1: General requirements

(IEC 60519-1:2015, IDT)

2019-08-30 发布

2020-03-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	V
引言	VIII
1 范围和目的	1
1.1 范围	1
1.2 目的	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义、缩略语	5
4 分类和细分	10
4.1 按工作频率分类	10
4.2 按电压分类	10
4.3 装置和设备的细分	11
4.4 危险和风险分类	13
5 风险评估	14
6 总则	15
6.1 基本考虑	15
6.2 重大危险	15
6.3 装置自身以及工艺设备外的电气设备的物理环境和运行条件	16
6.4 工艺设备内的电气设备的物理环境和运行条件	16
6.5 电源	16
6.6 接近性	17
6.7 人类工效学因素	17
6.8 运输和贮存	17
6.9 吊运和装配	18
6.10 易耗品和备件	18
7 触电防护	18
7.1 通用要求	18
7.2 防护的基本规则	18
7.3 一般条款	18
7.4 基本防护	19
7.5 单一故障防护规定	20
7.6 保护性等电位连接	20
7.7 对频率高于 200 Hz 的故障防护的附加条款	22
7.8 保护性导体电流	22
7.9 接触电流和接触电压	23
7.10 高温下的导体和绝缘	23
7.11 非电故障	23

8	电或磁近场引起的危险防护	23
8.1	一般要求	23
8.2	磁场	24
8.3	局部电场	24
8.4	对隔障和屏蔽的要求	24
8.5	与人员穿戴、携带或持有物体相关的要求	25
9	辐射危险防护	25
9.1	一般要求	25
9.2	装置或设备产生的电离辐射	26
9.3	紫外辐射	26
9.4	可见和红外辐射	26
9.5	激光源	27
10	热影响危险防护	27
10.1	一般要求	27
10.2	防止烧伤的表面温度限值	27
10.3	工作条件引起的危险	27
10.4	部件的耐热性	28
10.5	冷却	28
10.6	超温防护	28
11	火灾危险防护	29
12	液体危险防护	29
12.1	一般要求	29
12.2	有毒和有害气体和物质	30
12.3	承压部分的爆炸和内爆	30
13	对部件和组件的特殊要求	30
13.1	一般要求	30
13.2	电气设备和导体	31
13.3	与电网的连接和内部连接	31
13.4	隔离和开合	31
13.5	安全防护移动部件的传感器和致动器	32
13.6	电动机	32
13.7	非电加热设备	32
13.8	照明	32
13.9	结构性部分和稳定性	32
13.10	门、窗和其他开口	32
14	装置或设备的控制	32
14.1	一般要求	32
14.2	操作人员控制单元	33
14.3	急停	33
14.4	控制系统及其功能	33
14.5	控制设备	34

14.6	防护装置	35
14.7	超温防护装置	35
14.8	过压安全装置	35
15	机械危险防护	36
16	使用中的危险防护	37
16.1	食品、饲料、化妆品和人或动物消费的类似物品处理中的特殊危险	37
16.2	射频干扰	37
16.3	电加热和电磁处理中的特殊危险	37
16.4	组合设备	37
17	其他危险防护	37
17.1	一般要求	37
17.2	声、红外和超声压	37
18	验证和试验	37
18.1	一般要求	37
18.2	执行测试和试验	39
18.3	电场或磁场限值符合性验证	39
18.4	图纸或计算的审查	40
18.5	外观检查	40
18.6	测量	40
18.7	功能性试验	41
18.8	数值模拟	42
19	使用信息	43
19.1	通用要求	43
19.2	使用信息的定位和属性	43
19.3	信号和警告装置	43
19.4	标记、象形图、书写的警告	43
19.5	说明书/安装、试运行、运行、维护和停运手册	44
附录 A (资料性附录)	重大危险列表	47
附录 B (资料性附录)	电场和磁场、接触电流-暴露危险限值	52
附录 C (资料性附录)	光辐射-暴露危险限值	58
附录 D (资料性附录)	暴露危险限值-噪声和振动	61
附录 E (规范性附录)	有关电磁兼容的规定	63
附录 F (规范性附录)	标记和警告	64
附录 G (资料性附录)	本部分使用指南	67
附录 H (资料性附录)	与 ISO 13577 系列的关系	68
附录 NA (资料性附录)	与本部分规范性引用的国际文件存在一致性对应关系的我国文件清单	69
参考文献		71

前 言

GB/T 5959 有如下 14 个部分：

- GB/T 5959.1 电热和电磁处理装置的安全 第 1 部分：通用要求；
- GB 5959.2 电热装置的安全 第 2 部分：对电弧炉装置的特殊要求；
- GB 5959.3 电热装置的安全 第 3 部分：对感应和导电加热装置以及感应熔炼装置的特殊要求；
- GB 5959.4 电热装置的安全 第 4 部分：对电阻加热装置的特殊要求；
- GB/T 5959.41 电热装置的安全 第 41 部分：对电阻加热装置的特殊要求 玻璃加热和熔化装置；
- GB 5959.5 电热装置的安全 第 5 部分：对等离子体装置的特殊要求；
- GB 5959.6 电热装置的安全 第 6 部分：工业微波加热设备的安全规范；
- GB 5959.7 电热装置的安全 第 7 部分：对具有电子枪的装置的特殊要求；
- GB 5959.8 电热装置的安全 第 8 部分：对电渣重熔炉的特殊要求；
- GB 5959.9 电热装置的安全 第 9 部分：对高频介质加热装置的特殊要求；
- GB/T 5959.10 电热装置的安全 第 10 部分：对工业和商业用电阻式伴热系统的特殊要求；
- GB/T 5959.11 电热装置的安全 第 11 部分：对液态金属电磁力作用装置的特殊要求；
- GB 5959.13 电热装置的安全 第 13 部分：对具有爆炸性气氛的电热装置的特殊要求。

本部分为 GB/T 5959 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB 5959.1—2005《电热装置的安全 第 1 部分：通用要求》，与 GB 5959.1—2005 相比主要技术变化如下：

- 对标准的结构进行了改变，将与安全要求有关的试验放到了本部分。
- 适用对象扩展到物料电磁处理(EPM)用工业装置或设备，不再适用于爆炸气氛、医用、实验室用设备(原标准未明确说明)。
- 引用了最新的文件并对规范性引用文件进行了增删。
- 术语和定义按一般概念(11 条)、设备和设备的状态(7 条)、部件及配件(10 条)、与安全有关的概念(10 条)划分，不再按一般术语(见 2005 年版 3.1)与电气量和电气术语(见 2005 年版 3.2)划分。对 2005 年版的大多数术语进行了增删和修改。
- 电热装置/设备的分类，除了按电压和频率分类外，增加了装置或设备细分为多个部分，危险和风险的分类以及重大危险的限值要求。
- 按电压分类的设备或装置，不再称为第一、第二、第三电压区段，改称为超低压(ELV)、低压(LV)和高压(HV)，划分范围保持不变，即 ELV 等同于第 1 电压区段，LV 等同于第 2 电压区段，及 HV 等同于第 3 电压区段。
- 中频与高频的界限由 10 kHz 变为 100 kHz。在频率分类中增加了红外、可见光、紫外和激光 4 类，增加了安全频率范围、与电磁兼容有关的频率范围和频率范围对应的危险。
- 增加了“风险评估”一章。
- 对设计和构造提出了新的要求：风险降低措施，设计应能防止误用和故障，不应产生即时或不可察觉风险。
- 增加了对物理环境和运行条件、电源、接近性、人类工效学因素、运输和贮存、对设备处理的要

求、易耗品和备件的要求。

- “触电防护”一章对 2005 年版做了大量补充,规定了防护的基本规则、一般条款、基本防护、单一故障防护规定、保护性等电位连接(见 2005 年版第 11 章)、对频率高于 200 Hz 的故障防护的附加条款、保护性导体电流、接触电流和接触电压、高温下的导体和绝缘、非电故障小节,并作了详细规定。
- 将 2005 年版“6.3 静电荷——杂散场——电场和/或磁场”“6.4 电磁作用的影响”独立出来,列入新标准第 8 章,并补充了一般要求,磁场、局部电场、对隔障和屏蔽的要求,与人员穿戴、携带或持有物体相关的详细要求。
- 2005 年版仅在 6.5 中规定监测电离辐射及炉料的设备和元件应符合法定的防护规程。新标准将“辐射危险防护”独立为一章,增加了一般要求,装置或设备产生的电离辐射、紫外辐射、可见和红外辐射,以及激光源辐射及详细要求。
- “热影响危险防护”中增加防止烧伤的表面温度限值、工作条件引起的危险、部件的耐热性、冷却、超温防护。
- “液体危险防护”一章中增加“一般要求”“有毒和有害气体和物质”“承压部分的爆炸和内爆”。
- 增加了“对部件和组件的特殊要求”一章,设 10 条,依次为:一般要求、电气设备和导体、与电网的连接和内部连接(2005 年版第 8 章)、隔离和开合(2005 年版第 7 章)、安全防护移动部件的传感器和致动器、电动机、非电加热方式、照明、结构性部分和稳定性以及门、窗和其他开口,规定了相应的要求。
- 对 2005 年版第 12 章“控制电路和控制功能”进行了补充,除了对控制电路和控制电路接地的要求外,增加了对操作人员控制单元、急停、控制系统及其功能、控制设备、防护装置、超温防护装置和过压安全装置的要求。
- 增加了“机械危险防护”一章。
- 增加因设备的使用而引起的危险的防护要求,涉及食品处理、饲料、化妆品和用于人或动物消费的类似物品中的特殊危险,射频干扰,电加热和电磁处理中的特殊危险,设备组合使用的危险。
- 增加“其他危险防护”一章,规定了对危险评估的要求以及声、红外和超声压的防护。
- 增加了对是否满足各项安全要求的验证和试验,规定了 5 种验证方式,详细列出了各项要求可用的验证方式。规定了对执行测试和试验、电场或磁场限值符合性验证、图纸或计算的检查、外观检查、测量、功能性试验、数值模拟的要求。
- 对名牌、标记和技术文件的要求做了大量补充。
- 增加了附录 E 有关电磁兼容的规定、附录 F 标记和警告。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60519-1:2015《电热和电磁处理装置的安全 第 1 部分:通用要求》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件见附录 NA。

本部分做了下列编辑性修改:

- 增加了资料性附录 NA。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会(SAC/TC 121)归口。

本部分起草单位:西安电炉研究所有限公司、东莞市海天磁业股份有限公司、河南天利热工装备股份有限公司、陕西宏欣源冶金设备实业有限公司、西安福莱特热处理有限公司、西安中冶新材料有限公司、西安天伟电子系统工程有限公司。

本部分主要起草人：李琨、葛华山、余维江、张永武、王小良、李明科、晏显斌、杨祯、卢子忱、张敏。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 5959.1—1986、GB 5959.1—2005。

引 言

IEC 60519-1 第 5 版是一项产品安全标准,计划:

- 囊括 IEC/TC 27 范围内与工业电热(EH)和物料电磁处理(EPM)相关的所有类型的装置或设备;
- 包括与多种类型的设备或装置各自的特殊要求有关的所有危险的通用要求;
- 给出电气安全、接触电流、电场、磁场和辐射的要求,从而监测覆盖范围很广的装置及其处理频率;
- 给出验证这些要求的方法;
- 按照 IEC 指南 104,广泛应用 IEC 各技术委员会制定的具有同类或团体安全功能的标准,以及相关的 ISO 标准,包括 ISO/TC 244 制定的标准(更多信息在附录 H 中给出);
- 从 ISO 12100 的角度来讲,可用作 C 类标准使用;
- 包括适用于风险评估的所有材料、参考资料和要求,以及重大危险清单。

本部分主要涉及制造商为单一项目定制的设备。制造商完全知晓通过充足的风险降低措施使设备安全运行是他的责任,同时,按照适用的健康和安全法规评估操作人员的暴露是用户的责任。就提供单一设备或单一装置的项目而言,责任的清晰区分容易模糊不清,尤其是因为:

- 工艺(正常工作)的设计需要制造商和用户参与;
- 操作人员的工作程序由制造商和用户共同界定;
- 交货范围通常包括所有的保护措施;
- 在个别销售合同中,用户要求制造商提供暴露评估。

因而本部分提供了暴露危险和限值的相关信息,需清楚这些内容超出了产品标准的范围。

电热和电磁处理装置的安全

第 1 部分:通用要求

1 范围和目的

1.1 范围

GB/T 5959 的本部分规定了用于电热(EH)和基于处理技术的电热以及物料电磁处理(EPM)的工业装置或设备的通用安全要求。

这些要求适用于如下的工业装置或设备:

- 直接和间接电阻加热设备;
- 电阻伴热设备;
- 感应加热设备;
- 利用电磁力对材料作用的设备;
- 电弧加热(包括埋弧加热)设备;
- 电渣重熔设备;
- 等离子体加热和等离子体表面处理设备;
- 微波加热设备;
- 介质加热设备;
- 使用电子枪的设备;
- 红外辐射加热设备;
- 激光加热设备。

注:以上清单列出了设备及其应用的典型示例,并不详尽。

各类 EH 或 EPM 设备和装置的总体安全要求由本部分的通用要求与特定类型的装置或设备的特殊要求(指南在附录 G 中给出)共同规定。如果没有适用于特定装置或设备的特殊要求,则通用要求适用。

本部分不适用于下述标准所涉范围的设备和电器:

- IEC 60079 系列——例如,用于潜在爆炸性气氛中的设备或装置;
- IEC 60335 系列——例如,家用、商用和类似的电器,包括室内加热;
- IEC 60601 系列——例如,医用电气设备;
- IEC 60974 系列——例如,弧焊设备;
- IEC 61010 系列——例如,实验室用设备。

1.2 目的

这些要求涉及装置或设备从设计、试运行、运行、维护、检测到退役的整个生命周期,规定了在正常运行和单一故障条件下的人身安全和环境保护要求。

本部分以仅由专业人员或受过训练的人员操作和维护装置或设备为前提。

本部分用来验证 EH 或 EPM 设备或装置在设计、现场验收试验、常规试验或检测中是否满足本部分的要求。

本部分未提供型式试验的要求。

注:本部分涉及的工业设备通常作为单一或小批量设备来生产。

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 16895.1—2008 低压电气装置 第1部分:基本原则、一般特性评估和定义(IEC 60364-1:2005,IDT)

IEC 60071-1 绝缘配合 第1部分:定义、原则和规则(Insulation co-ordination—Part 1:Definitions,principles and rules)

IEC 60204-1:2005 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用要求(Safety of machinery—Electrical equipment of machines—Part 1:General requirements)

IEC 60204-1:2005/AMD1:2008

IEC 60204-11:2000 机械安全 机械电气设备 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(Safety of machinery—Electrical equipment of machines—Part 11:Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV)

IEC 60228 电缆的导体(Conductors of insulated cables)

IEC 60335-1:2010 家用和类似用途的电器 安全 第1部分:通用要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 1:General requirements)

IEC 60335-1:2010/AMD1:2013

IEC 60335-2-24 家用和类似用途的电器 安全 第2-24部分:对制冷器具、冰淇淋机和制冰机的特殊要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 2-24:Particular requirements for refrigerating appliances,ice-cream appliances and ice makers)

IEC 60335-2-89 家用和类似用途的电器 安全 第2-89部分:对带嵌装或远置式制冷剂冷凝装置或压缩机的商用制冷器具的特殊要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 2-89:Particular requirements for commercial refrigerating appliances with an incorporated or remote refrigerant unit or compressor)

IEC 60364-4-41 低压电气装置 第4-41部分:安全防护 电击防护(Low-voltage electrical installations—Part 4-41:Protection for safety—Protection against electric shock)

IEC 60364-4-42 低压电气装置 第4-42部分:安全防护 热效应防护(Low-voltage electrical installations—Part 4-42:Protection for safety—Protection against thermal effects)

IEC 60364-4-44 低压电气装置 第4-44部分:安全防护 电压波动和电磁干扰防护(Low-voltage electrical installations—Part 4-44:Protection for safety—Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances)

IEC 60364-5-53 建筑物电气装置 第5-53部分:电气设备的选择和安装 隔离、开关和控制(Electrical installations of buildings—Part 5-53:Selection and erection of electrical equipment—Isolation,switching and control)

IEC 60364-5-54 低压电气装置 第5-54部分:电气设备的选择和安装 接地配置和保护性导体(Low-voltage electrical installations—Part 5-54:Selection and erection of electrical equipment—Earthing arrangements and protective conductors)

IEC 60398:2015 电热和电磁处理装置的试验方法 第1部分:通用部分(Test methods for electroheating and electromagnetic processing installations—General)

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

IEC 60445 人机界面标志标识和识别的基本和安全规则 设备端子、导体终端和导体的标识

(Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification—Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors)

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

IEC 60664-1 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分:原理、要求和试验(Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 1:Principles, requirements and tests)

IEC 60825-1 激光产品的安全 第 1 部分:设备分类和要求(Safety of laser products—Part 1: Equipment classification and requirements)

IEC 60865-1 短路电流 效应计算 第 1 部分:定义和计算方法(Short-circuit currents—Calculation of effects—Part 1:Definitions and calculation methods)

IEC 60909-0 三相交流系统短路电流 第 0 部分:电流计算(Short-circuit currents in three-phase a.c. systems—Part 0:Calculation of currents)

IEC 60990:1999 接触电流和保护导体电流的测量方法(Methods of measurement of touch current and protective conductor current)

IEC 61000-3-3 电磁兼容(EMC) 第 3-3 部分:限值 对每相额定电流 ≤ 16 A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-3: Limits—Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection]

IEC/TS 61000-3-5 电磁兼容(EMC) 第 3-5 部分:限值 对额定电流大于 75 A 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-5: Limits—Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 75 A]

IEC/TR 61000-3-6 电磁兼容(EMC) 第 3-6 部分:限值 畸变装置连接到中压、高压和超高压电源系统的辐射限值的评估[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-6: Limits—Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems]

IEC 61000-3-11 电磁兼容(EMC) 第 3-11 部分:限值 对在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限值 额定电流 ≤ 75 A 且有条件接入的设备[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-11: Limits—Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems—Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection]

IEC 61000-6-2 电磁兼容(EMC) 第 6-2 部分:通用标准 工业环境中的抗扰度[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-2: Generic standards—Immunity for industrial environments]

IEC 61000-6-4 电磁兼容(EMC) 第 6-4 部分:通用标准 工业环境中的辐射标准[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-4: Generic standards—Emission standard for industrial environments]

IEC 61010-1:2010 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第 1 部分:通用要求(Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use—Part 1: General requirements)

IEC 61082-1 电气技术用文件的编制 第 1 部分:规则(Preparation of documents used in electro-technology—Part 1: Rules)

IEC 61310(所有部分) 机械安全 指示、标志和操作(Safety of machinery—Indication, marking and actuation)

IEC 61326-3-1 测量、控制和实验室用电气设备 电磁兼容要求 第 3-1 部分:对安全相关系统和

执行安全相关功能(功能安全)的设备的抗扰度要求 通用工业应用[Electrical equipment for measurement, control and laboratory use—EMC requirements—Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety)—General industrial applications]

IEC 61508(所有部分) 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全(Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems)

IEC 61672-1 电声学 声级计 第1部分:规范(Electroacoustics—Sound level meters—Part 1: Specifications)

IEC 61672-2 电声学 声级计 第2部分:型式评价试验(Electroacoustics—Sound level meters—Part 2: Pattern evaluation tests)

IEC 61786-1 人体暴露于1 Hz到100 kHz直流磁场、交流磁场和交流电场的测量 第1部分:对测量仪器的要求(Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings—Part 1: Requirements for measuring instruments)

IEC 61786-2 人体暴露于1 Hz到100 kHz直流磁场、交流磁场和电场的测量 测量导则(Measurement of DC magnetic fields, AC magnetic and electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings—Guidance for measurements)

IEC 61936-1 超过1 kV a.c.的电源装置 第1部分:通用规则(Power installations exceeding 1 kV a.c.—Part 1: Common rules)

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

IEC 62471:2006 灯和灯系统的光生物安全性(Photobiological safety of lamps and lamp systems)

IEC 82079-1 使用说明书的编制 结构、内容和表述 第1部分:一般原则和详细要求(Preparation of instructions for use—Structuring, content and presentation—Part 1: General principles and detailed requirements)

IEC 指南 104 安全出版物的编写及基础安全出版物和多专业共用安全出版物的应用导则(The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications)

ISO/IEC 指南 51 安全内容 标准中涉及安全内容的导则(Safety aspects—Guidelines for their inclusion in standards)

ISO 3746 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 反射平面上方采用包络测量表面的简易法(Acoustics—Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure—Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane)

ISO 3864-1 图形符号 安全色和安全标志 第1部分:安全标志和安全标记的设计原则(Graphical symbols—Safety colours and safety signs—Part 1: Design principles for safety signs and safety markings)

ISO 6385 工作系统设计的人类工效学原则(Ergonomic principles in the design of work systems)

ISO 7000 设备用图形符号 注册符号(Graphical symbols for use on equipment—Registered symbols)

ISO 12100:2010 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小(Safety of machinery—General principles for design—Risk assessment and risk reduction)

ISO 13577-1 工业炉及相关工艺设备 安全 第1部分:通用要求(Industrial furnaces and asso-

ciated processing equipment—Safety—Part 1: General requirements)

ISO 13577-2 工业炉及相关工艺设备 安全 第2部分:燃烧和燃料处理系统(Industrial furnaces and associated processing equipment—Safety—Part 2: Combustion and fuel handling systems)

ISO 13732-1 热环境人类工效学 接触表面后的人体反应评估方法 第1部分:热表面(Ergonomics of the thermal environment—Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces—Part 1: Hot surfaces)

ISO 13849(所有部分) 机械安全 控制系统有关安全部件(Safety of machinery—Safety-related parts of control systems)

ISO 13850 机械安全 急停 设计原则(Safety of machinery—Emergency stop—Principles for design)

ISO 13855 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(Safety of machinery—Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body)

ISO 13857 机械安全 防止上下肢触及危险区域的安全距离(Safety of machinery—Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs)

ISO 14119 机械安全 带防护装置的联锁装置 设计和选择原则(Safety of machinery—Interlocking devices associated with guards—Principles for design and selection)

ISO 14120 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求(Safety of machinery—Guards—General requirements for the design and construction of fixed and movable guards)

ISO 14159 机械安全 机械设计的卫生要求(Safety of machinery—Hygiene requirements for the design of machinery)

ISO 19353 机械安全 火灾防治(Safety of machinery—Fire prevention and protection)

CISPR 11 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法(Industrial, scientific and medical equipment—Radio-frequency disturbance characteristics—Limits and methods of measurement)

3 术语和定义、缩略语

IEC 指南 104、ISO/IEC 指南 51 和 ISO 12100 界定的以及下列术语和定义及缩略语适用于本文件。

注:通用定义在 GB/T 2900《电工术语》中给出。有关工业电热的术语在 GB/T 2900.23 中定义。

3.1 一般概念

3.1.1

电热 **electroheating; EH; electroheat**(拒用)

为了使用的目的将电能转化为热能。

[来源:GB/T 2900.23—2008,841-21-22,修改——electroheating 代替 electroheat,添加了新的同义词 EH 并对术语进行了缩减。]

3.1.2

物料电磁处理 **electromagnetic processing of material; EPM**

为了使用目的在电磁能或电磁力与物料之间的相互作用。

注:EPM 可包括或不包括加热。

3.1.3

电磁场 **electromagnetic field; EMF**

电或磁或者电和磁的组合随时间变化的场。

注:在本部分中,EMF 是由作为装置或设备一部分的源产生的。

3.1.4

电磁辐射 electromagnetic radiation

可传播的电磁场传输的能。

示例：微波辐射或光辐射（红外、可见光和紫外线）。

3.1.5

电磁近场 electromagnetic nearfield

不可传播的电磁场。

3.1.6

制造商 manufacturer

对符合本部分负责的 EH 或 EPM 设备或装置的生产者。

注 1：从本部分来讲，制造商同样可以是供应商、分销商、进口商或代理商。

注 2：从用户角度来看，制造商是对设备或装置的设计、制造、供应和试运行负责的一方。

3.1.7

用户 user

对 EH 或 EPM 设备或装置从投入使用到退役期间的运行和维护负责的一方。

3.1.8

专业人员 skilled person

具有适当的教育背景、知识和经验，能够察觉并避免与不同类型的装置或设备有关的危险，并且监督受过训练的人员的人员。

3.1.9

受过训练的人员 instructed person

在专业人员的指导和监督下，能够察觉风险并避免装置或设备可能产生的危险的人员。

3.1.10

操作人员 operator

在装置或设备运行、调校、维护、修理或拆解中完成一项或多项任务的专业人员或受过训练的人员。

3.1.11

一般人员 ordinary person

不能察觉风险并避免危险，可能会因暴露于比操作人员更低的限值中而受到伤害的人员。

示例：包括孕妇、老人或残疾人在内的大量公众，但不包括儿童。

3.2 设备及其状态

3.2.1

电气设备 electrical equipment

用来产生、变换、输送、分配或利用电能的一套设备，例如，换流器、变压器、电容器、开关设备和控制设备、测量仪器、保护装置以及布线系统。

[来源：GB/T 2900.71—2008，826-16-01，修改——用 electrical 代替 electric，对定义进行了编辑性修改。]

3.2.2

电热设备 electroheating equipment; electroheat equipment(拒用)

EH 设备 EH equipment

为了使用目的，将电能在其内转化成热能的设备。

[来源：GB/T 2900.23—2008，841-22-01，修改——用 electroheating equipment 代替 electroheat equipment，添加了新的同义词 EH equipment，在定义中用“热能”代替“热”。]

3.2.3

物料电磁处理设备 equipment for electromagnetic processing of material

EPM 设备 EPM equipment

利用电磁能或电磁力在其内对物料进行电磁处理的设备。

3.2.4

电热装置 electroheating installation; electroheat installation(拒用)

EH 装置 EH installation

由电热设备及其操作和使用中所需的电气设备机械设备组成的成套装置。

[来源:GB/T 2900.23—2008,841-22-02,修改——用 electroheating installation 代替 electroheat installation,添加了新的同义词 EH installation。]

3.2.5

物料电磁处理装置 installation for electromagnetic processing of materials

EPM 装置 EPM installation

由 EPM 设备及其操作和使用中所需的电气设备和机械设备组成的成套装置。

3.2.6

正常运行 normal operation

由制造商规定和与用户商定的装置或设备的运行状态。

3.2.7

工作负荷 workload

被处理的对象或物料。

注:术语“负荷”有不同的含义。可在某些特殊要求部分中做相应的使用和定义。

3.3 部件及配件

3.3.1

外壳 enclosure

能提供与预期应用相适应的防护类型和防护等级的外罩。

[来源:GB/T 2900.73—2008,195-02-35]

3.3.2

窗 window

能使某些种类的辐射透过的外壳部件。

3.3.3

隔障 barrier

防护隔障 protective barrier

仅可使用工具移除或被连锁的,限制接近设备或其外壳的物体。

注:隔障可在物理上与设备分开,但属于装置的一部分。

3.3.4

保护装置 guard

属于设备一部分的隔障。

3.3.5

阻挡物 obstacle

能可靠防止意外移除,但不使用工具或钥匙也能移除的,阻止接近的物体。

3.3.6

防护装置 protective device

除保护装置或外壳外能够降低风险的装置。

示例：双手控制、压敏垫或边、脱扣条和线、光幕、激光扫描器。

3.3.7

屏蔽 [体] **screen; shield (US)**

用以减弱电场、磁场或电磁场透入给定区域的构件。

[来源：GB/T 2900.83—2008, 151-13-09]

3.3.8

联锁 **interlock**

防止产生危险动作的机械或电气防护装置。

3.3.9

热断路器 **thermal cut-out**

温度保护器 **temperature protector**

在超出预设温度时切断设备的器件。

注：热断路器可重置；温度保护器则不可，每次动作后需更换。

3.3.10

光电耦合器 **photocoupler; optocoupler**

利用光辐射传输电信号，使输入和输出之间实现电隔离藕合的一种半导体光电器件。

注：该器件能不受电磁以及两个电压系统等级高低的影响。

[来源：GB/T 2900.66—2004, 521-04-45, 修改——添加了注。]

3.4 与安全有关的概念

3.4.1

带电部分 **live part**

正常运行中被供电的导体或可导电部分，包括中性导体、但按惯例不包括 PEN 导体、PEM 导体或 PEL 导体。

注：这一概念并不一定意味着有电击危险。

[来源：GB/T 2900.73—2008, 195-02-19]

3.4.2

危险带电部分 **hazardous-live part**

在某些条件下能造成伤害性电击的带电部分。

[来源：GB/T 2900.73—2008, 195-06-05]

3.4.3

高压危险区域 **high-voltage hazard zone; HV hazard zone**

没有完备的直接接触防护的高压设备危险带电部分附近由最小间隙限定的区域。

注：进入高压危险区域视同接触危险带电部分。

3.4.4

接触电压 **touch voltage**

人或动物同时接触到的两个可导电部分之间的电压。

注：有效接触电压值可能会明显受到与这些导电部分接触的人或动物的阻抗的影响。

[来源：GB/T 2900.73—2008, 195-05-11]

3.4.5

泄漏电流 **leakage current**

接地电流 **earth current** (拒用)

正常运行条件下不需要的导电通路中的电流。

3.4.6

感应触电 induced electric shock

由人体内的感应电场引起的生理效应。

注 1: 电场通常是由电磁近场感应的,并不需要接触导体。

注 2: 感应触电的效应大体上与接触导体引起的触电相同,例如,烧伤或神经反应。实践中通常不包括心室纤维性颤动状况。

3.4.7

紧急分闸 emergency switch-off

断开电气装置的任何电源,避免或减轻危险状况的操作。

注: 如果某一电源产生的危险后果比完全断开小,那么它可保持运行。

[来源:GB/T 2900.71—2008,826-17-03,修改——“开关器件将电源断开的操作”,被修改为“断开电气装置的任何电源”,此外还补充了注]。

3.4.8

绝缘 insulation

保证设备正常运行并防止电击的绝缘材料。

注 1: 绝缘也可绝缘动作。

注 2: 在某些情况下,隔热材料同样能够起到电气绝缘的作用。

3.4.9

基本绝缘 basic insulation

提供基本防护的危险带电部分的绝缘。

注: 本概念不适用于仅用作功能性目的的绝缘。

[来源:GB/T 2900.73—2008,195-06-06]。

3.4.10

电隔离 galvanic separation

阻止进行电力和/或信号交换的两个电路之间的电传导的一种防护方式。

注: 电隔离可以由诸如隔离变压器或光耦合器等器件来获得。

[来源:GB/T 2900.83—2008,151-12-26]

3.5 缩略语

EH 电热(electroheating)

ELV 超低压(工频低于 50 V)[extra low voltage (below 50 V at mains frequency)]

EMC 电磁兼容(electromagnetic compatibility)

EMF 电磁场(electromagnetic field)

EPM 物料电磁处理(electromagnetic processing of materials)

HV 高压(工频 1 000 V 以上)[high voltage (above 1 000 V at mains frequency)]

IR 红外(辐射)[infrared (radiation)]

LED 发光二极管(light-emitting diode)

LV 低压(工频 50 V~1 000 V)[low voltage (the range between 50 V and 1 000 V at mains frequency)]

MV 微波(microwave)

PE 保护接地导体(protective earthing conductor)

PEL 也作为线路导体的保护接地导体(protective earthing conductor being a line conductor as well)

PEM 也作为中间点导体的保护接地导体(protective earthing conductor being a mid-point

- conductor as well)
- PEN 也作为中性导体的保护接地导体(protective earthing conductor being a neutral conductor as well)
- SAR (能量的)比吸收率[specific absorption rate (of energy)]
- UV 紫外线(辐射)[ultraviolet (radiation)]
- VIS 可见(辐射)[visible (radiation)]

4 分类和细分

4.1 按工作频率分类

EH 和 EPM 设备可按其工作频率分类,例如,工作中使用的电压、电流或电磁场的频率。表 1 列出了设备的类型及其工作频率范围,以及安全频率限值。一套装置可包括多种设备类型。

表 1 设备、工作频率及安全频率限值

设备类型	由频率 ^a 范围确定 设备类型	安全频率限值范围 ^b	与电磁场有关的 频率范围	与频率范围相关的 危险
直流 ^c 或恒定场	0 Hz	0 Hz 或极性不变		触电、神经刺激
低频	>0 Hz~<60 Hz		0.1 Hz~200 Hz	触电、灼伤、吸附、神经刺激
工频	50 Hz 或 60 Hz			
中频	>60 Hz~100 kHz	>60 Hz~200 Hz		
		>200 Hz~100 kHz		
高频	>100 kHz~0.3 GHz	>100 kHz~6 MHz	>100 kHz~0.3 GHz	灼伤、身体部位发热
		>6 MHz~0.3 GHz		身体部位发热
微波	>0.3 GHz~300 GHz			
红外	(>300 GHz~ 400 THz) 1 mm~780 nm	1 mm~3 000 nm	不适用	皮肤和角膜灼伤
		3 000 nm~1 400 nm		
		1 400 nm~780 nm		皮肤、角膜和视网膜灼伤
可见光	(>400 THz~790 THz), 780 nm~380 nm			皮肤和角膜灼伤、皮肤癌
紫外线	(>790 THz~30 PHz), 380 nm~10 nm			皮肤、角膜和视网膜灼伤
激光	(>300 GHz~30 PHz), 1 mm~10 nm			
^a 额定工作频率。				
^b 对光辐射,还要给出对应的自由空间波长值。				
^c 直流设备不会去改变极性,但包含接通和断开。				

4.2 按电压分类

所有工业用电气设备可按如下规定划分:

- 超低压(ELV)和低压(LV)以工频电压 50 V(均方根值)或直流 120 V 为界;
- 低压(LV)和高压(HV)以工频电压 1000 V(均方根值)或直流 1500 V 为界。

注: ELV 和第 1 电压区段的定义, LV 和第 2 电压区段的定义,以及 HV 和第 3 电压区段的定义都是相同的。工频电压 25 V 以下或直流电压 60 V 以下对一般人员没有危险。

对装置和对 4.3.1 中定义的部分应进行区分并：

- a) 根据输入电压和输出电压区分,按其较高值(内部电压可能会更高);
- b) 与装置或设备的工作电压或内部电压无关。

一台装置的不同部分可分为 ELV、LV 或 HV。

4.3 装置和设备的细分

4.3.1 细分为多个部分

EH 或 EPM 装置由多个不同的特殊部分组成。图 1 给出了典型装置的框图以供参考。该图明确了装置和设备的界限,然而并非在每一类的 EH 或 EPM 装置中都能找到所有这些部分。

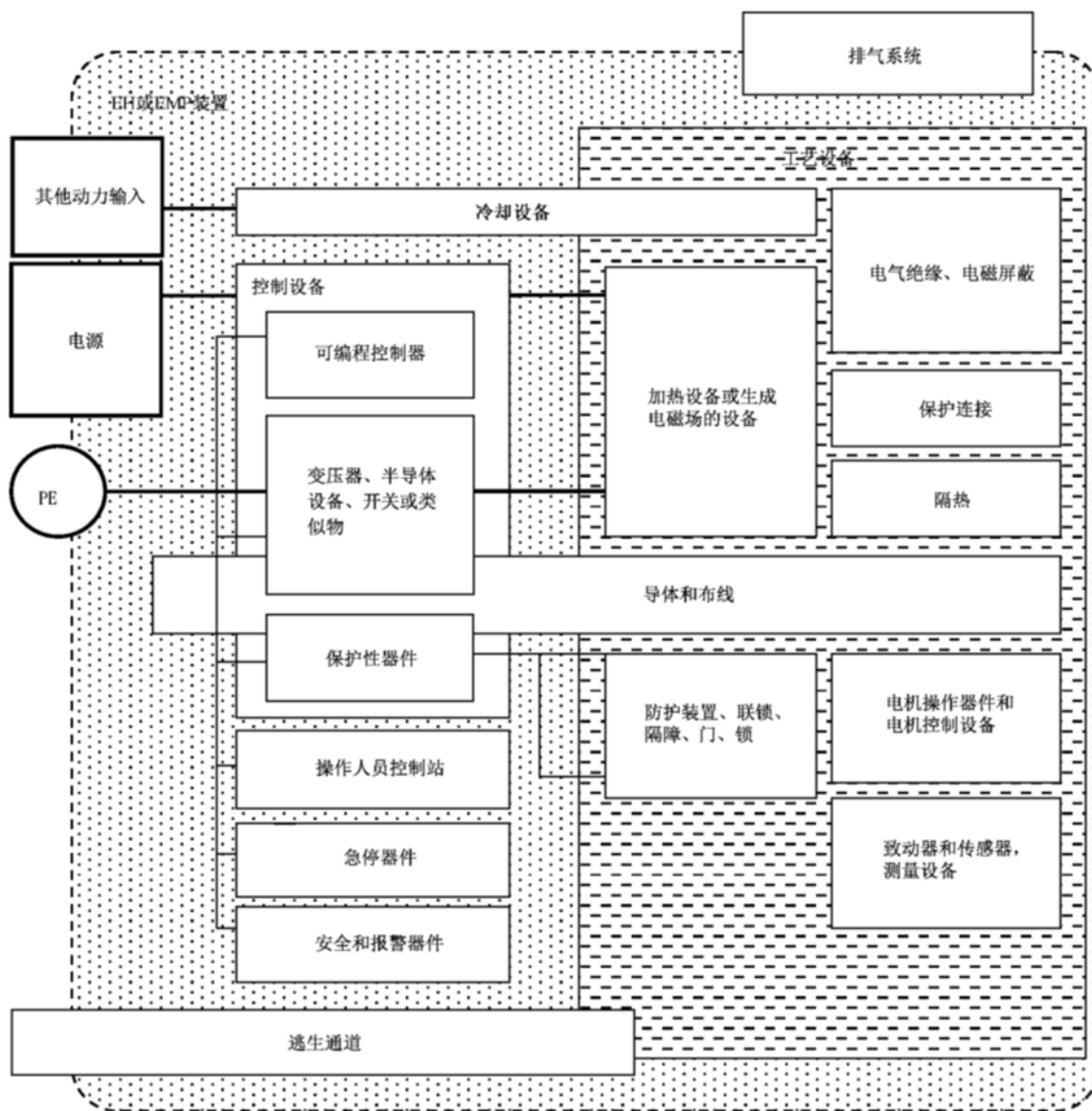


图 1 典型 EH 或 EPM 装置框图

表 2 给出了图 1 标出的各个部分有关的可供参考的本部分条款和其他标准。对工艺设备外的电气设备的要求在表 2 列出的 IEC 和 ISO 标准中规定。EH 或 EPM 装置的电气设备安全要求的基本来源对低压为 IEC 60204-1:2005 和 IEC 60204-1:2005/AMD1:2008,对高压为 IEC 60204-11:2000。

工艺设备的安全要求比较特殊,这是因为其极端复杂的环境和内部工况,在那里:

- a) 极限温度可与电气设备相互作用；
- c) 强电场、磁场和电磁场可与电气设备相互作用；
- b) 热能或电磁力可危及设备或绝缘以及保护措施的结构完整性。

表 2 典型 EH 或 EPM 装置——各部分和可供参考的条款和标准列表

装置或设备的部分(见图 1)		参考条款和标准有效的条件	参考条款和标准
部分	部件/项目		
电源		LV,≤200 Hz	IEC 60364-4-41、IEC 60364-4-42、 IEC 60364-4-44、IEC 60364-5-53、 IEC 60364-5-54、IEC 60445、 IEC 60664-1
保护接地,PE			
保护连接			
标准环境下的导体和布线			
电源		HV,≤200 Hz	IEC 61936-1、IEC 60071-1
保护接地,PE			
保护连接			
标准环境下的导体和布线			
电源		所有其他的,≤36 kV	第 7 章
保护接地,PE			
保护连接			
标准环境下的导体和布线		<40 ℃	IEC 60228
非标准环境下的导体和布线		>40 ℃	6.4.2、13.3
控制设备	开关设备和控制设备	LV,≤200 Hz	IEC 60204-1
		HV,≤36 kV,≤200 Hz	IEC 60204-11
		>36 kV,≤200 Hz	特殊要求
		>200 Hz	第 7 章
	可编程控制器	所有的	IEC 61508 系列、IEC 62061、ISO 13849 系列
	防护装置		
操作人员控制站 (同开关设备和控制设备)		<1 000 V,≤200 Hz	IEC 60204-1
		>1 000 V,≤200 Hz	IEC 60204-11
		所有其他的	第 7 章、第 8 章
急停器件 (同开关设备和控制设备)		<1 000 V,≤200 Hz	IEC 60204-1
		>1 000 V,≤200 Hz	IEC 60204-11
		所有其他的	ISO 13850
安全和报警器件 (同开关设备和控制设备)		<1 000 V,≤200 Hz	IEC 60204-1
		>1 000 V,≤200 Hz	IEC 60204-11
		所有其他的	ISO 13850
其他动力输入——例如,液体、燃料、压缩空气		所有的	第 12 章
气态或液态燃料		所有的	ISO 13577-2

表 2 (续)

装置或设备的部分(见图 1)		参考条款和标准有效的条件	参考条款和标准
部分	部件/项目		
流体提取系统		所有的	第 12 章
废气		所有的	ISO 13577-1
逃生通道		所有的	IEC 60364-4-42
工艺设备	电加热设备,通常称为电热设备	见 6.4	第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章 特殊要求
	非电加热设备		ISO 13577-1 ISO 13577-2
	产生电磁场的设备		第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章 特殊要求
	隔热		第 10 章 ISO 13577-1
	绝缘		第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章
	电磁屏蔽		第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章
	致动器和传感器		IEC 61310 系列
	测量设备		IEC 61010-1 特殊要求
	电机操作器件和电机控制设备		IEC 60204-1
	保护装置、联锁、隔障、门、锁		ISO 14119 ISO 14120 特殊要求
	冷却		第 10 章、第 12 章

4.3.2 要求的层次和结构

以下规则是一个指导方针,尤其是在考虑包括触电、感应触电、接触电流以及电磁场的其他效应的电磁安全要求时。

- 对表 2 所列那些标准中的某一标准的适用范围内的装置的所有部分,该标准适用;
- 对表 2 所列任一标准的适用范围外的设备或部分,第 7 章适用,例如,频率高于 200 Hz 的设备或在 40 °C 以上使用的设备;
- 电压限值超过 36 kV 的设备在特殊要求部分中规定。

4.4 危险和风险分类

4.4.1 危险分类

根据以下标准区分危险:

- 即时伤害危险——例如,事故直接导致的伤害,以及

b) 伤害取决于暴露、累积或剂量的危险——例如,取决于强度、场强、暴露时间。

即时危险的实例有触电、物体喷射、爆炸、切割或坠落等机械危险,达到可能致死剂量的有毒物。

暴露危险的实例有暴露于光或微波辐射、电场或磁场、声音或噪声、电离辐射、有毒或放射性物质之中。

与灼热表面或灼热物质的接触在低温时与接触量有关,或者是即时性的,如直接接触液态金属。

危险区分为:

c) 可感知危险——如造成不良身体反应的危险,和

d) 不可感知危险或不可察觉危险。

可感知危险的实例有物料或环境温度、强烈的可见辐射、快速移动的部件、加速、振动或噪声。

不可感知或不可察觉危险的示例有紫外线辐射、电离辐射或放射性物质、有毒物质、微波、磁场或电场。

4.4.2 风险分类

风险取决于暴露等级、持续时间、剂量强度,但也取决于被暴露的人体部分、对物质的意识和感觉、对危险类别的经验和知识,以及行为因素,例如,根据风险的等级来回避或远离,不可察觉的危险划为需要采取特殊保护措施类别。表 3 为其总结了一般应对方法。

表 3 暴露风险的安全分类表

风险类别		限制和保护措施	信息和培训
0	无风险	无限制	无需信息
1	低风险	根据风险评估的结果,可能需要象限制进入一样的限制或采取保护措施	由制造商提供关于危险、风险和次生作用的信息
2	中度风险	特别的限制和必需的保护措施	由制造商提供关于危险、风险和次生作用的信息。如果制造商认为有必要对操作人员进行专门的培训,应说明
3	高风险	禁止进入	由制造商提供关于危险、风险和次生作用的信息

应分别考虑每个空间位置或危险区域。应考虑正常运行和单一故障情况。附录 B 和附录 C 提供了风险等级分类的示例。

4.4.3 限值

本部分涉及的对重大危险的限值如下:

——电场、磁场和电磁场,包括接触电流——危险和适用的限值信息参见附录 B;

——红外、可见和紫外光辐射——国际认可的限值信息参见附录 C;

——声场——限值信息参见附录 D;

——热的周围环境和物体——限值在 ISO 13732-1 中给出,相应于 IEC 指南 117(也可见第 10 章)。

如相关的话,制造商或用户有责任考虑现有国家法规中规定的限值。如果没有,可使用本部分中规定的限值。

5 风险评估

应对装置各类危险的关联风险进行评估。这能确定已识别风险的大幅降低及必要的防护措施,同

时还能维持适当的装置性能。

本部分与适用的特殊要求部分配合使用,为制造商的风险评估和风险降低提供了帮助。本部分说明了 EH 和 EPM 装置的特殊和典型的危险。附录 A 给出了本部分考虑的重大危险的清单。

风险评估和风险降低的实现和方法见 ISO 12100。

6 总则

6.1 基本考虑

6.1.1 任何 EH 或 EPM 装置或设备应适于其预期用途,其设计应使其在正常运行或单一故障条件下的运行、调整和维护中,不使人处于风险之中。设计和构造应确保在采用了最新技术的情况下及在装置或设备可预见的生命周期内足够地降低风险。

不应有通过制造商可预见的由工作负荷引起的任何风险。

6.1.2 任何 EH 或 EPM 装置或设备的设计应能防止或降低任何误用或故障发生的可能性。

6.1.3 任何 EH 或 EPM 装置或设备都不应造成即时或不可察觉的风险,除非那样不可能达到预期用途。在这种情况下,应提供额外的防护措施、警告和说明。

6.1.4 制造商应遵循如下规则:

- a) 消除各类风险,使装置或设备具有固有的安全;
- b) 对不能消除的那些风险提供防护措施;
- c) 向用户提供关于剩余风险的所有必要信息,指出必要的培训和人身保护设备。

虽然对大多数 EH 或 EPM 装置或设备而言,似乎难以做到固有安全设计,但制造商应在可能的情况下努力达到这一目标。

6.1.5 防护措施是在设计阶段采取的各种措施以及由用户执行的各种被要求措施的组合。制造商应按第 5 章~第 17 章的规定采取所有适用的必要措施。

6.1.6 如果某一特定的危险属于表 3 中规定的 1 类或 2 类风险且不能被制造商进一步降低,则制造商应向用户提供详细的信息,包括:

- a) 指明 1 类或 2 类风险区域的位置和范围的装置图形描述或平面图;
- b) 信号和报警器件的信息(见 19.3);
- c) 必要的铭牌和警告(见 19.4);
- d) 必要的限制指示以及由用户采取的防护措施(见 19.5);
- e) 对操作人员的必要信息指示(见 19.5);
- f) 涉及安全或降低风险的工作程序的指示。

6.1.7 如果某一特定的危险属于表 3 中规定的 3 类风险且不能由制造商进一步降低,则制造商应向用户提供详细的信息,包括:

- a) 指明 3 类风险区域的位置和范围的装置图形描述或平面图;
- b) 信号和报警器件的信息(见 19.3);
- c) 必要的铭牌和警告(见 19.4);
- d) 对操作人员的必要信息指示(见 19.5)。

6.1.8 不应将适当的降低风险与将暴露降至接近暴露限值水平相混淆。适当的风险降低能够消除危险,或者在不可能消除时,将暴露降至技术限值。适当使用暴露限值是用户的责任。

6.2 重大危险

第 6 章~第 17 章规定了各类已识别的重大危险的防护措施。附录 A 列出了与本部分的应用有关的各种重大危险的清单。

应根据第 18 章对是否符合本部分的规定进行验证。

6.3 装置自身以及工艺设备外的电气设备的物理环境和运行条件

6.3.1 EH 或 EPM 装置及其不在工艺设备内的电气设备应适合于其预期应用的物理环境和运行条件。

在特殊运行条件或超出 6.3 规定的限值时,需要制造商与用户之间达成一致。在这种情况下,4.1 以及 IEC 60204-1:2005 的附录 B 和 IEC 60204 1:2005/AMD1:2008 适用于低压装置,4.1 和 IEC 60204-11:2000 的附录 B 适用于高压装置。

6.3.2 装置不应产生超过适合其预期运行环境的等级的电磁干扰。此外,设备应有一定程度的电磁抗扰性,以便能在其预期的环境中运行。具体要求见附录 E。

6.3.3 装置应能在预期的环境气温中安全运行。对所有电气设备的最低要求是在 5℃~40℃的气温中安全运行。

6.3.4 装置应能在最高温度为 40℃,相对湿度不超过 50%时安全运行。温度较低时允许有更高的相对湿度(例如,在 20℃时小于 90%)。装置要么应在偶尔发生结露时安全运行,要么制造商应通过设备的设计避免结露,或在必要时采取额外措施(例如,内置加热器、空调或排水孔)。

6.3.5 装置应能在达到 1 000 m 海拔高度的气压下以及较宽范围的气候和天气条件下安全运行。环境气压下限应为海平面正常海平面大气压的 85%。

对于更高海拔或更低气压的设备,有必要考虑绝缘耐压强度、器件切换能力以及空气冷却作用的下降。

6.3.6 对低压设备,应按 IEC 60204-1:2005 中 11.3 对装置的电气设备进行充分保护,防止固体和液体侵入。应充分防止预期物理环境中可能存在的各类污染(如灰尘、酸液、腐蚀性气体或盐分)。

6.3.7 当设备暴露于辐射(如微波、紫外线、激光或 X 射线)中时,应采取额外措施避免因辐射诱发的作用而引起的设备故障、绝缘层加速老化、金属退化或腐蚀。

6.3.8 应避免振动、晃动或碰撞(包括由装置及其关联设备以及物理环境产生的那些)对装置产生的不良作用,这可通过选择合适的设备,或将其安装在远离产生振动或晃动的设备的地方,或者使用防振动或防晃动配件来实现。

6.4 工艺设备内的电气设备的物理环境和运行条件

6.4.1 置于工艺设备内或附近的电气设备应适于其预期应用的物理环境和运行条件。

工艺设备内或附近的物理状况有多种不同环境,可能需要制造商与用户对这些状况协商一致。

6.4.2 电气设备应能在正常运行和单一故障条件以及下列各情况下正确运作:

- a) 在工艺设备内或附近的预期温度等级上;
- b) 在工艺设备内或附近的湿度等级上运行(极端湿度等级或强结露可被视同为完全浸渍);
- c) 在工艺设备内或附近预期的大气条件和气压下;
- d) 在工艺设备内或附近遍布的电场和磁场中。

6.4.3 应充分保护电气设备,防止固体和液体侵入,特别是工艺设备内或附近预计存在的各种污染(如灰尘、酸液、腐蚀性气体或盐分)。

6.4.4 当工艺设备内的电气设备暴露于辐射(如微波、紫外、激光或 X 射线)中时,应采取额外措施避免设备故障和绝缘层的加速老化。

6.4.5 应避免由工艺设备以及那些由物理环境产生的振动、晃动或碰撞对装置的不良作用,这可通过选择合适的电气设备,或将其安装在远离工艺设备的地方,或者使用防振动配件来实现。

6.5 电源

6.5.1 装置的设计应能使其在正常运行和下述电网条件下正确运作:

- 按以下规定；或
- 按用户另外规定和制造商认可的；或
- 在采用特殊电源，如柴油发电机的情况下，按制造商的规定。

除非制造商和用户明确达成一致，否则下列各项适用于工频电源：

- a) 稳态电压范围为标称电压的 90%~110%；
- b) 频率范围持续为标称连续频率的 0.99 倍~1.01 倍；根据 IEC 60204-1，短时间内可为 0.98 倍~1.02 倍（部件不因异常电流过度升温）。

对诸如柴油发电机等的特殊电源系统，可超出给定的界限，但前提条件是设备的设计使其在上述条件下正确运行。

6.5.2 如果停电或电源发生故障，装置或设备：

- a) 不应进入不安全运行模式或单一故障状态，尤其不应意外启动；如果发出了停止指令，不应阻止停机；除非采取了防护措施，否则不应使任何部件或工件弹出或掉落；
- b) 不应丢失安全操作所需的开关设备、控制设备和可编程控制器的设置；
- c) 应能保持所有的防护装置完全运行或使它们发出停止指令；
- d) 应能冷却下来而不产生危险。

6.6 接近性

6.6.1 在运行或维护期间，装置或设备应允许工作人员安全进入需要介入的所有区域。设备的设计和安装应使操作人员需要接近、观测或查看的所有器件和部件都能接近或看到。

6.6.2 应通过限制或防止接近危险或危险区域降低风险。限制接近可能产生危险的表面或部分或者限制进入危险区域取决于危险自身、危险的类型（即时的或暴露累积的）以及危险源的强度（例如，表面温度或带电部分的电压）。

6.6.3 应在所有情形下都能防止意外接近危险带电部分或意外进入危险区域，包括没有隔障或外壳处，或者隔障或外壳可以被移除以便接近需要手动操作的器件或者需要更换部件处。

6.6.4 接近器件的通道及其操作所需的空間应防止意外接触危险带电部分或意外进入危险区域，这可通过适当的距离来实现。

如果进入通道或空间与危险带电部分的距离小于合适值，则应提供防止意外接触的阻挡物。

6.6.5 在靠近器件或部件的方向上，防护程度应不低于 IEC 60529 的 IPXXB（也遵守 IP2X），在其他方向上应不低于 IEC 60529 的 IPXXA（也遵守 IP1X）。

6.7 人类工效学因素

应将操作人员在设备正常运行和预期环境条件下面临的物理和生理压力降至可能的最小值。就这一点而言，主要的目标如下：

- a) 避免仅由装置决定工作速度；
- b) 避免需要长时间集中注意力监视装置或其控制单元；
- c) 考虑不同操作人员的体力、耐力或体型的不同；
- d) 给予操作人员足够的活动空间；
- e) 使控制单元和其他接口与操作人员可预见的不同特性相适配。

ISO 6385 的规定适用。

6.8 运输和贮存

电气设备的设计应使其能在 -25℃~55℃ 的温度范围内承受运输和贮存的影响，在不超过 24 h 的短时间内能够承受 70℃ 的影响。否则应采取适当的预防措施，保护电气设备免受此类影响。应提供

适当的措施防止湿气、振动和晃动造成的损坏。

注：低温下易损坏的电气设备包括 PVC 绝缘电缆、某些电解电容器或使用水冷的设备。

6.9 吊运和装配

6.9.1 EH 或 EPM 装置或设备应能安全吊运和装配。

6.9.2 装置或设备不能用手移动的任何部分应配备起吊附件。

6.9.3 所有部件应能容易地使用适当的设备或升降装置进行组装。

6.10 易耗品和备件

计划由操作人员更换的易耗品或备件应以这样的方式合成或安装，即就正确和不含糊的安装和电气连接而言，更换应是不复杂和安全的。

7 触电防护

7.1 通用要求

本章适用于：

- a) IEC 60204 系列的范围和环境条件限值以外的工艺设备，如超过 40 °C；
- b) 频率超过 200 Hz 的 EH 或 EPM 装置的设备。

本章既不适用于 IEC 60204 系列规定的设备，也不适用于电压超过 36 kV 的设备，它们由特殊要求部分规定。

注：电气危险与频率从 0 Hz~100 kHz 的电荷和电流有关。常规触电现象逐渐变化或在上限时消失；等电位连接之类的保护方式不再可靠。

7.2 防护的基本规则

危险带电部分应不可接近，同时可接近的导电部分在正常运行期间或单一故障条件下不应是危险带电的。对高压装置或设备，进入高压危险区域即视为接触危险带电部分。

不可接近部分为所有的危险带电部分或超出可触及范围限制的危险区域——即按 ISO 13857 中规定，在正常运行期间或单一故障条件下接触是不可能的。

正常运行中的保护由基本防护(7.4)提供，单一故障条件下的保护由故障防护(7.5)提供。由 IEC 61140:2001 中 5.3 规定的加强型防护措施提供的保护对本部分范围内的任何装置或设备还不够。

7.3 一般条款

7.3.1 至少未通过基本绝缘与危险带电部分隔离的所有导电部分应视作危险带电部分。这同样适用于由基本绝缘隔离，但通过部件与危险带电部分连接的导电部分，这些部件的设计不能承受与基本绝缘相同的电应力。

7.3.2 装置或设备的暴露导电部分应连接至保护连接端。这包括只刷了油漆、清漆、涂料或类似物品的所有部分。不包括可以触摸但通过保护性隔离与危险带电部分分开的导电部分。

7.3.3 如果装置或设备并未完全由导电部分覆盖，则下列内容适用于绝缘材料的可接触部分。如果绝缘材料部分的可接触表面：

- 其设计采用夹紧方式，或
- 可能会与布有危险电势的导电表面接触，或
- 可能会与人体的一部分有较大接触(面积超过 50 mm×50 mm)，或
- 应用在污染物有高导电性的区域中，则它们的可接触表面应通过下列方式与危险带电部分

隔离:

- a) 双层或加强绝缘,或
- b) 基本绝缘和保护性屏蔽,或
- c) 这些措施组合使用。

绝缘材料部分的所有其他可接触表面应至少通过基本绝缘与危险带电部分隔离。对用作装置一部分的所有设备,应按制造商在使用说明中的规定,由制造商或用户在装配和安装期间提供基本绝缘。

这些要求被认为是符合的,如果:

- 绝缘材料的可接触部分提供了要求的绝缘,同时它们的温度不超过第 10 章规定的限值;
- 配电盘由金属制成,开关、旋钮或类似物的驱动轴在所有位置都能有效地连接至地电位。

7.3.4 装置或设备的设计应能限制进入高压危险区域。应考虑操作人员操作和维护所需的通道。在不能满足安全距离的地方,应安装固定的防护屏。

应在所有进门、防护装置、隔障上贴挂符合 19.4 规定的警告标签。

7.3.5 如果因为操作原因不能防止下述低压部分可接近和危险带电,则正常运行中允许操作人员接近它们:

- a) 移掉灯泡后的灯具部件和灯座;
- b) 计划更换且在更换过程或操作人员的其他动作中可能会危险带电的部分,但仅在使用工具时才可接近,同时有警告标识(见 19.4)。

如果 a) 和 b) 中所述的任意部分接收来自内部电容器的电荷,则在断电 10 s 后,它们不应危险带电。

7.4 基本防护

7.4.1 本部分范围内的所有装置或设备应提供下列基本防护:

- a) 对低压装置或设备,在没有表 2 列出的特定标准时,所有的基本防护应符合 IEC 60364-4-41;
- b) 对高压装置或设备,在没有表 2 列出的特定标准时,所有的基本保护应符合 7.4。

7.4.2 基本防护应由一项或多项至少能在正常运行中防止接触危险带电部分的措施组成。

7.4.3 在使用了固态基本绝缘处,应防止接触危险带电部分。

对高压装置和设备,在固态绝缘的表面会有电压,可能需要进一步的预防措施。

在由空气提供基本绝缘处,应按照 7.4.4 和 7.4.5 的规定通过阻挡物、隔障或外壳或者根据 ISO 13857 将它们置于伸臂范围之外,来防止接近危险带电部分或进入危险区域。

在仅仅通过基本绝缘将导电性阻挡物与危险带电部分隔离处,导电性阻挡物就是一个暴露的导电部分,应采用故障防护措施。

7.4.4 防止接近危险带电部分或进入危险区域的隔障或外壳应能提供至少为 IEC 60529 IPXXB(也遵守 IP2X)的防护等级。

隔障或外壳应具有足够的机械强度、稳定性和耐久性,以维持规定的防护等级,还应考虑来自周围环境和外壳内部的所有相关影响——应将 ISO 14119 和 ISO 14120 用于其设计。

在设计或构造允许移除隔障、打开外壳或移除外壳的部分处,接近危险带电部分或进入危险区域应满足下列条件才可能:

- 使用钥匙或工具;或
- 在外壳不再提供防护的地方,将危险带电部分与电网隔离以后,电源应仅在更换完隔障或外壳的部分之后或在关门之后才可能恢复;或
- 在中间隔障仍然维持所需的防护等级处,这样的隔障只能使用钥匙或工具才可移动。

隔障或外壳应由内部不会形成危险感应电流的材料制成。

7.4.5 对高压装置和设备,绝缘体或绝缘材料内或沿着它们表面的电场强度的严重不均衡度应降至安

全水平,或者通过结构性措施或电位分级来避免。这应使操作人员免受危险的跨步和接触电压。

注:电位分级通常用于有较大地电流产生的电气装置。

7.4.6 电路的电位分级在频率超过 200 Hz 时应通过下述方式控制:

- a) 如果因设备的设计原因而有必要接地,则不应依靠装置的任何结构性部件。应提供单独的低电抗导体,在发生器和处理设备之间形成通路。
- b) 如果导体电流超过 500 A,则在可以被立即触及的装置任意距离上的压降应不超过 5 V(均方根值),除非有足够的隔障或外壳(见 7.4.4)阻碍接近该装置。

注:这一几何范围限制是因为频率在约 100 kHz 以上时电磁波及其传播会导致接地连续性不可靠。

7.5 单一故障防护规定

7.5.1 故障防护应由一项或多项独立且附加于基本防护的措施组成。故障防护的具体要求在 7.5.2~7.5.7 中规定。

7.5.2 如果发生以下情况,应考虑单一故障条件:

- a) 可接近的非危险带电部分变成危险带电部分;或
- b) 正常运行中不带电的可接近导体部分变成危险带电的;或
- c) 危险带电部分变成可接近的。

7.5.3 为了满足单一故障条件下的基本规则,应通过独立于基本保护(7.3.4)的进一步防护措施实现故障防护。独立的单一故障防护应提供给:

——低压装置或设备,在没有表 2 列出的特定标准时,按照 IEC 60364-4-41 的规定;

——高压装置或设备,在没有表 2 列出的特定标准时,按照 7.5 的规定。

7.5.4 两个独立防护措施中任何一个的设计应使得在 6.3 或 6.4 规定的环境条件下以及正常运行或单一故障条件下不太可能发生事故。

两个独立的防护措施应互不影响。

注:两个独立的防护措施不太可能同时发生故障,通常不予考虑。依靠多个防护措施中依然有效的一个。

7.5.5 对保护性等电位连接的要求在 7.6 中规定并且独立应用。

7.5.6 保护性屏蔽应由置于装置或设备危险带电部分与被保护部分之间的导电屏蔽组成。保护屏蔽应连接至装置或设备的保护性等电位系统;其自身也应符合 7.6 中保护性等电位连接的要求。

7.5.7 电路与其他电路或接地线之间的简单隔离应通过最高电压下的整体基本绝缘实现。

如果任意部件在隔离的电路之间连接,该部件应承受为跨接其间的绝缘所规定的电介质应力,其阻抗应将流过该部件的预期电流限制至附录 B 列出的稳态接触电流值。

7.5.8 辅助绝缘的尺寸应能承受与基本绝缘的规定相同的应力。

7.6 保护性等电位连接

7.6.1 保护性等电位连接系统应由下述元件中的一个或者两个或更多元件的适当组合组成:

- a) 设备中的保护性等电位连接;
- b) 装置中接地的保护性等电位连接;
- c) 保护性导体(PE);
- d) 同时作为中性导体的保护性导体(PEN);
- e) 保护性屏蔽;
- f) 电源接地点;
- g) 接地电极(包括用于电位分级的接地电极);
- h) 接地导体。

一些特定的考虑要求频率远高于工频,它们并在特殊要求部分中规定。

保护性连接电路所有部分的设计应使其能够承受最高的热应力和机械应力,它们由流入保护性连接电路任意部分的接地故障电流引起。应使用 IEC 60909-0 进行短路电流的评估,IEC 60865-1 适用于短路电流的作用。

如果安装了接地故障监控系统,那么电气装置或设备的任何结构性部分都可用作保护性连接电路的一部分。

7.6.2 高压装置或设备的等电位连接系统由于存在特殊风险应接地,例如,高接触和跨步电压危险以及因放电原因而使外露导电部分成为带电的危险。接地布置的对地阻抗的大小应不产生危险的接触电压(见与附录 B 有关联的第 18 章)。在故障条件下可能变成带电的外露导电部分应连接至接地布置中。

7.6.3 在基本防护失效时可能带危险有效接触电压的可接近导电部分,即外露导电部分和任何保护性屏蔽,应连接至保护性等电位连接系统。

7.6.4 保护性等电位连接系统应有足够低的阻抗,以避免绝缘失效时各部分之间危险的电位差,此外,如果必要,应与由故障电流驱动的防护装置配合使用。

这可能有必要考虑保护性等电位连接系统不同元件的相对阻抗值。如果在单一故障条件下,电路的阻抗能够限制稳态接触电流,使其当按照第 18 章测量时对频率上至 100 Hz 不会超过 35 mA 有效值或对直流应用不超过 10 mA,则该电位差便无需考虑。在某些环境或情况下,如高导电性场所或潮湿的地方,该限制值应更低。

注: IEC/TS 60479-1 可提供阻抗的有关数据。

7.6.5 保护性等电位连接所有部分的尺寸应使因故障电流原因而可能产生的热应力和动态应力不会削弱保护性等电位连接系统的特性,故障电流是因基本绝缘失效或搭桥而引起的。一些并不影响安全的局部损伤在故障发生的地方或许是可接受的,如外壳金属板部分的损伤。

7.6.6 保护性等电位连接的所有部分应能承受装置预计生命周期内产生的所有内部和外部(包括机械、热和腐蚀)影响。

如果各部分需要定期检查或维护,则制造商应在使用信息中说明。

不应将可移动的导电连接件如铰链和滑块视为保护性等电位连接系统的一部分,除非它们符合 7.6 的要求。

在要拆卸装置或设备的部件的地方,在拆卸部件过程中,装置或设备任何其他部分的保护性等电位连接不应被中断,除非先断开其他部分的电源。

保护性等电位连接的元件不应包含任何可合理预见的破坏电气连通性或引入巨大阻抗的器件,除非这些器件会被移除。这一要求仅在保护性导体的连通性验证或保护性导体的电流测量中暂时执行(见第 18 章)。

7.6.7 在保护性等电位连接的元件可能被作为多个相关供电导体的同一个耦合器或插头插座器件中断的地方,保护性等电位连接不应比供电导体更早中断。保护性等电位连接应在供电导体再次连接前重新建立。当中断和再次连接仅在设备处于断电条件下才可能发生时,这些要求不适用。

7.6.8 高压装置或设备的等电位连接不应在主接触器达到能承受设备额定冲击耐受电压的隔离距离之前中断。

7.6.9 保护性等电位连接的绝缘或者裸露的导体应很容易通过外形、位置、标记或颜色区分,但只有通过破坏才能断开的那些导体除外,如电子设备中的绕线和类似的线路以及印刷线路板上的线路。如果用颜色区分,则应符合 IEC 60445 的规定。

7.6.10 低压设备的保护性导体或保护性连接系统的连通性应符合 IEC 60204-1:2005 中 8.2 的规定。这不包括开关装置、不需要连接和需要中断的部分。

保护性接头连接点、对地泄漏电流超过 10 mA 的装置中的保护性连接以及功能性连接应符合 IEC 60204-1:2005 中 8.2 和 8.4 的要求。

7.6.11 低压设备的导轨可用作返回电路,但前提是在故障条件下,电路的阻抗足够低,能将导轨和附

近大地间的跨步和接触电压限制到不超过有效值 25 V。

7.6.12 除非在特殊要求部分另有规定,大地、保护性导体、护套和结构件不应用作有效电路的一部分。

7.6.13 除非改进了装置的总体安全性,否则应避免二次电路接地。如果二次电路接地,应仅在二次电路的电压足够低,满足接触电流限值时才可接近——详细要求见 7.9。

7.6.14 除插头插座以外的连接方式应清楚地使用 IEC 60417-5019(2006-08)(见附录 F)中的符号,或者字母 PE,或由绿色与黄色双色组合来标示。该标示不应置于在螺丝、垫圈或在导体连接时可能会被移除的其他部分上或者由它们来固定。

对软线连接设备,软线保护性导体应在应力消除装置失效的情况下是最后一个被中断的导体。

7.7 对频率高于 200 Hz 的故障防护的附加条款

7.7.1 故障防护应由一个或多个独立且附加于那些基本防护的下列措施组成。

7.7.2 工作频率高于 200 Hz 的电气设备的各部分应能在正常运行和单一故障条件下,在考虑了趋肤效应和临近效应后仍能正常工作。

7.7.3 任何辅助绝缘的尺寸应能承受与基本绝缘相同的多种应力。此外,绝缘材料在工作温度和频率下应有足够低的介质损耗因数,以便绝缘不会被材料的介质加热而削弱。

7.7.4 所有的高频电路应在电气上与工频接地系统隔离。电路与工频接地系统之间的电隔离失效可导致可接近部分带危险有效接触电压,这应由故障电压驱动的防护装置来检测并使该电路断开及断电。

如果与电隔离相比,将高频接地直接连接至工频接地系统可降低相关风险,则可这样做;详细规定见特殊要求部分。

7.7.5 构成从电路的频率源到处理设备或类似设备的主电路的单独的低电阻导体:

- a) 应能承受所有预期的内部和外部影响(包括机械、热、腐蚀和辉光放电)。
- b) 如果导体在维护中可接近,则应能承受在任何单一故障条件下产生的最高电压;其绝缘性能和载流容量应使其在任何可预见的单一故障条件下不会过热;如果在任何可预见的单一故障期间产生了过电流,进而产生过热,则应安装能在导体性能下降之前永久切断设备电源的电流传感器件。
- c) 应在不使用工具时无法移除。
- d) 如果因为设备的设计原因需要在维护时增加可分离的主电路导体断开器件,则其插头和插座应与安全电路机械组合,以防主电路在断开期间通电,同时,应将闭锁或类似的器件组合到插头和插座系统中,其对外部也要充分绝缘以便无危险断开;如果仅需在安装和停运中断开并在随后使用工具,则这些要求不适用。
- e) 分离式电路导体的重新连接应在供电导体的再次连接前。这一要求不适用于仅在设备断电条件下才可能的中断和重新连接。
- f) 应将端头的电路电气连接分开,这样不会与其他任何电气连接或者装置或设备其他任何部分的保护性等电位连接组合在一起。

7.8 保护性导体电流

7.8.1 在装置或设备中应采取措施,防止过大的保护性导体电流影响装置的安全或正常运行。应确保供给设备和由设备产生的所有频率的电流的兼容性。

7.8.2 以下限值适用于工频设备:

- a) 对配有额定电流不超过 32 A 的单相或多相插头和插座输出系统的插入式用电设备:额定电流在 4 A 以下的小于 2 mA,额定电流超过 10 A 的小于 5 mA,额定电流在 4 A~10 A 的为 0.5 mA/A;
- b) 对保护性导体没有特殊措施的固定连接用电设备和固定式用电设备,或者配有额定电流超过

32 A 的单相或多相插头和插座输出系统的插入式用电设备:额定电流在 7 A 以下的小于 3.5 mA,额定电流超过 20 A 的小于 10 mA,额定电流在 7 A~20 A 的为 0.5 mA/A。

如果装置中供有剩余电流器,则保护性导体电流应与提供的保护性措施兼容。

在正常运行中,工频设备不应在保护性导体中产生可能会影响剩余电流装置或其他设备正常功能的含有直流分量的电流。

7.8.3 对用于固定连接和保护性导体电流超过 10 mA 的用电设备,应规定安全和可靠的对地连接,例如,在 IEC 60364-5-54 中的规定。

7.9 接触电流和接触电压

7.9.1 接触电流危险由流经人体的电流(该电流未必与流经保护性导体的电流相同)引起。电流对人体的作用会引起一些需要考虑的明显反应。它们是:

- a) 对电流或电火花的知觉直到疼痛;
- b) 由知觉或疼痛引起的物理反应,这种物理反应可能是不可控的;
- c) 脱离障碍;
- d) 接触点小面积或者由于高电阻率的身体部位过热引起的大面积电灼伤。

这些身体反应中的每一种都有一个唯一的临界值,这些临界值中的一些会随频率变化,且差别很大。

7.9.2 应避免接触电流引起伤害。在接触时可能引起伤害的部分或表面都不应在伸臂范围之内。附录 B 给出了接触电流和接触电压的限值。

注: IEC/TS 60479-1 和 IEC/TS 60479-2 以及 EN 50445:2008 的附录 A 提供了对风险评估的附加信息。

7.9.3 如果在正常运行中需要接触会产生无伤害接触电流的部分,则制造商应:

- a) 按照附录 F 设置警告和标志;
- b) 如适用,给出操作人员使用特定处理程序的信息,这些程序可能包括领会如何避免脱离临界值以下的接触电流伤害。

7.10 高温下的导体和绝缘

7.10.1 应考虑导体材料的导电性随温度升高而下降以及小尺寸导体焦耳加热增加的效应。IEC 60364-4-42 适用。

7.10.2 所有的导体应能在其最高预期环境温度下运行而不过热,且应由在恒定导体温度下不会性能降低的导电材料制成。

7.10.3 应考虑大多数绝缘材料的导电性会随温度的升高而增加的效应,因为这可能导致危险的泄漏电流。

7.10.4 如果绝缘材料在最高预期温度下不能提供足够的绝缘,则应引入第二种绝缘方式。

7.11 非电故障

在源于机械或热的故障会导致某些部分带电处——例如,非导电材料的损坏、液态金属流进非导电材料或者连接导电元件的移位传导电荷,应考虑此类单一故障情况。

8 电或磁近场引起的危险防护

8.1 一般要求

8.1.1 第 8 章规定了频率在 0 Hz~6 MHz,有关由磁、电或电磁近场引起的危险的防护条款。对频率更高的以及传播场的要求在特殊要求部分规定。

8.1.2 EH 和 EPM 工艺设备的设计和运行应能保护操作人员和周围环境免受磁或电近场以及电磁场的有害影响。

还应考虑次生现象,例如,由放电、感应电流或感应电压形成的臭氧。

8.1.3 应阻止手或手指与带电导体之间的直接接触,触电防护见第 7 章。

8.1.4 应通过与带电部分相同的几何约束防止手、手臂、头和躯干接近场强超过引起电场有效感应的限值或特性的区域(见第 7 章)。

8.2 磁场

8.2.1 设备的设计应使可接近的最大磁场等级和特性不产生风险。隔障或屏蔽应能阻止人暴露于危险的场中,其设计应按 8.4 的规定。

8.2.2 制造商应在使用信息中指明在正常运行中或单一故障条件下存在 1 类风险的所有区域,同时应在该区域外提供附录 F 中规定的警告标志。

8.2.3 对静磁场,制造商应在使用信息中指明超过 1 类风险限值的最大允许可接近 B 值下的安全行为。这包括规定进出静磁场时放慢身体移动速度——完全进入静磁场的时间应超过 1 s。

8.2.4 如果光或声音报警装置到位且满足下述要求,则允许没有携带或穿戴任何金属物体且没有任何类型的金属植入物的操作人员可例外暴露。

8.2.5 如适用,制造商应向用户指明:

- a) 如果最大可接近 B 值超过 200 mT,则在静磁场中需要放慢移动速度,特别是在进出场时放慢身体移动速度,时间要超过 1 s;
- b) 有必要告知并警告携带任何金属物体或具有任何类型的金属植入物的人员不要进入超过职业限值的区域。

8.3 局部电场

8.3.1 第 7 章,特别是 7.9 适用。任何身体部位不应接近高压危险区域。

8.3.2 应保证正常运行和单一故障条件下所有可接近导电部分的接地连续性。

8.3.3 在设计沿着表面或在空气中的绝缘距离时应考虑强电场在高温下可能发生电离现象。在有金属蒸气排放、泼溅、污染或类似情况时,应按照 IEC 60664-1 特别留意。

8.3.4 强电场下的电晕放电会产生有危险的臭氧浓度,应进行限制。在给定的场强中,电晕效应随频率的增加而增强。

注:一段时间的最高臭氧浓度限值可在国家法规中找到。

8.3.5 如果感应场、接触电流或电火花放电产生的火花会引燃易燃材料,从而引发火灾或爆炸,则第 11 章适用。

8.4 对隔障和屏蔽的要求

8.4.1 非导电、非磁性隔障不被认为是保护性的,而是限制进入的,就像阻挡物一样。

8.4.2 引导或吸收电场且防止直接接触的导电屏蔽应具有足够的导电性且其位置应使其在正常运行或单一故障条件下不会过热。它们应在这些条件下不会因为过热而产生危险,它们的保护完整性也不应被减弱。如果预期加热超过安全接触限值,则第 10 章适用。

8.4.3 可直接触及的导电屏蔽应有足够的导电性且其位置应使其在正常运行或单一故障条件下不会过热。它们在这些条件下的可接触表面限值不应超过第 10 章规定,它们的保护完整性也不应被减弱。

8.4.4 所有导电屏蔽的材料厚度 d 应超出能量透入深度的 3 倍并满足式(1):

$$d = \frac{3}{\sqrt{4\pi \cdot f \cdot \sigma(f) \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

f ——频率，单位为赫兹(Hz)；

$\sigma(f)$ ——随材料和温度变化的导电率，单位为每欧姆米($\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$)；

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ，磁常数，单位为欧姆西门子每米(ΩSm^{-1})；

μ_r ——相对导磁率。

注：如果板比较薄则一些磁场会穿透。很难满足频率低于 100 kHz 的要求，通常不可能低于 10 kHz 左右。

8.4.5 导电屏蔽的几何尺寸不应使危险场扩散到它的范围之外。

8.4.6 可指明控制杂散场的其他措施，它们可以是：

- 一个可观察工作区域的场过滤窗；
- 一组具有足够磁导率的正确定位的磁性物体。

8.5 与人员穿戴、携带或持有物体相关的要求

8.5.1 即便遵照 8.3 和 8.4 的要求，处理设备附近的金属物体还可被强感应电流加热。例如，工具中的铁磁材料可被磁场强烈加热。

8.5.2 应考虑金属或半导体部分被加热的危险。有关各种场的信息参见附录 B。制造商应向用户指明危险区域并应在使用信息中提供对该区域的适当警告，同时应在该区域外提供适当的警告标志。

8.5.3 磁性物体可能暴露于强机械力之中，同时会在强静磁场和场梯度中或附近产生危险。附录 B 提供了静态场的有关信息。在正常运行或单一故障条件下可能存在此类风险的所有区域应由制造商在使用信息中标出，同时应在这些区域外张贴适当的警告标志。

8.5.4 在强静磁场或时变磁场中，对起搏器的危害以及手表和收音机等其他电子设备的损害是不可避免的。有关场的信息在附录 B 中给出。制造商应向用户指明这一问题并在使用信息中对该区域提出适当的警告。

8.5.5 制造商应在使用信息中给出下列静态场的相关信息：

- a) 在场变化，特别是在场开启或关闭时是否有很强的作用力。
- b) 如果已告知携带任何金属物体或具有任何类型的植入物(例如，金属或医用电子器件)或者穿戴任何金属物的操作人员或一般人员需要缓慢移动且如果指示此类场存在的特殊光或声音报警装置正常工作，则他们应仅能进入 1 类风险区域。

8.5.6 制造商应在使用信息中给出下列静磁场和交变磁场的相关信息：

- a) 携带任何金属物体或具有任何类型的植入物(例如，金属或医用电子设备)或者穿戴任何金属物体的操作人员或一般人员不应进入 2 类风险的任何区域。在该区域外应有足够的标记和适当的警告标志。
- b) 进入 1 类或更高风险的任何区域的操作人员或一般人员绝不应佩戴类似金属项链、手镯、手环的，可磁化的或由硅、碳或类似物制成的物体。

9 辐射危险防护

9.1 一般要求

9.1.1 装置应对抗内部产生的紫外、电离、可见、红外和微波辐射以及来自包括激光源辐射的作用提供防护。

关于分类或辐射，本部分不区分不同的辐射源(如发射器、工作负荷或墙)。设备生命周期的不同阶段会产生不同水平的辐射，应区别对待。

9.1.2 应考虑以下作用，因为它们会导致意外的危险暴露：

- 连续运行处理设备的工作负荷进出口的辐射；

- 间歇式处理设备打开或在工艺中保持开启的门的辐射；
- 在处理设备的门打开且处理设备内部、工作负荷或加热元件还未预先冷却时的辐射；
- 高温工作负荷从装置中出来时的辐射；
- 在维护、试运行或试验需要接近时；
- 如果加热元件在处理设备外运作；
- 如果装置内的反射器、折射器或反射墙会在装置外形成强辐照区域；
- 如果处理设备内的热墙会在装置外形成强辐照区域。

9.2 装置或设备产生的电离辐射

9.2.1 对预计不会发射电离辐射的设备,距离设备外表面 100 mm 的任意可接近点上的非预期杂散辐射的有效剂量不应超过 $1\ \mu\text{Sv/h}$,除非国家法规中规定了不同的剂量。

9.2.2 设备的构造应使电子被 5 kV 以上电压加速的隔室不使用工具就不能打开。制造商应提供足够的使用信息。

9.2.3 对会发射辐射的设备的特定要求在特殊要求部分规定。

注:发射电离辐射的设备在绝大多数国家都由国家有关当局管制。这些法规通常阐明了设备辐射以及可被操作人员或一般人员接受的辐射累计剂量。区域性或国家法规的范例有欧盟 96/29/EURATOM 导则和美国的 29 CFR 1910.1096 文件。

9.3 紫外辐射

9.3.1 紫外(UV)辐射的作用包括对生物细胞的损坏以及对塑料制成的外壳或绝缘材料的性能降级。UV 辐射可引起化学反应和火灾。应考虑这些作用。

9.3.2 对灯具紫外危险的评估详见 IEC 62471,但应在不限制其有效性的情况下将该方法用于任何紫外辐射源。

所有超过 $2\ 500\ ^\circ\text{C}$ 的高温反应性气体或表面没有完全与外界屏蔽的,以及所有未完全封闭的涉及或采用了等离子体的工艺都视为发射紫外辐射。

9.3.3 发射不可避免的杂散辐射但其设计不用于提供外部紫外辐照的设备应不准许可能引起危险的紫外辐射的意外泄漏。

9.3.4 对发射紫外辐射的设备,制造商应将可能对操作人员造成暴露危险的或造成设备不适于暴露在一开始就会损坏此类设备的强紫外辐射的辐射和辐照等级降至安全水平。具体措施可包括屏蔽、隔障、锁闭的门、过滤窗和警告标志。如果可能有危险暴露,则制造商应在使用信息中向用户说明需要个人防护设备。

9.4 可见和红外辐射

9.4.1 本部分范围内所有设备或装置的设计和构造应将任何红外(IR)或可见(VIS)辐射限制在其运行所需的范围内,同时它们应对被暴露人员没有作用或将作用降至无危险水平。

9.4.2 应考虑下列作用:

- 强可见辐射可对人眼造成伤害；
- 强可见辐射可降低对信号灯或警告标志的观察和反应能力；
- 强红外辐射对人眼的伤害和皮肤的灼伤；
- 强可见和红外辐射可引燃易燃材料和液体；
- 充当光学元件的表面或窗户可能局部增加辐照的强度。

9.4.3 对灯具的可见光和红外危险评估详见 IEC 62471,但这也应用于未限制其有效性的任何可见或红外辐射源。

温度超过 600 °C 的高温反应性气体或表面没有完全与外界隔离的 EH 设备,以及使用热等离子体但没有完全屏蔽的 EH 设备都视为发射红外辐射。强可见辐射通常由表面温度超过 1500 °C 的热发射器产生,但其危害取决于辐射源的尺寸及发射率。

9.4.4 对可见辐射不应采取专用的降低措施或过滤措施,因为降低辐射的视觉刺激会增加对人员的风险,参见附录 C。

9.5 激光源

使用激光源的设备应满足 IEC 60825-1 的要求。

10 热影响危险防护

10.1 一般要求

10.1.1 除电气危险以外,高温和热能是 EH 和 EPM 装置或设备设计和制造的所有阶段中需要考虑的最重要的危险。热能间接方面的问题在本部分中处理如下:

- 有关辐射引起的危险的条款见第 9 章——高温主体会产生辐射;
- 有关火灾危险的条款见第 11 章;
- 有关液体包括高温液体的条款见第 12 章。

10.1.2 EH 或 EPM 装置或设备的设计、安装和运行应确保即便是在无人值守的运行或意外合闸时也不会因热能或高温原因而对操作人员或环境产生危险。

10.1.3 正常运行的一般规则为:

- a) 所有用到的材料应至少能在其相应部分设计寿命的正常运行期间承受暴露于热能的影响;
- b) 如果某一部分的设计寿命比装置或设备的寿命短,则维护周期应作为使用信息的一部分,指明更换周期。

10.1.4 单一故障条件的一般规则为:

- a) 在装置或设备或其任何部分的安全性取决于其结构完整性时,所有用到的材料在合理时间段内的单一故障条件下,应至少能够承受可合理预见的热能的影响;
- b) 该合理时间段应至少是检测和移除单一故障条件以及冷却装置所需的时间;
- c) 如果任何材料或部分在暴露于高于其正常运行可预见的热能之后需要更换,则应在使用信息中指明。

10.2 防止烧伤的表面温度限值

所有为了装置或设备的运行而要接触的表面在正常运行或单一故障条件下都不应超出 ISO 13732-1 中设定的温度限值,除非国家法规中规定了其他限值。

操作人员可触及的所有其他表面:

- a) 不应超出 ISO 13732-1 中设定的限值;或
- b) 应放置隔障以防意外接触;或
- c) 应做相应的标志并在使用信息中指明风险以及降低该风险的可能的措施。

10.3 工作条件引起的危险

应尽可能避免操作人员暴露于热应力、过热或脱水危险。如果操作人员在设备正常运行或单一故障条件下暴露于过热环境中,则制造商:

- a) 应在使用信息中指明需要考虑这种危险;
- b) 应指明用户需基于工作程序进行风险评估,例如,遵循 ISO 15265。

10.4 部件的耐热性

10.4.1 所有结构件及外壳应由在正常运行或长时间单一故障条件下,在所有暴露温度下都具有足够耐热性的材料制成。

10.4.2 由塑料或其他非金属材料制成的外壳应仅在其温度绝不达到以下规定时的正常运行或单一故障条件中使用:

- 可燃极限;
- 结构变形极限;或
- 降解极限。

10.4.3 所有绝缘材料应由在正常运行或长时间单一故障条件下,在所有暴露温度以及绝缘导体内的故障电流的作用下都具有足够耐热性的材料制成。

10.4.4 导电部分之间应有足够的净空距离以满足正常运行或单一故障条件下预期的温度要求。

10.4.5 导电部分之间爬电距离的确定应将所用到的绝缘材料在正常运行或单一故障条件下,因预计的温度原因而使其导电性增加的因素考虑在内。

10.4.6 热膨胀机械应力不应引起可能产生危险的变形。

注:此类机械应力通常由设备结构中的温差或不同材料热膨胀系数的不匹配引起。两者都会导致严重故障。

10.4.7 工艺设备的任何部分或配件的安装方式不应使它们承受超过其设计温度的温度。

10.4.8 对外来的或自电气设备自身产生的热影响的一般防护措施应按照 IEC 60364-4-42 的规定。

10.4.9 在部件的制造商未提供限值时,IEC 60335-1:2010/AMD1:2013 中表 3 规定的最高温升适用于装置的材料、部分或者部件。

10.5 冷却

10.5.1 在部件采用强制冷却且冷却不足会引起危险的地方,应采取措施监控冷却作用。如果冷却不足,应发出警报并将设备切换至安全状态。

10.5.2 如果使用液态冷却剂且因为沸腾形成气泡使冷却不足会产生危险,则

- a) 要么温度应保持在远低于沸点,要么应采取其他措施保证冷却管路内不形成气泡,从而降低热传递;
- b) 或者冷却系统应设计成能以液体和气体混合物安全运行。

10.5.3 被排放的热冷却液或蒸汽本身不应构成危险。

10.5.4 在带电部分被液态冷却处,冷却剂的质量、软管的长度以及管道和软管使用的材料应使泄漏电流导致的接触电压不影响安全。

注:闭合冷却回路可降低环境污染风险和冷却剂的损失。

10.6 超温防护

10.6.1 为确保温度控制回路在单一故障条件下的必要安全等级,应按表 4 的规定采用合适的防护装置和措施。

表 4 热防护措施

等级	防护范围	防护程度	防护器件	防护措施
0	工艺设备及其环境	—	—	仅在无危险工作负荷时值守操作
				通过结构性措施避免过热

表 4 (续)

等级	防护范围	防护程度	防护器件	防护措施
1	工艺设备及其环境	在发生故障时工艺设备不会引起任何危险	热断路器、温度保护器或类似物	取决于装置的使用及现场
2	工艺设备及其环境和工作负荷	在发生故障时工艺设备或工作负荷不会引起任何危险	预选的温度控制器或类似物	

制造商应指明值守操作中用户检查装置的合理时间间隔,应向用户指明表 4 中规定的适用等级。

10.6.2 如果温度控制系统、加热器、冷却、循环泵或风扇、搅拌器或其他部分中的单一故障可能引起设备任意部分或工作负荷过热造成危险,则满足 14.7 要求的不可自行复位的热断路器或系统应能断开可能引起危险的加热设备或其他任何部分的电源。

10.6.3 如果传热液(例如,冷却水)的量不够可能产生危险,那么不可自行复位的液位器件应断开可能引起危险的加热设备或其他任何部分的电源。

10.6.4 应考虑 EH 和 EPM 设备或装置中任何由工作负荷过热、传热介质(如加热浴)过热以及工艺设备自身部分温度过高引起的任何危险。

10.6.5 在某些情况下,被加热介质温度的下降可能会产生危险,例如,浴中的液体或者烘箱或加热室内的空气。如果在温度控制系统发生故障之后,因超温保护器件或热断路器的动作而使其发生,则应安装第二套温度控制系统,以在无超温器件运行的情况下维持安全温度。

10.6.6 对含有易燃材料的设备,无论是正常运行还是传热,超温保护器件或系统应保证液体在正常操作或单一故障条件下不超过:

- a) 液体暴露于空气中的着火点温度;或
- b) 与任何加热元件接触时,低于着火点 25 K 的温度。

10.6.7 如果没有使用超温防护器件,则对供给工作负荷能量的控制和限量可用于超温防护。

10.6.8 如果在急停之后或单一故障条件下会引燃或损坏工作负荷,应按照第 11 章或者特殊要求部分的规定采取相应措施。应考虑以下效应:

- a) 设备内储存的残余热在断电后可能需要很长时间释放;并且
- b) 由于储存热的释放,即便是在断电后,表面温度还可能上升。

11 火灾危险防护

本章适用于一般的装置以及工艺设备。电气设备的火灾危险防护应按表 2 规定的相应标准。

在设计和建造阶段采用的技术性火灾预防和保护性措施的基本概念和方法应符合 ISO 19353。

对包含可控燃烧工艺的设备,应按 ISO 13577-2。

注 1: 高温表面、强光学辐射、电弧、等离子体、高温气体或液体都可能出现在 EH 装置附近或内部。在 EPM 装置中可能有等离子体或发生静电放电。

注 2: 等离子体、放电和其他电现象能提供额外的能量,从而会降低燃点或引起着火。

12 液体危险防护

12.1 一般要求

12.1.1 制造商应考虑正常运行和单一故障条件下遇到的液体危险防护。

12.1.2 ISO 13577-2 适用于燃烧和燃料处理系统。12.1.3~12.1.9 适用于所有其他的液体系统。

12.1.3 如果在正常运行或单一故障条件下,液体可能涌进设备,则:

- a) 设备的设计应使危险不可能发生——例如,绝缘或者内部危险带电部分被弄湿而产生的危险;
- b) 不可能有导致危险的腐蚀——例如,可能的侵蚀性物质与设备各部分接触而产生的危险;
- c) 应在设备下方设置能够收集涌进液的适当措施。

如果在正常运行或单一故障条件下,可能的侵蚀性物质(例如,腐蚀性、有毒或易燃液体)有可能泼溅到设备的各个部分上,则可能受到影响的表面应由耐侵蚀性的材料制成。

12.1.4 在正常运行或单一故障条件下,设备某一部分能承受的最大压力不应超过该部分的额定最大工作压力。以下的最大压力应被视为最高的:

- a) 为外部源规定的额定最高供给压力;
- b) 为装配的一部分提供的过压安全装置的压力设置;
- c) 由装配的一部分的增压装置产生的最大压力,除非该压力受超压安全装置的限制。

12.1.5 盛装液体的部分不应因破裂或泄漏而引起危险。用来盛装有毒、易燃或其他危险液体物质的部分不准许泄漏。

12.1.6 制冷系统的液体盛装部分应满足 IEC 60335-2-24 或 IEC 60335-2-89 中与压力相关的可适用要求。

12.1.7 盛装液体的部分在低于外界环境压力下的渗漏不应产生危险。

12.1.8 从设备中可能盛装太多的任何容器中溢出的液体不应在正常运行中产生危险,例如,绝缘或内部危险带电部分被打湿而产生的危险。

对容器装满液体时可能移动的设备应防止液体从容器中大量涌出。

12.1.9 由制造商指明的任何清洁、净化或消毒过程都不应引起设备退化或任何可预见的危险。

12.2 有毒和有害气体和物质

12.2.1 设备在正常运行或单一故障条件下不应释放达到危险剂量的有毒或有害气体或物质。

12.2.2 如果有可能释放此类气体或物质,则应将它们吸入排放系统中。

12.2.3 如果释放的气体因其温度或波动可能产生危险,则应将它们转离装置或操作人员。

12.2.4 应对危险区域进行标志并用隔障或障碍物限制靠近。

12.2.5 有目的吸入空气的设备不应吸入废气,除非工艺或能量回收需要。

12.2.6 制造商应针对在正常运行或单一故障条件下可能排放的此类物质或气体指明所需的个人防护设备。

12.3 承压部分的爆炸和内爆

12.3.1 因过热或过载容易爆裂或爆炸的部件应配备释压装置。

12.3.2 外壳对操作人员提供的保护应包含在设备中,使他们免受碎片或飞出物的伤害。

13 对部件和组件的特殊要求

13.1 一般要求

所有的部件和器件:

- a) 应适于其预定用途;
- b) 应符合现有的相关 IEC 或 ISO 标准;
- c) 应按其使用信息使用。

13.2 电气设备和导体

13.2.1 装置的电气设备应满足制造商给出的安全要求。

设计者可根据装置及其预期用途和电气设备选择装置电气设备的各个部分,其低压设备符合 IEC 61439 系列的各相关部分,高压部分符合 IEC 62271 系列的各相关部分,也见 IEC 60204-1:2005 的附录 E 和 IEC 60204-1:2005/AMD1:2008。

注: IEC 61439 系列规定了对覆盖范围很广的、可能使用的低压开关设备和控制设备组件的各项要求。IEC 62271 系列规定了对覆盖范围很广的、可能使用的高压开关设备和控制设备组件的各项要求。

13.2.2 导体的尺寸取决于最大电流和最高温度,它们应遵循 IEC 60228,其预期导体温度最高 40 °C。

13.2.3 在确定较高频率的导体尺寸时应考虑临近效应和趋肤效应,因为电流的透入深度随频率的增加而减小。这影响导体横截面积和表面积与体积之比。

注: 对工频(50 Hz/60 Hz)的电缆载流值表一般不适用于工作频率更高的装置。

13.3 与电网的连接和内部连接

13.3.1 与电网的连接取决于根据 GB/T 16895.1—2008 中 312 确定的供电系统的类型和电压。低压导体应按 IEC 60204-1:2005 中第 12 章,高压导体应按 IEC 60204-11:2000 中第 12 章。导体应按 IEC 60445 标识。

13.3.2 低压引入电源线导体应按 IEC 60204-1:2005 中 5.1 的要求,高压引入电源线导体应按 IEC 60204-11:2000 中 5.1 的要求。

13.3.3 互相连接的导体的设计和布置应使其在正常运行中不会承受异常的机械应力,例如,由于弯折、拉伸、弯曲、扭曲、摩擦或振动,或者辐射、加热、湿气或蒸汽的作用而易于损坏。同样应考虑单一故障条件。

13.3.4 导体的外壳应确保:

- 保护导体的绝缘层免于磨损和撕裂;
- 保护导体免受拉伸和扭曲。

在固定电气连接中采用的避免拉力的外壳和器件不应危险带电。它们的设计应能防止导体受异常拉力的任何损坏。

13.3.5 与电网非固定连接的设备应满足下列要求:

- a) 应有仅使用工具才能移除的牢固固定的软连接导体;
- b) 采用滑动接触连接应在连接及断开但仍然带电时应不可接近;
- c) 插头插座器件的带电部分应在连接或断开但仍然带电时不可接近;
- d) 可移动的连接线应包含被清楚标识的必要的有效导体和保护性导体并绞合在一起;
- e) 在使用多个插头时,应通过插头的形状或不同的标示防止误连接。

13.3.6 所有的软导体应满足下列要求:

- a) 应提供保护鞘,确保防止拉伸应力和扭转而采取的措施易于识别;
- b) 应在接入点防止过度弯曲,保护性外套应足够长,以免任何弯曲损坏;
- c) 应可靠固定或应采取其他方式避免它们在通过装置内或装置附近时有任何危险。

13.4 隔离和开合

13.4.1 应提供隔离、维修断电、紧急断电和功能性的开合且应符合相关的标准,例如,适用于低压的 IEC 60364-4-41、IEC 60364-5-53 和 IEC 60204-1 以及适用于高压的 IEC 60204-11。

13.4.2 取决于应用无需断开的控制和辅助电路的范例有:

- a) 连接修理与维护工具用的照明和插座电路,例如,灯具和电钻(不考虑它们的电压);

- b) 在工频电压下工作但不用于控制目的的为欠压跳闸和断路器的闭合和跳闸器件供电的电路；
- c) 超低压辅助电路；
- d) 为重要部件供电的其他辅助电路，例如，不应在工频电源断电期间切断的泵、风扇和驱动器。

在低压或高压情况下，上述电路应采用与电源断路开关下方的电路分开的电缆或绝缘导体。它们应通过单独的特制封闭接头连接，同时应提供有单独的断路开关。

在 b) 规定的情况下，这种断路开关可以不用。不由电源断路开关断开的电路应在技术文件中清楚地说明。

13.4.3 对供电、断开和隔离中，允许使用断路器对高压直流或工频电流进行开合，但要满足下述条件：

- a) 提供隔离距离且可见（例如，断路开关或手车式断路器）；
- b) 提供了防止隔离开关闭合的设施和引出电缆或母线的接地连接。

13.5 安全防护移动部件的传感器和致动器

ISO 13855 和 ISO 13857 适用。

13.6 电动机

IEC 60204-1:2005 中第 14 章适用于低压装置或设备，IEC 60204-11:2000 中第 14 章适用于高压装置或设备。

13.7 非电加热设备

如果适用，燃烧加热设备应符合 ISO 13577-2。

13.8 照明

13.8.1 如果环境照明不足以预防各类风险（例如，阴影或强光区域），则装置的设计应有集成照明。需要频繁维修、检查或调节的部分以及不能由环境灯光充分照亮的部分应提供集成照明。

13.8.2 设备的设计和构造应不会因为照明原因形成烦人的阴影区域、刺眼的强光和在移动部分的危险频闪效应。

13.9 结构性部分和稳定性

13.9.1 装置或设备及其所有部分应足够稳定，以免正常运行或单一故障条件下的解体或垮塌。

13.9.2 装置或设备应经精心设计或固定，以免正常运行或单一故障条件下的倾斜、翻转、坠落或任何不可控制的运动。

13.10 门、窗和其他开口

IEC 60204-1:2005 中 11.4 和 11.5 适用于低压装置或设备。

14 装置或设备的控制

14.1 一般要求

应限制操作人员的介入。如果确需介入，则应容易且安全地进行。

14.2～14.7 规定了基于这个一般概念的各项要求。

注：使用功能性安全概念的决定超出了本部分的范围。ISO 13577-4 提供了一个在有必要使用 IEC 61508 和 ISO 13849-1 时的图解。

14.2 操作人员控制单元

14.2.1 任何操作人员控制单元：

- a) 应是清晰可见和可辨的,这可通过图形符号来达到；
- b) 应以这样的方式定位,即能果断、快速和明确地进行安全操作；
- c) 应置于危险区域之外(唯一的例外是急停)；
- d) 应以这样的方式定位,即操作不会引起另外的风险；

14.2.2 任何操作人员控制单元或控制系统：

- a) 应以这样的方式定位,即能使操作人员确保无人处于危险区域之内；
- b) 应确保在有人位于危险区域时防止启动；
- c) 应在装置启动前发出声、光警报或两者的组合；暴露的人员应有足够的时间离开危险区域,否则应防止启动。

14.2.3 IEC 60204-1:2005 中第 10 章和 IEC 60204-11:2000 中第 10 章分别对低压和高压装置或设备的规定适用于操作人员控制单元和操作人员机器接口。

14.2.4 如果有多个操作人员控制单元,则控制系统应保证它们其中的一个在使用时其他的不能使用,除非是停止控制和急停。每一个操作人员控制单元应供有所有需要的控制器件,不使操作人员相互之间受到阻碍或者不使彼此陷入危险状况。详细要求见适用于低压装置或设备的 IEC 60204-1:2005 中 9.2.5.1。每一个单元都应供有控制器,用来停止设备或装置的一些功能或所有功能,具体取决于危险状况,以保证停止期间和停止后的安全。

制造商应在设计时考虑急停操作的顺序(例如,与主要处理电路有关的风扇和传送器马达)并在使用信息中做出规定。

14.2.5 任何操作人员控制单元应以这样的方式设计或保护,即发生危险时,其预期效应：

- a) 仅能通过有意操作达到；
- b) 其制造应能承受可预见的作用力；
- c) 应特别注意急停器件,因为它们在紧急状况下易承受相当大的作用力。

14.3 急停

急停的设计应按 ISO 13850 的规定。所有的急停器件应清晰可辨、明显易见并能很快接近的。在发出停止指令后,一旦急停的有效操作已停止,则该指令应由急停器件的啮合来维持,直到该啮合被明确地去除。在没有发出停止指令时,应不可能使该器件啮合。应只有进行适当的操作才可能去除该器件的啮合,同时去除该器件啮合不应重启设备,但允许的重启除外。急停器件应符合适用于低压装置或设备的 IEC 60204-1:2005 中 10.8。

14.4 控制系统及其功能

14.4.1 控制系统的设计和构造应能预防危险情况。尤其是它们应以这样的方式设计和构造：

- 它们能承受预期的运行应力和外部影响；
- 控制系统硬件或软件中的故障不会导致危险情况；
- 控制系统逻辑中的错误不会导致危险情况；
- 可合理预见的操作中的人为错误不会导致危险情况。

这可通过 IEC 61508 系列或 ISO 13849-1 中规定的合适的功能性安全来实现。

14.4.2 启动功能应开始为相关电路通电,如果它可能产生危险,则不应是自动的。在使用按钮的情况下,应单独使用“启动”和“停止”按钮。

14.4.3 应提供联锁以保证按正确的顺序启动。

14.4.4 停止功能应优先于相关的启动功能。如果给出了停止信号,则不应阻止装置停止。

在有多个控制站处,从任意控制站发出的停止指令都应有效。

14.4.5 对工作模式,IEC 60204-1:2005 中 9.2.3 适用。

14.4.6 对安全功能或保护性措施暂停工作的情况,IEC 60204-1:2005 中 9.2.4 适用,但“动作”应包括“加热”或“处理”。

14.4.7 急停信号应尽可能快地停止危险过程,不产生额外的风险。它能触发或允许触发安全保护的動作。无论是什么工作模式,急停功能应始终都有效并且可操作。急停器件应是其他安全保护措施的后备,不应是它们的替代品。

14.4.8 IEC 60204-1:2005 中 9.2.5.4 适用于紧急操作。

14.4.9 IEC 60204-1:2005 中 9.2.7 适用于无线控制。

14.4.10 IEC 60204-1:2005 中 9.4 和 IEC 60204-1:2005/AMD1:2008 适用于故障情况下的控制功能。

14.5 控制设备

14.5.1 任何物理量的传感器和致动器的选择和安装应考虑到正常运行和单一故障条件下的所有情况,例如,温度、机械动作或电磁现象。

14.5.2 按钮应按 IEC 60204-1:2005 中 10.2 的规定。

14.5.3 指示灯和显示器应按 IEC 60204-1:2005 中 10.3 的规定。

14.5.4 控制电路应符合 IEC 60204-1:2005 中 9.1 的要求。

14.5.5 控制电路可由 TN 或 TT 型网络供电(见 GB/T 16895.1—2008 中 312.2)。

14.5.6 在通过变压器供电的控制电路中:

- a) 在二次绕组的一端接地的情况下,二次侧未接地的导体应提供短路保护。如果一次侧上的短路保护元件能确保相同的安全性,则无需这样的保护。
- b) 在二次绕组中心抽头接地的情况下,在控制电路二次侧的两极上都应提供短路保护。

14.5.7 当使用光电耦合器作为电隔离的一种方式时,例如,在半导体变换器中,应基于以下原则,规定最小的间隙和爬电距离:

- 对供给侧或电源侧按 IEC 60071-1 的规定;
- 对输出侧或变换器侧按 IEC 60664-1 的规定。

14.5.8 工作在 200 Hz 以下的任意控制电路上的接地故障既不应造成 EH 或 EPM 装置或其部分意外合闸,也不应阻止其断开。

- a) 为了满足这一要求,建议控制变压器的一侧接地且线圈和触头进行相应连接。由变压器供电的未接地的控制电路应配绝缘监控器件,用以指示接地故障或在接地故障发生后自动切断电路。绝缘监控器件的直流内阻应至少为 15 k Ω 。某些电子器件需要的该电阻值可能更高。
- b) 在控制变压器具有接地中心抽头的情况下,应使用差动电流断路器。
- c) 对由于操作原因要求单极接地的控制电路,制造商应提供接地。此类操作原因可以是使用了内部接地的电磁离合器或者具有电子器件的控制电路。在这种情况下,应使用多台独立的控制变压器或一台具有多个隔离二次绕组的控制变压器。

14.5.9 在多个接地控制电路电源的情况下,共用导线在供电点处连接至保护连接电路。所有用来操作电磁的或其他器件(例如,继电器或指示灯)的触头、固态元件和其他部分插接在控制电路电源开关导线的一侧与线圈或器件的端头之间。线圈或器件的另一端(最好总是都有相同的标识)不经任何开关元件直接连接至控制电路电源的共用导线(见 IEC 60204-1:2005 中图 3)。

对这一规则有下述例外:

- a) 保护继电器,例如,过载继电器的触头,可连接在与保护电路相连的一侧和线圈之间,前提是这些触头与该继电器触头操作的控制器件的线圈之间的连接导线是在同一控制柜内。

- b) 在触头的不同布置会使外部被控制附属设备(例如,车子、卷扬机、多路插头)的电气连接简化的某些特殊情况,如果满足 IEC 60204-1:2005 中 9.4.3.1 第 1 段的要求。在这种情况下,设计时要特别小心,以免发生接地故障时出现危险(见 IEC 60204-1:2005 中 9.4.3.1)。

14.6 防护装置

14.6.1 防护装置包括用于保护操作人员免受危险的联锁,应在危险消除之前防止操作人员暴露于危险之中,同时应满足下列在 14.6.2~14.6.7 中规定的要求。

14.6.2 防护装置不应妨碍正常运行或安全运行所需的对装置或设备的观测。

14.6.3 仅在使防护装置发出停止命令的动作被撤销或取消后,防护装置和设备才应通过工具重新激活。

14.6.4 用于保护操作人员的防护装置应确保防护装置中的单一故障条件不太可能在设备预期的生命周期内发生,或者不会产生危险,即防护装置的任何故障都是安全故障。在大多数情况下,这意味着如果防护装置未完全起到作用,则它应发出停止命令。

14.6.5 防护装置应不易被旁路或做成不可操作的。

14.6.6 防护装置应仅在有意操作时可调节。

14.6.7 对短路做出反应的防护装置应有足够的规格以带动控制电路中的开关元件。

14.7 超温防护装置

14.7.1 在单一故障条件下运行的超温防护装置和系统:

- a) 其设计和试验应能确保可靠的功能;
- b) 其额定容量应能切断它们所保护电路的最高电压和最大电流;
- c) 其额定容量应能使由本保护装置限定的部件或材料的温度,不超过第 10 章的相关温度限值或其他规定的限值。

14.7.2 如有必要,应向操作人员提供检查防护装置或系统在单一故障条件下运行情况的方法。使用信息中应规定方法以及所需的检查频率。

- a) 对可调节防护装置或系统,检查通常可通过将超温装置的温度设置得比温控系统的温度更低来实现;
- b) 对不可调节防护装置或系统,可能需要提供自复位功能,暂时越过温控系统。

14.7.3 超温防护装置应与任何温控系统分离。这不仅适用于温度传感器,同样适用于要被断电的电路中的所有断开装置。

14.7.4 可调节式超温和液位装置及系统应仅在使用工具时可调节。

14.7.5 正常操作包括任何可调节超温装置的正确设置。使用工具的装置的错误设置为单一故障条件。

14.7.6 用于预防超温的液位装置应满足与超温防护装置和系统相同的要求。

14.8 过压安全装置

过压安全装置不应在正常运行时工作。它应符合下述要求:

- a) 应尽可能近地连接至要被保护的系统盛装液体的部分;
- b) 其安装应便于检查、维护和修理;
- c) 应使用工具才能调节;
- d) 它的位置应使排放不会对操作人员造成危险,特别是其排放口的位置和方向应使排放物不直接朝向操作人员;
- e) 装置或设备的设计应使释压装置不会被阻塞;

- f) 排放口的位置和排放方向应使装置运行时在各部分上没有可能引起危险的沉积物;
- g) 应有足够的排放能力,确保压力不超出系统的最高额定工作压力;
- h) 在过压安全装置和其要保护的部分之间不应有截流阀。

15 机械危险防护

15.1 关于机械危险,如果 ISO 13577-1 适用,则制造商应参考该标准。在所有其他情况下,15.2~15.12 的要求适用。

15.2 装置或设备可接近的部分不应有构成危险的粗糙表面、锋利边缘或尖角。

15.3 任何构成危险的移动部分应通过保护装置或防护装置保护,防止形成风险。ISO 14120 适用于保护装置的设计和构造以确保其机械稳定性。

15.4 应采取充足的预防措施,防止排出部分或工作负荷的任何危险状况。

15.5 要么应使操作人员不可能被困于装置或设备的任何部分内,要么在不可能做到时,应安装寻求帮助的工具。

15.6 如果操作人员可能被困在装置内,则应在其内备有足够的逃生设备或急停器件。

15.7 人体或其部位可能被困、挤压、剪切、冲击、切割、缠绕、拉入、刺穿或擦伤的区域应不可接近,或者在正常运行中不可能做到时,则下述措施之一或其他措施应能防止这种风险:

- a) 如果该危险区域的间隙符合 IEC 61010-1:2010 表 13 和表 14 中规定的尺寸,则认为该区域不存在机械危险;
- b) 如果操作人员与危险区域分开的距离超过 ISO 13857 中规定的值,则认为该危险区域不存在机械危险;
- c) 如果保护装置和防护措施能防止接近,则认为该危险区域不存在机械危险。

15.8 防护措施应被设计且并入控制系统,以便:

- a) 在移动部分可以被操作人员触到时不能开动。
- b) 一旦设备开动,则不能触到危险区域,或者,如果达到该危险区域,则系统移动应停止。系统的停止不应产生任何危险或损伤。
- c) 如果在防护措施的单一故障条件下可能产生不可接受的风险,则应在设备中提供一个或多个急停器件。
- d) 防护措施的部件中有一个缺少或失效时能防止启动或者能停止移动的部分。

防护措施包括机械危险防护装置。

15.9 能与操作人员接触的和操作人员与设备的接触可导致危险状况处的设备任何部分的移动速度都应被限制,使操作人员能足以对移动部分作出反应而不产生不可接受的风险。

15.10 控制器的定位、不工作或者通过其他方式的保护,应使它们不会被意外启动,产生不可接受的风险。

应将因设备各部分超程(超过范围限制)引起的风险降至可接受的水平。应提供终点止动装置或其他止动措施作为正常运行和单一故障条件下的最终行程限位措施。这类措施应具有承受预计负荷的机械强度。

在停止运动的控制运作后发生的运动超程(停止距离)不应导致不可接受的风险。

15.11 当设备的一部分已停止时,无论因何原因但对控制装置的动作除外,应防止偏离停止位置,或应使该偏移不会产生危险。

15.12 如果操作人员要在装置或设备附近走动或在其上站立,则应采取足够的措施防止滑倒、绊倒或摔倒。

16 使用中的危险防护

16.1 食品、饲料、化妆品和人或动物消费的类似物品处理中的特殊危险

16.1.1 卫生危险不同于其他危险,这是因为它们对被处理物品的消费者来说是危险的。通常这不会对操作人员造成危险。卫生风险与设备清除产品碎屑和微生物的能力相关,这样就可防止产品污染。

16.1.2 应考虑特殊的卫生和污染危险存在于物品,例如,食品、饮料、动物饲料、药品和化妆品的处理中。在那些情况下,设备应满足 ISO 14159 及适用的国家法规的相关要求。此外,这类物品在巴氏杀菌、消毒或其他处理中不应被污染,从而形成危险的产品。

16.1.3 应考虑清洗或消毒剂间的或其残留与工艺设备间的相互作用。制造商应在使用信息中纳入安全使用制剂的信息。制造商应指明使用中不安全的清洗剂或消毒剂。

16.2 射频干扰

如适用,应按 CISPR 11 的要求。

16.3 电加热和电磁处理中的特殊危险

特定的装置现场或设备使用中特有的其他特殊危险在特殊要求部分中规定,也可由制造商与用户商定,例如,诸如地震之类的外部条件。

16.4 组合设备

如果设备要与其他设备组合使用,应考虑由组合引起的任何危险。

17 其他危险防护

17.1 一般要求

作为对前面章条中列出的各类潜在危险的补充,制造商应在设计阶段,对在 ISO 13577-1 和 ISO 12100:2010 附录 B 中所述的危险进行评估,同时,如果适用,应满足这些标准的相关要求。另外,还应考虑 17.2 中提出的特定危险。

17.2 声、红外和超声压

设备或装置不应引起声、红外和超声压危险。

安装说明书应规定用户如何能确保源自设备的声压级在安装后的使用地点不会达到可能产生危险的数值。这些说明应明确可能用到的现成且实用的防护材料或措施,包括安装降噪声挡板或罩。

18 验证和试验

18.1 一般要求

安全要求或防护措施的符合性应通过下述方法中的一个或多个来验证:

- a) 对图纸或计算的审查;
- b) 外观检查;
- c) 测量;
- d) 功能性试验;

e) 数值模拟。

表 5 列出了有关本部分各项特定要求所推荐的验证方法。验证的方法和结果应写入报告。

表 5 各项要求的验证方法

章条	有关的要求或测量	验证方式				
		审查	外观检查	测量	功能性试验	数值模拟
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
6.4	工艺设备内电气设备的物理环境和运行条件	✓	✓	✓		
6.5	电源	✓	✓			
6.6	接近性	✓	✓			
6.7	人类工效学因素	✓	✓			
6.8	运输和贮存	✓	✓			
6.9	吊装和装配	✓	✓			
6.10	易耗品和备件	✓	✓			
7.3	一般条款	✓	✓	✓	✓	
7.4	基本防护	✓	✓			
7.5	单一故障防护规定	✓	✓			
7.6	保护性等电位连接	✓	✓			
7.7	对频率高于 200 Hz 的故障保护的附加条款	✓	✓			
7.8	保护性导体电流	✓	✓			
7.9	接触电流和接触电压	✓	✓	✓	✓	✓
7.10	高温下的导体和绝缘	✓	✓	✓		
7.11	非电故障	✓	✓			
8.2	磁场	✓	✓	✓	✓	✓
8.3	局部电场	✓	✓	✓	✓	✓
8.4	对隔障和屏蔽的要求	✓	✓			
8.5	与人员穿戴、携带或持有物体的要求	✓	✓			
9.2	装置或设备产生的电离辐射	✓	✓	✓		
9.3	紫外辐射	✓	✓	✓	✓	✓
9.4	可见和红外辐射	✓	✓	✓	✓	✓
9.5	激光源	✓	✓	✓	✓	✓
10.2	防止烧伤的表面温度限值	✓	✓	✓		
10.3	工作条件引起的危险		✓			✓
10.4	部件的耐热性	✓	✓			
10.5	冷却	✓	✓			
10.6	超温防护	✓	✓			

表 5 (续)

章条	有关的要求或测量	验证方式				
		审查	外观检查	测量	功能性试验	数值模拟
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
11	火灾危险防护	✓	✓			
12.2	液体危险防护——有毒和有害气体和物质	✓	✓			
12.3	液体危险防护——承压部分的爆炸和内爆	✓	✓			
13.2	电气设备和导体	✓	✓	✓	✓	
13.3	与电网的连接和内部连接	✓	✓		✓	
13.4	隔离和开合	✓	✓		✓	
13.5	安全防护移动部件的传感器和致动器	✓	✓	✓	✓	
13.6	电动机	✓	✓			
13.7	非电加热设备	参考 ISO 13577-1				
13.8	照明	✓	✓			
13.9	结构性部分和稳定性	✓	✓			
13.10	门、窗和其他开口	✓	✓			
14	装置或设备的控制	✓	✓		✓	
15	机械危险防护	✓	✓	✓		
16.1	食品、饲料、化妆品和人或动物消费的类似物品处理中的特殊危险	✓	✓	✓		
16.2	射频干扰			✓	✓	
17.2	声、红外和超声压			✓	✓	

18.2 执行测试和试验

18.2.1 测试设备的精度和测量方法应符合 IEC 60398:2015 的相关要求。

18.2.2 本部分规定了一些冷态试验和正常运行条件下的其他试验。正常运行的试验条件应为引起装置最高预期应力和最高危险可能性或强度的最不利条件。

18.2.3 本部分没有规定单一故障条件下的试验,因为那些试验可能对装置造成严重的伤害。

注: IEC 61010-1 可与本部分配合使用,为单一故障条件或型式试验制定验证方法。

18.2.4 对 ISO 13577-1 范围内的所有装置,该标准适用于除电、磁和辐射危险和要求以外的验证,对那些验证,本部分第 7 章~第 9 章适用。

18.3 电场或磁场限值符合性验证

如果测量值或计算值超过了国家法规中规定的参考水平或可比值,则未必就是适用的基本限制被超出了以及操作人员可能暴露于危险等级的电场或磁场中了。然而,无论何时当参考水平被超出时,它即是可能有危险的一个迹象,同时,验证它是否符合适用的基本限制就变得很有必要了。如有可能,这可通过改进屏蔽或通过采用下述方法之一来进行:

- a) 人体暴露于磁场或电场的评估(例如,对频率范围在 0 Hz~300 GHz,按 IEC 62311 或 EN 50413 执行);
- b) 根据 IEEE C95 对人体暴露于磁场或电场的评估;
- c) 根据 IEC 62226 对低频和中频范围的电场或磁场进行数值计算;
- d) 工艺设备和被暴露的人之间相互作用的数值评估;
- e) 如果能满足基本限制,使用能够提供可比精度的其他方法。

18.4 图纸或计算的审查

对图纸和计算的审查是为了验证 EH 或 EPM 装置的所有部分是否符合要求。

18.5 外观检查

18.5.1 EH 或 EPM 装置的外观检查应在任何热态试验之前,在安装后和试运行中进行,将已安装的装置与图纸进行比较。外观检查应确保:

- a) 装置已按图纸中的规定安装;
- b) 所有的标记和警告标示均已固定;
- c) 所有的隔障、阻挡物、保护装置和类似的保护措施已到位;
- d) 预期使用工具移除的所有隔障、保护装置和类似的保护措施仅可用工具拆除;
- e) 所有的保护措施适当且存在,同时所有的接地预防措施和等电位连接与图纸相符。

18.5.2 在完成试运行的所有热态试验后应进行进一步的外观检查。外观检查应确保 EH 或 EPM 装置经受热、电磁场、强辐射或引起磨损的其他的各部分仍能保持其预期状态。特别是炉衬、加热元件、保温层和耐火材料、隔障、炉门、闸门、窗、凸缘、输送系统或工件定位系统都应被重点检查看是否有掉落、开裂、变形、异常磨损、烧穿、氧化和蠕变现象。

18.6 测量

18.6.1 上至 200 Hz 的绝缘电阻测量

IEC 60204-1:2005 中 18.3 适用于上至 200 Hz 的绝缘电阻的测量,此外试验应在冷态时进行。

18.6.2 电场或磁场测量

IEC 61786-2 适用于电场或磁场的测量,IEC 61786-1 适用于测量频率上至 100 kHz 的设备。
100 kHz 以上的测量正在考虑中。

18.6.3 接触电流测量

除高频电路以外,接触电流的测量应符合 IEC 60990 的要求。

此处推荐 IEC 60990 中的高频试验方法,仅有下述修改:为了测定皮肤电容量随频率增加的变化关系(皮肤是电路的重要部分),同时因其灼伤的体积和横截面积较小而最为敏感——该电容应为串联形式并设置为 $A \times 0.01 \mu\text{F}$,其中 A 为用 cm^2 度量的皮肤面积。对正常握紧以及 10 kHz~10 MHz,建议采用 $0.45 \mu\text{F}$ 的串联电容量以及 $A f^{-1} \times 3 \times 10^6 \Omega$ 的皮肤阻抗,其中 f 为以 Hz 表示的频率。

注 1: 在 IEC 60990:1999 图 3 中, R_s 为皮肤的电阻, C_s 为皮肤的电容量,其中 C_s 可能要乘以 10 很大的系数。

注 2: 在 IEC 60990 中推荐的握紧接触面积为 200 cm^2 。该表面积异常地大,常使用的为 50 cm^2 。

18.6.4 电离辐射测量

通过测量在最大电离辐射时的最不利条件下发出的辐射量来检查是否合格。测定辐射量的方法应在辐射能的可能范围内有效。先对含有阴极射线管的设备进行试验,用不超过 $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ 或最小

可能面积(不管其大小)的每一束来显示某一式样,然后将含有 X 射线源的设备设置到产生可能的最大辐射等级。各个显示器所在的位置应能形成最大辐射。

18.6.5 非相干性光学辐照测量

18.6.5.1 对非相干性光学辐射的测量,IEC 62471:2006 中第 5 章适用,但有以下修改。

18.6.5.2 装置被隔开的位置,如隔离门或窗可能属于不同的风险等级,应分别评估和验证。

18.6.5.3 通常受控的环境不可能达到。因此测量条件及其对测量数据质量的影响评估应作为测量报告的一部分。测量条件应作为风险分类评估和确定报告的一部分。

18.6.5.4 为了在测量过程中保持稳定输出并提供可重复的结果,EH 或 EPM 装置在测量前应经过一个适当时间段的调校。在最初运行阶段,输出特性会随着部件的氧化、老化或达到平衡状态而变化。如果对未调校的装置进行测量,那么测量周期内以及各次测量间的差别就会非常大。所需的老化期取决于特定的装置和环境。它随装置的不同类型变化,可能不会在试运行中达到评估要求的充分老化。在这种情况下,应在设备生命周期稍后阶段再次测量。

18.6.5.5 应仔细检查,确保附近的设备或烘箱、高温工作负荷、高温护罩或发射物等其他辐射源不会使被测量信号显著增强。

18.6.5.6 辐照度或辐射率非光谱分辨测量的所有测量设备应为 3.0 级或更好的。测量设备在 400 nm~10 μ m 应具有平坦或恒定的光谱响应,首选 200 nm~20 μ m 的平坦响应。测量设备应足够稳固,以避免任何超出限值的漂移。

注:这可以是热稳定的热电探测器。

18.6.5.7 IEC 62471:2006 中附录 B 适用于光谱分辨测量。应计算和说明测量结果的准确度。测量的不准确度不应超过最低分类限值绝对值的 30%。

18.6.6 包括 LED 辐射在内的相干光学辐射的测量

所有激光或 LED 源的辐射测量应按 IEC 60825-1 的规定。

18.6.7 表面温度测量

可接近表面的验证应按 ISO 13732-1 的规定。

18.6.8 声级测量

通过测量操作人员位置处的最大 A 加权声压级来检查是否合格,必要时,按照 ISO 3746 的规定,计算设备产生的最大 A 加权声功率级。测量在正常运行中以及产生最大声压级的工作负荷及其他工作条件(例如,压力、流量或温度)的情况下进行。

测量所用的声级计应符合 IEC 61672-1 中 1 级的要求;如果是集成的声级计,则应符合 IEC 61672-2 中 1 级的要求。

18.7 功能性试验

18.7.1 电源自动断开防护

IEC 60204-1:2005 中 18.2 和 IEC 60204-1:2005/AMD1:2008 适用。

18.7.2 电压试验

对低压装置或设备,IEC 60204-1:2005 中 18.4 的试验适用。

18.7.3 绝缘耐压试验

IEC 60335-1:2010 中第 13 章和 IEC 60335-1:2010/AMD1:2013 适用。

18.7.4 带电部分可接近性

应根据 IEC 60529 中规定的试验检查任何带电部分的不可接近性。

18.8 数值模拟

18.8.1 一般要求

任何计算的准确度应至少与测量可以达到的准确度相当。这就规定了所用几何模型所需的准确度和最小的网格分辨率或所用的单元、表面元件、时间分辨率、带或射线的数量,以及所用的物理或热化学数据。

使用计算数据而不是测量应在技术文档中说明。计算文档应包括:

- a) 所用的几何模型;
- b) 所有相关的建模数据以及所用模型的描述;
- c) 使用的软件和版本;
- d) 影响结果的软件参数的设置;
- e) 用于验证所用模型准确度及计算本身的方法;
- f) 分类的所有结果。

应能使用存储的数据再次执行模型并在另外的系统上或者用另外的软件再次计算。

设备制造商应保存测量的相关数据。应在设备预计的生命周期或国家法规规定的时间内保存这些数据。

18.8.2 电场或磁场的数值评估

对复杂的几何形状或应用,则计算参考等级的一些假设总不是完美的,这时如果计算能达到足够的准确度,则有关身体部位中的电场或磁场以及感应电场在工艺设备与被暴露的人之间相互作用的数值评估可用来评估身体部位中的感应电流。

评估外部场、内部电场、比吸收率(SAR)或接触电流所用到的计算电动力学是一项数值实验,其精度尤其取决于:

- 电源、装置和人体的模型;
- 所用的计算方法;
- 空间和时间分辨率。

计算的文档除了 18.8.1 的清单之外还应包括:

- a) 与计算有关的导体以及所有人体的几何形状;
- b) 网格和分辨率。

18.8.3 光辐射的数值评估

如果通过计算能够达到可比准确度,则暴露评估和随后的分类可基于在所有相关位置上辐照度和辐射率的射线追踪计算,而不是测量。

因为射线追踪是一项数值实验,对虚拟探测器的位置与方向的要求与测量中的物理探测器的相同。

辐射率或辐照度的计算取决于规定的空间角或对边角,应遵循与 18.6.5 或 18.6.6 中规定的测量相同的程序。

计算的文档除了 18.8.1 的清单之外还应包括：

- a) 对涉及的表面、它们的散射性能、漫反射或镜面反射所用的模型的所有相关建模数据和描述；
- b) 影响结果的软件参数的设置，如射线的分裂、最大分裂射线数、单束射线最小能量、随机化方法；
- c) 所用的射线数量，因数值作用的能量损失。

19 使用信息

19.1 通用要求

19.1.1 制造商应提供由文本、文字、标志、信号、符号或图表等通信链组成的设备使用信息，通常为单独的或组合的，一起将信息传递给用户。

应提供设备的预期使用信息，同时考虑其运行模式、确保预期和正确使用设备所需的措施，尤其是残余风险的信息。

信息应包括：

- a) 所需培训的详细情况；
- b) 个人防护装备要求；
- c) 保护装置或防护装备的附加细节。

19.1.2 使用信息应以独立的或组合在一起的形式包括设备的运输、组装以及安装、试运行、使用（设置、讲授/编程或过程改变、运行、清洁、故障寻找和维护），以及适用时的停运、拆除和处置。

19.2 使用信息的定位和属性

制造商应决定是否以下列方式给出信息或信息的部分：

- a) 在装置内或装置本身上；
- b) 在随机文件中；
- c) 在包装上；
- d) 其他方式，例如，设备外的标志和警告。

制造商的决定应基于风险、信息需要的时间以及装置的设计。

19.3 信号和警告装置

应使用视觉信号（如闪光灯）或听觉信号（如汽笛）向即将面临危险事件的操作人员或一般人员发出警告，例如，设备启动或超温时，应满足下列要求：

- a) 信号应在危险事件发生前发出；
- b) 信号应清楚且应能被操作人员清楚识别；
- c) 信号应能清楚察觉且与其他所用的信号区分。

如果使用报警装置，则它们的设计和位置应易于检查其运行是否正常。使用信息应明确核实报警装置正常运行的程序。

制造商在设计报警装置时应考虑“知觉饱和”风险。该风险由太多的视觉或听觉信号引起，会导致操作人员对报警装置的忽视或压过报警装置信号。

19.4 标记、象形图、书写的警告

19.4.1 应在装置及其设备的铭牌上以明显且易于辨认的方式至少标记如下信息：

- a) 如果有的话，标出序列号，或者设备的名称；
- b) 制造商的名称和地址；

- c) 生产年份;
- d) 如果有的话,修改年份;
- e) 相数和额定输入电压;当设备要在不同的额定供电电压下使用时,应在铭牌上标明各个电压的联结以及相应的供电端和连接类型;
- f) 额定输入电流的类型和数值;
- g) 额定输入功率;如果装置有多个电压范围,应指明与电压范围有关的最大输入功率值;
- h) 应在适当处指明输入频率和额定处理频率或范围;
- i) 按 CISPR 11 的设备分类和分组。

19.4.2 设备应标有对其安全使用所需的所有信息,例如:

- 被处理的最大工作负荷或产量;
- 最高运行温度;
- 特定的使用气氛(如不可燃、爆炸性、毒性);
- 穿戴个人防护装备的必要性;
- 保护装置或隔障调节数据。

19.4.3 应设置适当的警告标记,特别是对不能被立即察觉的危险,例如,高压、电离辐射、非电离辐射或电磁场。

19.4.4 IEC 60204-1:2005 中 16.2 应用于电气特性的标记。

控制和信号器件应使用字母、文字或符号标识。

导体的识别应按 IEC 60204-1:2005 中 13.2 的规定。

对电气部件及其与技术文档中的电路图的参照应做耐久标识。命名应符合电路图上的标识。

19.4.5 装置应具有指明它符合相关要求所需的所有标记。

19.4.6 直接印制在设备上的信息应耐久且在设备预计的生命周期内易于辨认。

标记应耐久、易于辨认且清晰可见。标记应使用设备安装地的国家的语言,除非同意使用不同语言。书写的警告信息应用设备首次使用地的国家的语言起草,根据要求,可以使用操作人员能够理解的语言。

标记、符号、标志及书写的警告应明白易懂且无歧义,特别是相关设备的功能部分。明白易懂的象形图宜比书写的警告优先使用。

图形符号应符合 IEC 60417 或 ISO 7000 的适用条款。标志、标签或标志牌应按 ISO 3864-1 设计。附录 F 提供了相关符号和安全标志的示例。

19.5 说明书/安装、试运行、运行、维护和停运手册

19.5.1 说明书和技术文档应以纸面形式提供;可伴有电子数据。

19.5.2 说明书或其他书写的说明应符合 IEC 82079-1 的要求,且至少应包括与装置或设备的运输、装卸和储存相关的如下信息,包括但不限于:

- a) 设备或其部分的储存条件;
- b) 尺寸、质量、重心位置;
- c) 搬运说明,如标明起重设备作用点的图。

19.5.3 说明书或其他书写的说明至少应包括与设备的安装和试运行有关的如下信息,包括但不限于:

- a) 固定/锚固和减振要求,或者必要的基础;
- b) 装置各部分附近的强制性接地端子,在维护和检查时有必要在切断电源后将导体和裸电部分接地的地点;
- c) 如果设备不是组装后发货的,对设备拆箱、部件清单、结构平面图、所有部件的安装图以及部件的连接程序的具体说明(见 IEC 61082-1);

- d) 装置或设备与水、液压油、压缩空气连接的说明,包括允许的压力;
- e) 装置或设备与电源连接的说明,特别是容许的电压和频率波动,包括电气过载防护;
- f) 包括在连接或运行设备前进行的所有试验的试验计划;
- g) 装配和固定条件;
- h) 设备使用和维护所需的空间;
- i) 环境的允许条件,例如,温度、湿度、振动、电磁辐射、预期的气氛和大气压;
- j) 适用时,关于工艺废物移除或处置的建议;
- k) 对用户防护措施实施、安全距离、安全标记和信号的建议。

19.5.4 说明书或其他书写的说明应包含与装置或设备自身有关的信息,例如:

- a) 对设备、配件、保护装置和其他防护装置的详细描述。
- b) 设备预期的全面的应用范围,包括禁止的用途。
- c) 图表,特别是符合 IEC 60204-1:2005 中第 17 章的安全功能示意图。
- d) 由设备产生的噪声和振动数据及其发出的辐射、气体、蒸汽和灰尘数据。适用时提及用到的测量方法。
- e) 符合 IEC 60204-1:2005 中第 17 章的电气设备的技术文档。
- f) 证明装置或设备符合强制性要求的文件。
- g) 如果发射的辐射会产生危险,则有明确的警告。
- h) 如果为了测量和检测目的使设备带电会引起过度的电气绝缘压力,则有明确的警告,适用时,对此类试验和施加的最高电压进行说明。

19.5.5 说明书或其他书写的说明应包含与装置或设备的使用有关的信息,例如,以下有关的或描述情形的信息:

- a) 预期应用;
- b) 手动控制(致动器);
- c) 在试运行试验完成时设备的设置、调节以及设置值和调节值清单;
- d) 启动、运行和停止(如急停)的模式和方式;
- e) 残余风险;
- f) 可能由某些应用、使用某些配件以及这类应用所需的特定安全装置产生的特殊风险;
- g) 可合理预见的误用和禁止的应用;
- h) 故障识别、定位和修复程序;
- i) 在干预或故障后重新启动的安全程序;
- j) 所用到的个人防护装备;
- k) 需要的培训。

19.5.6 说明书或其他书写的说明应包含维护信息,例如:

- a) 安全功能检查的种类和频率;
- b) 当所用的备件可能影响操作人员的健康和安全时,给出它们的技术要求;
- c) 对要求一定的技术知识或特殊技能,因此需要仅由专业人员完成的维护操作的有关说明;
- d) 与维护活动相关的说明,如更换部件,它不需要特定的技能,因此可以由操作人员完成;
- e) 能使操作人员完成他们的任务,特别是维护或故障查找时要用的图纸和图表;
- f) 仅能由设备制造商或其指定的代表进行的维护项目;
- g) 与维护有关的说明、图纸和图表;
- h) 必要的消耗品,例如,清洁剂和杀菌剂或润滑剂;
- i) 熔断器的类型和特性。

19.5.7 说明书或其他书写的说明应包含装置电气设备的维护信息,例如:

- a) 在维护中必要的接地电路的电阻试验；
- b) 在维护中等电位连接和各导体与大地以及各导体间绝缘电阻值的强制性试验；
- c) 适用时，电容器放电以及检查电容器有无电压的程序；
- d) 维护中的逃生路线的说明；
- e) 设备带电时的维护工作程序——电压不应超出低压限值；
- f) 通过断电、接地以及短路使设备做好维护准备；
- g) 在潜在易燃环境中的维护说明——在这种条件下，通常不准许电路带电或者更换灯泡或熔断器，或者将可燃气氛从设备中去除的程序；
- h) 在易含有毒气体区域进行维护的说明，或者在工作前去除有毒气体的程序。

19.5.8 说明书或其他书写的说明应包含停用、拆解或处置的信息。

19.5.9 说明书或其他书写的说明应包含紧急情况的信息，例如：

- a) 在发生事故或故障后该遵循的操作程序；
- b) 该用的消防设备的类型；
- c) 危险物质有可能排放或者泄露的警告，如有可能，给出消除其作用的方法；
- d) 对由电引起的事故的受害者进行急救的说明。

19.5.10 如果说明书或其他书写的说明包含提供给专业人员的维护说明以及提供给受过训练人员的维护说明，则它们彼此应清楚区分。

19.5.11 说明书或其他书写的说明应包含涉及电磁兼容的相关信息。

19.5.12 说明书或其他书写的说明应包含涉及特定人群危险的相关信息，例如，孕妇或戴起搏器的人。

附录 A
(资料性附录)
重大危险列表

表 A.1 列出了本部分涉及的至少是某些类型装置存在的重大危险。该列表用于风险评估。宜特别注意这样的事实,即本列表:

- 主要列出了在本部分中涉及的那些危险;
- 并未列出本部分范围外的很多危险,因为它们在 ISO 12100:2010 中附录 B、ISO 13577-1 或其他文件中列出;
- 对特定装置或设备的风险评估并不详尽。

表 A.1 给出了可能发生的危险状况或事件的示例。

表 A.1 本部分涉及的危险列表

危险			本部分的章/条或 参考标准
来源	危险状况/事件	可能的后果	
1 机械的			ISO 13577-1, ISO 12100
高压气体和液体	容器爆裂、(高温)气体喷射、 物体坠落或喷射、(高温)液体 喷射	窒息、冲击、爆炸、抛出、挤压、 滑倒或绊倒	12.3
移动部分	被部件绊住、在部件间挤压	剪切、挤压	第 15 章
真空	容器内爆、窗户炸裂	冲击、注入或喷射	12.3
2 电气的			
短路、电弧、带电部分、在故障 条件下带电的部分		触电、灼伤、休克、电死、坠落 或抛出	第 7 章和第 8 章
		火灾、化学反应、爆炸、熔融粒 子抛射	第 7 章、第 10 章、 第 11 章
人/设备与高压带电部分距离 不足	进入高压危险区域	触电、火灾、爆炸	第 7 章、第 10 章、 第 11 章
由受热绝缘引起或通过水或 污染物引起的泄漏电流	静电在表面堆积并点燃材料	触电	第 7 章、第 10 章、 第 12 章
电路断路器不够快		触电、设备故障或过热引起的 其他任何(例如,机械的、电气 的)后果	第 7 章、第 14 章
短路电流		火灾、设备故障或过热引起的 其他任何(例如,机械的、电气 的)后果	第 7 章、第 10 章、 第 11 章
起动电流使继电器触头焊牢 并保持“接通”		设备故障或过热引起的其他 任何(例如,机械的、电气的) 后果	第 7 章、第 14 章

表 A.1 (续)

危险			本部分的章/条或 参考标准
来源	危险状况/事件	可能的后果	
对电控或测量设备的放电		设备故障或过热引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第7章、第14章
柴油发电机电源频率变化		损坏电源	第6章、第7章、 第14章
过载	工作负荷接触加热设备、起泡	工作负荷喷发或喷射	第10章
欠压		设备故障引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	6.5
过压	电气连接过热、绝缘熔化	设备故障或过热引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	6.5
磁场		工作负荷或其他金属部分弹射或喷射、对医疗植入物的影响、身体被加热、神经刺激、设备故障或过热引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第8章
电磁力		工作负荷喷射或金属部分弹射、对医疗植入物的影响、身体被加热、设备故障或过热引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第8章
电场		工作负荷喷射或金属部分弹射、对医疗植入物的影响、身体被加热、设备故障或过热引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第8章
电弧或等离子体产生臭氧		呼吸损伤、绝缘损坏	第8章
电弧或等离子体产生紫外光		绝缘损坏	第9章
静电现象引起弧		触电、设备故障或过热引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第7章、第8章
3 热的			
高温环境	在工艺设备附近长时间停留	烧伤、脱水、不适、眩晕、人为失误引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第9章、第10章、 第11章

表 A.1 (续)

危险			本部分的章/条或 参考标准
来源	危险状况/事件	可能的后果	
火焰			ISO 13577-2
气体爆炸、灰尘、悬浮微粒	物体坠落或喷射、(高温)气体喷射	设备故障引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第 11 章、 IEC 60079 系列
材料喷射或突然喷发	物体坠落或喷射、(高温)气体喷射、(高温)液体喷射、贮存在工作负荷内的热能引起的危险	烧伤、烫伤、冲击、抛出、挤压、滑倒或绊倒、爆炸、设备故障引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第 8 章、第 10 章、 第 11 章、第 15 章
液冷外壳与液态负载接触事故		烧伤、烫伤、冲击、抛出、挤压、滑倒或绊倒、爆炸、设备故障引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第 12 章、 ISO 13577-1
高温物体或材料	装置部件耐热强度不足导致运行中断	烧伤、着火、爆炸、辐射	第 10 章
高温液体、高温液体流出容器、高温液体流到水中	物体坠落或喷射、高温液体喷射、液态金属引起蒸汽突然喷发	烧伤、烫伤、中毒、滑倒或绊倒、爆炸、喷射、设备故障引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第 11 章、第 15 章
过热的高温液体		烧伤、烫伤、中毒、冲击、抛出、挤压、滑倒或绊倒、爆炸、设备故障引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第 10 章、第 12 章
高温高压气体		烫伤、烧伤	第 10 章、第 12 章
高温高压液体		烫伤、烧伤	第 10 章、第 12 章
热源辐射		见红外辐射	第 9 章
4 噪声			17.2、ISO 12100
5 振动			ISO 13577-1、 ISO 12100
6 低于 300 GHz 的电磁场			
电场		烧伤、眩晕、身体加热	第 8 章
磁场	磁场与装置相互作用,导致停机	设备故障或过热引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第 8 章
7 辐射——高于 300 GHz 的电磁场			
电离辐射		对生殖能力的影响、变异、癌症、烧伤、严重的疾病或死亡、设备故障引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	9.2

表 A.1 (续)

危险			本部分的章/条或 参考标准
来源	危险状况/事件	可能的后果	
紫外辐射		伤害眼睛和皮肤、变异、皮肤癌	9.3
可见辐射		伤害眼睛和皮肤、灼伤	9.4
红外辐射		灼伤、伤害眼睛、设备故障或过热引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	9.4
辐射引燃可燃物		烧伤、爆炸、有害气体	第9章、第10章、 第11章、 IEC 60079 系列
激光辐射		伤害眼睛和组织	9.5
8 与材料或物质有关的			
悬浮微粒、易燃物、灰尘、爆炸物、纤维、可燃物、液体、浓烟、气体、烟雾、氧化剂		呼吸困难、窒息、癌症、腐蚀、爆炸、火灾	ISO 12100、 ISO 13577-1
9 人体工程学			
进入	进入危险区域	人在错误位置引起的任何后果	6.7、第8章、 第9章、第10章、 第12章、第13章、 第14章、第15章
指示器和显示器的设计或位置		人为失误引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	19.3
控制装置的设计、位置或识别		人为失误引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第14章、第19章
装置引起的闪烁、炫目、阴影、频闪效应		不适、疲劳、压力、人为失误引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	13.8、第14章
装置中的照明	因光线暗而绊倒、因刺眼不能察觉警告	人为失误引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	13.8
工作过程设计	过度工作、人为失误、人为的不当行为(由设计无意或故意引起的)、不能直接看到工作区域、痛苦且累人的姿势、高频率的重复性操作	人为失误引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第14章、第15章
10 与装置使用环境相关的			
通用			ISO 12100
电磁干扰	控制故障	设备或设备部件上的危险源引起的作用的其他任何后果	附录 E

表 A.1 (续)

危险			本部分的章/条或 参考标准
来源	危险状况/事件	可能的后果	
照明不足	因光线暗而绊倒、因刺眼不能察觉警告	人为失误引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	13.8、19.2、 19.3、19.5
其他装置引起的闪烁、炫目、阴影、频闪效应		不适、疲劳、压力、人为失误引起的其他任何(例如,机械的、电气的)后果	第 19 章
11 组合危险			
重复活动+过度工作+很高的环境温度		脱水、失去意识、中暑	

附录 B

(资料性附录)

电场和磁场、接触电流-暴露危险限值

B.1 概述和动因

B.1.1 一般信息

本附录列出了暴露于电场和磁场中的以及接触电流和电压的限值。满足暴露限值不能与已足够降低的风险相混淆。如果没有适用的国家法规存在,则可使用这些限值。

B.1.2 基本概念

暴露限值基于物理量或直接与已明确的健康影响相关的那些量,被定为基本限制,它们的值在诸如 ICNIRP:2010 或 IEEE C95.1 中规定。

被暴露的身体部位中的感应电场强度是那些源所用的物理量,在 1 Hz~100 kHz 的频率范围内都满足本附录。正是该场影响神经细胞和其他电敏感细胞并引起即时反应。

参考等级是由基本限制导出的可测量值。它们的计算通常基于非常普遍的最坏情况并留有较大安全余量。ICNIRP:1999、ICNIRP:2010 和 IEEE C95.1 中隐含的安全余量的差别很明显。它们可使危险增大几个数量级。在验证过程中,满足参考等级表明某位置是安全的;超出安全参考等级未必意味着相同的位置不安全。

一般公认的数值见本附录,4.4 的分类需要这些数据。

B.1.3 危险源和危险效应

本附录涉及由以下因素引起的危险:

- a) 静磁场和频率低于 1 Hz 的磁场;
- b) 引起接触电流及打弧的带电导体以及非导电表面上的电荷;
- c) 在身体部位中引起电场的电的或者磁的近场。

在局部身体部位加热不是确定危险的所有情况下,用于规定有关触电效应的电、磁以及电流限值的基本物理量都是内部组织电场强度,否则就是局部化的比吸收率(SAR)。

接触电流引起的令人感到疼痛的局部加热或烧伤视为触电效应。这类加热效应同样可以是内部的和由在组织内产生的电场和电流引起。目前还没有由国际组织或地方政府基于被考虑的各种因素的量化而规定的限值。因而皮肤加热效应不包括在本附录中。

外部波传播现象使几兆赫兹以上的暴露情形变得复杂,这是因为涉及的场不再只有近场。限制能量透入身体的效应发生在几兆赫兹以上。本部分中考虑将上限设为 6MHz。更高的频率在适用的各特殊要求部分中处理。

本附录中涉及的所有场都是准静态和非传播的。

B.1.4 频率依赖性

频率高于 200 Hz 的危险评估更加复杂,这是因为:

- a) 随着频率的增加电场和传播场对人体的影响变大,这是因为感应电场强度随着频率的增加而增强;
- b) 外部磁场与身体部位之间的任何耦合引起的感应电场取决于身体部位的几何形状和位置,与方向、弯曲度和强度有关;

- c) 位移电流的强度,如由接触绝缘导体引起的,随频率的提高而增强;
- d) 因为趋肤效应和邻近效应,电路不像低频时那么可靠;
- e) 神经的常规触电现象以及肌肉反射反应随频率的升高而减小,而皮肤烧伤和身体部分内部加热变得非常明显。

暴露于强磁场中会在身体部位内感应局部电场,通过该效应会在身体部位内形成电流和局部加热。然而,该电场引起的触电型效应在 100 kHz~6 MHz 的频率范围内减弱。

B.2 静磁场

表 B.1 提供了根据以下确定的静磁场中的暴露限值:

- a) ICNIRP:2009,对静的定义为频率小于 1 Hz;空间峰值限值适用于无铁磁材料制成的医疗植入物或电子设备的人员;
- b) IEEE C95.6:2002,对静的定义为频率小于 0.153 Hz;这源于对内部感应电场的限制。

表 B.1 暴露于静磁场的 ICNIRP 和 IEEE 限值

暴露特征	磁通密度、空间峰值暴露和均方根值					
	一般公众		职业人		特殊的职业人	
	ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	ICNIRP ^a	IEEE
头部和躯干的暴露	0.4 T	0.118 T	2 T	0.353 T	8 T	不适用
四肢的暴露	0.4 T	0.353 T	8 T	0.353 T	8 T	不适用
^a 对特定的工作应用,如果环境可控且通过适当的工作实践控制移动感应效应,则达到 8 T 的暴露是可行的。						

保护工作人员免受非均匀场中被加速物体危险的限值低于对一般人员暴露的安全限值,任意方向上的磁场强度的变化通常限定在 0.3 T m^{-1} 。对体内或身体上有医疗电子植入物或设备的人员,相应的最大值通常为 0.5 mT,除非这些设备经过认证能够承受更高的值且可靠运行。

B.3 时变磁场、电场和电磁场

B.3.1 1 Hz 到 100 kHz 之间的基本限制

表 B.2 概括了 ICNIRP 对在 1 Hz~10 MHz 频率范围内人体组织中的感应时变电场的基本限制;表 B.3 概括了 IEEE C95.1:2005 和 IEEE C95.6:2002 对在 0.153 Hz~3 GHz 频率范围内人体组织中的感应时变电场的基本限制。从这些值可导出其他限值和参考等级。

表 B.2 ICNIRP 对在 1 Hz~10 MHz 频率范围内人体组织中的内部电场的基本限制

暴露特征	频率范围	内部电场 V m^{-1}	
		一般公众	职业人
头部中枢神经系统(CNS)组织	1 Hz~10 Hz	$0.1 \times f^{-1}$	$0.5 \times f^{-1}$
	10 Hz~25 Hz	0.01	0.05
	25 Hz~400 Hz	$0.4 \times 10^{-3} \times f$	$2 \times 10^{-3} \times f$
	400 Hz~3 kHz	0.4	0.8
	3 kHz~10 MHz	$1.35 \times 10^{-4} \times f$	$2.7 \times 10^{-4} \times f$

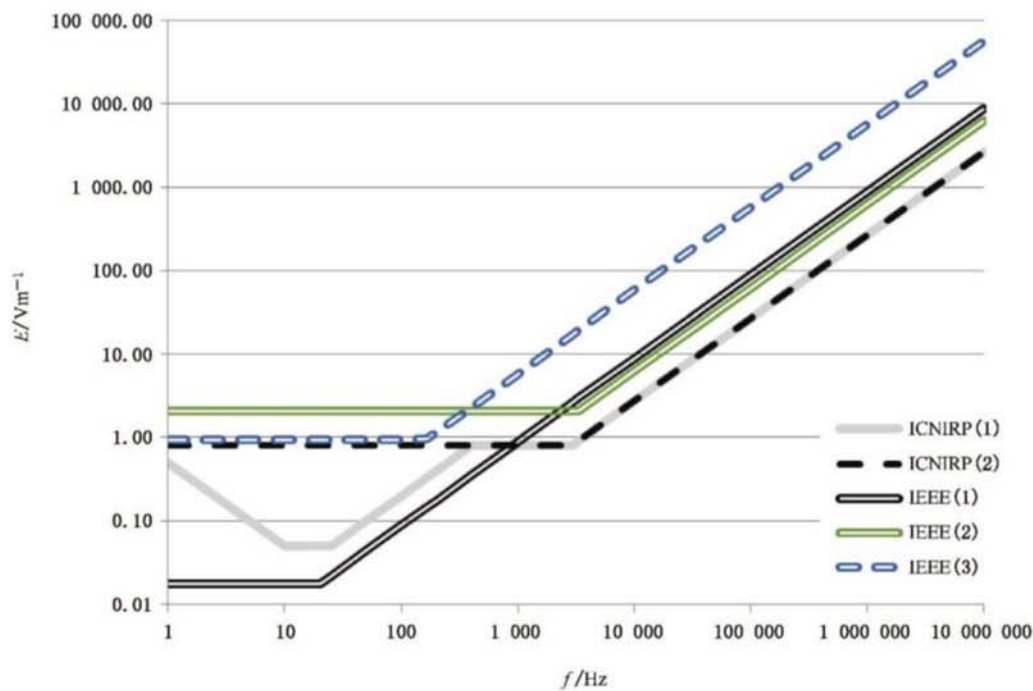
表 B.2 (续)

暴露特征	频率范围	内部电场 V m ⁻¹	
		一般公众	职业人
头部和人体的所有组织	1 Hz~3 kHz	0.4	0.8
	3 kHz~10 MHz	$1.35 \times 10^{-4} \times f$	$2.7 \times 10^{-4} \times f$
注：f 是以 Hz 表示的频率；所有值都是均方根值。			

表 B.3 IEEE 对在 0.153 Hz~3 GHz 频率范围内人体组织中的内部电场的基本限制

暴露特征	频率范围	内部电场 V m ⁻¹	
		一般公众	职业人
大脑	<20 Hz	0.005 89	0.017 7
	20 Hz~3 GHz	$2.95 \times 10^{-4} \times f$	$8.85 \times 10^{-4} \times f$
心脏	<167 Hz	0.943	0.943
	167 Hz~3 GHz	$5.76 \times 10^{-3} \times f$	$5.76 \times 10^{-3} \times f$
手、手腕、脚和脚踝	<3 350 Hz	2.1	2.1
	3 350 Hz~3 GHz	$6.27 \times 10^{-4} \times f$	$6.27 \times 10^{-4} \times f$
其他组织	<3 350 Hz	0.701	2.1
	3 350 Hz~3 GHz	$2.09 \times 10^{-4} \times f$	$6.27 \times 10^{-4} \times f$
注：f 是以 Hz 表示的频率；所有值都是均方根值。			

该数据见图 B.1 的图示。



说明：
(1)——中枢神经系统或脑组织；
(2)——所有的其他组织；
(3)——心脏组织；
 f ——频率；
 E ——内部感应电场。

图 B.1 表 B.3 和表 B.4 的基本限制图示

B.3.2 100 kHz～300 MHz 之间的基本限制

表 B.4 概括了 ICNIRP:2010 和 IEEE C95.1:2002 对在 100 kHz～300 MHz 频率范围内暴露于时变电场、磁场或电磁场的比吸收率数值与功率通量密度的基本限制。

表 B.4 100 kHz～300 MHz 频率范围内比吸收率(SAR)和功率通量密度的基本限制

	频率范围	全身平均 SAR ^a W · kg ⁻²		局部 SAR ^b (头和躯干) W · kg ⁻²		局部 SAR(四肢) W · kg ⁻²		功率通量密度 W · m ⁻²	
		ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	20 cm ² 平均	1 cm ² 平均
								ICNIRP	ICNIRP
一般公众	100 kHz~3 GHz	0.08	0.08	2	2	4	4	10	200
	3 GHz~10 GHz		不适用		不适用		不适用		
	10 GHz~300 GHz	不适用							
职业人	100 kHz~3 GHz	0.4	0.4	10	10	20	20	50	1 000
	3 GHz~10 GHz		不适用		不适用		不适用		
	10 GHz~300 GHz	不适用							
^a 所有的 SAR 值取任意 6 min 内的平均值。									
^b 局部 SAR 是任意 10 g 连续组织内的平均值;这样获得的最大 SAR 宜为用于暴露估算的值。									

B.3.3 被加热的穿戴物体

一些在电场或磁场中穿戴的物体会引起风险；这包括环形物，如项链、手镯、戒指以及可磁化物体或由导电率相对较差的材料制成的物体，如碳或硅。目前还没有明确的限值。

B.4 接触电流

表 B.5 概括了 ICNIRP:2010 对暴露于接触电流中的参考等级；对某些特定情况，可以由基本限制导出足够的安全等级来替代。

表 B.5 时变接触电流的 ICNIRP 参考等级

频率范围	最大接触电流/mA	
	一般公众	职业人
1 Hz~2.5 kHz	0.5	1.0
2.5 kHz~100 kHz	$0.2f$	$0.4f$
100 kHz~10 MHz	20	40
注： f 是以 kHz 表示的频率。		

B.5 接触电压

B.5.1 低于 100 Hz 的超低压(ELV)

下列值规定的 ELV 电路可被接触而不受限制：

- 0 Hz 时高至 120 V 的接触电压；
- 10 Hz~100 Hz 有效值高至 50 V 的接触电压；
- 0 Hz 和交变分量高至 100 Hz 的复合组成，峰值不超过 120 V 且纹波有效值不超过 12 V 的电压。

B.5.2 高于 100 Hz 的超低压(ELV)

对更高频率的接触电压限值可从适用于可接近带电导体以及接触的身体部位的实际结构的接触电流来确定。

IEC/TR 60479-5 和 IEC/TS 61201 提供了工频限值信息。其他频率的限值正在考虑中。

IEEE C95.1:2005 建议将 140 V 作为 100 kHz~100 MHz 频率范围内防止在设备与被暴露人之间起弧的上限。

B.6 暴露的分类

B.6.1 一般要求

按照 4.4 中的方法，定义了如下的风险分类。风险分类描述了暴露于特定空间位置或危险区域的危险中的风险。分类适用于正常运行和单一故障条件。

B.6.2 无风险类

任何不会由电、磁或电磁场构成任何危险的设备都划为无风险类。任何 EH 或 EPM 设备均能满

足该要求,只要:

- 不对一般人员构成危险;
- 不会引起超过表 B.1 规定的一般公众限值的静磁场;
- 不会引起超过表 B.2 规定的一般公众限值的内部电场;
- 不会引起超过表 B.4 规定的一般公众限值的 SAR;
- 不会引起超过 ICNIRP 规定的一般公众参考水平的接触电流。

使用第 18 章规定的方法进行过评估的设备或者不会引起超过 ICNIRP:2010、IEEE C95.1:2002 或 IEEE C95.6:2005 规定的一般公众参考水平的电场强度、磁场强度、磁通密度或等效的平面波功率密度的设备遵守这些规定。

B.6.3 1 类风险(低风险)

任何不会对暴露其中的职业人构成危险的设备划为低风险类。任何超出无风险类限值的设备都满足该要求,只要:

- 不对操作人员构成危险;
- 不会引起超过表 B.1 规定的职业人限值的静磁场;
- 不会引起超过表 B.2 规定的职业人限值的内部电场;
- 不会引起超过表 B.3 规定的职业人限值的 SAR;
- 不会引起超过表 B.4 规定的职业人参考水平的接触电流。

使用第 18 章规定的方法进行过评估的设备或者不会引起超过 ICNIRP:2010、IEEE C95.1:2002 或 IEEE C95.6:2005 规定的职业人暴露参考水平的电场强度、磁场强度、磁通密度或等效的平面波功率密度的设备遵守这些规定。

B.6.4 2 类风险(中度风险)

任何在较短暴露时间内不会构成危险的设备都划为中度风险类。超出 1 类风险限值(低风险)的任何类型的设备都满足该要求,只要不引起:

- 超出表 B.1 中为特定工作应用规定的职业人限值的静磁场且该应用处的环境可控以及通过适当的工作实践来控制移动感应的效应;
- 超过短时间内会引起伤害的等级的接触电流。

B.6.5 3 类风险(高风险)

即便是瞬时或短时间的暴露都会构成危险的,或超出 2 类风险(中度风险)限值的任何设备划为 3 类风险(高风险)。

附录 C
(资料性附录)
光辐射-暴露危险限值

C.1 非相干辐射限值

本附录列出了非电离辐射暴露限值。满足暴露限值不能与足够的降低风险相混淆。如果没有适用的国家法规存在,则可使用这些限值。非电离辐射包括来自紫外、可见和红外辐射的危险。表 C.1 和表 C.2 中规定的限值符合 IEC 62471。

表 C.1 紫外、可见和红外辐照基值暴露限值

危险	公式 ^a	波长范围	暴露时长	限制孔径	恒辐照暴露限值 ^b
光化学紫外 皮肤和眼睛	$E_S = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200 nm~400 nm	<30 000 s	1.4 rad/80°	$30/t \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
眼睛紫外-A	$E_S = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200 nm~400 nm	<30 000 s	1.4 rad/80°	$30/t \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
眼睛红外	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	780 nm~3 000 nm	≤1 000 s	1.4 rad/80°	$18\,000/t^{0.75} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
眼睛红外	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	780 nm~3 000 nm	>1 000 s	1.4 rad/80°	$100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
皮肤热	$E_H = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	380 nm~3 000 nm	<10 s	2π rad	$20\,000/t^{0.75} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
注: 皮肤热危险暴露限值为剂量而非功率,因此用焦每平方米表示。					
^a E —— 光谱辐照度; λ —— 波长; ^b t —— 暴露时间。					

表 C.2 红外辐亮度基值暴露限值

危险	公式 ^a	波长范围	暴露时长	极限孔径	恒辐照暴露限值 ^b
蓝光	$L_B = \sum L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300 nm~700 nm	0.25 s~10 s		
视网膜热	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm~1 400 nm	<0.25 s	0.001 7 rad	$50\,000/(at^{0.25}) \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
视网膜热	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm~1 400 nm	0.25 s~10 s	$0.011 \sqrt{t/10} \text{ rad}$	$50\,000/(at^{0.25}) \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
视网膜热、 微弱 ^b 、视 觉刺激	$L_{IR} = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	780 nm~1 400 nm	>10 s	0.011 rad	$6\,000/a \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
注: 函数 $B(\lambda)$ 和 $R(\lambda)$ 在 IEC 62471:2006 中定义。					
^a L —— 光谱辐照度。 ^b 微弱视觉刺激不足以激起保护性反应。					

在红外辐射引起灼伤危险的情况下,限值是以剂量而非单位辐射定义的。操作人员可重复暴露于安全剂量之中,因为该剂量是不累积的,这与紫外辐射暴露形成了对比。

对超过 3 000 nm 的红外辐射,通常不设定限值,ICNIRP:2006 提供了必要的信息。

C.2 激光源和 LED 辐射

相干非电离辐射由激光和 LED 源发射。表 C.3 概括了根据 IEC 60825-1 的设备分类,同时将它与符合 IEC 62471 的分类联系了起来并使用了第 0 类。

表 C.3 按光辐射的设备风险类别分类

等级	激光辐射最高等级,IEC 60825-1	非相干光辐射最高风险类别
0	1,1M	无风险类(见 C.3.2) 1 类风险(低风险)(见 C.3.3)
1	2,2M	2 类风险(中度风险)(见 C.3.4)
2	3R,3B,4	3 类风险(高风险)(见 C.3.5)

C.3 非相干光辐射—风险分类

C.3.1 一般信息

表 C.3 中为每一个单一位置列出的分类取决于最高单一风险,概括了所有的位置和所有的辐射带。光辐射风险分类的详细描述见 IEC 62471。

风险分类简化了暴露评估任务。它们反映了操作人员的行为或任务的某些特定方面。它们由表 C.1 和表 C.2 中给出的暴露限值导出。

因为辐射危险取决于辐射自身而不是起因或辐射源,因此将装置所有辐射源的辐射纳入该分类就非常合理。

C.3.2 无风险类

任何不会构成任何光生物危险的设备划为无风险类。任何 EH 或 EPM 设备均能满足该要求,只要:

- 在 8 h 的暴露时间内不构成光化紫外危险;
- 在 1 000 s 内不构成近紫外危险;
- 在 10 000 s 内不构成视网膜蓝光危险;
- 在 10 s 内不构成视网膜热危险;
- 在 1 000 s 内对眼睛不构成红外辐射危险;
- 发出的红外辐射没有很强的视觉刺激(即小于 $10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$)且在 1 000 s 内不构成 IR-A 视网膜危险。

C.3.3 1 类风险(低风险)

任何由于对暴露采取了一般行为限制而不会构成危险的设备划为低风险类。任何超出无风险类限值的设备都满足该要求,只要:

- 在 10 000 s 内不构成光化紫外危险;
- 在 300 s 内不构成近紫外危险;
- 在 100 s 内不构成视网膜蓝光危险;

- 在 10 s 内不构成视网膜热危险；
- 在 100 s 内对眼睛不构成红外辐射危险；
- 发出的红外辐射没有很强的视觉刺激(即小于 $10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$)且不会在 100 s 内构成 IR-A 视网膜危险。

C.3.4 2 类风险(中度风险)

任何不会由于对强光源感到厌恶或热不适而构成危险的设备划为中度风险类。超出 1 类风险(低风险)限值的任何类型的设备都满足该要求,只要:

- 在 1 000 s 的暴露时间内不构成光化紫外危险；
- 在 100 s 内不构成近紫外危险；
- 在 0.25 s 内不构成视网膜蓝光危险(讨厌反应)；
- 在 0.25 s 内不构成视网膜热危险(讨厌反应)；
- 在 10 s 内对眼睛不构成红外辐射危险；
- 发出的红外辐射没有很强的视觉刺激(即,小于 $10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$)且不会在 10 s 内构成 IR-A 视网膜危险。

C.3.5 3 类风险(高风险)

即便是瞬间或短时间暴露都能构成危险,或者超过 2 类风险(中度风险)限值的任何设备,划为 3 类风险(高风险)。

C.3.6 脉冲设备

IEC 62471:2006 中 6.2 适用于本部分范围内的脉冲源的风险分类定义。

附录 D

(资料性附录)

暴露危险限值-噪声和振动

D.1 概述

本附录给出了噪声和振动暴露限值。满足暴露限值不能与足够的降低风险相混淆。如果没有适用的国家法规存在,则可使用这些限值。

D.2 噪声

用作风险预报的物理参数按如下定义:

- a) 峰值声压(p_{peak}):“C”的最大值——频率加权瞬时声压。
- b) 每日噪声暴露等级($L_{\text{EX}}, 8 \text{ h}$)[dB(A),相对于 $20 \mu\text{Pa}$]:按 ISO 1999:2013 中 3.6 规定的标称 8 h 工作日噪声暴露等级的时间加权平均值。它涵盖了工作中存在的所有噪声,包括脉冲噪声。
- c) 每周噪声暴露等级($L_{\text{EX}}, 8 \text{ h}$):每周 5 天每天 8 h 工作标称周的每日噪声暴露等级的时间加权平均值。

每日噪声暴露等级和峰值声压的暴露限值和暴露作用值不宜超过:

——暴露限值:分别为 $L_{\text{EX}}, 8 \text{ h}=87 \text{ dB(A)}$ 以及 $p_{\text{peak}}=200 \text{ Pa}$ [140 dB (C)相对于 $20 \mu\text{Pa}$];

——暴露作用值上限:分别为 $L_{\text{EX}}, 8 \text{ h}=85 \text{ dB(A)}$ 以及 $p_{\text{peak}}=140 \text{ Pa}$ [137 dB (C)相对于 $20 \mu\text{Pa}$];

——暴露作用值下限:分别为 $L_{\text{EX}}, 8 \text{ h}=80 \text{ dB(A)}$ 以及 $p_{\text{peak}}=112 \text{ Pa}$ [135 dB (C)相对于 $20 \mu\text{Pa}$]。

在应用暴露限值时,操作人员有效暴露的测定宜考虑由操作人员穿戴的个人听力保护器提供的衰减。暴露作用值不宜考虑任何此类保护器的作用。

注:这些限值来源于 2003/10/EC 导则。

D.3 超声压

对频率在 20 kHz~100 kHz 的超声压暴露限值为 $20 \mu\text{Pa}$ 参考压力值以上 110 dB。

D.4 次声

目前还没有国家法规或国际标准规定次声允许的暴露限值。然而,关于听觉系统的安全和保护的建议限值,冯·吉尔克和尼克松在《强次声对人的效应》(1976)提到:对 8 h 的暴露,其限值范围从 1 Hz 低频时的 136 dB 到次声范围上限 20 Hz 的 123 dB。可使用 3 dB 的换率对更短或更长暴露时长的限值做近似调整,即,如果时长减半,则等级可增加 3 dB。

D.5 振动

对 8 h 参考时间内的标准化限值以及手臂振动的限值如下所述,其值和评估方法在 ISO 5349-1 中规定:

- a) 每日暴露限值为 5 m/s^2 ;
- b) 每日暴露作用值为 2.5 m/s^2 。

对全身振动的限值如下所述,其值和评估方法在 ISO 2631-1 中规定:

- c) 每日暴露限值为 1.15 m/s^2 ,或者振动剂量值为 $21 \text{ m/s}^{1.75}$;
- d) 每日暴露作用值为 0.5 m/s^2 ,或者振动剂量值为 $9.1 \text{ m/s}^{1.75}$ 。

注: 这些限值来源于 2002/44/EC 导则。

附 录 E
(规范性附录)
有关电磁兼容的规定

E.1 一般要求

即便电磁兼容本质上不在本部分本身的范围之内,电磁兼容可对控制或安全电路引起严重的风险。

设备应根据 IEC 61326-3-1 设计成符合有关电磁兼容的功能性安全要求。IEC/TS 61000-1-2 中的方法可用作导则。

应考虑闪变和谐波,特别在闪变和谐波的评估中应特别考虑电源系统的短路容量。

E.2 要求

对额定输入电流为下列数值的各设备的最大电压波动和闪变的要求都应适用:

- 小于或等于 16 A(见 IEC 61000-3-3);
- 大于 16 A(见 IEC/TS 61000-3-5);
- 小于或等于 75 A(见 IEC 61000-3-11)。

中压和高压电源系统波动负载的限值导则见 IEC/TR 61000-3-7。当地公用电站的特定要求也可适用。

波动和闪变同样与电源系统的短路容量有关。这反过来也影响着可能的危险等级。

由 EH 和 EPM 装置或设备产生的电磁骚扰应尽可能在 CISPR 11 中给出的限值内。

应考虑谐波电流的效应。在谐波的类型和等级评估中应考虑电源系统的特性。

辐射要求应遵守 IEC 61000-6-4。

中压和高压电源系统中畸变负载的限值导则见 IEC/TR 61000-3-6 并且适用。

如有必要,应考虑对电磁场的抗扰性。IEC 61000-6-2 中给出的对工业设备的抗扰性要求适用。

附录 F
(规范性附录)
标记和警告

F.1 电磁场危险区域

预计暴露于危险电场或磁场的所有区域在属于附录 B 中规定的 1 级或 2 级或国家法规中有指示时,应对其进行标记。这涉及 2 类风险(中度风险)和 3 类风险(高风险)。图 F.1 给出的标记示例由 IEC 60417(见表 F.1) 中规定的图形符号和文字标签组成,它们声明了场的类型、等级和参考依据(本部分或国家法规)。

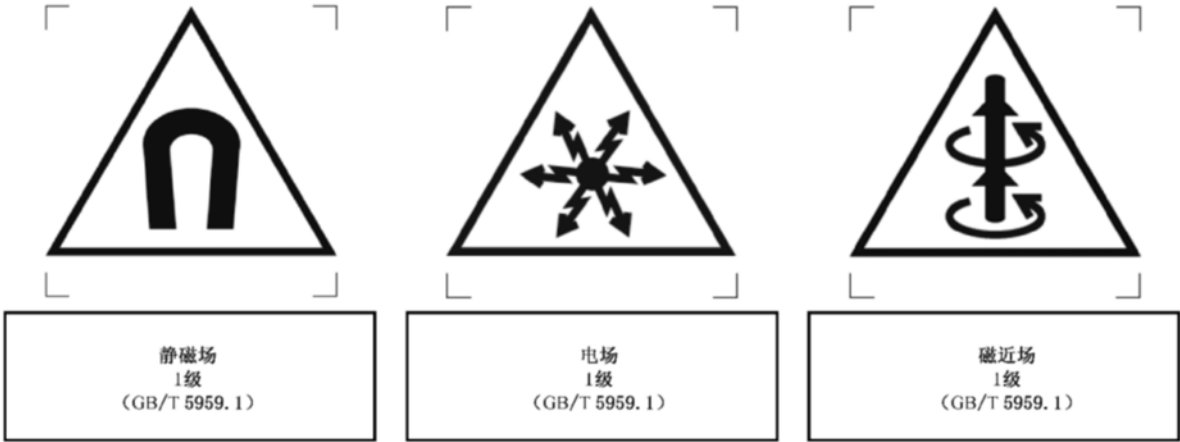


图 F.1 磁场和电场的标记示例

F.2 接触电流和表面

预计暴露于接触电流的所有表面在属于附录 B 中规定的 1 类或 2 类或国家法规中有指示时,应对其进行标记。这涉及 2 类风险(中度风险)和 3 类风险(高风险)。图 F.2 给出的标记示例由 IEC 60417(见表 F.1)中规定的图形符号和文字标签组成,它们声明了危险的类型、等级和参考依据(本部分或国家法规)。

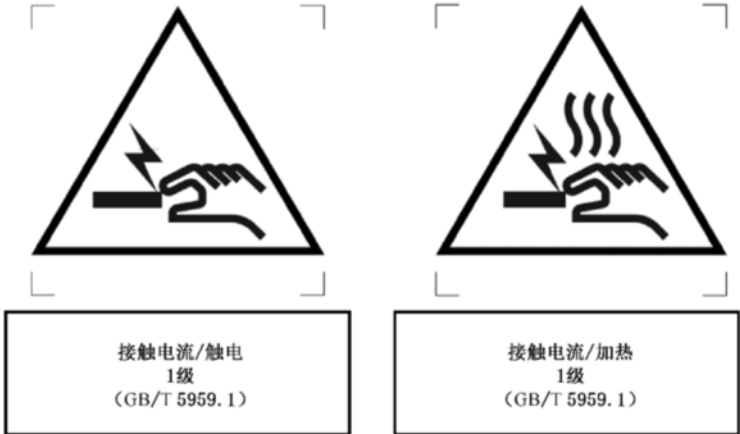


图 F.2 接触电流标记示例

F.3 光辐射危险

预计暴露于辐射中的所有开口或区域在属于附录 C 中规定的 1 级或 2 级或国家法规中有指示时，应对其进行标记。这涉及 2 类风险（中度风险）和 3 类风险（高风险）。图 F.3 给出的标记示例由 IEC 60417-6151(2012-02)中的图形符号和文字标签组成，它们声明了辐射的类型、等级和参考依据（本部分或国家法规）。



图 F.3 红外辐射标记示例

IEC 60825-1 范围内的激光辐射宜按该标准的规定标记。

F.4 用于标记和警告的符号和标志

在警告标志中使用图形符号时，推荐按 ISO 3864-1 的规则。如果适用，宜使用 IEC 60417、ISO 7000 或 ISO 7010 中的相关符号和标志，表 F.1 中给出了一些示例。宜使用补充的文字标志或标签来加深理解。

宜按 19.4 在使用信息中规定相关的安全或警告标志和标签。

表 F.1 EH 或 EPM 装置中使用的符号和标志示例

符号/标志	参考	描述	章条号
	IEC 60417-5036(2002-10)	危险电压	第 7 章
	IEC 60417-6042(2010-11)	警告：触电风险	第 7 章
	IEC 60417-5019(2006-08)	保护性接地	第 7 章
	IEC 60417-6204(2013-07)	警告：静磁场危险	第 8 章

表 F.1 (续)

符号/标志	参考	描述	章条号
	IEC 60417-6205(2014-08)	警告:交变磁近场危险	第 8 章
	IEC 60417-6206(2013-07)	警告:电场危险	第 8 章
	IEC 60417-6207(2013-07)	警告:可导致灼伤的接触电流	第 8 章
	IEC 60417-6208(2013-07)	警告:接触电流或电压	第 8 章
	ISO 7010:2011-P007	具有有源植入心脏装置的人不得进入	第 8 章
	ISO 7010:2011-P014	具有金属植入物的人不得进入	第 8 章
	ISO 7010:2011-P008	禁止金属物品或手表	第 8 章
	IEC 60417-6166(2012-07)	警告:非电离电磁辐射; 警告:微波辐射	第 8 章,第 9 章
	IEC 60417-5152(2002-10)	激光器辐射	第 9 章
	IEC 60417-6151(2012-02)	警告:红外辐射	第 9 章
	IEC 60417-5041(2002-10)	警告:高温表面	第 10 章

附录 G
(资料性附录)
本部分使用指南

本部分规定了可能适用或不适用于特殊 EH 或 EPM 装置或设备的大量通用要求。因此对本部分不加任何判定地进行简单参考是不够的。对没有特殊要求标准的,装置或设备的制造商宜通过下列方式使用本部分:

- a) 从相关章条给出的要求中选择最适用的条款;
- b) 必要时通过修改某些条款,使对装置或设备的特殊要求足以被其他相关的标准覆盖。

但前提条件是所做的选择和修改不会对装置需要的防护等级产生不利影响。

在应用以上列出的原则时,建议:

- 参考适用的本部分相关章条,指出相关适用选项在标准中的位置;
- 参考适用的本部分相关章条,修改或扩展了特定设备的要求;
- 直接参考完全覆盖对电气设备的那些要求的相关标准。

在所有情况下,专业知识都是至关重要的,以便能够:

- 读懂本部分的所有要求;
- 从本部分中选出适用的要求;
- 识别选择性或附加性特殊要求,它们不同于本部分的要求或不包括在其内,并且是由装置及其用途确定的;
- 准确规定这些特殊要求;
- 将本部分用于风险评估目的。

图 1 是典型装置的框图,可用作该任务的起点。补充性的表 2 指明了特殊部分或设备涉及的章条。然而,本部分是一项复合性的标准,表 2 有助于为特殊的装置或设备确定适用的选项,同时给出对其他相关标准的参考。

制造商对 EH 或 EPM 装置或设备安全的首要责任在 6.1.1 的要求中给出。4.4 提供了辅助并引入了一些有用的概念。一些给出的概念以及附录 B、附录 C 和附录 D 中提供的有关暴露限值信息确实超出了 6.1.1 中对制造商的核心责任。如引言所述,这些方面可能成为制造商工作的一部分。

附 录 H
(资料性附录)
与 ISO 13577 系列的关系

ISO 13577 系列标准由 ISO/TC 244(工业炉及相关工艺设备)制定,提出了工业炉及相关工艺设备的安全要求。这些标准涉及使用不同类型的燃料以及电能的热处理设备(TPE)。该系列与 GB/T 5959 的范围有部分重叠,因此在适用时可相互引用。

ISO 13577-1 和本部分都是产品安全标准,它们涉及了单一产品技术委员会范围内的一个或多个产品的所有安全方面。这两项标准都能在适用时以明确的方式互相引用。这在本部分第 4 章中在将本部分用作首要文件的地方进行了详细说明。

在制造商将 ISO 13577-1 作为一项基础标准(ISO 12100 中的 C 类标准)的情况下,他需要参考本部分中关于电气安全、电热、直接或间接接触危险带电部分以及电气过载效应的要求。这样可能只需要使用第 7 章和第 8 章以及第 13 章和第 14 章的部分内容,包括本部分的相关附录。

附 录 NA

(资料性附录)

与本部分规范性引用的国际文件存在一致性对应关系的我国文件清单

- GB/T 311.1—2012 绝缘配合 第1部分:定义、原则和规则(IEC 60071-1:2006,MOD)
- GB/T 2893.1—2013 图形符号 安全色和安全标志 第1部分:安全标志和安全标记的设计原则(ISO 3864-1:2011,MOD)
- GB/T 3768—2017 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(ISO 3746:2010,IDT)
- GB/T 3785.1—2010 电声学 声级计 第1部分:规范(IEC 61672-1:2002,IDT)
- GB/T 3785.2—2010 电声学 声级计 第2部分:型式评价试验(IEC 61672-2:2003,IDT)
- GB/T 3956—2008 电缆的导体(IEC 60228:2004,IDT)
- GB/T 4026—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子和导体终端的标识(IEC 60445:2006,IDT)
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)(IEC 60529:2013,IDT)
- GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求[IEC 60335-1:2004(Ed 4.1),IDT]
- GB 4706.13—2014 家用和类似用途电器的安全 制冷器具、冰淇淋机和制冰机的特殊要求(IEC 60335-2-24:2012,IDT)
- GB 4706.102—2010 家用和类似用途电器的安全 带嵌装或远置式制冷剂冷凝装置或压缩机的商用制冷器具的特殊要求(IEC 60335-2-89:2007,IDT)
- GB 4793.1—2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分:通用要求(IEC 61010-1:2001,IDT)
- GB 4824—2013 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 骚扰特性 限值和测量方法(CISPR 11:2010,IDT)
- GB 5226.1—2008 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用要求(IEC 60204-1:2005,IDT)
- GB 5226.3—2005 机械安全 机械电气设备 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(IEC 60204-11:2000,IDT)
- GB/T 5465(所有部分) 电气设备用图形符号[IEC 60417(所有部分)]
- GB/T 6988.1—2008 电气技术用文件的编制 第1部分:规则(IEC 61082-1:2006,IDT)
- GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求(IEC 60825-1:2007,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/T 10066.1—2019 电热和电磁处理装置的试验方法 第1部分:通用部分(IEC 60398:2015,MOD)
- GB/T 12113—2003 接触电流和保护导体电流的测量方法(IEC 60990:1999,IDT)
- GB/T 15544.1—2013 三相交流系统短路电流计算 第1部分:电流计算(IEC 60909-0:2001,IDT)
- 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—2008 工作系统设计的人类工效学原则(ISO 6385:2004,IDT)
- GB/T 16273(所有部分) 设备用图形符号[ISO 7000(所有部分)]
- GB/T 16499—2017 电工电子安全出版物的编写及基础安全出版物和多专业共用安全出版物的

应用导则(IEC 指南 104:2010,NEQ)

GB/T 16754—2008 机械安全 急停 设计原则(ISO 13850:2006,IDT)

GB/T 16855(所有部分) 机械安全 控制系统有关安全部件[ISO 13849(所有部分)]

GB/T 16895.2—2017 低压电气装置 第 4-42 部分:安全防护 热效应保护(IEC 60364-4-42:2010,IDT)

GB/T 16895.21—2011 低压电气装置 第 4-41 部分:安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41:2005,IDT)

GB/T 16895.22—2004 建筑物电气装置 第 5-53 部分:电气设备的选择和安装 隔离、开关和控制设备 第 534 节:过电压保护电器(IEC 60364-5-53:2001 A1:2002,IDT)

GB/T 16895.3—2017 低压电气装置 第 5-54 部分:电气设备的选择和安装 接地配置和保护导体(IEC 60364-5-54:2011,IDT)

GB/T 16895.10—2010 低压电气装置 第 4-44 部分:安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护(IEC 60364-4-44:2007,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 17625.2—2007 电磁兼容 限值 对每相额定电流 ≤ 16 A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制(IEC 61000-3-3:2005,IDT)

GB/Z 17625.3—2000 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制(IEC 61000-3-5:1994,IDT)

GB/Z 17625.4—2000 电磁兼容 限值 中、高压电力系统中畸变负荷发射限值的评估(IEC 61000-3-6:1996,IDT)

GB/T 17625.7—2013 电磁兼容 限值 对额定电流 ≤ 75 A 且有条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制(61000-3-11:2000,MOD)

GB/T 17799.2—2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验(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 18209(所有部分) 机械电气安全 指示、标志和操作[IEC 61310(所有部分)]

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 19876—2012 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(ISO 13855:2010,IDT)

GB/T 19891—2005 机械安全 机械设计的卫生要求(ISO 14159:2002,MOD)

GB/T 20002.4—2015 标准中特定内容的起草 第 4 部分:标准中涉及安全的内容(ISO/IEC 指南 51:2014,MOD)

GB/T 20145—2006 灯和灯系统的光生物安全性(CIE S 009/E:2002,IDT)¹⁾

GB/T 20438(所有部分) 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全[IEC 61508(所有部分)]

GB/T 23819—2009 机械安全 火灾防治(ISO 19353:2005,IDT)

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—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)

1) IEC 62471:2006 采用快速程序采用 CIE S 009:2002,而 GB/T 20145—2006 亦等同采用 CIE S 009/E:2002(英文版)。因此本部分视 IEC 62471:2006 已转化为 GB/T 20145—2006。

参 考 文 献

- [1] IEC 60050(所有部分) International Electrotechnical Vocabulary(见 <http://www.electropedia.org>)
- [2] IEC 60079(所有部分) Explosive atmospheres
- [3] IEC 60204(所有部分) Safety of machinery—Electrical equipment of machines
- [4] IEC 60335(所有部分) Household and similar electrical appliances—Safety
- [5] IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock—Part 1:General aspects
- [6] IEC/TS 60479-2 Effects of current on human beings and livestock—Part 2:Special aspects
- [7] IEC/TR 60479-5 Effects of current on human beings and livestock—Part 5:Touch voltage threshold values for physiological effects
- [8] IEC 60601(所有部分) Medical electrical equipment
- [9] IEC 60974(所有部分) Arc welding equipment
- [10] IEC/TS 61000-1-2 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 1-2:General—Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena
- [11] IEC/TR 61000-3-7 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-7:Limits—Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV,HV and EHV power systems
- [12] GB/T 17045—2008 电击防护 装置和设备的通用部分
- [13] IEC/TS 61201:2007 Use of conventional touch voltage limits—Application guide
- [14] IEC 61439(所有部分) Low-voltage switchgear and controlgear assemblies
- [15] IEC 62226(所有部分) Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range—Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body
- [16] IEC 62271(所有部分) High-voltage switchgear and controlgear
- [17] IEC 62311 Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz~300 GHz)
- [18] IEC Guide 117 Electrotechnical equipment—Temperatures of touchable hot surfaces
- [19] ISO 1999:2013 Acoustics—Estimation of noise-induced hearing loss
- [20] GB/T 13441.1—2007 机械振动与冲击 人体暴露于全身振动中的评价 第1部分:通用要求
- [21] GB/T 14790.1—2009 机械振动 人体暴露于手传振动的测量和评价 第1部分:通用要求
- [22] ISO 7010 Graphical symbols—Safety colours and safety signs—Registered safety signs
- [23] ISO 13577-4 Industrial furnace and associated processing equipment—Safety—Part 4:Protective systems
- [24] ISO 15265:2004 Ergonomics of the thermal environment—Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions
- [25] EN 50413 Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric,magnetic and electromagnetic fields (0 Hz~300 GHz)
- [26] EN 50445:2008 Product family standard to demonstrate compliance of equipment for resistance welding,arc welding and allied processes with the basic restrictions related to human exposure

to electromagnetic fields (0 Hz~300 GHz)

[27] IEEE C95.1:2005 IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz

[28] IEEE C95.6:2002 IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 0~3 kHz

[29] Council Directive 96/29/EURATOM of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629_en.pdf

[30] Directive 2002/44/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0044-20081211&from=EN>

[31] Directive 2003/10/EC of the European parliament and of the council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:042:0038:0044:EN:PDF>

[32] US Department of Labour, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 29 CFR 1910.1096, Occupational Safety and Health Standards-Toxic and Hazardous Substances-Ionizing radiation

[http://www.gpo.gov/fdsys/search/pagedetails.action?st=29 CFR 1910.1096&granuleId=CFR-2011-title29-vol6-sec1910-1096&packageId=CFR-2011-title29-vol6](http://www.gpo.gov/fdsys/search/pagedetails.action?st=29%20CFR%201910.1096&granuleId=CFR-2011-title29-vol6-sec1910-1096&packageId=CFR-2011-title29-vol6)

[33] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), health physics 74 (4):494-522;1998 (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

[34] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): Revision of guidelines on limits of exposure to LASER radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4 m-Health Physics 79 (4):431-440;2000 (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

[35] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): ICNIRP Statement on far Infrared Radiation Exposure. Health Physics 91 (6):630-645,(2006) (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

[36] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Physics 96 (4):504-514;2009 (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

[37] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz~100 kHz). Health Physics 99 (6):818-836;2010 (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

[38] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): ICNIRP guide-

lines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation. *Health Physics* 105 (1), 74-91 (2013)

[39] H.E. von Gierke, C.W. Nixon: Effects of Intense Infrasound on Man, in W. Tempest [ed.]: *Infrasound and Low Frequency Vibration*. Academic Press, New York; 1976, pages 115-150



中华人民共和国国家标准

GB/T 10066.6—2018
代替 GB/T 10066.6—2008

电热和电磁处理装置的试验方法 第 6 部分：工业微波加热装置输出功率 的测定方法

Test methods for electroheating and electromagnetic processing installations—
Part 6: Test methods for the determination of power output of industrial
microwave heating installations

(IEC 61307:2011, Industrial microwave heating installations—
Test methods for the determination of power output, MOD)

2018-12-28 发布

2019-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 微波功率测量方法	4
4.1 概述	4
4.2 可用微波输出功率	4
4.3 微波工作负载功率	4
4.4 有效微波功率和效率	5
5 量热式功率测量	5
5.1 概述	5
5.2 直接水负载的功率测量	5
5.3 假负载功率测量	6
6 微波工作负载功率测定	6
7 有效微波功率的测定	6
7.1 概述	6
7.2 开口容器水负载测定法	7
7.3 开口容器水负载升温 and 汽化测定法	7
7.4 使用其他液体的试验	8
8 效率的测定	9
8.1 可用微波输出功率测量	9
8.2 装置输入总功率测量	9
8.3 微波加热设备电效率	9
8.4 微波加热装置加热效率	10
9 待机功率消耗	10
附录 A (资料性附录) 本部分与 IEC 61307:2011 相比的结构变化情况	11
附录 B (资料性附录) 水的热力性质	13
参考文献	15

前 言

GB/T 10066《电热和电磁处理装置的试验方法》现有 12 个部分：

- 第 1 部分：通用部分；
- 第 3 部分：有心感应炉和无心感应炉；
- 第 31 部分：高频感应加热装置发生器输出功率的测定；
- 第 4 部分：间接电阻炉；
- 第 5 部分：电热和电化学用等离子体设备；
- 第 6 部分：工业微波加热装置输出功率的测定方法；
- 第 7 部分：具有电子枪的电热装置；
- 第 8 部分：电渣重熔炉；
- 第 9 部分：高频介质加热装置输出功率的测定；
- 第 10 部分：直接电弧炉；
- 第 11 部分：埋弧炉；
- 第 12 部分：红外加热装置。

本部分为 GB/T 10066 的第 6 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 10066.6—2008《电热装置的试验方法 第 6 部分：工业微波加热装置输出功率的测定方法》。与 GB/T 10066.6—2008 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 标准的名称和范围扩大至包括材料的电磁处理装置和设备；
- 增加了“微波加热装置”“真空微波干燥装置”等 22 个术语；
- 删除了“设备类型及输出功率”“5 输出功率试验负载”和“6 试验说明”，调整为新的章节及内容“4 微波功率测量方法”“5 量热式功率测量”“6 微波工作负载功率测定”“7 有效微波功率的测定”“8 效率的测定”“9 待机功率消耗”；
- 增加了“附录 A 水的热力性质”。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 61307:2011《工业微波加热装置 输出功率的测定方法》。

本部分与 IEC 61307:2011 相比在结构上有较多调整，附录 A 中列出了本部分与 IEC 61307:2011 的条款编号对照一览表。

本部分与 IEC 61307:2011 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分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 2900.23 代替了 IEC 60050-841；
 - 用等同采用国际标准的 GB 5959.6 代替了 IEC 60519-6；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 14733.2 代替了 IEC 60050-726；
- 为了便于理解本部分，增加了“微波加热装置”等 6 个术语；
- 根据国内开口容器常用测定方法，增加了“7.3 开口容器水负载升温 and 汽化测定法”；
- 为便于理解本部分，增加了“8.3 微波加热设备电效率”“8.4 微波加热装置加热效率”。

本部分还做了下列编辑性修改：

- 修改了标准名称；
- 在“范围”中增加了注；

——增加了资料性附录 A“本部分与 IEC 61307:2011 相比的结构变化情况”；

——增加了资料性附录 B“水的热力性质”；

——增加了参考文献 IEC 60398:2015。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会(SAC/TC 121)归口。

本部分起草单位：贵阳新奇微波工业有限责任公司、昆明理工大学、西安电炉研究所有限公司、鹰领航空高端装备技术秦皇岛有限公司、国家电炉质量监督检验中心。

本部分主要起草人：吴能福、彭金辉、袁芳兰、杨育林、葛华山、吴琦、童斌斌、张利波、郑晓强、胡途。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 18662—2002；

——GB/T 10066.6—2008。

电热和电磁处理装置的试验方法

第6部分：工业微波加热装置输出功率的测定方法

1 范围

GB/T 10066 的本部分规定了测定工业微波加热装置的微波可用输出功率、工作负载功率和有效功率,以及微波加热设备电效率和微波加热装置加热效率的试验方法。

本部分仅适用于频率在 300 MHz~300 GHz 范围内的工业微波加热设备和装置。

注：国际上规定的微波加热专用频率是(915±25) MHz、(2 450±50) MHz、(5 800±75) MHz 以及(22 125±125) MHz,常用的是前两个频段。

本部分涉及的工业微波加热设备需在正常负载下运行。

本部分不适用于家用或类似用途的(包含在 GB 4706.21)、商用的(包含在 GB 4706.90)或实验用(包含在 GB 4793.6)的电器。

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 2900.23—2008 电工术语 工业电热装置(IEC 60050-841:2004,IDT)

GB 5959.6 电热装置的安全 第6部分：工业微波加热设备的安全规范(GB 5959.6—2008, IEC 60519-6:2002,IDT)

GB/T 14733.2—2008 电信术语 传输线和波导(IEC 60050-726:1982,IDT)

IEC 60050-221:1990 国际电工词汇 第221章：磁性材料和元件(International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 221: Magnetic materials and components)

修改单 1(Amendment 1)(1993)

修改单 2(Amendment 2)(1999)

修改单 3(Amendment 3)(2007)

3 术语和定义

GB 5959.6 和 GB/T 2900.23—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微波加热设备 microwave heating equipment

用来产生微波能并将其传送给微波工作负载进行加热的设备。

通常包括具有环形器(如使用)的微波发生器或微波发生器组件、微波应用器或微波谐振腔、内部连接电缆和波导等。

注：GB/T 2900.23—2008,定义 841-29-06,有修改。

3.2

微波加热装置 microwave heating installation

由微波加热设备及其在操作和使用中所必需的电气和机械附属设备所组成的成套装置。

3.3

真空微波干燥装置 vacuum microwave drying installation

在真空状态下,对微波工作负载进行干燥的微波加热装置。

注:真空微波干燥装置能对中草药、烟叶、水果等物料进行低温、快速干燥,具有明显的节能和保鲜作用。

3.4

量热式功率计 calorimetric power meter

量热仪功率计 calorimeter power meter

利用介质温升作为测量吸收功率方法的功率计。

注:这种介质通常是水,或作为功率吸收剂或让热量从功率吸收体传递给它。

[GB/T 14733.2—2008,定义 726-21-10]

3.5

环行器 circulator

具有三个或更多端口的无源器件,输入其任一端口的功率按照确定的顺序被传送到下一个端口。

注 1:环形器的典型形式是 T 形接头(见 GB/T 14733.2—2008,726-17-12)或 Y 形接头(见 GB/T 14733.2—2008,726-17-13)的接头式环行器(见 IEC 60050-221:1990,221-05-14)。

注 2:IEC 60050-221:1990,定义 221-05-11,有修改。

3.6

交叉耦合(在发生器之间) cross coupling(between generators)

由一个或多个其他微波发生器或微波发生器组件引起的在微波发生器内或微波发生器组件的传输线输出端口出现的不希望有的微波能。

3.7

插入损耗 insertion loss

由某网络插入传输系统造成的损失,即网络插入前传递到该系统的该网络插入处后的那部分的功率与插入后传递到那部分的功率之比。

注 1:插入损耗通常用分贝表示。

注 2:GB/T 14733.2—2008,定义 726-06-07,有修改。

3.8

隔离(三端口环形器的) isolation(of a three-port circulator)

主输出端口和主输入端口之间的反向衰减,所有端口呈阻抗匹配状态。

注 1:隔离不宜与相邻端口之间发生的反向损失混淆。

注 2:隔离是环行器交叉耦合的一种特殊情况[GB/T 14733.2—2008,726-16-06]。

3.9

应用器门 means of access

微波加热设备的不用工具就能打开或卸掉以供进出微波应用器或微波谐振腔内部的所有结构件。

3.10

微波应用器 microwave applicator

把微波能施加到负载的结构件。

[GB/T 2900.23—2008,定义 841-29-11]

3.11

微波谐振腔 microwave cavity

由金属内壁和门或进出口所包围的放置微波负载的空间。

注:GB/T 2900.23—2008,定义 841-29-19,有修改。

3.12

微波外罩 microwave enclosure

用于把微波能限制在规定区域的结构件。

注 1: 如腔体、门密封结构和波导。

注 2: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-20, 有修改。

3.13

微波发生器 microwave generator

用来产生频率范围从 300 MHz~300 GHz 的电磁能的源。

注 1: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-16, 有修改。

注 2: 在本部分中, 微波发生器只是频率转换发生的组件。

3.14

微波发生器组件 microwave generator assembly

由微波发生器及其相关传输线输出端口组成的微波加热设备的一部分。

注 1: 该组件包括微波发生器、微波发生器的电源及其辅助和控制电路。如果使用了环形器, 也包括环形器。

注 2: 在本部分的前版本中, 含有微波发生器组件的微波加热设备被归为 A 类设备; 无传输线输出端口的设备被归为 B 类设备。

3.15

微波负载 microwave load

放进微波应用器或谐振腔中, 或放在开口微波应用器附近指定位置的物体 (包括盛放物料的容器等)。

注: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-12, 有修改。

3.16

微波透射性 microwave transparency

几乎不吸收和反射微波的材料特性。

注 1: 通常, 微波透明材料的相对介电常数小于 7, 损耗因数小于 0.015。然而, 如果微波工作负载的损耗因数低, 则需有更严格的要求。

注 2: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-14, 有修改。

3.17

微波工作负载 microwave workload

由微波处理的物料。

注 1: 工作负载容器不是微波工作负载的一部分, 而是微波负载的一部分。

注 2: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-13, 有修改。

3.18

正常负载 normal load

制造商文件规定的在满微波功率输出时的标称微波负载。

3.19

正常运行 normal operation

制造商文件规定的, 在微波加热设备的允许工作条件下具有正常负载的微波输出功率范围的运行状态。

3.20

待机运行 standby(mode of) operation

允许立即正常运行的状态。

注 1: 这种运行模式通常发生在正常运行前后。

注 2: 如果工作负载的处理需要非环境条件, 如需提升温度, 则保持在这较高温度状态。

注 3: “立即”是指与正常的装载、卸载或更换工作负载相符的一个时间段。

注 4: 在该运行模式中, 磁控管阴极加热器电路可通电。

3.21

可用微波输出功率 available microwave power output

在微波发生器组件的输出端口测得的微波输出功率。

3.22

微波工作负载功率 microwave workload power

固定时间段内在微波工作负载内实现目标焔变所需的功率。

注：微波工作负载功率不包括盛装微波工作负载的任何容器的功率损失。

3.23

有效微波功率 effective microwave power

用模拟工作负载代替微波工作负载所测得的微波工作负载功率。

3.24

微波加热设备的电效率 electrical efficiency of microwave heating equipment

在规定的可用微波输出功率运行情况下,可用微波输出功率与微波加热设备主电路供电电源输入端的功率之比。

3.25

微波加热装置的加热效率 heating efficiency of microwave heating installation

在正常运行的功率设置条件下,微波工作负载功率或有效微波功率与微波加热装置输入功率之比。

4 微波功率测量方法

4.1 概述

本部分描述了三种不同的微波功率测量方法。它们的适用性取决于微波频率和功率等级,以及设备是否包括微波发生器组件。

注 1：由于频率在 20 GHz 以上的波长是非常短的,持续施加功率可能成为具有短穿透深度的辐照类型,水不可能用于量热法,且本部分中一些测量微波功率沉积的方法可能不适用。在 300 MHz 的微波频带的低端,加热过程中负载的微波吸收能力可能是变化很大,可能需要大的负载质量,且代表性的人造液体负载对量热法可能难以使用。

注 2：微波负载的微波吸收能力可变,特别是负载加热不均匀时。因此,宜小心处理按本部分获得的微波工作负载功率数据或具有替代液体负载的有效微波功率数据。无论如何,功率数据是重要的并且由此有关整体能源利用效率某些客观因数也成为一个性能因数。

注 3：GB/T 18800 规定了一种测量家用微波炉的微波输出功率的方法。它使用大量的水负载,来补偿容器的热容量和与环境的热交换。从技术上讲,该方法给出了本部分定义的可用微波输出功率。

4.2 可用微波输出功率

可用微波输出功率在微波发生器组件的输出端口进行测量(见第 5 章)。

4.3 微波工作负载功率

用正常负载的量热测量可测定微波工作负载功率(见第 6 章)。

微波工作负载功率取决于微波工作负载的类型、工作负载的复杂介电常数随温度的变化、任何工作负载容器或支撑件以及微波应用器或谐振腔的设计。

由于部分或全部下列功率损失机制,可用微波输出功率总是大于微波工作负载功率：

——微波发生器的阻抗不匹配；

——微波外罩的金属表面损失；

- 由在微波外罩中盛装微波工作负载容器的微波透射性有瑕疵以及任何其他辅助件所产生的微波吸收；
- 微波外罩的微波泄漏；
- 交叉耦合造成的功率损失。

4.4 有效微波功率和效率

通常,实际微波工作负载不能很好的适用于量热测量。因而在量热测量中一般用液体替代物,并给出有效微波功率(见第 7 章和第 8 章)。

5 量热式功率测量

5.1 概述

本部分只给出量热式测量的原理。所采用的测量仪器和使用方法应符合已知的工程技术要求。水作为直接或间接吸收功率的物质。

5.2 直接水负载的功率测量

重要的是,任何直接吸收功率的水,其微波吸收能力和负载几何形状在实际使用的温度范围内均能提供具有良好的和基本上与温度无关的阻抗匹配。单位电导率在 200 μS/cm~600 μS/cm 之间的氯化钠溶液应被用于频率低于 900 MHz 的直接吸收。

功率计通常由一段波导组成,波导内装有其内通水并可以使微波穿透的管子。水应充分混和。建议的水流量约为 1 L/(min·kW),但不小于 0.5 L/(min·kW)。进出水温差应至少为 10 K。

水的进口温度不应超过 35℃,出口温度不应超过 60℃。然而,当微波功率等级小于 3 kW 时,水的进出口温度应在环境温度的两侧,以减少热损失误差。

运行条件下,在上述规定的水温区间内,用具有匹配波导转换的网络分析仪或替代微波发生器组件的等效测量装置测得的电压驻波比(VSWR)不应超过 1.25。

如使用环形器,其隔离应大于 20 dB,且与具有耗散终端的环行器的阻抗匹配应符合本条款的规定。

为避免形成可能导致喷发的蒸汽,应对水流量进行监控,例如使用水流量联锁开关。

水中消耗的功率可直接测量或与经校准的热水标准比较而得。

测量只应在水流量稳定,且微波发生器和负载运行在稳定的条件下进行。应使用高精度的温度计和流量计,以保证输出功率的测量准确度不差于 5%。

可用微波功率输出 P 按式(1)计算:

$$P = \frac{4\,187 \cdot Q \cdot \Delta T}{60} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- P ——可用微波输出功率,单位为瓦特(W);
- Q ——水流量,单位为千克每分(kg/min);
- 4 187——水的比热,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)];
- 60 ——所用单位导致的因数;
- ΔT ——进出水温差,单位为开尔文(K)。

注:如果微波发生器组件包含用于保护微波发生器的具有耗散终端的环形器,则这可通过短路负载端口用作功率计。需注意该测量中插入损耗为 2 倍,但不适应于可用微波输出功率的测定评估。

5.3 假负载功率测量

假负载是一种与发生器匹配的低电抗电阻器,用于功率衰减,它可用空气自然对流冷却、强迫风冷或水冷。假负载通常用 50 W 的同轴馈线或 TE10 波导管与微波发生器或发生器组件连接。低功率等级时使用空气自然对流,较高功率(高至 2 kW)时可使用强迫风冷。

注:适用的两端口假负载市场上有售,供有经校正的插入损耗为-30 dB~-60 dB,适用于市售功率计在假负载的输出端口使用。

有必要使用高精度的元件和仪器,以确保输出功率测量的准确度不差于 5%。

6 微波工作负载功率测定

本试验仅适用于试验过程中正常负载的比热和温升严格按照规定。另外,应能准确地测量处理后的平均温升。如果怀疑试验的最终结果的准确度差于 5%,则应采用第 5 章或第 7 章中规定的方法。

注:通常情况下,按本条规定的准确试验只能在连续处理可泵抽的工作负载过程中实施。只有当这些负载微波特性类似于正常负载时,它们才具有代表性。

要对微波工作负载的输入温度 T_{in} (°C) 进行测量。在稳态处理过程中,将在微波加热设备中处理了预定时间 t (s) 的合适长度的微波工作负载快速取出作为样品,并提供热保温。然后通过强迫对流(搅拌或搓揉样品)或内部热传导达到温度平衡,之后测量样品的输出温度 T_{out} 和质量 m 。其比热 c 已被预先测定。

微波工作负载功率 P_w 根据式(2)计算:

$$P_w = \frac{(T_{out} - T_{in}) \cdot c \cdot m}{t} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

P_w ——微波工作负载功率,单位为瓦特(W);

T_{out} ——输出温度,单位为摄氏度(°C);

T_{in} ——输入温度,单位为摄氏度(°C);

c ——工作负载的比热,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)];

m ——样品质量,单位为千克(kg);

t ——处理时间,单位为秒(s)。在该时间段后把质量为 m 的样品从微波加热设备中取出。

7 有效微波功率的测定

7.1 概述

本条规定的试验适用于当正常负载的比热不好确定、由不同物料组成或因其他原因其处理过程不适合根据第 6 章的规定进行功率测定的情况。为了得到合理的类似于正常负载微波吸收特性的介电性能和几何形状,正常负载被模拟负载代替。

在对所选择的模拟负载的代表性不能确定时,应用网络分析仪来确定其与正常负载的阻抗不匹配情况或应使用合适的替代品分别作为微波工作负载和模拟负载。除非在处理过程中正常负载的微波吸收能力很难表征或变化显著,由此引起的反射功率的计算偏差不宜超过被传输功率的 10%。估算的准确度应与计算的有效微波功率一起提出。

除非有明确规定或制造商同意,测量装置,包括工作负载容器,不应受电磁场的影响。应参考本部分,应在文件中详述选择的测量方法和结果。在预期使用期间,加载条件的变化通常会影响微波加热设备的效率,对此应给出说明。

7.2 开口容器水负载测定法

水应放置在薄壁开口容器中,容器由微波透射材料制成。

水量应以其所暴露的每千瓦微波发生器功率至少 0.5 L 计,水柱的高度应至少为 25 mm。除非制造商规定了特定模式,容器宜间距分布,使微波外罩内至少 40% 的可用区域被覆盖。

由于多个微波发生器或微波发生器组件之间交叉耦合的可能影响,试验应在许多微波发生器或微波发生器组件同时运行时进行,且微波外罩内大量面积被容器覆盖,任何这样的影响都被包括在测试结果中。

注:间歇式设备以及具有多种模式或辐照特性的和用于处理明显高于 50 mm 的负载的设备,可用单个或多个容器(每个盛几升水)进行试验。

由于每吸收 1 kW 微波功率时,每升水每分钟大约升温 14 K,试验的处理时间通常比正常负载的要短很多,这是为了避免对环境的热损失,尤其是通过蒸发的热损失。应注意有可能无法获得稳定状态,应对由此产生的任何可能误差进行记录。

由水加热的容器某些部分的热容量应用于修正有效微波功率的计算,可用储存在容器中的热能进行修正。

7.3 开口容器水负载升温 and 汽化测定法

本方法适用于在水负载功率测定过程中水的汽化无法避免的情况,如在真空微波干燥设备中或在高原地区进行水负载试验。试验的基本要求同 7.2,但补充如下:

在试验期间,水从起始温度升至沸点以及随后部分水汽化总共所需有效微波功率 P_e 。按式(3)计算:

$$P_e = \frac{(c \times \Delta T \times m_s) + (m_s - m_r) \times Q_s}{860 \times t} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

P_e ——有效微波功率,单位为千瓦(kW);

c ——液态水的比热, $c=1 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

ΔT ——水的沸点温度与水的初始温度之差,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

m_s ——初始装入的总水量,单位为千克(kg);

m_r ——剩余水量,单位为千克(kg);

Q_s ——水在沸点温度的汽化热,单位为千卡每千克(kcal/kg);

860 ——热能转换为电能的系数,单位为千卡每千瓦时[kcal/(kW·h)];

t ——试验时间,单位为小时(h)。

注 1: 在不同气压(不同海拔高度和不同腔内真空度)下,水的沸点是不同的,水的热力性质参见附录 B。常压下水的沸点是 100°C 。

注 2: 水在不同沸点时的汽化热也是不同的。常压下水的沸点(100°C)汽化热是 539 kcal/kg 。

试验应在微波加热设备正常运行在额定功率条件下进行。

试验时间约 30 min~60 min。

试验用总水量约按 2 kg/kW 计,每个开口容器的装水量应相同,其摆放位置应根据设备腔体进行合理布置。

在真空状态下,水的沸点很低,如真空度为 0.008 MPa 状态下水的沸点约 41.5°C ,这就大大减少了试验期间微波加热设备的积蓄热和对环境的热损失,有利于测量准确度的提高。但腔内气压的高低会对汽化量有一定的影响,试验期间宜将抽气量维持在能及时排出水蒸气的最低值。有效微波功率测定的准确度应不差于 10%。

示例：在某企业进行的“真空状态下开口水负载升温 and 汽化升温测定试验”。

试验条件：

- 腔体体积： $\phi 500\text{ mm} \times 830\text{ mm}$ ；
- 容器材料：PP；
- 容器个数：2 个；
- 容器尺寸：见图 1，单位为毫米（mm）；
- 容器布置方式：见图 2。

单位为毫米

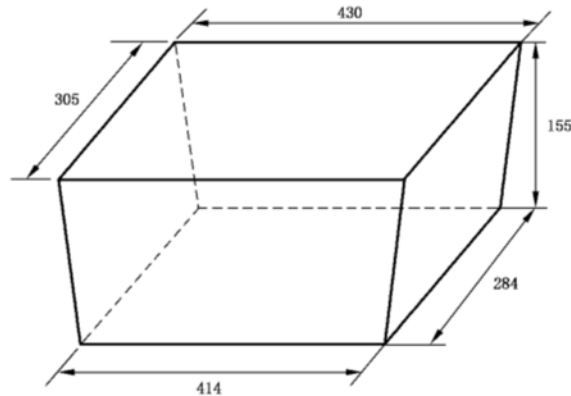


图 1 容器尺寸

单位为毫米

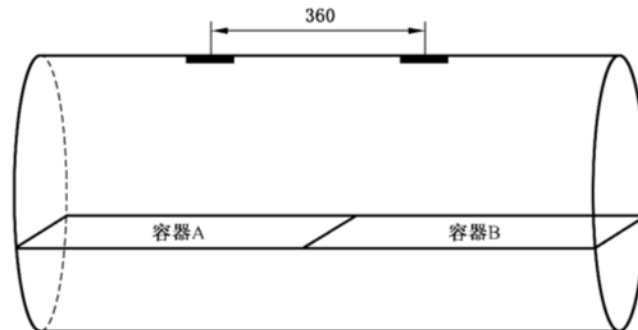


图 2 容器布置方式

设备在真空度 0.007 MPa 情况下启动 1 h；

c ——液态水的比热， $c = 1\text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

ΔT ——水的沸点温度与水的初始温度之差， $38.4 - 24 = 14.4(^{\circ}\text{C})$ ；

m_s ——初始装入的总水量， $2 + 2 = 4(\text{kg})$ ；

m_r ——剩余水量， $1.12 + 1.10 = 2.22(\text{kg})$ ；

Q_s ——水在沸点温度下的汽化热，查表为 $2\,410.6\text{ kJ/kg} = 576.699\text{ kcal/kg}$ ；

t ——试验时间， $t = 1\text{ h}$ ；

根据式(3)计算有效微波功率 $P_e \approx 1.26(\text{kW})$ 。

7.4 使用其他液体的试验

如果微波加热设备是用于处理低水分含量的正常负载如木材、某种类型的陶瓷、树脂或纸张，或有小的或不均匀颗粒结构的正常负载，水的介电性能就可能不具足够的代表性。

注 1: 在频率低于或甚至在工业、科学和医疗(ISM)频率 2 450 MHz 时,水的实际介电常数很高且其损耗因子可能太低而不宜作为正常负载功率吸收特性的代表。在 2 450 MHz 时,添加氯化钠可能会导致边缘过热和随后由蒸发引起的功率损失。此外,相比具有较低的实际介电常数和更不平整的顶表面的微波工作负载,水的高实际介电常数可能会由于在其表面更强的波反射而导致减少功率吸收。

特别是在微波加热设备具有分离的多个微波应用器且每个应用器有一个或几个微波发生器或微波发生器组件为其传送几千瓦的可用微波输出功率以及用于小型微波工作负载的干燥或类似处理时,建议使用具有低实际介电常数和良好微波吸收能力的液体。

注 2: 可使用甘油。工业甘油约含 15% 的水,可被接受,但宜检查其热参数。

在对频率从 434 MHz~5 800 MHz 的全部 ISM 频段且温度高达 50 °C 时,异丙醇具有良好的微波性能(低的实际介电常数、高的微波吸收率)。其在常压下的沸点为 82 °C,比热 c 为 2 560 J/(kg·K)。由于其闪点低,需小心使用。

可用每个盛装合适量的损耗性介电液体的,较为平坦、薄壁和密封的塑料袋来代替开口容器。建议的液体平均高度为 15 mm~30 mm,且袋中的空气尽可能少。在 2 450 MHz,每袋的液体容量应至少约 200 mL;发生器频率为 5 800 MHz 时容量应少一些,发生器频率低于 1 000 MHz 时容量应多一些。

袋的温度应被冷却到 5 °C~10 °C 之间。在即将被放入微波外罩之前,对其进行揉合并用一个被折叠袋覆盖的小传感器测量其输入温度 T_{in} 。

微波加热的最高温度约为 40 °C;建议进行预测试。然后将袋从微波外罩中取出,和之前一样对袋再次揉合并测量输出温度 T_{out} 。

然后用式(2)计算有效微波功率 P_e 。

8 效率的测定

8.1 可用微波输出功率测量

可用微波输出功率的测量应根据第 5 章的规定,如果微波加热设备没有从微波发生器的传输线输出端口,该发生器应单独进行试验。

注 1: 第 5 章的测量结果不包括任何由于微波发生器的阻抗不匹配引起的显著微波损失以及应用器或谐振腔的金属壁上的损失。因此,微波工作负载功率(第 6 章),尤其是有效微波功率(第 7 章)将较低。

注 2: 磁控管生产商供有一些用于磁控管测试和性能评估的规程,要使用特定的标准波导作过渡。然而,与实际微波加热设备的电源相比,在生产商规程中规定的电源可能具有不同的输出电流曲线。这可能会导致不同的磁控管效率。

8.2 装置输入总功率测量

微波加热装置输入总功率的测量,应在规定的可用微波输出功率运行情况下,分别在下列微波加热设备主电路以及附属设备的供电电源的输入端测量:

- 微波加热设备主电路,提供主电路给微波发生器供电的曲线;
 - 阴极灯丝加热电路(其功率可能会随输出功率的设置而变化);
 - 任何发生器运行所需的其他直接电路,如电磁体;
 - 所有控制电路,包括接触器;
 - 额外的电力消耗,如微波工作负载传送设备、照明、水泵、真空泵、空气冷却风扇和阀门。
- 其他消耗单独列出,但不包括在效率值中。

8.3 微波加热设备电效率

微波加热设备电效率为按 8.1 测得的可用微波输出功率与按 8.2 测得的微波加热设备主电路供电电源输入端测得的功率之比。

8.4 微波加热装置加热效率

微波加热装置加热效率为按第 6 章测得的微波工作负载功率或按第 7 章测得的有效微波功率与按 8.2 测得的微波加热装置的输入总功率之比。

9 待机功率消耗

本条适用于下列用途的微波加热设备：

- 间歇式作业时，打开应用器门时停止微波发生器或微波发生器组件并且微波加热设备进入待机运行；
- 连续式作业时，负载流中断时自动停止微波发生器或微波发生器组件同时微波加热设备进入待机运行。

在预定程序时间周期后，待机运行可自动发生在附加电源和其他消耗的二次关停后，那时需要手动重启或导致延迟重启微波加热设备。这种二次模式被标记为休眠模式。

待机模式下的功耗测量应包括第 8 章的所有项目。另外，在运行时，传送机电机和负载泵的功率消耗也应包括在内。

如果预定时间后设备自动关停或进入休眠模式，对此应作记录并测量这种模式下的上述各种电功率。

附 录 A
(资料性附录)

本部分与 IEC 61307:2011 相比的结构变化情况

本部分与 IEC 61307:2011 相比在结构上有较多调整,具体章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本部分与 IEC 61307:2011 的章条编号对照情况

本部分章条编号	对应的 IEC 61307:2011 章条编号
1	1
2	2
3.1	3.13
3.2	—
3.3	—
3.4	3.1
3.5	3.2
3.6	3.3
3.7	3.5
3.8	3.6
3.9	3.7
3.10	3.8
3.11	3.9
3.12	3.10
3.13	3.11
3.14	3.12
3.15	3.14
3.16	3.15
3.17	3.16
3.18	3.17
3.19	3.18
3.20	3.19
3.21	—
3.22	—
3.23	—
3.24	3.4
3.25	—
4	4
5	5

表 A.1 (续)

本部分章条编号	对应的 IEC 61307:2011 章条编号
6	6
7.1	7.1
7.2	7.2
7.3	—
7.4	7.3
8.1	8.1
8.2	8.2
8.3	—
8.4	—
9	9
附录 A	—
附录 B	—

附 录 B
(资料性附录)
水的热力性质

水的热力性质见表 B.1。

表 B.1 水的热力性质

压力/MPa	沸点温度/℃	汽化热/(kJ/kg)
0.001	6.949 1	2 484.1
0.002	17.540 3	2 459.1
0.003	24.114 2	2 443.6
0.004	28.953 3	2 432.2
0.005	32.879 3	2 422.8
0.006	36.166 3	2 415
0.007	38.996 7	2 408.3
0.008	41.507 5	2 402.3
0.009	43.790 1	2 396.8
0.01	45.798 8	2 392
0.015	53.970 5	2 372.3
0.02	60.065	2 357.5
0.025	64.972 6	2 345.5
0.03	69.104 1	2 335.3
0.04	75.872	2 318.5
0.05	81.338 8	2 304.8
0.06	85.949 6	2 293.1
0.07	89.955 6	2 282.8
0.08	93.510 7	2 273.6
0.09	96.712 1	2 265.3
0.1	99.634	2 257.6
0.12	104.81	2 243.9
0.14	109.318	2 231.8
0.16	113.326	2 220.9
0.18	116.941	2 210.9
0.2	120.24	2 201.7
0.25	127.444	2 181.4
0.3	133.556	2 163.7
0.35	138.891	2 147.9

表 B.1 (续)

压力/MPa	沸点温度/℃	汽化热/(kJ/kg)
0.4	143.642	2 133.6
1.4	195.078	1 959.1
1.5	198.327	1 946.6
1.6	201.41	1 934.6
1.7	204.346	1 923
1.8	207.151	1 911.7
1.9	209.838	1 900.7
2	212.417	1 890
2.2	217.289	1 869.4
2.4	221.829	1 849.8
2.6	226.085	1 830.8
2.8	230.096	1 812.6
3	233.893	1 794.9
3.5	242.597	1 752.9
4	250.394	1 713.4
5	263.98	1 639.5
6	275.625	1 570.5
7	285.869	1 504.8
8	295.048	1 441.2
9	303.385	1 378.9
10	311.037	1 317.2
11	318.118	1 255.7
12	324.715	1 193.8
13	330.894	1 131
14	336.707	1 066.7
15	342.196	1 000.2
16	347.396	930.8
17	352.334	857.1
18	357.034	777.4
19	361.514	688.9
20	367.789	585.9

参 考 文 献

- [1] GB 4706.21 家用和类似用途电器的安全 微波炉,包括组合型微波炉的特殊要求
 - [2] GB 4706.90 家用和类似用途电器的安全 商用微波炉的特殊要求
 - [3] GB 4793.6 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第6部分:实验室用材料加热设备的特殊要求
 - [4] GB/T 18800 家用微波炉 性能试验方法
 - [5] IEC 60398:2015 Installations for electroheating and electromagnetic processing—General performance test methods
-



中华人民共和国国家标准

GB/T 10067.414—2018

电热和电磁处理装置基本技术条件 第 414 部分：工业宝石炉

Basic specification for electroheating and electromagnetic processing installations—
Part 414: Industrial gem furnace

2018-06-07 发布

2019-01-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 产品分类	2
5 设计和制造	3
6 性能要求	6
7 试验方法	6
8 检验规则	7
9 标志、包装、运输和贮存	8
10 订购与供货	8

前 言

GB/T 10067《电热和电磁处理装置基本技术条件》分为以下部分：

- 第 1 部分：通用部分；
- 第 2 部分：电弧加热装置；
- 第 21 部分：大型交流电弧炉；
- 第 3 部分：感应电热装置；
- 第 31 部分：中频无心感应炉；
- 第 32 部分：电压型变频多台中频无心感应炉成套装置；
- 第 33 部分：工频无心感应熔铜炉；
- 第 34 部分：晶体管式高频感应加热装置；
- 第 35 部分：中频真空感应熔炼炉；
- 第 4 部分：间接电阻炉；
- 第 41 部分：网带式电阻加热机组；
- 第 42 部分：推送式电阻加热机组；
- 第 43 部分：强迫对流井式电阻炉；
- 第 44 部分：箱式电阻炉；
- 第 45 部分：真空淬火炉；
- 第 46 部分：罩式电阻炉；
- 第 47 部分：真空热处理和钎焊炉；
- 第 48 部分：台车式电阻炉；
- 第 49 部分：自然对流井式电阻炉；
- 第 410 部分：单晶炉；
- 第 411 部分：电热浴炉；
- 第 412 部分：箱式淬火炉；
- 第 413 部分：实验用电阻炉；
- 第 414 部分：工业宝石炉；
- 第 415 部分：多晶硅铸锭炉；
- 第 5 部分：高频介质加热设备；
- 第 8 部分：电渣重熔炉。

.....

本部分为 GB/T 10067 的第 414 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会(SAC/TC 121)归口。

本部分起草单位：江苏华盛天龙光电设备股份有限公司、哈尔滨奥瑞德光电技术股份有限公司、西安电炉研究所有限公司、元亮科技有限公司、常州市乐萌压力容器有限公司、国家电炉质量监督检验中心、江苏星特亮科技有限公司、中国电工技术学会电热专业委员会。

本部分主要起草人：李留臣、左洪波、余维江、柳祝平、潘燕萍、李琨、徐海波、束天和、袁芳兰、张永武、周正星、咎炆。

电热和电磁处理装置基本技术条件

第 414 部分:工业宝石炉

1 范围

GB/T 10067 的本部分规定了工业宝石炉的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存及订购与供货。

本部分适用于高真空或在保护气氛低正压条件下采用不同长晶方法(如提拉法、泡生法、导模法、热交换法、温度梯度法、坩埚下降法等)生长宝石晶体的工业宝石炉,其他工业宝石炉也可参照使用。

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 150.1—2011 压力容器 第 1 部分:通用要求

GB/T 2900.23—2008 电工术语 工业电热装置

GB 3095—2012 环境空气质量标准

GB 5959.1—2005 电热装置的安全 第 1 部分:通用要求

GB 8978—1996 污水综合排放标准

GB/T 10066.1—2004 电热设备的试验方法 第 1 部分:通用部分

GB/T 10066.4—2004 电热设备的试验方法 第 4 部分:间接电阻炉

GB/T 10067.1—2005 电热装置基本技术条件 第 1 部分:通用部分

GB/T 10067.4—2005 电热装置基本技术条件 第 4 部分:间接电阻炉

GB/T 10067.410—2014 电热装置基本技术条件 第 410 部分:单晶炉

GB 12348—2008 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 16297—1996 大气污染物综合排放标准

JB/T 9691—1999 电热设备 产品型号编制方法

3 术语和定义

GB/T 2900.23—2008、GB/T 10067.4—2005、GB/T 10067.410—2014 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业宝石炉 industrial gem furnace

在高真空或在保护气氛低正压条件下采用不同长晶方法(如提拉法、泡生法、导模法、热交换法、温度梯度法、坩埚下降法等)生长宝石晶体的工业电热设备。

3.2

提拉轴 puller shaft

用于固定籽晶实现晶体生长提拉及旋转,同时进行热量传输配合热场实现晶体生长所需温度梯度

的运动杆件。

3.3

坩埚轴 crucible shaft

用于支撑坩埚实现晶体生长熔池液面旋转,同时进行热量传输配合热场实现晶体生长所需温度梯度的运动杆件。

3.4

提拉法 czochralski method

宝石晶体的一种长晶方法,即原料被加热熔化至熔体后,通过固体籽晶末端与液面接触形成具有温度差的固液界面,逐渐冷凝生长出与固体籽晶结构相同的晶体,固体籽晶通过提拉轴缓慢旋转提拉上升,实现固液界面上连续长晶。

3.5

泡生法 kyropoulos method

宝石晶体的一种长晶方法,即原料被加热熔化至熔体后,固体籽晶末端与液面接触,通过热交换器实现熔体之间热量交换,生长出与固体籽晶结构相同的晶体,固体籽晶通过提拉轴缓慢提拉上升形成晶颈,待晶体生长速率稳定后,以控制加热功率变化速率的方式,使晶体从上而下逐渐生长成一个整体晶锭。

3.6

导模法 edge-defined film-fed growth

宝石晶体的一种长晶方法,即原料被加热熔化至熔体后,将带有带毛细通道的金属模具(熔点高于晶体)放入熔体中,熔体通过毛细作用被吸至金属模具表面与固体籽晶接触,随固体籽晶提拉而连续长晶。

3.7

热交换法 heat exchanger method

宝石晶体的一种长晶方法,即将底部中心安放固体籽晶的坩埚固定在热交换器上,通过控制热场使固体籽晶被加热熔化时剩余一定固体,通过控制热交换器,使晶体生长区内产生下冷上热的温度梯度,在坩埚底部籽晶引导下,生长出与籽晶结构相同的晶体。

3.8

温度梯度法 temperature gradient technique

宝石晶体的一种长晶方法,即将底部中心安放固体籽晶的坩埚固定在水冷坩埚轴上,通过控制热场使固体籽晶被加热熔化时剩余一定固体,通过控制加热功率,在籽晶周围产生具有一定温度梯度的热场,实现晶体由下向上长晶。

3.9

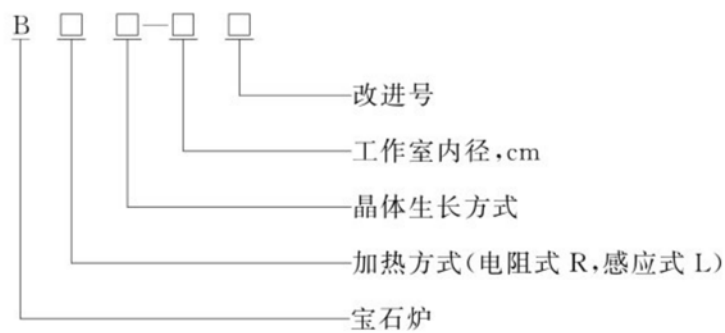
坩埚下降法 vertical gradient freeze method

宝石晶体的一种长晶方法,即通过加热器(分为上下两部份,上部温度高,下部温度低)产生温度梯度,通过坩埚下降,使晶体生长固液界面与加热器位置相对固定,实现晶体长晶。

4 产品分类

4.1 型号参数

按照 JB/T 9691—1999,工业宝石炉型号参数及代号规定如下所示:



示例: BLE-75 指工作室内径为 75 mm, 采用感应加热的导模法宝石炉。

晶体生长方式包括提拉法、泡生法、导模法、热交换法、温度梯度法、坩埚下降法等, 各生长方式代号见表 1。

表 1 晶体生长方式及代号

名 称	生长方法代号	产品名称举例
提拉法	C	BLC-90
泡生法	K	BRK-80
导模法	E	BLE-75
热交换法	H	BRH-85
温度梯度法	T	BRT-85
坩埚下降法	V	BRV-90

4.2 分类

- 4.2.1 工业宝石炉按宝石晶体种类或长晶方法进行分类。
- 4.2.2 工业宝石炉按宝石晶体种类分为多个品种, 主要以工业蓝宝石炉为主。
- 4.2.3 工业宝石炉按长晶方法分为多个品种, 如提拉法宝石炉、泡生法宝石炉、导模法宝石炉、热交换法宝石炉、温度梯度法宝石炉、坩埚下降法宝石炉等。

5 设计和制造

5.1 炉体构成

工业宝石炉主要由主机(包括机架、炉体、提拉轴、基座轴)以及抽气系统、充气系统、水冷系统、加热和保温系统、电源及控制装置等组成。

5.2 材料

所有处于炉室内的材料应适应设计规定的气氛、真空度、温度, 以及相关产品对材质的要求, 并在该环境下保持稳定的成分和性能。

5.3 炉体

- 炉体应采用水冷结构。筒体、炉门的设计和制造应符合 GB/T 150.1—2011 的规定。
- 炉体内表面应光洁平滑。内壁应用不锈钢材料制成。
- 炉体的设计应把热胀冷缩引起的变形, 以及通过绝热层的热损失限制到最小程度。

5.4 晶体提拉系统

工业宝石炉根据长晶工艺的需要配置晶体提拉系统,同时进行热量传输,配合热场实现晶体生长的温度梯度的形成,实现引晶、长晶及晶体提升等过程。

5.5 加热系统

工业宝石炉的加热系统应(根据长晶工艺要求可由用户自行设计制造)满足高温煅烧、原料熔化、晶体生长、保温退火等阶段的工艺要求。

常用的加热方式有电阻式(R)和感应式(L)。

工业宝石炉加热元件的引出部分应确保人身安全、真空密封和正常工作。

输出电压、电流、功率应在零至额定范围内连续可调。输出电压、电流、功率的稳定度不大于0.5%,调节分辨率应不大于1%。

5.6 保温系统

保温系统用于保证能量充分利用、工艺过程中温度梯度的稳定保证以及炉室的正常工作等;保温系统主要有隔热材料组成,常用隔热材料有钨钼金属板、氧化锆、氧化铝、多晶莫来石制品、石墨毡等。

5.7 工作电压

不同生长方法宝石炉的工作电压应在产品技术参数中规定。在工作电压范围内和正常工作条件下,炉内应不产生火花放电。

5.8 水冷系统

水冷系统应能使炉壳的筒体和炉门的表面温度不超过6.7的规定,同时在水压不足或压力过高时应有指示或报警信号。

对水冷系统水质的要求:

- a) 碱性 pH 值 6~9;
- b) 氯离子浓度 ≤ 10 mg/L;
- c) 碳酸钙浓度 ≤ 50 mg/L(不加入化学试剂);
- d) 悬浮物 ≤ 10 mg/L;
- e) 溶解氧量 ≤ 10 mg/L。

5.9 抽气系统

工业宝石炉的抽气系统由真空泵组(机械泵、扩散泵和分子泵等)、管道、阀门、冷阱、控制系统、真空计等组成。系统中应装有自动阀门,以便在发生停电事故时自动关闭,防止空气和真空泵油进入炉内。

5.10 充气系统

工业宝石炉的充气系统通常是由气体流量控制单元来实现。可根据不同的生产工艺具体规定不同的充气压力数值,并设置有快速充气控制系统。

5.11 环境保护

工业宝石炉及零部件生产过程中的环境空气污染应符合 GB 3095—2012 和 GB 16297—1996 的规定。

5.12 污水排放

工业宝石炉及零部件生产过程中的污水排放应符合 GB 8978—1996 的规定。

5.13 噪声

工业宝石炉生产在使用过程中的噪声应符合 GB 12348—2008 的规定。

5.14 测量、控制、记录

5.14.1 概述

工业宝石炉应配备专门的控制柜,用来安装仪器、仪表和控制元件等。控制系统应配备速度控制单元、温度控制单元、称重控制单元、冷却水温度显示、报警、运行状态报警装置和继电控制单元等。

5.14.2 一般要求

工业宝石炉的测量、控制和记录应符合 GB/T 10067.4—2005 中 5.2.9(除 5.2.9.6 外)的各项规定和本部分的 5.14.3~5.14.9 的规定。

5.14.3 炉温控制系统

工业宝石炉炉温控制系统主要由测温传感器、信号处理器、控制仪器等实现对炉温的闭环控制,也可通过控制加热功率实现炉温的控制。对温度控制如有不同要求可在产品购销合同中提出。

5.14.4 称重控制系统

提拉法、泡生法等宝石炉的称重控制系统通过称重传感器对晶体的生长过程进行控制。对不同的生长方式和炉型可选择配置不同规格的称重传感器。

5.14.5 真空仪表

工业宝石炉应配备真空测量仪,用来测量 1×10^5 Pa~ 5×10^{-5} Pa 之间的真空度。不同生长方法宝石炉的真空度要求可根据不同的生产工艺具体规定并配置不同的真空测量仪表。

5.14.6 压力表

工业宝石炉应配备压力表,用来显示宝石炉炉内压力。

5.14.7 防爆机构

对于炉室内工作压力为正压(大于 1 个大气压)的宝石炉,应在相对安全位置设置防爆机构。

5.14.8 自动化

工业宝石炉应采用自动控制系统。产品的主要技术功能(速度控制、温度控制、功率或电压控制等)应完善可靠。整个晶体生长过程可为用户提供使用方便、友好的人机交互界面,实现晶体生长过程自动化控制。

5.14.9 报警和保护装置

工业宝石炉应具备非正常工作条件报警,包括失电保护、炉压报警、水压水温报警等,宝石炉的提拉轴与基座轴应具有超程报警和保护装置。

5.15 安全

工业宝石炉生产的设备安全要求应符合 GB 5959.1—2005 的规定。

6 性能要求

6.1 一般要求

工业宝石炉的触电防护措施、绝缘电阻、绝缘耐压、控制电路、冷却系统、气路系统、联锁报警系统等技术要求应符合 GB/T 10066.1—2004 第 7 章规定,工业宝石炉其他技术要求应符合 6.2~6.8 规定。

6.2 极限真空度

工业宝石炉的极限真空度应能达到产品所规定的极限真空度,通常范围为 6.67×10^{-3} Pa~1.0 Pa。

6.3 空炉抽气时间

工业宝石炉应能在 60 min 内抽气到炉子所要求的极限真空度。

6.4 压升率

工业宝石炉的压升率应不超过 2 Pa/h。

6.5 运动参数相对偏差

工业宝石炉在其速度控制系统的调速范围内,各项运动参数的实际测量值与指示计的指示值(或显示值)的相对偏差应不大于 5%。

6.6 速度百分偏差

工业宝石炉在其速度控制系统的调速范围内,各项运动参数的速度百分偏差应不大于 2%;各运动机构运转应工作灵活,在正常晶体生长工艺条件下应无明显振动。

6.7 最高表面温度

工业宝石炉炉体的最高表面温度应不超过 55℃。

6.8 炉温稳定度

工业宝石炉的炉温稳定度应不超过 ± 0.5 ℃。

7 试验方法

7.1 一般要求

工业宝石炉的触电防护措施、绝缘电阻、绝缘耐压、控制电路、冷却系统、气路系统、联锁报警系统等项目的试验应按 GB/T 10066.1—2004 规定执行,工业宝石炉其他性能试验应按 7.2~7.8 规定执行。

7.2 极限真空度

按 GB/T 10066.1—2004 中 7.1.10.1 的规定执行。

7.3 空炉抽气时间

按 GB/T 10066.1—2004 中 7.1.10.2 的规定执行。

7.4 压升率

按 GB/T 10066.1—2004 中 7.1.10.3 的规定执行,用关闭法测量。

7.5 运动参数相对偏差的测量

在规定的速度范围内,提拉轴及基座轴处于某一(任意选定)位置,取某一(任意设定)速度(指示计指示值或显示值),用秒表和百分表(或千分表)测量该速度下两轴上升速度;用秒表测量两轴旋转速度。测量时间以 1 min 计。测量 5 次。

相对偏差按式(1)计算。

$$\Delta v_1 = \frac{v_{\text{显}} - v_{\text{测}}}{v_{\text{显}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Δv_1 ——速度相对偏差, %;

$v_{\text{显}}$ ——速度指示值(或显示值),单位为毫米每分(mm/min)或转每分(r/min);

$v_{\text{测}}$ ——速度实际测量值,单位为毫米每分(mm/min)或转每分(r/min)。

7.6 速度百分偏差测量

在规定的速度范围内,提拉轴及基座轴处于某一(任意选定)位置,用秒表和百分表(或千分表)每隔 5 min 测量某一(任意设定)速度下两轴上升速度;或用秒表测量某一(任意设定)转速下的两轴旋转速度。每次测量时间以 1 min 计,测量 5 次。

速度百分偏差按式(2)计算。

$$\Delta v_2 = \frac{v_{\text{大}} - v_{\text{小}}}{v_{\text{平}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Δv_2 ——速度百分偏差, %;

$v_{\text{大}}$ ——实测速度最大值,单位为毫米每分(mm/min)或转每分(r/min);

$v_{\text{小}}$ ——实测速度最小值,单位为毫米每分(mm/min)或转每分(r/min);

$v_{\text{平}}$ ——实测速度平均值,单位为毫米每分(mm/min)或转每分(r/min)。

7.7 最高表面温度

按 GB/T 10066.1—2004 中 7.2.1 的规定执行。

7.8 炉温稳定度

按 GB/T 10066.4—2004 中 6.16 的规定执行。

8 检验规则

8.1 工业宝石炉的检验应按 GB/T 10067.1—2005 第 7 章和以下各条进行。

8.2 工业宝石炉出厂检验项目包括:

a) 触电防护措施;

- b) 绝缘电阻;
- c) 绝缘耐压;
- d) 控制电路;
- e) 冷却系统;
- f) 气路系统;
- g) 联锁报警系统;
- h) 极限真空度;
- i) 空炉抽气时间;
- j) 压升率;
- k) 运动参数相对偏差;
- l) 速度百分偏差。

8.3 工业宝石炉型式检验项目包括:

- a) 全部出厂检验项目(在型式检验条件下);
- b) 最高表面温度;
- c) 炉温稳定度。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 一般要求

工业宝石炉的标志、包装、运输和贮存应符合 GB/T 10067.1—2005 第 8 章的规定。

9.2 其他要求

除另有要求外,工业宝石炉的铭牌上应标出下列各项:

- a) 产品的型号和名称;
- b) 晶体规格,mm;
- c) 电源电压,V;
- d) 相数;
- e) 额定功率,kW;
- f) 工作电压,V;
- g) 工作室尺寸,mm;
- h) 极限真空度,Pa;
- i) 压升率,Pa/h;
- j) 工作真空度,Pa;
- k) 产品编号;
- l) 制造日期;
- m) 制造厂名称(对出口产品应标明国名)。

10 订购与供货

10.1 工业宝石炉的订购与供货应按 GB/T 10067.1—2005 第 9 章的规定。

10.2 需方有下列特殊要求时,可向供方提出:

- a) 对单位制、电源电压、电源频率等的要求(见 GB/T 10067.1—2005 中 5.1.1.1);
- b) 对使用环境的不同要求(见 GB/T 10067.1—2005 中 5.1.2);

- c) 要求在水冷系统中提供循环冷却系统或其中部分装置,如机械致冷装置,水冷却塔装置或水净化装置等;应提出具体技术要求(见 GB/T 10067.1—2005 中 5.1.3.1);
- d) 对安全和环境保护的附加要求(见 GB/T 10067.1—2005 中 5.1.5.1);
- e) 对涂漆的不同要求(见 GB/T 10067.1—2005 中 5.2.7);
- f) 对包装的特殊要求(见 GB/T 10067.1—2005 中 8.2);
- g) 对电源的不同要求(见 GB/T 10067.4—2005 中 5.2.2)。

供方应尽可能满足需方的各项特殊要求,但实际可供需方选择的特殊要求项目由供方参照本部分决定,其他要求由供需双方商定。
