



中华人民共和国国家标准

GB/T 24621.1—2021

代替 GB/T 24621.1—2009

低压成套开关设备和控制设备的 电气安全应用指南 第 1 部分：成套开关设备

Application guide for electric safety of low-voltage switchgear and
controlgear assemblies—Part 1: Switchgear assemblies

2021-10-11 发布

2022-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
3.1 通用术语	2
3.2 电击防护	3
3.3 绝缘	3
4 接口特性	3
4.1 通则	3
4.2 电压额定数据	4
4.3 电流额定数据	4
4.4 额定分散系数(RDF)	5
4.5 额定频率(f_n)	5
4.6 其他特性	5
5 信息	6
5.1 成套设备的标志	6
5.2 文件	6
5.3 器件和/或元件的识别	6
6 结构要点	7
6.1 材料和部件强度	7
6.2 成套设备外壳的防护等级	8
6.3 电气间隙和爬电距离	9
6.4 电击防护	9
6.5 开关器件和元件的组合	13
6.6 内部电路和连接	15
6.7 外接导线端子	16
7 性能要点	17
7.1 介电性能	17
7.2 温升	18
7.3 短路保护和短路耐受强度	20
7.4 保护电路完整性	23
7.5 电磁兼容性(EMC)	24
7.6 安全操作	27
附录 A (资料性) 用户信息模板	29
附录 B (资料性) 待验证的设计验证清单	32

参考文献 33

表 1 手控操作器件的操作方向与最终效应对照 14

表 2 安全色标及常用的按钮、指示灯、导线颜色 14

表 3 导线及其接线端子的字母数字标识和图形符号标识 16

表 4 其他安全标志符号 17

表 5 温升限值 18

表 6 典型的功率损耗 20

表 7 通过与一个基准设计比较进行短路验证的核查表 21

表 8 A 类环境中对 EMC 抗扰度的试验 25

表 9 B 类环境中对 EMC 抗扰度的试验 26

表 10 电磁骚扰出现时的验收准则 27

表 A.1 用户信息模板 29

表 B.1 待验证的设计验证清单 32

库七七 www.kqqw.com 提供

前 言

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

本文件是 GB/T 24621《低压成套开关设备和控制设备的电气安全应用指南》的第 1 部分。GB/T 24621 已经发布了以下部分：

——第 1 部分：成套开关设备。

本文件代替 GB/T 24621.1—2009《低压成套开关设备和控制设备的电气安全应用指南 第 1 部分：成套开关设备》，与 GB/T 24621.1—2009 相比，除了结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 修改了其他特性(见 4.6,2009 年版的 4.2.5)；
- b) 修改了成套设备的标志(见 5.1,2009 年版的 4.3.2)；
- c) 删除了内部隔室的防护等级的结构要点(见 2009 年版的 5.2.4)；
- d) 增加了开关器件和元件的组合的结构要点(见 6.5)；
- e) 修改了内部电路和连接的结构要点(见 6.6,2009 年版的 6.6)；
- f) 增加了外部导线端子的结构要点(见 6.7)；
- g) 修改了工频耐受试验中试验电压值和试验电压频率(见 7.1.2,2009 年版的 6.4.3)；
- h) 修改了表 6 和表 7 的内容(见表 6、表 7；2009 年版的表 5、表 6)；
- i) 修改了短路保护电路和短路耐受强度的验证方法(见 7.3,2009 年版的 6.2)；
- j) 修改了保护电路的短路耐受强度的验证方法(见 7.4.4,2009 年版的 6.3.3)；
- k) 修改了电磁兼容(EMC)的性能要点(见 7.5,2009 年版的 6.7)；
- l) 删除了附录 B、附录 D(见 2009 版的附录 B、附录 D)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国低压成套开关设备和控制设备标准化技术委员会(SAC/TC 266)归口。

本文件起草单位：天津电气科学研究院有限公司、天津天传电控设备检测有限公司、汇网电气有限公司、山东厚俞实业有限公司、湖南电器科学研究院有限公司、杭州电力设备制造有限公司萧山欣美成套电气制造分公司、大全集团有限公司、江苏华强电力设备有限公司、中天电气技术有限公司、杭州电力设备制造有限公司余杭群力成套电气制造分公司、广东广信科技有限公司、红光电气集团有限公司、广东珠江开关有限公司、罗克韦尔自动化控制集成(上海)有限公司、广东黑默工业技术有限公司、杭州之江开关股份有限公司、湖南诚源电器股份有限公司、盛隆电气集团有限公司、恒一电气集团有限公司、上海友邦电气(集团)股份有限公司、友邦电气(平湖)股份有限公司、中检质技检验检测科学研究院有限公司、正泰电气股份有限公司、江苏威腾配电有限公司、华翔翔能科技股份有限公司、川开电气有限公司、重庆施能电力设备有限公司、广东佰林电气设备厂有限公司、胜利油田恒源电气有限责任公司、上海电器设备检测所有限公司、山东鲁能力源电器设备有限公司、浙宝电气(杭州)集团有限公司、上海华建开关有限公司、河南中科起重电气有限公司、上海上源泵业制造有限公司、上海凯源泵业有限公司、北京中兴天传电气技术有限公司、东营市南方电器有限责任公司、中国电力科学研究院有限公司、国网湖南省电力有限公司供电服务中心(计量中心)。

本文件主要起草人：张磊、何丽薇、徐峰、胡晨光、陈可夫、许金彤、杨全兵、陈廷建、汤彬富、张旭峰、

GB/T 24621.1—2021

蔡贤镇、林柏阳、张柏成、刘恩飞、何治新、庄耀定、杨宇、谢正新、林佳昊、王国良、王帅、吴华、朱琴华、杨益民、陈康、张兵、李晏平、黄松杰、张海峰、崔涛、王建永、姜晓东、王琦、于淼、吴昌辉、卢剑冲、赵建平、陈有来、袁翔宇、陈浩。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2009年首次发布为 GB/T 24621.1—2009；

——本次为第一次修订。

库七七 www.kqqw.com 提供

引 言

低压成套开关设备和控制设备广泛应用于居民住宅、公共场所、公益现场等各种场所,凡是使用电气设备的地方均配备该类产品,一旦低压成套设备发生故障,就会对生产生活活动甚至人身财产安全产生重大影响,因而低压成套设备的安全性和可靠性至关重要,安全性能也成为设计、制造、销售和使用低压成套开关设备和控制设备时需要考虑的重要因素。充分了解低压成套设备的电气安全技术,能够进一步确保低压成套设备在使用操作中的人身和设备安全。GB/T 24621 旨在说明低压成套开关设备和控制设备的电气安全技术,为低压成套设备的安全应用提供指南,拟由两个部分构成。

——第1部分:成套开关设备。目的在于阐述成套开关设备的安全技术相关的重要内容,为成套开关设备的操作和应用提供安全指导。

——第2部分:装有电子器件的控制设备。目的在于阐述电控设备的安全技术相关的内容,为电控设备的操作应用提供安全指导。

本文件作为各类低压成套开关设备安全应用的指南,对低压成套开关设备的设计、制造、销售和使用时的需要特别注意的安全结构和性能要点做出了详细阐述,对关系到安全性和可靠性的部分做了着重说明,对温升、短路耐受强度、介电性能、保护电路有效性及电气间隙和爬电距离等一一做了解释,为低压成套开关设备的安全应用提供指导,确保正常操作时低压成套开关设备的安全和可靠。

低压成套开关设备和控制设备的 电气安全应用指南

第 1 部分:成套开关设备

1 范围

本文件提供了低压成套开关设备(以下简称“成套设备”)在设计、制造、销售和使用时的安全应用指导,给出了低压成套开关设备在安全技术方面的接口特性、信息、结构要点和性能要点等需要考虑的相关信息。

本文件适用于 GB/T 7251 系列标准的各类低压成套开关设备。

注:本文件涵盖的产品在 GB/T 7251 中的特殊使用条件下工作时,需要增加相应的附加条款。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Db: 交变湿热(12 h+12 h 循环)

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Ka: 盐雾

GB/T 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则

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

GB/T 4205 人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则

GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分:总则

GB/T 11021 电气绝缘 耐热性和表示方法

GB/T 11026(所有部分) 电气绝缘材料 耐热性

GB/T 16895(所有部分) 低压电气装置

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 17626.13 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验

GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IK 代码)

GB/T 24276 通过计算进行低压成套开关设备和控制设备温升验证的一种方法

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

IEC 81346-1 工业系统、装置和设备、工业产品 构造准则和参考标识 第1部分:基本规则(Industrial systems, installations and equipment and industrial—Structuring principles and reference designations—Part 1: Basic rules)

IEC 81364-2 工业系统、装置和设备、工业产品 构造准则和参考标识 第2部分:对象分类和类的代码(Industrial systems, installations and equipment and industrial—Structuring principles and reference designations—Part 2: Classification of objects and codes for classes)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 通用术语

3.1.1

低压成套开关设备和控制设备(成套设备) low-voltage switchgear and controlgear assembly (ASSEMBLY)

由一个或多个低压开关器件和与之相关的控制、测量、信号、保护、调节等设备,以及所有内部的电气和机械的连接及结构部件构成的组合体。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.1.1]

3.1.2

主电路(成套设备的) main circuit (of an ASSEMBLY)

在成套设备中,一条用来传输电能的电路上的所有导电部分。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.1.3]

3.1.3

辅助电路(成套设备的) auxiliary circuit (of an ASSEMBLY)

在成套设备中,一条用于控制、测量、信号、调节、处理数据等的电路(除了主电路以外的)中的所有导电部分。

注:成套设备的辅助电路包括开关电器的控制电路和辅助电路。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.1.4]

3.1.4

母线 busbar

一种可以与几条电路分别连接的低阻抗导体。

注:母线这个术语与导体的几何形状、尺寸、面积无关。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.1.5]

3.1.5

功能单元 functional unit

它是成套设备的一部分,由完成相同功能的所有电气和机械部件组成,包括开关电器。

注:虽然连接在功能单元上,但位于隔室或封闭的防护空间外部的导体(例如连接公共隔室的辅助电缆)不视为功能单元的一部分。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.1.8]

3.1.6

出线单元 outgoing unit

通过它把电能输送给一个或多个出线电路的一种功能单元。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.1.10]

3.2 电击防护

3.2.1

电击 electric shock

电流通过人或动物躯体而引起的生理效应。

[来源:GB/T 2900.1—2008,3.5.3]

3.2.2

基本防护 basic protection

在无故障条件下的电击防护。

注:基本防护用来防止触及带电部分,一般是指防止直接接触。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.7.8]

3.2.3

故障防护 fault protection

单一故障(例如基本绝缘损坏)条件下的电击防护。

注:故障防护一般是指防止间接接触,主要与基本绝缘损坏有关。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.7.10]

3.3 绝缘

3.3.1

基本绝缘 basic insulation

能够提供基本防护的危险带电部分上的绝缘。

注:本概念不适用于仅用作功能性目的的绝缘。

[来源:GB/T 7251.1—2013,3.7.9]

3.3.2

附加绝缘 supplementary insulation

除了基本绝缘外,用于故障防护附加的单独绝缘。

[来源:GB/T 2900.73—2008,195-06-07]

3.3.3

双重绝缘 double insulation

既有基本绝缘又有附加绝缘构成的绝缘。

[来源:GB/T 2900.73—2008,195-06-08]

3.3.4

加强绝缘 reinforced insulation

危险带电部分具有相当于双重绝缘的电击防护等级的绝缘。

注:加强绝缘可以由几个不能像基本绝缘或附加绝缘那样单独测试的绝缘层组成。

[来源:GB/T 2900.73—2008,195-06-09]

4 接口特性

4.1 通则

成套设备的特性能保证所连接电路的额定值与安装条件相适应是非常重要的,成套设备制造商对成套设备进行说明时宜考虑 4.2~4.6 的特性。

4.2 电压额定数据

4.2.1 额定电压(U_n) (成套设备的)

额定电压至少等于电气系统的标称电压。

4.2.2 额定工作电压(U_e) (成套设备中的一条电路的)

任何电路的额定工作电压不小于其连接的电气系统的标称电压。

如果一条电路的额定工作电压与成套设备的额定电压不同,宜说明适合电路的额定工作电压。

4.2.3 额定绝缘电压(U_i) (成套设备中的一条电路的)

成套设备中一条电路的额定绝缘电压是介电试验和爬电距离参照的电压值。

一条电路中的额定绝缘电压等于或高于该条电路中的额定电压 U_n 和额定工作电压 U_e 。

注:对于 IT 系统的单相电路(参见 GB/T 16895.6—2014),额定绝缘电压宜至少等于电源的相间电压。

4.2.4 额定冲击耐受电压(U_{imp}) (成套设备的)

额定冲击耐受电压等于或高于该电路预定连接的系统中出现的瞬态过电压值。

注:额定冲击耐受电压的优选值参见 GB/T 7251.1—2013 附录 G 中的表 G.1。

4.3 电流额定数据

4.3.1 成套设备的额定电流(I_{nA})

成套设备的额定电流宜考虑下列所述情况的电流较小者:

——成套设备内所有并联运行的进线电路的额定电流总和;

——特殊布置的成套设备中主母线能够分配的总电流。

通此电流时,各部件的温升不宜超过 7.2 中的限值。

注 1:进线电路的额定电流可低于安装在成套设备内的(符合各自器件标准的)进线器件的额定电流。

注 2:就此而论,主母线是指在运行中正常连接的单个母线或单个母线的组合体,例如使用母线连接器。

注 3:成套设备额定电流是成套设备可以分配的且不会因为增加更多出线单元而超出的最大允许负载电流。

4.3.2 一条电路的额定电流(I_{nc})

一条电路的额定电流是该电路的正常工作条件下能够单独承载的电流值。成套设备的各个部分在承载该电流时的温升不宜超过 7.2 中的限值。

注:该条电路的额定电流可低于安装在这条电路中的器件(根据各自的器件标准)的额定电流。

4.3.3 额定峰值耐受电流(I_{pk})

额定峰值耐受电流宜考虑等于或大于电路预定连接的电源系统的预期短路电流峰值。

4.3.4 额定短时耐受电流(I_{cw}) (成套设备中的一条电路的)

额定短时耐受电流宜考虑等于或大于连接到电源每一点上的预期短路电流(I_{cp})的有效值。

成套设备不同的 I_{cw} 值对应不同的持续时间(例如 0.2 s、1 s、3 s)。

对于交流,此电流值是交流分量的有效值。

4.3.5 成套设备的额定限制短路电流(I_{cc})

额定限制短路电流宜考虑等于或大于保护成套设备的短路保护电器在动作时间内所能承受的预期

短路电流的有效值(I_{cp})。

成套设备制造商宜声明短路保护电器的分断能力和电流极限特性(I^2t, I_{pk}),并考虑器件制造商给出的数据。

4.4 额定分散系数(RDF)

额定分散系数是由成套设备制造商根据发热的相互影响给出的成套设备的出线电路可以持续并同时承载的额定电流的标么值。

标示的额定分散系数能用于:

- 电路组;
- 整个成套设备。

额定分散系数乘以电路的额定电流宜考虑等于或大于出线电路的计算负荷。出线电路的计算负荷可以参考相关成套设备标准中的数值。

注 1: 出线电路的计算负荷可以是稳定持续电流或可变电流的热等效值。

额定分散系数适用于在额定电流(I_{nA})下运行的成套设备。

注 2: 额定分散系数可识别出多个功能单元在实际中不能同时满负荷或断续地承载负荷。

更详细的资料推荐参考 GB/T 7251.1—2013 中附录 E。

4.5 额定频率(f_n)

一条电路的额定频率是与其工作条件有关的频率值。如果成套设备的电路标明了不同的频率值,则宜考虑给出各条电路的额定频率值。

注: 频率值宜参考内装元件相关的国家标准中的数值。如果成套设备制造商没有其他说明,则额定频率的上下限值宜限制在额定频率的 98%~102% 范围内。

4.6 其他特性

宜考虑给出以下特性:

- a) 功能单元在特殊使用条件下的附加条款(例如,匹配类型、过载特性);
- b) 污染等级;
- c) 为成套设备所设计的系统接地类型;
- d) 户内和(或)户外成套设备;
- e) 固定式或移动式;
- f) 防护等级;
- g) 熟练技术人员使用或一般人员使用;
- h) 电磁兼容性(EMC)类别;
- i) 特殊使用条件,如果适用;
- j) 外形设计;
- k) 机械碰撞防护,如果适用;
- l) 短路保护电器的类型;
- m) 电击防护措施;
- n) 外形尺寸(包括凸出部分,如手柄、覆板、门),如需要;
- o) 质量,单位为千克(超过 30 kg)。

5 信息

5.1 成套设备的标志

成套设备制造商宜考虑为每台成套设备配置坚固、耐久容易辨认,且醒目清晰的铭牌和标志。这些铭牌和标志可标出安全使用成套设备的主要特征,其位置最好位于成套设备安装好并投入运行时易于看到的地方。

宜考虑为每台设备配置一个或数个铭牌,并在铭牌上标出成套设备的如下信息:

- a) 成套设备制造商的名称或商标;
- b) 型号或标志号,或其他标识,据此可以从成套设备制造商获得相关的信息;
- c) 鉴别生产日期的方式;
- d) 产品标准的编号。

注:可以在铭牌上给出成套设备相关标准的附加信息。

5.2 文件

5.2.1 关于成套设备的信息

第4章中所有接口特性,如果适用,推荐在随同成套设备交货的成套设备制造商的技术文件中提供。

5.2.2 装卸、安装、操作与维护的使用说明书

如需要,成套设备制造商宜考虑在其技术文件或产品目录中提供成套设备及设备内部件的装卸、安装、运行与维护条件的信息。

如需要,说明书宜考虑指出成套设备合理地、正确地运输、装卸、安装和运行等极其重要的措施。提供与成套设备的运输和装卸密切相关的重量细节是极为重要的。

如适用,宜考虑在成套设备制造商的文件或说明书上给出怎样装卸成套设备,起吊装置的正确位置和安装及其吊索尺寸。

如需要,给出与成套设备的安装、运行和维护有关的 EMC 措施是极其重要的。

如果一个被确定用于 A 类环境的成套设备打算用于 B 类环境,那么在使用说明书中宜考虑包括以下的警告:

警 告

此产品设计为适用于 A 类环境。在 B 类环境使用此产品可能会产生有害的电磁骚扰,在这种情况下使用者可能需要采用适当的防护措施。

必要时,宜考虑在上述文件中标明推荐的维护内容和频次。

如果安装元器件的实物布置使电路的识别不明显,则宜考虑提供适当的信息,如接线图或接线表。

5.3 器件和/或元件的识别

在成套设备中,识别出各个电路和它们的保护器件是十分必要的。标签宜清晰易读、经久耐用且适合自然环境。所用的标识宜考虑 IEC 81346-1 和 IEC 81346-2 中的相关内容的说明,并与配电图中的标识一致,配线图中标识宜考虑 IEC 61082-1 的相关建议。

对于能根据使用人员的选择置于不同运行或功能状态的器件,宜清楚标明所选择的状态并加以标

记。为此目的设置的器件(例如测量仪器、功能选择开关),其定量或定性的指示值最好有足够的精度。

受成套设备本身的条件限制,不能直接在成套设备上标识时,宜使用其他能清楚、可靠的有效表达方式(如用操作说明书或安装使用说明书的书面表达方式),并将需要注意的事项通告使用人员。

6 结构要点

6.1 材料和部件强度

6.1.1 通则

为了保证成套设备及其部件的结构和安装方式能安全恰当地组装和连接,成套设备宜考虑由能够承受在正常使用条件下产生的机械应力、电气应力、热应力和环境压力的材料构成。

成套设备外壳的外形通常适应其用途,这些外壳可采用不同的材料,例如,绝缘的、金属的或它们的组合材料等。

6.1.2 防腐蚀

为确保防腐蚀,成套设备宜考虑采用合适的材料或在裸露的表面涂上防护层,同时还要考虑使用及维修条件。宜采用 GB/T 2423.4 和 GB/T 2423.17 的试验验证成套设备采用的材料或裸露表面上的防护层。

6.1.3 绝缘材料的性能

6.1.3.1 热稳定性

对于绝缘材料的外壳或外壳部件,宜考虑通过试验来验证外壳的热稳定性。

6.1.3.2 绝缘材料的耐热和耐着火性能

6.1.3.2.1 通则

由于内部电效应而暴露在热应力下,且由于部件的老化而使成套设备的安全性受到损害的绝缘材料的部件,不受到正常(使用)发热,非正常发热或着火的有害影响是非常重要的。

6.1.3.2.2 绝缘材料耐热性能

初始制造商宜考虑绝缘温度指标[例如,参考 GB/T 11026(所有部分)的方法]或是参考 GB/T 11021 的原则来选择绝缘材料。如果没有此数据,成套设备的绝缘材料宜考虑承受至少 70 °C 的高温,通过试验来验证绝缘材料的耐热性。

6.1.3.2.3 绝缘材料耐受内部电效应引起的非正常发热和着火的性能

绝缘材料的损耗可能影响成套设备的安全性,固定及维持载流部件在正常使用位置所需要的部件和由于内部电效应而暴露在热应力下的部件的绝缘材料,考虑其不受到非正常发热和着火的有害影响是十分必要的。

成套设备初始制造商宜提供有关绝缘材料适用性的数据。如果没有此数据,成套设备不同部件使用的绝缘材料承受的灼热丝顶部的温度参考如下数据:

- 其上需要安装载流部件的部件:960 °C;
- 用于嵌入墙内的外壳:850 °C;
- 其他部件,包括需要安装保护导体的部件:650 °C。

注:保护导体(PE)不作为载流部件考虑。

6.1.4 耐紫外线辐射

对于户外使用的由绝缘材料制成的外壳和外壳部件,宜考虑由能抵抗紫外线(UV)辐射的材料构成。

6.1.5 机械强度

为了承受正常使用和短路条件下所遇到的应力,所有的外壳或隔板包括门的闭锁装置和铰链宜考虑具有足够的机械强度。

可移式部件的机械操作,包括所有的插入式联锁,在成套设备安装好之后,确保机械操作良好是关键。

6.1.6 提升装置

如需要,成套设备宜配备适合的提升装置,以保证成套设备的运输安全。

6.2 成套设备外壳的防护等级

6.2.1 对机械碰撞的防护

成套设备外壳提供的防止机械碰撞的防护等级,如需要,宜考虑相关的成套设备标准的原则,并与 GB/T 20138 的原则一致。

6.2.2 防止触及带电部分以及外来固体和水的进入

任何成套设备提供的防止触及带电部分及防止外来固体和水进入的防护等级,宜考虑采用 GB/T 4208 的方法以 IP 代码表示。成套设备在其正常使用条件下,宜考虑不造成成套设备操作人员接触到任何危险的带电部分。

成套设备提供的防护等级,如果不考虑防水,下列 IP 值为优选值:

IP00, IP2X, IP3X, IP4X, IP5X。

按照成套设备制造商的说明书安装后,封闭式成套设备的防护等级宜至少为 IP2X,固定面板式成套设备正面的防护等级至少为 IPXXB。

正常使用中不发生倾斜的固定式成套设备 IPX2 不适用。

对于无附加防护设施的户外成套设备,第二位特征数字宜考虑至少为 3。

注 1: 对于户外成套设备,附加的防护设施可以是防护棚或类似设施。

按照成套设备制造商的说明书安装时,成套设备制造商给出的防护等级适用于整个成套设备。例如,封闭成套设备敞开的安装面等。

如果成套设备各部位有不同的防护等级,成套设备制造商宜考虑单独标出该部位的防护等级。

不同的 IP 等级不宜损害成套设备预期的使用。

注 2: 例如:

——操作面 IP20,其他部分 IP43;

——底座中的排水孔为 IPXXD,其他部分为 IP43。

成套设备的 IP 等级宜考虑通过试验验证来确定,只有进行了适当试验或使用预装式外壳的情况下才能给出,对没有进行过验证的成套设备,不提供 IP 值。

拟用于高湿度和温度变化范围较大场所的户内和户外的封闭式成套设备,宜考虑采取适当的措施(通风和/或内部加热、排水孔等)防止成套设备内产生有害的凝露,同时保持相应的防护等级。

6.2.3 带有可移式部件的成套设备

成套设备标明的防护等级通常适用于可移式部件的连接位置。

在可移式部件移出后,如通过关闭门,成套设备仍不能保持原来的防护等级,则成套设备制造商与用户宜考虑达成采用某种措施以保证足够防护的协议。成套设备制造商提供的信息可以代替这种协议。

当挡板用来为带电部分提供足够防护时,它们能确保防止非故意的移动是非常必要的。

6.3 电气间隙和爬电距离

6.3.1 通则

电气间隙和爬电距离是基于 GB/T 16935.1 的原则,旨在说明装置内部的绝缘配合。

作为成套设备组成部分的设备的电气间隙和爬电距离,宜考虑相关产品标准的原则。

装入成套设备内的设备,在正常使用条件下宜考虑保持适当的电气间隙和爬电距离。

采用最高电压额定数据来确定各电路间的电气间隙和爬电距离(电气间隙依据额定冲击耐受电压,爬电距离依据额定绝缘电压)。

电气间隙和爬电距离适用于相对相、相对中性线,除了导体直接接地,还适用于相对地和中性线对地。

对于裸带电导体和端子(例如,母线、装置和电缆接头的连接处),其电气间隙和爬电距离宜考虑至少符合与其直接连接的设备的有关原则。

短路电流小于和等于宣称成套设备额定数据时,母线和(或)连接线间的电气间隙和爬电距离不宜减小至成套设备的相应值以下。由于短路导致的外壳部件或内部隔板、挡板和屏障的变形,不宜使电气间隙和爬电距离永久地减小到相应值以下。

6.3.2 电气间隙

电气间隙宜足以达到能承受宣称的电路的额定冲击耐受电压(U_{imp})。电气间隙宜符合 GB/T 7251.1—2013 中表 1 的相应值,但是进行了设计验证试验和例行冲击耐受电压试验的情况除外。

宜采用 GB/T 7251.1—2013 的附录 F 的方法测量电气间隙。

6.3.3 爬电距离

初始制造商宜考虑依据所选择的成套设备电路的额定绝缘电压(U_i)确定爬电距离。对于任一列出的电路,其额定绝缘电压不宜小于额定工作电压(U_e)。

在任何情况下,爬电距离都不宜小于相应的最小电气间隙。

爬电距离与成套设备相应的污染等级及在额定绝缘电压下的相应的材料组别相关。

推荐采用 GB/T 7251.1—2013 的附录 F 的方法测量爬电距离。

注:对于无机绝缘材料,例如玻璃或陶瓷,它们不产生电痕化,其爬电距离不大于其相应的电气间隙。但宜考虑击穿放电的危险。

加强筋对污染物的影响以及其较好地干燥效果,可以明显地减少泄漏电流的形成。如果使用最小高度 2 mm 的加强筋,在不考虑加强筋数量的情况下,可以减小爬电距离,但宜考虑不小于相应值的 0.8 倍,且小于相应的最小电气间隙。根据机械性能来确定加强筋的最小底宽。

6.4 电击防护

6.4.1 通则

成套设备中元器件和电路的布置宜考虑便于运行和维护,同时能够保证必要的安全等级。

当成套设备安装在一个符合 GB/T 16895(所有部分)的电气系统中时,下述结构用来确保所需的防护措施。

注:普遍可接受的防护措施可参照 GB/T 17045 和 GB/T 16895.21。

那些对于成套设备特别重要的防护措施在 6.4.2~6.4.3 中给出。

6.4.2 基本防护

6.4.2.1 通则

基本防护旨在防止直接与危险带电部分接触。

基本防护通过利用成套设备本身适宜的结构措施,或在安装过程中采取的附加措施来获得,宜考虑由成套设备制造商提供相关信息。

附加措施包括只有被授权的人员才允许进入安装了无进一步防护措施的开启式成套设备的场所等。

采用结构措施的基本防护可以选择 6.4.2.2 和 6.4.2.3 中的一种或多种防护措施。如果相关的成套设备标准不提供防护措施,宜考虑由成套设备制造商选择防护措施。

6.4.2.2 由绝缘材料提供基本绝缘

危险带电部分采用绝缘完全覆盖,绝缘只有被破坏后或使用工具后才能去掉。

绝缘宜考虑采用适合的能够持久承受使用中可能出现的机械、电气和热应力的材料制成。

注:用绝缘包裹的电器元件和绝缘导线。

单独的色漆、清漆和搪瓷不能满足基本绝缘的需要。

6.4.2.3 挡板或外壳

采用空气作为绝缘的带电部分宜考虑安置在至少有 IPXXB 防护等级的外壳内或挡板的后面。

对不高于地面 1.6 m 可触及的外壳顶部水平表面的防护等级宜考虑至少为 IPXXD。

考虑到外部影响,在正常工作条件下,挡板和外壳宜靠固定在其位置上,且有足够的稳固性和耐久性以维持需要的防护等级并适当地与带电部分隔离。导电的挡板或外壳与带电部分的距离不宜小于 6.3 中的电气间隙与爬电距离。

在有必要移动挡板、打开外壳或拆卸外壳的部件时,宜考虑满足下列条件之一:

- a) 使用钥匙或工具,即只有靠器械帮助才能打开门、盖板或解除联锁。
- b) 在由挡板或外壳提供的基本防护情况下,当电源与带电部分隔离后,只有在挡板或外壳更换或复位后才可以恢复供电。在 TN-C 系统中,PEN 导体不被隔离或断开。在 TN-S 和 TN-C-S 系统中,中性导体不被隔离或断开。

示例:用隔离器对门进行联锁,仅在隔离器断开时,门才能被打开,而且当门打开时,使用工具才可以闭合隔离器。

- c) 中间挡板提供的防止接触带电部分的防护等级至少为 IPXXB,此挡板仅在使用钥匙或工具时才能移动。

6.4.3 故障保护

6.4.3.1 安装条件

成套设备宜考虑包含保护措施并适合于采用 GB/T 16895.21 中的方法进行安装。对于一些特殊用途(例如铁路、船舶等)的成套设备,保护措施宜由成套设备制造商与用户协商。

当一个 TT 接地系统用在一个电网中时,推荐成套设备采用下面措施中的一种:

- a) 进线连接采用双重绝缘或加强绝缘;
- b) 进线电路采用剩余电流器件(RCD)保护。

此条款遵照用户与制造商间的协议,附录 A 提供了类似协议中的信息模板。

6.4.3.2 便于自动断开电源的保护导体的原则

6.4.3.2.1 通则

每台成套设备均宜考虑设有保护导体,便于电源自动断开:

- a) 防止成套设备内部故障(例如,基本绝缘损坏)引起的后果;
- b) 防止由成套设备供电的外部电路故障(例如,基本绝缘损坏)引起的后果。

具体内容见 6.4.3.2.2 和 6.4.3.2.3。

保护导体(PE、PEN)的识别方法见 6.6。

6.4.3.2.2 接地连续性提供的防止成套设备内部故障引起的后果的原则

成套设备所有的外露可导电部分宜考虑连接在一起,并连接至电源保护导体上,或通过接地导体与接地装置连接。

这种连接可以用金属螺钉、焊接或用其他导体连接来实现,或通过一个独立的保护导体实现。

注:使用耐磨的表面材料的成套设备的金属部件,例如粉末喷涂的密封板,作为保护接地连接时,宜除去或穿透涂层。

宜考虑通过 GB/T 7251.1—2013 的 10.5.2 验证成套设备外露可导电部分与保护电路间的接地连续性。

对于这些连接的连续性,下述内容适用:

- a) 当把成套设备的一部分取出时,如例行维护,成套设备其余部分的保护电路(接地连续性)不中断。

如果采取的预防措施能够保证有持久良好的导电能力,则认为成套设备的各种金属部件的组装方式能够有效地保证保护电路的连续性。

除非是为此目的设计,否则柔软的或易弯的金属导管不用作保护导体。

- b) 在盖板、门、遮板和类似部件上面,如果没有安装超过特低电压限值(ELV)的电气装置,则认为通常的金属螺钉和金属铰链连接足以保证连续性。

如果在盖板、门、遮板等部件上装有电压值超过特低电压限值(ELV)的器件时,宜考虑采取附加措施,以保证接地连续性。这些部件宜考虑采用 GB/T 7251.1—2013 中表 3 的方式配备保护导体(PE),此保护导体的截面积取决于器件的最大额定工作电流 I_n ,或者,如果器件的额定工作电流 ≤ 16 A,则采用特别设计的等效的电连接方式(如滑动接触、防腐蚀铰链)并进行验证。

器件的外露可导电部分不能用其固定措施与保护电路连接时,宜考虑采用 GB/T 7251.1—2013 表 3 中的截面积的导体连接到成套设备的保护电路上。

成套设备的某些外露导电部分不会构成危险,如:

- 既不可能大面积接触,也不可能用手抓住;
- 或由于外露可导电部分尺寸很小(大约 50 mm×50 mm),或其位于不能与带电部分有任何接触的位置。

则不与保护导体连接。这适用于螺钉、铆钉和铭牌,也适用于接触器或继电器的衔铁、变压器的铁

芯、脱扣器的某些部件等类似部件,不论其尺寸大小。

如果可移式部件配备有金属支撑表面,而且施加在支撑表面上的压力足够大,则认为这些支撑面能充分保证保护电路的接地连接性。

6.4.3.2.3 防止成套设备供电的外部电路故障引起的后果所提供的保护导体的原则

成套设备内部保护导体的设计宜考虑使它们能够承受在成套设备的安装场地可能遇到的由其供电的外部电路故障所引起的最大热应力和电动应力,导体的结构部件可以作为保护导体或它的一部分。

原则上,除了下述情况外,成套设备内的保护导体不宜包含分断器件(开关、隔离器等):

——只有被授权的人员才可以借助工具来拆卸及接近保护导体的连接片(这些连接片可能是为了满足某些试验的需要)。

——当利用连接器或插头插座器件切断保护电路连续性时,只有当带电体被切断后,保护电路才可以被中断;在带电体重新通电之前,宜考虑先恢复保护电路的连续性。

如果成套设备中的结构部件、框架、外壳等是由导电材料制成的,则保护导体可以不与这些部件绝缘。当其制造商有说明时,带有电压动作故障检测器的导体,包括连接到独立接地极的导体宜考虑绝缘。这也适用于变压器中性线的接地连接。

与外部导体连接的成套设备内保护导体(PE、PEN)的截面积不宜小于 GB/T 7251.1—2013 附录 B 中公式计算求得的值,宜考虑采用可能出现的最大故障电流、故障持续时间以及考虑到保护相关带电导体的短路保护电器(SCPD)的限值。

对于 PEN 导体,下述原则适用:

——最小截面积为铜 10 mm² 或铝 16 mm²;

——PEN 导体的截面积通常不小于所需的中性导体截面积;

——PEN 导体在成套设备内不需要绝缘;

——结构部件一般不用作 PEN 导体,但铜或铝制安装轨道可用作 PEN 导体。

外部保护导体端子的详细内容见 6.7。

6.4.3.3 电气隔离

成套设备电路的电气隔离是用来防止由于电路的基本绝缘损坏通过接触外露可导电部分而引起的电击。这种类型的保护采用 GB/T 7251.1—2013 的附录 K 的方式。

6.4.4 全绝缘防护

采用“全绝缘防护”的成套设备等同于第 II 类设备。

对于全绝缘的基本防护和故障防护,宜考虑满足以下原则:

a) 元器件宜考虑采用双重或加强的绝缘材料完全封闭。外壳上宜标有从外部易见的符号“回”。

b) 外壳上通常不存在因导电部分穿过而可能将故障电压引出外壳的部位。

即对金属部件,例如由于结构上的原因必须引出外壳的操作机构的轴,在外壳的内部或外部宜采用成套设备中所有电路的最大额定绝缘电压和最大额定冲击耐受电压与带电部分绝缘。

如果操作机构是用金属制成的(不管是否用绝缘材料覆盖),操作机构通常有成套设备中所有电路的最大额定绝缘电压和最大额定冲击耐受电压的绝缘额定数据。

如果操作机构主要是用绝缘材料制成的,若它的任何金属部分在绝缘失效时变得容易接近,也推荐采用成套设备中所有电路的最大额定绝缘电压和最大额定冲击耐受电压与带电部分绝缘。

- c) 成套设备准备投入运行并接上电源时,宜考虑用外壳将所有的带电部分、外露可导电部分和附属于保护电路的部件封闭起来,以使它们不被触及。外壳提供的防护等级通常至少为 IP2XC (采用 GB/T 4208 的方式)。

如果保护导体穿过外露可导电部分已绝缘的成套设备,延伸到与成套设备负载端连接的电气设备,则该成套设备宜考虑配备连接外部保护导体的端子,并用适当标记加以识别。

在外壳内部,保护导体及其端子宜考虑与带电部分绝缘,且外露可导电部分通常采用相同方式与带电部分绝缘。

- d) 成套设备内部的外露可导电部分不宜连接到保护电路上,即外露可导电部分不包括在使用保护电路的防护措施中,这同时也适用于内装电器元件,即使它们具有用于连接保护导体的端子。
- e) 如果外壳上的门或覆板不使用钥匙或工具就能够打开,则宜考虑配备绝缘材料的挡板,此挡板不仅可防止非故意触及可接近带电部分,也可防止触及仅在覆板打开后可接近的外露可导电部分。无论如何,此挡板只有使用工具才能移开。

6.4.5 稳态接触电流和电荷的限定

如果成套设备内部的设备在其断电后还可能存有稳态接触电流和电荷(如电容器),则宜考虑装有警示牌。

用于灭弧和继电器延时动作等的小电容器,不认为是危险的设备。

注:如果在切断电源后的 5 s 之内,由静电产生的电压降至直流 60 V 以下时,非故意的接触不认为是危险的。

6.4.6 操作和使用条件

6.4.6.1 由一般人员操作器件或更换元件

当操作器件或更换元件时,宜考虑保持防止与任何带电部分的接触。

最小防护等级通常为 IPXXC。在某些灯或熔断体更换期间,允许开口大于防护等级 IPXXC 的相应值。

6.4.6.2 对被授权人员在维修时接近的原则

被授权人员在维修时的可接近性,作为成套设备制造商与用户的协议,宜参考 GB/T 7251.1—2013 的 8.4.6.2.2~8.4.6.2.4 中一项或多项原则。这些原则宜考虑作为对 6.4.2 基本防护的补充。

如果成套设备的门或覆板由被授权人员解除联锁后被打开而接近带电部分,则门重新闭合或覆板就位后,联锁装置自动恢复。

6.5 开关器件和元件的组合

6.5.1 开关器件和元件的安装

成套设备内的开关器件和元件的安装和布线宜依据其制造商提供的说明,使其本身的功能不致由于正常工作中出现相互作用,例如热、开合操作、振动、电磁场而受到损害。对电子成套设备,宜把电子信号处理电路隔离或屏蔽。

6.5.2 开关位置的指示和操作方向

宜考虑清晰地标识元件和器件的操作方向,见表 1。如果操作方向与 GB/T 4205 的原则不一致,则宜清晰地标识操作方向。

表 1 手控操作器件的操作方向与最终效应对照

序号	最终效应	手控操作器件的操作方向			
		垂直运动	水平运动	转动	推—拉(按钮)
1	开(投入运行)	向上	向右、向前	顺时针	提拉
2	关(退出运行)	向下	向左、向后	逆时针	按压
3	向右		向右	顺时针	
4	向左		向左	逆时针	
5	向上、升	向上	向前		
6	向下、降	向下	向后		
7	关闭(闭合电路)	向上	向前	顺时针	提拉
8	打开(分断电路)	向下	向后	逆时针	按压
9	增加	向上	向右、向前	顺时针	
10	减少	向下	向左、向后	逆时针	
11	前进(向前)	向上	向右		
12	后退(向后)	向下	向左		
13	开动(起动)	向上	向右、向前	顺时针	
14	刹住(停止)	向下	向左、向后	逆时针	

6.5.3 指示灯和按钮

对指定的颜色说明确切的含义,采用安全色标来传递安全信息,可提高操作人员的安全性。除非有相关产品标准的其他方式,否则指示灯和按钮的颜色推荐采用 GB/T 4025 的原则,成套设备用按钮和指示灯的颜色标记、标识见表 2。

表 2 安全色标及常用的按钮、指示灯、导线颜色

序号	类别	颜色	含义	说明	应用举例
1	安全色标	红	危险情况,宜禁止、停止	传递安全信息,使人们能迅速发现或分辨安全标志和提醒人们注意,以防发生事故	
2		蓝	操作者宜加干预		
3		黄	异常情况,警告、注意		
4		绿	安全状态运行		
5	按钮	红	紧急情况	在危险状态或在紧急情况时操作	紧急分断、引起紧急分断动作、可用于停止/分断
6		黄	异常	在出现异常状态时操作	干预、为了遏制不正常状态进行干预、为了使中断的自动化过程重新启动
7		绿	正常、安全	在安全条件下操作或在起动正常状态下操作	起动/接通、然而为此用途宜优先使用白色

表 2 安全色标及常用的按钮、指示灯、导线颜色 (续)

序号	类别	颜色	含 义	说 明	应用举例
8	按钮	蓝	强制性	在需要进行强制性干预的状态下进行操作	复位动作 ^a
9		白	没有特殊含义	一般地引发一个除紧急分断以外的动作	起动/接通(优先使用)、停止/分断
10		灰			起动/接通、停止/分断
11		黑			起动/接通、停止/分断(优先使用)
12	指示灯	红	紧急状况	危险状态	压力/温度超越安全范围、电压突然失落
13		黄	异常	异常状态;紧急临界状态	压力/温度超过正常范围,保护装置释放
14		绿	正常	正常状态	压力/温度在正常范围之内
15		蓝	强制性	表示需要操作人员采取行动的状态	输入指令
16		白	没有特殊意义	其他状态,如对使用红、黄、绿或蓝存在疑问时,允许使用白色	一般信息,例如:确认命令,指示测量值
17	导线	绿/黄 双色	保护导体	用于安全接地保护的导线	成套设备中保护接地母排,保护接地导线
18		淡蓝	中性线或中间线	与交流系统中性点连接的导体或直流系统电源的中间线	当电路中包含有用颜色来标识的中性线或中间线时,宜考虑采用淡蓝色
19		绿/黄 双色或 淡蓝 ^b	中性保护导线	保护线和中性线相连接的导线(PEN线)	在整个电源系统中,中性导体和保护导体是合一的TN系统
^a 复位按钮同时有停止/分断功能时,使用白、灰、黑色,黑色按钮最佳,可使用红色,但不宜使用绿色。 ^b 采用 GB/T 4026—2019 中 6.3.3 的方式,绝缘 PEN 导体可使用下述方法之一: ——全长使用绿-黄双色,终端和连接点另用蓝色标出;或 ——全长使用蓝色,终端和连接点另用绿-黄双色标出。					

6.6 内部电路和连接

电气设备宜考虑装设能与外部电路可靠连接的装置。

所需要的连接手段,如接插件、连接线、接线端子等,能承受相应的电(电压、电流和功率)、热(内部和外部受热)和机械(拉、压、弯、扭等)负载是非常重要的。特别容易造成危害的部位通过位置排列、结构设计和附加装置来保护是关键。

母线和导电或带电的连接件在使用时,通常不能发生过热、松动或造成危险的位移。

两个连接器件之间的导线尽量不设中间接头或焊接点,尽可能在固定的端子上进行接线。

绝缘导线一般不支靠在不同电位的裸带电部件和带有尖角的边缘上,宜考虑采用适当的方法固定、绝缘。

为保证成套设备内无短路保护电器(SCPD)保护的带电导体,在整个成套设备内的选择和安装宜考虑使其在相间或相与地之间内部短路的可能性极小。无保护导体的选择和安装采用 GB/T 7251.1—2013 中表 4 的方式,主母线与各个 SCPD 之间导体总长度不宜超过 3 m。

导体的识别方法和内容,例如利用连接端子上的或在导体本身末端上的排列、颜色或符号,推荐由成套设备制造商负责,且与接线图和原理图上的标志一致。

运用位置和(或)标志或颜色可以很容易识别保护导体。如果用颜色识别,通常只能是绿色和黄色(双色)。绿色和黄色(双色)严格地用于保护导体。如果保护导体是绝缘的单芯电缆,也宜考虑采用此种颜色标识,颜色标记最好贯穿整个长度。

主电路的任何中性导体运用位置和/或标志或颜色宜很容易地识别。

成套设备的导线颜色和标识分别见表 2 和表 3。

6.7 外接导线端子

端子宜考虑与外接导线进行连接(如采用螺钉、连接件等),并维持适合于电器元件和电路的电流额定数据和短路强度所需要的接触压力。

外部保护导体的端子的标记和识别宜考虑采用 GB/T 4026—2019 中相应的标识,如果外部保护导体准备与带有绿黄颜色清楚标记的内部保护导体连接时,则不宜用此符号。

电气设备的接线端子、接地、危险等标记宜考虑采用表 3 和表 4 的标记和符号。对特殊的操作类型和运行条件等宜扼要说明。

表 3 导线及其接线端子的字母数字标识和图形符号标识

符号	导线	导线线端的标识	设备接线端子的标识	图形符号
1	交流导体			
	相线 1	L1 ^a	U	
	相线 2	L2 ^a	V ^b	
	相线 3	L3 ^a	W ^b	
	中间导体	M	M	
	中性导体	N	N	
2	直流导体			
	正极	L+	+	
	负极	L-	-	
	中间导体	M	M	
	中性导体	N	N	
3	保护导体	PE	PE	
4	PEN 导体	PEN	PEN	
5	功能接地导体	FE	FE	
6	功能联结导体	FB	FB	
^a “L”之后的数字只在多相系统中使用。 ^b 只在多相系统中使用。				

表 4 其他安全标志符号

符号	名称	图形符号	说明
1	危险电压		用于各种电气设备。标识危险电压引起的危险
2	短路保护变压器	 或 	指明该变压器能承受内部或外部短路
3	非短路保护变压器	 或 	指明该变压器不宜承受内部或外部短路
4	隔离变压器	 或 	指明该变压器是隔离型的。该变压器输入绕组与输出绕组在电气上彼此隔离,用以避免偶然同时触及带电体(或因绝缘损坏而可能带电的金属部件)和地所带来的危险
5	安全隔离变压器		指明该变压器是安全隔离变压器。它是为安全特低压电路提供电源的隔离变压器
6	Ⅱ类设备		表示能满足第Ⅱ类设备安全原则的设备

7 性能要点

7.1 介电性能

7.1.1 通则

成套设备的每条电路都承受:

- 暂时过电压;
- 瞬态过电压。

用施加工频耐受电压的方法验证成套设备承受暂时过电压的能力及固体绝缘的完整性;用施加冲击耐受电压的方法验证成套设备承受瞬态过电压的能力。

7.1.2 工频耐受电压

对成套设备实施工频介电试验,即通常的“工频耐压试验”,它包括在所有的带电部分之间和带电部分与成套设备的外露可导电部分之间施加试验电压。

GB/T 7251.1—2013 中 10.9.2.1 给出了相应的试验电压值。试验电压通常具有近似正弦波形,

且频率在 45 Hz~65 Hz 之间。施加试验电压时,开始施加时的试验电压不宜超过全试验电压值的 50%,然后将试验电压平稳增加至全试验电压值,并维持 5^{+2}_0 s,例行检验的试验电压持续时间为 1 s。注意,在输出电压已调整到合适的试验电压值后,当输出端子短路时,用于试验的高压变压器宜考虑设计为输出电流至少为 200 mA。试验电压值为 GB/T 7251.1—2013 表 8 或表 9 中的相应值,偏差 $\pm 3\%$ 。

7.1.3 冲击耐受电压

如果制造商已标明了成套设备的冲击耐受能力,则宜考虑进行冲击耐受电压试验。GB/T 7251.1—2013 附录 G 中表 G.1 给出了系统中相应电压和部位的适当值。

采用加强绝缘的成套设备宜考虑比对应于基本绝缘确定的额定冲击耐受电压高一级的值来确定,如果基本绝缘对应的冲击耐受电压不是优选值,则加强绝缘宜考虑用能承受基本绝缘需求的冲击耐受电压的 160% 来确定。

对具有双重绝缘的成套设备,在基本绝缘和附加绝缘不能分开进行试验时,则可认为该绝缘系统如同加强绝缘。

7.1.4 验收准则

试验过程中,过流继电器不动作,且没有击穿放电。

7.2 温升

成套设备的温升是确定成套设备的可靠性和长期工作能力的主要验证项目之一。过高的温度会导致部件及绝缘的早期老化和最终故障。同时,接触热的盖板或操作器件所带来的安全问题也很重要。

成套设备的设计宜考虑影响成套设备的满足本文件中温升极限的诸多因素,对于成套设备各个部件的限值见表 5。

表 5 温升限值

成套设备的部件	温升 K
内装元件 ^a	根据各个元件的产品标准,或根据元件制造商的说明书 ^b ,考虑成套设备内的温度
用于连接外部绝缘导线的端子	70°
母线和导体	受下述条件限 ^b : ——导电材料的机械强度 ^d ; ——对相邻设备的可能影响; ——与导体接触的绝缘材料的允许温度极限; ——导体温度对其相连的电器元件的影响; ——对于接插式触点,接触材料的性质和表面的处理
操作手柄 ——金属的;	15°
——绝缘材料的	25°

表 5 温升限值 (续)

成套设备的部件	温升 K
可接近的外壳和覆板 ——金属表面； ——绝缘表面	30 ^f 40 ^f
分散排列的插头与插座连接	由组成部件的相关设备的那些元件的极限温升而定 ^g
<p>注 1: 当温升超过 105 K 时,铜很容易产生退火。其他材料宜有不同的最大温升值。</p> <p>注 2: 本表中给出的温升限值在使用条件下周围空气平均温度不宜超过 35 ℃。</p>	
<p>^a “内装元件”一词指:</p> <p>——常用开关设备和控制设备;</p> <p>——电子部件(例如:整流桥、印刷电路);</p> <p>——设备的部件(例如:调节器、稳压电源、运算放大器)。</p> <p>^b 对于 GB/T 7251.1—2013 中 10.10 的温升试验,宜由初始制造商在考虑元件制造商所采用的任何附加测量点和限值的基础上给出温升极限。</p> <p>^c 温升极限为 70 K 是 GB/T 7251.1—2013 中 10.10 的常规试验得出的数据。在安装条件下使用或试验的成套设备,由于接线、端子类型、种类、布置与试验所用的不尽相同,因此端子的温升会不同,这是可以的。如果内装元件的端子同时也是外部绝缘导线的端子,则可采用较低的温升极限值。温升限值是元件制造商给出的最大温升和 70 K 之间的较小值。缺少制造商说明书时,它是内装元件与产品标准一致的限值,且不超过 70 K。</p> <p>^d 如满足列出的所有判据,裸铜母线和裸铜导体的最大温升不宜超过 105 K。</p> <p>^e 那些只有在成套设备打开后才能接触到的成套设备内的手动操作机构,例如:不经常操作的抽出式手柄,认为其温升极限提高 25 K 是可接受的。</p> <p>^f 除非另有说明,在正常工作情况下可以接近但不需触及的外壳和覆板,认为其温升提高 10 K 是可接受的。距离成套设备基座 2 m 以上的外表面和部件认为是不可触及的。</p> <p>^g 就某些设备(如电子器件)而言,它们的温升限值不同于那些通常的开关设备和控制设备,有一定程度的灵活性。</p>	

从表 5 可看出,温升极限是为外部接口如电缆端子、盖板和操作手柄设定的。在操作手柄和盖板中所用材料的不同使其最终的效果有一定的差别。例如塑料盖板的温升限值是 40 K(加上日平均温度 35 ℃),则塑料盖板的最高允许温度为 75 ℃。在此温度以下的情况,认为是可接受的。

对成套设备内的其他部件,在温度限值内不会产生有害影响。这意味着如果没有限制温度,将对成套设备的操作使用造成安全隐患。制造商宜考虑保证成套设备的温度不超过部件、材料特别是绝缘材料的承受能力。

成套设备的电气部件在给定负载下的不同环境温度中工作,每个部件在不同温度下会有不同的容量。由于密集的接线,一个元器件可能会把热量传导另一个元器件上。同时,相邻的电路也会产生一定的热效应。为了克服上述问题,宜考虑采取合适的通风措施。

另外,外壳防护等级的提高,过热的可能性也随之增加,此时部件降容使用是有必要的。

可以采用试验、类似方案额定数据推导及计算的方法验证成套设备在相应负载条件下的温升。采用 GB/T 7251.1—2013 中 10.10 或 GB/T 24276 的方法验证成套设备的温升是非常必要的。

进行温升试验时,成套设备内的所有的电器元件通常像正常工作那样闭合,控制电路施加额定电压,试验电流加在进线电路上,由出线电路分配电流。每个电路施加的负载电流等于其额定电流乘以实

际的分散系数,GB/T 7251.1—2013 附录 E 给出了一些额定分散系数的例子。

温升试验是时间的积累,试验持续的时间宜考虑足以使温度上升到稳定为止(时间一般不超过 8 h)。通常采用热电偶对温升试验的最后几小时的温度予以监视,温度测量的部位是可接近的外壳和覆板、操作手柄、母线及连接处、绝缘子、电缆端子、电器和(或)内部空气温度等。

为了说明在成套设备内的潜在功耗,表 6 列出了一些有关功耗的典型试验结果。

表 6 典型的功率损耗

成套设备的部件	功率损耗 W
1 000 A 水平母线(每米)	23.5
15 kW 电动机(采用直接起动—熔断器保护)	32
315 A 刀熔开关	130
2 000 A 万能式断路器	365

由表 6 可见,一个典型的抽出式电动机控制柜可以散发约 400 W 的热量,由于各种因素的影响,可能会超出以上数据。如果所装电路会产生大量的热或由于较高的环境温度造成柜架散热能力减小,问题是相当严重的。如果柜架单元的自然通风不充足,则宜考虑采取适当的措施,例如强迫通风。

温度会直接影响成套设备的使用寿命,较低的温升是延长成套设备寿命和可靠性的关键。

7.3 短路保护和短路耐受强度

7.3.1 通则

成套设备通常耐受不超过额定值的短路电流所产生的热应力和电动应力。制造商宣称的短路耐受强度除采用试验验证外,还可以通过使用核查表、计算来验证。

7.3.2 可免除短路耐受强度验证的成套设备电路

以下情况不宜进行短路耐受强度的验证:

- a) 额定短时耐受电流或额定限制短路电流不超过 10 kA(有效值)的成套设备。
- b) 成套设备或成套设备电路采用限流器件保护,该器件在最大允许预期短路电流时,在成套设备进线电路端子上的截断电流不超过 17 kA。
- c) 与变压器相连接的成套设备中的辅助电路,该变压器次级额定电压不小于 110 V 时,其额定容量不超过 10 kVA;或次级额定电压小于 110 V 时,其额定容量不超过 1.6 kVA,而且其短路阻抗不小于 4%。

所有其他电路都宜通过短路耐受强度验证。

7.3.3 通过与一个基准设计比较进行验证——使用核查表

通过与一个基准设计比较进行验证是将需验证的成套设备与已经过试验验证的成套设备进行比较,其核查表见表 7。

表7 通过与一个基准设计比较进行短路验证的核查表

序号	需要考虑的原则	是	否
1	评估成套设备每条电路的短路耐受等级,是否小于或等于基准设计?		
2	评估成套设备每条电路的母线和连接点的截面尺寸,是否大于或等于基准设计?		
3	评估成套设备每条电路的母线和连接点的中心线间距,是否大于或等于基准设计?		
4	评估成套设备每条电路的母线支撑件的类型、形状、材料同基准设计是否相同, 沿母线长度方向支撑的间距是否小于或等于基准设计的中心线间距? 是否有相同设计和相同机械强度的母线支撑件的安装结构?		
5	评估成套设备每条电路导体的材料及其性能是否与基准设计相同?		
6	评估成套设备每条短路保护电器,看其制造和系列 ^a 与器件制造商给出的极限特性(I^2t, I_{pk}) 是否相同或更好?看其是否有同基准设计的相同的布置?		
7	评估成套设备的每一无保护电路的无保护带电导体的长度(6.6),是否小于或等于基准设计?		
8	如果被评估的成套设备包括外壳,当试验验证时,基准设计是否包括外壳?		
9	有同样设计和型号的被评估的成套设备的外壳,是否至少与基准设计有相同的尺寸?		
10	评估成套设备每条电路的隔室是否有同基准设计相同的机械设计和至少有相同的尺寸?		
所有原则为“是”——不需要进一步验证; 任何一个原则为“否”——宜进一步验证。			
^a 不同系列相同制造商的短路保护电器宜认为器件制造商宣称的性能特性与用于验证的系列所有相关方面相比相同或更好,例如:分断能力和极限特性(I^2t, I_{pk})和临界距离。			

如果核查表中标识的任何部件与核查表的原则不一致,则这项将被标记为“否”,运用 7.3.4 和 7.3.5 的方法之一进行验证。

7.3.4 通过与一个基准设计比较进行验证——使用计算

通过计算,对成套设备及其电路的额定短时耐受电流进行评估时,将被评估的成套设备与另一个通过试验验证的成套设备相比较,成套设备主电路的验证评估采用 GB/T 7251.1—2013 中附录 P 的方法。此外被评估的成套设备的每一电路宜考虑满足表 7 中第 6 项、8 项、9 项和 10 项的原则。

记录使用的数据、做过的计算和进行的对比。

如果上述的任何一个或多个原则不满足,则成套设备及其电路宜通过 7.3.5 的试验进行验证。

7.3.5 用试验进行验证

采用 GB/T 7251.1—2013 中 10.11.5.3 方法对成套设备进行试验验证,以考核成套设备耐受不超过额定值的短路电流所产生的热应力和电动应力。成套设备宜考虑采取针对短路电流的防护措施,例如,断路器、熔断器或两者的组合件,上述元器件通常安装在成套设备的内部或外部。

进行全部试验的成套设备或其部件通常像正常使用时一样安装。每一种类型的电路抽出一台成套设备进行试验。

典型试验包括:

a) 出线电路

开关器件宜闭合,出线端子用螺栓进行短路连接。试验电压宜考虑维持足够长的时间,使出线

单元的 SCPD 动作以消除故障,且在任何情况下,不得少于 10 个周期(试验电压持续时间);或者当出线电路不包括 SCPD 时,根据初始制造商对母线的说明来确定短路电流的大小和持续时间,出线电路的试验也会导致进线电路 SCPD 动作。

b) 进线电路及主母线

对有主母线的成套设备进行试验,以检验主母线和至少含一个拟向外延伸母线接点的进线电路的短路耐受强度。试验中短路点通常选择包括主母线长度在内的长度为 $2\text{ m} \pm 0.4\text{ m}$ 处。在验证额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流时,此距离可增加,在所提供的任何适宜的电压下进行试验,试验电流宜为额定值。如所设计的成套设备的被试验母线长度小于 1.6 m ,而且成套设备不打算再扩展时,则宜试验整个母线的全长,短路点最好设在这些母线的末端。如果一组母线是由不同母线段构成(诸如截面,导线中心线间隔,母线类型和每米母线上支架的数量)且满足上面所提的条件,则每一柜架单元宜分别或同时进行试验。

c) 出线单元电源侧的连接

如果成套设备的主母线和出线功能单元电源侧之间所包含的导体(包括配电母线)带有 SCPD,则每种类型宜选择一条电路进行附加试验。

用螺栓将导体连接到单独的出线单元的母线上来实现短路,短路点宜尽量靠近出线单元母线侧的端子。短路电流值及其持续时间最好与主母线相同。

d) 中性导体

如果电路中存在中性导体,则宜进行一次试验以检验它与电路中最靠近的相导体(包括任何一个连接点)的短路耐受强度。试验电流至少为三相试验时相电流的 60%。

如果不进行试验,则需考虑试验电流是相电流的 60% 并且中性导体满足以下条件:

- 与相导体有相同的形状和截面;
- 与相导体的支撑方式相同,沿导体长度的支撑间距不大于相导体的支撑间距;
- 与最靠近相导体的距离不小于相导体间的距离;
- 与接地金属工件的距离不小于同相导体的距离。

7.3.6 试验结果

试验后,如电气间隙和爬电距离仍为 6.3 的相应值,则接受母线和导体的变形。此时如对电气间隙和爬电距离有疑问,则进行测量。

绝缘性能用来保证设备的机械和介电性能满足成套设备标准的原则。母线绝缘件、支撑件或电缆固定件不分成两块或多块,且在支撑件的反面不出现裂隙,支撑件的整个长度或宽度,以及表面也不出现裂缝。如对成套设备的绝缘性能有疑问,宜考虑采用 GB/T 7251.1—2013 中 10.9.2 的方法,以 $2U$ 。且不小于 $1\ 000\text{ V}$ 电压进行附加的工频试验。

导线的连接部件不松动,而且导线不从输出端子上脱落。

成套设备的母线或结构的变形使其使用受到损害,宜考虑视为无效。

成套设备母线或结构的变形使可移式部件正常插入或移出受到损害,宜考虑视为失效。

短路引起的外壳或内部隔板、挡板和屏障的变形是允许的,只要没有明显的削弱其防护等级,电气间隙或爬电距离没有减小到小于 6.3 的相应值以下。另外,在短路耐受强度试验后,被试设备通常承受 7.1 的介电试验。“试验后”的电压值与相关的短路保护电器标准的原则一致。试验部位如下:

- a) 在成套设备所有带电部分与外露可导电部分之间;或
- b) 在每一极与被连接到成套设备外露可导电部分的所有其他极之间。

如进行上述 a) 和 b) 项试验,则宜考虑更换熔断器并闭合开关器件。

熔体不宜显示故障电流,检查装入成套设备内的元器件是否满足条件。

7.4 保护电路完整性

7.4.1 通则

成套设备内适宜的保护电路是必不可少的。其主要功能是当非载流部件一旦意外地带电时,对人身进行保护。

一般情况,成套设备的金属结构构成其基础保护电路。对于多柜架单元,推荐配置一个贯穿成套设备整个长度的保护导体(接地排)。

成套设备的外露可导电部分与保护电路之间的有效连接由 7.4.2 和 7.4.3 完成保护电路(接地排)的功能。

7.4.2 保护电路有效性结构原则

成套设备的保护电路的有效性取决于其结构是否满足:

- a) 大于 50 mm×50 mm 可以被触及的所有外露可导电部分有效地连接到保护电路上;
- b) 操作手柄等被有效地连接到保护电路上或进行适宜的绝缘;
- c) 一个部件从成套设备上移出而不切断其他部件的保护电路;
- d) 门和盖板不被密封垫完全绝缘;
- e) 保护电路的尺寸标准,而且有承受预期保护电流的能力。

7.4.3 成套设备外露可导电部分与保护电路之间的有效接地的连续性

成套设备的不同外露可导电部分通常有效地连接到进线外部保护导体的端子上,且电路的电阻不宜超过 0.1 Ω。

推荐使用电阻测量仪器进行验证,此仪器至少输出 10 A 交流或直流电流。在每个外露可导电部分与外部保护导体的端子之间通以此电流,电阻不超过 0.1 Ω。

宜考虑限制试验时间,否则,低电流设备会受到试验的不利影响。

7.4.4 保护电路的短路耐受强度

7.4.4.1 通则

成套设备外壳及其保护电路(接地系统)能够耐受额定短路电流造成的热应力和电动应力。可通过与一个基准设计比较或通过试验进行。宜考虑由初始制造商确定在 7.4.4.3 和 7.4.4.4 中应用的基准设计。

7.4.4.2 免除短路耐受验证的保护电路

满足 6.4.3.2.3 的单独保护导体,如果满足 7.3.2 中的情况之一,则不进行短路试验。

7.4.4.3 通过与一个基准设计比较进行验证——使用核查表

当待验证的成套设备与已试验的设计使用核查表 7 中的 1 项~6 项和 8 项~10 项进行比较无偏差时,则验证通过。

为确保流过外露可导电部分具有相同承载故障电流的能力,提供的保护导体与外露可导电部分间连接的部件的设计、数量和布置宜与应试验的基准设计相同。

7.4.4.4 通过与一个基准设计比较进行验证——使用计算

验证是基于与采用 7.3.4 方法计算的基准设计相比较进行的。

为确保流过外露可导电部分具有相同承载故障电流的能力,提供的保护导体与外露可导电部分间连接的部件的设计、数量和布置宜考虑与应试验的基准设计相同。

7.4.4.5 通过试验验证

7.4.4.5.1 通则

试验不用于 7.3.2 所述的电路。

单相试验电源一极连接到一相的进线端子上,另一极连接到进线保护导体的端子上。如果成套设备带有单独的保护导体,宜考虑使用最靠近的相导体。对于每个代表性的出线单元,宜考虑进行单独试验,即用螺栓在单元的对应出线相端子与相关的出线保护导体的端子之间进行短路连接。

试验中的每个出线单元都配有其保护器件,可将保护器件装入出线单元,宜使用可通过最大峰值电流值和 I^2t 值的保护器件。

对于此项试验,成套设备的框架通常与地绝缘。试验电压等于 1.05 倍额定工作电压的单相值。除非初始制造商与用户另外达成协议,保护导体试验电流值宜至少是成套设备三相试验期间相电流的 60%。

试验的所有其他条件与 7.3.5 条件相似。

7.4.4.5.2 试验结果

无论是由单独导体或是由框架所组成的保护电路,其连续性和短路耐受强度没有遭受严重破坏。

采用目测检查和对相关出线单元通以额定电流的方法进行测量,以验证上述结果。短路引起的外壳或内部隔板、挡板和屏障的变形是允许的,只要没有明显的削弱其防护等级,电气间隙或爬电距离没有减小到小于 6.3 中相应的值。

7.5 电磁兼容性(EMC)

7.5.1 通则

在没有专门协议的情况下,对属于本文件范围的大多数成套设备,宜考虑下面的两种环境条件:

- a) A 类环境;
- b) B 类环境。

A 类环境:主要与高压或中压变压器供电电网有关,它用于为生产输送装置或类似装置供电,并且拟工作在工业场所或接近工业场所,如下所述。本文件同样适用于电池供电和拟在工业场所应用的设备。

环境为工业环境,包括户内和户外。

工业场所表现为以下一种或几种附加特征:

- 工业、科研和医疗(ISM)设备;
- 频繁切换的大感性或容性负载;
- 电流及其所产生的高磁场。

注 1: A 类环境涵盖在 EMC 通用标准 IEC 61000-6-2 和 GB 17799.4—2012 中。

B 类环境:主要与低压公共主电网或连接到直流电源的设备有关,直流电源作为设备与低压公共主电网的接口。也适用于电池供电或由非公共、非工业、低压电源配电系统供电的设备。此设备应用场所如下所示。

环境涵盖居民区、商业区和轻工业区,包括户内和户外。如下所列,虽然不详尽,但表明了所涵盖的场所:

- 居民区,例如住宅、公寓;

- 零售店,例如商店、超市;
- 商业建筑,例如办公室、银行;
- 公共娱乐场所,例如电影院、公共酒吧、舞厅;户外场所,例如加油站、停车场、娱乐和体育中心;
- 轻工业场所,例如车间、实验室和服务中心。

以通过低压公共主电网直接供电为特征的场所,认为是居民区、商业区和轻工业区。

注 2: B 类环境涵盖在 EMC 通用标准 IEC 61000-6-1 和 GB 17799.3—2012 中。

成套设备制造商宜考虑指出其成套设备所使用的环境类别,是 A 类环境和(或)B 类环境。

7.5.2 试验原则

包含了或多或少的器件和元件随机组合的成套设备,在多数情况下是一次性生产或组装。

如果满足下述条件,则不推荐在最终的成套设备上进行 EMC 抗干扰或发射试验:

- a) 运用 7.5.1 中给出的环境的 EMC 原则装入的器件和元件与相关产品的标准或通用的 EMC 标准的原则一致。
- b) 内部的安装及布线是根据器件和元件制造商的说明书进行的(关于互相影响、电缆、屏蔽和接地等方面的安排)。

其他情况通过 7.5.3 和 7.5.4 的试验来验证 EMC 性能。

7.5.3 抗干扰

不装有电子电路的成套设备在正常使用条件下不易受电磁骚扰,不宜进行抗干扰试验。

安装在成套设备内的电子装置的抗干扰性能通常与相关产品标准或通用 EMC 标准一致,并根据成套设备制造商的说明适用于指定的 EMC 环境中。

试验宜考虑依据相应的 A 类环境或 B 类环境,表 8 给出了 A 类环境成套设备抗干扰试验的信息,表 9 给出了 B 类环境成套设备抗干扰试验的信息,除非相关产品标准和电子器件制造商认为有正当的理由时给出了不同试验等级。

成套设备制造商提供的性能指标,宜考虑满足表 10 中的验收准则。

表 8 A 类环境中对 EMC 抗扰度的试验

试验项目	所需要的试验等级	验收准则 ^c
静电放电抗扰度试验 GB/T 17626.2	±8 kV/空气放电或±4 kV/接触放电	B
射频电磁场辐射抗扰度试验 GB/T 17626.3 从 80 MHz 到 1 GHz 和 从 1.4 GHz 到 2 GHz	在外壳端口 10 V/m	A
电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验 GB/T 17626.4	电源端口±2 kV 信号端口包括辅助电路和功能接地 ±1 kV	B
1.2/50 μs 和 8/20 μs 浪涌抗扰度试验 ^a GB/T 17626.5	电源端口(线对地)±2 kV 电源端口(线对线)±1 kV 信号端口(线对地)±1 kV	B
工频磁场抗扰度试验 GB/T 17626.8	30 A/m ^b 在外壳端口	A

表 8 A 类环境中对 EMC 抗扰度的试验 (续)

试验项目	所需要的试验等级	验收准则 ^c
电压暂降和短时中断抗扰度试验 ^d GB/T 17626.11	0.5 个周期下降 30% 5 和 50 个周期下降 60% 250 个周期下降大于 95%	B C C
电源谐波抗扰度试验 GB/T 17626.13	无	
^a 对于额定电压 ≤ 24 V DC 的设备和/或输入/输出端口, 不进行试验。 ^b 仅适用于成套设备中包含易受工频磁场影响的器件。 ^c 验收准则与环境无关, 参见 GB/T 7251.1—2013 中表 13。 ^d 仅适用于电源输入端口。		

表 9 B 类环境中对 EMC 抗扰度的试验

试验项目	所需要的试验等级	验收准则 ^c
静电放电抗扰度试验 GB/T 17626.2	±8 kV/空气放电 或 ±4 kV/接触放电	B
射频电磁场辐射抗扰度试验 GB/T 17626.3 从 80 MHz 到 1 GHz 和从 1.4 GHz 到 2 GHz	外壳端口 3 V/m	A
电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验 GB/T 17626.4	电源端口 ±1 kV 信号端口包括辅助电路和功能接地 ±0.5 kV	B
1.2/50 μs 和 8/20 μs 浪涌抗扰度试验 ^a GB/T 17626.5	±0.5 kV(线对地)用于信号和电源端口, 除主电源外,输入端口宜用 ±1 kV(线对地) ±0.5 kV(线对线)	B
射频传导抗扰度试验 GB/T 17626.6 从 150 kHz 到 80 MHz	电源端口、信号端口、和功能接地 3 V	A
工频磁场抗扰度试验 GB/T 17626.8	3 A/m ^b 在外壳端口	A
电压暂降和短时中断抗扰度试验 ^d GB/T 17626.11	0.5 个周期下降 30% 5 个周期下降 60% 250 个周期下降大于 95%	B C C
电源谐波抗扰度试验 GB/T 17626.13	待制定	
^a 对于额定电压小于或等于 24 V DC 的设备和/或输入/输出端口, 不进行试验。 ^b 仅适用于成套设备中包含易受工频磁场影响的器件。 ^c 验收准则与环境无关, 参见 GB/T 7251.1—2013 中表 13。 ^d 仅适用于电源输入端口。		

表 10 电磁骚扰出现时的验收准则

项目	验收准则 (试验期间性能准则)		
	A	B	C
一般性能	工作特性无明显变化理想的运行	可自恢复的性能暂时降低或丧失	性能暂时降低或丧失,需要操作者干预或系统复位 ^a
电源电路和辅助电路的运行	无有缺点的运行	可自恢复的性能暂时降低或丧失 ^a	性能暂时降低或丧失,需要操作者干预或系统复位 ^a
显示和控制板的运行	目测显示信息无变化。仅发光二极管有轻微的亮度变化或轻微的字符移动	短暂的可视变化或信息丢失。发光二极管非正常发光	停机或显示持久丢失。错误的信息和/或非法操作模式,宜显示或提供指示。无法自行恢复
信息处理和检测功能	与外部设备的通信和数据交换未受影响	暂时的通信故障,会造成内部和外部设备出错	错误的处理信息。数据和/或信息丢失。通信出错。无法自行恢复
^a 在产品标准中,宜详细给出相关原则。			

7.5.4 发射

不装有电子电路的成套设备只是在偶然的通断操作过程中,设备可能产生电磁骚扰。骚扰的持续时间为毫秒级。这种发射的频率、等级及后果被视为低压设备的正常电磁环境的一部分,可以认为满足了电磁发射的原则,不进行验证。

装有电子电路的成套设备(例如,开关电源、包含有高频时钟的微处理器的电路)可能出现持续的电磁骚扰。

此类产品的发射原则不超过相关产品标准中的限值或 GB 17799.4—2012 中 A 类环境的原则和(或)GB 17799.3—2012 中 B 类环境的原则。试验采用相关产品标准的方法进行,如果有,否则由制造商制定试验方法。

A 类环境的发射限值与 GB 17799.4—2012 表 1 一致。

B 类环境的发射限值与 GB 17799.3—2012 表 1 一致。

如果成套设备包含通信端口,相关端口及环境的选择宜考虑与 IEC/CISPR 22 的发射原则一致。

7.6 安全操作

7.6.1 通则

电路接通和分断的控制,宜考虑最大限度的安全性,以防止造成误接通、误分断。对于手动控制器件,要考虑操作器件运动的作用清楚了,必要时辅以容易理解的图形符号和文字说明。对自动或部分自动开关的控制过程,排除由于过程重叠或交叉可能造成的危险是极其重要的,宜考虑安装相应的联锁或限位装置。

如果在成套设备上装有控制装置和作为特殊安全技术措施的联锁机构,这些机构宜考虑具有强制性的作用。在下列情况之一时,满足此条件:

- a) 特殊安全技术措施要与成套设备的工作过程和运行过程的开始同时起作用;

- b) 特殊安全技术措施作用之后,工作过程和运行过程才有可能开始;
- c) 在工作人员接近危险区域时,先强制性地停止工作过程和运行过程。

7.6.2 紧急切断

如遇下列情况时,成套设备宜考虑装设紧急开关:

- a) 在可能发生危险的区域内,工作人员不能快速地操纵正常操作开关去消除出现的危险;
- b) 有几个可能造成的危险部分存在,工作人员不能快速地操纵一个共用的操作开关来终止出现的危险;
- c) 由于切断某个部分,可能引起危险;
- d) 在控制台处不能看到所控制的全套设备。

无论是被接通还是被分断电源的成套设备,防止由于起动紧急开关而造成事故。紧急开关宜考虑用醒目的红色标记,并采用手动复位。

7.6.3 防止误起动措施

对于在安装、维护、检验时,察看危险区域或人体部分(例如手或臂)需要伸进危险区域的设备,以防止误起动。可通过下列措施来实现:

- a) 先强制分断成套设备的电源输入;
- b) 在“断开”位置用多重闭锁的总开关;
- c) 控制或联锁元件位于危险区域,并只能在此处闭锁或起动;
- d) 具有可拔出的开关钥匙。

7.6.4 手控操作器件的操作方向

说明手控操作器件的操作方向,可提高操作人员的安全性。成套设备的制造商在元件和器件的安装方案中,宜考虑保持与 GB/T 4205 中的操作方向一致。常用的操作方向见表 1。

附录 B 中提供了成套设备的待验证的设计验证清单。

附 录 A
(资料性)
用户信息模板

下述内容为成套设备制造商与用户间所达成的协议款项。某些情况下,这些款项可由成套设备制造商声明的资料所替代。

表 A.1 有助于标准中相关内容的查找,也可作为应用于单独产品标准的样板。

表 A.1 用户信息模板

序号	特性	GB/T 24621.1—2021 所涉及的条款	可供参考的指标	用户需求 ^a
1	电气系统			
	接地系统	4.6、6.4.3.1、 6.4.3.2.3、7.4		
	标称电压/V	4.2.1、4.2.2		
	瞬态过电压	7.1		
	暂态过电压	7.1		
	额定频率 f_n /Hz	4.5		
	现场其他试验条件:布线、工作性能和功能	6.5.1、6.6、7.6		
2	短路耐受能力			
	进线功能单元中的短路保护电器(SCPD)	6.4.3.2.3		
	短路保护电器的配合,包括外部短路保护电器在内	4.3.5		
	可能增大短路电流的负载的相关数据			
	电源端的预期短路电流 I_{cp} /kA			
	中性母排的预期短路电流	7.3.5	相电流的 60%	
	保护电路中的预期短路电流	7.4.4.5	相电流的 60%	
3	符合 GB/T 16895.21 对人的电击防护			
	电击防护类型——基本防护(对直接接触的防护)	6.4.2	基本防护	
	电击防护类型——故障防护(对间接接触的防护)	6.4.3	故障保护	
4	安装环境			
	场所类型	6.1.4、6.2		
	防止固体异物和水的进入	6.2.2		
	外部机械碰撞(IK)	6.2.1		
	耐紫外线辐射(适用于非特殊用途的户外成套设备)	6.1.4		
	耐腐蚀性	6.1.2		

表 A.1 用户信息模板 (续)

序号	特性	GB/T 24621.1—2021 所涉及的条款	可供参考的指标	用户需求 ^a
	周围空气温度——下限		户内: -5 °C 户外: -25 °C	
	周围空气温度——上限		40 °C	
	周围空气温度——日平均温度最大值		35 °C	
	污染等级(安装环境的)		工业用途: 3	
	海拔		≤2 000 m	
	EMC 环境(A 或 B)	7.5		
	特殊使用条件(如: 振动, 异常凝露, 严重污染, 腐蚀性环境, 强电场或强磁场, 霉菌, 微生物, 爆炸性危险, 强烈振动和冲击, 地震)			
5	安装方式			
	类型	4.6		
	静止的/可移动的			
	最大外形尺寸和质量	4.6、5.2.1		
	外接导体类型			
	外接导体方位			
	外接导体材料			
	外接相导体, 截面积, 端子			
	外接 PE、N、PEN 导体截面积, 端子	6.4.3.2.3		
	特殊端子标识原则	6.7		
6	存放和装卸			
	运输单元最大尺寸和质量	4.6		
	运输方式(如叉车、起重机)	5.2.2、6.1.6		
	不同于正常使用条件的环境条件			
	包装事项	5.2.2		
7	操作原则			
	接近手动操作器件	6.4.6		
	手动操作器件场所			
	负载安装设备的隔离	6.4.2、6.4.3.3、6.4.6		
8	维护和升级能力			
	一般人员使用中可接近性的原则; 成套设备通电时操作器件或更换元件的原则	6.4.6.1		

表 A.1 用户信息模板（续）

序号	特性	GB/T 24621.1—2021 所涉及的条款	可供参考的指标	用户需求 ^a
	检查和类似操作时对可接近性的原则	6.4.6.2		
	授权人员使用中维修时对可接近性的原则	6.4.6.2		
	授权人员使用中带电扩展时对接近性的原则	6.4.6.2		
	功能单元连接方法			
	在维护或升级期间对直接接触内装危险带电部分的防护(如功能单元、主母线、配电母线)	6.4		
9	载流能力			
	成套设备的额定电流 I_{nA} (安培)	4.3.1、4.4、7.2		
	电路的额定电流 I_{nC} (安培)	4.3.2		
	额定分散系数	4.4		
	中性导体与相导体的截面积比值： 相导体不超过 16 mm^2		100%	
	中性导体与相导体的截面积比值： 相导体超过 16 mm^2		50% (最小 16 mm^2)	
^a 对于特别复杂的应用,用户宜提出更严格的指标。				

附录 B

(资料性)

待验证的设计验证清单

表 B.1 详细列出了成套设备待验证的设计验证的具体项目,可依据表里内容查询成套设备的结构要点和性能要点的验证方法。

表 B.1 待验证的设计验证清单

序号	待验证的特征	章条号	可用的验证选项		
			试验	与一个基准设计比较	评估
1	材料和部件强度	6.1	是	否	否
	耐腐蚀性	6.1.2			
	绝缘材料性能	6.1.3	是	否	否
	热稳定性	6.1.3.1			
	耐受由内部电效应导致的非正常发热和着火	6.1.3.2	是	否	是
	耐紫外线辐射(UV)	6.1.4	是	否	是
	机械强度	6.1.5	是	否	否
提升	6.1.6	是	否	否	
2	外壳防护等级	6.2	是	否	是
3	电气间隙和爬电距离	6.3	是	否	否
4	电击防护	6.4	是	否	否
	基本防护	6.4.2			
	故障保护	6.4.3	是	否	否
5	内部电路和连接	6.6	否	否	是
6	开关器件和元件的组合	6.5	否	否	是
7	外接导体端子	6.7	否	否	是
8	介电性能	7.1	是	否	否
	工频耐受电压	7.1.2			
	冲击耐受电压	7.1.3	是	否	是
9	温升极限	7.2	是	是	是
10	短路耐受强度	7.3	是	是	否
11	保护电路完整性	7.4	是	是	否
12	电磁兼容性(EMC)	7.5	是	否	是
13	安全操作	7.6	是	否	否

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.1—2008 电工术语 基本术语
 - [2] GB/T 2900.73—2008 电工术语 接地与电击防护
 - [3] GB/T 16895.6—2014 低压电气装置 第 5-52 部分:电气设备的选择和安装 布线系统
 - [4] GB/T 16895.21 低压电气装置 第 4-41 部分:安全防护 电击防护
 - [5] GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分:原理、要求和试验
 - [6] GB/T 17045 电击防护 装置和设备的通用部分
 - [7] GB 17799.3—2012 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射
 - [8] GB 17799.4—2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
 - [9] IEC 61000-6-1 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-1: Generic standards—Immunity for residential, commercial and light-industrial environments
 - [10] IEC 61000-6-2 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-2: Generic standards—Immunity for industrial environments
-