



中华人民共和国国家标准

GB/T 24274—2019
代替 GB/T 24274—2009

低压抽出式成套开关设备和控制设备

Low-voltage withdrawable switchgear and controlgear assemblies

2019-10-18 发布

2020-05-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类 2

 4.1 按用途分类 2

 4.2 按壳体类型分类 2

5 接口特性 2

 5.1 通则 2

 5.2 电压额定值 3

 5.3 电流额定值 3

 5.4 额定分散系数 3

 5.5 额定频率 4

 5.6 其他特性 4

6 信息 4

 6.1 铭牌 4

 6.2 标志 4

 6.3 其他资料 5

7 使用条件 5

 7.1 正常使用条件 5

 7.2 特殊使用条件 6

 7.3 运输、存放和安装条件 7

8 结构要求 7

 8.1 材料和部件的强度 7

 8.2 成套设备外壳的防护等级 8

 8.3 电气间隙、爬电距离和隔离距离 8

 8.4 电击防护 10

 8.5 开关器件和元件的组合 12

 8.6 功能单元 15

 8.7 内部电路和连接 15

 8.8 冷却 17

 8.9 外接导线端子 17

 8.10 成套设备的内部隔离 18

9 性能要求 19

 9.1 介电性能 19

 9.2 温升极限 20

9.3 短路保护和短路耐受强度 22

9.4 电磁兼容性(EMC) 23

9.5 电气操作 23

10 验证 23

10.1 通则 23

10.2 材料和部件的强度 23

10.3 成套设备的防护等级 24

10.4 电气间隙、爬电距离和隔离距离 24

10.5 电击防护和保护电路完整性 24

10.6 开关器件和元件的组合 25

10.7 功能单元互换性试验 25

10.8 内部电路和连接 25

10.9 外接导线端子 25

10.10 介电性能 25

10.11 温升 25

10.12 短路耐受强度 25

10.13 电磁兼容性 26

10.14 机械操作 26

10.15 电气操作 27

附录 A (资料性附录) 成套设备的绝缘水平 28

参考文献 29

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 24274—2009《低压抽出式成套开关设备和控制设备》，与 GB/T 24274—2009 相比，主要技术变化如下：

- 增加了其他特性的规定(见 5.6)；
- 删除了柜架的外形尺寸优选值(见 2009 年版的 7.1.2)；
- 增加了提升装置的要求和相关验证(见 8.1.5 和 10.2.4)；
- 增加了机械碰撞防护的要求和相关验证(见 8.2.1 和 10.3)；
- 增加了设备断开触头间的试验电压的交流有效值(见 8.3 表 3, 2009 年版的 7.4.2 表 4)；
- 增加了固定式部件的要求和相关验证(见 8.5.1 和 10.6)；
- 增加了挡板的要求和相关验证(见 8.5.7 和 10.6)；
- 增加了无防护的带电导体的选择和安装的要求及相关验证(见 8.7.5 和 10.8)；
- 增加了冷却的要求(见 8.8)；
- 修改了介电性能中主电路和辅助电路工频耐受电压试验电压值(见 9.1.2 表 8 和表 9, 2009 年版的 7.11.3 表 11 和表 12)；
- 增加了浪涌保护器件的防护的要求和相关验证(见 9.1.4 和 10.10)；
- 增加了保护器件的配合的要求(见 9.3.4)；
- 修改了验证方式, 将型式试验、出厂试验修改为设计验证、例行检验(见第 10 章, 2009 年版的第 8 章)；
- 修改了冲击耐压试验每个极施加冲击耐压的次数, 将 3 次修改为 5 次(见 10.10, 2009 年版的 8.2.9)；
- 修改了可选择工频电压试验和直流电压试验中每极施加的持续时间, 将 10 ms 修改为 15 ms~100 ms 之间(见 10.10, 2009 年版的 8.2.9)；
- 增加了温升试验的方法, 在验证试验的基础上增加了验证比较、验证评估的方法(见 10.11)；
- 修改了机械操作验证的操作次数, 将 50 次修改为 200 次(见 10.14, 2009 年版的 8.2.18.1)。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准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。

本标准起草单位：天津电气科学研究院有限公司、万控智造浙江电气有限公司、天津天传电控设备检测有限公司(国家电控配电设备质量监督检验中心)、友邦电气(平湖)股份有限公司、天津市计量监督检测科学研究院、温州隆森电气有限公司、山东鲁亿通智能电气股份有限公司、广东长电成套电器有限公司、成都科星电力电器有限公司、重庆众恒电器有限公司、浙宝电气(杭州)集团有限公司、山东鲁能电力设备有限公司、上海宝临电气集团有限公司、杭州电力设备制造有限公司、上海柘中电气有限公司、上海友邦电气(集团)股份有限公司、大全集团有限公司、常州太平洋电力设备(集团)有限公司、黄华集团有限公司、江苏银佳企业集团有限公司、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、上海广电电气(集团)股份有限公司、大连华锐重工集团股份有限公司电控装备厂、天津天传电控配电有限公司。

本标准主要起草人：刘洁、木林森、李靖泽、王帅、马宁、吴细雷、徐克峰、黄国永、曾庆才、罗华、姜晓东、王建永、郑晓远、张益军、祝延辉、王国良、杨全兵、高旻东、陈福梯、沈雷、王鹏程、俞杰、张杰、韩东明。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 24274—2009。

低压抽出式成套开关设备和控制设备

1 范围

本标准规定了低压抽出式成套开关设备和控制设备(以下简称成套设备)的分类、接口特性、信息、使用条件、结构与性能要求和验证要求等。

本标准适用于固定安装在户内正常使用条件下,额定电压交流不超过 1 000 V,直流不超过 1 500 V,用于电能分配及电动机控制的抽出式成套开关设备和控制设备。

注:额定工作电压交流 1 140 V 的成套设备,可参照本标准执行。有关介电性能等要求由制造商和用户协商确定。

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 762—2002 标准电流等级
- 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 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
- 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 5169.5 电工电子产品着火危险试验 第 5 部分:试验火焰 针焰试验方法 装置、确认试验方法和导则
- 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 7251.12—2013 低压成套开关设备和控制设备 第 2 部分:成套电力开关和控制设备
- GB/T 7947 人机界面标志标识的基本和安全规则 导体颜色或字母数字标识
- GB/T 14048.1 低压开关设备和控制设备 第 1 部分:总则
- GB/T 14048.3 低压开关设备和控制设备 第 3 部分:开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器
- 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
- 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 20641 低压成套开关设备和控制设备 空壳体的一般要求
- IEC 60085 电气绝缘 耐热性评定和设计(Electrical insulation—Thermal evaluation and designation)
- IEC 60216(所有部分) 电气绝缘材料 耐热性[Electrical insulating materials—Thermal endurance properties(all parts)]

3 术语和定义

GB/T 7251.1—2013 和 GB/T 7251.12—2013 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

抽出式成套开关设备和控制设备 withdrawable switchgear and controlgear assemblies

由带有母线和抽出式功能单元的柜式成套设备或柜组式成套设备构成,可以带有固定式或可移式

部件,用于电能分配及电动机控制的成套开关设备和控制设备。

3.2

抽出式功能单元 withdrawable functional unit

作为成套设备的一个部分,可以从连接位置移动到试验位置、隔离位置和移出位置,以完成特定功能的所有电气和机械部件的组合体。

3.3

配电中心 distribution centre

以配电单元为主所构成的抽出式成套开关设备和控制设备。

3.4

控制中心 control centre

以电动机控制单元为主所构成的抽出式成套开关设备和控制设备。

3.5

分支线 branch conductor

在一个柜体中,将每个功能单元分别接于主母线或配电母线的导体。

3.6

母线隔室 busbar compartment

通常封闭的,用于装设主母线或配电母线的封闭式空间。

3.7

单元隔室 unit compartment

用于装设功能单元的封闭式空间。

3.8

电缆隔室 cable compartment

用于连接电线电缆的封闭式空间。

4 分类

4.1 按用途分类

按用途分类如下:

- 配电中心;
- 控制中心。

4.2 按壳体类型分类

按壳体类型分类如下:

- 绝缘材料型;
- 金属材料型;
- 绝缘和金属混合型。

5 接口特性

5.1 通则

成套设备的电气参数可从以下数值中选取,如果有不同的使用要求,制造商与用户之间宜达成专门的协议。

5.2 电压额定值

5.2.1 额定工作电压

5.2.1.1 主电路:220 V(230 V),380 V(400 V),660 V(690 V),1 000 V。

5.2.1.2 辅助电路额定工作电压如下:

- 交流 6 V,12 V,24 V,36 V,42 V,48 V,110 V,127 V,220 V(230 V),380 V(400 V);
- 直流 6 V,12 V,24 V,36 V,48 V,110 V,220 V。

5.2.2 额定绝缘电压

成套设备额定绝缘电压:250 V,320 V,400 V,500 V,660 V(690 V),800 V,1 000 V,1 250 V,1 600 V。

5.2.3 额定冲击耐受电压

成套设备额定冲击耐受电压的优选值:4 kV,6 kV,8 kV,12 kV。

5.2.4 成套设备额定电压值的确定

成套设备额定工作电压与额定绝缘电压和额定冲击耐受电压的关系参见附录 A,由成套设备制造商确定。

5.3 电流额定值

5.3.1 额定电流

5.3.1.1 主母线额定电流

成套设备主母线额定电流的优选值:400 A,500 A,630 A,800 A,1 000 A,1 250 A,1 600 A,2 000 A,2 500 A,3 150 A,4 000 A,5 000 A,6 300 A,8 000 A。

5.3.1.2 配电母线额定电流

成套设备配电母线额定电流的优选值:400 A,500 A,630 A,800 A,1 000 A,1 250 A,1 600 A,2 000 A,2 500 A,3 150 A,4 000 A,5 000 A。

5.3.1.3 功能单元额定电流

功能单元额定电流按 GB/T 762—2002 中表 1 和第 3 章的规定选取。

5.3.2 额定短时耐受电流

成套设备额定短时耐受电流优选值:15 kA,30 kA,50 kA,65 kA,80 kA,100 kA,125 kA,160 kA。

注:除非制造商另有规定,以上数据的时间为 1 s。

5.3.3 额定峰值耐受电流

成套设备的额定峰值耐受电流:30 kA,63 kA,105 kA,143 kA,176 kA,220 kA,275 kA,352 kA。

5.4 额定分散系数

成套设备制造商根据发热的相互影响给出的成套设备出线电路可以持续并同时承载的额定电流的

标么值。在成套设备制造商与用户协议中缺少实际负载电流的情况下,应符合 GB/T 7251.12—2013 中 5.4 的规定。

5.5 额定频率

成套设备的频率值应限制在内装电器元件相应的国家标准所规定的范围内。

5.6 其他特性

应给出以下特性:

- a) 功能单元在特殊使用条件下的附加要求;
- b) 污染等级;
- c) 为成套设备所设计的系统接地类型;
- d) 户内成套设备;
- e) 固定式;
- f) 防护等级;
- g) 熟练技术人员使用;
- h) 电磁兼容性(EMC)类别;
- i) 特殊使用条件(见 7.2);
- j) 外形设计;
- k) 机械碰撞防护;
- l) 结构类型——固定部件,可移式部件或可抽出式部件;
- m) 短路保护电器的类型;
- n) 电击防护措施;
- o) 外形尺寸(包括凸出部分,如手柄、覆板、门);
- p) 质量,如果需要;
- q) 内部隔离形式;
- r) 功能单元的电气连接类型。

6 信息

6.1 铭牌

6.1.1 成套设备铭牌

成套设备制造商应为每台成套设备配置一个或数个铭牌,铭牌应坚固、耐久,其位置应是在成套设备安装好并投入运行时易于看到的地方。是否合格应依据 10.2.5 的要求进行试验和目测检验。

成套设备的下列信息应在铭牌上标出:

- 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) GB/T 24274—2019。

其余以下各项数据,可以在铭牌上或其他资料中标出:

- a) 额定频率;
- b) 额定工作电压;
- c) 额定绝缘电压;

- d) 额定冲击耐受电压；
- e) 辅助电路的额定电压；
- f) 主母线额定电流；
- g) 配电母线额定电流；
- h) 功能单元额定电流；
- i) 功能单元的电气连接形式；
- j) 额定短时耐受电流；
- k) 防护等级；
- l) 使用条件；
- m) 外形尺寸；
- n) 质量；
- o) 内部隔离形式；
- p) 环境 A 或环境 B。

6.1.2 功能单元铭牌

每个功能单元应配备一个铭牌,铭牌可固定在功能单元的正面或侧面其他可查找的地方,铭牌上可选择下述内容,但应包括 a)~c)项内容,其余项内容,可以在铭牌上或其他资料中给出。

- a) 功能单元型号或代号或编号；
- b) 额定电流；
- c) 额定工作电压；
- d) 额定短时耐受电流(交流有效值 1 s)；
- e) 功能单元的主电路单线图,并给出保护器件的电流数据(如断路器的额定电流、熔断体的电流等)。

6.2 标志

成套设备内的电器元件应尽可能在靠近该元件的上方用文字符号标志。电路的接线端也应有相应的文字符号标志。所用文字标志应与随同成套设备一起提供的线路图上的标记一致。操作器件应清楚标出其接通和断开位置。根据用户的需要,制造商还应提供标明功能单元用途的标志牌。

6.3 其他资料

制造商应向用户提供使用说明书,使用说明书的内容一般应包括:

- a) 额定电气参数；
- b) 使用条件；
- c) 安装类别；
- d) 接线图；
- e) 结构尺寸、安装尺寸及要求；
- f) 操作、维修、安装和运输(包括吊、装等)要求。

7 使用条件

7.1 正常使用条件

7.1.1 周围空气温度

周围空气温度不超过+40℃,且在 24 h 一个周期的平均温度不超过+35℃。

周围空气温度的下限为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.1.2 相对湿度

最高温度为 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的相对湿度不超过 50% 。在较低温度时允许有较高的相对湿度。例如， $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的相对湿度为 90% 。宜考虑到由于温度的变化，有可能会偶尔产生适度凝露。

7.1.3 污染等级

除制造商另有规定外，成套设备一般适用于污染等级3的环境。对于其他污染等级可以根据成套设备的特殊用途或微观环境来考虑采用。

7.1.4 海拔

成套设备安装地点的海拔不得超过 $2\,000\text{ m}$ 。

注：对于在更高海拔处使用的设备，宜考虑介电强度的降低、器件的分断能力和空气冷却效果的减弱。

7.1.5 过电压类别

成套设备的过电压类别：

- 安装在电源端的成套设备的过电压类别为Ⅳ；
- 安装在配电装置中的成套设备的过电压类别为Ⅲ；
- 由配电装置供电的耗能设备的过电压类别为Ⅱ；
- 具有过电压保护的电子电路的过电压类别为Ⅰ。

注1：除非电路设计时考虑了暂时过电压，否则过电压类别为Ⅰ的设备不能直接连接于电网中。

注2：在一个电气系统中，可以有不同的过电压类别。通过采用适当的方法，例如采用过电压保护装置或能吸收、消耗或转换浪涌电流能量的串并联阻抗，把瞬时过电压降到预期的较低过电压类别，完成从一个过电压类别向一个较低的过电压类别的转换。

7.2 特殊使用条件

如果存在下述任何一种特殊使用条件，则应遵守适用的特殊要求或成套设备制造商与用户之间应签订专门的协议。如果存在这类特殊使用条件的话，用户应向成套设备制造商提出。

特殊使用条件举例如下：

- a) 温度值，相对湿度和(或)海拔高度与7.1的规定值不同；
- b) 在使用中，温度和(或)气压的急剧变化，以致在成套设备内易出现异常的凝露；
- c) 空气被尘埃、烟雾、腐蚀性微粒、放射性微粒、蒸汽或盐雾严重污染；
- d) 暴露在强电场或强磁场中；
- e) 暴露在极端的气候条件下；
- f) 受霉菌或微生物侵蚀；
- g) 安装在有火灾或爆炸危险的场地；
- h) 遭受强烈振动冲击和地震发生；
- i) 安装在会使载流容量或分断能力受到影响的地方，例如将设备安装在机器中或嵌入墙内；
- j) 暴露在除电磁骚扰以外的传导和辐射骚扰场所，以及除在9.4中所述环境以外的电磁骚扰场所；
- k) 异常过电压状况或异常的电压波动；
- l) 电源电压或负载电流的过度谐波。

7.3 运输、存放和安装条件

如果运输、存放和安装条件,例如温度和湿度条件与 7.1 中的规定不符时,应由成套设备制造商与用户签订专门的协议。

8 结构要求

8.1 材料和部件的强度

8.1.1 通则

成套设备的柜架、壳体和可抽出部件等应由能够承受在规定的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。

8.1.2 防腐蚀

考虑在正常使用条件下(见 7.1),为确保防腐蚀,成套设备应采用合适的材料或在裸露的表面涂上防护层,防护层应色泽均匀,有良好的附着力。依据 10.2.2 的试验进行此要求的验证。

8.1.3 绝缘材料的性能

8.1.3.1 热稳定性

对于绝缘材料的外壳或外壳部件,应按照 10.2.3 进行热稳定性的验证。

8.1.3.2 绝缘材料的耐热和耐着火性能

8.1.3.2.1 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,不应受到正常(使用)发热,非正常发热或着火的有害影响。

8.1.3.2.2 绝缘材料耐热性能

初始制造商应参考绝缘温度指标(例如按 IEC 60216 的方法确定)或是按照 IEC 60085 的规定来选择绝缘材料。

8.1.3.2.3 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

用于固定及支撑载流部件在正常使用位置所必需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,由于绝缘部件的损耗可能影响成套设备的安全性,所以不应受到非正常发热和着火的有害影响,并应采用 10.2.3 的灼热丝试验进行验证。在进行本试验时,保护导体(PE)不作为载流部件考虑。

对于小的部件(表面积尺寸不超过 $14\text{ mm} \times 14\text{ mm}$),可采用替代的试验方法(例如:按照 GB/T 5169.5 的针焰试验)。同样的步骤可适用于部件的金属材料大于绝缘材料的情况。

8.1.4 机械强度

所有的外壳或隔板包括门的闭锁装置和铰链,应具有足够的机械强度以承受正常使用和短路条件下所遇到的应力(见 10.14)。

可移式部件的机械操作,包括所有的插入式联锁,应按 10.14 试验进行验证。

8.1.5 提升装置

如需要,成套设备应配备合适的提升装置。按照 10.2.4 的试验进行检查。

8.1.6 门和铰链

门的铰链应可靠地固定在成套设备的外壳和门上。

门的开闭应灵活,开启角不得小于 90°。门在开闭过程中不应损坏涂覆层。

装有铰链的门应承受 4 倍于它本身的质量(但不小于 10 kg)的载荷,或按照制造商给出的最大允许载荷进行试验,门和铰链应没有永久变形。

按照 10.2.6 的试验进行验证。

8.2 成套设备外壳的防护等级

8.2.1 对机械碰撞的防护

当初始制造商声明了成套设备外壳的机械碰撞防护的防护等级时,应依据 GB/T 20138 进行验证(见 10.3)。

8.2.2 防止触及带电部分以及外来固体和水的进入

成套设备的防护等级应按 GB/T 4208 的规定予以标明,并依据 10.3 进行验证。

制造商标出的防护等级适用于整个成套设备。如果成套设备的某个部分的防护等级不一致,应单独标出该部分的防护等级。

成套设备所标明的防护等级一般适用于可抽出式部件的连接位置,成套设备制造商还应标明其他位置和在不同位置之间转移时所具有的防护等级。

带有可抽出式部件的成套设备可设计成在试验位置和隔离位置以及从一个位置向另一个位置转移时仍保持如同连接位置时的防护等级。

如果在抽出式部件移出以后,成套设备不能保持原来的防护等级,应达成采用某种措施以保证适当防护的协议,制造商产品目录中给出的资料可以作为这种协议。

对户内使用的成套设备,如果没有防水的要求,应为:IP3X,IP4X,IP5X。

8.3 电气间隙、爬电距离和隔离距离

成套设备内电器元件的电气间隙和爬电距离应符合各自相关标准中的规定,而且在正常使用条件下也应保持此距离。

成套设备内不同电位的两个裸露的导电部件之间的电气间隙和爬电距离应符合表 1 和表 2 的规定,并且其爬电距离应不小于相应的电气间隙。成套设备中的抽出式功能单元和部件,在试验位置和隔离位置也应保持规定的电气间隙和爬电距离。

表 1 空气中的最小电气间隙

额定冲击耐受电压 U_{imp} kV	最小的电气间隙 mm
4	3
6	5.5

表 1（续）

额定冲击耐受电压 U_{imp} kV	最小的电气间隙 mm
8	8
12	14
注 1：最小的电气间隙值以相当于海拔 2 000 m 处的正常大气压时的 1.2/50 μ s 冲击电压为基准。 注 2：最小电气间隙是根据非均匀电场条件和污染等级 3 确定的。	

表 2 最小爬电距离

额定绝缘电压 U_i^b V	最小爬电距离 mm			
	材料组别 ^c			
	I	II	III a	III b
250	3.2	3.6	4.0	4.0
320	4.0	4.5	5.0	5.0
400	5.0	5.6	6.3	6.3
500	6.3	7.1	8.0	8.0
630	8.0	9.0	10.0	10.0
800	10.0	11.0	12.5	a
1 000	12.5	14.0	16.0	
1 250	16.0	18.0	20.0	
1 600	20.0	22.0	25.0	
注 1：相比电痕化指数(CTI)的值是根据 GB/T 4207—2012 中所用绝缘材料方法 A 取得的。				
注 2：表中的数据是在污染等级 3 条件下的规定。				
注 3：如果要选用规定值以外的额定绝缘电压，建议制造商和用户协商。				
a 材料组别 III b 一般不推荐用于 630 V 以上的污染等级 3。				
b 作为例外，对于额定绝缘电压 415 V、440 V、660 V/690 V 和 830 V，可采用分别对应于：400 V、630 V 和 800 V 的较低档的爬电距离。				
c 根据相比电痕化指数(CTI)的范围值，材料组别分组如下：				
——材料组别 I 600≤CTI				
——材料组别 II 400≤CTI<600				
——材料组别 III a 175≤CTI<400				
——材料组别 III b 100≤CTI<175				

对于可抽出式部件，在隔离位置所提供的隔离距离至少应符合隔离器相关规定的要求（见 GB/T 14048.3）。新状态下的设备的这种应用应考虑制造公差以及由于磨损造成的尺寸变化。

在可抽出式单元主触头与其相关的在隔离位置静触头间的隔离距离应有承受表 3 中规定的冲击耐受电压的试验电压的能力。

表 3 适用于设备断开触头间的试验电压

额定冲击 耐受电压 U_{imp} kV	试验电压和相应的海拔									
	$U_{1.2/50}$, 交流峰值和直流 kV					交流有效值 kV				
	海平面	200 m	500 m	1000 m	2000 m	海平面	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
4	6.2	6	5.8	5.6	5	4.38	4.24	4.10	3.96	3.54
6	9.8	9.6	9.3	9	8	7.0	6.8	6.60	6.40	5.66
8	12.3	12.1	11.7	11.1	10	8.7	8.55	8.27	7.85	7.07
12	18.5	18.1	17.5	16.7	15	13.1	12.80	12.37	11.80	10.6

8.4 电击防护

8.4.1 通则

成套设备的防护措施按照 GB/T 7251.1—2013 的要求,在 8.4.2~8.4.5 中规定。

8.4.2 基本防护

8.4.2.1 通则

基本防护可利用成套设备本身适宜的结构措施,也可利用在安装过程中采取的附加措施来获得。可以选择下述一种或多种防护措施。

8.4.2.2 由绝缘材料提供基本绝缘

危险带电部分应用绝缘完全覆盖,绝缘只有被破坏后或使用工具后才能去掉。

绝缘应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:例如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要求。

8.4.2.3 挡板或外壳

成套设备的外表面的直接接触防护等级应至少为 IP3X。被保护的带电部件与导电的挡板或外壳之间的电气间隙和爬电距离应不低于 8.3 的规定值。

所有挡板和壳体均应安全、可靠地固定在其位置上,它们应有足够的稳固性和耐久性以承受正常使用时可能出现的变形和应力,而不低于 8.3 所规定的电气间隙与爬电距离的值。

有必要移动挡板、打开壳体或拆卸壳体的部件(门、盖板、覆板等)时,应满足下述条件之一:

- 使用钥匙或工具,即只有靠器械的帮助才能打开门、盖板或解除联锁。
- 在打开门之前,使所有的带电部件断电,因为打开门后,有可能意外地触及这些部件。
- 应给成套设备装设内部的挡板或活动挡板,以遮挡所有的带电部件。此挡板仅在使用钥匙或工具时才能移动。此处一般需加警告标志。

8.4.3 故障防护

8.4.3.1 为便于自动断开电源对保护导体的要求

8.4.3.1.1 通则

成套设备可以利用保护电路进行故障防护。成套设备的保护电路可由单独设置的保护导体或可导电的结构件构成或由两者共同构成。它应提供下述保护：

- 防止成套设备内部故障引起的后果；
- 防止由成套设备供电的外部电路故障引起的后果。

具体要求见 8.4.3.1.2 和 8.4.3.1.3。

8.4.3.1.2 接地连续性提供的防止成套设备内部故障引起的后果的要求

成套设备所有的外露可导电部分应连接在一起，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，需要除去或穿透涂层。

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的方法见 GB/T 7251.1—2013 的 10.5.2。

对于这些连接的连续性，下述内容应适用：

- 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）不应中断。

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

除非是为此目的设计，否则柔软或易弯的金属导管不应用作保护导体。

- 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，通常的金属螺钉连接和金属铰链连接则被认为足以能确保连续性。

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，应采取附加措施，以保证接地连续性。这些部件应按照 GB/T 7251.1—2013 的表 3 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小于或等于 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，应采用符合 GB/T 7251.1—2013 的表 3 规定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可导电部分不会构成如下危险：

- 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。

因而不需要与保护导体连接。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。

当可移式或可抽出式部件安装在金属支撑物表面时，为了确保保护电路接地连续性，应充分考虑这些表面上的压力应足够大。可抽出式部件的保护电路连续性从连接位置到隔离位置应保持其有效性。

8.4.3.1.3 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要求

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

除依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.11.2 规定的不需进行短路耐受强度验证外,其他则应依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.5.3 进行验证。

原则上,除了下述情况外,成套设备内的保护导体不应包含分断器件(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,应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,则保护导体不必与这些部件绝缘。当其制造商有规定时,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都应该绝缘。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的保护导体(PE、PEN)的截面积不应小于 GB/T 7251.1—2013 的附录 B 中规定公式计算求得的值,应采用可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 SCPD 的限值。短路耐受强度依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.5.3 进行验证。

对于 PEN 导体,下述补充要求适用:

- 最小截面积应为铜 10 mm² 或铝 16 mm²;
- PEN 导体的截面积不应小于所要求的中性导体截面积;
- PEN 导体在成套设备内不需要绝缘;
- 结构部件不应用作 PEN 导体,但铜或铝制安装轨道可用做 PEN 导体。

外部保护导体端子的详细要求见 8.9。

8.4.3.2 电气隔离

各个电路的电气隔离是用来防止由于电路基本绝缘损坏通过接触外露可导电部分而引起的电击。这种类型的保护见 GB/T 7251.1—2013 的附录 K。

8.4.4 全绝缘防护

电器元件应用绝缘材料完全封闭,见 GB/T 7251.1—2013 中 8.4.4 的规定。

8.4.5 操作和使用条件

对被授权人员在维修时接近的要求,依据 GB/T 7251.12—2013 中 8.4.6.2 的规定。

8.5 开关器件和元件的组合

8.5.1 固定式部件

对固定式部件,主电路的连接仅能在成套设备断电的情况下进行接线和断开。通常,要求使用工具拆卸和安装固定式部件。

固定式部件的断开需要全部或部分断开成套设备。

为了防止未经许可的操作,开关器件可通过所提供的措施,固定在一个或多个位置上。

注:如果允许在带电电路上工作,则需要采取相应的安全预防措施。

8.5.2 可移式和可抽出式部件

可移式部件和可抽出式部件的设计应使其电气设备能够安全地从带电的主电路上断开和(或)与主电路隔离或连接。可移式部件和可抽出式部件可以配备插入式联锁。

电气间隙和爬电距离的设计应符合在不同位置和从一个位置转移到另一个位置的情况。

可抽出式部件还应有隔离位置,且可以有试验位置或试验状态,它们应分别在这些位置上定位。这些位置应清晰地识别。

成套设备中的所有带电部分应这样防护,打开门且可抽出式部件从连接位置抽出或移出时,不能非故意地触及带电部分。所使用的屏障或活动挡板应符合 GB/T 7251.1—2013 中 8.4.6.2.5 的要求。

与可抽出式部件的不同位置相关的电气状态见 GB/T 7251.12—2013 的表 103。

8.5.3 联锁

为确保操作程序以及维修时的人身安全,成套设备应配备联锁机构。联锁机构可以是机械的,也可以是电气的。

当成套设备采用双电源及以上供电系统时,根据成套设备运行的需要,应提供主开关操作的相互联锁。

功能单元应设置机械联锁,以保证当主电路处于断开状态时,功能单元才能抽出和(或)插入。

为了防止未经许可的操作,抽屉式单元电器的操作机构应被锁在隔离位置上以防止闭合。

8.5.4 元器件的选择

装入成套设备中的元器件应符合相关的国家标准。

元器件应适用于成套设备外形设计的特定用途,适合于它们的额定电压、额定电流、额定频率、使用寿命、接通和分断能力、短路耐受强度等。

元器件有关参数的额定值应符合设计要求,其选用的过电压类别应与所在的电路相适应。在选择进线开关、馈电开关或电动机控制用器件时,应满足彼此间保护特性的协调。

成套设备的辅助电路推荐采用隔离变压器,以便与主电路隔离。辅助电路应装设保护器件,保护器件如与主电路连接,则保护器件的短路分断能力应与主电路保护元件的保护特性相协调。安装在抽出式结构中的元器件应特别注意其环境条件。

8.5.5 元器件的安装

成套设备内的元器件的安装和布线应依据其制造商所提供的说明,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,可能有必要把电子信号处理电路进行隔离或屏蔽。

如果安装了熔断器,初始制造商应规定所使用的熔断体的类型和额定数据。

8.5.6 可接近性

应在成套设备内部操作进行调整和复位的器件,应易于接近。

安装在同一支架(安装板、安装框架)上的功能单元及其外接导线端子的布置应使其在安装、布线、维护和更换时易于接近。

除非成套设备制造商与用户之间另有协议,否则地面安装的成套设备的易接近性要求如下:

——端子,不包括保护导体端子,应位于成套设备的基础面上方至少 0.2 m,并且端子的位置应使电缆易于与其连接。

- 由操作人员观察的指示仪表应安装在成套设备基础面上方 0.2 m~2.2 m 之间。
- 操作器件,如手柄、按钮或类似器件,应安装在易于操作的高度上,其中心线一般应在成套设备基础面上 0.2 m~2 m 之间。不经常操作的器件,如每月少于一次,可以装在高度达 2.2 m 处。
- 紧急开关器件的操作机构,在成套设备基础面上 0.8 m~1.6 m 之间应是易于接近的。

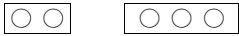
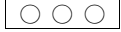
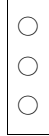
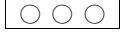
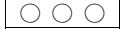
8.5.7 挡板

手动开关器件的挡板的设计应使开合操作对操作者不产生任何危险。
为了减少更换熔断体时的危险,应使用相间挡板,除非熔断器的设计和安装已考虑了这一点。

8.5.8 开关位置的指示和操作方向

成套设备中操作器件的操作方向应有明确的标识,并应符合 GB/T 4205 的规定,见表 4。

表 4 操作器件的操作和排列规则

最终效应	手控操作器件的操作方向				操作器件的排列位置
	垂直运动	水平运动	转动	推-拉 (按钮)	
开(投入运行)	向上	向右、向前	顺时针	拉	 停止 起动 停止 低 高
关(退出运行)	向下	向左、向后	逆时针	压	
向右		向右	顺时针		 左 停 右
向左		向左	逆时针		
向上、升	向上	向前			 升 停 降
向下、降	向下	向后			
关闭(闭合电路)	向上	向前	顺时针	拉	 打开 关闭
打开(断开电路)	向下	向后	逆时针	压	
增加	向上	向右、向前	顺时针		 停 低速 高速
减小	向下	向左、向后	逆时针		
前进(向前)	向上	向右			 前进 停 后退
后退(向后)	向下	向左			
开动(起动)	向上	向右、向前	顺时针		 刹住 开动
刹住(停止)	向下	向左、向后	逆时针		

8.5.9 指示灯和按钮颜色

成套设备中指示灯和按钮的颜色应根据其用途按 GB/T 4025 的规定选用,见表 5。

表 5 指示灯和按钮的颜色含义

颜 色	含 义	
	指示灯	按钮
红	设备超限、故障	——紧急停止 ——停止或断开
黄	设备异常	——重新启动已中断了的自动循环 ——对抑制异常状况采取行动
绿	设备正常	起动/接通
蓝	需要操作人员干预	复位
白灰黑	状态指示,如器件、阀门的开/关	可以用于除紧急停止以外的其他功能, 如断开/闭合、停止/起动

8.6 功能单元

8.6.1 成套设备内的功能单元的电气连接的类型可用 3 个字母表示：

- 第 1 个字母表示主进线电路的电气连接类型；
- 第 2 个字母表示主出线电路的电气连接类型；
- 第 3 个字母表示辅助电路的电气连接类型。

对抽出式成套设备,如果主进线电路、主出线电路和辅助电路的电气连接形式都采用可抽出式连接,依据 GB/T 7251.12—2013 中 8.5.101 的规定,则用字母“W W W”表示。

8.6.2 相同规格的功能单元应具有互换性,即使是在成套设备发生短路事故后,其互换性也不能破坏。

8.6.3 功能单元应进行不少于 200 次的机械操作试验。试验后仍应满足 8.5.2 和隔离距离的要求。

注：对于抽出式功能单元,从连接位置到隔离位置,然后再回到连接位置为一次操作。

8.7 内部电路和连接

8.7.1 母线和绝缘导线的选择

正常的温升、绝缘材料的老化和正常工作时所产生的振动不应造成载流部件的连接有异常变化。尤其应考虑到不同金属材料的热膨胀和电化腐蚀作用以及实际温度对材料耐久性的影响。

载流部件之间的连接应保证有足够的和持久的接触压力。

成套设备内导体截面积的选择由制造商负责。除了应承载的电流外,选择还受下述条件的支配：

- 成套设备所承受的机械应力；
- 放置和固定导体的方法；
- 绝缘类型；
- 所连接元件的种类。

8.7.2 母线

成套设备内母线由制造商按承受电流、工作电压、短路强度等条件进行选择。在带有中性线的三相电路中,中性线的允许载流量不应小于最大不平衡电流及流经其中的标准规定范围内的谐波电流,如末端为单相电路、单相负载为主的三相系统、大型荧光照明的灯光系统等的中性线,其截面积应与用户签定协议或执行相关标准。

母线的加工和安装要求如下：

- 加工后的母线应平整、表面无显著的痕迹缺陷，弯曲处不应有裂纹或裂口。连接处紧密，接触良好，配置整齐、美观；
- 铜、铝母线搭接处应采取防止电化腐蚀的措施；
- 母线应采用绝缘支撑件固定，母线支撑件应承受装置额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流所产生的机械应力和热应力的冲击；
- 允许使用绝缘包扎、绝缘套管、喷涂环氧粉末或其他绝缘材料作为母线的绝缘层，但绝缘材料应是自熄性的并能承受机械应力和热应力的冲击；
- 并联使用的矩形母线宜有不小于母线厚度的间隙；
- 在现场完成连接的母线端部，应按连接要求在出厂前完成加工；
- 母线的连接螺栓应有一定的强度，螺母应在维修侧，连接应采取防松措施。例如：采用弹簧垫圈或蝶型垫圈。

8.7.3 绝缘导线

绝缘导线的选用、安装要求如下：

- 成套设备中绝缘导线的绝缘电压应不低于相应电路的额定绝缘电压；
- 连接两个端子间的导线不应有中间接头；
- 用线束布线时，线束不应贴近带电部件和底板，应适当固定和捆扎；
- 绝缘导线穿越金属板上的穿线孔时，为了防止导线绝缘被磨损应在孔上加装光滑的绝缘衬套；
- 在可移动的地方，如跨门或活动安装板的连接线，以及采用手动插接的辅助电路接插件的连线等都应采用套管加以保护，并要留有一定长度的余量，不能因部件的移动而使导线产生任何机械损伤；
- 多股线用于螺栓连接时应采用压接端头；
- 成套设备中压接端头的选用应根据导体所连接电器元件接线端子的结构形式进行选择，其压接端头与多股绝缘绞线配合以及压接的质量应符合相关标准的规定；
- 电阻器端子接线端部的导线应剥除绝缘层，套耐热瓷管；
- 交流电路导线与直流电路导线宜分开布置；
- 通常一个端子只连接一根导线，将两根或多根导线连接到一个端子上只有在端子是为此用途而设计的情况下才允许。

8.7.4 其他要求

满足的其他要求包括：

- 承载和连接主电路电流的连接螺杆应采用铜质紧固件，并用双螺母锁紧；
- 外接电缆应方便，当用户要求外接电缆为多根并联时，应有分线设施；
- 应提供与进线截面积相适应的中性线进线端子和出线电路所需的中性线、保护导体端子，端子的位置应在对应的相导体附近，或按其相同顺序排列，并作标记；
- 母线、电缆进线的固定和封闭，应满足外壳防护等级的要求，并提供该防护等级的相应设施。

8.7.5 无防护的带电导体的选择和安装

成套设备内无短路保护电器保护的带电导体，在整个成套设备内的选择和安装应使其在相间或相与地之间内部短路的可能性极小。导体的类型和安装要求的举例见 GB/T 7251.1—2013 的表 4。无保护的带电导体的选择和安装见 GB/T 7251.1—2013 的表 4，主母线与各个 SCPD 之间导体总长度不应超过 3 m。

8.7.6 母线和导线的颜色、标记符号及排列

成套设备中母线和导线的颜色、符号及排列应由制造商负责,而且应与图纸上的标志一致,见表 6。导体的颜色应符合 GB/T 7947 的规定。如果母线、绝缘导线采用颜色鉴别时,母线的颜色标记可采用在可见部位涂漆或粘贴色标标记的方式。在距母线搭接面 10 mm 以内处不应涂漆,成套设备涂漆界线或色标粘贴应整齐一致。绝缘导线的颜色标记应贯穿整个长度。

当采用符号标志鉴别时,可以在导体的易见部位粘贴标志符号,标志符粘贴应整齐一致。

表 6 母线的符号、颜色标记和排列规定

电路类别		符号	颜色	垂直排列	水平排列	前后排列
交流	相线 1	L1	黄	上	左	远
	相线 2	L2	绿	中	中	中
	相线 3	L3	红	下	右	近
	中性线	N	淡蓝	最下 ^b	最右 ^b	最近 ^b
	中性保护导体	PEN	绿/黄双色 ^a			
保护导体		PE	绿/黄双色	—	—	—
直流	正极	L +	棕	上	左	远
	负极	L —	蓝	下	右	近
	接地中性线	M	淡蓝	—	—	—
注:如果母线的排列相序按表中执行会造成配置困难时,可不采用表中的规定。						
^a 可采用以下两种方法标识: ——全长绿/黄双色; ——全长淡蓝色,终端另用绿/黄双色标志。						
^b 中性线或中性保护线如果不在相线附近并行安装,其位置可以不按本表规定。						

8.8 冷却

可以为成套设备提供自然冷却和(或)强迫冷却。如果要求安装场地有专门预防措施以保证良好的冷却,则成套设备制造商应提供必要的信息(例如:标出易发生阻碍散热或发热部件所需要的间隔)。

8.9 外接导线端子

成套设备制造商应指出端子是适合于连接铜导线,还是适合连接铝导线,或者是两者都适合。端子应与外接导线进行连接(如采用螺钉、连接件等),并保证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。

除非成套设备制造商与用户之间有专门的协议,否则端子应适用于随额定电流而选定的铜导线从最小至最大的截面积(见 GB/T 7251.1—2013 的附录 A)。

如果使用铝导线,其类型、尺寸和导线在端子上的接线方法应遵循成套设备制造商与用户之间的协议。

当低压小电流(小于 1 A,且交流电压低于 50 V 或直流低于 120 V)的电子电路的外部导线与成套设备连接时,GB/T 7251.1—2013 的表 A.1 不适用。

可利用的布线空间应允许规定材料的外接导线能正确地连接,而在多芯电缆的情况下,能展开芯线。

导线不应承受可能降低其正常寿命的应力。

除非成套设备制造商与用户之间有其他协议,否则在带中性导体的三相电路中,中性导体的端子应允许连接具有以下最小截面积的铜导线:

- 如果相导体的截面积大于 16 mm^2 ,则截面积等于相导体截面积的一半,但最小为 16 mm^2 ;
- 如果相导体的截面积小于或等于 16 mm^2 ,则截面积等于相导体的截面积。

注 1: 对于非铜导线,上述截面应以等效导电能力的截面代替,此时可能需要较大尺寸的端子。

注 2: 对于会造成零序谐波较大值的特定应用(例如三次谐波)可能需要较大截面积的中性导体,因为这些相导体上的谐波会加到中性导体上,并导致高频率下的高负载电流。这种情况遵照成套设备制造商与用户间的专门协议。

如果需要提供用于进线和出线中性导体、保护导体和 PEN 导体的连接设施,应将它们放置在相应的相导体端子的附近。

注 3: GB 5226.1 要求导体的一个最小截面积并且不允许将 PEN 接至机器的电气设备中。

电缆入口、盖板等应设计成在电缆正确安装后,能够达到所规定的防触电措施和防护等级,电缆入口方式的选择要适合成套设备制造商规定的使用条件。

外部保护导体的端子应按照 GB/T 4026 进行标记。示例见 IEC 60417 的 5019 号图形符号Ⓢ。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,则不要求此符号。

外部保护导体(PE、PEN)的端子和连接电缆的金属护套(铠装管,铅铠装管等)应是裸的,如无其他规定,应适于连接铜导体。应为每条电路的出线保护导体设置一个尺寸合适的单独端子。

除非成套设备制造商与用户之间有其他协议,否则保护导体的接线端子应允许连接的铜导线的截面积取决于相应的相导体的截面积,见 GB/T 7251.1—2013 的表 5。

对铝或铝合金的外壳和导体,应特别注意电腐蚀的危险。用于保证导电部分与外部保护导体的电的连续性而采取的连接措施不得作其他用途。

注 4: 对于成套设备金属部件宜采取预防措施,尤其是封板,要用如粉末涂层进行耐磨表面处理。

若无其他规定,对端子的识别应依据标准 GB/T 4026。

8.10 成套设备的内部隔离

用挡板或隔板(金属或非金属的)将成套设备分成单独的隔室,如:母线隔室、单元隔室、电缆隔室等。隔室应防止触及相邻功能单元的带电部件,限制事故电弧的扩大,能防止固体外来物从成套设备的一个单元进入到相邻的单元。

成套设备用挡板或隔板进行内部隔离的典型布置见表 7,并分类为各种形式,示例见 GB/T 7251.12—2013 的附录 AA。

隔离形式和更高防护等级应服从于成套设备制造商与用户之间的协议。

内部隔离能被用于获得功能单元间、单独隔室间或封闭的防护空间之间的下列一个或多个状态:

- 防止触及危险部件,防护等级应至少为 IPXXB;
- 防止固体外来物的进入,防护等级应至少为 IP2X。

注 1: 防护等级 IP2X 包含防护等级 IPXXB。可以通过隔板或挡板(金属或非金属的),带电部分的绝缘或器件的整个外壳,例如塑料外壳断路器等方式进行隔离。

有关挡板和隔板的稳定性和耐久性见 8.4.2.3。

有关隔离功能单元进行维护时的可接近性见 8.4.5 和上述要求。

注 2: 所描述的内部隔离不是用来确保电弧故障情况下成套设备完整性的。

成套设备的内部隔离应按照 10.3 进行验证。

表 7 内部隔离形式

主判据	补充判据	形式
不隔离		形式 1
母线与功能单元隔离	外接导体端子不与母线隔离	形式 2a
	外接导体端子与母线隔离	形式 2b
母线与所有功能单元隔离;所有功能单元互相隔离;外接导体端子和外接导体与功能单元隔离,但不与其他功能单元的端子隔离	外接导体端子不与母线隔离	形式 3a
	外接导体端子和外接导体与母线隔离	形式 3b
母线与所有功能单元隔离;所有功能单元互相隔离;与功能单元密切相关的外接导体端子与其他功能单元和母线的外接导体端子隔离;外接导体与母线隔离;与功能单元密切相关的外接导体与其他功能单元和它们的端子隔离;外接导体彼此不隔离	外接导体端子与关联的功能单元在同一隔室中	形式 4a
	外接导体端子与关联的功能单元不在同一隔室中,它位于单独的、隔离的、封闭的防护空间中或隔室中	形式 4b

9 性能要求

9.1 介电性能

9.1.1 通则

成套设备的每条电路应承受:

- 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。

9.1.2 工频耐受电压

成套设备的电路应承受表 8 和表 9 给出的相应的工频耐受电压。成套设备任何电路的额定绝缘电压应等于或高于其最大工作电压。

表 8 主电路的工频耐受电压值

额定绝缘电压 U_i (线-线 交流或直流) V	介电试验电压 (交流有效值) V	介电试验电压 ^b (直流) V
$U_i \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_i \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_i \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_i \leq 1\,000$	2 200	3 110
$1\,000 < U_i \leq 1\,500^a$	—	3 820
^a 仅指直流。 ^b 试验电压是根据 GB/T 16935.1—2008 中 6.1.3.4.1 第五段。		

表 9 辅助电路和控制电路的工频耐受电压值

额定绝缘电压 U_i (线-线) V	介电试验电压 (交流有效值) V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	见表 8

9.1.3 冲击耐受电压

9.1.3.1 主电路的冲击耐受电压

带电部分与外露可导电部分之间,不同电位的带电部分之间应承受表 10 给出的对应于额定冲击耐受电压的试验电压值。

表 10 冲击耐受试验电压

额定冲击耐受 电压 U_{imp} kV	试验期间的试验电压和相应的海拔									
	$U_{1.2/50}$ 交流峰值和直流 kV					交流有效值 kV				
	海平面	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m	海平面	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
4.0	4.8	4.8	4.7	4.4	4.0	3.4	3.4	3.3	3.1	2.8
6.0	7.3	7.2	7.0	6.7	6.0	5.1	5.1	5.0	4.7	4.2
8.0	9.8	9.6	9.3	9.0	8.0	6.9	6.8	6.6	6.4	5.7
12.0	14.8	14.5	14.0	13.3	12.0	10.5	10.3	9.9	9.4	8.5

对给定额定工作电压的相应额定冲击耐受电压应不低于 GB/T 7251.1—2013 的附录 G 中给出的成套设备使用点的电路的电源系统标称电压和相应的过电压类别。

9.1.3.2 辅助电路的冲击耐受电压

对辅助电路的冲击耐受电压要求如下:

- a) 连接在主电路上,且以额定工作电压(没有任何减少过电压的措施)运行的辅助电路应符合 9.1.3.1 的要求。
- b) 不与主电路连接的辅助电路,可以有与主电路不同的过电压承受能力。这类交流或直流电路的电气间隙应可以承受 GB/T 7251.1—2013 的附录 G 中给出的相应的冲击耐受电压。

9.1.4 浪涌保护器件的防护

当过压情况要求主电路连接浪涌保护器(SPD)时,按照浪涌保护器制造商的规定,应对此浪涌保护器进行保护以防止不可控的短路情况。

9.2 温升极限

成套设备和它的电路在特定条件下应承载其额定电流,考虑到元件的额定数据、它们的布置和应用,且当按照 10.11 验证时不超过表 11 中给出的限值。表 11 中给出的温升限值适用于周围空气平均

温度不超过 35 ℃。

表 11 温升限值

成套设备的部件	温升 K
内装元件 ^a	根据各个元件的相关产品标准要求,或根据元件制造商的说明书 ^f ,考虑成套设备内的温度。 对符合 GB/T 14048.1 的开关器件,一般不得高于 70 ^b
用于连接外部绝缘导线的端子	70 ^b
母线和导体,连接到母线上的可移式部件和抽出式部件的插接式触点	受下述条件限制 ^l : —— 导电材料的机械强度 ^g ; —— 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; —— 导体温度对与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 —— 绝缘材料的	15 ^c 25 ^c
可接近的外壳和覆板 —— 金属表面 —— 绝缘表面	30 ^d 40 ^d
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温升极限而定 ^e
注 1: 当温升超过 105 K 时,铜很容易产生退火。其他材料可有不同的最大温升值。 注 2: 本表中给出的温升限值要求在使用条件下(见 7.1)周围空气平均温度不超过 35 ℃。在验证过程中,允许有不同的环境温度(见 GB/T 7251.1—2013 的 10.10.2.3.4)。	
^a “内装元件”一词指: —— 常用开关设备和控制设备; —— 电子部件(例如,整流桥、印制电路); —— 设备的部件(例如,调节器、稳压电源、运算放大器)。 ^b 温升极限为 70 K 是根据 10.11 的常规试验而定的数值。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。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规定的最大温升和 70 K 之间的较小值。缺少制造商说明书时,它是内装元件产品标准规定的限值,且不超过 70 K。 ^c 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,其温升极限允许提高 25 K。 ^d 除非另有规定,在正常工作情况下可以接近但不需触及的外壳和覆板,允许其温升提高 10 K。距离成套设备基座 2 m 以上的外表面和部件可认为是不可触及的。 ^e 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,因此有一定程度的灵活性。 ^f 对于按照 10.11 的温升试验,应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规定温升极限。 ^g 如满足列出的所有判据,裸铜母线和裸铜导体的最大温升应不超过 105 K。 ^h 对小规格器件允许温升限值提高 10 K。	

9.3 短路保护和短路耐受强度

9.3.1 通则

成套设备应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。

成套设备应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,上述元器件可以安装在成套设备的内部或外部。

9.3.2 有关短路耐受强度的信息

对于进线单元带有 SCPD 的成套设备,成套设备制造商应标明成套设备进线端的预期短路电流的最大允许值。这个值不应超过相应的额定值(I_{pk} 、 I_{cw} 、 I_{cc})。相应的功率因数和峰值应为 9.3.3 给出的数据。

如果使用带延时脱扣的断路器作为短路保护电器,则成套设备制造商应标明最大延时时间和相应于指定预期短路电流的电流整定值。

对于进线单元没有短路保护电器的成套设备,成套设备制造商应用下述一种或几种方法标明短路耐受强度:

- a) 额定短时耐受电流(I_{cw})及相应的持续时间和额定峰值耐受电流(I_{pk});
- b) 额定限制短路电流(I_{cc})。

当最长时间不超过 3 s 时,额定短时耐受电流与相应的持续时间的关系用公式 $I^2t = \text{常数}$ 表示,但峰值不超过额定峰值耐受电流。

成套设备制造商应说明用于保护成套设备所需的短路保护电器的特性。

具有几个但不大可能同时工作的进线单元的成套设备,其短路电流耐受强度可根据上述条款在每个进线单元上标出。

对于具有几个且可能同时工作的进线单元的成套设备,以及对于具有可能分担短路电流的一个进线单元和一个或几个大功率出线单元的成套设备,应根据用户提供的数据,确定每个进线单元,每个出线单元和母线中的预期短路电流值。

9.3.3 峰值电流与短时电流之间的关系

为确定电动应力,峰值电流值应用短路电流的有效值乘以系数 n 获得。系数 n 的值和相应的功率因数在 GB/T 7251.1—2013 的表 7 中给出。

9.3.4 保护器件的配合

成套设备内部和用于成套设备外部的保护器件之间的配合应遵循成套设备制造商与用户之间的协议。成套设备制造商的产品目录中给出的信息可以替代这类协议。

如果工作条件要求供电电源有最大的连续性,则成套设备内短路保护电器的整定或选择应是这样配合的,即在任何一个输出电路发生短路时,利用安装在该故障电路中的开关器件使其消除,而不影响其他输出电路,从而确保保护系统的选择性。

如果将短路保护电器串联连接,并准备同时运行,以达到所要求的短路通断能力(即后备保护),则成套设备制造商应告知用户,保护器件不允许用不同类型和额定数据的其他器件替换,除非此器件已与备份器件组合在一起经过试验和核准,否则整个组合的通断能力可能会受到损害。

9.4 电磁兼容性(EMC)

与 EMC 相关的性能要求,见 GB/T 7251.1—2013 中附录 J 的 J.9.4。

9.5 电气操作

成套设备的电气性能应符合设计要求,动作正常。

10 验证

10.1 通则

成套设备的验证分为设计验证和例行检验。

设计验证项目包括:

- a) 材料和部件的强度(见 10.2);
- b) 成套设备的防护等级(见 10.3);
- c) 电气间隙、爬电距离和隔离距离(见 10.4);
- d) 电击防护和保护电路完整性(见 10.5);
- e) 开关器件和元件的组合(见 10.6);
- f) 功能单元(见 10.7);
- g) 内部电路和连接(见 10.8);
- h) 外接导线端子(见 10.9);
- i) 介电性能(见 10.10);
- j) 温升验证(见 10.11);
- k) 短路耐受强度(见 10.12);
- l) 电磁兼容性(见 10.13);
- m) 机械操作(见 10.14);
- n) 电气操作(见 10.15)。

例行检验项目包括:

- a) 外壳的防护等级;
- b) 电气间隙、爬电距离和隔离距离;
- c) 电击防护和保护电路的完整性;
- d) 内装元件的组合;
- e) 功能单元;
- f) 内部电路和连接;
- g) 外接导线端子;
- h) 介电性能;
- i) 机械操作;
- j) 电气操作。

10.2 材料和部件的强度

10.2.1 通则

如果使用符合 GB/T 20641 的空壳体,且没有对其进行过降低外壳性能的更改,则不需要按 10.2.2~

10.2.5 规定再进行外壳的试验。

10.2.2 耐腐蚀性

成套设备的防腐蚀性试验依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.2.2 进行。

10.2.3 绝缘材料性能

外壳热稳定性验证、绝缘材料耐受内部电效应引起的非正常发热和着火验证依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.2.3 进行。

10.2.4 提升

成套设备的提升试验依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.2.5 进行。

10.2.5 标志

成套设备的标志试验依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.2.7 进行。

10.2.6 门和铰链试验

按照 8.1.6 的规定进行试验时,载荷应垂直向下加在门的垂直中心线上。

10.3 成套设备的防护等级

成套设备的机械碰撞试验应依据 GB/T 20138 进行。

防止触及带电部件以及固体异物和水的验证依据 GB/T 4208 进行。当成套设备使用的空壳体符合 GB/T 20641 规定的要求时,应进行验证评估以确保已进行的所有外形更改不会导致降低防护等级。这种情况下不需再做进一步的试验。

IP 试验应执行在:

- 如正常使用状态下,所有覆板和门就位并关闭;
- 如果初始制造商没有其他说明,则在断电状态下。

成套设备的某个部分(例如:工作面)的防护等级与主体部分的防护等级不同时,应分别进行检验。

根据 8.2.2 中规定的可抽出式部件的防护等级及根据 8.10 中规定的内部隔离应按 GB/T 4208 进行验证。

试验结果应符合 8.2.2 的规定。

外壳防护等级的例行检验需用目测检查以确认规定的措施是否能保持所要求的防护等级。

10.4 电气间隙、爬电距离和隔离距离

验证电气间隙、爬电距离和隔离距离应符合 8.3 的要求。

应分别验证抽出式功能单元在试验位置和隔离位置时的电气间隙、爬电距离和隔离距离是否符合要求。

测量电气间隙和爬电距离的方法如 GB/T 7251.1—2013 的附录 F 所示。

电气间隙和爬电距离的例行检验依据 GB/T 7251.1—2013 的 11.3 进行。

10.5 电击防护和保护电路完整性

验证抽出式部件在不同的位置时的保护电路应一直保持其有效性。

成套设备电击防护和保护电路完整性验证应依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.5 进行。

成套设备电击防护和保护电路完整性的例行检验应依据 GB/T 7251.1—2013 的 11.4 进行。

10.6 开关器件和元件的组合

依据 8.5 的设计要求,元器件的选择与安装应经初始制造商检查确认。

对于例行检验,应检查内装元器件的安装和标识符合电控设备制造商的说明书。

10.7 功能单元互换性试验

用各种规格的功能单元在其相应规格的其他单元隔室中各抽插 2 次。

设计验证应在配电母线短路耐受强度试验之后抽插一次;在功能单元短路耐受强度试验后抽插一次。

试验结果:功能单元在隔室内动作灵活,连接位置、试验位置、隔离位置和移出位置应符合 8.6 的要求,则认为试验合格。

10.8 内部电路和连接

依据 8.7 的设计要求,内部电路和连接应经初始制造商检查确认。

对于例行检验,应检查连接,特别是螺钉和螺栓的连接在任意的基座上能否有正确的松紧度;应检查导体是否符合成套设备制造商的说明书。

10.9 外接导线端子

依据 8.9 的设计要求,外接导体端子应经初始制造商检查确认。

对例行检验,应检查端子的数量、类型和标识是否符合成套设备制造商的说明书。

10.10 介电性能

成套设备的介电性能的验证依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.9 进行。可抽出式单元主触头与其静触头之间的隔离距离的冲击耐受电压能力应依据 8.3 进行验证。

介电性能的例行检验应依据 GB/T 7251.1—2013 的 11.9 进行。

试验结果应符合 9.1 的规定。

10.11 温升

成套设备各部位的温升应符合 9.2 的规定。

温升验证依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.10 进行。

通过试验验证的试验结束时,温升不应超过表 11 中规定值。元器件在成套设备内部温度下,并在其规定的电压极限范围内应良好工作。

10.12 短路耐受强度

成套设备的短路耐受强度的验证依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.11 进行。

短路耐受强度验证的部分包括:

- a) 母线系统:包括主母线、配电母线、中性母线;
- b) 保护导体;
- c) 功能单元。

主母线、配电母线、中性母线试验后符合下述各项要求时,认为试验合格:

- a) 成套设备结构无任何变形;

- b) 母线允许有微小变形,但仍符合 8.3 所规定的电气间隙和爬电距离;
- c) 母线绝缘支撑件无任何明显的损伤;
- d) 所有连接部位的紧固件无松动;
- e) 检测器件不应指示出有故障电流发生;
- f) 满足功能单元互换性要求;
- g) 功能单元抽插灵活。

保护导体经试验后符合下述各项要求,则认为试验合格:

- a) 保护电路的连续性不应破坏,测得的电阻值不大于规定值;
- b) 满足功能单元互换性要求;
- c) 功能单元抽插灵活。

功能单元经试验后符合下述各项要求,则认为试验合格:

- a) 短路电流经保护器件予以分断;
- b) 连接功能单元的分支线允许有微小的变形,但不得小于 8.3 中所规定的电气间隙和爬电距离;
- c) 试验过程中功能单元始终处于连接位置,试验后操作器件进行正常操作;
- d) 所有绝缘材料制成的部件无任何明显的损伤痕迹;
- e) 联锁机构不因试验而损坏;
- f) 导体的连接部件不应松动,而且导体不应从端子上脱落;
- g) 满足功能单元互换性要求;
- h) 功能单元抽插灵活;
- i) 检测器件不应指示出有故障电流发生。

10.13 电磁兼容性

EMC 试验依据 GB/T 7251.1—2013 的 J.10.12 进行。

10.14 机械操作

10.14.1 通则

对于成套设备中已经按照有关规定进行过型式试验的操作器件,如果在安装时机械操作部件无损坏,则不必对这些器件进行此项试验。

对于需要作此验证试验的部件(见 8.1.4),在成套设备安装好之后,应验证机械操作是否良好。操作循环次数应为 200 次。

同时,应检查与这些动作相关的机械联锁机构的工作。如果元器件、联锁机构、规定的防护等级等的工作状态未受损伤,而且所要求的操作力与试验前一样,则认为通过了此项试验。

对于例行检验,应包括可移式部件和可抽出式部件有关的联锁以及定位机构布置的检查。

10.14.2 功能单元机械操作试验

功能单元机械操作试验是验证功能单元应保证的机械性能。

功能单元在其隔室中从连接位置到隔离位置,然后再回到连接位置,作为一次循环。要求抽出式功能单元无载抽插至少 200 次。

试验结果如下:

- a) 主电路隔离接插件与配电母线接触部分应无明显机械损伤;
- b) 功能单元的抽插机构、定位机构应保持其原有的功能;

- c) 功能单元在分离位置时,主电路隔离接插件的带电导体与垂直安置的配电母线的隔离距离应符合 8.3 的规定;
- d) 保护电路的有效性不应破坏。

10.14.3 联锁机构操作试验

不同规格和类型的联锁机构应进行操作试验,每种规格和类型的试验次数不低于 200 次。
试验后联锁机构仍能符合 8.5.3 的要求。

10.15 电气操作

按成套设备的电气原理图的要求,应进行模拟动作试验,试验结果应符合设计要求。

附 录 A
(资料性附录)
成套设备的绝缘水平

成套设备的绝缘水平由制造商和用户协商确定。表 A.1 给出了成套设备的额定电压选择的最低标准值,供参照选用。

表 A.1 成套设备的绝缘水平

额定工作电压 V	最低额定绝缘电压 V	工频耐受电压 kV	额定冲击耐受电压 kV
220/380,230/400	400	1.89	6
380/660,400/690	690	1.89	8
1 000(1 140) ^a	1 000	2.20	12
注 1: 表 A.1 给出了成套设备绝缘水平的最低值,建议采用更高值。 注 2: 额定冲击耐受电压为过电压类别Ⅳ的情况。 注 3: 表中的额定冲击耐受电压为海拔 2 000 m 时的数值。 注 4: 额定冲击耐受电压为成套设备采用了规定的浪涌抑制器的情况。			
^a 额定工作电压交流 1 140 V 的设备,有关介电性能等要求由制造商和用户协商确定。			

参 考 文 献

- [1] GB/T 4207—2012 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法
 - [2] GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件
 - [3] IEC 60417 Graphical symbols for use on equipment
-