

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 404-201X

代替 DL/T 404-2007

3.6kV~40.5kV 交流金属封闭 开关设备和控制设备

Alternating-current metal-enclosed switchgear and controlgear for
rated voltages above 3.6kV and up to and including 40.5kV

(IEC 62271-200: 2011, MOD)

(报批稿)

2016.11.25.

注：为方便各位专家审查，本稿中用字体的不同颜色表示出了标准的修订情况：

1.黑色：DL/T404-2007 及 IEC 原有未修改内容；

2.绿色：IEC62271-200:2011 本次修改的内容； 3.蓝色：IEC62271-200:2011 本次增加的内容；

4.红色：DL/T404-2007 原增加内容；

4.粉色：DL/T404-201X 本次增加的内容；

201X-XX-XX发布

201X-XX-XX实施

国家能源局

发布

目 次

前 言	IV
1 概述	1
1.1 范围	1
1.2 规范性引用文件	1
2 正常和特殊使用条件	2
3 术语和定义	2
4 额定值	9
4.1 概述	9
4.2 额定电压 (U_r)	9
4.3 额定绝缘水平	10
4.4 额定频率 (f_r)	10
4.5 额定电流和温升	10
4.6 额定短时耐受电流 (I_k)	10
4.7 额定峰值耐受电流 (I_p)	10
4.8 额定短路持续时间 (t_k)	11
4.9 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压 (U_a)	11
4.10 合闸和分闸装置及其辅助和回路的额定电源频率	11
4.11 可控压力系统压缩气源的额定压力	11
4.12 绝缘和/或操作用气体或液体的额定充入水平	11
4.101 内部电弧级 (IAC) 的额定值	11
4.102 额定电缆试验电压	11
5 设计和结构	13
5.1 对开关设备和控制设备中液体的要求	13
5.2 对开关设备和控制设备中气体的要求	13
5.3 接地	14
5.4 辅助设备和控制设备	15
5.5 动力操作	15
5.6 储能操作	15
5.7 不依赖人力的操作	15
5.8 脱扣器的操作	15
5.9 低压力和高压力闭锁和监视装置	15
5.10 铭牌	15
5.11 联锁装置	17
5.12 位置指示	18
5.13 外壳的防护等级	18
5.14 爬电距离	19
5.15 气体和真空的密封	19
5.16 液体的密封	19
5.17 火灾危险 (易燃性)	19

5.18	电磁兼容性 (EMC)	19
5.19	X 射线的辐射	19
5.20	腐蚀	19
5.101	内部故障	19
5.102	外壳	20
5.103	高压隔室	22
5.104	可移开部件	25
5.105	电缆绝缘试验的规定	25
5.106	对最小空气间隙的要求	25
5.107	对开关设备和控制设备中主回路均采用固体绝缘包覆元件的要求	26
5.108	其它要求	26
6	型式试验	27
6.1	概述	27
6.2	绝缘试验	29
6.3	无线电干扰电压 (r、i、v) 试验	32
6.4	回路电阻的测量	32
6.5	温升试验	32
6.6	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	33
6.7	防护等级检验	35
6.8	密封试验	35
6.9	电磁兼容性试验 (EMC)	35
6.10	辅助和控制回路的附加试验	36
6.11	真空灭弧室 X 射线试验程序	36
6.101	关合和开断能力的验证	36
6.102	机械试验	38
6.103	充气隔室的压力耐受试验和气体状态检测	39
6.104	电击防护试验	39
6.105	内部电弧试验	41
7	出厂试验	45
7.1	概述	44
7.2	主回路的绝缘试验	46
7.3	辅助和控制回路的试验	46
7.4	主回路电阻测量	46
7.5	密封试验	46
7.6	设计和外观检查	46
7.7	机械操作和机械特性试验	46
7.8	开关设备的湿度测量	46
7.101	局部放电测量	47
7.102	充气隔室的压力试验	47
7.103	电动、气动和液压装置的辅助装置的试验	47
7.104	现场安装后的试验	47
7.105	现场充流体后的流体状态测量	48

8	金属封闭开关设备和控制设备的选用导则	48
8.101	概述.....	47
8.102	额定值的选择.....	48
8.103	设计和结构的选择.....	48
8.104	内部电弧级别.....	52
8.105	技术要求、额定值和可选试验的要求.....	55
8.106	接地回路的额定值.....	57
8.107	电缆试验的额定值.....	58
9	应随订货单、投标书和询问单一起提供的资料.....	59
9.101	随订货单和询问单一起提供的资料.....	58
9.102	投标时应提供的资料.....	59
10	运输、储存、安装、运行和维修规则	61
10.1	概述.....	60
10.2	运输、储存和安装时的条件.....	61
10.3	安装	61
10.4	运行	62
10.5	维修	62
11	安全	62
11.101	程序.....	62
11.102	内部电弧.....	62
12	产品对环境的影响	62
附录 A	(规范性附录) 内部电弧故障——内部电弧级别 (IAC) 的验证方法.....	63
附录 B	(规范性附录) 局部放电测量	77
附录 C	(规范性附录) 用于严酷气候条件下的 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备的附加要求	82
附录 D	(规范性附录) 根据短时持续电流的热效应计算裸导体横截面积的方法.....	90
参考文献	91

前 言

本标准是根据 IEC 62271-200:2011《额定电压 1kV~52kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》的内容对 DL/T 404-2007《额定电压 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》进行的全面修订。本标准中各章、节的编排顺序与 IEC 62271-200:2011 基本一致，但在某些内容上根据我国电力系统的实际使用要求而有别于 IEC 62271-200: 2011，故为修改采用。

本标准与 IEC 62271-200: 2011 的主要差异：

按照我国电力系统的实际情况和运行需求，本标准对相关条款进行了修订和补充，与 IEC 62271-200:2011 主要差异如下：

——适用范围：IEC 62271-200:2011 为 1kV 及以上至 52kV、额定频率 60Hz 及以下，本标准为额定电压 3.6kV 至 40.5kV、额定频率 50Hz。

——适用范围：明确了设备充入的绝缘用气体除六氟化硫(SF₆)气体外，还可能是空气、氮气(N₂)、或混合气体等。

——额定电压和额定绝缘水平：与 IEC 62271-200 有差别。

——额定短路持续时间：IEC 62271-200 是按照 IEC 62271-1 确定，其标准值为 1s，推荐值为 0.5s、2s、3s，本标准明确额定短路持续时间为 3s。

——联锁装置：对 IEC 62271-200 中 5.11 联锁装置部分增加了相关要求。

——防护等级：外壳防护等级由至少要满足 IP2X，修改为至少要满足 IP3X。

——本标准增加了“5.106 对最小空气间隙的要求”一条，规定了相间、相对地和带电体到门之间的最小距离。

——结构与设计：补充了对开关设备和控制设备中主回路均采用固体绝缘包覆元件的要求。

——型式试验：在 6.1 概述中增加了进行型式试验的数种情况及相关要求。

——型式试验：取消了选用的型式试验项目（根据制造厂和用户之间的协议），将“局部放电试验”和“人工污秽试验”项目列入适用时强制的型式试验项目。

——型式试验：在 6.1 概述中增加了正常生产的产品每隔八年应进行的型式试验项目等要求；

——湿试验程序：在 6.2.3 “湿试验程序”由不适用改为湿试验程序仅适用于有户外连接的情况。

——户外绝缘子的人工污秽试验：6.2.8 项目名称改为“人工污秽试验和凝露试验”，并增加了“凝露试验”的要求。

——温升试验：按照 DL/T593-2016 的要求，将 6.5 温升试验的试验电流修改为 1.1 倍额定电流。

——机械试验：明确了开关装置机械操作和机械特性试验的相关要求；在“联锁装置机械试验”中明确了程序操作和非程序操作的试验要求；增加了“其它机械试验（适用时）”条款及相关要求。

——电击防护试验：补充了接地金属部件的接地连续性试验要求。

——气候防护试验：因防护等级检验中包含了此项试验内容，故删除了此项试验。

——出厂试验：增加了“出厂试验报告应随产品一起出厂”的要求；增加了“机械特性试验”的

要求；增加了气体湿度测量的要求。

——为了便于使用，将 IEC 62271-304:2008《用于严酷气候条件下的 1kV~72.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备的附加要求》作为附录 C 列入本标准。

——增加了附录 D《根据短时持续电流的热效应计算裸导体横截面的方法》。

本标准与 DL/T 404-2007 的主要差异：

按照 IEC62271-200:2011 及电力系统的运行需求，本标准对相关条款进行了修订和补充，与 DL/T 404-2007 的主要差异如下：

注：字体加重内容是按照 IEC62271-200:2011 进行的修订。

——适用范围：

增加了注 2：充入的绝缘用气体可能是空气、氮气（N₂）、六氟化硫（SF₆）气体或混合气体等。

——术语和定义

a) 金属封闭开关设备和控制设备定义中增加了“注：根据使用功能和使用习惯的不同，交流金属封闭开关设备和控制设备可能会有不同的名称，如环网柜、电缆分接箱、箱式开关站及高压开关柜等。”；

b) 修改了“丧失运行连续性类别”术语和具体的分类；

c) 增加了“固体绝缘包覆元件”术语。

——额定值：

a) 额定短时耐受电流增加了接地回路 I_{ke} ；额定峰值耐受电流增加了接地回路 I_{pe} ；

b) 修改了主回路额定短路持续时间 (t_k)，按 DL/T 593-2016 中 4.7 的规定由 4s 改为 3s。**额定短路持续时间增加了接地回路 t_{ke} 且其值可以与主回路不同的要求；**

c) 增加了内部电弧级别 (IAC) 的额定值，包括可触及性类别、面板类别、额定电弧故障电流 (I_A 、 I_{Ae})、额定电弧故障持续时间 (t_A 、 t_{Ae} 错误!未找到引用源。);

d) 增加了额定电缆试验电压。

——设计和结构：

a) “5.2 对开关设备和控制设备中气体的要求”中增加了设备内气体最大含水量的要求；

b) 增加了“5.3.105 接地回路”要求；

c) 修改了“5.10 铭牌”的相关要求；

d) 修改了“5.101 内部故障”的相关要求；

e) 5.103.2.3 密封条款中增加了不同压力系统对气体压力（或密度）监视装置的要求，明确了密封压力系统可以没有气体压力（或密度）监视装置；

f) 修改了“5.105 电缆绝缘试验的规定”的相关要求；

g) 增加了“5.107 对开关设备和控制设备中主回路均采用固体绝缘包覆元件的要求”。

——型式试验：

a) 概述中进一步明确了典型的型式试验样机的相关要求；

- b) 概述中增加了正常生产的产品每隔八年应进行的型式试验项目等要求；
- c) 修改了“电缆试验回路的绝缘试验”的相关要求。补充了试验要求及试验方法；
- d) 修改了“辅助和控制回路的附加试验”的相关要求。增加了“功能性试验、接地金属部件的电气连续性试验、辅助触头动作特性的验证、环境试验、绝缘试验”条款及试验要求；
- e) 修改了“关合和开断能力的验证”的相关要求。将要求分为“主开关装置的试验要求”及“接地功能的试验要求”，增加了接地功能由主开关装置和 E0 级接地开关组合实现时接地功能的试验要求；
- f) 修改了“机械试验”的相关要求。明确了开关装置机械操作和机械特性试验的相关要求；在“联锁装置机械试验”中明确了程序操作和非程序操作的试验要求；增加了“其它机械试验（适用时）”条款及相关要求；
- g) 将“非金属隔板和活门的试验”改为“电击防护试验”；
- h) 删除了“防雨试验”项目及相关要求，此项试验已包含在防护等级检验中；
- i) 修改了“内部电弧试验”的相关要求。增加了“概述、试验条件、设备的布置、试验程序、试验报告、试验结果的可转换性”条款及相关要求；
- j) “6.5 温升试验”增加了“注：对于装有熔断器的金属封闭开关设备和控制设备，温升试验电流按照该功能单元的 1.0 倍的额定电流进行”；
- k) “6.8 密封试验”增加了对于充入非 SF6 气体的金属封闭开关设备的密封试验方法和漏气率标准；
- l) 增加了“6.10.4.3 接地金属部件的接地连续性试验”项目及相关要求。
- 出厂试验：
- a) 局部放电试验：增加了对于充流体的隔室及主回路均采用固体绝缘材料包覆元件的开关设备和控制设备需进行局部放电试验的要求；
- b) 增加了“开关设备的气体湿度测量”。
- 选用导则：
- a) 修改了“开关设备的运行连续性”的相关要求。增加了开关设备功能单元 LSC 类别（LSC1、LSC2、LSC2A、LSC2B）示例及功能单元示意图；
- b) 修改了“内部电弧级别”的相关要求。增加了“概述、起因和预防措施、补充的防护措施、选择和安装因素、内部电弧试验、IAC 级别”条款及相关要求；
- c) 增加了“接地回路的额定值”条款及相关要求；
- d) 增加了“电缆试验的额定值”条款及相关要求。
- 增加了第 12 章“产品对环境的影响”。
- 附录：
- a) 附录 A：删除了“概述、可触及性的类型、试验布置概述、合格判据、试验报告、等级的命名”条款及相关要求；增加了“试验布置的几何尺寸公差”条款及相关要求；
- b) 附录 B：主回路采用固体绝缘的金属封闭开关设备的最大允许局部放电量由 10 pC 改为 20 pC，

增加了充流体的金属封闭开关设备的最大允许局部放电量应为 20 pC 的要求；

c) 附录 C：按新版 IEC 62271-304 进行了修改。删除了“穿透性试验、漏电流的测量”条款及相关要求；修改了“老化试验”的相关要求；

d) 删除了原附录 E（资料性附录）解释性的注释内容。

本标准应与 DL/T 593-2016 一起使用，本标准的章节与 DL/T 593-2016 一致，新增加的内容在同一章节内从 101 开始编号。

本标准实施后代替 DL/T404-2007。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压开关设备及直流电源标准化技术委员会（DL/TC 06 归口并负责解释。

本标准负责起草单位：中国电力科学研究院

本标准参加起草单位：西安高压电器研究院有限责任公司、清华大学、国网公司华东分部、国网甘肃省电力公司、国网青海省电力公司、国网四川省电力公司、国网江苏省电力公司电力科学研究院、国网上海市电力公司市北供电公司、国网天津市电力公司电力科学研究院、国网河南省电力公司电力科学研究院、国网湖北省电力公司电力科学研究院、云南电网有限责任公司电力科学研究院、电力工业电力设备及仪表质量检测中心、机械工业高压电器设备质量检测中心、上海电气输配电试验中心有限公司、ABB（中国）有限公司、上海天灵开关厂有限公司、广东正超电气有限公司、平高集团有限公司、许继集团有限公司、河南森源电气股份有限公司、库柏（宁波）电气有限公司、天水长城开关厂有限公司、北京北开电气股份有限公司、北京科锐配电自动化股份有限公司、施耐德电气（中国）有限公司、北京合纵科技股份有限公司、江苏南瑞帕威尔电气有限公司、山东泰开成套电器有限公司、华仪电气股份有限公司、北京双杰电气股份有限公司、深圳市光辉电器实业有限公司、西门子中压开关技术（无锡）有限公司、益和电气集团有限公司、厦门 ABB 开关有限公司、沈阳华利电器集团、云南云开电气股份有限公司

本标准主要起草人：孔祥军、王承玉、张振乾

本标准参加起草人：崔景春、李鹏、徐国政、刘兆林、吴鸿雁、杨英杰、谭燕、马炳烈、刘成学、高山、姚明、赵德祥、孙云生、张忠元、王红梅、张弛、黄兴泉、陈隽、程志万、颜丽萍、郭丽萍、吴汉荣、谢建波、雷小强、王岩、张交锁、李向阳、王昊晴、袁端磊、王帮田、于庆瑞、乔众、韩国良、姚淮林、李培忠、田晓越、李政军、魏杰、黄贤德、薛忠、陈国春、龚绍成

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——DL/T 404-1991

——DL/T 404-1997

——DL/T 404-2007

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备

1 概述

1.1 范围

本标准规定了额定电压为 3.6kV~40.5kV、频率为 50Hz、装于户内或户外，并在工厂内装配的交流金属封闭开关设备和控制设备的各项技术要求。外壳内可能装有固定的或可移开的元件，并可能充有绝缘用的流体（液体或气体）。

注 1：本标准主要用于三相系统，但也可用于单相或两相系统。

注 2：充入的绝缘气体可以是空气、氮气（N₂）、六氟化硫（SF₆）气体或混合气体等。

本标准根据下述两点将金属封闭开关设备和控制设备划分为若干类：

- 维修开关设备和控制设备时电网运行的连续性；
- 设备维修的需要和方便性。

注 3：设备的安全性能取决于产品的设计、制造、调整、配合、安装和运行。

对于具有充气隔室的金属封闭开关设备和控制设备，设计压力不超过 0.3MPa（相对压力）时本标准适用。

注 4：设计压力超过 0.3MPa（相对压力）的充气隔室应参照 GB 7674 进行设计和试验。

特殊用途的金属封闭开关设备和控制设备，如用于有易燃性气体的场所、矿井中或船舶上，可能需要增加相应的技术要求。

装用在金属封闭开关设备和控制设备中的各元件应按照各自标准的规定进行设计和试验。考虑到各元件在开关设备和控制设备中的安装情况，本标准对单个元件的标准进行了补充。

本标准不排除在同一外壳内使用不同的设备，此时应考虑所用设备可能对开关设备和控制设备造成的影响。

注 5：具有绝缘外壳的开关设备和控制设备应符合 IEC 62271-201 的规定。

注 6：额定电压 40.5kV 以上的空气绝缘或者设计压力不超过 0.3MPa（相对压力）的气体绝缘金属封闭开关设备和控制设备，如果满足 DL/T 593-2016 规定的绝缘水平，本标准也适用。

1.2 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，仅所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 1408.1	固体绝缘材料电气强度试验方法 工频下的试验 (IEC60243—1: 1998, IDT)
GB/T 2900.20-2016	电工术语 高压开关设备 (IEC 60050(441): 1984, MOD)
GB 3804-201×	3.6kV~40.5kV 高压交流负荷开关 (IEC62271-103: 2011,

	MOD)
GB/T 4208-2008	外壳防护等级 (IP 代码) (IEC60529: 2001, IDT)
GB/T 7354-2003	局部放电测量 (IEC 60270: 2000 IDT)
GB/T 8905-2012	六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则 (IEC60480: 2004, MOD)
GB/T 11022-2011	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求 (IEC62271-1: 2007, MOD)
GB/T 14808-201×	高压交流接触器和基于接触器的电动机起动器 (IEC62271: 2011, MOD)
GB 16926-2009	交流高压负荷开关——熔断器组合电器 (IEC 62271-105: 2002, MOD)
GB/T 16927.1-2011	高电压试验技术 第一部分 一般试验要求 (eqv IEC60060-1: 2010)
DL/T 593-2016	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求 (IEC62271: 2007, MOD)
DL/T 402-2016	高压交流断路器 (IEC62271-100: 2008, MOD)
DL/T 486	高压交流隔离开关和接地开关 (IEC62271-102: 2002, MOD)
DL/T 487-2010	微机型防止电气误操作系统通用技术条件
IEC 62271-201: 2014	高压开关设备和控制设备 第 201 部分: 额定电压 1kV~52kV 交流绝缘封闭开关设备和控制设备
IEC 60909: 2001	三相交流系统中的短路电流 第 0 部分 电流的计算
IEC 61634: 1995	高压交流断路器——高压开关设备和控制设备中六氟化硫的使用和处理
ISO/IEC 导则 51: 1999	安全性方面——适用于标准内容的导则

2 正常和特殊使用条件

按 DL/T 593-2016 中第 2 章的规定, 并做如下补充: 除本标准另有规定外, 金属封闭开关设备和控制设备是按正常使用条件设计和使用的。

3 术语和定义

GB/T 2900.20、GB/T 11022、GB 3804、GB 16926、GB/T 14808 和 DL/T 593、DL/T 402、DL/T 486 规定的以及下列术语和定义均适用于本标准。

3.101 开关设备和控制设备 **switchgear and controlgear**

开关装置及与其相关的控制、测量、保护和调节设备的组合，以及与该组合有关的电气连结、辅件、外壳和支持构件组成的总装的总称。

3.102 金属封闭开关设备和控制设备 **metal-enclosed switchgear and controlgear**

除外部连接外，全部装配完成并封闭在接地的金属外壳内的开关设备和控制设备。

注：根据使用功能和使用习惯的不同，交流金属封闭开关设备和控制设备有不同的名称，如环网柜、电缆分接箱、箱式开关站及高压开关柜等。

3.103 功能单元 **functional unit**

功能单元是金属封闭开关设备和控制设备的一部分，包括为满足单一功能的主回路和辅助回路的所有元件。

注：功能单元可以根据预定的功能加以区别，如：进线单元、出线单元等。

3.104 多层设计 **multi-tier design**

两个或多个功能单元中的主开关装置垂直布置在一个外壳内的金属封闭开关设备和控制设备的设计。

3.105 运输单元 **transport unit**

不需拆开便可以运输的金属封闭开关设备和控制设备的一部分。

3.106 外壳 **enclosure**

金属封闭开关设备和控制设备的一部分，它能够提供规定的防护等级，以保护内部设备不受外界影响、防止人员接近或触及带电部分、防止人员触及运动部分。

3.107 高压隔室 **high-voltage compartment**

金属封闭开关设备和控制设备的一部分，包含高压导电部件，除相互连接、控制或通风而必须的开孔外，其余均封闭。

高压隔室分为四种类型，三种可以打开，称为可触及隔室（见 3.107.1 至 3.107.3），一种不能打开，称为不可触及隔室（见 3.107.4）。

注 1：GB/T 2900.20 给出了隔室的一般定义，即“除内部连接、控制或通风所必要的开孔外其余封闭的成套装置的一部分”。

注 2：隔室可以包含挡板、结构件和元件，它们提供如机械的或绝缘的多种功能，但这些都不同于隔板或外壳的功能。

注 3：高压隔室可以按内部安装的主要元件或提供的主要功能划分。

3.107.1 联锁控制的可触及隔室 interlock-controlled accessible compartment

按制造厂规定，可以打开进行正常操作和/或维护，但触及时将受开关设备和控制设备相应的联锁设计所控制的高压隔室。

注：安装、扩展和修理等不是正常的维护。

3.107.2 依靠程序的可触及隔室 procedure-based accessible compartment

按制造厂规定，可以打开进行正常操作和/或维护，但触及时将受相应的程序配合联锁装置所控制的高压隔室。

注：安装、扩展和修理等不是正常的维护。

3.107.3 依靠工具的可触及隔室 tool-based accessible compartment

可以打开，但不是为了进行正常操作和维护，仅能使用工具才能打开的高压隔室。

3.107.4 不可触及隔室 non-accessible compartment

不可以打开的高压隔室。

注：若打开将会破坏隔室的完整性。

3.107.5 连接隔室 connection compartment

将金属封闭开关设备和控制设备的主回路与电网或者其他高压电器的外部导体(电缆或母线)进行电气连接的高压隔室，如电缆室。

3.108 隔板 partition

金属封闭开关设备和控制设备的一个部件，它将一个隔室与另一个隔室隔开并提供规定的防护等级。

注 1：用于屏蔽的可动活门是隔板的一部分。

注 2：隔板上可以装有允许隔室间相互连接的部件（例如，套管、触头盒）。

3.109 隔板的等级 partition class

根据隔离带电部分所用的隔板是金属隔板或是非金属隔板，进行如下分类：

3.109.1 PM 级隔板 partition class PM

在打开的隔室和主回路的带电部件之间，金属封闭开关设备和控制设备具有连续并接地的金属隔板和/或活门（如果适用）。

3.109.2 PI 级隔板 partition class PI

在打开的隔室和主回路的带电部件之间，金属封闭开关设备和控制设备具有的一个或多个非金属隔板和/或活门。

3.110 活门 shutter

金属封闭开关设备和控制设备的一种部件，它具有两个可以转换的位置，一个位置允许可移开部件的触头或隔离开关的动触头可以与固定触头相接合；在另一个位置时，成为外壳或隔板的一部分，遮挡住固定触头。

3.111 分隔（导体的） segregation (of conductors)

将接地的金属板插在导体之间的一种布置，使破坏性放电只能发生在导体与地之间。

注 1：分隔可以建立在导体之间，也可以建立在开关装置打开的触头之间。

注 2：本定义不规定任何机械防护（IP 和 IK）。

3.112 套管 bushing

能使一根或多根导体穿过外壳或隔板并使导体与外壳或隔板绝缘的一种构件，包括固定用的附件。

3.113 元件 component

金属封闭开关设备和控制设备主回路和接地回路中具有特定功能的基本部件，如断路器、隔离开关、负荷开关、熔断器、互感器、套管、母线等。

3.114 主回路 main circuit

金属封闭开关设备和控制设备中用于承载额定电流的回路中的所有导电部件。

3.115 接地回路 earthing circuit

将高压导电部件同设施的接地系统相连的导体、连接以及接地装置的导电部件。

注：可以认为与接地系统连接的金属外壳是接地回路的一部分，见 5.3。

3.116 辅助回路 auxiliary circuit

金属封闭开关设备和控制设备中用于控制、测量、信号指示和调节回路（非高压部件）的所有导电部件。

注：金属封闭开关设备和控制设备的辅助回路包括开关装置的控制和辅助回路。

3.117 压力释放装置 pressure relief device

用于释放隔室过压力的装置。

3.118 充流体隔室 fluid-filled compartment

一种高压隔室，其中充有绝缘和/或开断用流体，即气体（不是周围空气）或液体。

3.118.1 充气隔室 gas-filled compartment

见 DL/T 593-2016 的 3.6.6.1。

3.118.2 充液体隔室 liquid-filled compartment

一种高压隔室，其内充有液体，内部的压力是大气压力或由下列系统之一保持：

- 可控压力系统；
- 封闭压力系统；
- 密封压力系统。

压力系统见 DL/T 593-2016 的 3.6.6。

3.119 相对压力 relative pressure

相对于标准大气压 101.3kPa 的压力。

3.120 最低功能水平（充流体隔室的） minimum functional level (of fluid-filled compartments)

气体压力值[相对压力，用 Pa（或密度）表示]或液体的质量，在此值及以上时才能保证金属封闭开关设备和控制设备的额定值。

3.121 设计水平（充流体隔室的） design level (of fluid-filled compartments)

是指用于确定充气隔室设计的气体压力值[相对压力，用 Pa（或密度）表示]，或充液隔室设计的液体质量。

3.122 设计温度（充流体隔室的） design temperature (of fluid-filled compartments)

在运行条件下充流体隔室的气体或液体所能达到的最高温度。

3.123 周围空气温度（金属封闭开关设备和控制设备的） ambient air temperature (of metal-enclosed switchgear and controlgear)

在规定的条件下测得的金属封闭开关设备和控制设备外壳周围的空气温度。

3.124 可移开部件 removable part

金属封闭开关设备和控制设备中能够完全移出并能被替换的连接到主回路的部件，即使功能单元的主回路带电也能移出。

3.125 可抽出部件 withdrawable part

金属封闭开关设备和控制设备的可移动部件，它可以移到使打开的触头之间形成一个隔离断口或分隔，此时它仍与外壳保持机械联系。

3.126 工作位置（接通位置） service position (connected position)

为完成预定功能，可移开部件处于完全接通的位置。

3.127 接地位置 earthing position

可移开部件的位置或隔离开关的状态，此时，开关装置的合闸操作将使主回路短路并接地。

3.128 试验位置（可抽出部件的）test position (of a withdrawable part)

可抽出部件的位置，在此位置时与主回路之间形成一个隔离断口或分离，辅助回路是接通的。

3.129 隔离位置（可抽出部件的）disconnected position (of a withdrawable part)

可抽出部件的位置，在此位置时，在可抽出部件回路中形成一个隔离断口或分离，可抽出部件仍与外壳保持机械联系。

注：在高压金属封闭开关设备和控制设备中，辅助回路可以不断开。

3.130 移开位置（可移开部件的）removed position (of a removable part)

可移开部件的位置，可移开部件与外壳脱离了机械和电气联系，已移出外壳。

3.131 丧失运行连续性类别（LSC）loss of service continuity category (LSC)

根据主回路某一隔室（见 3.107.1 到 3.107.3 的定义）打开时其它隔室和/或功能单元是否能继续带电而划分的设备分类。

注 1：LSC 分类描述了当需要触及主回路隔室时开关设备和控制设备可以继续带电运行的范围。打开装有带电设备的主回路隔室的范围取决于多种因素（见 8.103.3）。

注 2：LSC 分类不规定开关设备和控制设备的可靠性级别（见 8.103.3）。

注 3：根据可触及隔室和运行连续性，可能有四种类别：LSC1、LSC2、LSC2A、LSC2B。

3.131.1 LSC2 类功能单元 category LSC2 functional unit

至少具有一个用于高压连接的可触及隔室（即连接隔室）的功能单元。当该隔室打开时，至少一条母线能保持带电且所有其它功能单元都可以正常运行。

注：如果LSC2类功能单元除连接隔室外还有其他可触及隔室，可以进一步细分为LSC2A和LSC2B。

3.131.1.1 LSC2A 类功能单元 category LSC2A function unit

LSC2A类功能单元，如果该功能单元的任一可触及隔室（不同于单母线开关设备和控制设备的母线隔室）打开时，至少一条母线能保持带电且所有其它功能单元都能够正常运行。

3.131.1.2 LSC2B 类功能单元 category LSC2B function unit

LSC2B类功能单元，如果该功能单元的任何其它可触及高压隔室打开时，功能单元的高压连接（例如，电缆连接）能保持带电。

3.131.2 LSC1 类功能单元 category LSC1 function unit

具有一个或多个高压可触及隔室的功能单元，当其中任意一个高压可触及隔室打开时，至少一个其它功能单元不能保持带电。

3.132 内部电弧级开关设备和控制设备 (IAC) internal arc classified switchgear and controlgear (IAC)

经试验验证在内部电弧情况下满足规定要求，能保护人员的金属封闭开关设备和控制设备。

注：内部电弧级别通过 3.132.1 到 3.132.4 给出的特征来描述。

3.132.1 可触及性的类别 type of accessibility

人员接触开关设备和控制设备外壳周围限定区域时，其所能提供的、与保护水平相关的特征。

3.132.2 面板的类别 classified sides

在内部电弧情况下，开关设备和控制设备外壳的可触及面板对人员提供的、与防护水平相关的特征。

3.132.3 电弧故障电流 arc fault current

在内部电弧情况下开关设备和控制设备设计的，用于保护人员的三相以及单相对地(适用时的)内部电弧故障电流的有效值。

3.132.4 电弧故障持续时间 arc fault duration

在内部电弧情况下开关设备和控制设备设计的，用于保护人员的内部电弧故障电流的持续时间。

3.133 防护等级 degree of protection

外壳以及适用时的隔板或活门提供的防止接近危险部件、防止固体外物进入和/或防止水的浸入以及外壳防止机械撞击，并经由标准试验方法验证的保护程度。

3.134 额定值 rated value

一般由制造厂对元件、装置和设备规定的工作条件所指定的量值。

注：具体额定值见第 4 章。

3.135 破坏性放电 disruptive discharge

在电场作用下伴随着绝缘破坏而产生的一种现象，此时放电完全跨接了受试绝缘，使电极之间的电压降到零或接近于零。

注 1：该术语适用于在固体、液体和气体介质中以及其组合中的放电；

注 2：固体介质中的破坏性放电会导致永久丧失绝缘强度（非自恢复绝缘）；而在液体和气体介质中的破坏性放电可能只是暂时丧失绝缘强度（自恢复绝缘）；

注 3：破坏性放电发生在气体或液体介质中叫“火花放电”，发生在气体或液体介质中的固体介质表面时叫“闪络”；破坏性放电贯穿固体介质时，叫“击穿”。

3.136 固体绝缘包覆元件 solid-insulation embedded component

将高压导电元件用固体绝缘材料封装组成的独立部件。

4 额定值

4.1 概述

金属封闭开关设备和控制设备的额定值如下：

- a) 额定电压 (U_r) 和相数；
- b) 额定绝缘水平；
- c) 额定频率 (f_r)；
- d) 额定电流（主回路的）(I_r)；
- e) 额定短时耐受电流（主回路和接地回路的）(I_k 和 I_{ke})，如果适用；
- f) 额定峰值耐受电流（主回路和接地回路的）(I_p 和 I_{pe})，如果适用；
- g) 额定短路持续时间（主回路和接地回路的）(t_k 和 t_{ke})，如果适用；
- h) 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压 (U_a)；
- i) 合闸和分闸装置及其辅助回路的额定电源频率；
- j) 可控压力系统压缩气源的额定压力；
- k) 绝缘和/或操作作用气体或液体的额定充入水平；
- l) 内部电弧级 (IAC) 的额定值（如果制造厂有规定）；
- m) 额定电缆试验电压（额定工频电缆试验电压和额定直流电缆试验电压）(U_{ct} (a. c) 和 U_{ct} (d. c))。

4.2 额定电压 (U_r)

按 DL/T 593-2016 中 4.2 和 4.2.1 的规定。

注：对于金属封闭开关设备和控制设备的各组成元件，可按其有关标准具有各自的额定电压值。

4.3 额定绝缘水平

按 DL/T 593-2016 中 4.3 的规定。

4.4 额定频率 (f_r)

按 DL/T 593-2016 中 4.4 的规定。

4.5 额定电流和温升

4.5.1 额定电流 (I_r)

按 DL/T 593-2016 中 4.5.1 的规定，并作如下补充：

金属封闭开关设备和控制设备的某些主回路（如母线、配电线路）的额定电流可以有不同值。

4.5.2 温升

按 DL/T 593-2016 中 4.5.2 的规定，并作如下补充：

金属封闭开关设备和控制设备中某些元件的温升如不包含在 DL/T 593-2016 所规定的范围内，它们应按照各自的技术条件，其温升不得超过各自标准规定的限值。

当考虑母线的最高允许温度或温升时，应根据工作情况，接触头、连接及与绝缘材料接触的的金属部分的最高允许温度或温升确定。

可触及的外壳和盖板的温升不得超过 30 K。对可触及而在正常运行时无需触及的外壳和盖板，如果人员不会触及，其温升限值可以提高 10 K。

4.6 额定短时耐受电流 (I_k)

按 DL/T 593-2016 中 4.6 的规定，并作如下补充：

4.6.101 主回路额定短时耐受电流 (I_k)

按 DL/T 593-2016 中 4.6 的规定。

注：原则上，主回路的额定短时耐受电流不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。对于高压隔室或每一个回路，可以采用限制短路电流的器件，如限流熔断器、电抗器等。

4.6.102 接地回路额定短时耐受电流 (I_{ke})

对接地回路应规定额定短时耐受电流 (I_{ke})，其值可以与主回路不同。

注：接地回路适用的短时耐受电流额定值取决于所处系统中性点的接地类型。见 8.106。

4.7 额定峰值耐受电流 (I_p)

按 DL/T 593-2016 中 4.7 的规定，并作如下补充：

4.7.101 主回路额定峰值耐受电流 (I_p)

按DL/T 593-2016中4.7的规定。

注：原则上，主回路的额定峰值耐受电流不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。对于高压隔室或每一个回路，可以采用限制短路电流的器件，如限流熔断器、电抗器等。

4.7.102 接地回路额定峰值耐受电流 (I_{pe})

对接地回路应规定额定峰值耐受电流 (I_{pe})，其值可以与主回路不同。

4.8 额定短路持续时间 (t_k)

按 DL/T 593-2016 中 4.8 的规定，并做如下补充：

4.8.101 主回路额定短路持续时间 (t_k)

按 DL/T 593-2016 中 4.8 的规定为 3s，并做如下补充：

注：原则上，主回路的额定短路持续时间不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。但是，对于高压隔室或每一个回路，可以采用限制短路电流持续时间的器件，如限流熔断器。

4.8.102 接地回路额定短路持续时间 (t_{ke})

对接地回路应规定额定短路持续时间 (t_{ke})，其值可以与主回路不同。

4.9 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压 (U_a)

按 DL/T 593-2016 中 4.9 的规定。

4.10 合闸和分闸装置及其辅助和回路的额定电源频率

按 DL/T593 中 4.10 的规定。

4.11 可控压力系统压缩气源的额定压力

DL/T 593-2016 中 4.11 不适用。

4.12 绝缘和/或操作气体或液体的额定充入水平

按 DL/T 593-2016 中 4.12 的规定。

4.101 内部电弧级 (IAC) 的额定值

4.101.1 概述

如果制造厂规定了IAC级别，应规定包括可触及性的类别、面板的类别、电弧故障电流和电弧故障持续时间等在内的额定值。

4.101.2 可触及性类别

在安装现场，金属封闭开关设备和控制设备外壳的可触及类别分为四种：

A类可触及性：仅限于授权的人员；

B类可触及性：不受限制的可触及性，包括一般公众；

C类可触及性：受安装限制的可触及性，一般公众接触不到或者安装位置较高。

对于C类可触及性，制造厂应规定最小的接近距离（见图A.7）。声明的最小的安装高度应为最小接近距离加2 m。

注1：C类可触及性针对柱上安装的开关设备和控制设备。

注2：本标准中定义的IAC类不适用于敞开的隔室和有电弧保护的隔室。IEEE C37.20.7给出了针对这种情况的描述：对于敞开的低压隔室标记为带有后缀B，对于隔室内有电弧防护的隔室标记为带有后缀C，见参考文献[6]。

4.101.3 面板类别

满足内部电弧试验判据的外壳面板的A类和B类可触及标识为：

—F 前面板

—L 侧面板

—R 后面板

制造厂应清楚地规定前面板。面板类别不适用于C类可触及的开关设备和控制设备。

4.101.4 额定电弧故障电流 (I_A , I_{Ae})

额定电弧故障电流的标准值应从DL/T 593-2016中4.5规定的数值中选取。

电弧故障电流的两个额定值：**错误!未找到引用源。**

a) 三相额定电弧故障电流 (I_A)；

b) 单相对地额定电弧故障电流（适用时） (I_{Ae})。

如果仅规定了三相额定值，单相对地额定值的默认值为三相额定值的87%，且不需规定。

注1：制造厂应规定适用于单相对地电弧故障电流额定值的隔室。在此电流下，这类隔室的结构应该能够防止电弧发展成为三相故障，并在内部电弧故障试验中进行验证。

注2：该87%的取值背景是两相引燃的电弧故障试验。见A.5.2。

在所有高压隔室仅设计为单相对地电弧故障的情况下， I_A 的额定值无需规定（见A.5.2）。

注3：中性点接地类型和单相对地电弧故障电流之间关系的信息见8.104.6。

4.101.5 额定电弧故障持续时间（ t_A ， t_{Ae} 错误!未找到引用源。）

对于三相额定电弧故障持续时间（ t_A ）的标准推荐值为0.5 s和1 s。

如果适用，单相对地额定电弧故障的试验持续时间（ t_{Ae} ）由制造厂规定，推荐值为0.5 s和1 s。

注：通常不可能对不同于试验规定的电流计算出允许的电弧持续时间。

4.102 额定电缆试验电压

4.102.1 概述

在电缆连接到开关设备时，如果开关设备的设计允许进行电缆的绝缘试验，制造厂应规定一个或者多个额定电缆试验电压。

4.102.2 额定工频电缆试验电压（ U_{ct} （a. c.））

额定工频电缆试验电压是指与开关设备和控制设备（可能处于运行状态）连接的电缆上可以施加的最大交流试验电压。

4.102.3 额定直流电缆试验电压（ U_{ct} （d. c.））

额定直流电缆试验电压是指与开关设备和控制设备（可能处于运行状态）连接的电缆上可以施加的最大直流试验电压。

注：对于额定直流电缆试验电压，可以采用非常低频率的交流试验电压（例如，0.1 Hz）。IEEE 400.2中给出了导则。见参考文献。

5 设计和结构

5.1 对开关设备和控制设备中液体的要求

按DL/T 593-2016中5.1的规定。

5.2 对开关设备和控制设备中气体的要求

按DL/T 593-2016中5.2的规定，并作如下补充：

采用 SF6 气体外的其它种类气体时，其质量、检测、管理应满足制造厂产品技术条件规定。

充气隔室内水分含量允许值由制造厂技术条件规定。额定充气压力下测得充气隔室内水分含量(20℃时)不得大于 1000 $\mu\text{L/L}$ (产品静置 24h 后)。

注：六氟化硫的处理应按 IEC 62271-303：2008、GB/T 28534-2012 和 GB/T 28537-2012 的规定。

5.3 接地

按 DL/T 593-2016 中 5.3 的规定，并作如下补充：

5.3.101 高压导电部件的接地

为确保维护人员维护时的安全，主回路中凡规定或需要触及的所有部件都应能预先接地，但不包括与开关设备分离后变成可以触及的可移开部件和可抽出部件。

5.3.102 外壳的接地

为保证接地金属部件的电气连续性，每个功能单元的外壳均应连接到接地系统。固定在外壳上的小部件，只要直径不大于 12.5mm 就不用连接到接地系统，例如：螺母。除主回路和辅助回路外的所有要接地的金属部件应连接到接地系统。

为保证框架、盖板、门、隔板和其它构件之间的电气连续性，应采用某种工艺（例如用螺栓或焊接方法固定）使功能单元内部的相互连接牢固。高压隔室的门应采用适当的方法与框架相连接。

最后安装时，各运输单元应相互连接，相邻运输单元间的连接导体应能承受接地回路的额定短时耐受和峰值耐受电流。

注：外壳和门见 5.102。

5.3.103 接地装置的接地

如果接地连接必须承载全部三相短路电流（如短路连接用于接地装置时），这些接地连接应选用相应的尺寸。

5.3.104 可抽出部件和可移开部件的接地

可抽出部件应接地的金属部件，在试验位置、隔离位置及任何中间位置均应保持接地。在任何位置，接地连接的载流能力均应不小于对外壳要求的数值（见 5.102.1）。

可移开部件应接地的金属部件，在插入过程中，在静触头和可移开部件接触之前应接地。

可抽出部件或可移开部件如果包括了将主回路接地的其它接地装置，其处于工作位置的接地连接应是接地回路的一部分，它应具有相应的额定值（见 4.5、4.6 和 4.7）。

5.3.105 接地回路

开关设备和控制设备从每个功能单元到与设施的接地系统连接的端子间的接地回路，应能承载接地回路额定短时和峰值耐受电流。

注1：一般地，如果延伸到金属封闭开关设备和控制设备的整个长度的接地导体具有足够的截面积，则认为完全可以满足上述要求。作为导则，如果接地导体是铜质的，则在规定的接地故障条件下，当额定短路持续时间为 3 s 时，其中的电流密度不超过 110 A/mm²。接地导体的末端应用铜质端子与设备的接地系统相连接，端子的电气接触面积应与接地导体的截面相适应，但最小电气接触面积不应小于 160mm²。

注2：导体横截面积的计算方法见附录 D。

接地回路通常设计成只能耐受一次额定短时耐受值的短路故障，经过短路故障后可能需要维护。见8.106。

开关设备和控制设备如果采用了专门的接地导体作为接地回路，其截面积不应小于 30 mm²。

5.4 辅助设备和控制设备

按 DL/T 593-2016 中 5.4 的规定。

5.5 动力操作

按 DL/T 593-2016 中 5.5 的规定。

5.6 储能操作

按 DL/T 593-2016 中 5.6 的规定。

5.7 不依赖人力的操作

按 DL/T 593-2016 中 5.7 的规定。

5.8 脱扣器的操作

按 DL/T 593-2016 中 5.8 的规定。

5.9 低压力和高压力闭锁和监视装置

按 DL/T 593-2016 中 5.9 的规定。

5.10 铭牌

按 DL/ 593-2016 中 5.10 的规定，并作如下补充：

金属封闭开关设备和控制设备的铭牌应清晰而耐久，并易于识别。铭牌应包括表 101 规定的内容。

在正常运行期间，应能看清楚符合表101信息的铭牌。如果适用，对于完整开关设备和控制设备可以采用具有一般信息的公共铭牌，对每一个功能单元采用包含专门信息的独立铭牌。

固定元件的详细信息在正常运行时不必可见。

若有可移开部件，它应有标明所属功能单元有关数据的单独铭牌，但仅要求在移开位置时能看清这些铭牌。

表101 铭牌参数

项 目	缩写	单位	* *	条件：仅当需要时才标注	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
制造厂			×		
型号			×		
出厂编号			×		
说明书的编号			×		
制造年月			×		
适用的标准			×		
绝缘用流体种类			(×)	充入绝缘用流体时	
额定电压	U_r	kV	×		
额定频率	f_r	Hz	×		
额定雷电冲击耐受电压	U_p	kV	×		
额定短时工频耐受电压	U_d	kV	×		
额定工频电缆试验电压	$U_{ct}(a, c)$	kV	(×)		
额定直流电缆试验电压	$U_{ct}(d, c)$	kV	(×)		
额定电流	主母线	I_r	A	×	
	分支母线			(×)	与主母线不一致时
	电流互感器			(×)	与主母线不一致时
额定短时耐受电流	I_k	kA	×		
额定峰值耐受电流	I_p	kA	Y	对于 50 Hz 不同于额定短时耐受电流的 2.5 倍时；对于 60 Hz 不同于额定短时耐受电流的 2.6 倍时。	
额定短路持续时间	t_k	s	×		
接地回路的额定短时耐受电流	I_{ke}	kA	Y	不同于主回路 I_k 时	

项 目	缩写	单位	* *	条件: 仅当需要时才标注	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
接地回路的额定峰值耐受电流	I_{pe}	kA	Y	不同于主回路时, 且对于 50 Hz 不同于额定短时耐受电流的 2.5 倍时; 对于 60 Hz 不同于额定短时耐受电流的 2.6 倍时。	
接地回路的额定短路持续时间	t_{ke}	s	Y	不同于主回路 t_k 时	
绝缘用的额定充入水平(*)	p_{re}	MPa 或 kg	(×)		
绝缘用的报警水平(*)	p_{ae}	MPa 或 kg	(×)		
绝缘用的最低功能水平(*)	P_{me}	MPa 或 kg	(×)		
运行连续性丧失类别	LSC		×		
绝缘用流体的质量		kg	(×)		
内 部 电 弧 级 的 额 定 值	内部电弧等级	IAC	(×)		
	可触及的种类		A, B, C	(×)	
	面板的类别		F、L、R		
	额定电弧故障电流和额定持续时间	I_A, t_A	kA, s	(×)	
	额定单相对地电弧故障电流和额定持续时间	I_{Ae}, t_{Ae}	kA, s	(×)	如果 IAC 已指定, 且 I_{Ae} 不同于 87% 的 I_A 时
注1: 栏 (2) 中的缩写可以用来代替栏 (1) 中的术语。					
注2: 采用栏 (1) 中的术语时, “额定” 一词可以不出现。					
(*) 用绝对压力或相对压力表示;					
(* *) × 表示这些数值的标记是强制性的;					
(×) 表示这些数值的标记是根据适用的情况;					
Y 表示这些数值的标记是根据栏 (5) 的条件。					

5.11 联锁装置

按 DL/T 593-2016 中 5.11 的规定, 并作如下补充。

为了保证安全和便于操作, 金属封闭开关设备和控制设备中, 不同元件之间应装设联锁, 并应优先采用机械联锁。机械联锁装置的部件应有足够的机械强度, 以防止因操作不正确而造成变形或损坏。采用微机型防止电气误操作装置时, 其技术要求应符合 DL/T 687-2010 的规定。

下列规定对主回路是强制性的。

a) 具有可移开部件的金属封闭开关设备和控制设备

可移开部件只有在断路器、负荷开关或接触器处于分闸位置时才能抽出或插入。

可移开部件只有处于试验位置时，接地开关才能合闸，相应隔室的门才能打开。

可移开部件只有在工作位置、隔离位置、移开位置、试验位置或接地位置时，断路器、负荷开关或接触器才能操作。

处于合闸位置的接地开关只有相应隔室的门关闭后才能分闸，可移开部件才能插入。

断路器、负荷开关或接触器只有在与自动分闸相关的辅助回路均已接通时才能在工作位置合闸。反之，当断路器、负荷开关或接触器在工作位置时辅助回路不得断开，相应隔室的门不能打开。

应设可防止就地误分或误合断路器、负荷开关或接触器的防误操作装置，可以是提示性的。

b) 装有隔离开关的金属封闭开关设备和控制设备

应装设联锁装置以防止在规定条件以外进行隔离开关的操作。只有相关的断路器、负荷开关或接触器处于分闸位置时才能进行隔离开关的操作。

注 1：在双母线系统，如果母线切换时电流不能中断，在等点位下上述规定可不考虑。

只有隔离开关处于分闸位置时，其接地开关才能合闸，隔室的门才能打开。反之，只有隔室的门关闭后，处于合闸位置的接地开关才能分闸。

同一功能单元的接地开关与相关的隔离开关之间应装设机械联锁。

应装设可防止就地误分或误合断路器、负荷开关或接触器的防误操作装置，如加装锁具等，也可以是提示性的。

附加的或者可选择的联锁措施应根据制造厂和用户的协议。制造厂应提供有关联锁特性和功能的所有必要的资料。

对于因操作不正确而可能引起损坏，或在检修时用于建立隔离断口的主回路元件，应装设锁定装置（如加装挂锁）。

如果主回路接地是通过与接地开关串联的主开关装置（断路器、负荷开关或接触器）接地，则接地开关还应与主开关装置联锁，且应采取措施防止主开关意外分闸，如断开脱扣回路和阻止机械脱扣。

注 2：除接地开关外，也可以是隔离开关处于接地位置。

如果采用非机械联锁，其设计应保证在失去辅助电源时不会出现联锁失灵的情况。但是，对于紧急操作，制造厂应给出解除联锁的措施和手动操作的其它方法，并规定其操作程序。

5.12 位置指示

按 DL/T 593-2016 中 5.12 的规定。

5.13 外壳的防护等级

按 DL/T 593-2016 中 5.13 的规定。

5.14 爬电距离

按 DL/T 593-2016 中 5.14.2 的规定。

5.15 气体和真空的密封

按 DL/T 593-2016 中 5.15 的规定，并应满足本标准 5.103.2.3 的规定。

5.16 液体的密封

按 DL/T 593-2016 中 5.16 的规定，并应满足本标准 5.103.2.3 的规定。

5.17 火灾危险（易燃性）

按 DL/T 593-2016 中 5.17 的规定。

5.18 电磁兼容性（EMC）

按 DL/T 593-2016 中 5.18 的规定。

5.19 X射线的辐射

按 DL/T 593-2016 中 5.19 的规定。

5.20 腐蚀

按 DL/T 593-2016 中 5.20 的规定，并作如下补充：为防止因凝露而影响电器元件的绝缘性能和金属部件发生腐蚀，金属封闭开关设备和控制设备内应装设合适的加热驱潮装置，其通风通道的设置应能有效地将潮湿空气排出。

5.101 内部故障

按照本标准要求和设计和制造的金属封闭开关设备和控制设备，原则上应该能够防止发生内部故障。但是，如果规定了内部电弧级别，开关设备和控制设备在正常运行条件下出现内部电弧时，应能够对人员提供规定的防护水平。

如果制造厂规定了内部电弧级别且按照 6.106 经过型式试验验证，级别应按下述标识表示。

——级别：IAC；

——可触及性类别：A、B、C；

——外壳的面板类别：F、L、R；

——三相额定电弧故障数值：电流（kA）和持续时间（s）；

——单相额定电弧故障数值（适用时）：电流（kA）和持续时间（s）。

本标识应包含在铭牌中（见 5.10）。

IAC 级别标识的示例见 8.104.6。

5.102 外壳

5.102.1 总则

安装房屋的墙壁不能作为外壳的一部分。安装金属封闭开关设备和控制设备的地板表面，可认为是外壳的一部分。安装说明书中应给出为了使地板表面达到应提供的防护等级所需采取的措施。

外壳应是金属的。如果用与接地回路连接的金属隔板或活门将高压部件完全封闭，则外壳上的部件也可以是非金属的。

例外情况有：

- 符合 5.102.4 的观察窗；
- 安装开关设备和控制设备的地板是固体的且不允许触及开关设备和控制设备的下面。

户内金属封闭开关设备和控制设备的外壳，至少要满足 DL/T 593-2016 中表 7 的 IP3X 的防护等级。应和正常运行条件一样，所有门和盖板不论采用何种固定方式关闭，外壳都应提供规定的防护等级。

可以根据 GB/T 4208 规定更高的防护等级。

为了保证其防护，外壳还应符合下述条件：

- 从外壳的金属部件到提供的接地点之间通过 30 A (DC) 电流时，其电压降不得超过 3 V；
- 安装房屋的墙壁不能作为外壳的一部分；
- 界定为不可触及的隔室的外壳部件应清楚地标明不得拆卸；
- 外壳的水平表面，如顶板，一般设计为不能支撑人员或非总装部件的其它设备，如果制造厂声明在运行或维护时运行人员有必要在开关设备和控制设备上站立和行走时，相关区域应设计成可以承载运行人员的重量而不发生过度变形，并能保证正常运行。但是在此区域内，那些不能安全站立或行走的地方，例如装有压力释放板的地方，应清晰地标明。

5.102.2 盖板和门

作为外壳一部分的盖板和门应是金属的，如果高压部件被接地的金属隔板或活门屏蔽，盖板或门也可以用非金属材料。

作为外壳一部分的盖板和门关闭后，应具有与外壳相同的防护等级。

盖板和门不得使用网状的金属编织物、拉制的金属网或类似的材料。当盖板或门上有通风通道、通风口或观察窗时，应符合 5.102.4 和 5.102.5 的规定。

根据高压隔室的可触及类别，盖板和门分为两类：

a) 依靠工具的可触及隔室的盖板或门

按制造厂的规定，在正常运行和维护时不需打开的盖板（固定盖板）或门，仅限使用专用工具才能打开、拆卸或移开；

注 1：只有采取了预防措施确保电气安全后方可打开这些盖板；

注 2：应注意，作为维护程序的一部分，当门或盖板被打开、主回路已没有电压/电流时，应能操作开关装置（如果需要）。

b) 联锁控制的可触及隔室或依靠程序的可触及隔室的盖板或门

按制造厂的规定，日常工作和/或日常维护需要触及的隔室，应装有盖板或门，而且应是不需要专用工具就可打开或移开，并且具备下列特征：

——联锁控制的可触及隔室

这些隔室应装有联锁装置，只有隔室内可触及的主回路部件在不带电并接地时，或都在隔离位置且相应的活门已关闭时才可能打开隔室。

——依靠程序的可触及隔室

这些隔室应设有锁定措施，例如挂锁。

注 3：用户应提出适宜的程序，以确保由程序控制的可触及隔室只有在隔室中可触及的主回路部件不带电且接地时，或者在隔离位置且相应的活门已关闭时才可能打开隔室。此程序可以由设备的制造厂或用户的安全规程规定。

注 4：对联锁控制或程序控制的可触及隔室，如果有依靠工具打开的其它盖板，则可以采用适当的程序或者专门的警示标识。

5.102.3 作为外壳一部分的隔板或活门

当可移开部件处于接地位置、试验位置、隔离位置及移开位置中的任一位置时，如果隔板或活门均为外壳的一部分，则它们应该是金属的并应接地，且应提供与外壳相同的防护等级。

在此方面，应注意：

——如果在从 3.127 到 3.130 定义的任意一个位置可触及，且在从 3.126 到 3.130 定义的所有位置没有可以关闭的门，隔板或活门应成为外壳的一部分。

——如果在从 3.126 到 3.130 定义的所有位置提供了可以关闭的门，则认为门内的隔板或活门不是外壳的一部分。

5.102.4 观察窗

观察窗至少应达到对外壳规定的防护等级。

观察窗应该使用机械强度与外壳相当的透明遮板，同时应有足够的电气间隙和静电屏蔽

等措施（例如，在观察窗的内侧加一个适当的接地金属编织网），以防止形成危险的静电电荷。

高压带电部分与观察窗的可触及表面之间的绝缘应能耐受 DL/T 593-2016 中 4.2 规定的对地和极间的试验电压。

5.102.5 通风通道和通风口

通风通道和通风口的布置和防护应具有与外壳相同的防护等级，可以使用金属网状编织物或类似材料制成，但应具有与外壳相当的机械强度。

通风通道和通风口的布置应考虑到在压力作用下排出的气体或蒸汽不致危及到操作人员。

5.103 高压隔室

5.103.1 概述

高压隔室应以其中的主要元件来命名（如断路器隔室、母线隔室、电缆隔室），或者以提供的主要功能来命名（如连接隔室）。

当电缆终端和其它主要元件（断路器、母线等）在同一隔室时，其命名应首先考虑其它主要元件。

注：隔室可以根据所封闭的几种元件进一步划分（如连接/CT 隔室）。

隔室可以是各种形式的，例如：

——空气绝缘的；

——充液体的；

——充气体的。

隔室之间相互连接所需的开孔应采用套管或其它等效方法加以封闭或密封。

母线隔室可以延伸到几个功能单元而不采用套管或其它等效方法加以封闭。但是，对于 LSC2 级开关设备和控制设备，每组母线均应为独立的隔室，如双母线系统中可开合或隔离的母线段。对于空气绝缘的金属封闭开关设备和控制设备，每组母线应为独立的隔室。

可触及隔室中带电的固体绝缘高压部件应满足电击防护要求（见 5.103.3.3 及 6.104）。

电缆室的空间和电缆连接位置应便于安装、试验和维修。隔室应有带电时不可打开的明显标志。

5.103.2 充流体隔室（气体或液体）

5.103.2.1 概述

充流体的隔室应能承受运行中的正常压力和瞬时压力。

在运行中长期承受压力的充气隔室，其特定的使用工况与压缩空气容器或类似的储压容

器不同，其工况是：

——充气隔室内通常充以充分干燥、稳定和无腐蚀性的气体，在这种工况下，由于开关设备的操作而引起的气体压力波动很小，且隔室内部不会受到腐蚀，所以在确定隔室的设计时不需要考虑压力变化和腐蚀的影响；

——充气隔室的设计压力小于或等于 0.3MPa（相对压力）。

对于户外设备，制造厂应考虑气候条件的影响，见 DL/T 593-2016 的第 2 章。

5.103.2.2 设计

充流体隔室应根据流体的性质、本标准定义的设计温度和设计水平（如果适用）进行设计。

充流体隔室的设计温度，通常是在导体中流过额定电流引起流体温度升高后，隔室中流体整体所达到的温度上限值。对于户外设计应考虑其它可能的影响，如太阳的辐射。

隔室的设计压力应在设计温度和第 2 章规定的安装条件下隔室内部压力可能达到的上限值。

对于充流体隔室应考虑发生内部故障（见 5.101）的可能性和下列因素：

——隔室壁或者隔板的两侧可能出现的所有压差，包括正常充气或维修时抽真空过程中可能出现的压差。

——不同运行压力的相邻隔室之间发生意外的泄漏而产生的压力。

5.103.2.3 密封

制造厂应规定充流体隔室所采用的压力系统和允许的泄漏率（见 DL/T 593-2016 的 5.15 和 5.16）。还应考虑到在极端温度下暂时增大的泄漏率（见 DL/T 593-2016 的表 14）。

如果用户要求进入封闭压力或可控压力系统的充流体隔室，制造厂应规定透过隔板的允许泄漏量。

气体封闭压力系统（见 DL/T 593-2016 的 5.15.3）的每个充气隔室应具有独立的气体压力（或密度）监视装置。密封压力系统（见 DL/T 593-2016 的 5.15.4）可以没有气体压力（或密度）监视装置，也可以按用户要求安装。

制造厂应给出封闭压力系统充气隔室的最低功能压力值。

最低功能压力水平超过 0.1MPa（相对压力）的充气隔室，当压力（+20℃时）下降到最低功能压力以下时应给出警告（见 3.120）。

充气隔室和充液隔室（例如电缆盒、电压互感器）之间的隔板，不应发生影响两种介质绝缘性能的泄漏。

5.103.2.4 充流体隔室的压力释放

如果充流体隔室具有压力释放装置，设计时应该满足下述要求：当运行人员进行正常操

作时，如果在压力作用下有气体或蒸汽逸出，应该不会威胁到操作人员的安全；压力释放装置低于 1.3 倍设计压力时不应动作。压力释放装置可能是隔室设计的薄弱部分或者是自爆装置（如防爆膜）。

5.103.3 隔板和活门

5.103.3.1 概述

隔板和活门的防护等级至少应为 DL/T 593-2016 中表 7 规定的 IP2X。如果隔板和活门是外壳的一部分，其防护等级应与外壳相同。

当相邻隔室为正常气体压力时，隔板应能提供机械的安全防护（如果适用）。

应使用套管或其它等效方法，使导体穿过隔板后能满足要求的 IP 等级。

金属封闭开关设备和控制设备的外壳和隔室隔板上的开口（通过它可移开或可抽出部件的触头可与固定触头接合）应采用在正常运行中可操作的自动活门，以使在 3.126 到 3.130 定义的各种位置时均能确保对人员的防护。应采取措施确保活门的可靠动作，例如活门为机械传动，它由可移开部件或可抽出部件的正向运动所驱动。

活门的状态并不是在任何情况下都能很容易地由打开的隔室来确定（例如，电缆隔室打开但活门在断路器室）。在这种情况下，可能需要进入另一个隔室或应用可靠的指示装置或者通过观察窗来确定活门的状态。

应设置活门闭锁功能，在可移开部件移出后活门应锁定在关闭状态。活门应设置明显的安全警示标志。

如果为了维护或试验，需要打开活门触及一组或多组固定触头，应有措施可使每组活门能单独锁定在打开位置。如果维护或试验，应使活门保持在打开位置而不得自动关闭，则只有当活门恢复了自动功能后，开关装置才能推回到工作位置。活门自动功能可以通过将开关装置推回到工作位置来恢复。

另外，插入临时隔板可以防止暴露带电的固定触头（见 10.4）。

对于 PM 级金属封闭开关设备和控制设备，打开的隔室和主回路带电部件之间的隔板和活门应是金属的。否则，就是 PI 级（见 3.109）。

5.103.3.2 金属隔板和活门

金属隔板和活门以及它们的金属部件应与功能单元的接地点相连接，并且当承载 30 A（DC）电流时到预定接地点的电压降不超过 3 V。

5.103.3.3 非金属隔板和活门

全部或部分由绝缘材料制成的隔板和活门应满足下述要求：

a) 高压带电部分与绝缘隔板和活门的可触及的表面之间的绝缘，应能耐受 DL/T

593-2016 中 4.2 规定的对地和极间试验电压；

b) 绝缘材料应耐受项目 a) 中规定的工频试验电压，GB/T 1408.1 所规定的试验方法适用；

c) 高压带电部分与绝缘隔板和活门的内表面之间，至少应能耐受 1.5 倍的额定电压；

d) 如果通过绝缘表面的连续路径或通过被小的气体或液体间隙隔断的路径在绝缘隔板和活门的可触及表面产生泄漏电流时，其值在规定的试验条件（见 6.104.2）下不得大于 0.5mA。

5.104 可移开部件

用来在高压导体之间形成隔离断口的可移开部件应符合 DL/T 486 的规定。

应能判定可移开部件的运行位置，如果满足下述条件之一即可认为满足此要求：

——隔离断口是可见的；

——可移开部件相对于固定部分的位置是清晰可见的，并且可以清楚地鉴别是处于完全接通还是完全断开的位置；

——可移开部件的位置由可靠的指示器指示。

任何可移开部件与固定部分的连接，在正常运行时，特别是在短路时，不得由于可能发生的力而被意外地分开。

对 IAC 级开关设备和控制设备，在内部电弧情况下，可抽出部件推进到工作位置或由工作位置抽出时，均不应降低其规定的防护水平。例如，可以通过只有在用于操作人员安全的盖板和门关闭时才能进行操作来实现。也可以采用与防护水平等效的其它措施。

5.105 电缆绝缘试验的规定

金属封闭开关设备和控制设备可以设计成在电缆与其连接时仍可进行电缆试验。该试验既可以通过专用的试验连接也可以通过电缆终端来进行。在这种情况下，金属封闭开关设备和控制设备应能同时耐受 4.102 规定的额定电缆试验电压（该试验电压施加在与电缆连接的那些部件上）和电缆试验期间主回路元件正常运行的额定电压的共同作用。

5.106 对最小空气间隙的要求

a) 单纯以空气作为绝缘介质的金属封闭开关设备和控制设备，相间和相对地的最小空气间隙应满足表 102 所述要求：

表 102 单纯以空气作为绝缘介质的最小空气距离

额定电压	kV	3.6	7.2	12	24	40.5
相间和相对地	mm	75	100	125	180	300
带电体至门	mm	105	130	155	210	330

b) 以空气和绝缘板组成的复合绝缘作为绝缘介质的金属封闭开关设备和控制设备，带

电体与绝缘板之间的最小空气间隙应满足表 103 所述要求：

表 103 以空气和绝缘板组成的复合绝缘作为绝缘介质的最小空气间隙

额定电压	kV	3.6、7.2、12	24	40.5
带电体至绝缘板之间	mm	30	45	60

以空气和绝缘材料（热缩管除外）作为绝缘介质的金属封闭开关设备和控制设备应考虑绝缘材料的厚度、设计场强和老化，并应按照 DL/T 593-2016 中 6.2.9 的要求进行凝露试验。最小空气间隙小于上述规定的，需通过凝露试验。

5.107 对开关设备和控制设备中主回路采用固体绝缘包覆元件的要求

- a) 固体绝缘包覆元件应在电气和机械性能方面经过相应的验证；
- b) 其设计应考虑其结构对设备电场分布、绝缘和机械等方面的影响；
- c) 不应有降低电气和机械性能的疏松、杂质、气泡、气孔和裂纹等缺陷；
- d) 其表面有导电层时，所选用的导电材料和实施的工艺方法都应使导电层与绝缘包覆元件表面粘附牢固，导电层应耐磨损、防潮、防尘、防腐蚀，并应保证接地的连续性；
- e) 若其表面没有导电层，主回路带电时，其表面应不可触及；
- e) 使用寿命应不小于高压电器元件（如：真空灭弧室等）的使用寿命。

5.108 其它要求

金属封闭开关设备和控制设备的设计应使得下述操作能够安全地进行：

- 正常运行、检查和维护；
- 主回路带电或不带电状态的确定，包括相序检查；
- 连接电缆的接地、电缆故障的定位、连接电缆或其它器件的电压试验以及消除危险的静电电荷。

类型、额定值和结构相同的所有可移开部件和元件在机械上和电气上应具有互换性。

当这些可移开部件和元件以及隔室的设计在机械上允许互换时，可以安装相同或较大电流额定值和绝缘水平额定值的可移开部件和元件，以代替相同或者较小电流额定值和绝缘水平额定值的可移开部件和元件。但一般不适用于限流装置和避雷器。

注： 配装较高额定值的可移开部件或元件并不是一定提高功能单元的能力，也不意味着功能单元能够运行在可移开部件或元件提高后的额定值。

装于外壳内的各种元件都应满足各自的技术要求。

主回路装有限流熔断器时，开关设备和控制设备制造厂应给定熔断器的额定短路开断电流值。

金属封闭开关设备和控制设备的避雷器、电压互感器等设备应经隔离开关(或隔离手车)与母线相连,严禁与母线直接连接。

6 型式试验

6.1 总则

6.1.1 概述

按 DL/T 593-2016 中 6.1.1 的规定,并做如下补充。

装在金属封闭开关设备和控制设备内的元件,如果其技术要求不包含在 DL/T 593-2016 中,则应符合各自的技术要求,并应按其技术要求进行试验,同时还应考虑到下述规定:

由于金属封闭开关设备和控制设备的使用功能及内部所用元件的类型、额定参数和组合的多样性,所以不可能对其所有方案都进行型式试验。因此,型式试验只能在典型的金属封闭开关设备和控制设备和/或典型功能单元上进行,任一具体方案的性能可以引用类比方案的试验数据来验证。**型式试验还应保证功能单元间连接母线的相关性能(例如短时和峰值耐受电流、温升和绝缘性能等)得到验证。**

注:典型的金属封闭开关设备和控制设备可以采用可扩展式功能单元,必要时可以将多个这样的功能单元拼装在一起。典型的金属封闭开关设备和控制设备的功能单元数或主回路数应满足使用功能的最低配置,如环网开关柜、箱式开关站、电缆分接箱,最低配置应为 3 个功能单元或具有 3 个主回路数。型式试验还应保证功能单元间连接母线的相关性能(例如短时和峰值耐受电流、温升和绝缘性能等)得到验证。

金属封闭开关设备和控制设备所用的有机绝缘部件,除应按下述规定进行试验外,还应按相关规定进行补充试验。

型式试验是为了验证所设计和制造的开关设备和控制设备的额定值和性能是否能够达到本标准和相应产品标准的要求。

下列情况下金属封闭开关设备和控制设备应进行型式试验:

- a) 新试制的产品,应进行全部型式试验;
- b) 转厂和易地生产的产品,应进行全部型式试验;
- c) 当产品的设计、工艺、生产条件、使用的材料或所选用的元件发生重大改变而影响到产品性能时,

应做相应的型式试验。

d) 正常生产的产品每隔八年应进行一次温升试验、绝缘试验、机械试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验、关合和开断试验。

注:对关合和开断试验的具体试验要求见 6.101.2 和 6.101.3

e) 不经常生产的产品(停产 3 年以上),再次生产时应进行 d) 规定的试验;

f) 对系列产品或派生产品,应进行相关的型式试验,部分试验项目可引用相应的有效试验报告。

型式试验可能会对试品造成损伤而影响以后的使用，因此，如果没有制造厂和用户之间的协议，型式试验后的试品不得投入使用。

型式试验和验证项目包括：

——**强制性的型式试验：**

- a) 验证设备绝缘水平的试验（6.2）；
- b) 检验设备各部件温升的试验和回路电阻的测量（6.4 和 6.5）；
- c) 检验设备主回路和接地回路耐受额定峰值和额定短时耐受电流能力的试验（6.6）；
- d) 验证防止人员触及危险部件及固体外物进入设备的防护试验（IP 代码）（6.7.1）；
- e) 验证辅助和控制回路的试验（6.10）；
- f) 检验所装用的开关装置的关合和开断能力的试验（6.101）；
- g) 检验所装用的开关装置和可移开部件符合操作要求的试验（6.102）；

——**适用时强制性的型式试验**

- h) 人工污秽试验和凝露试验（6.2.9）；
- i) 通过测量局部放电评估设备绝缘的试验（6.2.10）；
- j) 电缆试验回路的绝缘试验（6.2.101）；
- k) 验证设备防止机械撞击的防护试验（IK 代码）（6.7.2）；
- l) 充气 and 充液隔室的密封试验（6.8）；
- m) 电磁兼容性试验（EMC）（6.9）；
- n) 真空灭弧室的 X-射线试验程序（6.11）；
- o) 验证充气隔室强度的试验（6.103）；
- p) 验证防止人员触及危险电气效应的防护试验（6.104）；
- q) 评估内部电弧效应的试验（只对 IAC 级开关设备和控制设备）（6.105）。

6.1.2 试验的分组

按 DL/T 593-2016 中 6.1.2 的规定，并作如下修改：

除项 m)、n) 和 q) 外，强制性试验最多可在四台试品上完成。

6.1.3 确认试品用的资料

按 DL/T 593-2016 中 6.1.3 的规定。

6.1.4 型式试验报告包括的资料

按 DL/T 593-2016 中 6.1.4 的规定，并作如下补充：

对于内部电弧试验的报告，见 6.105.6。

6.2 绝缘试验

6.2.1 概述

按 DL/T 593-2016 中 6.2 的规定。

6.2.2 试验时周围的大气条件

按 DL/T 593-2016 中 6.2.2 的规定。

6.2.3 湿试验程序

DL/T 593-2016 中 6.2.3 适用，并作如下补充：

湿试验程序仅适用于有户外连接的情况。

6.2.4 绝缘试验时开关设备和控制设备的状态

按 DL/T 593-2016 中 6.2.4 的规定，并作如下补充：

对使用流体（液体或气体）作为绝缘的金属封闭开关设备和控制设备，进行绝缘试验时应充以制造厂规定的绝缘流体至规定的最低功能水平。

6.2.5 通过试验的判据

按 DL/T 593-2016 中 6.2.5 的规定，并作如下修改：

——项 a) 中涉及到湿试的部分不适用。

注 1：对充流体隔室进行试验时，如果试验用套管不是开关设备和控制设备的一部分，可不考虑试验套管上发生的闪络。

6.2.6 试验电压的施加和试验条件

DL/T 593-2016 的 6.2.6 除 6.2.6.3 项 a) 外适用，并作如下补充：

由于有多种设计方案，要对主回路的试验作出具体的规定是不现实的，但原则上应包括下列试验：

a) 对地和相间

试验电压按 6.2.7 的规定。主回路的每相导体应依次与试验电源的高压接线端相连接，主回路的其它导体和辅助回路应与接地导体或框架相连，并与试验电源的接地端相连。

如果开关设备和控制设备各极导体是完全分离的，可只进行对地试验。

进行绝缘试验时，所有的开关装置应处于合闸位置（接地开关除外），而所有的可移开部件应处于工作位置。应该注意到：当开关装置处于分闸位置，或可移开部件处于隔离位置、移开位置、试验位置或接地位置时，可能会发生更不利的电场条件时，应在这些位置上重复进行试验。当移开部件处于隔离位置、移开位置和试验位置时，可移开部件不进行这些耐压试验。

在上述试验中，如电流互感器、电缆终端、过流脱扣器及显示装置等器件应按正常使用

情况安装，如果不能确定其最不利的布置，则需在所有选用的布置上重复进行试验。

为了验证观察窗、绝缘隔板和活门是否符合本标准 5.102.4 和 5.103.3.3 项 a) 的要求，对于在操作或维护时可能被触及的表面，试验时应在最不利的位置上覆盖一块接地的圆形或方形金属箔，其面积应尽可能大，但不应超过 100cm²。如果不能确定最不利的位罝，试验应在不同的位罝上重复进行。为便于试验，经制造厂和用户协商，可以同时用几个金属箔，或者用更大的金属箔覆盖绝缘材料的可触及表面。

b) 隔离断口间

主回路的各隔离断口应施以 6.2.7 所规定的试验电压，并按 DL/T 593-2016 中 6.2.6 规定的试验程序进行试验。

隔离断口的形成由：

- 处于分闸位置的隔离开关；
- 主回路中由可抽出或可移开的开关装置连接的两个部分之间的断口。

如果在隔离位罝或试验位罝，有一个接地的金属活门插在被分开的触头之间使之隔离，则在接地的金属活门与带电部分之间的断口只耐受对地的试验电压。

如果在隔离位罝或试验位罝，固定部分和可抽出部件之间没有接地的金属活门或隔板，则应按下述要求在断口之间施加规定的试验电压：

- 如果可抽出部件的主回路导电部分可能被意外地触及，试验电压应施加在固定触头和动触头之间；
- 如果可抽出部件的主回路导电部分不可能被意外地触及，则试验电压应施加在两侧的固定触头之间。如果可能，试验时可抽出部件的开关装置应处于合闸位罝；如果开关装置在隔离位罝不能合闸，则应使可抽出部件处于试验位罝且开关装置处于合闸时进行试验。

c) 补充试验

为了检验绝缘隔板和活门是否满足 5.103.3.3 项 c) 的要求，应按上述项 a) 的规定，在主回路带电部分与绝缘隔板或活门的内表面之间进行工频耐压试验，试验电压为 1.5 倍的额定电压，时间为 1min，试验时应用一接地的金属箔覆盖在绝缘隔板或活门的内表面上。

6.2.7 金属封闭开关设备和控制设备的试验

6.2.7.1 概述

按 DL/T 593-2016 中 6.2.7.1 的规定。

6.2.7.2 工频电压试验

按 DL/T 593-2016 中 6.2.7.2 的规定，并做如下补充：

只进行工频电压干耐受试验。

互感器、电力变压器或熔断器可以用能够再现高压连接电场分布情况的模拟品代替。

过电压保护元件应断开或移开，电流互感器二次侧应短路并接地，正常连接在相间的互感器、线圈或类似装置应该从承受试验电压的极上断开。

进行工频电压试验时，试验变压器的一端应与金属封闭开关设备和控制设备的外壳相连并接地。但是，当按 6.2.6 中项 b) 进行试验时，如有必要，可将外壳与地绝缘，以免带电部分和外壳之间的电压超过 6.2.6 中项 a) 规定的试验电压。

6.2.7.3 雷电冲击电压试验

按 DL/T 593-2016 中 6.2.7.3 的规定，并做如下补充：

互感器、电力变压器或熔断器可以用能够再现高压连接电场分布情况的模拟品代替。

过电压保护元件应断开或移开，电流互感器二次侧应短路并接地，电流互感器也可以将一次侧短接。

进行雷电冲击电压试验时，冲击电压发生器的接地端子应与金属封闭开关设备和控制设备的外壳相连。但是，当按 6.2.6 中项 b) 试验时，如有必要，可将外壳与地绝缘，以免带电部分和外壳之间的电压超过 6.2.6 中项 a) 规定的试验电压。

6.2.8 额定电压 252kV 以上开关设备和控制设备的试验

DL/T 593-2016 的 6.2.8 不适用。

6.2.9 人工污秽试验和凝露试验

按 DL/T 593-2016 中 6.2.9 的规定，并作如下补充：

当金属封闭开关设备和控制设备的使用条件超出本标准规定的正常使用条件时，就凝露和污秽而言，还应按“附录 C 用于严酷气候条件下的 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备的附加要求”进行试验。

6.2.10 局部放电试验

按 DL/T 593-2016 中 6.2.10 的规定，并作如下补充：

如果进行该试验，应按照附录 B 的规定。

局部放电试验应在雷电冲击电压试验和工频电压试验后进行，互感器、电力变压器或熔断器可以用能够再现高压连接电场分布情况的模拟品代替。

注 1：当完整设备由常规元件组成时（例如：互感器、套管），这些元件应按各自标准的规定单独进行试验。本试验的目的是检验这些元件在完整设备中的布置。

注 2：试验可以在完整设备上或分装上进行，注意，测量不能受外界局部放电的影响。对充流体的以及主回路采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备，可在功能单元上进行局部放电试验。

6.2.11 辅助和控制回路的绝缘试验

按 DL/T 593-2016 中 6.2.11 的规定，并作如下补充：

电流互感器的二次绕组应短路并与地隔离，电压互感器的二次绕组应开路，限压装置（如果有）应断开。

试验不包括已按各自标准进行了试验的电压指示或监测等功能元件（例如，VPIS、VIS和VDS）。

6.2.12 作为状态检查的电压试验

按 DL/T 593-2016 中 6.2.12 的规定。

6.2.101 电缆试验回路的绝缘试验

本型式试验仅适用于规定了一个或多个额定电缆试验电压值的开关设备和控制设备。

对于每一个额定电缆试验电压值，应施加下述试验电压：

- a) 将母线侧所有极连在一起，并在其对地之间施加电压值为额定电压 U_r 的单相电压。
 - b) 在与电缆连接的每一极上依此施加电压值为额定电缆试验电压 $U_{ct}(a.c.)$ 或 $U_{ct}(d.c.)$ ，未加压极电缆相连并接地。
- a) 和 b) 的试验电压应同时施加。

对于交流电缆试验电压 U_{ct} ，试验的持续时间应为 1 min。对于直流电缆试验电压 U_{ct} ，试验的持续时间应为 15 min。

对于同样频率的交流试验电压，两个试验电压的极性应相反。

试验期间，如果电缆试验连接和母线之间有分隔，则可省略母线侧的试验电压。

6.3 无线电干扰电压（r、i、v）试验

DL/T 593-2016 的 6.3 不适用。

6.4 回路电阻的测量

6.4.1 主回路

按 DL/T 593-2016 中 6.4.1 的规定。

6.4.2 辅助回路

按 DL/T 593-2016 中 6.4.2 的规定。

6.5 温升试验

6.5.1 被试金属封闭开关设备和控制设备的状态

按 DL/T 593-2016 中 6.5.1 的规定。

6.5.2 设备的布置

按 DL/T 593-2016 的 6.5.2 的规定，并作如下补充：

如果设计采用多种元件或布置方案时，试验应该在具有最苛刻条件的元件和布置方案上进行。具备代表性的金属封闭开关设备和控制设备应按正常使用条件安装，包括所有常规的外壳、隔板、活门等，试验时应将盖板和门关闭。

对单个功能单元试验时，其相邻单元应通以电流，此电流所产生的功率损耗应与额定状态相同。如果在实际条件下不能按上述要求进行试验，允许用加热或隔热的方法模拟其等价条件。

如果外壳内还装有其它的主要功能元件，这些元件应该通以能产生与额定状态相同的功率损耗的电流。采用产生相同的功率损耗的等价方法也是可以的。

各元件的温升，应以外壳周围的空气温度作为基准进行折算，各元件的温升不应超过各自标准的规定。如果周围空气温度不稳定，可在相同的环境条件下，取一个相同的外壳的表面温度作为试验时的环境温度。

应在规定的相数下，**通以 1.1 倍的额定电流**进行，电流应从母线的一端流向与电缆连接的末端**或从电缆连接的一端流向与另一电缆连接的一端**。

注：对于装有熔断器的金属封闭开关设备和控制设备，温升试验电流按照该功能单元的 1.0 倍的额定电流进行。

6.5.3 温度和温升的测量

按 DL/T 593-2016 中 6.5.3 的规定。

6.5.4 周围空气温度

按 DL/T 593-2016 中 6.5.4 的规定。

6.5.5 辅助设备和控制设备的温升试验

按 DL/T 593-2016 中 6.5.5 的规定。

6.5.6 温升试验的解释

按 DL/T 593-2016 中 6.5.6 的规定。

6.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

6.6.1 概述

按 DL/T 593-2016 中 6.6.1 的规定，并作如下补充：

a) 主回路试验

应在规定的安装和使用条件下，对金属封闭开关设备和控制设备的主回路承受额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流的能力进行试验验证，试验时应将所有可能影响主回路性能或

限制短路电流的相关元件装在金属封闭开关设备和控制设备上，辅助装置（如电压互感器、辅助变压器、避雷器、脉冲电容器、电压检测装置和类似装置）与主回路之间的连接线可以认为不是主回路的一部分。

短时耐受电流试验和峰值耐受电流试验应使用额定相数，电流互感器和脱扣装置应按正常使用条件安装，但脱扣器不得动作。

没有限流装置的设备可用任一方便的电压试验，带有限流装置的设备应用其额定电压试验，只要所施加的电压产生的峰值电流和热效应大于额定电压时的规定值，也可以用其它的试验电压值。

对于带有限流装置的设备，预期电流（峰值、有效值、持续时间）不应小于额定值。

如果装有自脱扣的断路器，应整定至其最大脱扣值。

如果装有限流熔断器，应装用最大额定电流值的熔体。

试验后，外壳内部的元件和导体不应发生任何影响主回路安全运行的变形或损坏。

b) 接地回路试验

金属封闭开关设备和控制设备的接地导体、接地连接和接地装置，应进行验证其耐受额定短时耐受电流（适用时， I_k 和 I_{ke} ）和额定峰值耐受电流能力的试验，试验时应将所有可能影响接地回路性能或限制短路电流的相关元件装在金属封闭开关设备和控制设备上。

接地装置的短时耐受电流和峰值耐受电流试验应使用额定相数，接地装置和接地点之间的整个连接回路需进行单相试验。

如果有可移开的接地装置，应在接地故障条件下，对固定部分和可移开部件之间的接地连接进行试验。接地故障电流应在固定部分的接地导体和可移开部件的接地点之间流过。如果开关设备和控制设备中的接地装置除正常工作位置外还能在另一位置进行操作，如在双母线开关设备和控制设备中，试验还应在另一位置上进行。

试验后，允许接地导体、接地连接或接地装置有某些变形或损坏，但必须保持接地回路的连通，接地装置应能分开。外观检查足以判定是否仍然保持回路的连续性。

如果对某个接地连接的连续性有怀疑，则应从该接地连接到规定的接地点间通以直流 30 A 电流来验证，电压降不应超过 3 V。

6.6.2 开关设备和控制设备及其试验回路的布置

按 DL/T 593-2016 中 6.6.2 的规定，并作如下补充：

被试设备的布置应该按照可以获得最严酷的试验条件来布置，这些布置与无支撑的母线最大长度、导体的相对位置和设备内部的连接有关。开关设备和控制设备如果包含有相同开关装置的多个高压隔室（并列设计或者多层设计），则试验应在开关装置处于最不利的位置上进行。

开关设备和控制设备的端子与试验连接线的布置，应避免端子承受不实际的应力和支撑。端子与开关设备和控制设备两侧的试验导体的最近支撑点之间的距离应符合制造厂的使用说明，并应考虑到上述的要求。

开关装置应处于合闸位置并装有洁净的新触头。

每次试验前对机械开关装置应进行空载操作，除接地开关外，还应测量主回路的电阻。

试验报告中应注明试验的布置。

6.6.3 试验电流和持续时间

按 DL/T 593-2016 中 6.6.3 的规定，并作如下补充：

对于接地回路，试验电流为接地回路额定短时耐受电流（ I_{ke} ）和接地回路额定峰值耐受电流（ I_{pe} ），持续时间为接地回路额定短路持续时间（ t_{ke} ）。

6.6.4 试验中开关设备和控制设备的表现

按 DL/T 593-2016 中 6.6.4 的规定。

6.6.5 试验后开关设备和控制设备的状态

按 DL/T 593-2016 中 6.6.5 的规定。

6.7 防护等级检验

6.7.1 IP 代码的检验

按 DL/T 593-2016 中 6.7.1 的规定。

6.7.2 IK 代码的检验

按 DL/T 593-2016 中 6.7.2 的规定。

6.8 密封试验

按 DL/T 593-2016 中 6.8 的规定，并作如下补充：

对于充入非 SF₆ 气体的金属封闭开关设备，其密封试验方法和漏气率标准还需作进一步研究。为简化试验，密封试验暂用 SF₆ 或其它气体代替，年漏气率标准按封闭压力系统为 0.5%、密封压力系统按 0.1% 的规定。

注：试验样机应安装气体压力（或密度）指示装置。

6.9 电磁兼容性试验（EMC）

除无线电干扰电压试验外，按 DL/T 593-2016 中 6.9 的规定。

6.10 辅助和控制回路的附加试验

6.10.1 概述

按 DL/T 593-2016 中 6.10.1 的规定。

6.10.2 功能性试验

按 DL/T 593-2016 中 6.10.2 的规定。

6.10.3 接地金属部件的电气连续性试验

按 DL/T 593-2016 中 6.10.3 的规定。

6.10.4 辅助触头动作特性的验证

按 DL/T 593-2016 中 6.10.4 的规定。

6.10.5 环境试验

按 DL/T 593-2016 中 6.10.5 的规定，并作如下限制：

- 对 DL/T 593-2016 的第 2 章规定的在正常使用条件下的户内开关设备和控制设备，该试验不适用；
- 如果在代表性辅助和控制回路的单独元件上进行了 DL/T 593-2016 的 6.10.5 规定的试验，则不需再进行该试验；
- 如果必须进行试验，DL/T 593-2016 的 6.10.5 适用，在辅助和控制回路的典型布置上进行。

6.10.6 绝缘试验

按 DL/T 593-2016 中 6.10.6 的规定。

6.11 真空灭弧室 X 射线试验程序

DL/T 593-2016 中的 6.11 适用。

注：本试验适用于真空灭弧室，不适用于功能单元。

6.101 关合和开断能力的验证

6.101.1 概述

金属封闭开关设备和控制设备主回路中装用的开关装置和接地开关，应按照相关标准并在适当的安装和使用条件下进行额定的关合和开断能力的验证试验。其安装条件应和金属封闭开关设备和控制设备中的正常安装条件相同，并在装有所有可能影响其性能的相关部件（如连接线、支撑件、通风设备等）时进行试验。如果开关装置已经在安装条件相同或更为

严酷的金属封闭开关设备和控制设备中进行了关合和开断试验，则可不进行这些试验。

注：在判定何种部件可能影响开关装置的性能时，应特别注意短路引起的机械力、电弧生成物的排出以及击穿放电的可能性等。应该认识到，在某些情况下这些影响完全可以忽略。

因为不可能覆盖开关装置所有可能的布置和设计，所以试验按下述要求进行。

a) 如果已对典型隔室中的开关装置进行过适用的关合和开断电流试验系列，则上述试验对类似或欠严酷条件的隔室也有效；

b) 如果使用经过型式试验（试验时不论是否带有外壳）的开关装置，且项 a) 不适用，应该在每一个隔室中重复进行下述的 6.101.2 和 6.101.3 规定的试验方式；

c) 如果隔室的设计是采用多种类型或结构的开关装置，对每一种开关装置均应按照上述项 a) 以及项 b)（适用时）中的要求进行全部试验。

如果并列或者多层设计的多个隔室不完全相同（但可以采用相同的开关装置），则上述规定的试验/试验方式应按照相关标准要求能够在能够获得最严酷条件的隔室中进行。

6.101.2 主开关装置的试验要求

适用时，应对开关装置进行下述试验方式的试验：

——DL/T 402：试验方式 T100s、T100a 和临界电流试验（如果有），适用时，还应考虑 DL/T 402 对试验连接布置的要求；

——GB 3804：额定有功负载开断电流（试验方式 1）10 次 CO 操作；适用时，根据 E1、E2、E3 级进行试验方式 5，除非该负荷开关没有短路关合能力；

——GB 16926：试验方式 TD_{ISC}（方式 1，额定短路开断电流时的关合和开断试验）、TD_{Itransfer}（方式 3，额定转移电流时的开断试验）或 TD_{Ito}（方式 4，额定交接电流时的开断试验）；

——GB/T 14808：与 SCPD（短路保护装置）配合的验证。

6.101.3 接地功能的试验要求

金属封闭开关设备和控制设备中接地功能试验应按 DL/T 486 的规定进行短路关合试验。

如果接地功能是由接地开关实现的，则接地开关应按 DL/T 486 的规定进行 E1 级或 E2 级的短路关合试验。

如果接地功能是由主开关装置和 E0 级接地开关组合实现的，则主开关装置应按 DL/T 486 的规定进行 E1 级或 E2 级的短路关合试验。试验顺序如下：

——E1 级：2C；

——E2 级：2C-x-2C-y-C，这里，x 和 y 表示任意次数的空载操作，2C 表示两个合闸操作及中间的一个空载分闸操作，即 C-0（空载操作）-C。

注：如果接地功能是由具有保护动作的断路器实现的，则接地功能的分级不适用。

6.102 机械试验

6.102.1 机械操作和机械特性试验

金属封闭开关设备和控制设备中的开关装置应按各自标准（如 DL/T 402、DL/T 486、GB 3804、GB14808 等）进行机械试验（包括机械操作和机械特性试验），除非它们已经通过型式试验。可移开部件用作隔离开关时，机械操作和机械寿命试验应符合 DL/T 486 的规定。若开关装置已按各自标准通过了机械试验，则应进行 50 次操作（对于断路器应包括 3 个重合闸顺序的操作），对已通过试验的可移开部件应进行 25 次推入和抽出操作，以验证其操作性能是否符合要求。

对于电动操作的开关装置和可移开部件，应采用产品技术条件规定的操作电源电压进行试验。最后 9 次操作试验（其中额定、最高和最低电源电压下各 3 次）应测量其合、分闸时间等机械特性，结果应符合产品技术条件的要求。

对于人力操作的开关装置和可移开部件，应采用正常的人力操作手柄进行试验。最后 3 次操作试验应测量其机械特性，结果应符合产品技术的要求。

对于操动机构和开关本体相分离的分体式开关装置，机械操作试验的操作次数和合格判据按该开关装置技术条件和相关标准的规定进行。

6.102.2 联锁装置机械试验

应检查联锁装置的联锁功能是否正确、齐全，金属封闭开关设备和控制设备的主开关装置（断路器、负荷开关或熔断器等）、隔离开关（或可移开部件）、接地开关及隔室的门等不同元件之间应装设联锁。检查结果应符合 5.11 的规定。

联锁装置的机械试验分为程序操作和非程序操作两种操作顺序。

试验时，应施加正常的操作力，开关装置、可移开部件及联锁装置不得进行调整。对手动操作机构，应使用正规的操作手柄进行试验。

程序操作：金属封闭开关设备和控制设备按正常的送电程序和正常的停电程序各进行 50 次的操作。试验中主开关装置、隔离开关（或可移开部件）、接地开关、隔室的门及联锁装置应工作正常，联锁装置不应损坏。

非程序操作：联锁装置处于闭锁状态（可防止开关装置操作和可移开部件插入或抽出及隔室的门开启或关闭）下，对开关装置进行各 50 次合闸和分闸试操作、对可移开部件进行各 25 次的推入和移开试操作、对隔室的门进行各 25 次的开启和关闭试操作。

如果人力操动机构的操作接口可触及，则应使用常规人力操作手柄补充进行 10 次试操作。若联锁阻碍了操作轴的操作，则应在沿着操作手柄的握紧部分长度的一半处施加 750 N

的预期力，否则，试验期间应采用两倍的正常操作力。如果操作手柄具有限制操作力的特性，只要该操作手柄不能与其它手柄互换，最大试验力应限制在手柄所能施加的力。

如果电动机驱动的开关装置仅有机械连锁，则应使用电机补充进行10次试操作。电动机施加电压值为辅助回路额定电源电压的110%，持续时间2 s。

非程序操作应满足以下要求：

- a) 开关装置不能操作；
- b) 可移开部件不能插入或抽出；
- c) 隔室的门不能开启或关闭；
- d) 对手动操作机构，试验后的操作力**不应超过试验前的 20%**；
- e) **试验中及试验后，连锁装置不应损坏。**

注 1：连锁装置机械试验可以作为金属封闭开关设备和控制设备机械操作试验顺序的一部分进行。

注 2：采用微机型防止电气误操作装置时，其应按 DL/T 687-2010 的规定通过型式试验。

6.102.3 其它机械试验（适用时）

如果金属封闭开关设备和控制设备中装配了高压交流负荷开关—熔断器组合电器，则应进行下述试验：

- 脱扣联动试验，按 GB 16926-2009 中 6.102 的规定；
- 熔断器的机械震动试验，按 GB 16926-2009 中 6.103 的规定。

如果金属封闭开关设备和控制设备中安装了接触器—熔断器组合电器，应按 GB 14808—201× 的 6.101.4 进行撞击器机构的试验。

6.103 充气隔室的压力耐受试验和气体状态检测

6.103.1 具有压力释放装置的充气隔室的压力耐受试验

充气隔室的每种设计应按下述程序承受压力试验：

- 将相对压力升高至设计压力的 1.3 倍并保持 1min，压力释放装置不应动作；
- 然后将压力升至设计压力的 3.0 倍，压力释放装置应可靠动作，低于此压力时压力释放装置也可能动作，只要符合制造厂的设计是允许的。压力释放装置的释放压力应记录在型式试验报告中。试验后，隔室允许变形，但不能破裂。

注：本试验的目的是为了证明使用条件下的过压力性能；因此，相邻隔室应处于大气压力。应注意相邻隔室抽真空产生的压力差。

6.103.2 没有压力释放装置的充气隔室的压力耐受试验

充气隔室的每种设计均应按照下述程序承受压力试验：

将相对压力升至隔室设计压力的 3.0 倍并保持 1min，隔室允许变形，但不得破裂。

注：本试验的目的是为了证明使用条件下的过压力性能；因此，相邻隔室应处于大气压力。应注意

相邻隔室抽真空产生的压力差。

6.103.3 充气隔室的气体状态检测

应测量充气隔室中的气体状态，如水分含量等，其值应符合产品技术条件规定。

6.104 电击防护试验

6.104.1 绝缘试验

本条款适用于非金属隔板、非金属活门或固体绝缘包覆元件（隔室带电可触及时）。

a) 主回路带电部件与绝缘隔板、非金属活门或固体绝缘包覆元件（隔室带电可触及时）表面之间的绝缘应能耐受 DL/T 593-2016 中 4.3 规定的对地和极间试验电压，试验方法见 6.2.6 的项 a)。

b) 绝缘材料的样品试样应耐受项 a) 中的工频试验电压，试验方法按 GB/T 1408.1 的规定。

c) 主回路带电部件和绝缘隔板、非金属活门面面向带电部件的内表面之间的绝缘应能耐受在 1.5 倍的设备额定电压下保持 1min 的试验。试验时，在隔板或活门内表面的最不利的位上，应覆盖一层面积不小于 100cm² 且接地的导电箔，试验方法按 6.2.6 项 a) 的规定。

6.104.2 泄漏电流的测量

本条款适用于非金属隔板、非金属活门或固体绝缘包覆元件（隔室带电可触及且表面无接地导电层时）。

为了验证金属封闭开关设备和控制设备中绝缘隔板、绝缘活门是否满足项 5.103.3.3 d) 的规定，应进行下述试验：

主回路的一相接地，另两相与电压等于金属封闭开关设备和控制设备额定电压的工频三相电源相连，或者将主回路的带电部分连接在一起再与电压等于额定电压的单相电源相连。对于三相试验，应在各相依次接地的三种不同情况下测量泄漏电流，单相试验则只需测量一次。

试验时金属箔应置于能防止触及带电部分的可触及的绝缘表面上的最不利位置，若无法确定何处为最不利，则试验应在不同的位置上进行，金属箔应是圆形或方形，其表面积应尽可能大，但不得超过 100cm²。金属封闭开关设备和控制设备的外壳和骨架应接地，应在干燥和洁净的绝缘表面上测量经金属箔流到地的泄漏电流。

测得的泄漏电流不得超过 0.5mA。

根据 5.103.3.3 中项 d) 的规定，如果通过绝缘表面的电流路径被小的空气间隙或油间隙隔断，则这些间隙应短接；但是，如果这些间隙是为了避免泄漏电流从带电部分流往绝缘隔板或各活门的可触及部分而设置时，这些间隙应能耐受 DL/T 593-2016 中 4.3 所规定的对地和相间试验电压。

如果接地金属部件的布置保证泄漏电流不会流经绝缘隔板、非金属活门及固体绝缘包覆元件的可触及部分，则可不进行泄漏电流测量。

6.104.3 接地金属部件的接地连续性试验

本条款适用于金属外壳、金属活门和/或金属隔板。

如果能够证明设计可以满足要求，一般不需要进行试验。

但是，如果有怀疑应在金属外壳、金属活门和/或金属隔板到接地端子处通过 30A 直流电流，其电压降应小于 3V。

注：可能有必要就地除去测量点上的绝缘涂层。

6.105 内部电弧试验

6.105.1 概述

本试验适用于在正常使用条件下在外壳内部(或者在构成外壳一部分的具有腔体的元件内部)出现电弧故障时，对人员提供 IAC 级防护的金属封闭开关设备和控制设备。内部电弧试验允许各种效应(例如，内部过压力、电弧或弧根的热效应、喷出的灼热气体和灼热粒子的效应)作用在外壳的所有部分。

本试验不考虑以下因素：

- 隔室间的内部电弧影响，以及在正常运行条件下不可触及的隔板和活门的损坏；
- 外壳外面的外部连接；
- 高压元件爆炸引起的效应；
- 存在潜在的有毒性气体，或火灾蔓延对金属封闭开关设备和控制设备周围的可燃材料或其它设备造成的危害；
- 可抽出部件或可移开部件运动时活门状态的改变。

6.105.2 试验条件

试验应在开关设备和控制设备的正常运行条件下进行。“正常运行条件”是指金属封闭开关设备和控制设备应能按 A.5.1 的要求与电源回路连接，设备内各元件(例如高压开关装置、接通和断开的可抽出部件及测量仪器和监测设备等)应处于和正常运行一样的位置且设备应能进行正常操作(例如高压开关装置的分闸或合闸、可抽出部件的接通或断开、读取测量仪器和进行设备的监控等)。如果进行正常操作需要打开盖板和/或门，则内部电弧试验应在盖板和/或门打开的情况下进行。

移开或更换运行元件（例如高压熔断器或任何可移开元件）以及必须的维护工作不属于正常操作。

试验应对代表性功能单元的每一个高压隔室进行（见6.105.3）。

由经过型式试验的限流熔断器所保护的隔室，应安装能够产生最大截止电流（允通电流）的熔断器进行试验，电流实际通过的时间受熔断器控制，将受试隔室称之为“熔断器保护的隔室”。

注1：用适当的限流熔断器和开关装置的组合能够限制短路电流并缩短故障持续时间，已有大量文献证明此类试验中传递的电弧能量不能用 I^2t 预测。在装有限流熔断器时，最大电弧能量可能出现在电流值小于最大开断电流时。此外，在评定使用通过烟火技术装置将电流转换到限流熔断器这种限流装置的设计时，必须考虑这种装置的使用效果。

所有可能在试验的预期持续时间终了之前能自动使回路跳闸的装置（如保护继电器），在试验时不应动作。如果隔室和功能单元配有通过其它方法（如把电流切换到金属短接回路）限制电弧持续时间的装置，这些装置试验时不应动作。如果这些装置是隔室或总装设计的一个不可分割的部分，且不做修改无法使其停止工作，那么，开关设备和控制设备的隔室可以在该装置工作的情况下进行试验。但是，应按电弧的实际持续时间考核该隔室，试验电流的持续时间为主回路的额定短路持续时间。

注2：因为电弧限制装置不在本标准的范围内，且如果开关设备和控制设备事先已经在限制装置不工作的情况下通过了试验，可以进行附加的试验验证电弧限制装置的性能。

注3：对于户外安装的金屬封闭开关设备和控制设备，可能需要按照A类可触及性和B类可触及性的试验条件分别验证。

6.105.3 设备的布置

设备应按如下布置：

- 试品应装配完整。只要内部元件模型的体积和外部材料与原始元件相同，且不影响主回路和接地回路，则内部元件允许使用模型；
- 应对功能单元的每个高压隔室进行试验。在开关设备和控制设备由可扩展的（模块）独立单元组成时，试品通常应和运行情况一样由连接在一起的两个功能单元组成（除非制造厂规定了功能单元的最少数量）。试验应在开关设备和控制设备的功能单元的所有隔室中进行，且该功能单元应距离模拟房间的墙壁最远。如果被试功能单元在运行时不用做末端单元，在多于两个功能单元的布置中，该功能单元应放在尽可能靠近总装的侧面面板类别的一侧；

注 1： 独立单元是在单独的公共外壳内、可以包含一个或多个水平和垂直布置（多层设计）的功能单元的总装。

——对柱上安装的设备，试品应安装在柱上。如果有控制箱和/或与柱基的电气/机械联动装置，它们应安装在低于试品运行时典型的安装高度。试品的高度应便于按照 A. 2.2 的规定布置指示器，也应便于控制箱和/或电气/机械联动装置（如适用）的布置；

——试品应在规定的接地点接地；

——试验应在事先没有经受过电弧的隔室中进行，或者，如果承受过电弧，则应在不影响试验结果的条件下进行；

——对于充流体（不是 SF₆ 或其它充气介质）的隔室，试验应在充有额定充入水平（±10%）的原始流体上进行；

——考虑环境原因，允许在额定充入水平（±10%）下用空气替代 SF₆ 或其它充气介质。

注 2： 认为用空气替代 SF₆ 或其它充气介质进行的试验具有代表性。

6.105.4 试验程序

验证内部电弧级别的试验程序在 A. 5 中规定。

6.105.5 通过试验的判据

如果同时满足下述判据，就是 IAC 级金属封闭开关设备和控制设备（按照相关的可触及性类型）：

判据 1：

门和盖板没有打开（压力释放板可能打开）。只要没有部件到达每一侧指示器或墙壁的位置（不管哪个是最近的），变形是可以接受的。试验后，开关设备和控制设备可以满足其规定的 IP 代码。

把这一合格判据推广到比受试设备更靠近墙壁的设施，应满足两个附加条件：

——永久的变形小于预期到墙壁的距离；

——排出的气体没有直接朝向墙壁。

判据 2：

——外壳没有开裂；

——没有碎片或单个质量 60 g 及以上的开关设备的其它部件飞出；

——单个质量 60 g 及以上的物体直接落在开关设备附近区域（对于可触及面板类别的一侧，指在开关设备和指示器支架之间）的地板上是可以接受的。

判据3:

在高度不超过 2 m 的已分类的面板上没有因电弧燃烧而形成孔洞。

注：不考虑试验结束后由其它效应而不是烧穿形成的外壳上的孔洞。

判据4:

热气体或燃烧的液体未点燃指示器。

如果指示器已引燃，但有证据证明指示器的点燃是由灼热粒子而不是热气体所引起的，可以认为满足了评估的判据。实验室可以采用高速摄影机、摄像或任何其它适合的方法获得的照片作为证据。

不包括油漆和粘贴物的燃烧导致的指示器的燃烧。

判据5:

外壳仍旧和接地点相连。外观检查通常足以判定是否满足。如有怀疑，应检查接地连接的连续性（见 6.104.3）。

6.105.6 试验报告

下列适用于 6.1.3 的补充:

——试验单元的描述。包括：具有标明试验单元主要尺寸的图纸（例如总装图），与机械强度相关的细节（包括：螺栓、铰链、铆钉、槽钢、防护罩、观察窗等），与压力释放相关的细节（包括：泄压通道、压力释放装置、压力释放板的布置等）以及金属封闭开关设备和控制设备与地面和/或墙壁的固定方法。对于柱上安装金属封闭开关设备和控制设备，应给出柱子的特征以及固定到柱子上的方法；

——开关设备和控制设备顶部与房间/建筑物的天花板之间的距离。为此，制造厂应规定测量该距离时开关设备和控制设备上的测量点；

注：因为内部电弧试验时，开关设备和控制设备顶部与房间/建筑物的天花板之间的距离可能不同于正运行时的距离。试验报告应给出有关设施的天花板高度方面试验结果的有效性。天花板的高度通常是指距离人造地面或者开关设备实际安装面的高度。这通常也是 IAC 试验期间放置指示器架的水平面，见图 A.8。

——内部电弧故障的引燃方法和引燃点；

——根据可触及性的类别（A、B 或 C）、面板类别（F、L 和 R）和安装条件，给

- 出试验布置图（模拟室、试验样品和指示器的安装架）；
- 外施电压和频率；
- 对于预期电流和试验电流：
 - a) 前三个半波间交流分量的有效值；
 - b) 最高的峰值；
 - c) 在实际的试验持续时间内交流分量的平均值；
 - d) 试验的持续时间；
- 表明电压和电流的示波图；
- 试验结果的判定，包括按 6.105.5 得到的观察记录；
- 试验前后的试品照片；
- 其它相关的说明。

6.105.7 试验结果的可转换性

只要某一典型的金属封闭开关设备和控制设备的功能单元的试验更为严酷，其试验结果的有效性就可以延伸到另一个功能单元，这个功能单元与典型功能单元在下述方面如果能够认为是类似的（见 6.1）：

- 尺寸；
- 外壳的结构和强度；
- 隔板的结构；
- 压力释放装置（如果有）的性能；
- 绝缘系统；
- 物理影响（压力升高、气流和热效应）。

7 出厂试验

7.1 概述

应在制造厂内对每一个运输单元进行出厂试验，以保证出厂的产品与通过型式试验的产品相一致。

出厂试验报告应随产品一起出厂。

出厂试验按 DL/T 593-2016 中第 7 章的规定，并增加下列出厂试验项目：

- 局部放电测量（按制造厂和用户的协议）； 7.101
- 充气隔室的压力试验（如果适用）； 7.102
- 电气、气动和液压辅助设备的试验； 7.103
- 现场安装后的试验； 7.104

——现场充流体后流体状态检查； 7.105

注：额定值和结构相同的元件，可能需要验证其互换性（见第5章）。

7.2 主回路的绝缘试验

按 DL/T 593-2016 中 7.2 的规定，并作如下补充：

工频电压试验按 6.2.6.1 的规定进行，试验电压从 DL/T 593-2016 表 1 栏（2）中选取。试验时，应依次将主回路每一相的导体与试验电源的高压端相连，同时其它各相回路的导体接地，并应保证主回路的连通（例如，将开关装置合闸或其它方法）。

对于充气隔室，试验时应在制造厂规定的额定压力（密度）下进行。

7.3 辅助和控制回路的试验

按 DL/T 593-2016 中 7.3 的规定。

7.4 主回路电阻测量

按 DL/T 593-2016 中 7.4 的规定。

7.5 密封试验

按 DL/T 593-2016 中 7.5 的规定。

7.6 设计和外观检查

按 DL/T 593-2016 中 7.6 的规定。

7.7 机械操作和机械特性试验

按 DL/T 593-2016 中 7.7 的规定，并作如下补充：

机械操作试验是为了证明开关装置和可移开部件能完成预定的操作，其机械联锁工作正常，且机械特性符合产品的技术要求。

试验应按 6.102 的规定进行，但部分要求调整如下：

——应采用正常的操作力；

——进行 5 次程序操作和 5 次非程序操作。

这些试验在主回路上没有电压且其中没有电流时进行。应验证：

——在其操动装置规定的电源电压和压力限值内开关装置正确分、合闸，且机械特性符合产品的技术要求；

——每一台可移开部件正确插入和移开；

——所有的联锁功能正确。

7.8 开关设备的气体湿度测量

按 DL/T 593-2016 中 7.8 的规定，并作如下补充：

对于密封压力系统的充气开关设备可以不进行气体湿度测量。

7.101 局部放电测量

本试验根据制造厂和用户之间的协议进行。

局部放电测量适合于作为出厂试验，以检测材料和制造中可能出现的缺陷，特别是对所采用的有机绝缘材料。充流体的隔室以及主回路采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备应进行该试验。

充流体的金属封闭开关设备和控制设备，可在充流体的隔室上进行该试验；主回路采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备，应在功能单元上进行该试验。

如果进行该试验，应按照附录 B 的规定。

7.102 充气隔室的压力试验

应对制造好的所有充气隔室进行压力试验，每个隔室应能承受 1.3 倍设计压力 1min。

额定压力 0.05MPa（相对压力）及以下的密封隔室可不进行压力试验。

压力试验后，隔室不得出现可能影响开关设备运行的损坏或变形。

7.103 电动、气动和液压装置的辅助装置的试验

电动、气动和其它装置的闭锁应与具有指定操作程序的控制装置一起，在辅助电源最不利的限值下，按规定的使用和操作条件进行 5 次连续操作试验，试验中不得调整。

如果辅助装置能正常操作，试验后仍处于良好的工作状态且试验前后的操作力基本相同，则认为通过了试验。

7.104 现场安装后的试验

金属封闭开关设备和控制设备现场安装完成后应进行试验，以检查安装工作的正确性。

对于在现场装配的部件和在现场充气的隔室，建议进行下述试验：

a) 主回路的电压试验

现场安装完成后，按照与 7.2 规定的出厂试验相同的方式对金属封闭开关设备和控制设备的主回路进行工频电压干试验，其试验电压应为 7.2 中规定值的 80%。试验应依次对主回路的每一相施加电压而其余相接地，试验变压器的一个端子和设备的外壳相连并接地。

如果用现场安装后的电压试验代替制造厂的出厂试验，则应施加 7.2 规定的电压。

注：除非现场的试验频率足够高，不会导致电压互感器铁芯饱和，否则现场试验时电压互感器应断开。

b) 密封试验

按 7.5 的规定。

c) 现场充流体后的流体状态测量

按 7.105 的规定。

7.105 现场充流体后的流体状态测量

应确定充流体隔室中的流体状态并满足制造厂的技术要求。

8 金属封闭开关设备和控制设备的选用导则

按 DL/T 593-2016 中第 8 章的规定，并作如下补充：

8.101 概述

随着技术的进步和对功能要求的发展变化，金属封闭开关设备和控制设备的结构可能多种多样。选择金属封闭开关设备和控制设备主要是确定运行设备要求的功能和最符合这些要求的内部结构型式。

这些要求应考虑到适用的法规和用户的安全规程。

表 104 给出了选用开关设备和控制设备应考虑的主要内容。

8.102 额定值的选择

对给定的运行方式，选用金属封闭开关设备和控制设备时，其中各元件的额定值应满足在正常负载条件以及故障条件下的要求。金属封闭开关设备和控制设备总装的额定值可以与元件的额定值不同。

8.103 设计和结构的选择

8.103.1 概述

金属封闭开关设备和控制设备一般根据其绝缘方式（例如：空气绝缘或气体绝缘）以及是固定式或可抽出式来区别。各个元件可抽出或移开的程度主要取决于维护的要求（如果有要求）和试验的规定。

随着少维护开关设备的发展，对某些受到电弧烧蚀的部件需要关注的程度降低了。但是，仍然需要触及一些一次性元件（如熔断器），需要进行电缆的临时检查和试验，也可能需要对机械部件进行润滑和调整，因此，一些设计把可触及的机械部件置于高压隔室之外。但是，对于真空断路器来说，由于触头开距很小，一般不宜选用操动机构置于金属封闭开关设备和控制设备外壳之外的分体式结构。

维修需要触及的范围和是否容许整个开关设备和控制设备停运，可能是决定用户选择空气绝缘的还是流体绝缘的，是固定式的还是可抽出式的设备。如果要求少维护，应选用少维护的元件。固定式的总装，尤其是采用少维护元件的固定式总装是一种能终生节约成本的选择。

不论是固定式还是可抽出式，当主回路隔室被打开后，开关设备和控制设备的运行安全要求，其需要工作的部分应与所有的电源隔离并接地。因此，作为隔离用的开关装置应能够

确保安全和防止重新接通。

8.103.2 高压隔室的结构和可触及性

本标准中所定义的内部结构型式是尽量平衡运行连续性和可维护性之间的矛盾。本条款对不同的结构型式能够提供的可维护性方面给出了一些导则。

注 1：在进行 10.5 指出的某些维护时，如果为了防止偶然触及带电部件，要求临时插入隔板。

注 2：如果用户采用了其它的维护程序，例如设置安全距离和/或设置和使用临时隔板，则超出了本标准的范围。

开关设备和控制设备的完整描述应包括隔室的列表和类型（例如，母线隔室、断路器隔室等）、每个隔室的可触及性类型以及型式（可抽出型/非可抽出型）。

有四种类型隔室，其中三种为用户可触及，一种为用户不可触及。

可触及隔室：下面规定了三种控制可触及隔室打开的方法：

——第一种是通过联锁来保证在打开隔室之前内部的所有带电部件不带电并接地，或者所有带电部件都处于隔离位置并且相应的活门关闭。此类隔室称为“联锁控制的可触及隔室”。这里不包括触及高压隔室时仍保持带电的绝缘包覆的高压部件，这些高压部件应具有 IEC 62271-201 规定的防护级别；

注 3：通常，触及高压隔室后可能需要手动打开活门或临时插入隔板。

——第二种是依靠用户的程序和锁具来保证安全，隔室提供有挂锁或等效设施，称为“依靠程序的可触及隔室”；

——第三种是没有提供内部措施来保证打开前的电气安全，需要工具才能打开的隔室，称为“依靠工具的可触及隔室”。

前两种可触及高压隔室对用户皆适用，并可进行日常操作和维护。打开这两种类型的可触及隔室的盖板和/或活门不需要工具。

如果隔室需要工具才能打开，则通常应明确地指出用户应采取其它措施来保证安全，并尽可能保证性能的完好，例如：绝缘状态等。

不可触及的高压隔室：用户不可触及，且打开隔室可能损坏隔室的完整性。应在隔室上明确地警示出“不可打开”或提供一种隔室来实现，例如，全部为焊接的 GIS 箱壳。

8.103.3 开关设备的运行连续性

金属封闭开关设备和控制设备应提供一定的防护水平，以防止人员触及危险部件和固体外物进入设备。采用适当的传感器和辅助控制装置，也能对防止发生对地绝缘故障提供一定的保护作用。

对于开关设备和控制设备的每一个功能单元，丧失运行连续性类别（LSC）规定了当打开该功能单元的主回路的一个隔室时，其它隔室和/或功能单元可以保持带电的范围。

LSC1 类：在打开任何一个可触及隔室期间不能提供运行连续性，且在打开隔室之前，可能需要将开关设备和控制设备从系统上断开，以使其处于不带电状态。

LSC2 类：在触及开关设备和控制设备内部的高压隔室期间，能为电网提供最高的运行连续性。也就是说，在同一段的其它功能单元保持带电期间，可以打开该功能单元中可触及高压隔室，这意味着该段至少一条母线可以保持带电。插入可移开的隔板可以达到该类别。

LSC2类的最低要求为保持母线带电的同时，可以打开连接隔室。可以有或没有其它可触及高压隔室（如主开关装置）。

LSC2A类适用于具有不同于高压连接隔室的可触及隔室（例如主开关装置隔室）的功能单元。这就要求其相关的高压回路不带电且接地后，在保持母线带电的同时，允许打开该功能单元的任何一个高压隔室（但不允许打开带电母线隔室）。

当触及相应功能单元的其它隔室（不是高压连接隔室）时，可能存在保持高压连接（如电缆）带电的情况（如环网运行、发电机等备用电源作为设施的一部分时），这种要求任一可触及高压隔室打开时高压连接（如电缆）隔室仍保持带电的功能单元可以规定为LSC2B类。

LSC2类功能单元的三种类别摘要如下：

- LSC2：设计具有可触及高压连接隔室的功能单元，打开连接隔室不要求母线退出运行，也不要求其他功能单元退出运行。
- LSC2A：属于 LSC2 类功能单元，其所有可触及高压隔室（非单母线设备中的母线隔室）可以打开且母线保持带电。
- LSC2B：作为对 LSC2A 的补充要求，可触及功能单元的高压连接（如电缆）可以保持带电。因此，可触及隔室和高压连接之间应当隔离。

LSC类别示例：

- 1) LSC1（图 101）：断路器同母线和电缆连接处于同一隔室的断路器功能单元为 LSC1 类；
- 2) LSC2（图 102）：具有两个可触及高压隔室（不同于母线隔室）的断路器功能单元（断路器不可抽出且断路器隔室中还有隔离开关）不允许母线带电时打开断路器隔室。但是，高压连接可以通过断路器接地：如果连接隔室和断路器隔室之间完全隔离，则母线带电时连接隔室可以打开。该功能单元为 LSC2 类。
- 3) LSC2（图 103）：电缆连接与断路器处于同一隔室的断路器功能单元，母线带电时该隔室是可触及的，因为它可以通过位于母线隔室中的隔离开关和接地开关

实现隔离和接地。与图 103 类似，典型的环网供电单元（RMU）设计，其母线隔室包括几个功能单元的隔离式负荷开关或断路器，即划分为 LSC2 类。

- 4) LSC2A（图 104）：与示例 2 相似，但隔离开关位于母线隔室且母线隔室和断路器隔室完全隔离。隔离开关分闸且接地开关合闸后，母线带电时断路器隔室和连接隔室均可以安全打开。触及断路器隔室要求电缆不带电且接地。
- 5) LSC2B（图 105）：针对不可抽出式主开关装置的设计。与示例 4 相似，但在连接隔室中提供了第二套隔离开关和接地开关，使断路器隔室和母线隔室完全隔离。这就允许断路器隔室打开后母线隔室和连接隔室均可带电。
- 6) LSC2B（图 106）：针对可抽出式设计。如果 LSC2B 类每个功能单元的主开关装置都安装在它们自己的可触及隔室内，则维护该主开关装置时不需要使相应的连接隔室停电。因此，本例中 LSC2B 类功能单元最少需要三个隔室：
 - 每一台主开关装置的隔室；
 - 连接到主开关装置一侧的元件的隔室，如馈电回路；
 - 连接到主开关装置另一侧的元件的隔室，如母线。对于双母线开关设备和控制设备，每组母线应有一个独立的隔室。

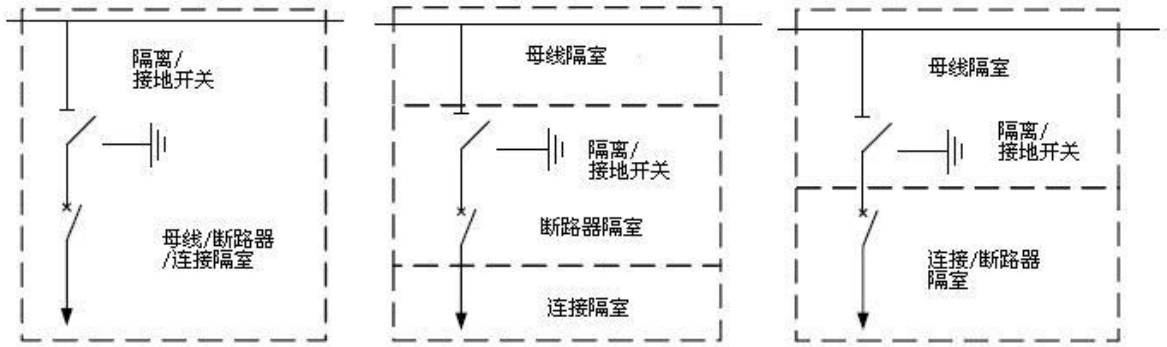


图 101 - LSC1

图 102 - LSC2

图 103 - LSC2

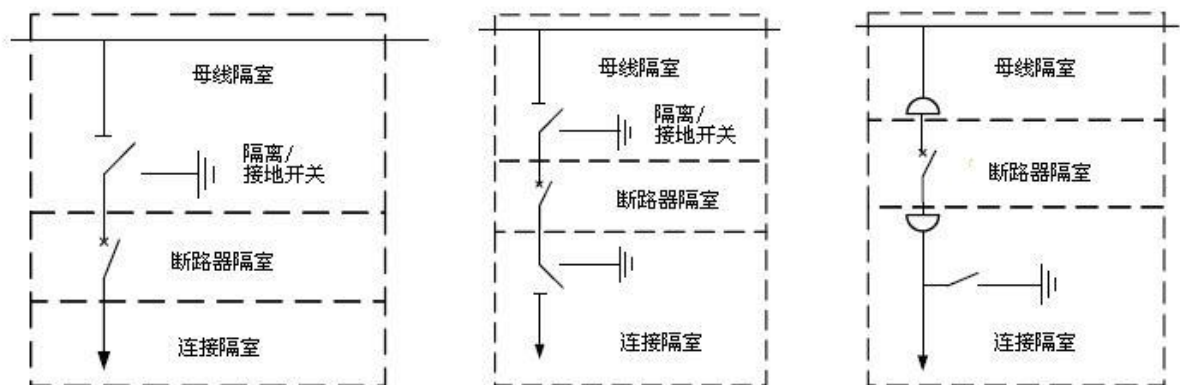


图 104 - LSC2A

图 105 - LSC2B

图 106 - LSC2B

8.103.4 隔板的等级

隔板划分为两个等级，PM（3.109.1）和 PI（3.109.2）。

选择隔板等级时不需要考虑在相邻隔室出现内部电弧时对人员提供防护，见 6.101.1，也可见 8.104。

PM 级：打开的隔室被接地的金属隔板和/或活门包围。只要打开隔室的元件和相邻隔室的元件间隔离（3.111 的定义），则打开的隔室中可以有也可以没有活门。见 5.103.3.2。

此要求的目的是在打开的隔室中没有电场且周围的隔室中不可能出现电场变化。

注：除活门改变位置的影响之外，该等级考虑到了打开的隔室不会因带电部件而有电场，且也不可能影响到带电部件周围的电场分布。

8.104 内部电弧级别

8.104.1 概述

如果按照制造厂的说明书安装、运行和维护开关设备，则在其整个使用期间出现内部电弧的概率是很小的，但不应完全忽视。因产品缺陷、异常的使用条件或者误操作引起的金属

封闭开关设备和控制设备外壳内部的故障可能导致内部电弧,如果现场有人员,会造成伤害。

选择金属封闭开关设备和控制设备时,为了对操作人员以及一般公众(适用时)提供可接受的保护水平,应当适当考虑发生内部故障的可能性。

通过降低危险至可接受的水平可以达到此防护的目的。根据 ISO/IEC 导则 51,危险是危害出现的概率和危害的严酷度的组合(见 ISO/IEC 导则 51 的第 5 章关于安全性的定义)。

因此,有关内部电弧方面,选择合适的设备应受到获取可接受危险水平的程序的制约。此程序在 ISO/IEC 导则 51 的第 6 章中规定。该程序以用户在降低危险中所起的作用为前提。

8.104.2 起因和预防措施

经验表明:外壳内部的某些位置比其它地方更容易出现故障。作为导则,表 105 列出了经验表明的最容易产生故障的部位、产生内部故障的原因以及降低内部故障发生概率的可能措施。如有必要,用户应履行那些适用于安装、交接、运行和维修的要求。

表 105 内部故障的部位、原因及降低内部故障概率的措施举例

易发生内部故障的部位(1)	内部故障可能发生的原因(2)	预防措施举例(3)
电缆室	设计不当	选择合适的尺寸、使用合适的材料。
	安装错误	避免电缆交叉连接;在现场进行质量检查;适当的力矩。
	固体或流体绝缘损坏(缺陷或泄漏)	工艺检查和/或现场绝缘试验,定期检查液面。
隔离开关、负荷开关、接地开关	误操作	加联锁(见 5.11),延时再分闸;不依赖人力操作;负荷开关和接地开关的关合能力,人员培训。
螺栓连接和触头	腐蚀	使用防腐蚀的覆盖层和/或油脂;采用电镀。如有可能则加以封闭。
	装配不当	采用适当的方法检查工作质量。正确的力矩。适当的锁定方法。
	可抽出部件插入或抽出过程中,例如,因绝缘状态变化以及触头和/或活门的损坏或变形	现场检查工艺。
互感器	铁磁谐振	采用适当的回路设计,避免此类电磁感应。
	电压互感器的低压侧短路	通过适当的措施,如装保护盖、低压熔断器,避免短路。
断路器	维护不良	按规程定期进行维护;人员培训。
所有的部位	工作人员的失误	用遮拦限制人员接近;用绝缘包绕带电部分;人员培训。
	电场作用下的老化	出厂做局部放电试验。
	污染、潮气、灰尘和小动物等的进入	采取措施保证达到规定的使用条件(见第 2 章);采用充气隔室。
	过电压	防雷保护;合适的绝缘配合;现场进行绝缘试验。

8.104.3 补充的防护措施

可以采取其它措施来提供在内部电弧情况下对人员更高的防护。这些措施是为了限制此类事件的外部影响。

下面是这些措施的例子:

- 通过光传感器、压力传感器、热传感器或者差动母线保护触发的快速故障排除；
- 选用适当的熔断器与开关装置组合来限制允通电流和故障持续时间；
- 通过快速传感以及快速合闸装置（消弧装置）把电弧转移为金属短路以消除电弧。
- 遥控操作代替在开关设备和控制设备前面的操作；
- 压力释放装置；
- 仅当前门关闭时才允许可抽出部件移入和退出运行位置。

8.104.4 选择和安装因素

根据电网特征、操作程序、运行条件及设备运行期间人员的防护，用户应能正确选择内部电弧级别。考虑设备运行期间人员的防护时，应注意以下几点：

- 不是所有的开关设备都是 IAC 级；
- 不是所有的开关设备都是可抽出式的；
- 不是所有的开关设备都装有从 3.126 到 3.128 的所有位置时都能关闭的门。

在内部故障方面，选择合适的开关设备和控制设备，可以采用下述判据：

——在产生的危险可以不计的场合：没有必要选择 IAC 级金属封闭开关设备和控制设备；

——在需要考虑产生的危险时：只能使用 IAC 级金属封闭开关设备和控制设备。

对第二种情况，选择时应考虑可预见的最大短路电流及其持续时间，并与被试设备的额定值进行比较。另外，还应根据制造厂的安装说明书（见第 10 章），尤其重要的是内部电弧期间人员的位置。根据试验的布置，制造厂应指明开关设备和控制设备的哪一侧是可触及的，用户应严格遵守说明书的规定，人员进入未标明为可触及的区域时可能会受到伤害。

在内部电弧情况下人员的防护不仅是开关设备和控制设备设计和 IAC 级别的问题，还取决于安装条件。金属封闭开关设备和控制设备内部电弧故障可能出现在多个位置并且可引起各种物理现象（例如，外壳内绝缘流体中电弧产生的能量会引起内部过压力和局部过热），进而对设备产生机械的和热的应力。此外，相关材料可能产生热的分解物，可能向外壳外部释放出气体或蒸汽。因此，在再次进入事故现场前，应对开关设备的房间进一步通风，排除烟汽，同时应对现场设施采取适当的安全措施。

对于 C 类可触及性，设备的最低安装高度参照制造厂规定的最小的接近距离。

8.104.5 内部电弧试验

内部电弧试验用来验证开关设备和控制设备正常运行时，出现内部电弧情况下对人员防护方面设计的有效性。本试验不用来评估在任何维护或作业条件下打开或拆除外壳的部件时（包括低压隔室）开关设备和控制设备的性能。

内部电弧试验仅适用于被认定为IAC级的金属封闭开关设备和控制设备。

注：当电流值不是规定的试验电流时，一般来说，不可能计算该电流的允许电弧持续时间。试验过程中的最高压力通常不会在较短的燃弧时间内降低，所以不存在随着试验电流的减小，电弧允许持续时间增加的这样一个通用法则。

8.104.6 IAC 级别

IAC级别给出了在6.105.2规定的正常运行条件下经过验证的对人员的防护水平。它仅涉及在正常运行条件下人员的防护，而不涉及在维护条件下人员的防护，也不涉及设备的运行连续性。

在IAC级别经过试验验证的情况下，按照6.105，金属封闭开关设备和控制设备应按下述标识：

- 总体：IAC级（内部电弧级别的开头）；
- 可触及性类别：A、B和C（见4.101.2）；
- 面板类别：F、L和R（见4.101.3）；
- 额定值：额定电弧故障电流 I_A 、 I_{Ae} （kA）（见4.101.4）

额定电弧故障持续时间 t_A 、 t_{Ae} （s）（见4.101.5）。

对于具有一个或多个可以防止电弧发展成为多相电弧的隔室、且经过内部电弧试验验证过的开关设备和控制设备，可以规定单相值。中性点接地类型与单相对地电弧故障电流之间的关系见表106。如果要求的数值大于或小于三相额定值的87%（取决于中性点接地情况），用户应规定单相对地电弧故障电流额定值。

表 106 系统中性点接地情况决定的单相对地电弧故障电流

系统中性点接地类型	单相对地电弧故障电流
中性点绝缘	最大为三相额定电弧故障电流的87%
中性点经阻抗接地	单相对地额定电弧故障电流的100%
中性点直接接地	三相额定电弧故障电流的100%
<p>注1：如果单相对地额定电弧故障电流涵盖了中性点直接接地的条件，也就涵盖了系统的所有其它接地条件。</p> <p>注2：对于中性点绝缘系统，最大单相对地故障电流理论上可达到三相额定电弧故障电流的87%（异</p>	

相接地条件下的单相对地故障电流)。但是,在独立位置出现异相接地故障时开关设备和控制设备承受邻近的单相对地故障电流的概率非常低。因此,该条件可能不适用且用户可以规定降低的单相对地电弧故障电流额定值。

标识应包括在铭牌中(见5.10)。

示例1:一台金属封闭开关设备和控制设备试验的故障电流(有效值)为12.5 kA,持续时间0.5 s,安装场所为前面板、侧板和后板为公众可触及的场合,标识如下:

IAC	BFLR
电弧故障电流	12.5 kA
电弧故障持续时间	0.5 s

标识: IAC BFLR 12.5 kA, 0.5 s

示例2:一台金属封闭开关设备和控制设备试验的故障电流(有效值)为16 kA,持续时间1 s,安装在下述场所:

前面:公众可触及

后面:限于操作人员

侧面:不可触及

标识如下:

IAC	BF-AR
电弧故障电流	16 kA
电弧持续时间	1 s

标识: IAC BF-AR 16 kA, 1 s

示例3:一台金属封闭开关设备和控制设备仅用于可插入式接地故障保护的连接,系统为中性点绝缘或中性点经阻抗接地,最大接地故障电流通常为2 kA。安装场所为前面板、侧板和后板为仅授权人员可触及的场合。试验的故障电流(有效值)为20 kA,持续时间0.5 s,连接隔室为2 kA,持续时间1 s,标识如下:

IAC	AFLR
电弧故障电流	20 kA
电弧故障持续时间	0.5 s
单相对地电弧故障电流	2 kA
单相对地电弧故障持续时间	1 s

标识: IAC AFLR 20 kA, 0.5 s (I_{Ae} : 2 kA, 1 s)

8.105 技术要求、额定值和可选试验摘要

金属封闭开关设备和控制设备的技术要求、额定值和可选试验摘要见表 107。

表 107 金属封闭开关设备和控制设备的技术要求、额定值和可选试验摘要

资 料	本标准的条款号	适用时，用户提出的要求
系统的特点（不是设备的额定值）		
电压 kV		
频率 Hz		
相数		
中性点接地的类型	8.106	
开关设备的特性		
极数		
类别——户内，户外（或特殊使用条件）	2	
隔室的名称： 母线 主开关 电缆 电流互感器（CT） 电压互感器（PT）等	3.107 （见 5.103.1）	母线隔室： 主开关隔室： 电缆隔室： CT 隔室： PT 隔室： 电缆/CT 隔室：
隔室的类型（指明每个高压隔室的类型）， 适用时： 联锁控制的可触及隔室 程序控制的可触及隔室 依靠工具的可触及隔室 不可触及的隔室	3.107 3.107.1 3.107.2 3.107.3 3.107.4	主开关/CT 隔室： 其它隔室（状态）：
隔板等级： PM 级 PI 级	3.109 3.109.1 3.109.2	
可抽出/不可抽出式（主开关装置的类型）	3.125	（可抽出/不可抽出）：
丧失运行连续性的类别（LSC） LSC2 LSC2B LSC2A LSC1	3.131.1 3.131.1.1 3.131.1.2 3.131.2	
额定电压 U_r (kV) 3.6； 7.2； 12； 24； 40.5 等 以及相数： 1， 2， 或 3	4.2	

资 料	本标准的条款号	适用时, 用户提出的要求
额定绝缘水平: 短时工频耐受电压 U_d 雷电冲击耐受电压 U_p	4.3	(通用值/隔离断口) a) / b) /
额定频率 f_r	4.4	
额定电流 I_r 进线 母线 馈线	4.5	a) b) c)
额定短时耐受电流 I_k 主回路 (进线/母线/馈线) 接地回路 I_{ke}	4.6 4.6.101 4.6.102	a) b)
额定峰值耐受电流 I_p 主回路 (进线/母线/馈线) 接地回路 I_{pe}	4.7 4.7.101 4.8.102	a) b)
额定短路持续时间 t_k 主回路 (进线/母线/馈线) 接地回路 t_{ke}	4.8 4.8.101 4.8.102	a) b)
合闸和分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压 U_a a) 合闸和脱扣 b) 指示 c) 控制	4.9	a) b) c)
合闸和分闸装置以及辅助回路的额定频率	4.10	
内部电弧故障 IAC 开关设备/控制设备可触及性类别 (A 和 B, 规定每一类别对应的侧面) A 仅限于授权人员 B 未受限制的可触及性 (包括公众) C 受设施的限制不可接触的可触及性 以 kA 表示的试验电流值和持续时间 (s)	3. 132 4. 101. 2 也可见 8.104.6 中的示例 A. 4	Y/N 前面 侧面 后面
额定电缆试验电压 U_{ct}	4. 102	直流和/或交流
低压力和高压力闭锁装置 (规定的要求, 例如, 低压力指示的闭锁等)	5.9	

资 料	本标准的条款号	适用时, 用户提出的要求
联锁装置 (按 5.11 规定的任何附加要求)	5.11	
外壳的防护等级 (如果不是 IP3X) 门关闭时 门打开时	5.13 (见 5.102.1 和 5.102.3)	a) b)
人工污秽试验和凝露试验	6.2.9	附加的凝露和污秽要求
局部放电试验	6.2.10	
局部放电测量	7.101	
其它资料: 例如, 安装条件。		

8.106 接地回路的额定值

对于中性点直接接地系统, 接地回路最大短路电流 (有效值) 可以达到主回路额定短时耐受电流。

对于不同于中性点直接接地系统, 接地回路最大短路电流 (有效值) 理论上可以达到主回路额定短时耐受电流的87% (异相接地故障条件下的短路)。但是, 在独立位置出现异相接地故障且完全流过开关设备和控制设备的接地回路的概率非常低。因此, 该条件可能不适用且用户可以选择降低的接地故障电流。

8.107 电缆试验的额定值

用户应规定电缆试验电压额定值, 数值应在期望施加的实际电缆试验电压之上且留有足够的裕度。

9 应随订货单、投标书和询问单一起提供的资料

DL/T 593-2016 中的第 9 章不适用。

9.101 随订货单和询问单一起提供的资料

在询问或订购一套金属封闭开关设备和控制设备时, 询问者应提供下列资料:

a) 系统的特征:

额定电压、频率、系统中性点接地方式。

b) 不同于本标准规定的使用条件 (见第 2 章):

最高和最低周围空气温度, 所有超过正常的运行条件或影响设备良好运行的条件, 例如: 异常地暴露于蒸汽、潮气、烟雾、易爆气体、过量的灰尘或烟雾中、热辐射 (如日照)、转运设备的外部原因引起的其它振动危险和地震危险。

c) 设备及其元件的特性;

- 1) 户内或户外设备;
 - 2) 相数;
 - 3) 母线组数, 以单线图表示;
 - 4) 额定电压;
 - 5) 额定频率;
 - 6) 额定绝缘水平;
 - 7) 母线和馈线回路的额定电流;
 - 8) 额定短时耐受电流 (I_k);
 - 9) 额定短路持续时间 (若不是 3s);
 - 10) 额定峰值耐受电流 (若不是 $2.5I_k$);
 - 11) 额定电缆试验电压;
 - 12) 元件的额定值;
 - 13) 外壳和隔板的防护等级;
 - 14) 回路图;
 - 15) 如果要求, 各隔室的名称和类别的描述;
 - 16) 丧失运行连续性的类型 (例如: LSC1、LSC2、LSC2A、LSC2B);
 - 17) 隔板和活门的等级 (PM 或 PI);
 - 18) 适用时, IAC 级 (如果要求), 以及对应的可触及性类别、电弧故障电流和持续时间。
- d) 操动装置的特性
- 1) 操动装置的类型;
 - 2) 额定电源电压 (如果有);
 - 3) 额定电源频率 (如果有);
 - 4) 额定气源压力 (如果有);
 - 5) 特殊的联锁要求。

除这些项目外, 查询者应指出可能影响到投标和订货的每一种情况, 例如, 特殊的装配和安装条件、外部高压引线的位置、有关压力容器的规程和电缆试验要求。

如果要求进行特殊的型式试验, 应提供有关资料。

9.102 投标时应提供的资料

如果适用, 制造厂应采用文字叙述加图形的方式给出下列资料:

- a) 9.101 中的第 c) 项所列举的额定值和特性;
- b) 按要求, 提供型式试验报告;
- c) 结构特征, 例如:

- 1) 最重运输单元的质量;
- 2) 设备的外形尺寸;
- 3) 外部连线的布置;
- 4) 运输和安装的工具;
- 5) 安装规程;
- 6) 各隔室的名称和类别
- 7) 可触及的侧面;
- 8) 运行和维护说明书;
- 9) 气体压力系统或液体压力系统的类型;
- 10) 额定充入水平和最低功能水平;
- 11) 不同隔室的液体体积, 液体或气体的质量;
- 12) 液体或气体状态的技术要求。

d) 操动装置的特性

- 1) 9.101 的第 d) 项所列举的类型和额定值;
- 2) 操作电流或操作功率;
- 3) 动作时间;
- 4) 操作时的耗气量。

e) 用户应订购的备件清单。

10 运输、储存、安装、运行和维修规则

按 DL/T 593-2016 中第 10 章的规定。

10.1 概述

按 DL/T 593-2016 中 10.1 的规定。

10.2 运输、储存和安装时的条件

按 DL/T 593-2016 中 10.2 的规定。

10.3 安装

按 DL/T 593-2016 中 10.3 的规定, 并对 10.3.3 补充如下:

对于 IAC 级开关设备和控制设备, 应提供在内部电弧情况下安全安装条件的导则。实际安装条件下的危害应根据试验样品在内部电弧试验期间的安装条件(见 6.105)进行评估。

但是, 如果用户认为这些危险可以不考虑, 则开关设备和控制设备的安装可以不受制造厂规定的约束条件所限制。

10.4 运行

按 DL/T 593-2016 中 10.4 的规定。

10.5 维修

按 DL/T 593-2016 中 10.5 的规定，并作如下补充：

如果维修时需要插入临时挡板来防止偶然触及带电部件，则：

- 制造厂应提供所需的隔板或其设计；
- 制造厂应给出维护程序和使用隔板的建议；
- 按照制造厂的指导安装完后，防护等级应达到 GB/T 4208 规定的 IP3X；
- 这些隔板应满足 5.103.3 的要求；
- 隔板及其支撑应有足够的机械强度以防止偶然触及带电部件。

注：仅用做机械防护的隔板和支撑件不受本标准的约束。

运行中发生短路故障后应检查接地回路是否有损坏，如果需要，应全部或部分更换。

11 安全

按 DL/T 593-2016 第 11 章的规定，并作如下补充：

11.101 程序

用户应提出适当的程序以保证控制程序的可触及隔室仅在变得可触及的隔室中的主回路部件不带电并接地或者处于抽出位置且相应的活门关闭时才能打开。该程序可以由设备所处国家的法律或用户的安全规程规定。

11.102 内部电弧

就人员防护而言，在内部电弧情况下，金属封闭开关设备和控制设备的正确性能不只是设备本身设计的问题，也与设备的状态和运行规程有关，示例见 8.104。

对户内设备，由于金属封闭开关设备和控制设备内部故障产生的电弧可能会导致开关设备安装房间的内部过压力，其影响不在本标准的范围内，但设备设计时应予以考虑。

12 产品对环境的影响

按 DL/T 593-2016 第 12 章的规定。

附录 A

(规范性附录)

内部电弧故障——内部电弧级别 (IAC) 的验证方法

A.1 房间模拟

A.1.1 户内使用的金属封闭开关设备和控制设备

试验小室应由地板、天花板和互相垂直的两堵墙壁组成。适用时,还应有模拟电缆进入的通道和/或排气管道。

注: 确定的房间模拟尺寸决定了试验条件,但是,实际的安装条件通常会有所偏离,见 10.3。

天花板:

试验应在制造厂规定的天花板高度下进行。

天花板的高度通常从地面或开关设备实际安装的人造地板水平面算起。这也是内部电弧试验期间放置指示器支架的水平面,见图A.8。

但是,天花板最低应位于:

——距离试品顶部 200 mm (±50 mm) 处,且

——如果试品高度小于 1 800 mm,天花板距离地板或人造地板 2 000 mm (±50 mm) 处。

试品的高度从影响气体排放的最上部分算起,最上部分包括由设计和结构决定的压力释放板打开的最高位置。打开过程中压力释放板不应撞击天花板。

按这些条件进行的试验结果对试品和天花板之间距离大于试验所用距离的所有情况均有效。

示例: 试品和天花板之间的距离为 200 mm 进行的试验对所有更大距离均有效。

如果制造厂规定的天花板和试品顶部之间的距离在 0 mm 和 200 mm 之间,则试验结果仅对试验所用天花板距离有效,且该距离为安装说明书中规定的最小允许值。

侧面的墙壁:

侧面的墙壁应距试验样品侧面 100mm (±30mm)。只要能够证明墙壁不会妨碍或限制试验样品侧面面板的任何永久变形,则间距可以选取得更小。

只要喷出的气体不直接朝向墙壁,在这些条件下的试验结果对于试品和侧面墙壁间所有距离大于试验条件的均有效。

后面的墙壁:

应根据开关设备和控制设备的后面板的可触及性确定试品与后面墙壁的距离。
当试品由各种深度的功能单元组成时，则要求的距离由最大深度的单元确定。

在任何情况下，从墙壁到开关设备和控制设备的距离是从外壳后面板的表面算起，不考虑对不评估热气体没有影响的凸起元件（如手柄）。

根据可触及性的类别，后面的墙壁应位于下述位置：

1) 不可触及的后面板：

除非制造厂规定了更大的间距，试验样品的后面板与墙壁的距离为 100mm（±30mm）。只要能够证明墙壁不会妨碍或限制试验样品后面板的任何永久变形，则间距可以选取得更小。

只要满足两个附加的条件（见 6.105.5 的判据 1），认为靠墙壁较近的试验布置是有效的。

如是不能实现这些条件，或制造厂要求直接验证靠墙安装的设计，应在与墙壁没有间距的情况下进行特定的试验。但是，此试验的有效性不能推广到任何的其它安装条件。

如果在大于制造厂规定的与后墙壁距离的间距进行试验，则该间距应为安装说明书规定的最小允许间距。说明书还应包括关于防止人员进入这些区域所采取措施的职责指南。

2) 可触及的后面板：

试验样品的后面板与墙壁的标准距离为 800_{-0}^{+100} mm。

如果已按 A 类可触及性进行过试验，则试验对距离墙壁 300 mm 及以上不可触及的后面板也是有效的；如果已按 B 类可触及性进行过试验，则试验对距离墙壁 100 mm 及以上不可触及的后面板也是有效的。

如果在大于制造厂规定的与后墙壁的间距进行试验时，则该间距应为安装说明书规定的最小允许间距。

特殊情况下，排气管道的使用：

如果制造厂声明设计需要用电缆进入通道和/或其它所有的排气管道来排出内部电弧所产生的气体，则制造厂应规定其最小截面尺寸、位置和输出特性（挡板或网格及其特征），并应模拟这些排气管道进行试验。排气管道开口的末端距受试开关设备和控制设备至少 2m，以防止对试验结果造成不利影响。

注：本标准的试验不涵盖超出指示器范围的排气管道末端和排气管道周围的热气体的可能影响。

A1.2 户外使用的金属封闭开关设备和控制设备

如果对所有侧面（F、L、R）都规定了可触及性，则墙壁和天花板都不需要。如果必要，如上所述，应有电缆进入通道。

从内部电弧的观点出发，认为通过了试验的户内金属封闭开关设备和控制设备，可触及性要求相同时也适用于户外。

在户外使用的开关设备和控制设备如果采用不高于开关设备和控制设备 1.5m 的防护板

(例如, 用于防雨), 则应考虑相应的天花板。

A.2 指示器 (用于评估气体的热效应)

A.2.1 概述

指示器是一块切边不朝向试验样品的黑布。

根据可触及性的条件, 指示器应采用黑色的印花棉花 (棉纤维大约 $150\text{g}/\text{m}^2$) 或者黑色的棉麻混纺布 (大约 $40\text{g}/\text{m}^2$)。

应注意观察垂直布置的指示器不应互相点燃。这可以通过把它们固定在一个深度为 $2 \times 30\text{mm}$ (${}^0_{-3}\text{mm}$) 的钢板框架中实现, 如图 A.1。

对于水平指示器, 应注意灼热的粒子不应有积聚。指示器的固定不用框架也可以满足这一要求, 如图 A.2。

指示器的尺寸应为 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ (${}^{+15}_0\text{mm}$)

A.2.2 指示器的布置

指示器应安装在安装架上, 布置在可触及的每一个侧面, 与每一侧面的距离取决于可触及性的类型。

考虑到从受试表面喷出热气体的角度可能达到 45° , 安装架每个边的长度应大于试验样品的长度。这意味着: 只要不受到试验室模拟布置中的墙壁位置的限制, 对 B 类可触及性, 安装架应比受试单元长 100mm ; 对 A 类可触及性, 安装架应比受试单元长 300mm 。

在任何情况下, 垂直安装的指示器到开关设备和控制设备的距离应从外壳的外表面量起, 不考虑凸出的元件 (例如手柄、电器的框架等等)。如果开关设备的表面不规则, 应根据可触及性的类型, 在上述距离安装指示器, 以尽可能实际地模拟人员通常在设备前所处的位置。

对于户外安装的金属封闭开关设备和控制设备, 其 A 类可触及性指示器的布置需对应于户内金属封闭开关设备的外壳 (如果有)。

a) A 类可触及性 (授权的人员)

应使用黑色印花棉布 (棉纤维大约 $150\text{g}/\text{m}^2$) 作为指示器。

指示器应垂直安装在金属封闭开关设备和控制设备的所有可触及的侧面, 距离地面 2m 高, 且均匀分布在检测盘的模型上, 并占检测盘面积的 $40\% \sim 50\%$ (见图 A.3 和 A.4)。

指示器到开关设备和控制设备的距离为 300mm ($\pm 15\text{mm}$)。

应按图 A.3 和 A.4 的规定布置 2000mm ($\pm 50\text{mm}$) 高的水平指示器, 该指示器伸出开关设备和控制设备 300mm ($\pm 30\text{mm}$) 到 800mm ($\pm 30\text{mm}$)。如果天花板位于地面上 2000mm ($\pm 50\text{mm}$) 处 (见 A.1.1), 则不需要水平指示器。指示器应均匀分布在检测盘的模型上,

并占检测盘面积的 40%~50% (见图 A.3 和 A.4)。

特殊条件的可触及性:

——不论开关设备和控制设备有多高,如果要求在设备正常运行时人员能够在上面站立或行走,则应按图 A.6 的规定把水平指示器布置在盖板上方;

——应采用黑色的棉麻混纺布(大约 40 g/m²)作为指示器。

b) B 类可触及性(一般公众)

应使用黑色的棉麻混纺布(大约 40g/m²)作为指示器。

指示器应垂直安装在金属封闭开关设备和控制设备的所有可触及的侧面,距离地面 2000mm(±50mm)高。如果样品的实际高度小于 1900mm,则垂直指示器应比样品高 100mm(±5mm)。

指示器应均匀分布在检测盘的模型上,并占检测盘面积的 40%~50%(见图 A.3 和 A.5)。

指示器距开关设备 100mm(±5mm)。

还应按图 A.5 所示,在规定的高度布置水平指示器,该指示器伸出开关设备和控制设备 100mm(±5mm)到 800mm(±50mm)。如果样品的高度小于 1900mm,则指示器应直接放在上盖板上。指示器应均匀分布在检测盘的模型上,并占检测盘面积的 40%~50%(见图 A.5 和 A.6)。

c) C 类可触及性——柱上安装的设备(授权的人员和一般公众)

应使用黑色的棉麻混纺布(大约 40g/m²)作为指示器。

指示器应水平布置在试品下面,指示器与试品的距离为制造厂规定的最小接近距离(±50 mm),覆盖以柱为中心 3 m×3 m 见方的区域。应均匀分布在检测盘的模型上,并占检测盘面积的 40%~50%(见图 A.7)。

如果适用,为了便于控制箱和/或电气/机械联接,指示器可以位于距离地面任何方便的高度。

注 1: 本试验涵盖了对授权人员和一般公众防护的验证。

注 2: 认为黑色印花棉布(棉纤维大约 150 g/m²)代表了授权人员的工作服,棉麻混纺布(大约 40 g/m²)代表了夏天一般公众的衣服。

A.3 试验布置的几何尺寸公差

文中给出了试验布置的几何尺寸的公差摘要(括号中的数值仅作为实际试验布置的公差,并不是对要求值的扩展):

试品和天花板之间的距离: ±50 mm

试品和侧面墙壁之间的距离: ±30 mm

试品后面板和墙壁之间的距离(不可触及的): ±30 mm

试品后面板和墙壁之间的距离（可触及的）：	0/+100 mm
指示器尺寸：	0/+15 mm
指示器钢框架深度：	-3/0 mm
指示器高度：	±50 mm
试品和指示器的距离	
——A 类可触及性	±30 mm
——B 类可触及性	±5 mm
——C 类可触及性	±50 mm

A.4 试验参数

A.4.1 概述

应对金属封闭开关设备和控制设备进行三相试验或单相试验（适用时）。

在给定电压、电流和持续时间下进行的试验通常对所有较低的电压、电流和/或持续时间值有效。

注：较小的电流可能会影响压力释放装置的动作和烧穿特性，对于比试验电流小的短路电流，描述试验结果时应加以注意。

A.4.2 电压

试验应在金属封闭开关设备和控制设备额定电压及以下的任何合适的电压下进行。如果选取的试验电压低于额定电压，应满足下列条件：

a) 通过数字记录装置测量得到的实际电流有效值符合 A.4.3.1 的规定；

b) 已经引燃的任一相电弧都不会提前熄灭。如果相关相的电流交流分量积分值至少等于 A.4.3.1 中的规定值，只要无电流间隔的累积持续时间不超过试验持续时间的 2%，且单个事件不会延续至下一个预期电流零点，电弧暂时的单相熄灭是允许的。

A.4.3 电流

A.4.3.1 交流分量

试验电流应调整为额定电弧故障电流（ I_A 或 I_{Ae} ），偏差应为 ±5%。如果施加额定电压，该偏差值仅适合于预期电流；

该电流应维持恒定。如试验站的能力做不到这样，则应延长试验，直到电流交流分量积分值等于规定值，其允许偏差为 $^{+10}_0\%$ 。在这种情况下，至少在开始三个半波内电流应等于规定值，而在试验结束时的电流应不小于规定值的 50%。

注：中性点接地类型和单相对地电弧故障电流之间的关系在 8.104.6 中给出。

A.4.3.2 峰值电流

选择合闸瞬间应使得流过一个边相电流的预期峰值（允许偏差为 $0^{+5}\%$ ）等于 A.4.3.1 规定的交流分量的有效值的 2.5 倍，并使得电流的大半波出现在另一个边相。如果试验电压低于额定电压，试验时通过被试金属封闭开关设备和控制设备的短路电流峰值应不低于**额定峰值电流**的 90%。

注：对其它较高的电网直流时间常数，额定值为交流分量有效值的 2.7 倍。

在引燃两相电弧的情况下，选择的合闸瞬间应能产生最大可能的直流分量。

A.4.4 频率

当额定频率为 50Hz 时，试验开始时的频率应在 48Hz~52Hz 之间。当在其它额定频率时，偏离额定值不应超过 $\pm 10\%$ 。

当快速动作的保护装置依靠频率动作时，试验应在这些装置的额定频率的 $\pm 10\%$ 范围内进行。

A.5 试验程序

A.5.1 电源回路

A.5.1.1 三相试验

电源回路应是三相的，且开关设备和控制设备的三极均应带电。电源回路的中性点既可以绝缘也可以通过阻抗接地，这样可使最大接地电流小于 100A。在这种情况下，回路的布置包括了所有的中性点情况。

A.5.1.2 单相试验

电源回路应是三相的，其中一相电源的一端与开关设备和控制设备的被试极连接，另一端与试品接地端连接。另两相电源分别与试品其它两极连接，除非试品极间不可能有相互影响。

如果其它两极中的某一极被引燃，则试验应按三相试验重复进行。

A.5.1.3 馈电布置

送电的方向应如下：

——对于连接隔室：从母线供电，通过主开关装置。

——对于母线隔室：电源的接线不应使试验的隔室打开。电源应通过隔板或者通过位于开关设备和控制设备末端的合适的馈电单元供电。

注：在母线隔室非对称设计的情况下，应考虑在电弧能量和烧穿方面最严酷的**内部电弧**的引燃。

——对于主开关装置隔室：从母线供电，主开关装置处于合闸位置。

——对于包含几个主回路元件的隔室：通过一组合适的进线套管供电，除接地开关（如果有的话，应处于分闸位置）外，所有的开关装置都处于合闸位置。

A.5.2 电弧的引燃

A.5.2.1 概述

用直径大约为 0.5mm 的金属线在所有的极间引燃电弧。对于单相极对地电弧故障，在一极和地之间引燃。

引燃点应位于受试隔室内电流路径下游距离电源最远的位置。如果受试隔室的主回路包括限流装置（如熔断器），引燃点应选择在限流装置的上游位置。

被试的极数、连接布置以及如果影响到其它极时所采取的措施，应按照受试隔室的构造，符合表A.1。

如果开关设备和控制设备规定了 I_{Ae} 的数值，至少一个隔室应进行单相对地试验。如果该数值超过 I_{Ae} 的87%，任意两极间的试验应采用 I_{Ae} 作为试验电流。

在单相极对地引燃的情况下，电弧应在中极和最近的接地点之间引燃。

表A.1 根据隔室构造的内部故障试验参数

		试验电流	极数/电弧引燃的接地点	如果其它相受到影响所采取的措施
不同于连接隔室的三极隔室	裸导体	I_A	3	N/A
	现场制作的固体绝缘导体	I_A	3	N/A
	非现场制作的固体绝缘导体	$87\% I_A$	2	作为三相试验重复
I_{Ae}		1/地		
单极隔室		I_{Ae}	1/地	作为三相试验重复
连接隔室	无绝缘连接或配有现场制作的固体绝缘	I_A	3	N/A
	采用外锥插入式的连接（屏蔽的或非屏蔽的）	$87\% I_A$	2	作为三相试验重复
		I_{Ae}	1/地	
	采用内锥插入式的连接	$87\% I_A$	2	作为三相试验重复
I_{Ae}		一相和地		

A.5.2.2 具有固体绝缘的隔室

在带电部件采用固体绝缘包覆的隔室中，电弧应在相邻的两极间引燃，电流值为额定值的 87%。对于分极绝缘的导体，在一极和地之间的下述位置引燃：

- 在绝缘包覆部件的绝缘之间的间隙或连接表面；
- 如果没有采用预装的绝缘件，通过在现场制造的绝缘连接上打孔。
- 如果 a) 和 b) 都不适用，可通过打孔或者移开导体上的局部固体绝缘。

A.5.2.3 连接隔室

A.5.2.3.1 带有插入式固体绝缘连接的隔室

对于外锥形插入式连接，引燃极应安装非绝缘接线端子。

对于内锥形插入式连接，通过打孔或者去除引燃极的电缆插头下面局部绝缘来引燃。

其它极应安装正常运行时所使用的插入式连接器，并带电。

注： 经验表明故障一般不会发展到三相故障；因此，其它相装配选择并非关键要素。

A.5.2.3.2 采用现场制作的固体绝缘连接的隔室

引燃极应安装非绝缘接线端子。

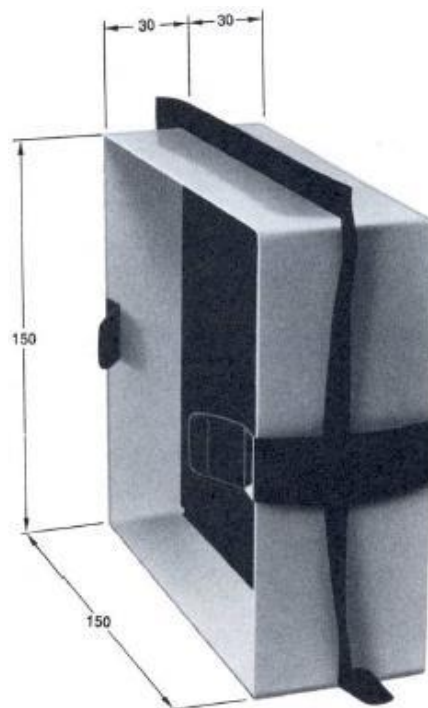
A.5.2.3.3 非插入式或非现场制作的固体绝缘连接的隔室

试验时应不安装电缆，应进行三极引燃。

电缆终端应和运行时一样安装。

A.5.2.4 无接地金属部件的单极隔室

应建立通过绝缘件到最近的接地金属部件的起弧路径。



单位：mm

图 A.1 垂直指示器安装框架

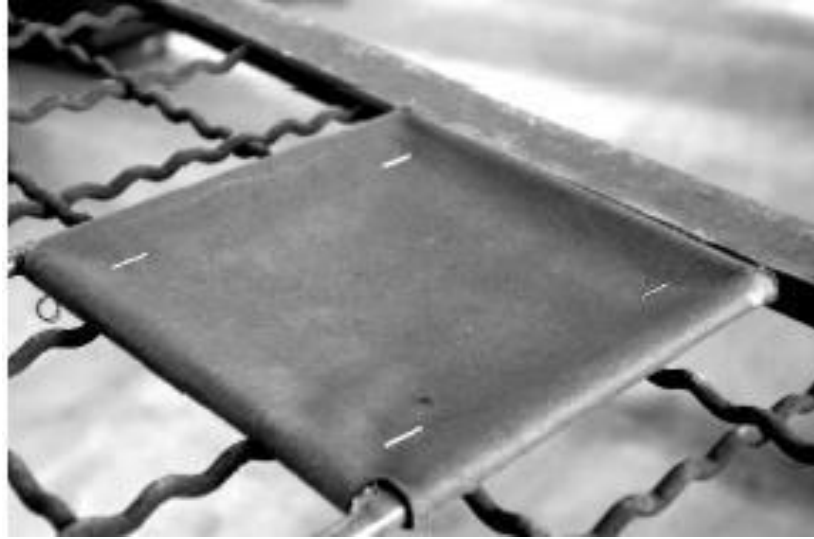


图 A.2 水平指示器

A类可触及性		B类可触及性	
$h \geq 1,9\text{ m}$	$h < 1,9\text{ m}$	$h \geq 1,9\text{ m}$	$h < 1,9\text{ m}$

尺寸单

位：毫米

图中：

- S 开关设备和控制设备
- h 开关设备和控制设备的高度
- i_h 水平指示器
- i_v 垂直指示器

图 A.3 指示器的位置

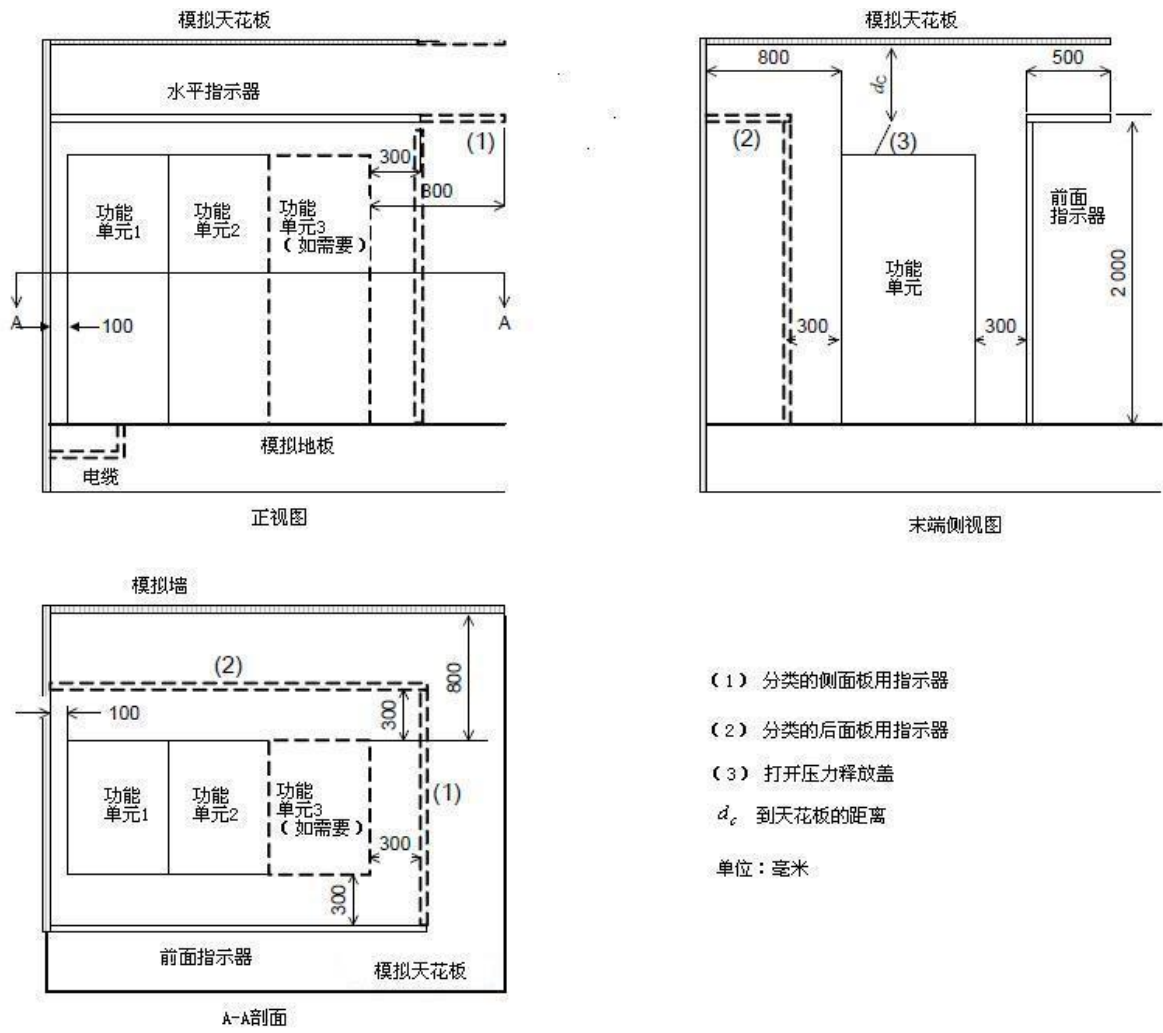


图 A.4 A 类可触及性的模拟房和指示器位置(后面板可触及, 任意高度的功能单元)

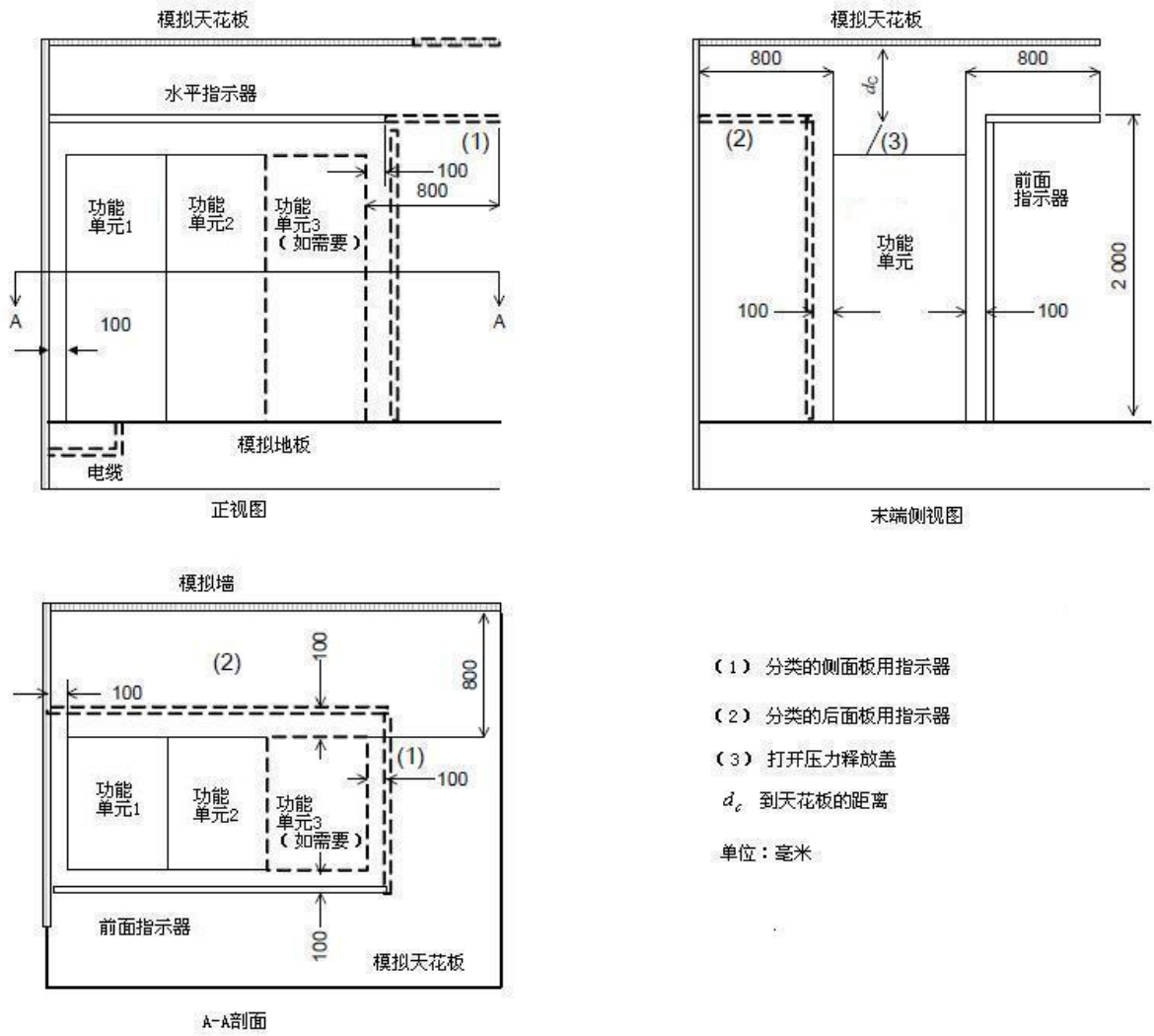


图 A.5 B类可触及性的模拟房和指示器位置(后面板可触及, 高度在 1 900 mm 及以上的功能单元)

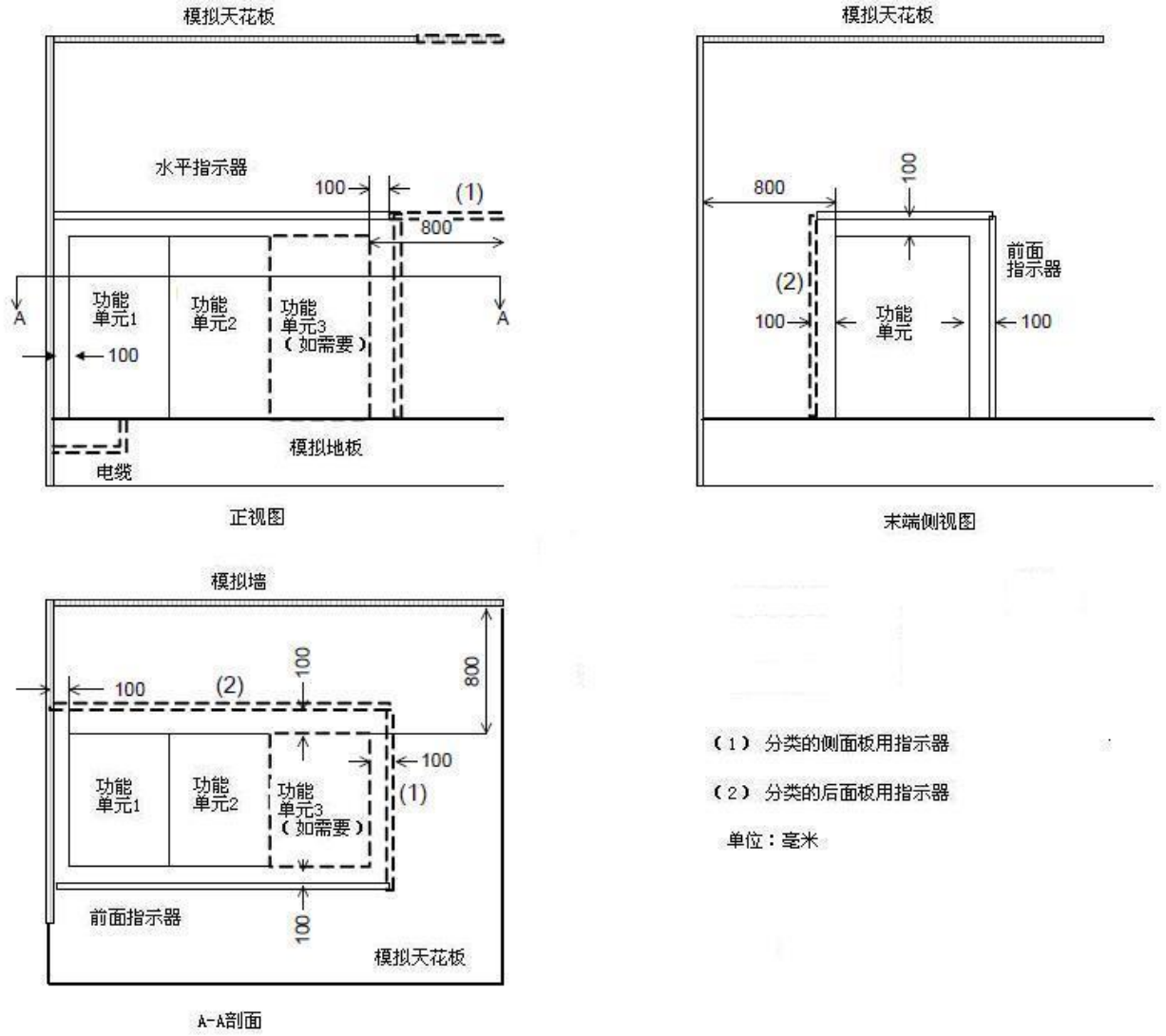
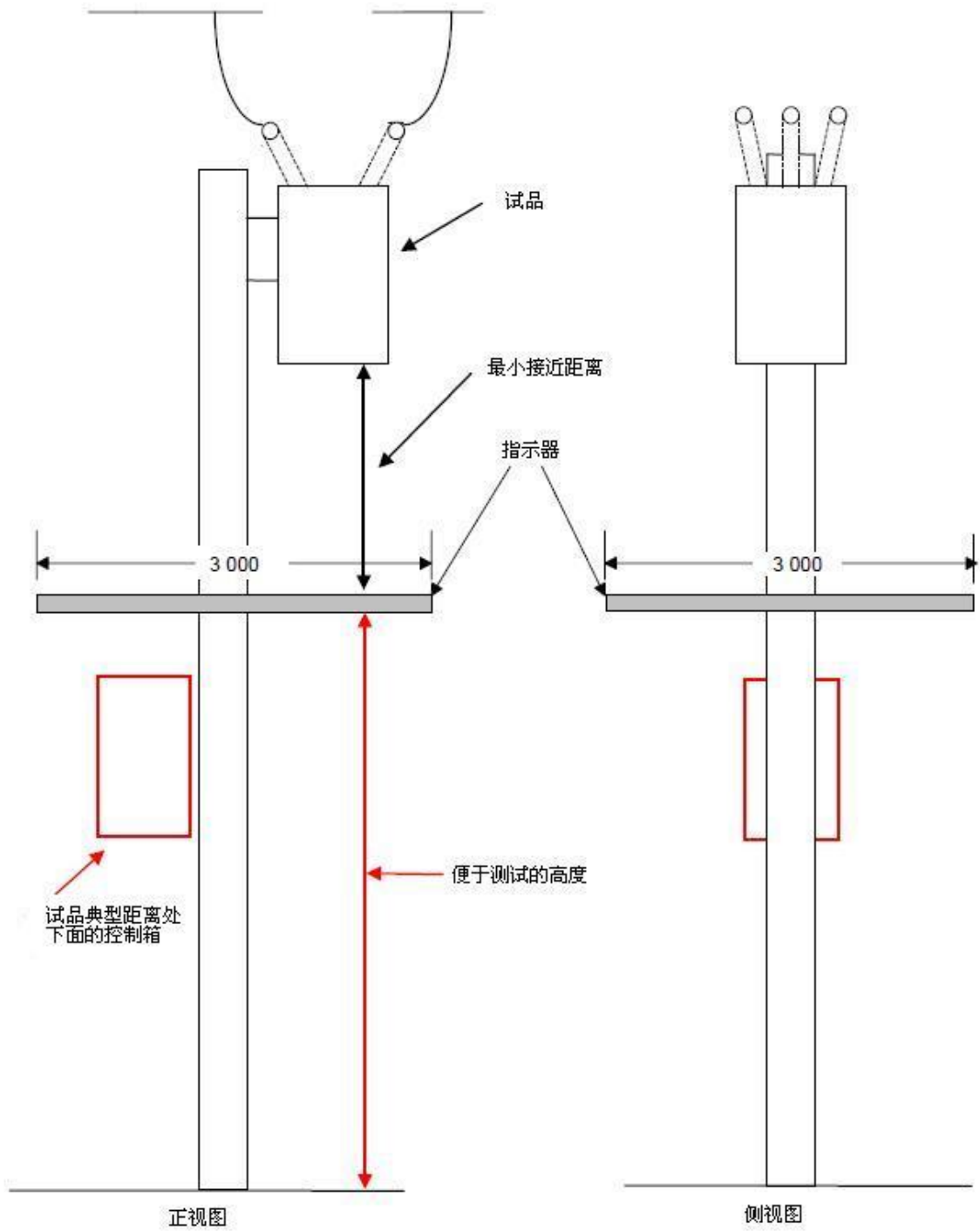


图 A. 6 B 类可触及性的模拟房和指示器位置(后面板可触及, 高度在 1 900 mm 以下功能单元)



单位：毫米

注3：为了便于试验，见A.2.2中的c)。

图 A.7 架空连接的柱上安装的开关设备和控制设备的试验布置

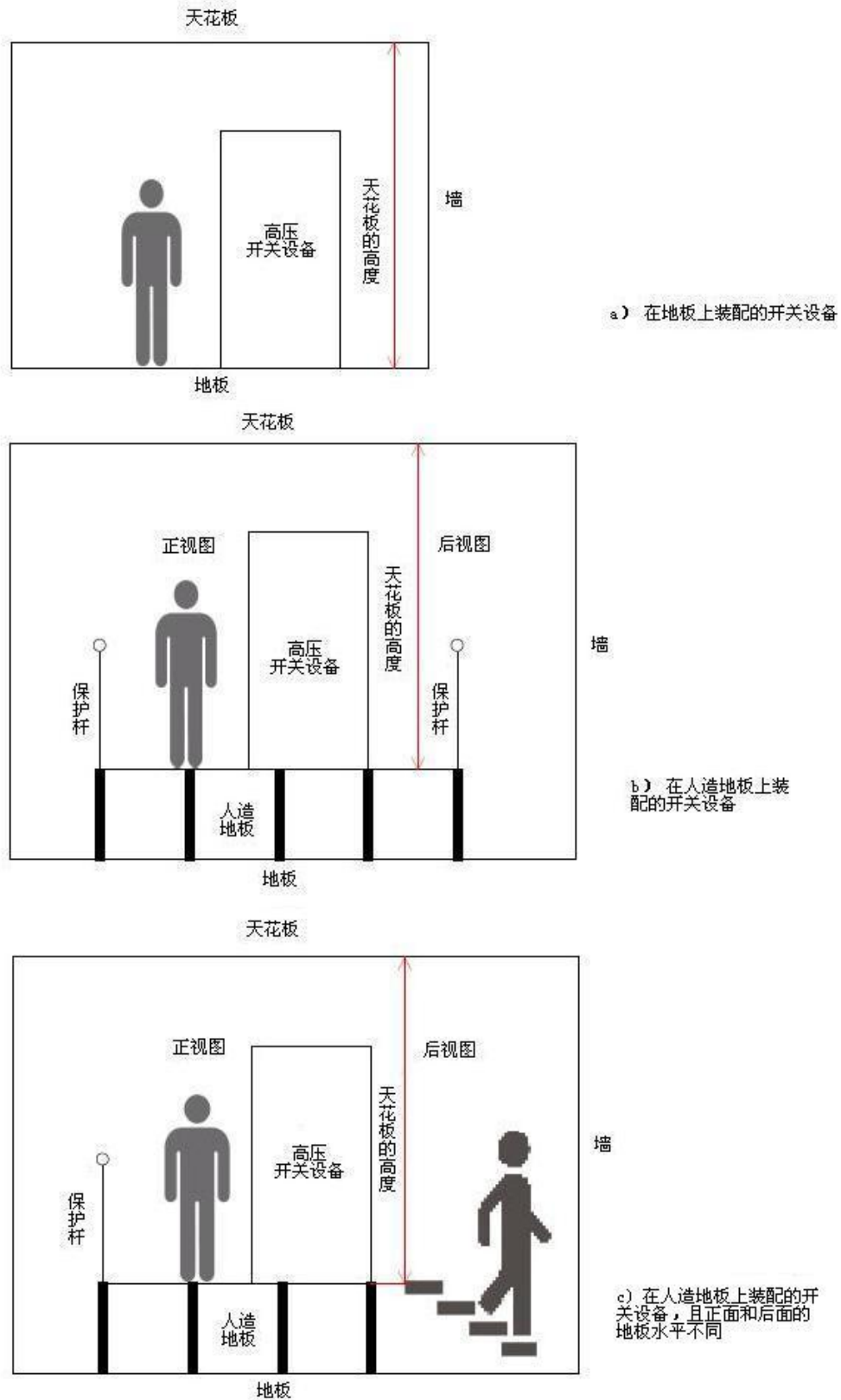


图 A.8 开关设备实际安装置于地板或人造地板到天花板的高度

附录 B

(规范性附录)

局部放电测量

B.1 总则

局部放电测量是适合检测被试设备某些缺陷的一种方法,同时也是对绝缘试验的有效补充。经验表明,在某些特定结构中,局部放电可以导致绝缘的介质强度逐渐下降,固体绝缘和充流体隔室尤其如此。

另一方面,由于金属封闭开关设备和控制设备中所使用的绝缘系统的复杂性,尚不可能在局部放电测量结果和设备的预期寿命间建立一种可靠的关系。

B.2 适用性

局部放电测量适用于使用有机绝缘材料的金属封闭开关设备和控制设备,并推荐用于充流体隔室。

由于设计的多样化,不可能对试品提出通用的技术要求。一般,试品应包括在设备的总装配中具有相同的电场强度的组件和部件。

注 1: 优先选择完整装配的试品。对于完整的开关设备和控制设备的设计,特别是各种带电部件和连接件嵌入固定绝缘内时,试验必须在装配完整的试品上进行。

注 2: 由常规元件组合的设计中(例如:互感器、套管),可根据其有关的标准对这些元件单独试验,而本附录局部放电的目的是检验这些元件在装配中的布置。

由于技术和经济上的原因,建议在同一组件或部件上的局部放电试验与必须的绝缘试验一起进行。

注 3: 此试验可在一些总装或部件上进行。必须注意测量不要受到外部局部放电的影响。

出厂试验也可以在元件上进行。

判定局部放电试验的必要性的判据是:

- a) 实际运行经验,包括整个生产期间的试验结果;
- b) 固体绝缘最高电场区域的电场强度值;
- c) 设备中主绝缘部分的绝缘材料类型。

B.3 试验回路和测量仪器

按照 GB/T 7354《局部放电测量》的规定进行试验。

三相设备的试验既可在单相试验回路中进行,也可在三相试验回路中进行(见表 B.1)。

a) 单相试验回路

程序 A

是一种通用方法,适用于中性点接地或不接地系统中运行的设备。

测量局部放电量时,依次将每相极到试验电源上,其余两极和所有工作时接地的部件都

接地。

程序 B

仅适用中性点接地系统中运行的设备。

测量局部放电量时，应采用两个试验步骤：

首先，应在 $1.1U_r$ (U_r 是额定电压) 试验电压下进行测量。依次将每极接到试验电源上，其余两极接地。测量时必须将在正常运行中接地的所有金属部件与地脱开或绝缘起来。

再将试验电压降至 $1.1U_r/\sqrt{3}$ 下进行附加测量。在测量过程中，运行中接地的部件都接地，且将三极并联接到试验电压源上。

b) 三相试验回路

当有合适的试验设备时，局部放电试验也可在三相电路上进行。

在此情况下，推荐使用三个耦合电容器按图 B.1 连接。可用一个局部放电检测仪依次接到三个测量阻抗上。

为了给检测仪在三相电路中某一个测量位置上定标，可将已知电量的短时电流脉冲一方面依次注入到每一极和地之间，而另一方面注入到另外两极和地之间。则定标给出的最小偏转刻度可用来确定放电量。

当设计的设备用于中性点非直接接地系统时，应进行附加试验（仅作为型式试验）。试验时，试验样品的每一极和电源的对应相应依次接地（见图 B.2）。

B.4 试验程序

如果作为型式试验，局部放电试验应在按照 6.2.6 规定的雷电冲击和工频电压试验后进行。

如果作为出厂试验，局部放电试验应在按照 7.1 规定的工频电压试验后进行。

按照试验回路（见表 B.1），外施工频电压至少升高至 $1.3 U_r$ 或 $1.3 U_r/\sqrt{3}$ ，且在此值下至少保持 10s*。可不考虑此过程中的局部放电。

注：作为替代，局部放电试验可以在工频电压试验后的降压阶段进行。

然后，根据试验回路，连续地将电压降到 $1.1 U_r$ 或 $1.1 U_r/\sqrt{3}$ ，且在此电压下测量局部放电量（见表 B.1）。

试验电压的频率通常为额定频率。现场绝缘试验期间可将电压互感器断开。在其连接的情况下，现场试验的频率应足够高以防铁芯饱和。

考虑到实际背景噪音水平，应尽可能记录局部放电的起始电压和熄灭电压以作为补充资料。

通常，应在开关装置处于闭合位置时对其总装或部件进行测试。如果局部放电可能会导致隔离开关断口间的绝缘老化，在隔离开关分闸的情况下，应补充进行局部放电测量。

对充流体设备，试验应在最低功能水平或额定充入水平下进行，不管哪种更严酷。出厂试验应在额定充入水平下进行。

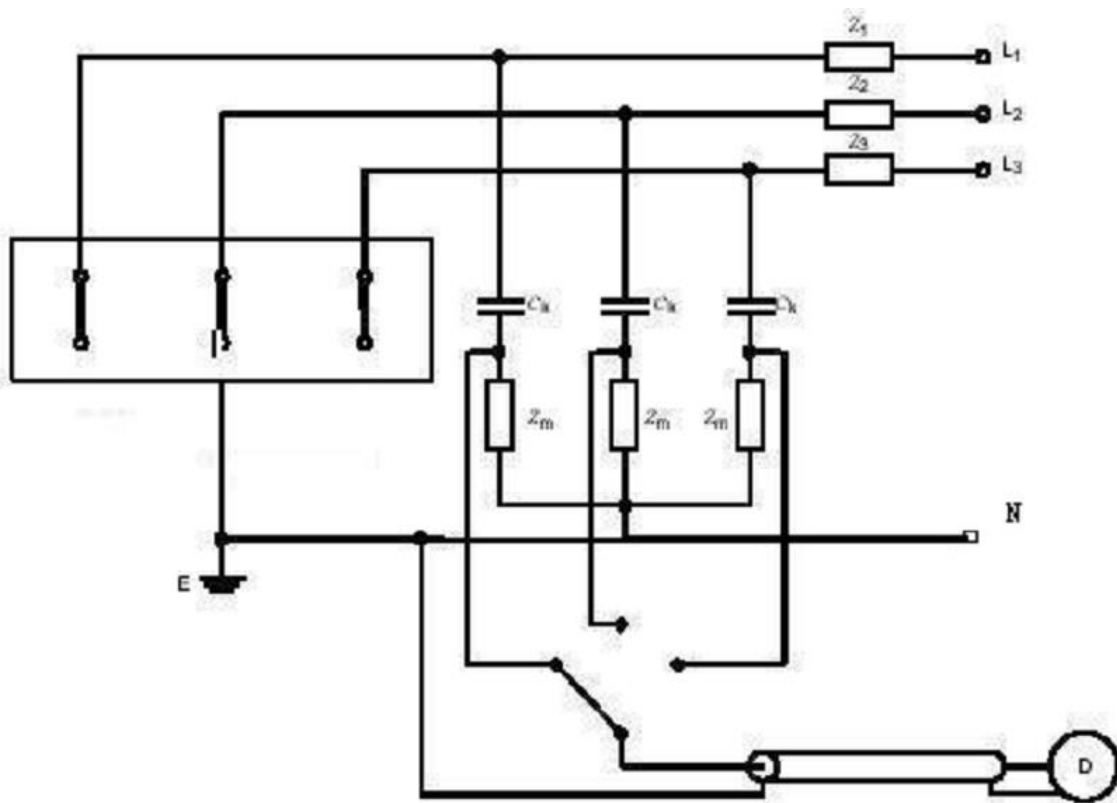
B.5 最大允许的局部放电量

推荐局部放电参量为视在电荷，一般用皮库（pC）表示。

在 $1.1 U_r$ 和/或 $1.1 U_r/\sqrt{3}$ 电压下的最大允许局部放电量，由制造厂和用户商定。

对于充流体的以及主回路采用固体绝缘的金属封闭开关设备，在试验电压（见表 B.1）下的最大允许局部放电量应为 20 pC。对于中性点非直接接地系统的其他类型的金属封闭开关设备和控制设备的最大允许局部放电量在 $1.1 U_r$ 下应为 100 pC。

注：在进一步取得可靠数据之前，可以规定局部放电量的限值。金属封闭开关设备和控制设备的元件可能采用一种或多种不同的技术（例如：固体、液体或气体绝缘），各种元件的要求，对整体、部分或总装规定通用的最大可接受的局部放电水平还很难，且有争议。目前，这些值由制造厂确定，或在验收试验时由制造和用户协商确定。



图中：

N——中心点连接线；E——接地连接线；

L₁、L₂、L₃——三相电源连接端；

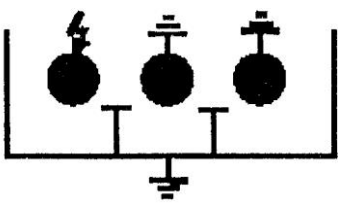
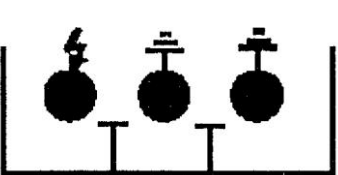
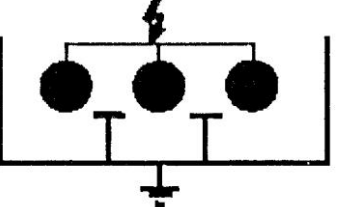
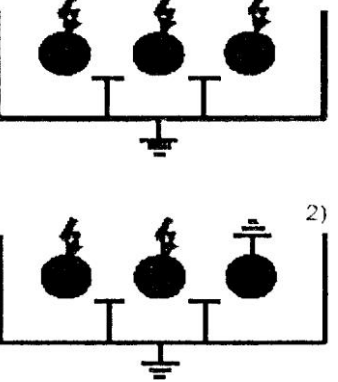
Z₁、Z₂、Z₃——试验回路阻抗；

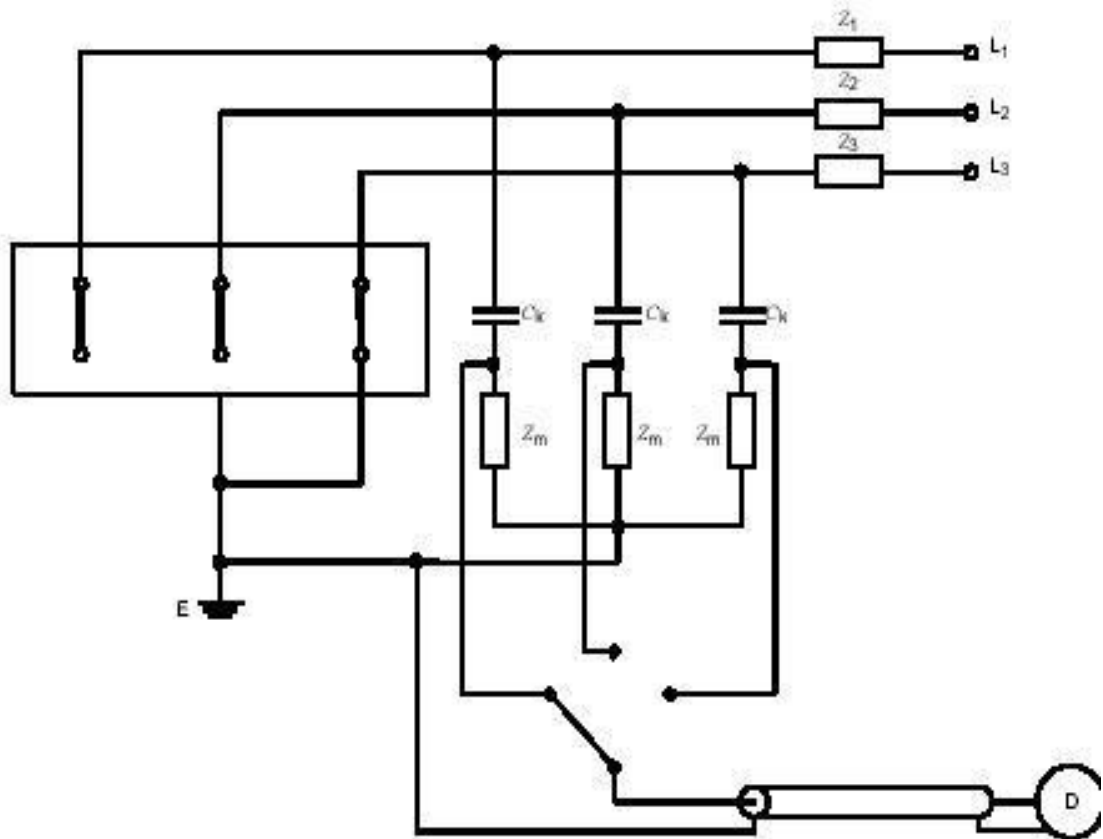
C_k——耦合电容器；Z_m——测量阻抗；

D——局部放电检测仪。

图 B.1 局部放电试验回路（三相布置）

表 B.1 试验回路和程序

	单相试验			三相试验
	程序 A	程序 B		
电源连接到	依次连接到每极	依次连接到每极	同时连接到三极	三极 (图 B.1)
接地连接的元件	其它极和工作时接地的所有部件	其它两极	工作时接地的所有部件	工作时接地的所有部件
最低预施电压	$1.3 U_r$	$1.3 U_r$	$1.3 U_r / \sqrt{3}$	$1.3 U_r^{1)}$
试验电压	$1.1 U_r$	$1.1 U_r$	$1.1 U_r / \sqrt{3}$	$1.1 U_r^{2)}$
基本接线图				
注 1: 相间电压;				
注 2: 中性点非直接接地系统的补充试验 (仅作为型式试验)。				



图中：

- E——接地连接线；
- L₁、L₂、L₃——三相电源连接端；
- Z₁、Z₂、Z₃——试验回路阻抗；
- C_k——耦合电容器；
- Z_m——测量阻抗；
- D——局部放电检测仪。

图 B.2 局部放电试验回路（中性点非直接接地系统）

附录 C

(规范性附录)

用于严酷气候条件下的 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备的附加要求

C.1 适用范围

本附录适用于按照本标准的规定并在凝露和污秽方面比正常使用条件更严酷的使用条件中使用的户内金属封闭开关设备和控制设备,但气体绝缘的金属封闭开关设备和控制设备除外。

本附录涵盖了绝缘暴露在户内气候条件下的设备。

本附录规定的试验主要是研究电气绝缘性能,而不是研究设备的腐蚀。但可记录机械元件(如机构、联锁和外壳)的性能。

本附录提出了凝露和污秽二方面严酷使用条件的两个等级的定义,还提出了评估金属封闭开关设备和控制设备在规定条件下性能的试验程序,以便得出它们在这些严酷使用条件下能否适应的结论。

注:本附录中描述的试验程序也可能适用于户外设备的内绝缘。

C.2 凝露和污秽运行条件下的严酷程度

安装在建筑物或房子内的户内设备,通常能免遭户外气候条件的危害,但可能要承受由于温度快速变化而引起的凝露以及建筑物内环境的污染。

金属封闭开关设备和控制设备周围的凝露和污秽使用条件分类如下:

C₀: 通常不出现凝露(每年不超过两次)。控制设备使用场所的湿度和/或温度以避免凝露。建筑物或房间可以防止户外气候的日变化;

C₁: 凝露不频繁(每月不超过两次)。设备使用场所没有湿度和/或温度控制。建筑物或房间可以防止户外气候的日变化,但是不能排除凝露;

C_h: 凝露频繁(每月超过两次)。设备使用场所温度控制。建筑物或房间仅可以最低的防止户外气候的日变化,因此,可能频繁出现凝露;

P₁: 轻度污秽(如DL/T 593-2016的2.1.1的项d)中给出的)。在严重污秽地区为了达到轻度污秽可能需要采取措施。

P_h: 严重污秽(任何超过 **P_L** 的数值,不包括承受导电性灰尘和/或工业烟雾,生成厚的导电性沉积的区域)。没有采取特殊措施减少沉积出现的区域,或者设备位于非常靠近污染源的地方;

注 1: 认为不存在污秽是不现实的;

注 2: 可以通过选择金属封闭开关设备和控制设备外壳适当的防护等级使设备外壳内部的沉积物总量最小化。

考虑到设备受到湿度和污秽联合作用的特殊情况，三种使用条件的严酷等级定义如下：

0 级：C₀P₁

1 级：C₁P₁ 或 C₀P_h

2 级：C₁P_h 或 C_hP₁ 和 C_hP_h。

注 3：0 级相应于 DL/T 593-2016 的 2.1.1 中描述的正常使用条件。

C.3 金属封闭开关设备和控制设备的分类

定义了 0、1、2 三个设计等级。实质上它们对应于 C.3 所述的使用条件严酷度的三个等级。按照这些设计等级，设备使用的典型实例如下：

C.3.1 0 类设计

设备用于温度可控制的地点，可以周期性地加温或冷却。建筑物或房屋提供的防护能使设备免受户外气候条件变化的影响。采取预防措施，使沉积物减到最小。

C.3.2 1 类设计

存在两种可能性：

1) 设备用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋提供的防护能使设备免受户外气候条件变化的影响，但不能排除凝露。采取预防措施，使沉积物减到最少。

2) 设备装于温度可控制的地点，装设地点无专门预防措施使沉积物减到最少，或设备处在极接近于尘源的地方。

C.3.3 2 类设计

存在三种可能性：

1) 设计用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋提供的防护能使设备免受户外气候条件变化的影响，但不能排除凝露。装设地点无专门预防措施使沉积物减到最少，或设备处在非常接近于尘源的地方。

2) 设备用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋使设备免受户外气候变化影响的防护很少，以致凝露可能频繁出现。采取预防措施使沉积物减到最少。

3) 设备用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋使设备免受户外气候变化影响的防护很少，以致凝露可能频繁出现。装设地点无专门的预防措施使沉积物减到最少，或设备处在非常接近尘源的地方。

注 1：通过选择金属封闭开关设备和控制设备合适的防护等级可使设备外壳内沉积物的数量减到最少，或对金属封闭开关设备和控制设备采取加热、通风等措施，使凝露不易产生，也可选用 1 类设计或 2 类设计的金属封闭开关设备和控制设备来满足特殊使用环境条件的要求；

注 2：对于在严酷气候条件下，需要选用按 1 类设计或 2 类设计的金属封闭开关设备和控制设备，也可通过改变装设地点的气候条件，例如装设空调、去湿设备和加强建筑物的防尘等措施，使得 0 类设计的

产品可以适用，在某些情况下，可能更为安全可靠、经济合理。

C.4 分类程序

对于按本标准规定的正常使用条件，不要求作附加试验，符合本标准的金属封闭开关设备和控制设备应认为属于 0 类设计。

应通过试验来验证设备满足 1 类设计或 2 类设计的严酷使用条件下的性能。

如果金属封闭开关设备和控制设备按照 C.7.1 的规定承受了 1 级老化试验并满足 C.8 描述的诊断程序中的评估判据，则其属于 1 类设计。

如果金属封闭开关设备和控制设备按照 C.7.2 的规定承受了 2 级老化试验并满足 C.8 描述的诊断程序中的评估判据，则其属于 2 类设计。

1 级和 2 级的老化试验要求重复采用同一气候周期并继之进行 C.8 中规定的诊断程序。除了 2 级老化试验采用多个气候周期外，2 级老化试验等同于 1 级老化试验。

分类程序流程图见图 C.1。

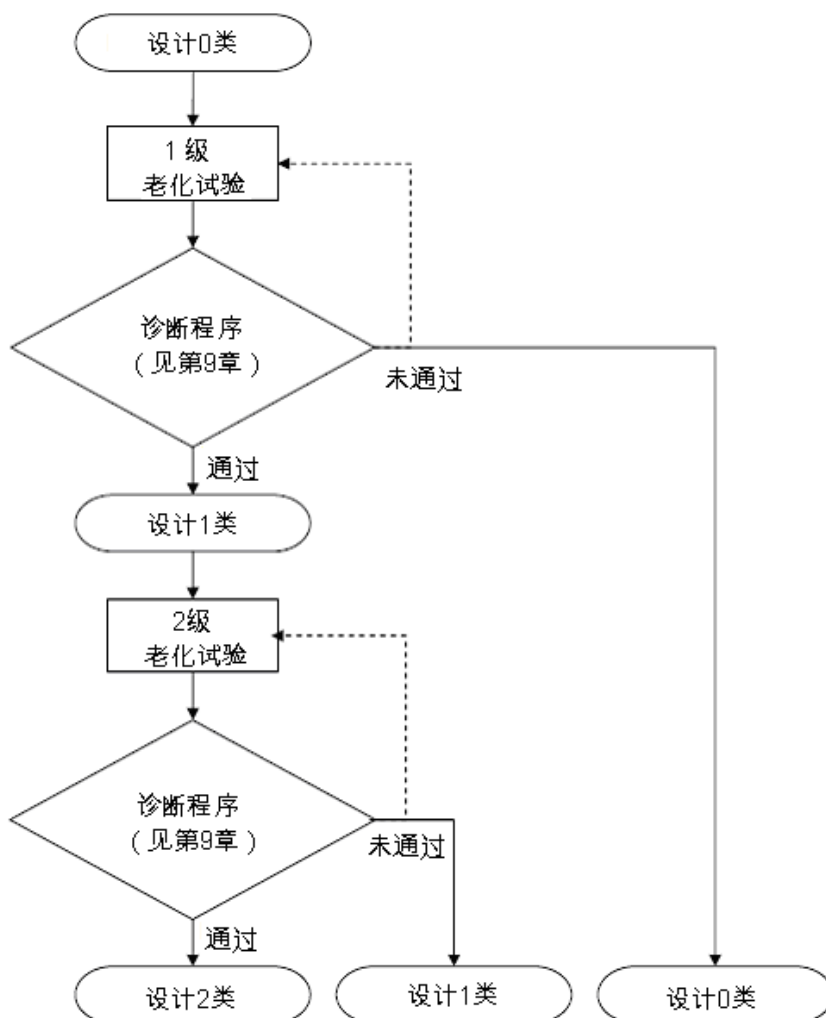


图 C.1 分类程序流程图

C.5 试验设备及有关要求

C.5.1 气候试验室

气候试验室要求有足够的容积以便容纳被试设备。设备装于气候试验室中，离地面高度不小于 0.5m（以便空气流通）。气候试验室的容积应是被试设备体积的（5~15）倍。被试设备外壳及顶部与试验室墙壁及天花板的距离应不小于 1.0m。应采取措施保证试验室的墙壁和天花板上凝露的水不会滴在设备上。

气候试验室的解释性布置图见图 C.2。

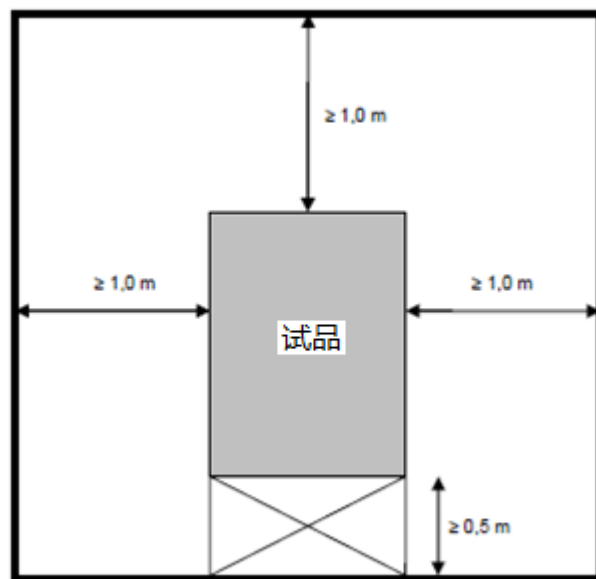


图 C.2 气候试验室

C.5.2 控制要求

试验期间，温度应在 30℃至 50℃范围内周期性变化。控制温度的偏差小于 $\pm 3\text{ K}$ 。温度变化速度应至少为 0.5 K/min。在整个试验室内温度分布的偏差应相同。

对湿度也需要从低于 80%到高于 95%的相对湿度范围内进行控制。

C.5.3 电源设备

要求提供一个三相高压电源以便在试验时能对被试设备施加电压，为此，电源应能在气候周期性变化过程中保持额定电压的偏差为 0%~-5%。为检查可能的破坏性放电，在整个试验期间应连续记录试验电压。

施加诊断试验电压的电源电压应至少达到被试设备的额定工频干试耐受电压。这个电源应有保护装置，在闪络或击穿放电的情况下，其动作时间小于 0.1s。

电源应符合 GB/T 16927.1—2011。

如果适用的话，还要采取措施测量被试单元的每相的泄漏电流的有功分量（R）的有效

值。金属封闭开关设备和控制设备的主回路应连接到电压等于额定电压且一相接地的三相电源上，或者最好是连接到电压等于额定电压的单相电源上，主回路的带电部分相互联结在一起（见 C.12 的规定）。

C.6 试验设备的选择和布置

C.6.1 设备的选择

试验应该在一个完全装配好的配有其全部元件并与运行状态一致的典型功能单元上进行。被试功能单元及其元件应是新的和干净的。

注：对于各相分装的开关设备和控制设备允许进行单相单元试验。

C.6.2 设备的布置

被试设备应装在 C.5.1 中所述的气候试验室中，并使其处于正常位置。功能单元的试验布置不应比正常运行布置有利，特别是外部连接应是如此。

设备的连接应使得功能单元能以三相电源对其施加额定电压。

C.7 老化试验

C.7.1 1 级老化试验

设备装于气候试验室，在三个为期 7 天的完全相同的试验周期中按下列规定多次反复承受 2h 湿热循环试验（见图 C.3）。

气候试验室的相对湿度保持在 95% 以上，其温度在 40min 内由 30℃ 上升到 50℃，维持 20min。然后温度在 40min 内下降到 30℃，此时不规定湿度值。随后温度在 30℃ 保持 20min，在这整个期间的相对湿度保持在 80% 以上。

时间为 7 天的试验周期，按照以下规定分配时间：

在起初 5 天，对被试设备施加其额定电压，承受 60 个湿热循环试验。5 天试验后，停止试验 2 天，

施加额定电压是指相间为 U_r 和相对地为 $U_r / \sqrt{3}$ 。经过这 5 天试验后，在最后一个湿热循环结束时（温度为 30℃）停止试验。为检查绝缘表面的放电痕迹，应尽可能不拆开设备进行外观检查。

后 2 天设备应保持在接近 GB/T 16927.1—2011 规定的周围大气条件。

完成三个 7 天的试验周期后，应按照 C.8.2 规定的诊断程序对被试设备的性能进行评定。

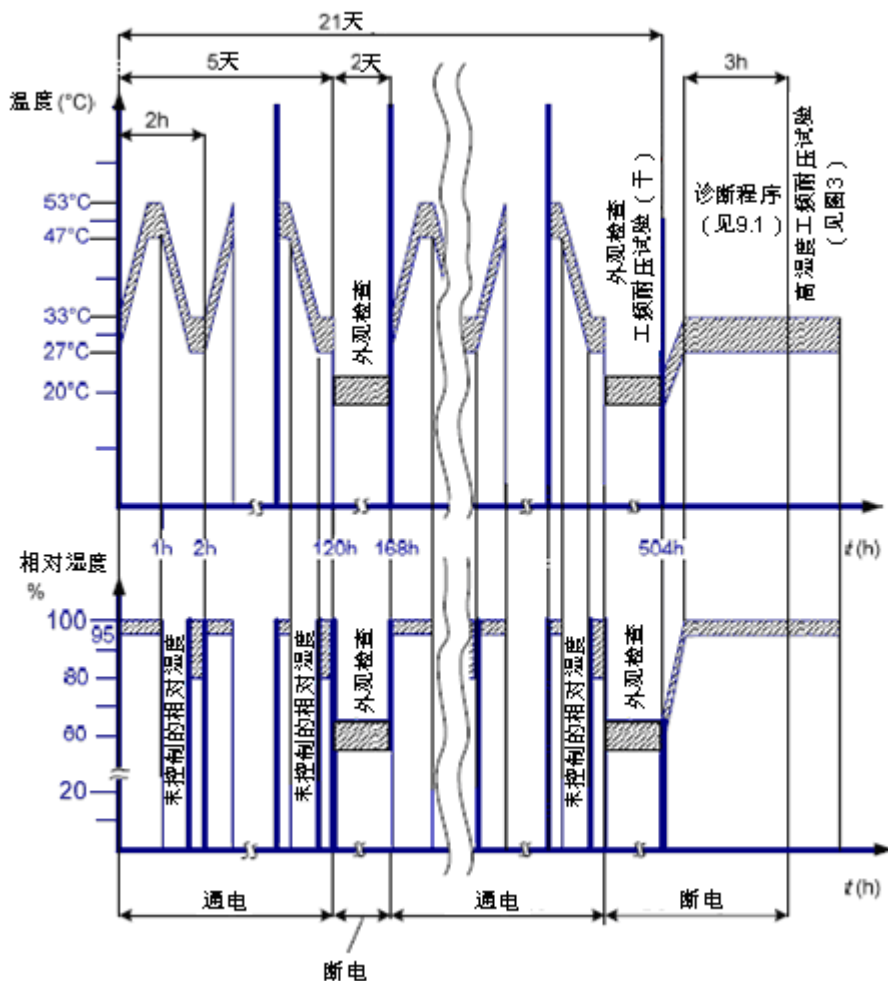


图 C.3.1 1 级老化试验

C.7.2 2 级老化试验

试验共由 7 个周期为 7 天的相同的试验循环组成，接着进行 C.8.2 规定的诊断程序。

注：对于已成功通过 1 级老化试验的设备，允许继续进行 4 个周期为 7 天的相同的试验循环。

C.8 老化试验后的诊断程序

C.8.1 概述

老化试验结束后且达到周围环境温度，设备应在不进行任何特殊处理（如清洁、额外的干燥等）的情况下按 C.8.2 规定进行绝缘试验。试验时电压互感器应断开。

C.8.2 电气诊断程序

被试品首先承受 1min 额定工频干耐受电压试验。

然后，气候试验室的温度增高到 30℃，湿度至少到 95%。在试品不施加电压的条件下经 3h 后，进行以下绝缘试验（见图 C.4）。

对一相施加 $U_r/\sqrt{3}$ 的电压，其他两相接地并且连接到设备的保护导体上。1h后，电压升到 $\sqrt{3} U_r$ 并保持30s（电压上升率按GB/T 16927.1-2011的规定），应连续依次在其它两相上重复此试验，试验间隔应尽可能短。如果结构允许，A相和C相可以一起加压。如果三相都是屏蔽的（通过接地隔板完全隔离），可以一起加压。

试验报告中应记录起痕的程度。

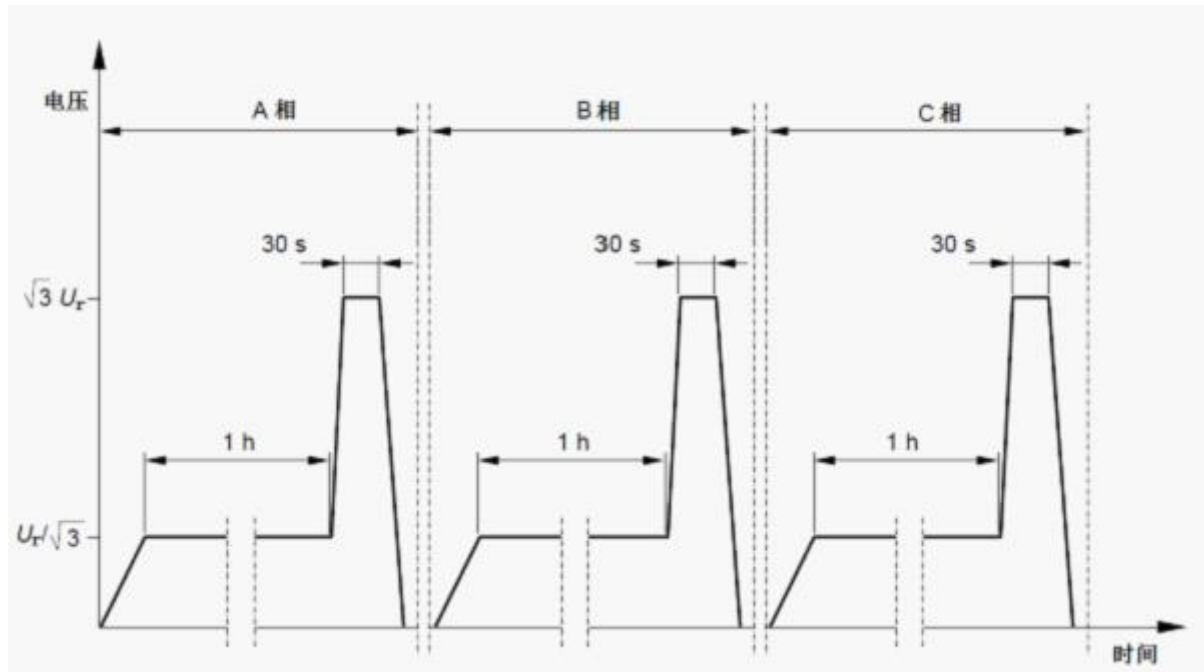


图 C.4 老化试验后高湿度条件下的工频耐受电压试验

C.8.3 机械诊断程序（可选）

该诊断程序不是用来验证机械和腐蚀性能。然而，试验结果可以给出有用的信息。特定的程序见GB/T 2423系列标准。

应该对开关装置和功能单元的门进行机械操作。

如果适用，可以采用下述机械诊断：动作时间、力矩、触头速度、联锁操作等。应记录试验结果。

试验报告中应记录腐蚀程度（如果有的话）。

C.8.4 评定

如果满足下列条件，则试品符合 1 类设计或 2 类设计：

- a) 气候试验循环中未出现电击穿或闪络；

- b) 在诊断程序中未出现电击穿或闪络；
- c) 如果选择了 C.8.3，设备的机械特性应在制造厂给出的允许偏差内。

附录 D

(规范性附录)

根据短时持续电流的热效应计算裸导体横截面积的方法

下面的公式可用于计算承受电流持续时间为 0.2s~5s 的热效应的裸导体横截面积：

$$S = \frac{I}{a} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

式中：

S ——导体横截面积， mm^2 ；

I ——电流有效值，(A)；

a 的量纲为 $\frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \left(\frac{\text{s}}{\text{K}} \right)^{\frac{1}{2}}$ ，并按下列规定取值：

铜 13；

铝 8.5；

铁 4.5；

铅 2.5；

t ——电流通过时间 (s)；

$\Delta\theta$ ——温升 (K)；对裸导体一般取 180K；如果时间超过 2s 但小于 5s， $\Delta\theta$ 值可增加到 215K。

本式考虑的温度升高过程并非严格的绝热过程。

参考文献

- [1] GB/T 2900.20—2016 电工术语 高压开关设备和控制设备 (IEC 60050(441): 1984, MOD)
- [2] GB 7674-XXXX 额定电压72.5 kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备 (IEC 62271-203: 2011, MOD)
- [3] GB/T 28534—2012 高压开关设备和控制设备中六氟化硫 (SF₆) 气体的释放对环境与健康的影响 (IEC 62271-303: 2008, MOD)
- [4] GB/T 28537—2012 高压开关设备和控制设备中六氟化硫(SF₆)的使用和处理(IEC 62271-303: 2008, MOD)
- [5] EN 50187:1996 1kV~52 kV交流开关设备和控制设备的充气隔室
- [6] IEEE C37.20.7:2001 中压金属封闭开关设备内部电弧故障试验IEEE导则
- [7] IEEE 400.2:2004 IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency(VLF)