

DL/T 404-2007

3. 6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备

DL/T 404-2007 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备标准规定难过了额定电压为 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）。

DL/T 404-2007 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备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

对于具有充气隔室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。

DL/T 404-2007 交流金属封闭开关设备和控制设备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。

标准编号：DL/T 404-2007

规程名称：3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备

发布时间：2007-12-03

实施时间：2008-06-01

发布部门：中华人民共和国国家发展和改革委员会

制造厂商：武汉鼎升电力自动化有限责任公司

产品名称：DKGG-H [高低压开关柜通电试验台](#)

产品地址：<http://www.kv-kva.com/411/>

ICS 29.130.10

K 43

备案号: 22283-2008

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 404 — 2007

代替 DL/T 404 — 1997

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: 2003 Alternating-Current metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1kV and up to and including 52kV, MOD)

2007-12-03 发布

2008-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

DL/T 404 — 2007

3 133	防护等级	·	·6
3 134	额定值	·	·6
3 135	破坏性放电	·	·6
4	额定值	·	·6
4 1	额定电压 (U_r)	·	·6
4 2	额定绝缘水平	·	·6
4 3	额定频率 (f_r)	·	·6
4 4	额定电流和温升	·	·6
4 5	额定短时耐受电流 (I_k)	·	·7
4 6	额定峰值耐受电流 (I_p)	·	·7
4 7	额定短路持续时间 (t_k)	·	·7
4 8	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)	·	·7
4 9	合闸和分闸装置及其辅助回路的额定电源频率	·	·7
4 10	可控压力系统压缩气源的额定压力	·	·7
4 11	绝缘和/或操作气体或液体的额定充入水平	·	·7
5	设计和结构	·	·7
5.1	对开关设备和控制设备中液体的要求	·	·8
5.2	对开关设备和控制设备中气体的要求	·	·8
5.3	接地	·	·8
5.4	辅助设备和控制设备	·	·8
5.5	动力操作	·	·8
5.6	储能操作	·	·9
5.7	不依赖人力的操作	·	·9
5.8	脱扣器的操作	·	·9
5.9	低压力和高压力闭锁和监视装置	·	·9
5.10	铭牌	·	·9
5.11	联锁装置	·	·10
5.12	位置指示	·	·10
5.13	外壳的防护等级	·	·10
5.14	爬电距离	·	·10
5.15	气体和真空的密封	·	·10
5.16	液体的密封	·	·11
5.17	易燃性	·	·11
5.18	电磁兼容性 (EMC)	·	·11
5.19	X射线的辐射	·	·11
5.20	腐蚀	·	·11
5.101	内部故障	·	·11
5.102	外壳	·	·11
5 103	隔室	·	·12
5.104	可移开部件	·	·14
5 105	电缆绝缘试验的规定	·	·15
5 106	对最小空气间隙的要求	·	·15
6	型式试验	·	·15

6.1	概述	·15
6.2	绝缘试验	·16
6.3	无线电干扰电压 (r、i、v) 试验	··· ·18
6.4	回路电阻的测量	·18
6.5	温升试验	·19
6.6	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	·19
6.7	防护等级检验	·20
6.8	密封试验	·20
6.9	电磁兼容性试验 (EMC)	·21
6.10	辅助和控制回路的附加试验	·21
6.10.3	接地金属部件的电气连续性试验	·21
6.11	真空开断装置 X 射线试验程序	·21
6.101	关合和开断能力的验证	·21
6.102	机械试验	·21
6.103	充气隔室的压力耐受试验和气体状态检测	·22
6.104	非金属隔板和活门的试验	·22
6.105	防雨试验	··· ·23
6.106	内部电弧试验	·23
7	出厂试验	·23
7.1	主回路的绝缘试验	·24
7.2	辅助和控制回路的试验	·24
7.3	主回路电阻测量	·24
7.4	密封试验	·24
7.5	设计和外观检查	·24
7.6	机械操作和机械特性试验	·24
7.101	局部放电测量	·24
7.102	充气隔室的压力试验和气体状态测量	·24
7.103	电动、气动和液压装置的辅助装置的试验	·24
7.104	现场安装后的试验	·25
7.105	现场充流体后的流体状态测量	·25
8	金属封闭开关设备和控制设备的选用导则	·25
8.1	额定值的选择	·25
8.2	设计和结构的选择	··· ·25
8.3	内部电弧等级的选择	·27
9	应随订货单、投标书和询问单一起提供的资料	·30
9.101	随订货单和询问单一起提供的资料	·30
9.102	投标时应提供的资料	·31
10	运输、储存、安装、运行和维修规则	··· ·32
10.1	运输、储存和安装时的条件	·32
10.2	安装	·32
10.3	运行	·32
10.4	维修	·32
11	安全	·32

DL/T 404 — 2007

11.101	程序	32
11.102	内部电弧	32
附录 A (规范性附录)	内部故障——在内部故障引起电弧的条件下金属封闭开关设备和控制设备的试验方法	33
附录 B (规范性附录)	局部放电测量	43
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	46
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	57
附录 E (资料性附录)	解释性的注解	58
参考文献		62

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2007 年行业标准修订、制定计划的通知》（发改办工业〔2007〕1415 号）的安排修订的。

本标准是根据 IEC 62271—200：2003《额定电压 1kV 及以上至 52kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》第 1 版的内容对 DL/T 404—1997《户内交流高压开关柜订货技术条件》进行的全面修订。本标准中各章、节的编排顺序与 IEC 62271—200：2003 第 1 版完全一致，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—200：2003 第 1 版，故为修改采用。

本标准与 IEC 62271—200：2003 第 1 版的主要差异：

- 适用范围：IEC 62271—200：2003 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~40.5kV、额定频率 50Hz；
- 额定电压和额定绝缘水平：额定电压是按照我国电力系统的实际使用电压和 GB 156 所确定的，有的额定电压与 IEC 62271—200 稍有差别。同时，额定绝缘水平也是根据我国电力系统的实际需要而确定的；
- 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，且接地回路的数据可以与主回路不同，本标准明确规定主回路和接地回路的额定短路持续时间应该相同，其值为 4s，但对装用负荷开关的金属封闭开关设备也可以选用 2s；
- 接地：本标准将 IEC 62271—200 中 5.3 接地的注 1 和注 2 放入正文之中，并将“接地回路一般可以设计为只能耐受一次短路故障”修改为“至少能耐受一次短路耐受电流最大值的作用”；
- 外壳的接地：根据我国电力系统的要求，将 IEC 62271—200 中 5.3.2 对接地导体的材质明确规定为铜质导体，并规定接地导体和接地端子的电气接触面积不应小于 160mm²；
- 联锁装置：根据我国电力系统对“联锁装置”的要求，对 IEC 62271—200 中 5.11 联锁装置部分增加了一些要求，如：强调应优先采用机械联锁、接地开关与隔离开关和与门之间的联锁要求，以及防止误分和误合断路器的要求等；
- 爬电距离：增加了金属封闭开关设备内绝缘件最小标称爬电比距的要求；
- 母线隔室的隔离：IEC 62271—200 中 5.103.1 只对 LSC2 级设备要求每组母线应为独立的隔室，本标准增加了对以空气为绝缘介质的金属封闭开关设备，每个功能单元的母线隔室也应为各自封闭的独立隔室；
- 将 IEC 62271—200 中 5.104 的注 1 取消，注 2 改为注；
- 根据我国电力系统的要求和相应国家标准的规定，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以及复合绝缘中空气间隙的最小距离；
- 型式试验：在 6.1 概述中增加了对有机绝缘件除应按本标准要求进行试验外，还应按相关规定进行补充试验。将 6.1 条中“非强制性型式试验”的试验项目 1) ~p) 全部改为“适用时强制性的型式试验”项目；
- 凝露试验：在 6.2.8“人工污秽试验”项目中增加了“凝露试验”的要求；
- 局部放电试验：将 6.2.9“局部放电试验”中的“该试验按制造厂和用户之间的协议进行”取消；
- 温升试验：将 6.5 温升试验的试验电流修改为 1.1 倍额定电流；
- 机械操作试验：在 6.102.1 条中增加了对断路器应记录机械行程特性和动作时间的要求；对隔离插头明确规定要进行 1000 次抽出和插入的机械寿命试验；

——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，并将 7.102 修改为 7.6 条以便与 DL/T 593—2006 相对应；增加了气体状态测量的要求；IEC 6227—200 中 7.3“主回路电阻测量”为 IEC 60694 不适用，本标准将其修改为“按 DL/T 593—2006 中 7.3 的规定”，并明确规定出厂产品为典型功能单元和非典型功能单元时应如何确定其出厂试验电阻的限值；将 IEC 62271—200 中 7.104 中的“如果制造厂和用户之间达成协议”的内容取消；

——设计和结构选择：在 8.2 条中增加了不宜选用分体式真空断路器的内容；

——为了便于使用，将 IEC 60932：1988《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，并增加了附录 D《根据短时持续电流的热效应计算裸导体横截面的方法》，将 IEC 62271—200 的附录 C 改为附录 E。

本标准与 DL/T 404—1997 的主要差异：

——DL/T 404—1997 虽然全面引用了 IEC 298 的内容，但是没有一致性程度的要求，本次修订完全按照 IEC 62271—200：2003 第 1 版的章节编排顺序编写，在某些内容上根据我国电力系统的实际运行要求进行了补充，因此本标准与 IEC 62271—200 的一致性程度为修改采用。

——适用范围：

- a) DL/T 404—1997 只适用于户内且不适用于充气设备，本标准适用于户内和户外设备，并适用于充有绝缘和/或开断用流体的设备，充气隔室的设计压力不超过 0.3MPa（相对压力）；
- b) 本标准将金属封闭开关设备和控制设备的分类方法由从结构上进行分类改为按维修时是否丧失“运行”连续性进行分类。

——术语和定义：

- a) 将术语高压开关柜修改为“金属封闭开关设备和控制设备”，标准名称修改为“3.6kV~40.5kV 金属封闭开关设备和控制设备”，同时删除了“半封闭式高压开关柜”和“绝缘封闭式高压开关柜”；
- b) 增加了“丧失运行连续性类别”术语和具体的分类；
- c) 增加了隔室类别和具体分类；
- d) 增加了“隔板的等级”术语和具体分类；
- e) 增加了“内部电弧级开关设备和控制设备（IAC）”术语。

——额定值：

- a) 删除了 DL/T 404—1997 中“额定转移电流和额定交接电流”和“气动机构的额定压力（表压）”；
- b) 增加了“绝缘和/或操作用压缩气源的额定压力”和“额定充入水平（充流体隔室）”。

——设计和结构：

- a) 将 DL/T 404—1997 “一般技术要求”一章取消，有关要求并入“设计和结构”中；
- b) 删除了 DL/T 404—1997 中“断路器、负荷开关及接触器”、“互感器”、“所用变压器”、“隔离开关和接地开关”、“测量仪表、继电保护装置及辅助回路”等条文；
- c) 增加了“气体和真空的密封”、“液体的密封”、“易燃性”、“电磁兼容性”、“X 射线的辐射”和“腐蚀”等内容。

——型式试验：

- a) 按照 DL/T 593—2006 的规定，本标准增加了“试验分组”、“确认试品用的资料”和“型式试验报告包括的内容”；
- b) 取消了 DL/T 404—1997 中的“操作振动试验”、对真空断路器和负荷开关的“电寿命试验”、“机械试验”中的“机械寿命试验”，以及断路器的异相接地和 10%、30%、60% 的短路开断试验；

c) 增加了“验证充气隔室强度的试验”、“电磁兼容性试验”、“电缆试验回路的绝缘试验”、“绝缘试验”中的“作为状态检查的绝缘试验”、“辅助和控制回路的附加试验”，修改了“绝缘试验”中冲击试验“通过试验的判据”；

d) 明确规定了装有断路器、接地开关、负荷开关、负荷开关—熔断器、高压交流接触器和基于接触器的电动机起动器等设备的产品应进行的“关合和开断能力的验证”试验项目。

——出厂试验：

增加了“充气隔室的压力试验”和“现场安装后的试验”。

本标准应与 DL/T 593—2006 一起使用，本标准的章节与 DL/T 593—2006 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/T 404—1997。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 为规范性附录，附录 E 为资料性附录。

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标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院高压开关研究所。

本标准参加起草单位：西安高压电器研究所、华东电网公司、华北电网公司、辽宁电力公司、河南电力公司、上海电力公司、武汉供电公司、中国电力工程顾问集团公司、北京北开电气股份有限公司、天水长城开关厂、上海德力西集团有限公司、华仪电器集团公司、汕头正超电气有限公司、福州天一同益电气有限公司、福州天宇电气股份有限公司、北京电研华源电力技术有限公司、四川电器有限责任公司、西安西电高压开关有限责任公司、沈阳高压电器产品检测有限公司。

本标准主要起草人：崔景春、袁大陆、王承玉。

本标准参加起草人：王学军、宋杲、田恩文、颜利萍、刘兆林、孙云生、崔文军、彭江、姚明、靖晓平、朗润华、乔众、马炳烈、胡亮、祝存春、陈一卫、郑择中、徐东晟、张重乐、肖勇、唐安莉、杨英杰。

本标准于 1991 年 3 月 6 日首次发布，1997 年进行第一次修订，2007 年进行第二次修订。

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。

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 2：设备的安全性质取决于产品的设计、使用、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，本标准只适用于设计压力不超过 0.3MPa（相对压力）的充气隔室。

注 3：设计压力超过 0.3MPa（相对压力）的充气隔室应按 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 4：具有绝缘外壳的开关设备和控制设备应符合 IEC 60466 的规定。

注 5：额定电压 40.5kV 以上的空气绝缘金属封闭开关设备和控制设备，如果满足 DL/T 593 规定的绝缘水平，本标准适用。

1.2 规范性引用文件

下列文件中的一些条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后的所有修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，但是，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 1408.1	固体绝缘材料电气强度试验方法 工频下的试验 (eqv IEC 60243—1: 1988)
GB 1984—2003	高压交流断路器 (IEC 62271—100: 2001 MOD)
GB 1985	高压交流隔离开关和接地开关 (IEC 62271—102: 2002 MOD)
GB/T 2900.20	电工术语 高压开关设备 [neq IEC 60050 (441)、IEC 60056 等]
GB 3804	3.6kV~40.5kV 高压交流负荷开关 (IEC 60265—1: 1998 MOD)
GB/T 4208	外壳防护等级 (IP 代码) (eqv IEC 60529: 1989)
GB/T 7354	局部放电测量 (IEC 60270: 2000 IDT)
GB/T 8905	六氟化硫电器设备中气体管理和检验导则 (neq IEC 60480: 1974)
GB/T 11022	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求 (eqv IEC 60694: 1996)
GB/T 14808—2001	高压交流接触器和基于接触器的电动机起动器 (eqv IEC 60070: 1999)
GB 16926	交流高压负荷开关—熔断器组合电器 (eqv IEC 60420: 1990)
GB/T 16927.1—1997	高电压试验技术 第一部分 一般试验要求 (eqv IEC 60060—1: 1989)
DL/T 593—2006	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求 (IEC 60694: 2002 MOD)

IEC 60466: 1987	1kV~38kV 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—2006 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的。

3 术语和定义

GB/T 2900.20 和 GB/T 11022、DL/T 593 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接、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。

3.103

功能单元 (总装的) functional unit (of an assembly)

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 multi-tier

两个或多个功能单元垂直布置在一个外壳内。

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, 它能够规定防护等级, 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

隔室 compartment

金属封闭开关设备和控制设备的一部分, 除内部连接、控制或通风而必须开孔外, 其余均封闭。隔室分为四种类型, 三种可以打开, 称为可触及隔室 (见 3.107.1~3.107.3), 一种不能打开, 称为不可触及隔室 (见 3.107.4)。

注: 隔室可以按内部安装的主要元件进一步划分, 见 5.103.1。

3.107.1

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

内部装有高压部件, 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隔室。

注: 安装、扩展和修理等不是正常的维护。

3.107.2

程序控制的可触及隔室 procedure-based accessible compartment

内部装有高压部件；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

内部装有高压部件，可以打开，但不是为了进行正常操作和维护，需要专用程序和工具才能打开的隔室。

3.107.4

不可触及隔室 unaccessible compartment

内部装有高压部件而不可以打开的隔室，若打开将会破坏隔室的完整性。隔室应有不可打开的明显标志。

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。

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：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。

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的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（总装的） main circuit (of an assembly)

金属封闭开关设备和控制设备中传送电能的回路中的所有导电部分。

3.115

接地回路 earthing circuit

每个接地装置或接地点到设备用于与外部接地系统相连接的端子之间的连接。

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（非主回路）的所有导电部分。

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

限制隔室内部压力的装置。

3.118

充流体隔室 fluid-filled compartment

金属封闭开关设备和控制设备的一种隔室，其内充有用于绝缘的流体，流体是液体或是有别于大气中空气的气体。

3.118.1

充气隔室 gas-filled compartment

见 DL/T 593—2006 的 3.6.5.1。

3.118.2

充液体隔室 liquid-filled compartment

金属封闭开关设备和控制设备的一种隔室，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。

压力系统见 DL/T 593—2006 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和接地。

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)

根据主回路隔室打开时其他隔室和/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 8.2.3）。

注 2：LSC 分类不规定开关设备和控制设备的可靠性级别（见 8.2.3）。

3.131.1

LSC2 类开关设备和控制设备 category LSC2 switchgear and controlgear

具有可触及隔室的金属封闭开关设备和控制设备，但单母线开关设备和控制设备的母线隔室除外。

此类设备打开功能单元的任一可触及隔室时所有其他功能单元仍可继续带电正常运行。只有一种情况例外，即打开单母线开关设备和控制设备的母线隔室时不能连续运行。

此类设备又可以划分为两类：

LSC2B：打开功能单元的其他可触及隔室，该功能单元的电缆隔室仍然可以带电的 LSC2 类金属封闭开关设备和控制设备。

LSC2A：除 LSC2B 外的 LSC2 类金属封闭开关设备和控制设备。

3.131.2

LSC1 类开关设备和控制设备 category LSC1 switchgear and controlgear

除 LSC2 类外的金属封闭开关设备和控制设备。

3.132

内部电弧级开关设备和控制设备 (IAC) **internal arc classified switchgear and controlgear (IAC)**
经试验验证满足在内部电弧情况下能保护人体规定要求的金属封闭开关设备和控制设备。

注：其他内容参考附录 A。

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，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”。

4 额定值

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)，如果适用；
- f) 额定峰值耐受电流（主回路和接地回路的）(I_p)，如果适用；
- g) 额定短路持续时间（主回路和接地回路的）(t_k)，如果适用；
- h) 金属封闭开关设备和控制设备中各元件（包括它们的操动装置和辅助设备）的额定值；
- i) 额定充入水平（充流体隔室的）。

4.1 额定电压 (U_r)

按 DL/T 593—2006 中 4.1 和 4.1.1 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。

4.2 额定绝缘水平

按 DL/T 593—2006 中 4.2 的规定。

4.3 额定频率 (f_r)

按 DL/T 593—2006 中 4.3 的规定。

4.4 额定电流和温升

4.4.1 额定电流 (I_r)

按 DL/T 593—2006 中 4.4.1 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。

4.4.2 温升

按 DL/T 593—2006 中 4.4.2 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 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 30K。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 10K。

4.5 额定短时耐受电流 (I_k)

按 DL/T 593—2006 中 4.5 的规定，并作如下补充：

对接地回路也应规定额定短时耐受电流，其值可以与主回路不同。

4.6 额定峰值耐受电流 (I_p)

按 DL/T 593—2006 中 4.6 的规定，并作如下补充：

对接地回路也应规定额定峰值耐受电流，其值可以与主回路不同。

注：原则上，主回路的额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流不能超过串联于主回路中最薄弱元件的相应额定值，

但每个回路或隔室都可以采用限制短路电流的元件，如限流熔断器、电抗器等。

4.7 额定短路持续时间 (t_k)

按 DL/T 593—2006 中 4.7 的规定为 4s，并作如下补充：

对装用负荷开关的金属封闭开关设备也可以选用 2s 的额定短路持续时间。

对接地回路也应规定额定短路持续时间，其值应与主回路相同。

4.8 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压 (U_d)

按 DL/T 593—2006 中 4.8 的规定。

4.9 合闸和分闸装置及其辅助回路的额定电源频率

按 DL/T 593—2006 中 4.9 的规定。

4.10 可控压力系统压缩气源的额定压力

按 DL/T 593—2006 中 4.10 的规定。

4.11 绝缘和/或作用气体或液体的额定充入水平

制造厂规定的在投运前充入隔室的充气压力 [相对于 20℃ 和 101.3kPa 大气条件，用 MPa (相对压力) 或密度表示] 或充入液体的质量。

5 设计和结构

金属封闭开关设备和控制设备的设计应该使其能安全地进行运行、检查、维护、操作，并能安全地进行相序的核对、连接电缆的接地检查、电缆故障的定位、连接电缆或其他装置的电压试验，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可以互换时，则安装相同的或者较高额定电流和额定绝缘水平的可移开部件和元件应该能够替代相同的或者较低的额定电流和额定绝缘水平的可移开部件和元件，但一般不适用于限流装置。

注：装配较高额定值的可移开部件或元件并不一定提高功能单元的能力，或者意味着功能单元能够在可移开部件或元件的额定值下运行。

装在外壳内的各种元件均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的短路电流值。

5.1 对开关设备和控制设备中液体的要求

按 DL/T 593—2006 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—2006 中 5.2 的规定，并作如下补充：

应该用符合 GB/T 8905 规定的 SF₆ 气体。

注：六氟化硫的处理应按 IEC 61634 的规定。

5.3 接地

接地回路的短时耐受电流值取决于使用设备的系统的中性点接地方式。对于中性点直接接地系统，接地回路的短时耐受电流最大值可达到主回路的额定短时耐受电流值；对于中性点非直接接地系统，接地回路的短时耐受电流最大值可达到主回路的额定短时耐受电流的 87%（异相接地故障情况下）。

接地回路一般应设计为至少能耐受一次短时耐受电流最大值的作用。

5.3.1 主回路的接地

为了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。

5.3.2 外壳的接地

按 DL/T 593—2006 中 5.3 的规定，并作如下补充：

安装工作完成时，应通过接地导体将各个运输单元相互连接成一体，此接地导体应能承受接地回路的额定短时和峰值耐受电流。

注 1：一般情况下，如果延伸至金属封闭开关设备和控制设备全部长度的接地导体具有足够的截面积，则认为可以满足上述要求。

接地导体应采用铜质导体，在规定的接地故障条件下，当额定短路持续时间为 4s 时，其电流密度不应超过 110A/mm²，但最小截面积不应小于 30mm²。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按附录 D。

每个功能单元的外壳均应连接到接地导体上。固定在外壳上的小部件，只要直径不大于 12.5mm 就不用连接到接地导体上，例如：螺母。除主回路和辅助回路之外的所有要接地的金属部件应直接或通过金属构件与接地导体相连接。

功能单元内部的相互连接，如框架、盖板、门、隔板和其他构件之间的连接，应采用某种工艺以保证它们之间的电气连续性（例如用螺栓或焊接来固定）。高压隔室的门应采用适当的方法与框架相连接。

注 3：外壳和门见 5.102。

5.3.3 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。

5.3.4 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，在静触头和主回路的可移开部件接触之前应接地。

如果可抽出部件或可移开部件包括将主回路接地的其他接地装置，则认为处于工作位置的接地连接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）。

5.4 辅助设备和控制设备

按 DL/T 593—2006 中 5.4 的规定。

5.5 动力操作

按 DL/T 593—2006 中 5.5 的规定。

5.6 储能操作

按 DL/T 593—2006 中 5.6 的规定。

5.7 不依赖人力的操作

按 DL/T 593—2006 中 5.7 的规定。

5.8 脱扣器的操作

按 DL/T 593—2006 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—2006 中 5.9 的规定。

5.10 铭牌

按 DL/T 593—2006 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。铭牌上的参数应包括表 1 规定的内容：

表 1 铭牌参数

项 目	缩写	单位	a	条件：仅当需要时才标注	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
制造厂			×		
型号			×		
出厂编号			×		
制造年月			×		
适用的标准			×		
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	×		
额定电流	主母线	I_r	A	×	
	分支母线			×	
	电流互感器			×	
(主回路和接地回路的) 额定短时耐受电流	I_k	kA	×		
(主回路和接地回路的) 额定峰值耐受电流	I_p	kA	Y	不是额定短时耐受电流的 2.5 倍时	
(主回路和接地回路的) 额定短路持续时间	t_k	s	×		
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	(×)		
内部电弧等级	IAC		(×)		
可触及的种类 (代码)		A (F, L, R) B (F, L, R) C	(×)		
电弧试验的电流		kA	(×)		
电弧试验电流的持续时间		s	(×)		
a: ×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。					
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。					

运行时，各功能单元的铭牌应清晰可见。如有可移开部件，应有标明其功能单元相关数据的单独铭牌，但只要求在移开位置时能看清即可。

5.11 联锁装置

按 DL/T 593—2006 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。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。

断路器、负荷开关或接触器只有在分闸位置时可移开部件才能抽出或插入。

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（GB 1985）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，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。

接地开关与相关的隔离开关之间应装设联锁。

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装置，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他方法，并规定其操作程序。

5.12 位置指示

按 DL/T 593—2006 中 5.12 的规定。

5.13 外壳的防护等级

按 DL/T 593—2006 中 5.13 的规定。

5.14 爬电距离

按 DL/T 593—2006 中 5.14.2 的规定，金属封闭开关设备内外绝缘件的最小标称爬电比距为： $l_1 \geq 18\text{mm/kV}$ （瓷质）、 $l_1 \geq 20\text{mm/kV}$ （有机）。

5.15 气体和真空的密封

按 DL/T 593—2006 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—2006 中 5.16 的规定，并应满足本标准 5.103.2.3 的规定。

5.17 易燃性

按 DL/T 593—2006 中 5.17 的规定。

5.18 电磁兼容性 (EMC)

按 DL/T 593—2006 中 5.18 的规定。

5.19 X 射线的辐射

按 DL/T 593—2006 中 5.19 的规定。

5.20 腐蚀

按 DL/T 593—2006 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气排出。

5.101 内部故障

按照本标准要求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。

用户应该根据电网的特性、运行规程和使用条件（见 8.3）选择适当的开关设备。

如果开关设备能够按照制造厂的说明书进行安装、运行和维护，则在其整个使用期间内出现内部电弧的概率是很小的，但也不能完全忽视。

因产品的缺陷、异常的使用条件或误操作而引发的外壳内部的故障可能会导致内部电弧，如果现场有运行人员可能会造成人身伤害。

经验表明，故障可能会发生在外壳内的某些位置。第 8 章的表 3 列出了容易发生内部故障的部位、故障起因和减小内部故障概率的措施。

可以采取其他措施对运行人员在内部电弧情况下提供尽可能安全的保护，这些措施的目的是限制内部故障的对外影响。例如以下措施：

- 使用光传感器、压力传感器、热传感器或母线差动保护快速切除故障，缩短故障时间；
- 选用适当的熔断器与开关装置组合，以限制允通电流和故障持续时间；
- 利用快速感应、快速合闸装置（灭弧器）将电弧快速转移到金属短接回路以快速限制电弧；
- 遥控；
- 压力释放装置；
- 只在前门关闭时才能将可抽出部件从工作位置移到其他位置或由其他位置移到工作位置。

用附录 A 的试验可检验设备在内部电弧情况下对人员提供规定的防护等级的设计效果。通过试验验证的设计为 IAC 级。

5.102 外壳

5.102.1 总则

除应符合 5.102.4 的观察窗外，外壳应该是金属材料的。如果用金属隔板或活门将高压部件屏蔽，外壳也可以是绝缘材料的。金属封闭开关设备和控制设备的外壳至少要满足 DL/T 593—2006 中表 7 的 IP3X 的防护等级，同时还应保证其防护符合下述条件：

外壳的金属部件到提供的接地点之间通过 30A (DC) 电流时，其压降不得超过 3V。

地板表面，即使不是金属的，也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。

安装房屋的墙壁不能作为外壳的一部分。

确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他设备，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,应清晰地给予标示。

5.102.2 盖板和门

作为外壳一部分的盖板和门应该是金属的,如果高压部件被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) 依靠工具时可触及隔室的盖板或门。

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) 由联锁控制的可触及隔室或由程序控制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。

——程序控制的可触及隔室:

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。

5.102.3 作为外壳一部分的隔板或活门

如果可移开部件处于接地位置、试验位置、隔离位置或移开位置中的任一位置时,其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。

注 1: 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。

注 2: 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。

主回路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—2006 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,可以使用网状编织物或类似材料制成,但应具有足够的机械强度。

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 隔室

5.103.1 概述

隔室应以其中的主要元件命名,例如,断路器隔室、母线隔室、电缆隔室等。当电缆终端和其他主

要元件——断路器、母线等在同一隔室时，其命名应首先考虑其他主要元件。

注：隔室可以根据所封闭的几个元件进一步划分，如电缆/TA隔室。

隔室可以是各种形式的，例如：

- 充液隔室；
- 充气隔室；
- 固体绝缘隔室。

单独嵌入在固体绝缘材料中的主要元件，只要满足 IEC 60466 中规定的条件就可以被看成是隔室。

隔室之间相互连接所需的开孔应采用套管或其他等效方法加以封闭。

母线隔室可以延伸到几个功能单元而不采用套管或其他等效方法加以封闭。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，例如，双母线系统中以及可开合或隔离的母线段。对于以空气为绝缘介质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。

电缆室的空间和安装位置应便于安装、试验和维修。

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、稳定和无腐蚀性的惰性气体，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—2006 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指当周围空气温度为上限时，由于流过额定工作电流而使流体的温度升高到的温度。对于户外设计应考虑其他可能的影响，如太阳的辐射。

外壳的设计压力应不低于外壳的温度为设计温度时，其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—2006 的 5.15 和 5.16）。

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。

最低功能水平超过 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自爆装置（如防爆膜）或者是隔室设计的薄弱部分。

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—2006 中表 7 规定的 IP2X。

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）。

应使用套管或其他等效方法，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窗口（通过开口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 规定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，应用可靠的指示装置或者通过观察窗来确定活门的状态。

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关闭位置。如果维护或试验时，为了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 30A（DC）电流时到预定接地点的电压降不超过 3V。

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) 主回路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—2006 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) 主回路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隔离装置应符合 GB 1985 的规定。

应能判定隔离开关或接地开关的运行位置，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。

注：参见 GB 1985。

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的分开。

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等级。例如，可以通过只有在用于保护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他措施。所用设计的有效性应由试验验证（见 A.1）。

5.105 电缆绝缘试验的规定

绝缘试验时，如果电缆不能与金属封闭开关设备和控制设备断开，则那些仍然与电缆连接的部件，应能按照相关的电缆标准要求，耐受制造厂规定的电缆的试验电压。试验时隔离断口一侧带有运行系统的对地电压，在隔离断口另一侧的连接电缆上进行试验。

参照 6.2.101 规定的绝缘试验。

注：应注意这样一个事实：在某些情况下，金属封闭开关设备和控制设备的隔离断口的一侧施加电缆试验电压而另一侧仍然带电时，隔离断口之间的实际电压已经接近或超过其额定工频试验电压，断口之间的绝缘已没有安全裕度。

5.106 对最小空气间隙的要求

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 2 所述要求。

表 2 以空气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
相间和相对地 mm	75	100	125	180	300
带电体至门 mm	105	130	155	210	330

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下述要求：

对 3.6kV、7.2kV 和 12kV 设备应不小于 30mm；

对 24kV 设备应不小于 45mm；

对 40.5kV 设备应不小于 60mm。

以空气或以空气—绝缘材料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—2006 中 6.2.8 的要求进行凝露试验。只要能够通过凝露试验，最小空气间隙可以适当小于上述规定的距离。

6 型式试验

6.1 概述

应符合 DL/T 593—2006 中第 6 章的规定，并作如下补充。

装用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 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内所用元件的类型、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功能单元上进行，任一具体方案的性能可以引用类似方案的试验数据。

注：典型功能单元可以采用一种可扩展式单元，然而这可能需要将两个或三个这样的单元用螺栓连接在一起。

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（见 6.2）；
- b) 检验设备各部件温升的试验和回路电阻的测量（见 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 (见 6.6);
- d) 检验所装用的开关装置的关合和开断能力的试验 (见 6.101);
- e) 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 (见 6.102);
- f) 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 (见 6.7)。

适用时强制性的型式试验:

- g) 验证防止人员触及危险电气效应的防护试验 (见 6.104);
- h) 验证充气隔室强度的试验 (见 6.103);
- i) 充气 and 充液隔室的密封试验和气体状态测量 (见 6.8);
- j) 评估内部电弧效应的试验 (只对 IAC 级开关设备和控制设备) (见 6.106);
- k) 电磁兼容性试验 (EMC) (见 6.9);
- l) 验证设备对气候引起的外部效应的防护试验 (见 6.105);
- m) 验证设备对机械撞击的防护试验 (见 6.7);
- n) 通过测量局部放电评估设备绝缘的试验 (见 6.2.9);
- o) 人工污秽试验和凝露试验 (见 6.2.8);
- p) 电缆试验回路的绝缘试验 (见 6.2.101)。

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在运行中使用。

6.1.1 试验的分组

按 DL/T 593—2006 中 6.1 的规定, 并作如下修改:

除项 j) 和项 k) 外, 强制性试验最多可在四台试品上完成。

6.1.2 确认试品用的资料

按 DL/T 593—2006 中 6.1.2 的规定。

6.1.3 型式试验报告包括的资料

按 DL/T 593—2006 中 6.1.3 的规定。

6.2 绝缘试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2 的规定。

6.2.1 试验时周围的大气条件

按 DL/T 593—2006 中 6.2.1 的规定。

6.2.2 湿试验程序

DL/T 593—2006 中 6.2.2 不适用, 金属封闭开关设备和控制设备不需要在湿状态下进行绝缘试验。

6.2.3 绝缘试验时开关设备和控制设备的状态

按 DL/T 593—2006 中 6.2.3 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。

6.2.4 通过试验的判据

按 DL/T 593—2006 中 6.2.4 的规定, 并作如下修改:

——项 a) 中涉及湿试的部分不适用;

——项 b) 中的内容适用。

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。

6.2.5 试验电压的施加和试验条件

DL/T 593—2006 的 6.2.5 不适用。

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

a) 对地和相间:

试验电压按 6.2.6 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,主回路的其他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。

如果各相导体是分开的,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 100cm^2 。如果不能确定最不利的位置,试验应在不同的位置上重复进行。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 6.2.6 所规定的试验电压,并按 DL/T 593—2006 中 6.2.5.2 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。

如果在移开位置,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。

如果在移开位置,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置;如果开关装置在隔离位置不能合闸,则应使可抽出部件处于试验位置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 项 3c) 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。

6.2.6 金属封闭开关设备和控制设备的试验

试验时的试验电压应符合 DL/T 593—2006 中表 1 的规定,对地和相间的试验电压从栏(2)和栏(4)中选取,隔离断口间的试验电压从栏(3)和栏(5)中选取。

6.2.6.1 工频电压试验

金属封闭开关设备和控制设备应按照 GB/T 16927.1 的规定进行短时工频耐受电压试验。对每种试验条件,试验电压应升至试验值并保持 1min。

只进行工频电压干试验。

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。

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。但如按 6.2.5 中项 b) 进行试验时,电源的中性点或另一中间抽头应与外壳相连并接地,以使在任一带电部

分和外壳之间的电压不会超过 6.2.5 中项 a) 规定的试验电压。如果此种连接不可行，经制造厂同意，试验变压器的一端可以接地，必要时外壳应与地绝缘。

6.2.6.2 雷电冲击电压试验

金属封闭开关设备和控制设备只进行干状态下的雷电冲击电压试验。试验应按 GB/T 16927.1 程序 B 的规定施加 1.2/50 μ s 的标准雷电冲击波，对每种试验条件在每种极性下，连续施加 15 次额定雷电冲击耐受电压。

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，小变比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 6.2.5 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 6.2.5 中项 a) 规定的试验电压。

6.2.7 额定电压 252kV 以上开关设备和控制设备的试验

本标准不适用。

6.2.8 人工污秽试验和凝露试验

就凝露和污秽而言，当金属封闭开关设备和控制设备的使用条件超过本标准规定的正常使用条件时，应按本标准的附录 C 进行附加试验。

金属封闭开关设备和控制设备及其装用的各种元件均应进行凝露试验，试验方法见 DL/T 593—2006 的附录 H，试验时加热驱潮装置应切断电源。

6.2.9 局部放电试验

按附录 B 的规定，并作如下补充：

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：当成套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成套装置中的布置。

注 2：试验可以在成套设备上或分装上进行，注意，测量不要受外界局部放电的干扰。

6.2.10 辅助和控制回路的绝缘试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2.10 的规定。

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，限压装置应断开。

6.2.11 作为状态检查的电压试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2.11 的规定。

6.2.101 电缆试验回路的绝缘试验

为了在开关设备和控制设备运行时能够进行电缆的绝缘试验（见 5.105），应进行附加的工频耐受电压试验，以确认相关的隔离断口在另一端仍然带电时其耐受电缆试验电压的能力。

试验电压值应按照制造厂和用户之间的协议。

注：协议的试验电压值的选取应该保证：当金属封闭开关设备和控制设备的隔离断口的一侧施加电缆的直流试验电压，而另一侧仍然带有正常运行电压时，隔离断口之间出现的电压和隔离断口的额定工频试验电压应有一个安全系数。

6.3 无线电干扰电压（r、i、v）试验

本标准不适用。

6.4 回路电阻的测量

6.4.1 主回路

按 DL/T 593—2006 中 6.4.1 的规定，并作如下补充：

金属封闭开关设备和控制设备主回路两端之间的电阻值表示电流通路是否在正常状态，该电阻测量值供出厂试验参考（见 7.3）。

6.4.2 辅助回路

按 DL/T 593—2006 中 6.4.2 的规定。

6.5 温升试验

按 DL/T 593—2006 中 6.5 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。具备代表性的功能单元应按正常使用条件安装，包括所有正规的外壳、隔板、活门等，试验时应将盖板和门关闭。

应在规定的相数下，通以 1.1 倍的额定电流进行温升试验，电流应从母线的一端流向与电缆连接的末端。

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他的主要功能元件，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。

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—2006 中 6.5.1 的规定。

6.5.2 设备的布置

按 DL/T 593—2006 中 6.5.2 的规定。

6.5.3 温度和温升的测量

按 DL/T 593—2006 中 6.5.3 的规定。

6.5.4 周围空气温度

按 DL/T 593—2006 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—2006 中 6.5.5 的规定。

6.5.6 温升试验的解释

按 DL/T 593—2006 中 6.5.6 的规定。

6.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

按 DL/T 593—2006 中 6.6 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）与主回路相连接的短线可以认为不是主回路的一部分。

短时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，也可以用其他的试验电压值。

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和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。

接地装置的短路电流试验应使用额定相数，为了验证接地装置和接地点之间的连接回路的性能，需进一步进行单相试验。

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，应从该接地连接到规定的接地点间通以直流 30A 电流来验证，电压降不应超过 3V。

6.6.1 开关设备和控制设备及其试验回路的布置

按 DL/T 593—2006 中 6.6.1 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。包含有双母线系统和/或多层设计的开关设备和控制设备，应在开关装置处于最不利的位置上进行试验。

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。

6.6.2 试验电流和持续时间

按 DL/T 593—2006 中 6.6.2 的规定。

6.6.3 试验中开关设备和控制设备的表现

按 DL/T 593—2006 中 6.6.3 的规定。

6.6.4 试验后开关设备和控制设备的状态

按 DL/T 593—2006 中 6.6.4 的规定。

6.7 防护等级检验

6.7.1 IP 代码的检验

按 DL/T 593—2006 中 6.7.1 的规定，并作如下补充：

金属封闭开关设备和控制设备的外壳及其隔板和活门所提供的防护等级最低为 GB/T 4208 中的 IP3X。更高的防护等级可按 GB/T 4208 中的规定。

6.7.2 IK 代码的检验

按 DL/T 593—2006 中 6.7.2 的规定。

6.8 密封试验

按 DL/T 593—2006 中 6.8 的规定。

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—2006 中 6.9 的规定。

6.10 辅助和控制回路的附加试验

按 DL/T 593—2006 中 6.10.1、6.10.2 和 6.10.4 到 6.10.7 的规定。

6.10.3 接地金属部件的电气连续性试验

DL/T 593—2006 中 6.10.3 不适用。

如果证明设计是合理的,一般可以不进行此项试验。但是,如果有怀疑,可在外壳的金属部件和/或金属隔板和活门以及它们的金属部件至接地点之间通以直流电流 30A,压降不应超过 3V。

6.11 真空开断装置 X 射线试验程序

DL/T 593—2006 中的 6.11 不适用。

6.101 关合和开断能力的验证

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,即应在装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更为严酷的金属封闭开关设备和控制设备中进行过试验,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。

当多层设计的各层隔室不相同但又采用相同的开关装置时,应按相关标准的相应要求在每一层隔室重复进行下述试验或试验方式。

如果开关装置已经按照它们的相关标准在金属封闭开关设备的外壳内进行了短路性能试验,可不再进行试验。

由单层或多层结构以及双母线系统组合而成的开关设备和控制设备,为了覆盖运行中可能出现的各种情况,对用来验证其额定关合和开断能力的试验程序需要特殊考虑。

如果不可能覆盖开关装置所有可能的布置和设计,试验应按照下述试验程序,根据开关装置的具体特性和位置正确地确定试验组合。

- a) 应在开关装置中的一个典型隔室内完成全部的关合和开断电流试验系列。如果其他隔室的结构与其类似,且所有开关装置完全相同,则上述试验对这些隔室也有效。
- b) 如果隔室结构不相似,但采用的开关装置完全相同,则应根据相关标准的要求,在其他每一个隔室中重复进行下述试验或试验方式:
 - GB 1984 的试验方式 T100s、T100a 和临界电流试验(如果有),适用时,还应考虑该标准中 6.103.4 对试验连接布置的要求;
 - GB 1985 的 E1 或 E2 级短路关合操作(适用时);
 - GB 3804 的试验方式 1, 10 次 CO 操作 100% 负荷开断电流,根据 E1、E2、E3 级进行试验方式 5 的试验(适用时),除非该负荷开关没有短路关合能力;
 - GB 16926 的试验方式 TDI_{sc} (额定短路开断电流的关合和开断试验)、 $TDI_{W_{max}}$ (最大 I^2t 时的关合和开断试验)、 $TDI_{transfer}$ (额定转移电流的开断试验);
 - 按照 GB/T 14808 中 6.106 对 SCPD (短路保护装置) 进行配合的验证。
- c) 如果隔室的设计是采用多种类型或结构的开关装置,对每一种情况均应按照上述项 a) 以及项 b) (适用时) 中的要求进行全部试验。

6.102 机械试验

6.102.1 开关装置和可移开部件

开关装置应按相关技术要求操作 50 次,可抽出部件插入、抽出各 50 次,可移开部件还应推入和移

开各 25 次，以验证其操作性能是否符合要求。开关装置中的断路器，在进行 50 次操作试验时，应按 GB 1984 中 6.101.1.1 的要求记录其机械行程特性和动作时间，其结果应符合产品的技术要求。

可抽出和/或可移开部件应进行 1000 次抽出和插入的机械寿命试验，试验应符合 GB 1985 的规定。

6.102.2 联锁

在联锁装置处于可防止开关装置操作和可移开部件插入或抽出的位置时，对开关装置进行 50 次试验操作、对可移开部件进行各 25 次的推入和移开试验操作。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。对手动操作装置，应使用正规的操作手柄进行试验。

如果满足下列条件，则认为联锁通过了试验：

- a) 开关装置在闭锁状态下不能操作；
- b) 能够防止可移开部件在闭锁状态下插入或抽出；
- c) 开关装置、可抽出部件、可移开部件和联锁装置工作状况正常，试验前后的操作力基本相同。

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：由于有压力释放装置或在隔室壁上设有专门的压力释放截面，隔室可能耐压不到 3 倍的设计压力。

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。

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，其值应符合产品的技术条件。

6.104 非金属隔板和活门的试验

本规定仅适用于为了防止（直接或间接）接触带电部件的隔板和活门。如果这些隔板上装有套管，试验应在适当的条件下进行，即套管的一次部分应断开并接地。

全部或部分由绝缘材料制成的非金属隔板和活门应按下述规定进行试验。

6.104.1 绝缘试验

- a) 主回路带电部件与绝缘隔板和活门的可触及表面之间的绝缘应能耐受 DL/T 593—2006 中 4.2 规定的对地和极间试验电压，试验方法见 6.2.5 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或活门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置上，应覆盖一层面积不小于 100cm² 且接地的导电箔，试验方法按 6.2.5 项 a) 的规定。

6.104.2 泄漏电流的测量

为了验证金属封闭开关设备和控制设备中绝缘隔板或活门是否满足项 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—2006 中 4.2 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或活门的可触及部分，则可不进行泄漏电流测量。

6.105 防雨试验

用于户外的金属封闭开关设备和控制设备应进行防雨试验，试验方法见 DL/T 593—2006 中的附录 C。

6.106 内部电弧试验

本试验适用于在出现内部电弧时，对人员提供的防护等级被认定为 IAC 级的金属封闭开关设备和控制设备。试验应按照附录 A 的规定，在安装有代表性功能单元的主回路部件的每一种隔室内进行（见附录 A.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”。试验应在设备的额定电压下进行。

注：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他方法（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，除非要对这些装置进行试验。在这种情况下，开关设备和控制设备的隔室可以在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。

本试验包括在外壳内或元件内的空气或其他绝缘流体（液体或气体）中出现电弧而导致故障的情况，在金属封闭开关设备和控制设备的门或盖板处于正常运行条件要求的位置时，这个元件的外壳构成了金属封闭设备和控制设备外壳的一部分（见 A.1）。

试验程序还包括这一特定情况，即故障发生在金属封闭开关设备和控制设备现场安装使用的固体绝缘件上，而这个固体绝缘件不包括在预先已经过型式试验的绝缘部件之内（见 A.5.2）。

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。

7 出厂试验

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—2006 中第 7 章的规定，并增加下列出厂试验项目：

——电气、气动和液压辅助设备的试验;	7.103
——充气隔室的压力试验(如果适用)和气体状态测量;	7.102
——局部放电测量(按制造厂和用户的协议);	7.101
——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)。

7.1 主回路的绝缘试验

按 DL/T 593—2006 中 7.1 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—2006 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,同时其他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他方法)。

对于充气隔室,试验时应充以制造厂规定的额定功能压力(密度)。

7.2 辅助和控制回路的试验

按 DL/T 593—2006 中 7.2 的规定。

7.3 主回路电阻测量

按 DL/T 593—2006 中 7.3 的规定。应测量主回路每一相的直流压降或电阻,测量条件应尽可能与相应的型式试验时的条件一致。对于与型式试验所用典型功能单元相同的产品,其出厂试验电阻值的限值为 $1.2R_u$ (R_u 为型式试验时温升试验前测得的电阻值);对于与型式试验所用典型功能单元不同的产品,应根据典型功能单元 R_u 值和各元件的电阻值确定其出厂试验电阻值的限值。

7.4 密封试验

按 DL/T 593—2006 中 7.4 的规定。

7.5 设计和外观检查

按 DL/T 593—2006 中 7.5 的规定。

7.6 机械操作和机械特性试验

按 DL/T 593—2006 中 7.6 的规定,并作如下补充:

金属封闭开关设备和控制设备的机械操作试验和机械特性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。

试验时主回路不带电,应对开关装置在其操作装置规定的操作电源电压和压力极限范围内的分、合动作的正确性进行验证,并测量其机械特性参数和特性曲线。

每一个开关装置和可移开的部件应按本标准 6.102 的规定进行试验,每种操作均为 5 次。

7.101 局部放电测量

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以及充流体的隔室。

试验程序按附录 B 的规定。

7.102 充气隔室的压力试验和气体状态测量

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。充气压力 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。

应测量充气隔室充气后的气体状态,如水分含量等,其结果应符合产品的技术要求。

7.103 电动、气动和液压装置的辅助装置的试验

电动、气动和其他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 7.1 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 7.1 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 7.1 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 7.4 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

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。和 DL/T 404—1997 以及其他现实情况相比较，本标准有关分类变化的说明见附录 E。

这些要求应考虑到适用的法规和用户的安全规程。

表 4 给出了选用开关设备和控制设备应考虑的主要内容。

8.1 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。

额定值的选择应符合本标准的规定，并考虑到系统的特点及其未来发展。额定值的清单已在第 4 章中给出。

还应考虑其他参数，例如，当地的大气和气候条件，以及在海拔超过 1000m 时的使用。

应计算出金属封闭开关设备和控制设备在系统安装地点的故障电流，以确定故障引起的负荷。这方面可参考 IEC 60909—0。

8.2 设计和结构的选择

8.2.1 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，仍然需要涉及一些一次性元件，如熔断器以及需要进行临时检查和试验的电缆，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。

维修需要进入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。

8.2.2 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 10.4 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：如果用户采用了其他的维护程序，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，称为“联锁控制的可触及隔室”；
- 第二种是依赖于用户的程序和锁来保证安全，隔室提供有挂锁或等效设施，称为“程序控制的可触及隔室”；
- 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他措施来保证安全，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。

8.2.3 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运行连续性的丧失类别（LSC），规定了当打开回路的一个隔室时，其他隔室和/或功能单元可以保持带电的范围。

LSC1 类：在维护（如果需要）期间不能提供连续性运行，且在触及外壳内部之前，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隔室期间，能为电网提供最高的运行连续性。

LSC2 类还可以细分为两类：

LSC2A：当触及一个功能单元的元件时，开关设备和控制设备的其他功能单元可以继续运行。

可抽出型 LSC2A 类示例：实际上，这意味着功能单元的进线高压电缆必须不带电并接地，且回路应从母线上隔离并分开（物理上和电气上）。母线可保持带电。此处用术语分开而不用分隔是为了避免区分绝缘的隔板和活门和金属的隔板和活门（见 8.2.4）。

LSC2B：除上述运行连续性类别为 LSC2A 外的类别，在 LSC2B 类别中，功能单元可触及的高压进线电缆可以保持带电。这意味着另有一处隔离和分开，即在开关装置和电缆之间。

可抽出型 LSC2B 类示例：如果 LSC2B 类开关设备和控制设备中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，则维护这样的主开关装置时不需要使相应的连接电缆断电。因此，本例中 LSC2B 类开关设备和控制设备的每个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。在多于一组母线的场合，每组母线有一个独立的隔室。

8.2.4 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 A.1，也可见 8.3。

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。

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。

8.3 内部电弧等级的选择

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。

作为导则，表 3 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。

也可以采取其他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：

- 通过对光、压力或热敏感的探测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；
- 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。

5.102.3 考虑了处于 3.127~3.130 定义的位置时，活门为关闭状态将成为外壳的一部分的实际情况。从 3.126 移动到 3.128 定义的位置（或从 3.128 移动到 3.126）进行位置转移时不用试验。

在可抽出部件沿轨道推进和抽出过程中可能出现故障，虽然这也是一种可能，但是由于活门的关闭改变了电场，所以不必考虑此类故障。常见的故障是在推进过程中由于插头或者活门损坏变形而导致对地闪络。

确定 IAC 级开关设备和控制设备时，应考虑以下几点：

- 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。

表 3 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	内部故障可能发生的原因	预防措施举例
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

表 3 (续)

易发生内部故障的部位	内部故障可能发生的原因	预防措施举例
电缆室	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
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	用遮栏限制人员接近; 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

在内部故障方面, 如何选择开关设备, 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 A.1 中规定的正常运行条件下, IAC 级提供了经过试验检验的对人员的防护水平。这仅涉及在这些条件下的人员防护, 既不涉及维护状态下的人员防护, 也不涉及运行的连续性。

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 4。

表 4 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		
开关设备的特性		
极数		
类别——户内、户外(或特殊使用条件)	2	

表 4 (续)

资 料	本标准的条款号	适用时, 用户提出的要求
隔室的名称: 母线 主开关 电缆 电流互感器 (TA) 电压互感器 (TV) 等	3.107 (见 5.103.1)	母线隔室 主开关隔室 电缆隔室 TA 隔室 TV 隔室 电缆/TA 隔室 主开关/TA 隔室 其他隔室 (状态)
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	3.107.1 3.107.2 3.107.3 3.107.4	
隔板等级: PM 级 PI 级	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) LSC2B LSC2A LSC1	3.131.1 3.131.1 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	4.1	
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	4.2	(通用值/隔离断口) a) / b) /
额定频率 f_n	4.3	
额定电流 I_r 进线 母线 馈线	4.4	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	4.5	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	4.6	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	4.7	a) b)

表 4 (续)

资 料	本标准的条款号	适用时, 用户提出的要求
合闸和分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压 U_n a) 合闸和脱扣 b) 指示 c) 控制	4.8	a) b) c)
合闸和分闸装置以及辅助回路的额定频率	4.9	
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	
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 IP2X) 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	6.2.8	附加的凝露和污秽要求
局部放电试验	6.2.9	试验值与制造厂协商
电缆试验回路的绝缘试验	6.2.101	试验值与制造厂协商
气候防护试验	6.105	适用时, 协商
局部放电测量	7.101	试验值与制造厂协商
内部故障 IAC 开关设备/控制设备可触及性的类别 (A 和 B, 规定每一类别对应的侧面) A 仅限于授权的人员 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 和持续时间 s 表示的试验值的分级	6.106 A.2 条款 可见 A.8 条款中的例子 A.3 条款	Y/N 正面 F 侧面 L 后面 R
其他资料: 例如, 电缆试验的特殊要求		

9 应随订货单、投标书和询问单一起提供的资料

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他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 4s);
 - 10) 额定峰值耐受电流 (若不是 $2.5I_k$);
 - 11) 元件的额定值;
 - 12) 外壳和隔板的防护等级;
 - 13) 回路图;
 - 14) 金属封闭开关设备和控制设备的类型 (例如: LSC1、LSC2);
 - 15) 如果要求, 各隔室的名称和类别的描述;
 - 16) 隔板和活门的等级 (PM 或 PI);
 - 17) 适用时, IAC 级 (如果要求), 以及对应的 I_k 、 I_p 、 t 和 F、L、R、A、B、C。
- 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 3 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 4 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—2006 中第 10 章的规定。

10.1 运输、储存和安装时的条件

按 DL/T 593—2006 中 10.1 的规定。

10.2 安装

按 DL/T 593—2006 中 10.2 的规定，并在 10.2.3 的第 1 段后面新增加下面内容：

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 A.3）进行评估，这些条件被认为是最低允许条件，而所有欠严的或能提供更大空间的安装条件认为已经被试验所覆盖。

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。

10.3 运行

按 DL/T 593—2006 中 10.3 的规定。

10.4 维修

按 DL/T 593—2006 中 10.4 的规定，并作如下补充：

如果维修时需要插入临时隔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 IP2X；
- 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—2006 中第 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 8.3。

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。

附录 A (规范性附录)

内部故障——在内部故障引起电弧的条件下金属封闭开关设备 和控制设备的试验方法

A.1 概述

本附录适用于 IAC 级金属封闭开关设备和控制设备，提出了当金属封闭开关设备和控制设备处于正常工作位置时如果发生内部电弧，在“正常运行条件”下为设备附近的人员提供防护的试验标准。

对于本附录，“正常运行条件”是指金属封闭开关设备和控制设备能够进行操作，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。因此，如果进行此类操作中的任何一种操作，需要那些盖板移开和/或门打开，在进行下述试验时均应移开这些盖板和/或打开这些门。

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。

金属封闭开关设备和控制设备内的内部故障可能发生在多处并且可能引起多种物理现象。例如，外壳内绝缘流体中电弧产生的电弧能量可能引起内部过压和局部过热，进而对设备产生机械的和热的应力。此外，涉及的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。

IAC 级的内部电弧考虑到内部的过压力作用到盖板、门、观察窗等，也考虑到电弧或弧根对外壳的热效应和排出热气体和灼热粒子，但是不会损坏在正常运行条件下不会触及的内部隔板和活门。

注：本标准不包括隔室之间内部电弧的影响。

下述内部电弧试验用来验证在内部电弧情况下，设计对人员防护方面的有效性。它不包括可能导致危害的所有效应，例如在故障后可能存在的潜在有毒气体。从此观点出发，要求在重新进入开关设备室内之前应立即排风和进一步通风。

内部电弧后，火灾的蔓延对金属封闭开关设备和控制设备周围的材料或设备造成的危害不包括在本试验内。

A.2 可触及性的类型

a) 非柱上安装的金属封闭开关设备和控制设备：

——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。

对应于这两类可触及性，A.3 规定了两种不同的试验条件。

金属封闭开关设备和控制设备外壳的不同侧面可以具有不同的可触及性类型。

采用下述代码表示外壳的不同侧面（见 A.7 和 A.8）：

F：前面

L：侧面

R：后面

前面应由制造厂明确规定。

b) 柱上安装的金属封闭开关设备和控制设备：

——C 类可触及性：接触不到的设备限定的可触及性。

设备的最低允许高度应由制造厂规定。

A.3 试验布置

A.3.1 概述

应观测下述几点：

- 试验样品应装配完整。只要模型的体积和外部材料与元件的一样，且不影响主回路和接地回路，则内部元件允许使用模型。
- 应对装有主回路元件的功能单元的每个隔室进行试验。在开关设备和控制设备由可扩展的（模块）独立单元组成时，试品应由和运行情况一样连接在一起的两个单元构成。试验至少应在靠近指示器的开关设备和控制设备末端的所有隔室中进行。但是，如果相邻单元的连接侧和构成开关柜的末端侧之间强度存在巨大差异（由制造厂声明的），则应采用三个单元，且在中间单元的不同隔室上应重复进行试验。

注：独立单元是可以包含在单独的公共外壳内的一个或多个水平和垂直布置（层）的功能单元的总装。

- 对柱上安装的设备，试验样品应安装在制造厂规定的最低运行高度。如果有控制箱和/或与柱基的电气/机械联系，也都应安装。
- 如果试验样品需要接地，则应在规定的点接地。
- 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）的隔室，试验应在充有额定充入水平（±10%）的原始流体上进行。允许在额定充入条件（±10%）下用空气替代 SF₆。

注：如果用空气替代 SF₆ 进行试验，压力增高会不同。

A.3.2 空间模拟

a) 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。还应有模拟电缆进入的通道和/或排气管道。

天花板：除非制造厂规定了更大的最小间距，否则，天花板应距试验样品上部 600mm±100mm。天花板距地面最小 2m。本规定适用于高度小于 1.5m 的试验样品。

为了评估安装条件的判据，制造厂可以在与天花板较小的间距时进行附加的试验。

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。

为了评估安装条件的判据，制造厂可以在与侧墙较大的间距时进行附加的试验。

后面的墙壁：根据可触及性的类型，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 A.6 的判据），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他安装条件。

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^{+100}_0 mm。

为了验证开关设备和控制设备在缩小的空间里（例如：证明在后板不可触及的布置中设备靠近墙壁是合理的）能够正确运行，应在较小的间距下进行附加的试验。

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/或其他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：本标准不包括开关设备和控制设备室外热气的影响。

b) 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高于开关设备和控制设备 1.5m 的防护板（例如，用于防雨），应考虑适当的高度限制。

A.3.3 指示器（用于评估气体的热效应）

A.3.3.1 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，-3mm）的钢板框架中实现，如图 A.1 所示。

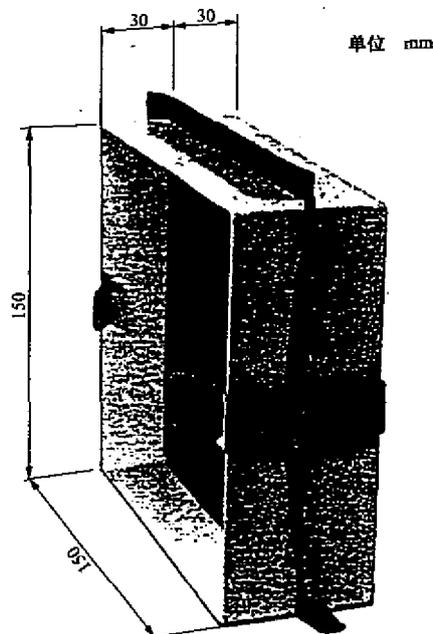


图 A.1 垂直指示器安装框架

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 所示。

指示器的尺寸应为 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ （+15mm，0mm）。



图 A.2 水平指示器

A.3.3.2 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：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，只要不受到实验室模拟布置中的墙壁位置的限制。

注：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）。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。

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%~50%（见图 A.3 和图 A.4）。

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

应按图 A.3 和图 A.4 的规定布置 2m 高的水平指示器，该指示器伸出开关设备和控制设备 $300\text{mm} \sim 800\text{mm}$ 。如果天花板位于地面上 2m 处 [见 A.3.2 的 a)]，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 和图 A.4）。

b) B 类可触及性（一般公众）。

应使用黑色的棉麻混纺布（大约 $40\text{g}/\text{m}^2$ ）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。如果样品的实际高度小于 1.9m，则垂直指示器应比样品高 100mm。

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 和图 A.5）。

指示器距开关设备 $100\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 。

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 $100\text{mm} \sim 800\text{mm}$ 。如果样品的高度小于 2m，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 和图 A.6）。

c) 特殊条件的可触及性。

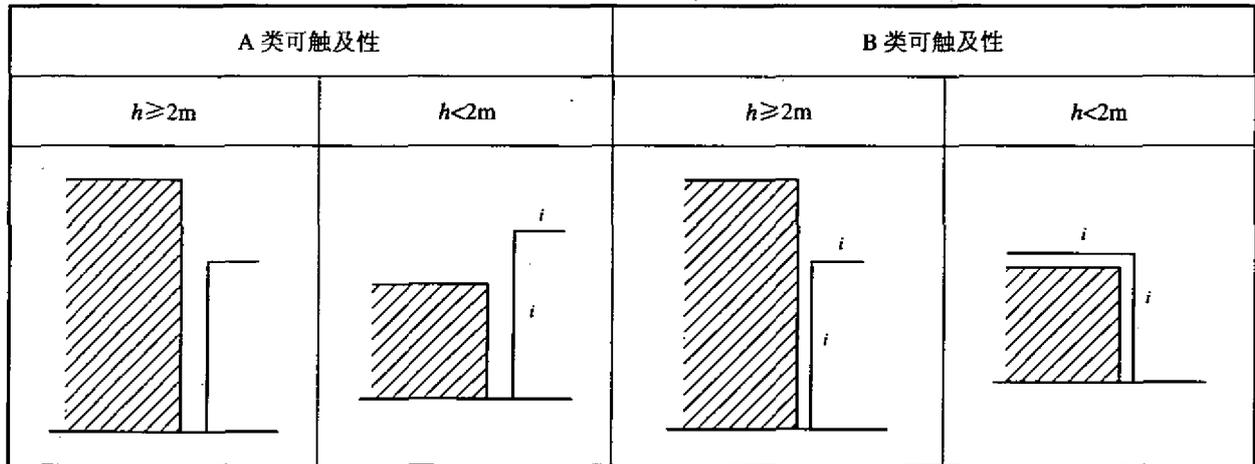
应使用黑色的棉麻混纺布（大约 $40\text{g}/\text{m}^2$ ）作为指示器。

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。

d) C类可触及性——柱上安装的设备。

应使用黑色的棉麻混纺布(大约 $40\text{g}/\text{m}^2$)作为指示器。

指示器应水平布置在2m高的位置,覆盖以柱为中心3m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)。



i —指示器的位置; h —设备的高度

图 A.3 指示器的位置

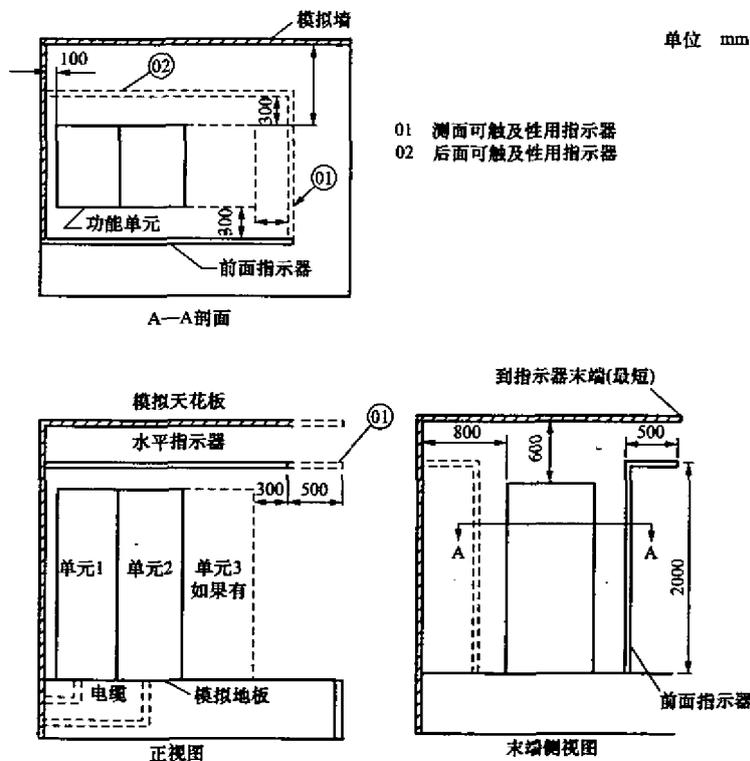


图 A.4 A类可触及性的试验室模拟和指示器位置,功能单元高度在1.5m及以上

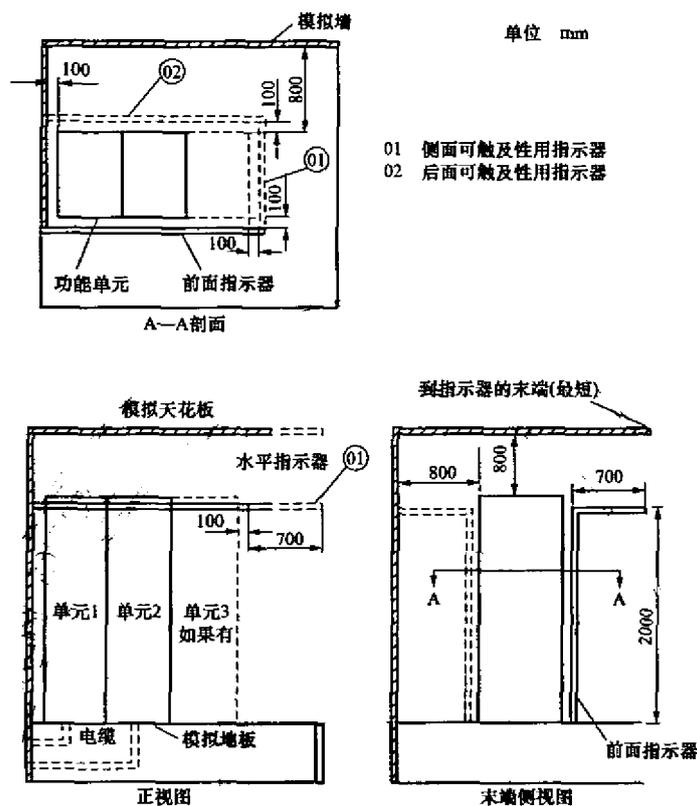


图 A.5 B类可触及性的试验室模拟和指示器位置，功能单元高度在2m及以上

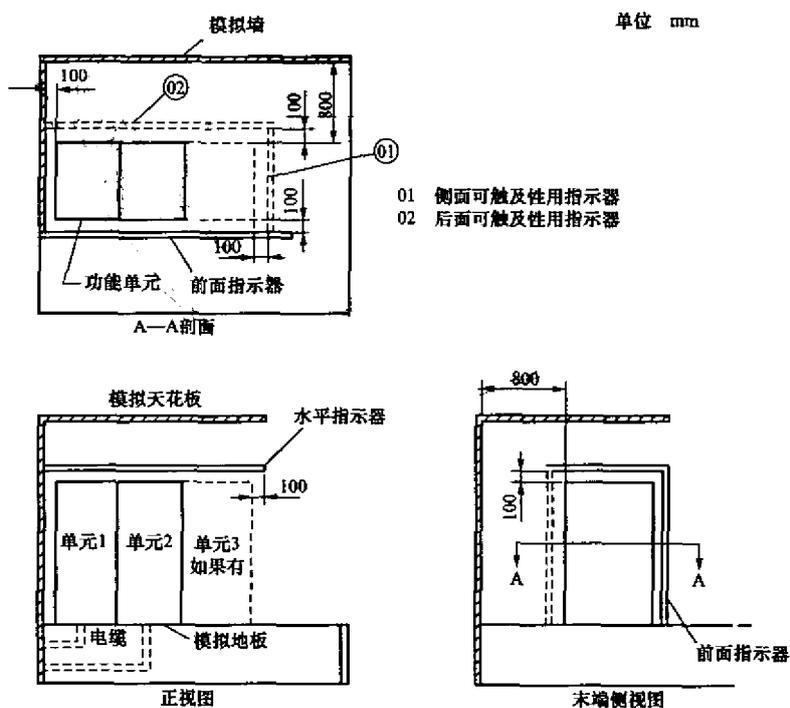


图 A.6 B类可触及性的试验室模拟和指示器位置，功能单元高度在2m及以下

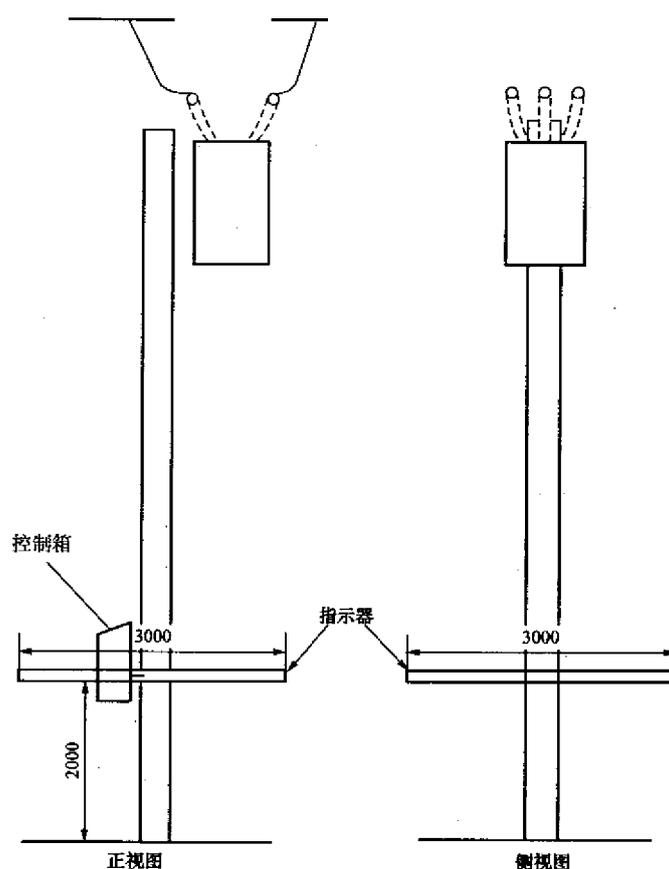


图 A.7 柱上安装开关设备架空连线时的试验布置

A.4 施加的电压和电流

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（对于三相系统）。试验期间施加的短路电流为额定短时耐受电流。如果制造厂特别要求，也可以低于该值。

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

试验回路的外施电压应等于金属封闭开关设备和控制设备的额定电压，但当试验站的能力达不到时，如果满足下列条件，也可以选取较低的电压值：

- 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 的规定；
- b) 已经引燃电弧的所有相都不会提前熄灭。

A.4.3 电流

A.4.3.1 交流分量

金属封闭开关设备和控制设备内部电弧试验短路电流值的偏差应为 0%~5%。如果施加额定电压，该偏差值适合于预期电流。

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 0%~10%。在这种情况下，至少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%。

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，这使得电流的大半波出现在另一个边相。如果电压低于额定电压，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预期峰值电流的 90%。

注：对其他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。当在其他额定频率时，偏离额定值不应超过±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±10%范围内进行。

A.4.5 试验持续时间

制造厂应规定试验持续时间，推荐 1s、0.5s。

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。

A.5 试验程序

A.5.1 电源回路

除对具有分相的且分相的隔室间又互不影响的开关设备和控制设备的试验外，如果适用，电源回路应是三相的。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。

注：中性点直接接地的内部故障的严酷程度较低。

当对分相的开关设备和控制设备的部件进行试验时，电源应是单相的，并一端接地。试验电流为 A.4.3.1 规定的三相电流值。

注意不要因接线改变了试验条件。

送电的方向应如下：

- 对于电缆隔室：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。如果母线隔室对整个开关柜是公共的，且隔板安装在功能单元间形成了独立的母线隔室，则电源应通过隔板或者通过位于开关柜一个末端的主开关装置供电；
- 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

用直径大约为 0.5mm 的金属线在所有的相间引燃电弧。对于分相导体，在一相和地之间引燃。引燃点应位于受试隔室内距电源最远的可触及位置。

在带电部件采用固体绝缘包覆的功能单元内，电弧应在相邻的两相间引燃，电流值为额定值的 87%。对于分相导体，在一相和地之间的下述位置引燃：

- a) 在绝缘包覆部件的绝缘之间的间隙或连接表面；
- b) 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。

除 b) 的情况外，不对固体绝缘打孔。电源回路应是三相的以使故障能够发展为三相故障。

A.5.2.1 带有插入式或现场制作的固体绝缘连接器的电缆隔室

对于通过插入式连接器连接的电缆隔室，不论连接有屏蔽还是没有屏蔽，或者是现场制作的固体绝

缘，受试的两相应装有未绝缘的接入连接，且第三相装有运行中所用插入式连接器，且能够带电。

注：经验证明故障一般不会发展成三相故障；因此，选择安装在第三相上并不是关键。

在所有的相间故障情况下，试验电流应按照 A.4.3 确定的三相电源回路的相对相故障电流。除非发展成三相故障，否则，就意味着实际的电流值降到了规定内部电弧耐受电流的 0.87 倍。

在直接接地电力系统中（非悬浮中性点），或在有接地故障保护的电力系统中，单一的相对地短路电流通常小于两相故障电流，且会被迅速切断。对仅为这种限定用途设计的高压开关设备和控制设备，相应地也可以接受除上述规定的试验外的试验，单相对地引燃电弧，其他相带电以使得电弧发展为三相。同样，规定的内部电弧耐受电流为单相试验时的施加值。

A.6 合格判据

如果满足下述判据，则为 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）：

a) 判据 1：

正确扣紧的门和盖板没有打开。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 [见 A.3.2 的 a)] 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。

b) 判据 2：

在试验规定的时间内外壳没有开裂。

喷射出的小件单个质量不超过 60g 是可以接受的。

c) 判据 3：

电弧在高度不超过 2m 的可触及面上没有形成孔洞。

d) 判据 4：

热气体没有点燃指示器。

如果能证明点燃是由灼热粒子而不是热气体所引起的，试验时即使引起了燃烧，也可以认为满足了评估的判据。实验室可以采用高速摄影机、摄像或任何其他适合的方法获得的照片可以作为证据。

不包括油漆和粘贴物的燃烧导致的指示器的燃烧。

e) 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 6.6 的 b)。

A.7 试验报告

试验报告中应给出下述资料：

——标明试验单元主要尺寸的图纸，试验单元的额定值及描述，机械强度的细节，压力释放板的布置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。对于柱上安装的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。

——试验连接的布置。

——内部故障的引燃方法和引燃点。

——根据可触及性的类型（A、B 或 C）、侧面（F、L 和 R）和设备条件，给出试验布置草图（模拟室、试验样品和指示器的安装架）。

——施加的电压和频率。

——对于预期电流和试验电流：

a) 前三个半波期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 A.6 得到的观察记录;
- 试验前后的试验样品的照片;
- 其他相关的说明。

A.8 等级的命名

试验验证为 IAC 级时, 根据 6.106, 对金属封闭开关设备和控制设备命名如下:

- 总的: IAC 级 (英文内部电弧等级的缩写);
- 可触及性: A、B 或 C (按照 A.2);
- 试验值: 试验电流 (单位为 kA)、持续时间 (单位为 s)。

这一命名应包括在铭牌中 (见 5.10)。

示例 1: 一台金属封闭开关设备试验的故障电流为 12.5kA (有效值), 持续时间 0.5s, 打算安装在公众可触及的场所, 试验时指示器位于前面、侧面及后面, 命名如下:

IAC 级: BFLR

内部电弧: 12.5kA 0.5s

示例 2: 一台金属封闭开关设备试验的故障电流为 16kA (有效值), 持续时间 1s, 打算安装在下述条件下:

前面: 公众可触及性

后面: 限于操作人员

侧面: 不可触及

命名如下:

IAC 级: BF-AR

内部电弧: 16kA 1s

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 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，依次将每相接到试验电源上，其余两相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。依次将每相接到试验电源上，其余两相接地。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，且将三相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相和地之间，而另一方面注入到另外两相和地之间。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，试验样品的每一相和电源的对应相应依次接地（见图 B.2）。

B.4 试验程序

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 $10s^*$ 。

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）。

考虑到实际背景噪声水平，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。由于局部放电可能会导致隔离开关断口间的绝缘老化，因此，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。

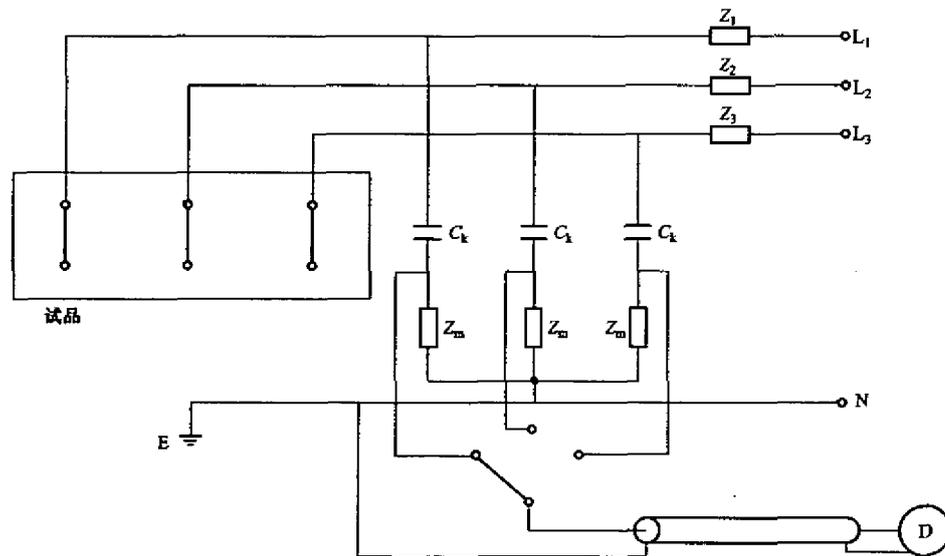
B.5 最大允许的局部放电量

推荐局部放电参量为视在电荷，一般用皮库（pC）表示。

在 $1.1 U_r$ 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。

固体绝缘可接受的限值：在 $1.1 U_r$ （相间电压）、 $1.1 U_r/\sqrt{3}$ （相对地电压）下应为 $10pC$ ，而对于中性点非直接接地系统，在 $1.1 U_r$ 相对地电压下为 $100pC$ 。

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。



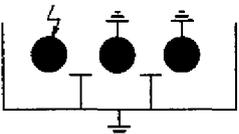
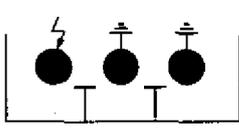
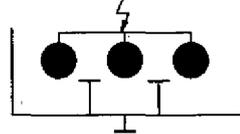
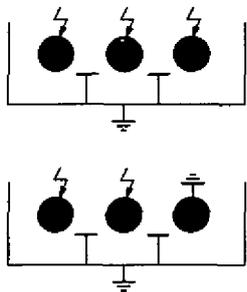
N—中心点连接线；E—接地连接线；L₁、L₂、L₃—三相电源连接端；Z₁、Z₂、Z₃—试验回路阻抗；

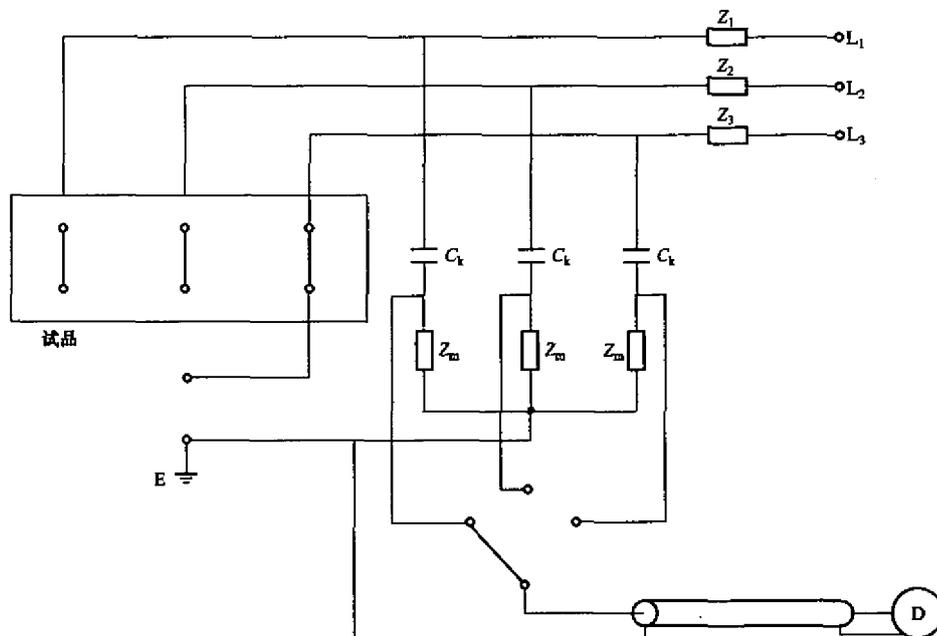
C_k—耦合电容器；Z_m—测量阻抗；D—局部放电检测仪

图 B.1 局部放电试验回路（三相布置）

* 局部放电试验也可以在工频电压试验后降低电压进行。

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	依次连接到每相	依次连接到每相	同时连接到三相	三相 (图 B.1)
接地连接的元件	其他相和工作时接地的所有部件	其他两相	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	$1.3 U_r$	$1.3 U_r$	$1.3 U_r / \sqrt{3}$	$1.3 U_r^a$
试验电压	$1.1 U_r$	$1.1 U_r$	$1.1 U_r / \sqrt{3}$	$1.1 U_r^b$
基本接线图				
<p>a 相间电压。</p> <p>b 中性点不接地系统的补充试验 (仅作为型式试验)。</p>				



E—接地连接线； L_1 、 L_2 、 L_3 —三相电源连接端； Z_1 、 Z_2 、 Z_3 —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 (中性点不接地系统)

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。

注：虽然像机构、联锁和外壳等机械部件的特性也很重要，但在本附录中详细规定的试验主要是研究电气绝缘性能。

C.2 适用对象

本附录提出了凝露和污秽两方面严酷使用条件的两个等级的定义。确定了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。

C.3 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）；
- C₁：凝露不频繁（每月不超过两次）；
- C_h：凝露频繁（每月超过两次）；
- P₀：无污秽；
- P₁：轻度污秽；
- P_h：严重污秽；

注 1：P₀认为是不现实的。

注 2：对于包含有腐蚀性沉积物的使用条件，应向制造厂询问。

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：C₁ 或 C_hP₁ 和 C_hP_h。

C.4 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.4.1 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.4.2 1 类设计

存在两种可能性：

- a) 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。

- b) 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 4.3 2类设计

存在三种可能性:

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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.5 分类程序

对于按本标准规定的正常使用条件,不要求做附加试验,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。

进行老化试验的必要性可以预先进行穿透性试验来判定。如果成功地通过此项试验,则设备可直接划归为 2 类设计。

如果穿透性试验被省略或没有通过,则按 1 类设计的金属封闭开关设备和控制设备将按照 C.9 的规定承受 1 级老化试验。按 2 类设计的金属封闭开关设备和控制设备将按照 C.10 的规定承受 2 级老化试验。

穿透性试验由一个周期性变化的气候周期组成,在这个周期中应进行相关的测量。然后设备暴露在温度周期变化的盐雾中,继之按照第 C.8.3 规定的诊断程序在接着的气候周期期间进行。

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.11 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。

穿透性试验所选用的参数(温度、湿度、污秽)足以代表 2 类设计定义的使用条件:即频繁的凝露和严重的污秽导致外壳内绝缘件的表面电导约 $10\mu\text{S}$ 。

分类程序按图 C.1 所示的流程图进行。

C 6 试验设备及有关要求

C 6.1 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多孔的基架上。离地面高度不小于 0.5m。气候试验室的容积应是被试设备体积的 5~15 倍。被试设备外壳壁及顶部与试验室墙壁及天花板的距离以及与喷雾器之间的距离应大于相间距离且不小于 0.15m [见图 C.2 a)]。对于试验程序 A (见 C.9.1),试验室墙壁与被试设备外壳之间的距离最好不小于 1.5m。

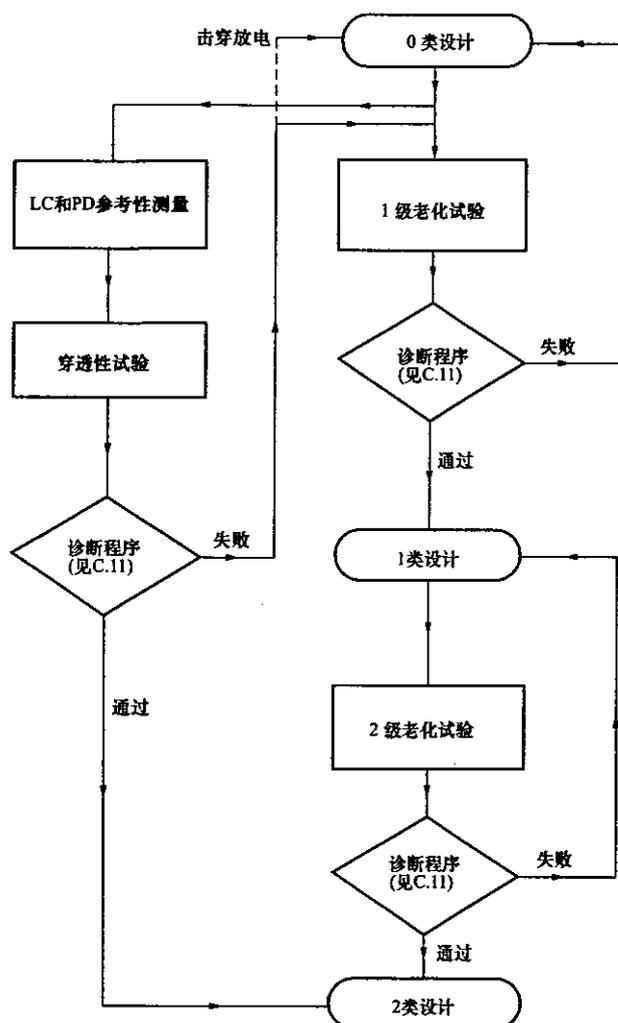


图 C.1 分类程序流程图

此外，需要有一个能按穿透性试验和试验程序 B（见 C.9.2）所要求的水滴大小和送给率向试验室喷射盐污的雾化云的方法。

由于某些试验程序中使用的污秽（盐雾）对试验室内的某些器材及其与功能有关的重要部分功能有潜在危害，在用这些腐蚀性材料进行试验时，建议采用聚乙烯薄膜罩将设备罩上 [见图 C.2 b)]。

C.6.2 控制设备

为了产生至少 20°C ~ 50°C 范围的周期性温度变化，需要控制温度以及能快速地改变温度。控制温度的偏差小于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，保持温差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的公差也是重要的。

对湿度也需要从低于 80% 到高于 95% 的相对湿度范围内进行相当好的控制。

为了获得上述这些结果，要求有向气候试验室注入蒸汽云的设备以便同时增加温度和湿度，还要求有注入冷的干燥空气的设备以便进行逆过程。

为了保持整个试验室的状态均匀一致，要求采取一些空气循环的措施，还要求有能对试验室进行干燥加热的装置。

C.6.3 测量设备

要求提供一个或几个高压电源以便在进行某些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% 。

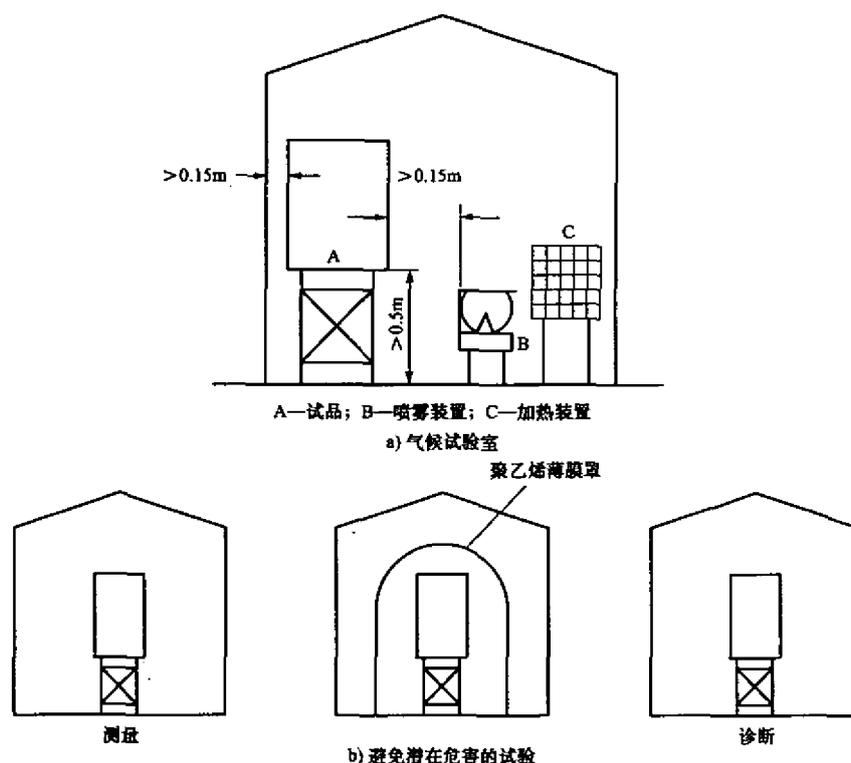


图 C.2 污秽处理的可能布置

为了施加诊断试验电压（其值至少达到被试设备的额定电压的 3 倍）。要求电源的短路容量至少 1A。这个电源应有保持装置，在闪络或击穿放电的情况下，其动作时间小于 0.1s。

如果适用的话，按照本标准附录 B 的规定采取措施对被试单元的每相进行局部放电测量。

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.7 试验设备的选择和布置

C.7.1 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.7.2 设备的布置

被试设备应装在 C.6.1 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根据所选择试验程序的要求能以三相电源对其施加额定电压。

考虑到泄漏电流的检测，金属封闭开关设备和控制设备的接地部分应连接到保护导体上，如果适用的话，金属封闭开关设备和控制设备应与地绝缘（见 C.12）。

C.8 穿透性试验

这项试验是用来检查设备的外壳防止污秽和凝露侵袭的效应，以便估计被试设备暴露于严酷气候条件下的效果。

采取的方法是将被试设备置于盐雾环境中，承受温度和湿度的周期性变化。

用比较试验系列的前、后在同一条件下的局部放电及泄漏电流来评价封闭绝缘的污染程度。

C.8.1 参考性测量

装于气候试验室中的功能单元（见 C.6.1）应施加额定电压，并按下列规定承受一个气候周期（见图 C.3）。

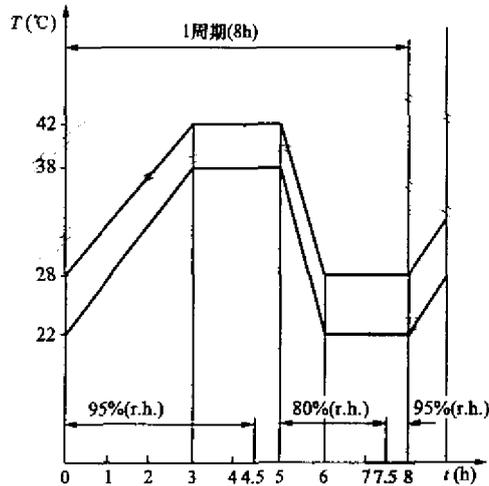


图 C.3 穿透性试验，参考性测量（设备带电）（r.h）—相对湿度

气候试验室内的温度应在 3h 内从 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 上升到 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。温度在 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 保持 2h，然后在 1h 内降到 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。最高温度和最低温度之差应保持在 $15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 内。然后温度在 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 保持 2h。

温度周期性变化过程中的初始相对湿度为 95% 并保持 4.5h。然后相对湿度在 0.5h 内降到 80% 并保持 2.5h。最后，相对湿度应在 0.5h 内升高到 95%。

注：某些气候试验室降低温度至 25°C 时伴随有干燥效应，以致此时的湿度降低到规定的 80% 以下。在这种情况下应延长周期时间使湿度在周期结束前上升到规定值。

在整个气候周期中，应对被试单元的每相进行局部放电及泄漏电流的有功分量（R）有效值的测量。最好是连续地进行记录。若无连续记录装置，记录局部放电及泄漏电流的时间间隔应不超过 1min；对于循环中的每一个分钟，平均值是以该 1min 的值前面两个值和后面两个值进行平均计算而得。将这些综合平均值绘成局部放电及泄漏电流随时间变化的曲线图。

C.8.2 污秽处理

被试试品不施加电压。

凝露试验室、气候试验室或聚乙烯薄膜室内的温度根据情况需在 1h 内由周围空气温度上升到 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，并保持此温度 1h。然后切除热源，设备承受来自喷雾装置的盐溶液的喷淋，盐溶液的浓度为 $5\text{kg}/\text{m}^3$ 。喷雾的流量率应是 1m^3 试验室为 $0.3\text{L}/\text{h} \sim 0.5\text{L}/\text{h}$ 。喷雾 1h 后停止喷雾。这个穿透性试验周期应重复进行 8 次（见图 C.4）。

C.8.3 诊断程序

污秽处理后，去掉保护罩（如果有的话），被试功能单元再次带电，然后按 C.8.1 的规定再进行 6 个试验循环。在这些循环的最后一个循环中，按 C.8.1 的规定测量局部放电和泄漏电流。

紧接着最后一个气候周期，温度保持在 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度保持在 95%。进行单相工频电压试验：一相施 $U_r/\sqrt{3}$ 的电压， U_r 是设备的额定电压，其余两相接地并连接到设备的保护导体上。电压一直升到设备的额定工频耐受电压（电压上升率为 $0.5\text{kV}/\text{s} \sim 0.7\text{kV}/\text{s}$ ）并在此值下保持 30s。试验应连续地依次在三相上重复进行，两次试验之间的时间间隔应根据实际情况尽量短。

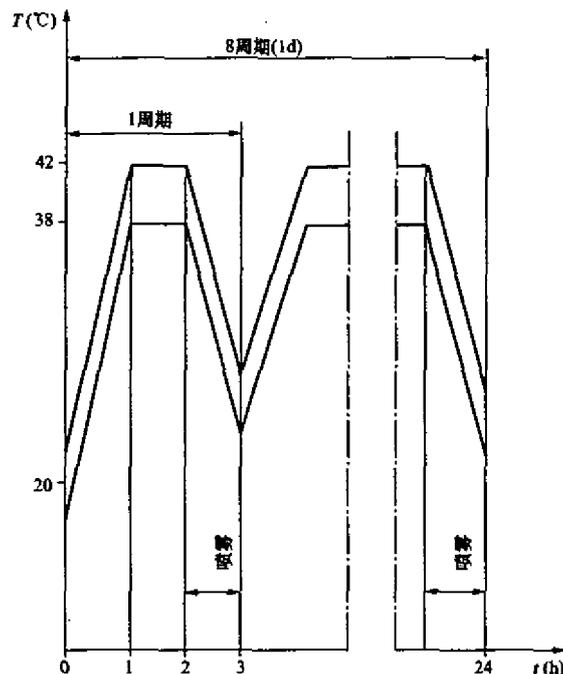


图 C.4 穿透性试验，污秽处理（设备不带电）

C.8.4 评定

应对穿透性试验开始和结束时测量周期的每分钟所测得的综合平均值进行比较。计算每一最终测量值与相应的每一起始测量值的比值，从而确定出泄漏电流和局部放电水平的最大比值。

如果局部放电的比值及泄漏电流的比值均未超过 2，而且在绝缘试验中未出现闪络或击穿，则设备就可以定义为 2 类设计，无需做进一步的试验。

然而，应检查被试设备及其元件的功能特性不应受到影响，应记录腐蚀性程度（如果有的话）。

注 1：目前提出比值为 2，但为了验证这个值的有效性，需作进一步研究。

注 2：如果局部放电或泄漏电流记录的起始值非常低，则可采用较高的比值。

注 3：验证机械性能的附加试验由用户同制造厂协商进行。

如果被试设备不满足关于局部放电及泄漏电流的上述判据，但绝缘试验中未出现闪络或击穿，则设备可以按照下述规定分类：

- a) 已通过 C.9 规定的 1 级老化试验后的设备，定义为 1 类设计；
- b) 已通过 C.10 规定的 2 级老化试验后的设备，定义为 2 类设计。

如果在绝缘试验中出现闪络或击穿，则设备被定义为 0 类设计。

C.9 1 级老化试验

1 级老化试验的目的是验证设备是否满足 1 类设计的要求。

按照 C.7 规定选择被试设备及进行试验准备。

进行老化试验过程中，建议监测泄漏电流以收集设备性能的资料。

对于这些老化试验，提出了两个试验程序。在进一步实践期间，认为这两个程序是等价的。

C.9.1 试验程序 A

功能单元及其元件应该是新的和干净的，绝缘零部件不再进行任何表面处理。

功能单元装于气候试验室，在两个为期 9 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.5）。

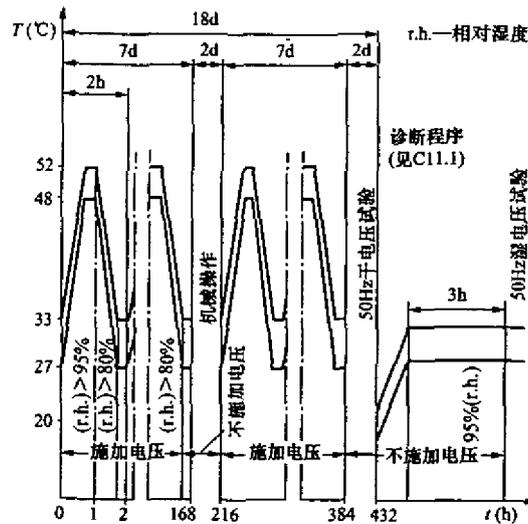


图 C.5 1 级老化试验—试验程序 A (见 C.9.1)

气候试验室的相对湿度保持在 95% 以上, 其温度在 40min 内由 $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 上升到 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 维持 20min。然后温度在 40min 内下降到 $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, 此时不规定湿度值。随后温度在 $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 保持 20min, 在这整个期间的相对湿度保持在 80% 以上。此外, 高低温度之差应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围以内。

为了使温度升高, 可以直接向气候试验室注入蒸汽云 (包括悬浮状的细水珠); 温度 30°C 增加到 50°C 的温度变化调节可以通过相继地喷入蒸汽云和随后注入冷的干燥空气到试验室中而获得。

时间为 9 天的试验周期, 按照以下规定分配时间:

在起初 7 天, 对被试设备施加其额定电压, 承受 84 个湿热循环试验。7 天试验后, 停止试验 2 天, 温度保持在最后一个湿热循环结束时的 30°C 。去掉蒸汽和冷空气源, 停止施加电压, 打开功能单元的门。

在中断试验两天的最后数小时, 对操动装置和功能单元的门进行机械操作。应对动作时间、触头速度、联锁动作等的变化进行记录。

完成两个 9 天的试验周期后, 应按照 C.11.1 规定的诊断程序对被试设备的性能进行评定。

C.9.2 试验程序 B

功能单元的绝缘零部件应采用不损伤绝缘材料的合适方法清洗干净 (即用温水和磷酸三钠)。

对被试功能单元施加额定电压, 并按照以下程序多次反复进行周期为 12h 的温度—湿度试验循环 (见图 C.6)。

气候试验室或聚乙烯薄膜室的温度根据情况按约 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的温度变化率从 $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 至 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 进行周期性变化。此外, 高低温之间的温度差应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 范围内。

在 t_1 及 t_3 的 2h 温度过度期间, 不规定相对湿度值, 但在 t_2 的 2h 期间, 湿度应在 80% 以下而且温度维持在 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。在 t_4 的 6h 期间, 湿度应在 95% 以上而温度维持在 $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

采用连续喷盐水溶液雾和加热的方法获得温度和湿度的变化。盐水溶液由不含矿物的水每立方米加入 0.176kg 盐 (氯化钠) 获得。合成湿度应是这样, 即在试验室收集到的水的电阻率在 20°C 时应近似等于 $30\Omega \cdot \text{m}$ 。喷盐溶液雾的流量应是每立方米试验室容积 0.3L/h 到 0.5L/h。雾滴直径应在 $5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 范围内。

注: 根据试验室的设备, 时间 t_1 及 t_3 可能不得不缩短, 但此时时间 t_2 及 t_4 应延长, 以保持 $t_1+t_2+t_3+t_4$ 等于常数。

被试功能单元应承受 10 个相同的温度—湿度循环。

完成这 10 个循环后, 应按照 C.11.2 所规定的诊断程序对被试设备的性能进行评定。

C.10 2 级老化试验

2 级老化试验的目的是验证设备是否满足 2 类设计的要求。

2 级老化试验按照程序 A 或程序 B 组成更多的气候循环试验。

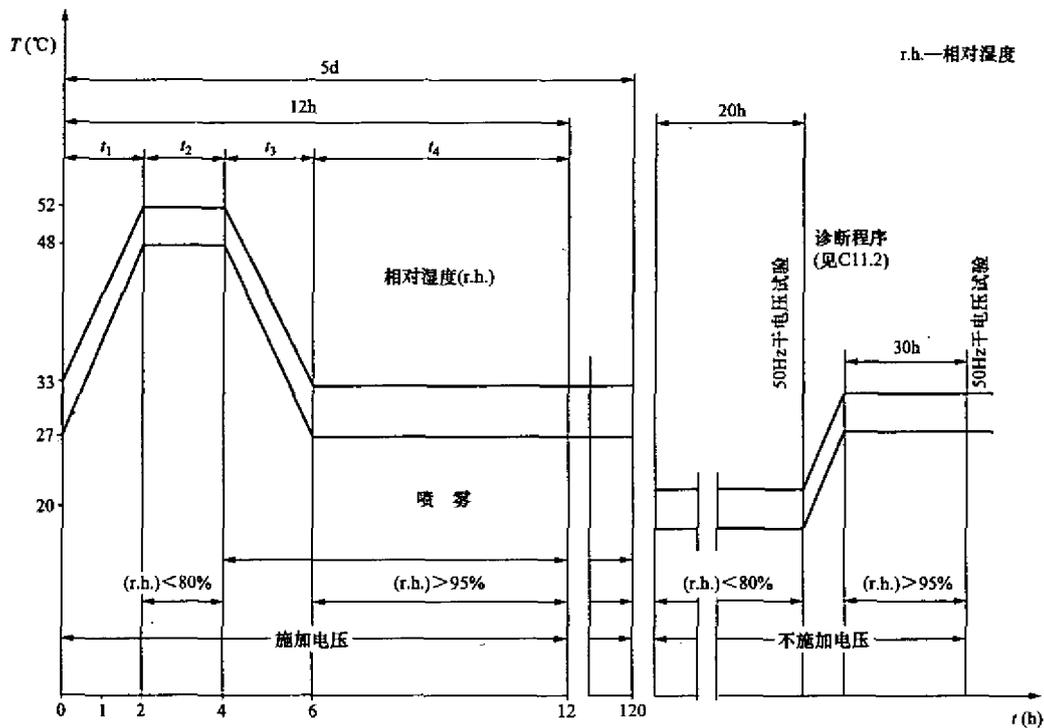


图 C.6 1 级老化试验—试验程序 B (见 C.9.2)

按程序 A，总的试验持续时间是由 5 个周期为 9 天的相同的试验循环组成，接着进行 C.11.1 规定的诊断程序。

按程序 B，总的试验持续时间是由 20 个相同的温度—湿度循环组成，接着进行 C.11.2 规定的诊断程序。

注：对于按照程序 A 已成功地通过 1 级老化试验的设备，允许继续进行 3 个周期为 9 天的相同的试验循环。然而，1 级老化试验后进行诊断程序之前，试验程序 B 要求进行清理，按照刚才叙述的程序 A 方式继续进行试验是不可能的。

C.11 老化试验后的诊断程序

老化试验结束后，被试设备应按照下列规定进行绝缘试验。

C.11.1 试验程序 A 后

被试品首先承受 1min 额定工频耐受电压试验。

然后，气候试验室的温度增高到 $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度近似到 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.7）。

对一相施加 $U_r \sqrt{3}$ 的电压（ U_r 是设备的额定电压），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（电压上升率在 0.5kV/s 和 0.7kV/s 之间），应连续依次在其他两相上重复此试验，试验间隔应尽可能短。

C.11.2 试验程序 B 后

整个被试品用不含矿物的水清洗净，然后在试验室不施加电压下干燥 20h；此时试验室温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于 80%。

按照 C.11.1 规定的条件，被试设备应承受工频干、湿耐受电压试验。

C.11.3 评定

如果满足下列条件，则被试品通过了 1 类设计或 2 类设计所规定的老化试验：

a) 按照程序 A 或程序 B 进行气候试验循环中未出现电击穿或闪络；

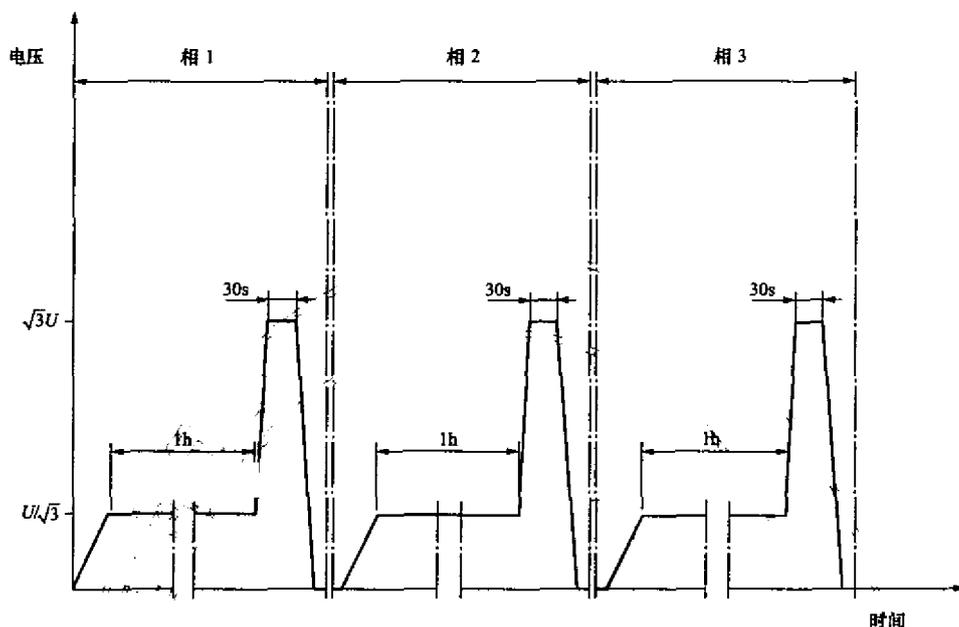


图 C.7 按程序 A 或 B 后的工频湿耐压试验

- b) 在诊断程序中未出现电击穿或闪络；
c) 试品的功能特性，即动作时间、触头速度、联锁动作等无明显变化。机械零部件的腐蚀程度（如果有的话）应记录在试验报告中。

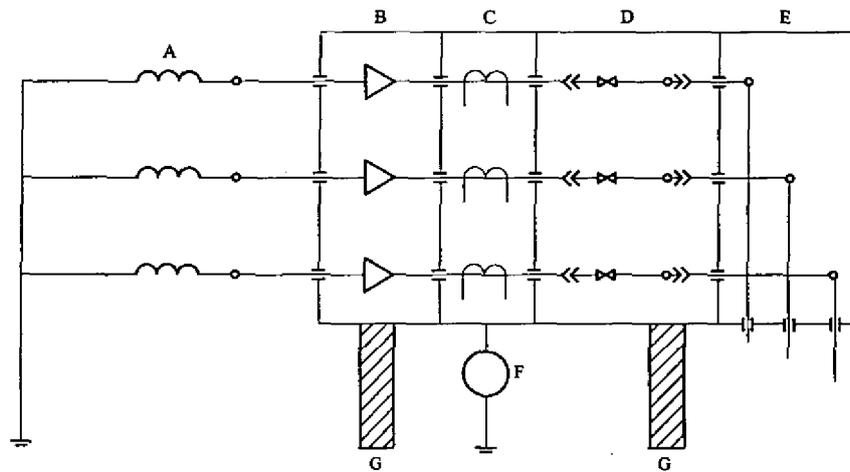
C.12 泄漏电流的测量

在相间及相对地间具有大电容的设备中，泄漏电流的无功分量的幅值可能很大。在与绝缘的体积电导及表面电导有关的泄漏电流幅值中，仅泄漏电流的有功部分是有用的。因此只要求一种测量泄漏电流有功部分的方法，但详细叙述合适的测量技术已超出本文的范围。

试验回路内测量装置的布置对于泄漏电流的有效值的测量是关键。图 C.8~图 C.11 表示了 4 种布置方式，表 C.1 概述了它们的特点。

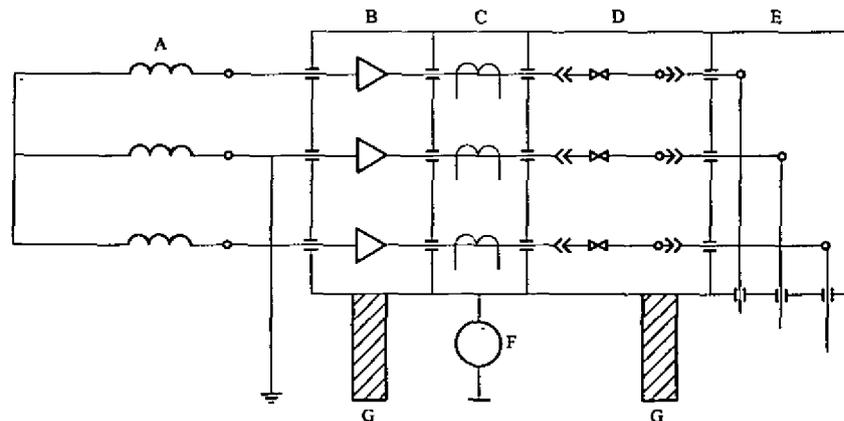
表 C.1 泄漏电流测量

	图 C.8 (布置方式 1)	图 C.9 (布置方式 2)	图 C.10 (布置方式 3)	图 C.11 (布置方式 4)
电压负荷与运行时的相同	是	非	非	是
适用老化试验时的监测	非	非	非	是
适用于诊断程序	非	是	是	是
相间电压负荷	是	是	非	是
指示相间电流	非	非	非	是
测量装置与绝缘子并联	是	是	是	非



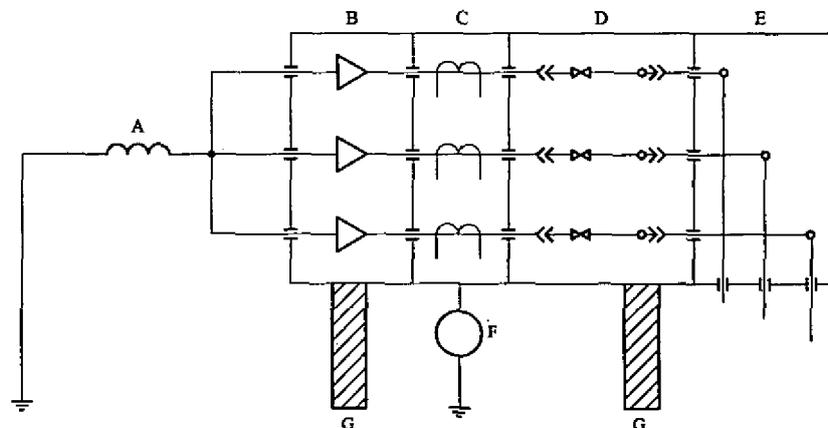
A—电源变压器；B—电缆盒；C—电流互感器；
D—断路器（已合闸）；E—母线排；F—测量装置；G—支柱绝缘子

图 C.8 泄漏电流测量：布置方式 1



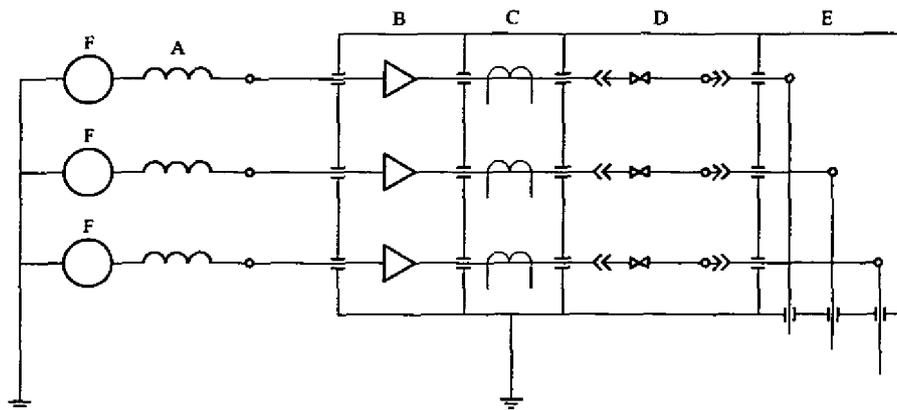
A—电源变压器；B—电缆盒；C—电流互感器；
D—断路器（已合闸）；E—母线排；F—测量装置；G—支持绝缘子

图 C.9 泄漏电流测量：布置方式 2



A—电源变压器；B—电缆盒；C—电流互感器；
D—断路器（已合闸）；E—母线排；F—测量装置；G—支持绝缘子

图 C.10 泄漏电流测量：布置方式 3



A—电源变压器；B—电缆盒；C—电流互感器；
 D—断路器（已合闸）；E—母线排；F—测量装置；G—支持绝缘子
图 C.11 泄漏电流测量：布置方式 4

C.13 严酷气候条件对长期工作电流的影响

在严酷气候条件下使用的金属封闭开关设备和控制设备，由于污秽、凝露、老化等不良影响，其长期工作电流负荷应降低到额定负荷的 90%。

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。

附录 E
(资料性附录)
解释性的注解

E.1 与 DL/T 404—1997 相比，分类的变化

与 DL/T 404—1997 (下称“前版标准”)和其他现行实践相比，分类变化的解释如下：

前版标准定义了三类：

- 金属铠装式；
- 间隔式；
- 箱式。

这一分类方法不够充分，理由如下：

- 前版标准主要围绕可抽出式的空气绝缘外壳而编写的。现在的趋势朝着固定式和 GIS 方向发展，需要本标准代表这些设备。
- 前版标准对开关设备和控制设备的分类是以三种设计为基础；这三种设计具有三种不同的功能水平，而不是以设备自身功能为基础。

本标准根据设备向维护者提供的具体功能进行分类。也就是说，根据当进入一个隔室时，能够维持开关设备和控制设备某级运行连续性的能力进行分类。

- 发现“箱型”包括了多种设备，在要求的运行连续性水平方面，每种都有明显的和流行的市场需求。

DL/T 404—1997 和 IEEE 之间定义差异很难变得一致。

表 E.1 DL/T 404—1997 和 IEEE 关于金属铠装定义的比较

DL/T 404—1997	IEEE C37.20.2
至少三个隔室	至少三个隔室
允许固定的 C.B	仅允许可抽出的 C.B
允许裸导体	一次导体被绝缘材料包裹
	变压器熔断器可移开部件
	TV 和 CPT 位于各自的隔室
	主母线隔板 (每个面)
C.B—断路器；TV—电压互感器；CPT—控制用变压器	

本版标准提到的这几点，是基于功能而不是设计或结构特性。

特别是，推荐的新的分类方法是根据进入一个隔室时，能够维持开关设备和控制设备某级运行连续性的能力进行的分类。另外，引入了在内部电弧情况下有关人员安全的分类。主要内容见表 E.2。

表 E.2 在内部电弧情况下有关人员安全的分类

隔室的可触及类型		性能
操作人员可触及的隔室	联锁控制的可触及隔室 日常操作和维护可以打开该隔室	没有打开工具—仅当高压部件不带电并接地时通过联锁才可触及

表 E.2 (续)

隔室的可触及类型		性能
操作人员可触及的隔室	程序控制的可触及隔室 日常操作和维护可以打开该隔室	没有打开工具—仅当高压部件不带电并接地时通过操作规程结合锁具才可触及
特殊的可触及隔室	依靠工具的可触及隔室 用户可以打开该隔室,但不是用于操作和维护	打开需要工具,对于触及程序没有特别的规定。 维护工作可能需要特殊的规定
不可触及隔室	用户不能打开(不打算打开)	打开会毁坏隔室,或对用户有清晰的指示。与触及性不相关

按打开可触及隔室时丧失的运行连续性, 开关设备的分类		性能
LSC1		需要全部或部分断开其他功能单元
LSC2	LSC2A	其他功能单元可以带电
	LSC2B	其他功能单元和所有的电缆隔室可以带电
PM		带电部件和打开的隔室之间的隔板和活门是金属的—保持金属封闭状态
PI		在带电部件和打开的隔室之间的金属隔板/活门里有绝缘覆盖的不连续点

按日常运行期间发生内部故障时的机械、电气和火灾情况, 开关设备的分类		性能
IAC		部件没有飞出, 没有点燃布料, 外壳保持接地

实际上, 开关设备和控制设备丧失运行连续性恰当的分类是 LSC1、LSC1-PM、LSC1-PI、LSC2A-PM、LSC2A-PI、LSC2B-PM、LSC2B-PI。详细内容和示例如下:

LSC: LSC 代表当有一个打开的主回路隔室时的丧失运行连续性水平, 也就是母线/电缆隔室保持带电的程度, 但不需要其中流过电流。

LSC1: 1 表示除打开的主回路隔室的功能单元外*, 至少有一个功能单元不能连续运行。

LSC2: 2 表示除打开的主回路隔室的功能单元外*, 其他所有的功能单元都能连续运行。

LSC2A: A 表示打开功能单元的主回路隔室, 该功能单元不能连续运行。满足下列条件就是这一类:

- a) 每两个功能单元间有一块隔板;
- b) 最少两个隔室, 每个功能单元最少一个断点。

LSC2B: B 表示打开功能单元的主回路隔室, 该功能单元的其他隔室可以连续运行。满足下列条件就是这一类:

- a) 每两个功能单元间有一块隔板;
- b) 最少三个隔室, 每个功能单元最少两个断点。

* 如果打开的是单母线设备的母线隔室, 则该段母线上所有功能单元的隔室都是打开的。

LSC1-PM: PM 表示隔板和活门是金属的。

LSC2B-PI: PI 表示至少一个隔板或活门是非金属的。

按照本标准, 推荐采用由整体到部分的方法来说明或描述一个金属封闭开关设备和控制设备。

功能性:

——需要哪种模式的(功能单元的类型、固定式或移开式、需要的结构和隔室、维修的需求)?

运行连续性和可触及性条件:

——需要打开哪个隔室?

——哪个隔室必须是可触及的(如果有的话)(3.107)?

——需要联锁控制、程序控制或依靠工具的可触及性吗?

——一个隔室打开时, 其他功能单元可能的运行连续性(继续输送电能)的种类(LSC1/2)?

——电缆可能继续带电吗?(LS2A/B)

——需要打开的隔室中有电场吗?(PM/PI 级)

E.2 ANSI 定义的金属铠装

按照本标准, ANSI 定义的金属铠装开关设备是 LSC2B-M 级金属封闭开关设备和控制设备, 用下列主要的附加要求表示其特点:

——主开关装置是可抽出式部件, 且配有自校准和自耦合的一次断开装置和可断开的辅助和控制回路。

——电压互感器和控制用电源变压器具有独立的隔室。母线隔室与水平方向相邻的功能单元是隔开的。

——尤其是可抽出部件(或其一部分)的前面应有金属隔板, 以保证在断开位置且打开门时, 不会暴露高压部件。

——主回路导体和连接线全部用绝缘材料包裹。

——采用下列任意一种方法安装机械联锁, 以防人员受到来自储能的可抽出部件意外释放能量的伤害:

a) 隔室中安装联锁, 防止当储能机构储能时将开关装置从隔室中完全抽出;

b) 有合适的装置, 防止在合闸功能阻塞以前将开关装置从隔室中完全抽出;

c) 有机构, 使得从隔室中抽出开关装置期间或之前自动放电。如果离开断开位置之前释放掉储能, 需要附属的电气联锁以防再次储能。

——有锁定措施, 以防可抽出开关装置移到接通位置。

——除了短的连接线(如互感器端子上的)外, 用接地金属隔板将辅助回路和高压部件隔开。

——所有电压互感器的主回路中有限流熔断器。保护互感器的主回路熔断器应这样安装, 在触及之前熔断器必须断开高压回路。高压回路断开后, 规定电压互感器的低压回路断开或接地。对进行断开操作以消除静电电荷期间高压绕组和/或熔断器的接地作出规定。

E.3 按照本标准的定义, DL/T 404—1997 定义的铠装式的类型

对下述通用设计, 只要满足相关的特性和要求, DL/T 404—1997 的分类和新的分类有以下关系:

DL/T 404—1997 的有可抽出断路器和金属活门的金属铠装式是本标准的 LSC2B-PM 类。

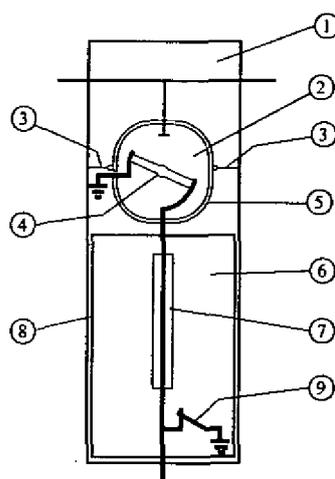
DL/T 404—1997 的有可抽出断路器和绝缘活门的金属铠装式是本标准的 LSC2B-PI 类。

DL/T 404—1997 的有可抽出断路器的间隔式是本标准的 LSC2B-PI 类。

DL/T 404—1997 的其他间隔式或箱式是本标准的 LSC1、LSC2A-PI 或 SC2B-PI 类, 根据结构情况具体决定。

E.4 熔断器—负荷开关型供电装置的示例(见图 E.1)

母线、熔断器/电缆、负荷开关隔室型式和可触及类型见表 E.3。



①—母线隔室；②—充气隔室；③—金属隔板；④—负荷隔离开关/隔离开关（位于断开位置并接地）；

⑤—绝缘外壳；⑥—熔断器/电缆隔室；⑦—熔断器；⑧—与接地开关联锁的门；

⑨—与负荷隔室开关/隔室开关联锁的接地开关

图 E.1 熔断器—负荷开关型供电装置

表 E.3 隔室的型式和可触及类型

隔室	母线室	熔断器/电缆	负荷开关
型式（固定式/抽出式）	固定式	固定式	固定式
可触及类型（联锁控制的/程序控制的/依靠工具的/不可触及）	依靠工具的	联锁控制的	不可触及

正常运行不需要触及熔断器/电缆隔室（即更换熔丝），所以应是联锁控制的或程序控制的可触及隔室。此例中是联锁控制的可触及隔室。

表 E.4 打开隔室时可以继续带电的开关设备和控制设备部件

		可以继续带电的开关设备和控制设备部件	
		对应功能单元的电缆	其他所有单元
打算打开的隔室	熔断器/电缆隔室	不可以	可以
	母线隔室负荷	没关系：单母线设备 （见 3.131.1）	没关系：单母线设备 （见 3.131.1）
	开关隔室	没关系：不可触及	没关系：不可触及

打开功能单元熔断器/电缆的隔室，其他功能单元都可以继续保持带电，可以继续运行。但是，熔断器隔室的电缆不能继续保持带电。

打开的熔断器/电缆隔室和带电母线之间的金属隔板中有断点。也就是负荷开关隔室的绝缘隔板。新的分类是 LSC2A-PI；过去的分类是间隔式。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4109—1999. 高压套管技术条件 (eqv IEC 60137: 195)
 - [2] GB 7674—1997. 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备 (eqv IEC 60517: 1990)
 - [3] EN 50187: 1996 1kV~52kV 交流开关设备和控制设备的充气隔室
 - [4] 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
-