



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 3906—2020  
代替 GB/T 3906—2006

## 3.6 kV~40.5 kV 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 3.6 kV and up to and including 40.5 kV

(IEC 62271-200:2011, High-voltage switchgear and controlgear—  
Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages  
above 1 kV and up to and including 52 kV, MOD)

2020-03-31 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 正常和特殊使用条件 .....	8
5 额定值 .....	8
5.1 概述 .....	8
5.2 额定电压( $U_n$ ) .....	8
5.3 额定绝缘水平 .....	8
5.4 额定频率( $f_n$ ) .....	8
5.5 额定电流和温升 .....	8
5.6 额定短时耐受电流 .....	9
5.7 额定峰值耐受电流 .....	9
5.8 额定短路持续时间 .....	9
5.9 合、分闸装置和辅助、控制回路的额定电源电压( $U_c$ ) .....	9
5.10 合、分闸装置和辅助、控制回路的额定电源频率 .....	9
5.11 可控压力系统的压缩气源的额定压力 .....	9
5.12 绝缘和/或操作用的额定充入水平 .....	9
5.101 内部电弧级(IAC)的额定值 .....	10
5.102 额定电缆试验电压 .....	10
6 设计和结构 .....	11
6.1 概述 .....	11
6.2 对开关设备和控制设备中液体的要求 .....	11
6.3 对开关设备和控制设备中气体的要求 .....	11
6.4 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 .....	11
6.5 接地 .....	12
6.6 辅助设备和控制设备 .....	13
6.7 动力操作 .....	13
6.8 储能操作 .....	13
6.9 不依赖人力的操作 .....	13
6.10 脱扣器的操作 .....	13
6.11 低压力闭锁、高压力闭锁和监视装置 .....	13
6.12 铭牌 .....	13
6.13 联锁装置 .....	15
6.14 位置指示 .....	15
6.15 外壳的防护等级 .....	15
6.16 户外绝缘子的爬电距离 .....	16

6.17	气体和真空的密封 .....	16
6.18	液体的密封 .....	16
6.19	火灾(易燃性) .....	16
6.20	电磁兼容性(EMC) .....	16
6.21	X射线发射 .....	16
6.22	腐蚀 .....	16
6.101	内部电弧故障 .....	16
6.102	外壳 .....	17
6.103	高压隔室 .....	18
6.104	可移开部件 .....	20
6.105	电缆绝缘试验的规定 .....	21
7	型式试验 .....	21
7.1	总则 .....	21
7.2	绝缘试验 .....	22
7.3	无线电干扰电压(r.i.v.)试验 .....	25
7.4	回路电阻的测量 .....	25
7.5	温升试验 .....	26
7.6	短时耐受电流和峰值耐受电流试验 .....	26
7.7	防护等级验证 .....	28
7.8	密封试验 .....	28
7.9	电磁兼容性试验(EMC) .....	28
7.10	辅助和控制回路的附加试验 .....	28
7.11	真空灭弧室的X射线试验程序 .....	29
7.101	关合和开断能力的验证 .....	29
7.102	机械操作试验 .....	30
7.103	充气隔室的压力耐受试验和气体状态测量 .....	31
7.104	防止危险电气效应的人员防护的验证试验 .....	31
7.105	气候防护试验 .....	32
7.106	内部电弧试验 .....	32
7.107	主回路中主要元件采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备的性能验证试验 .....	35
8	出厂试验 .....	36
8.1	概述 .....	36
8.2	主回路的绝缘试验 .....	37
8.3	辅助和控制回路的试验 .....	37
8.4	主回路电阻的测量 .....	37
8.5	密封试验 .....	37
8.6	设计检查和外观检查 .....	37
8.101	局部放电测量 .....	37
8.102	机械操作试验 .....	37
8.103	充气隔室的压力试验 .....	37
8.104	电气、气动和液压辅助装置的试验 .....	38
8.105	现场安装后的试验 .....	38

8.106	现场充流体后的流体状态测量 .....	38
9	金属封闭开关设备和控制设备的选用导则 .....	38
9.1	概述 .....	38
9.101	额定值的选择 .....	38
9.102	设计和结构的选择 .....	39
9.103	内部电弧故障 .....	41
9.104	技术要求、额定值和可选试验的摘要 .....	44
9.105	接地回路的额定值 .....	47
9.106	电缆试验的额定值 .....	47
10	随订货单、投标书和询问单一起提供的资料 .....	47
10.1	概述 .....	47
10.2	应随订货单和询问单一起提供的资料 .....	47
10.3	投标时应提供的资料 .....	48
11	运输、储存、安装、运行和维护规则 .....	48
11.1	概述 .....	48
11.2	运输、储存和安装时的条件 .....	48
11.3	安装 .....	48
11.4	运行 .....	49
11.5	维护 .....	49
12	安全 .....	49
12.1	概述 .....	49
12.101	程序 .....	49
12.102	内部电弧方面 .....	49
13	产品对环境的影响 .....	49
附录 A (资料性附录)	本标准与 IEC 62271-200:2011 的章条编号对照一览表 .....	50
附录 B (规范性附录)	内部电弧故障——验证内部电弧类别(IAC)的方法 .....	58
附录 C (资料性附录)	固体绝缘封闭开关设备和控制设备的电击防护等级 .....	71
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 .....	75
附录 E (规范性附录)	用于严酷气候条件下的 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备的附加要求 .....	76
附录 F (规范性附录)	局部放电测量 .....	82
附录 G (资料性附录)	解释性的注解 .....	87
参考文献	.....	91

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 3906—2006《3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》，与 GB/T 3906—2006 相比，主要技术变化如下：

- 增加了固体绝缘包覆元件等术语(见第 3 章)；
- 增加了内部电弧级(IAC)的额定值,并规定了额定电弧故障电流和额定电弧故障持续时间(见 5.101)；
- 增加了额定电缆试验电压额定值,并对交直流试验电压均做出了规定(见 5.102)；
- 增加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(见 6.4)；
- 增加了 X 射线发射试验(见 6.21)；
- 增加了对正常生产产品每隔八年进行绝缘试验的要求(见 7.1)；
- 增加了“对于隔室采用空气绝缘以及主回路均采用固体绝缘材料包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,若其在凝露和污秽方面的使用条件严于本标准规定的正常使用条件,则应按照附录 E 进行试验,其他类型的金属封闭开关设备和控制设备可由按制造厂和用户之间的协议确定”(见 7.2.9)；
- 增加了对于充流体的和/或主回路均采用固体绝缘材料包覆元件开关设备和控制设备的试验要求(见 7.2.10)；
- 明确了电缆试验回路的试验电压值和试验持续时间(见 7.2.101)；
- 增加了对门或盖板、活门、错误方向等的试操作要求,对人力操作手柄提出试验要求,要求对防止接近操作接口的其他装置和滑道完整性进行验证,并对电机驱动联锁提出补充试验要求,以及对上述所有试验给出判据(见 7.102.2)；
- 增加了主回路均采用固体绝缘包覆元件的性能验证试验(见 7.107)；
- 重新划分设备运行连续性为四个等级 LSC1/2/2A/2B,并给出示例(见 9.102.3)；
- 调整 9.103 内容,增加了 IAC 类别等内容,将 GB/T 3906—2006 表 3 调整到 9.104 中；
- 增加了接地回路的额定值以及电缆试验的额定值(见 9.105、9.106)；
- 增加了产品对环境的影响(见第 13 章)；
- 增加了本标准与 IEC 62271-200:2011 的章条编号对照(见附录 A)；
- 增加了固体绝缘封闭开关设备和控制设备的电击防护等级(见附录 C)；
- 按 IEC 62271-304 重新修改了附录 E；
- 调整最大允许的局部放电量,充流体的和/或主回路均采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,在试验电压下的最大允许局部放电量确定为 20 pC,对于其他类型的金属封闭开关设备和控制设备,要求局部放电测量试验满足总装不大于 100 pC(见 F.5)。

本标准使用重新起草法修改采用 IEC 62271-200:2011《高压开关设备和控制设备 第 200 部分:额定电压 1 kV 以上 52 kV 及以下交流金属封闭开关设备和控制设备》。

本标准与 IEC 62271-200:2011 相比在结构上有较多调整,附录 A 中列出了本标准与 IEC 62271-200:2011 的章条编号对照一览表。

本标准与 IEC 62271-200:2011 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下：

- 用修改采用国际标准的 GB/T 1984—2014 代替了 IEC 62271-100;
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 1985—2014 代替了 IEC 62271-102;
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 2900.20—2016 代替了 IEC 60050-441:1984;
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 3804 代替了 IEC 62271-103;
  - 用等同采用国际标准的 GB/T 4208—2017 代替了 IEC 60529:1989;
  - 用等同采用国际标准的 GB/T 7354 代替了 IEC 60270;
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 11022—2011 代替了 IEC 62271-1:2007;
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 16926 代替了 IEC 62271-105;
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 16927.1—2011 代替了 IEC 60060-1;
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 20002.4—2015 代替了 ISO/IEC Guide 51:2014;
  - 用等同采用国际标准的 GB/T 20138 代替了 IEC 62262;
  - 删除了引用 IEC 60050-151、IEC 60470:1999、IEC 62271-201:2006、IEC/TS 62271-304;
  - 增加引用了 GB/T 762、GB/T 1408.1—2016、GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.22、GB/T 8905—2012、GB/T 14808—2016;
- 修改了“范围”:IEC 62271-200:2011 中的 1.1 规定为 1 kV 及以上但不超过 52 kV,根据我国的实际电网情况,改为:3.6 kV~40.5 kV;IEC 62271-200:2011 中的 1.1 规定频率为 60 Hz 及以下,本标准改为 50 Hz 及以下(见第 1 章);
- 增加了“固体绝缘包覆元件”等术语(见第 3 章);
- 增加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(见 6.4);
- 增加了对正常生产产品每隔八年的试验要求(见 7.1);
- 增加了“对于隔室采用空气绝缘以及主回路均采用固体绝缘材料包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,若其在凝露和污秽方面的使用条件严于本标准规定的正常使用条件,则应按照附录 E 进行试验,其他类型的金属封闭开关设备和控制设备可由按制造厂和用户之间的协议确定”(见 7.2.9);
- 增加了对于充流体的和/或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的试验要求(见 7.2.10);
- 增加了主回路均采用固体绝缘包覆元件的性能验证试验(见 7.107);
- 增加了本标准与 IEC 62271-200:2011 的章条编号对照(见附录 A);
- 增加了固体绝缘封闭开关设备和控制设备的电击防护等级(见附录 C);
- 增加了根据短时持续电流的热效应计算裸导体横截面积的方法(见附录 D);
- 增加了用于严酷气候条件下的 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备的附加要求(见附录 E);
- 充流体的和/或主回路均采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,在试验电压下的最大允许局部放电量确定为 20 pC,对于其他类型的金属封闭开关设备和控制设备,要求局部放电测量试验满足总装不大于 100 pC(见 F.5);
- 删除了原附录 C 区域差异。
- 本标准做了下列编辑性修改:
- 为与我国现有技术标准体系一致,将标准名称改为《3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》;
- 增加了解释性的注解(见附录 G)。
- 本标准由中国电器工业协会提出。
- 本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会(SAC/TC 65)归口。
- 本标准起草单位:西安高压电器研究院有限责任公司、上海天灵开关厂有限公司、中国电力科学研

究院有限公司、机械工业高压电器设备质量检测中心、施耐德电气(中国)有限公司、ABB(中国)有限公司、施耐德电气(厦门)开关设备有限公司、厦门华电开关有限公司、北京科锐配电自动化股份有限公司、河南森源电气股份有限公司、西电宝鸡电气有限公司、中国电力科学研究院电力工业电气设备质量检验检测中心、上海电气输配电试验中心有限公司、天水长城开关厂有限公司、国网辽宁省电力有限公司、库柏(宁波)电气有限公司、华仪电气股份有限公司、国网安徽省电力公司电力科学研究院、北京北开电气股份有限公司、西门子(中国)有限公司上海分公司、浙江八达电子仪表有限公司时通电气分公司、国网浙江省电力公司金华供电公司、平高集团有限公司、云南电网有限责任公司电力科学研究院、国网四川省电力公司电力科学研究院、江苏南瑞泰事达电气有限公司、西门子中压开关技术(无锡)有限公司、厦门ABB开关有限公司、合肥工业大学建筑设计研究院、湖州泰灵电力设备有限公司、广东番禺开电气设备制造有限公司、杭州电力设备制造有限公司临安恒信成套电气制造分公司、福建森达电气股份有限公司、安徽中电兴发与鑫龙科技股份有限公司、江苏大全长江电器股份有限公司、深圳市金博联电力技术有限公司、正泰电气股份有限公司、四川华一电器有限公司、东芝白云真空开关管(锦州)有限公司、江苏华冠电器集团有限公司、川开电气有限公司、深圳市光辉电器实业有限公司、常德天马电器股份有限公司、锦州锦开电器集团有限责任公司、四川电器集团股份有限公司、河南华盛隆源电气有限公司、伊顿电力设备有限公司、日升集团有限公司、天一同益电气股份有限公司、上海天正机电(集团)有限公司、广东正超电气有限公司、益和电气集团股份有限公司、常州太平洋电力设备(集团)有限公司、江苏南瑞帕威尔电气有限公司、宁波天安(集团)股份有限公司、山东泰开真空开关有限公司、上海华银开关厂有限公司、浙江开关厂有限公司、海宁开关厂有限公司、云南云开电气股份有限公司、福州天宇电气股份有限公司、湖南开关有限责任公司、北海银河开关设备有限公司、天津市德利泰开关有限公司、宁夏力成电气集团有限公司、顺特电气设备有限公司、广东荣顺电气有限公司、宁波舜利高压开关科技有限公司、上海正昊电力科技有限公司、厦门兴厦控电气有限公司。

本标准主要起草人：张晋波、田恩文、吴鸿雁、张子晓、元复兴、谭燕、冯武俊、颜莉萍、王平、董玮、韩辰光、郝宇亮、胡晶、刘志强、李强、韩筛根、张振乾、杨英杰、雷小强、陈国春、宋葆春、吴炳昌、游一民、苏平、胡兆明、王岩、马炳烈、刘洋、寇政理、吴春九、冯秀鸽、于庆瑞、刘爱华、崔文军、沈忠威、李玲、刘成学、田晓越、杨为、李宾宾、乔众、代安来、古龙江、唐军、叶树新、卢德银、袁端磊、王向克、彭晶、王嘉易、戴永正、韩锦明、陈星、王德龙、杨之俊、王志清、陆以安、王万亭、陈泽银、李开明、独田娃、王建文、陈泰、杨建发、常玉斌、刘俊峰、姬广辉、黄贤德、冯家祥、王冬梅、杨勇、唐金萍、王腊洪、樊建荣、林爱民、危军、王存富、陈炎亮、孔祥冲、袁春萍、姚淮林、林复明、朱佩龙、秦成伟、金兴龙、吴卫国、俞慧忠、封东良、龚绍成、陈静、谭卫光、周振业、赵振和、金军业、张发金、陈兆锦、胡光福、曹安春、冯建兴。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 3906—1983、GB 3906—1991、GB/T 3906—2006。

## 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭 开关设备和控制设备

### 1 范围

本标准规定了 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备的术语和定义、使用条件、额定值、设计与结构、型式试验、出厂试验等各项技术要求。

本标准适用于工厂装配的、额定电压为 3.6 kV~40.5 kV、户内或户外安装的、频率为 50 Hz 及以下的交流金属封闭开关设备和控制设备,其外壳内可能装有固定式或可移开式的元件,并可能充有绝缘和/或开断用流体(液体或气体)。

注 1: 本标准主要是针对三相系统,但也可用于单相或两相系统。

根据以下几点,本标准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: 设备的安全性取决于产品的设计、制造、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,设计压力不超过 0.3 MPa(相对压力)时本标准适用。

注 3: 设计压力超过 0.3 MPa(相对压力)的充气隔室应按 GB/T 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,例如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。

装于金属封闭开关设备和控制设备中的各元件按照各自标准的规定进行设计和试验。考虑到各个元件在成套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做了补充。

本标准不排除在同一外壳中使用其他设备,此时有必要考虑设备对成套开关设备和控制设备造成的影响。

注 4: 具有绝缘外壳的成套开关设备和控制设备,参照 IEC 62271-201:2014 的规定。

本标准也适用于额定电压 40.5 kV 以上、采用空气绝缘或充气隔室、设计压力不超过 0.3 MPa(相对压力)的金属封闭开关设备和控制设备。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 762 标准电流等级(GB/T 762—2002,eqv IEC 60059:1999)

GB/T 1408.1—2016 绝缘材料电气强度试验方法 第 1 部分:工频下试验(IEC 60243-1:2013, IDT)

GB/T 1984—2014 高压交流断路器(IEC 62271-100:2008,MOD)

GB/T 1985—2014 高压交流隔离开关和接地开关(IEC 62271-102:2001 + A1:2011,MOD)

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 A:低温(GB/T 2423.1—2008,IEC 60068-2-1:2007,IDT)

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 B:高温(GB/T 2423.2—

2008, IEC 60068-2-2:2007, IDT)

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化(GB/T 2423.22—2012, IEC 60068-2-14:2009, IDT)

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)

GB/T 3804 3.6 kV~40.5 kV 高压交流负荷开关(GB/T 3804—2017, IEC 62271-103:2011, MOD)

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)(IEC 60529:2013, IDT)

GB/T 7354 局部放电测量(GB/T 7354—2018, IEC 60270:2000, MOD)

GB/T 8905—2012 六氟化硫电气设备中气体管理和检验导则(IEC 60480:2004, 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(IEC 62271-1:2007, MOD)

GB/T 14808—2016 高压交流接触器,基于接触器的控制器及电动机起动器(IEC 62271-106:2011, MOD)

GB/T 16926 高压交流负荷开关 熔断器组合电器(GB/T 16926—2009, IEC 62271-105:2002, MOD)

GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第1部分:一般定义及试验要求(IEC 60060-1:2010, MOD)

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

GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IEC代码)(GB/T 20138—2006, IEC 62262:2002, IDT)

### 3 术语和定义

GB/T 2900.20—2016和GB/T 11022—2011界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 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,以及这些装置和设备同相关的电气连接、辅件、外壳和支撑件的总装的总称。

[GB/T 2900.20—2016, 定义 3.1]

#### 3.102

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

除进出线外,其余完全被接地金属外壳封闭的开关设备和控制设备。

[GB/T 2900.20—2016, 定义 4.4]

#### 3.103

**功能单元** **functional unit**

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1:功能单元可以根据预定的功能来区分,例如进线单元、出线单元等。

注2:改写 GB/T 2900.20—2016, 定义 5.5。

#### 3.104

**多层设计** **multi-tier design**

两个或多个功能单元的主开关装置垂直布置(一个在另一个上面)在一个公共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,它能够对外界影响提供规定的防护等级,对防止人员接近和触及带电部件以及触及运动部件提供规定的防护等级。

注:改写 GB/T 2900.20—2016,定义 5.1。

## 3.107

**高压隔室 high-voltage compartment**

金属封闭开关设备和控制设备的隔室,包含高压导电部件,除内部连接、控制或通风所必要的开孔外,其余均封闭。

注1:隔室分为四种类型,其中三种可以打开,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2:GB/T 2900.20—2016 的 5.6 给出了隔室的一般定义,即“总装的一部分,除内部连接、控制或通风所必要的开孔外,其余均封闭。”

注3:隔室可能包括挡板、结构件或元件,它们提供机械或绝缘等多种功能,但不同于隔板或外壳的功能。

注4: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**

按制造厂的规定,可以打开进行正常操作和/或正常维护,触及受开关设备和控制设备总体设计控制的高压隔室。

注:安装、扩展和修理等不是正常的维护。

## 3.107.2

**基于程序的 可触及隔室 procedure-based accessible compartment**

按制造厂的规定,可以打开进行正常操作和/或正常维护,触及受适当的程序结合锁具控制的高压隔室。

注:安装、扩展和修理等不是正常的维护。

## 3.107.3

**基于工具的可触及隔室 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。

注:可能要求有专门的程序。

## 3.107.4

**不可触及隔室 non-accessible compartment**

不可以打开的高压隔室。

注:打开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。

注:例如电缆连接隔室。

## 3.108

**隔板 partition**

金属封闭开关设备和控制设备的一个部件,它将一个高压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可以成为隔板的组成部分。

注 2：隔板可以装有允许隔室间相互连接的部件(例如套管)。

注 3：改写 GB/T 2900.20—2016,定义 5.7。

### 3.109

**隔板的等级 partition class**

根据隔板所用的是金属还是非金属材料确定其分类。

#### 3.109.1

**PM 级隔板 partition class PM**

在打开的隔室和高压带电部件之间,金属封闭开关设备和控制设备具有的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**

在打开的隔室和高压带电部件之间,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,一个位置是允许可移开部件的触头或隔离开关的动触头与固定触头接合,在另一个位置,它成为外壳或隔板的一部分,遮住固定触头。

注：改写 GB/T 2900.20—2016,定义 5.8。

### 3.111

**(导体的)分隔 segregation(of conductors)**

导体之间插有接地金属件,使破坏性放电只能发生在(导体)对地之间的一种导体布置方式。

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：本定义没有规定任何机械防护(IP 和 IK)。

注 3：改写 GB/T 2900.20—2016,定义 3.11。

### 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(例如断路器、隔离开关、接地开关、负荷开关、熔断器、互感器、套管、母线等)。

### 3.114

**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。

### 3.115

**主回路 main circuit**

金属封闭开关设备和控制设备中承载额定电流的回路中的所有高压导电部件。

注：改写 GB/T 2900.20—2016,定义 5.2。

### 3.116

**接地回路 earthing circuit**

用来将高压导电部件同设施的接地系统相连的导体、连接端子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的部件是接地回路的一部分,见 6.5。

## 3.117

**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、信号和调节回路(非高压部件)的所有导电部件。

注：改写 GB/T 2900.20—2016，定义 5.4。

## 3.118

**压力释放装置 pressure relief device**

用于释放隔室过压力的装置。

## 3.119

**充流体隔室 fluid-filled compartment**

金属封闭开关设备和控制设备的高压隔室，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。

## 3.119.1

**充气隔室 gas-filled compartment**

开关设备和控制设备的隔室，隔室内部的气体压力由下列一种系统保持：

- a) 可控压力系统；
- b) 封闭压力系统；
- c) 密封压力系统。

注：几个充气隔室相互间可以永久联接成一公共的气体系统(气密性装配)。

[GB/T 11022—2011，定义 3.6.6.1]

## 3.119.2

**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，其中充有液体，内部的压力为大气压力，或其压力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。

注：压力系统参见 GB/T 11022—2011 的 3.6.5。

## 3.120

**相对压力 relative pressure**

相对于标准大气压力 101.3 kPa 的压力。

## 3.121

**(充流体隔室的)最低功能水平 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。

注：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。

## 3.122

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

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。

## 3.123

**(充流体隔室的)设计温度 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。

## 3.124

**(金属封闭开关设备和控制设备的)周围空气温度 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。

3.125

**可移开部件 removable part**

金属封闭开关设备和控制设备中能够被完全移出并能被替换的连接到主回路中的部件(即使功能单元的主回路带电也不例外)。

注: 改写 GB/T 2900.20—2016, 定义 5.9。

3.126

**可抽出部件 withdrawable part**

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

注: 改写 GB/T 2900.20—2016, 定义 5.10。

3.127

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

为完成预定的功能, 可移开部件处于完全接通的位置。

注: 改写 GB/T 2900.20—2016, 定义 8.25。

3.128

**接地位置 earthing position**

可移开部件的位置或隔离开关的状态。

注 1: 在此状态下, 机械开关装置的所有操作使主回路短路并接地。

注 2: 改写 GB/T 2900.20—2016, 定义 8.26。

3.129

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

可抽出部件的位置, 在此位置, 主回路形成一个隔离断口或分隔, 辅助回路是接通的。

注: 改写 GB/T 2900.20—2016, 定义 8.27。

3.130

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

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

注 1: 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。

注 2: 改写 GB/T 2900.20—2016, 定义 8.28。

3.131

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

可移开部件的位置, 可移开部件在外壳外面, 且与外壳脱离了机械和电气联系。

注: 改写 GB/T 2900.20—2016, 定义 8.29。

3.132

**丧失运行连续性类别 loss of service continuity category; LSC**

根据主回路隔室打开时其他隔室和/或功能单元是否可继续带电划分的设备类别, 可触及隔室如 3.107.1~3.107.3 的规定。

注 1: LSC 类别描述了当需要触及高压隔室时开关设备和控制设备可以保持运行的程度。认为有必要打开装有带电设备的高压隔室的程度取决于多种因素(见 9.102)。

注 2: LSC 类别不规定开关设备和控制设备的可靠性类别(见 9.103)。

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。

3.132.1

**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, 且单母线开关设备的母线连接隔室除外)

的功能单元。

注 1: 该隔室打开时,至少一条母线能保持带电且所有其他功能单元可以正常运行。

注 2: 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。

### 3.132.2

**LSC2A 类功能单元 category LSC2A functional unit**

如果任何一个可触及隔室(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他功能单元能够正常运行的 LSC2 类功能单元。

### 3.132.3

**LSC2B 类功能单元 category LSC2B functional unit**

如果功能单元的任何其他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)能保持带电的 LSC2A 类功能单元。

### 3.132.4

**LSC1 类功能单元 category LSC1 functional 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,至少一个其他功能单元不能保持带电。

### 3.133

**内部电弧级开关设备和控制设备 internal arc classified switchgear and controlgear, IAC**

经型式试验验证、在内部电弧情况下,为人员提供规定的保护要求的金属封闭开关设备和控制设备。

注: 内部电弧类别通过 3.133.1—3.133.4 给出的特征来描述。

#### 3.133.1

**可触及性的型式 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。

#### 3.133.2

**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。

#### 3.133.3

**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、与人员保护相关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。

#### 3.133.4

**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、与人员保护相关的内部电弧故障电流的持续时间。

### 3.134

**防护等级 degree of protection**

外壳以及隔板或活门(适用时)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,并由标准试验方法验证过的保护程度。

### 3.135

**破坏性放电 disruptive discharge**

在电场作用下伴随绝缘破坏而产生的一种现象,此时放电完全跨接了被试绝缘,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，会导致永久地丧失绝缘强度（非自恢复绝缘），而在液体和气体介质中可能仅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时，叫做“火花放电”；破坏性放电发生在气体或液体介质中的固体介质表面时，叫做“闪络”；破坏性放电贯穿于固体介质时，叫做“击穿”。

#### 4 正常和特殊使用条件

按 GB/T 11022—2011 中第 2 章的规定，并做如下补充：

除本标准中另有规定外，金属封闭开关设备和控制设备是按正常使用条件设计的。

#### 5 额定值

##### 5.1 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( $I_r$ )（主回路的）；
- e) 额定短时耐受电流( $I_k, I_{kw}$ )（主回路的和接地回路的）；
- f) 额定峰值耐受电流( $I_p, I_{pw}$ )（主回路的和接地回路的）；
- g) 额定短路持续时间( $t_k, t_{kw}$ )（主回路的和接地回路的）；
- 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）；
- j) 内部电弧级别(IAC)的额定值（如果制造厂有规定）。

##### 5.2 额定电压( $U_r$ )

按 GB/T 11022—2011 中 4.2 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。

##### 5.3 额定绝缘水平

按 GB/T 11022—2011 中 4.3 的规定。

##### 5.4 额定频率( $f_r$ )

按 GB/T 11022—2011 中 4.4 的规定，并做如下补充：

金属封闭开关设备和控制设备的标准值为 50 Hz。

##### 5.5 额定电流和温升

###### 5.5.1 额定电流( $I_r$ )

按 GB/T 11022—2011 中 4.5.1 的规定，并做如下补充：

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

###### 5.5.2 温升

按 GB/T 11022—2011 中 4.5.2 的规定，并做如下补充：

金属封闭开关设备和控制设备中各元件的温升应按照它们各自技术规范,其温升不得超过这些元件的相关标准中规定的限值。

当考虑母线的最高允许温度或温升时,应根据工作情况,按触头、连接及与绝缘材料接触的金属部件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应超过 30 K。对可触及而在正常运行时毋需触及的外壳和盖板,如果公众不可触及,则其温升极限可增加 10 K。

## 5.6 额定短时耐受电流

对于额定短时耐受电流  $I_k$  和  $I_{ks}$ ,GB/T 11022—2011 的 4.6 适用并做如下补充:

——主回路额定短时耐受电流  $I_k$ ;

注 1: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。但是,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。

——接地回路额定短时耐受电流  $I_{ks}$ ;

该值可以不同于主回路的数值。

注 2:接地回路适用的短路电流额定值取决于所用的系统中性点的接地类型。见 9.105。

## 5.7 额定峰值耐受电流

GB/T 11022—2011 中 4.7 适用并做如下补充:

——主回路额定峰值耐受电流  $I_p$ ;

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。但是,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。

——接地回路额定峰值耐受电流  $I_{ps}$ 。

该值可以不同于主回路的数值。

## 5.8 额定短路持续时间

GB/T 11022—2011 中 4.8 适用并做如下补充:

——主回路额定短路持续时间  $t_k$ ;

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。

——接地回路额定短路持续时间  $t_{ks}$ ;

该值可以不同于主回路的数值。

## 5.9 合、分闸装置和辅助、控制回路的额定电源电压( $U_n$ )

按 GB/T 11022—2011 中 4.9 的规定。

## 5.10 合、分闸装置和辅助、控制回路的额定电源频率

按 GB/T 11022—2011 中 4.10 的规定。

## 5.11 可控压力系统的压缩气源的额定压力

按 GB/T 11022—2011 中 4.11 的规定。

## 5.12 绝缘和/或操作作用的额定充入水平

按 GB/T 11022—2011 中 4.12 的规定。

### 5.101 内部电弧级(IAC)的额定值

#### 5.101.1 概述

如果制造厂规定了 IAC 类别,应规定包括可触及性的型式、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。

#### 5.101.2 可触及性的型式

在安装现场金属封闭开关设备和控制设备外壳的可触及性型式定义为三种类别:

A 类可触及性:仅限于授权的人员;

B 类可触及性:未授权的可触及性,包括一般公众;

C 类可触及性:安装限制的可触及性,一般公众接触不到或者位置较高。

对于 C 类可触及性,制造厂应规定最小的接近距离(见图 B.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 类别不适用于敞开的隔室和有电弧防护的隔室。IEEE C37.20.7 给出了这些内容,对于敞开的低压隔室为 B 类设计,对于电弧防护的隔室为 C 类设计。

#### 5.101.3 面板的类别

满足内部电弧试验判据的外壳面板的 A 类和 B 类可触及性标识为:

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 类可触及性的开关设备和控制设备。

#### 5.101.4 额定电弧故障电流( $I_A, I_{Ar}$ )

额定电弧故障电流的标准值应从 GB/T 762 规定的 R10 数系中选取。

电弧故障电流分为两个额定值:

a) 三相电弧故障电流( $I_A$ );

b) 适用时,单相对地电弧故障电流( $I_{Ar}$ )。

如果仅规定了三相额定值,单相额定值默认为三相额定值的 87%,且不需规定。

注 1: 制造厂规定适用于单相对地电弧故障电流额定值的隔室,宜对其具有能够防止电弧发展为多相故障结构的开关设备和控制设备规定此类数值,同时在内部电弧故障试验中进行验证。

注 2: 该 87% 的背景是两相引燃的电弧故障试验,见 B.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 B.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 9.103.6。

#### 5.101.5 额定电弧故障持续时间( $t_A, t_{Ar}$ )

对于三相电弧故障持续时间( $t_A$ )的标准推荐值为 0.1 s、0.5 s 和 1 s。

如果适用,单相对地电弧故障的试验持续时间( $t_{Ar}$ )应由制造厂规定。

注: 通常不可能对不同于试验中所用的电流计算出允许的电弧持续时间。

### 5.102 额定电缆试验电压

#### 5.102.1 概述

如果开关设备的设计允许电缆和开关设备连接时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。

#### 5.102.2 额定工频电缆试验电压 $U_{ca}$ (交流)

额定工频电缆试验电压是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。

#### 5.102.3 额定直流电缆试验电压 $U_{ca}$ (直流)(适用时)

额定直流电缆试验电压是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,可以认为采用非常低频率的试验电压(例如 0.1 Hz)也适用。IEEE 400.2 中给出了导则。

## 6 设计和结构

### 6.1 概述

金属封闭开关设备和控制设备的设计应使得下述操作可以安全地进行:

- 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、连接电缆或其他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的电流额定值和绝缘水平的可移开部件和元件,以代替相同或者较小的电流额定值和绝缘水平的可移开部件和元件。这通常不适用于限流装置。

注:配装较高额定值的可移开部件或元件并不会必然提高功能单元的能力,也不意味着功能单元能够在可移开部件或元件提高后的额定值下运行。

装于外壳内的各种元件都应满足各自的技术要求。

主回路有限流熔断器时,开关设备和控制设备制造厂可以对熔断器下游的主回路规定熔断器的允通电流的最大峰值和热耳积分。

### 6.2 对开关设备和控制设备中液体的要求

按 GB/T 11022—2011 中 5.1 的规定。

### 6.3 对开关设备和控制设备中气体的要求

按 GB/T 11022—2011 中 5.2 的规定,并做如下补充:

可使用满足 GB/T 8905—2012 规定的 SF<sub>6</sub> 气体。

注:六氟化硫的处理参见 GB/T 28534—2012 和 GB/T 28537—2012。

当充气隔室充有非 SF<sub>6</sub> 气体时,使用的气体应满足制造商与用户协商的技术要求。

充气隔室中气体水分含量不应大于 2 000 μL/L。

### 6.4 对开关设备和控制设备中主回路均采用固体绝缘覆盖元件的要求

采用固体绝缘覆盖元件的金属封闭开关设备和控制设备,应在电气和机械性能方面经过相应的验证;其在金属封闭开关设备和控制设备中使用时,应考虑由于产品结构等因素对电场分布等方面的

影响。

元件的固体绝缘表面采用半导体或金属涂层时,在产品正常使用期间,涂层应保证接地的连续性。

## 6.5 接地

### 6.5.1 概述

按 GB/T 11022—2011 中 5.3 的规定,并做如下补充。

### 6.5.2 高压导电部件的接地

为了确保维护时的人员安全,规定或需要触及的主回路中的所有部件都应能事先接地,这不包括与开关设备和控制设备分离后变成可触及的可移开部件。

### 6.5.3 外壳的接地

每个功能单元的外壳都应连接到接地系统。固定在外壳上的小部件,只要直径不超过 12.5 mm,就不需要连接到接地系统,例如螺母。除高压回路和辅助回路外的所有要接地的金属零件也应连接到接地系统。

通过框架、盖板、门、隔板或其他构件间的电气连续性确保功能单元内部的相互连接(例如通过螺钉或焊接方法固定)。高电压隔室的门应采用适当的方法连接到框架。

在最后安装时,运输单元应相互连接。邻近运输单元间的该连接应能承受接地回路的额定短时耐受电流和峰值耐受电流。

注 1: 外壳和门参见 6.102。

注 2: 完整设施要求 EMC 时,开关设备和控制设备的接地回路可能要求特殊的方法。

注 3: 固体绝缘封闭开关设备和控制设备的电击防护等级参见附录 C。

### 6.5.4 接地装置的接地

当接地连接应承受全部的三相短路电流值(例如短路连接用于接地装置情况下)时,这些连接应选用相应的尺寸。

### 6.5.5 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分在试验位置和隔离位置以及所有的中间位置时均应保持接地。在所有位置,接地连接的载流能力不应小于对外壳的要求值(见 6.102.1)。

插入时,通常接地的可移开部件的金属部分应在主回路的可移开部件与固定触头接触之前接地。

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,则应认为工作位置的接地连接是接地回路的一部分,并具有相关的额定值(见 5.6、5.7 和 5.8)。

### 6.5.6 接地回路

开关设备和控制设备的接地回路应能承载从每一个功能单元到与设施的接地系统连接的端子的额定短时和峰值相对地耐受电流。

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 1 s 时,其中的电流密度不超过 175 A/mm<sup>2</sup>;当额定短路持续时间为 2 s 时,其中的电流密度不超过 125 A/mm<sup>2</sup>;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/mm<sup>2</sup>;当额定短路持续时间为 4 s 时,其中的电流密度不超过 95 A/mm<sup>2</sup>。

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电流,经过这样的事件后可能需要维护。见 9.105。

如果开关设备和控制设备采用了专门的接地导体作为接地回路,其横截面积不应小于  $30 \text{ mm}^2$ 。

#### 6.6 辅助设备和控制设备

按 GB/T 11022—2011 中 5.4 的规定。

#### 6.7 动力操作

按 GB/T 11022—2011 中 5.5 的规定。

#### 6.8 储能操作

按 GB/T 11022—2011 中 5.6 的规定。

#### 6.9 不依赖人力的操作

按 GB/T 11022—2011 中 5.7 的规定。

#### 6.10 脱扣器的操作

按 GB/T 11022—2011 中 5.8 的规定。

#### 6.11 低压力闭锁、高压力闭锁和监视装置

按 GB/T 11022—2011 中 5.9 的规定。

#### 6.12 铭牌

按 GB/T 11022—2011 中 5.10 的规定,并做如下补充:

金属封闭开关设备和控制设备的铭牌应耐久清晰、易识别,铭牌应包括表 101 规定的内容。

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			×	
制造年月			×	
适用的标准			×	
额定电压	$U_n$	kV	×	
额定频率	$f_n$	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	$U_{n(c)}$	kV	(×)	
额定直流电缆试验电压	$U_{n(d.c.)}$	kV	(×)	

表 101 (续)

项目	缩写	单位	**	条件:仅当需要时才标注	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
额定电流	$I_r$	A	×		
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	$I_{kg}$	kA	Y	不同于主回路 $I_k$ 时	
接地回路的额定峰值耐受电流	$I_{pg}$	kA	Y	不同于主回路时,且对于 50 Hz 不同于接地回路的额定短时耐受电流 $I_{kg}$ 的 2.5 倍时;对于 60 Hz 不同于接地回路的额定短时耐受电流 $I_{kg}$ 的 2.6 倍时	
接地回路的额定短路持续时间	$t_{kg}$	s	Y	不同于主回路 $t_k$ 时	
绝缘用的额定压力水平*	$P_n$	MPa 或 kg	(×)		
绝缘用的报警水平*	$P_w$	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	I SC				
绝缘流体的质量		kg	(×)		
绝缘流体的组成			(×)	例如 SF <sub>6</sub> 或 N <sub>2</sub> 等	
内部电弧试验特征	内部电弧等级	IAC	(×)		
	可触及的种类		A,B,C	(×)	
	面板的类别		F,L,R		
	电弧故障电流和持续时间	$I_A, t_A$	kA,s	(×)	
	单相相对地电弧故障电流和持续时间	$I_{Ae}, t_{Ae}$	kA,s	(×)	如果 IAC 已指定,且 $I_{Ae}$ 不同于 87% 的 $I_A$ 时

\* 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。  
 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。

在正常运行期间,符合表 101 的、包含整个开关设备和控制设备信息的铭牌应清晰可见。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要可见。

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。

充气体的金属封闭开关设备和控制设备的铭牌应包含绝缘气体的组成类型(例如 SF<sub>6</sub>、N<sub>2</sub>)等。

### 6.13 连锁装置

按 GB/T 11022—2011 中 5.11 的规定,并做如下补充:

为了防护和便于操作,设备的不同元件间应装设连锁。在设计时,应优先考虑机械连锁。在 7.102.2 规定的条件下,任何相关开关装置不正确的试操作不应损坏连锁。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处于分闸位置时才能抽出或插入。

断路器、负荷开关或接触器只有处在工作位置、隔离位置、移开位置、试验位置或接地位置时才能操作。

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都已接通时才可以工作位置合闸。相反地,断路器在工作位置处于合闸状态时辅助回路不能断开。

#### b) 装有隔离开关的金属封闭开关设备和控制设备

应装设连锁以防止在规定条件(见 GB/T 1985—2014)以外操作隔离开关。只有相关的断路器、负荷开关或接触器在分闸位置时才能操作隔离开关。

注 1: 在双母线系统,若母线切换时不中断电源,则上述规定可以不考虑。

只有相关的隔离开关处于合闸位置、分闸位置或接地位置(如果有)时,断路器、负荷开关或接触器才能操作。

附加或替代连锁的规定,应根据制造厂与用户的协议。制造厂应提供与连锁的特性和功能相关的所有必要的资料。

接地开关应与相关的隔离开关连锁。

对于那些因操作不正确而引起损坏,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(例如加装挂锁)。

如果回路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,则接地开关应与主开关装置连锁,且应采取防止主开关装置意外分闸,例如通过断开脱扣回路或阻塞机械脱扣。

注 2: 除接地开关外,也可能是其他装置处于接地位置。

如果有非机械连锁,则设计应使得在没有辅助电源时不会出现不适宜情况。但是,对于紧急控制,制造厂可给出没有连锁设施、手动操作的其他方法。在这种情况下,制造厂应明确地指明该设施,并规定操作程序。

### 6.14 位置指示

按 GB/T 11022—2011 中 5.12 的规定。此外,对于参与隔离与接地的所有装置,GB/T 1985—2014 的 5.104.3 适用。

### 6.15 外壳的防护等级

#### 6.15.1 概述

按 GB/T 11022—2011 中 5.13 的规定,并做如下补充。

#### 6.15.2 防止人员触及危险部件和设备防止固体外物进入的防护(IP 代码)

GB/T 11022—2011 的 5.13.2 适用,并做如下补充:

具体的要求在 6.102 和 6.103 中规定。

### 6.15.3 防止水浸入的防护(IP代码)

GB/T 11022—2011的5.13.3适用,并做如下补充:  
安装在户外的设备应提供最低IPX3或IPXXW防护等级。

### 6.15.4 在正常运行条件下设备防止机械撞击的防护(IK代码)

GB/T 11022—2011的5.13.4适用,并做如下补充:  
对于户内设施,最低的撞击水平为GB/T 20138规定的IK 07(2 J)。

### 6.16 户外绝缘子的爬电距离

按GB/T 11022—2011中5.14的规定。

### 6.17 气体和真空的密封

按GB/T 11022—2011中5.15的规定,并做如下补充:  
见6.103.2.3。

### 6.18 液体的密封

按GB/T 11022—2011中5.16的规定,并做如下补充:  
见6.103.2.3。

### 6.19 火灾(易燃性)

按GB/T 11022—2011中5.17的规定。

### 6.20 电磁兼容性(EMC)

按GB/T 11022—2011中5.18的规定。

### 6.21 X射线发射

GB/T 11022—2011的5.19不适用。

### 6.22 腐蚀

按GB/T 11022—2011中5.20的规定。

### 6.101 内部电弧故障

满足本标准要求的金属封闭开关设备和控制设备的设计和制造原则上应防止内部电弧故障的出现。但是,如果规定了内部电弧类别,设计的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対人员提供规定的防护水平。

如果制造厂规定了内部电弧类别且按照7.106经过型式试验验证,类别应按下述标识表示:

——类别:IAC;

——可触及性型式:A,B,C;

——外壳的面板类别:F,L,R;

——额定三相电弧故障数值:电流(kA)和持续时间(s);

——额定单相电弧故障数值(适用时):电流(kA)和持续时间(s)。

本标识应包含在铭牌中(见6.12)。

IAC 类别标识的某些示例在 9.103.6 中给出。

## 6.102 外壳

### 6.102.1 总则

安装房间的墙壁不能作为外壳的一部分。安装开关设备和控制设备下面的地板表面,可认为是外壳的一部分。安装说明书中应给出为了获取地板表面提供的防护等级所采取的方法。

外壳应是金属的。但是,只要高压部件被接地的金属隔板或活门完全封闭,外壳的部件也可以是非金属材料的。

例外情况有:

——观察窗符合 6.102.4;

——安装开关设备和控制设备下面的地板是固体的,且不允许从底部触及开关设备和控制设备。

金属封闭开关设备和控制设备安装完成后,其外壳至少要满足 GB/T 11022—2011 表 7 中的 IP2X 防护等级。在所有门和盖板都和正常工作条件一样关闭的情况下,外壳应提供规定的防护等级,这与如何将门和盖板保持在该位置无关。

可以根据 GB/T 4208—2017 规定更高的防护等级。

为了保证防护,外壳还应符合下述条件:

从外壳的金属件到规定的接地点通过 30 A(DC)电流时,其电压降最大为 3 V。

被界定为不可触及隔室的外壳部件应清楚地标明不可拆除。

外壳的水平表面(例如顶板)通常设计成不支撑人员和除总装部件外的其他设备。如果制造厂声明在运行或维护时有必要站在开关设备和控制设备上或在其上行走时,则相关的区域应设计成可以承载运行人员的重量而不出现过度变形并仍能适于运行。在这种情况下,应清晰地标明设备上那些不能安全地站立或行走的区域,例如压力释放板。

### 6.102.2 盖板和门

作为外壳一部分的盖板和门应是金属的,如果高压部件由打算接地的金属隔板或活门封闭,盖板和门也可以是绝缘材料的。

当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。

盖板和门不应使用网状的金属编制物、拉制的金属及类似的材料制成。当盖板或门上有通风通道、通风口或观察窗时,见 6.102.4 和 6.102.5。

根据高压隔室的可触及类型,把盖板和门分成两类:

#### a) 基于工具可打开的可触及隔室的盖板或门:

按照制造厂的规定,在正常运行和维护时不需要打开的盖板(固定盖板)或门。若不使用工具,此类盖板和门应不能打开、拆下或移开;

注 1: 仅在采取了预防措施确保电气安全后方可打开这些盖板。

注 2: 有必要注意,作为维护程序的一部分,在门或盖板打开、主回路中没有电压/电流时,才能操作开关装置(如果需要)。

#### b) 基于联锁控制的可触及隔室或基于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,应有盖板和门。这些盖板和门应不需要工具就能打开或移开,并有下列特征:

——联锁控制的可触及隔室

这些隔室应配有联锁装置以便使隔室里可触及的高压部件在不带电且接地时,或在隔离位置且相应的活门关闭后才可能打开该隔室。

——基于程序的可触及隔室

这些隔室应有上锁措施,例如挂锁。

注3:用户宜提出适当的程序,以保证基于程序的可触及隔室仅在这些条件下才可能打开:隔室中可触及的高压部件不带电且接地、或在隔离位置且相应的活门关闭后。该程序可以由设备的制造商或用户的安全规范规定。

注4:如果联锁控制或基于程序的可触及隔室具有通过工具打开的其他盖板,可以采用适当的程序或者专门的警示标签。

### 6.102.3 作为外壳一部分的隔板或活门

如果可移开部件处于3.128~3.131规定的任意一个位置时,隔板或活门都成为外壳的一部分,则它们应是金属的并接地且能提供对外壳规定的防护等级。

在此方面,应注意:

——如果在从3.128~3.131定义的任意一个位置可触及,且在从3.127~3.131定义的所有位置没有可以关闭的门,则隔板或活门应成为外壳的一部分;

——如果在从3.127~3.131定义的所有位置提供了能够关闭的门,则认为门后的隔板或活门不是外壳的一部分。

### 6.102.4 观察窗

观察窗至少应达到对外壳规定的防护等级。

观察窗应使用机械强度与外壳相近的透明板遮盖。同时,应有足够的电气间隙或静电屏蔽等措施(例如在观察窗的内侧加一个适当的接地金属编织网),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GB/T 11022—2011中4.3规定的对地和极间的试验电压。

### 6.102.5 通风通道、通风口

通风通道和通风口的布置或防护,应使它具有与外壳相同的防护等级。通风通道和通风口可以使用网状编制物或类似的材料制造,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操作人员。

## 6.103 高压隔室

### 6.103.1 概述

高压隔室应以其中的主要元件来命名,例如断路器隔室、母线隔室,或者通过提供的主要功能来命名,例如连接隔室。

当电缆终端和其他主要元件——断路器、母线等在同一隔室时,则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,例如连接、CT隔室等。

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。

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。但是,对于LSC2类开关设备和控制设备,每组母线应有独立的隔室,例如双母线系统中以及可开合或隔离的母线段。

不可触及隔室应有不可打开的明显警示。

## 6.103.2 充流体(气体或液体)隔室

### 6.103.2.1 概述

隔室应能承受运行中的正常压力和瞬态压力,且应优选密封压力系统或封闭压力系统,对于所充气体为非环保型气体的压力系统,应优选密封压力系统。

当充气隔室在运行中长期持续承受压力时,它们所处的特殊的运行条件与压缩空气容器和类似的压力容器是不同的,这些不同的条件是:

- 充气隔室通常充以干燥、稳定、惰性的无腐蚀性气体。由于维持这些气体的压力波动很小,所采取的措施是开关设备和控制设备运行的基础,且隔室的内壁不会遭受腐蚀,故在确定隔室的设计时,不需要考虑这些因素。
- 设计压力小于或等于 0.3 MPa(相对压力)。

对户外设备,制造厂应考虑气候条件的影响。见 GB/T 11022—2011 第 2 章。

### 6.103.2.2 设计

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)来设计充流体隔室。

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。对于户外设备,应考虑其他可能的影响,例如太阳辐射。隔室的设计压力应为在设计温度和第 4 章规定的安装条件下隔室内部能达到的压力的上限值。

充流体隔室应考虑产生内部故障(见 6.103.1)的可能性并耐受:

- 隔室壁或隔板两边可能的全部压力差,包括正常充气或维护时抽真空过程中可能出现的压力差;
- 具有不同运行压力的相邻隔室间发生泄漏事件时引起的压力。

### 6.103.2.3 密封

制造厂应规定充流体隔室所采用的压力系统和允许泄漏率(按 GB/T 11022—2011 中 5.15 和 5.16 的规定)。应考虑 GB/T 11022—2011 中表 13 在温度不同于 20℃ 时对于临时增高的泄漏率给出的相关限值。

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

最低功能水平超过 0.1 MPa(相对压力)的充气隔室,当压力(+20%)时下降到低于最低功能水平(见 3.121)时,应给出指示。

充气隔室与充液体隔室(例如电缆盒、电压互感器)之间的隔板,不应出现影响两种介质绝缘性能的任何泄漏。

### 6.103.2.4 充流体隔室的压力释放

当有压力释放装置或设计时,其布置应满足以下要求:当操作者进行正常操作和维护时,如果在压力作用下有气体或蒸汽逸出,应使操作者遭受的危险最小化。压力释放装置在低于 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区域或自爆装置(例如爆破盘)。

## 6.103.3 隔板和活门

### 6.103.3.1 概述

隔板和活门至少应达到 GB/T 11022—2011 中表 7 规定的 IP2X 防护等级。

应采用套管或其他等效方法使导体穿过隔板以满足要求的 IP 等级。

金属封闭开关设备和控制设备外壳上和隔室隔板上的开口(通过它可移开部件或可抽出部件和固定触头啮合)应采用在正常运行中操作的自动活门,以便在 3.127~3.131 定义的所有位置确保对人员的防护。应采取措施确保活门的可靠动作,例如通过机械驱动,此时活门的运动是由可移开部件或可抽出部件的运动正向驱动。

并不是在任何情况下从打开的隔室都能很容易地确定活门的状态(例如电缆隔室打开但活门却在断路器隔室)。在这种情况下,可能需要进入第二个隔室或用可靠的指示装置或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,则应有措施使每组活门能独立地锁定在关闭位置。如果维护或试验,应使自动闭合活门不起作用以将其保持在打开位置,且只有在活门恢复了自动动作功能后,开关装置才能够推回到工作位置。活门自动动作功能可以通过将开关装置推回到工作位置来恢复。在履行某些维护程序时,插入挡板可以防止暴露带电的固定触头(见 11.5)。

对于 PM 级,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)。

#### 6.103.3.2 金属隔板和活门

金属隔板和活门或它们的金属部件应连接到功能单元的接地点,且能够在承载 30 A(DC)电流时到规定接地点的电压降不超过 3 V。

金属隔板和关闭的活门中的间隙不应超过 12.5 mm。

注:“间隙”涵盖了穿过隔板的任何绝缘、非接地区域或路径。

#### 6.103.3.3 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) 高压带电部分和绝缘隔板、活门的可触及的表面之间的绝缘,应能耐受 GB/T 11022—2011 中 4.3 规定的对地和极间试验电压。
- b) 绝缘材料同样应耐受 a) 中规定的工频试验电压。GB/T 1408.1—2016 所规定的试验方法适用。
- c) 如果两者之间是独立的绝缘介质,则高压带电部件和绝缘隔板、活门朝向这些带电部件的内表面之间,至少应能耐受 150% 的设备额定电压。
- 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截断的路径而在绝缘的隔板和活门的可触及表面产生泄漏电流,在规定的试验条件(见 7.104.3)下,此泄漏电流不应超过 0.5 mA。

#### 6.104 可移开部件

用以在高压导体之间形成隔离断口的可移开部件应符合 GB/T 1985—2014 的规定,但机械操作试验(见 7.102 和 8.102)除外。该隔离装置只用于维护。

如果可移开部件打算用作隔离开关,或者与仅用于维护目的可移开部件相比,打算更加频繁地移开或更换,则试验应包括机械操作试验,并符合 GB/T 1985—2014 的规定。

应能判定隔离开关或接地开关的操作位置,如果满足下列条件之一,则认为满足此要求:

- 隔离断口是可见的;
- 可抽出部件相对于固定部分的位置是清晰可见的,并且可以清楚辨别完全接通和完全断开位置;
- 可抽出部件的位置由可靠的指示器指示。

注:参见 GB/T 1985—2014。

任何可移开部件与固定部分的连接,在正常运行条件下,特别是在短路时,不会由于可能出现的力的作用而被意外地打开。

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都不应降低规定的防护等级。例如可以通过仅在用于保护人员安全的盖板和门关闭时才能操作来实现。可接受能提供与防护水平等效的其他设计措施。

### 6.105 电缆绝缘试验的规定

开关设备和控制设备可以设计成当电缆与开关设备和控制设备连接时允许进行电缆试验。这既可以通过专门的试验连接也可以通过电缆终端来进行。在这种情况下,开关设备和控制设备应能同时承受施加在同电缆连接的那些部件、符合 5.102 规定的额定电缆试验电压,以及电缆试验期间主回路元件正常承受的额定电压的共同作用。

## 7 型式试验

### 7.1 总则

#### 7.1.1 概述

按 GB/T 11022—2011 第 6 章的规定,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,如果它们的技术要求超出 GB/T 11022—2011 的规定,则应符合各自的技术要求,并按这些要求进行试验,同时还应考虑到下述规定:

由于元件的类型、额定参数和它们的组合具有多样性,实际上不可能对金属封闭开关设备和控制设备的所有方案都进行型式试验,所以,型式试验只能在典型的功能单元上进行。任何一种具体布置方案的性能,可以用可比布置方案的试验数据来验证。

注 1: 具有代表性的功能单元,可以采取一种可扩展单元的形式。必要时,可以由两个或者三个这样的单元拼装在一起。用于功能单元之间的母线连接,宜在相应的试验中验证其绝缘、温升、短时耐受电流和峰值耐受电流等性能。

包含有机绝缘材料的金属封闭开关设备和控制设备,除按下述规定进行试验外,还应按照相关标准及制造厂和用户之间的协议进行补充试验(如果有)。

型式试验的试品应与正式生产产品的图样和技术条件相符合,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) 转厂及异地生产的产品,应进行全部型式试验;
- c) 当产品的设计、工艺或生产条件及使用的材料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、机械操作试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验以及关合和开断试验;

注 2: 在关合和开断验证试验中,配断路器的金属封闭开关设备和控制设备的验证项目为 T100s。

- e) 不经常生产的产品(停产三年以上),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。

型式试验项目包括:

强制性的型式试验:

- a) 验证设备绝缘水平的试验(7.2);
- b) 验证设备部件温升的试验和回路电阻测量(7.5 和 7.4);

- c) 验证主回路和接地回路承受额定峰值和额定短时耐受电流能力的试验(7.6);
  - d) 验证所包含的开关装置的关合和开断能力的试验(7.101);
  - e) 验证所包含的开关装置和可移开部件正确操作的试验(7.102);
  - f) 验证 IP 防护代码的试验(7.7.1);
  - g) 验证辅助和控制回路的试验(7.10)。
- 适用时,强制性的型式试验:
- h) 验证设备防止机械撞击的防护试验(IK 代码)(7.7.2);
  - i) 验证人员防止危险电气影响的防护试验(7.104);
  - j) 验证充气隔室强度的试验和气体状态测量(7.103);
  - k) 充气或充液体隔室的密封试验(7.8);
  - l) 评估内部电弧故障(对于 LAC 类开关设备和控制设备)引起的电弧效应的试验(7.106);
  - m) 电磁兼容性试验(EMC)(7.9);
  - n) 真空灭弧室的 X 射线试验程序(7.11);
  - o) 气候防护试验(7.105);
  - p) 电缆试验回路的绝缘试验(7.2.101);
  - q) 通过测量局部放电评估设备绝缘的试验(7.2.10);
  - r) 主回路均采用固体绝缘包覆元件的性能验证试验(7.107);
  - s) 人工污秽试验(7.2.9)。

型式试验可能有损于被试部件以后的正常使用,所以,如果没有制造厂和用户之间的协议,型式试验的试品不应投入使用。

### 7.1.2 试验的分组

按 GB/T 11022—2011 中 6.1.2 的规定,并做下述修改:  
强制的型式试验[l)、m)和 n)除外]最多在四台试品上完成。

### 7.1.3 确认试品用的资料

GB/T 11022—2011 中 6.1.3 适用。

### 7.1.4 型式试验报告包括的资料

按 GB/T 11022—2011 中 6.1.4 的规定,并做如下补充:  
对于内部电弧试验的报告,见 7.106.6。

## 7.2 绝缘试验

### 7.2.1 概述

按 GB/T 11022—2011 中 6.2 的规定。

### 7.2.2 试验时周围的大气条件

按 GB/T 11022—2011 中 6.2.2 的规定。

### 7.2.3 湿试验程序

按 GB/T 11022—2011 中 6.2.3 的规定,并做如下补充:  
湿试验程序仅适用于有户外连接的情况。

#### 7.2.4 绝缘试验时开关设备和控制设备的状态

按 GB/T 11022—2011 中 6.2.4 的规定,并做如下补充:

对用流体(液体和气体)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,且该流体应充至制造厂规定的最低功能水平。

#### 7.2.5 通过试验的判据

按 GB/T 11022—2011 中 6.2.5 的规定,并做如下补充:

——其中 a) 项的第二段参照湿试验不适用。

注:对充流体隔室进行试验时,若试验套管不是开关设备和控制设备的一部分,则不考虑试验套管上出现的闪络。

#### 7.2.6 试验电压的施加和试验条件

除 6.2.6.2 外,GB/T 11022—2011 中 6.2.6 适用,并做如下补充:

由于设计方案种类很多,要对主回路试验做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

试验电压值按 GB/T 11022—2011 中 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连接。主回路的其他导体和辅助回路应与接地导体或构架相连,并与试验电源的接地端子相连接。

如果各相导体是分开的,仅进行对地试验。

应在所有的开关装置(接地开关除外)处于合闸位置,且所有的可移开部件处于工作位置的条件下进行绝缘试验。并应注意到下述可能的情况,即在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,可能引起更为不利的电场条件时,试验应在该条件下重复进行。当可移开部件处于隔离位置、试验位置或移开位置时,其本身不进行这些耐压试验。

对这些试验,例如电流互感器、电缆终端和过流脱扣指示器这些装置应按正常工作情况装设。如果不能确定最不利的情况,则需在其他布置方式重复试验。

为了检验是否符合 6.102.4 和 6.103.3.3a) 的要求,对操作和维护时可能触及的绝缘材料的观察窗、绝缘隔板和活门的可触及表面,在其绝缘强度最不利的位置覆盖一块接地的圆形或方形金属箔,其面积尽可能大些,但不超过  $100\text{ cm}^2$ ,当不能确定何处为最不利位置时,试验应在几个不同的位置重复进行。为便于试验,根据制造厂和用户的协议,可同时用几个金属箔,或用更大的金属箔覆盖于绝缘材料的更大的部分。

##### b) 隔离断口之间

主回路的各隔离断口应施以 5.3 所规定的试验电压,按 GB/T 11022—2011 中 6.2.6.3 规定的试验程序进行试验。

隔离断口可以是:

——打开的隔离开关;

——由可抽出或可移开的开关装置连接的主回路的两个部分之间的断口。

如果在隔离位置或试验位置,有一个接地的金属活门插在被分开的触头之间形成一个分隔,则在接地的金属活门与带电部分之间的距离仅应耐受对地的试验电压。

若在固定部分与可抽出部件之间形成隔离断口且两者间没有分隔时,试验电压应按下述要求施加在断口之间:

——处于隔离或试验位置的可抽出部件应使得固定触头和可移动触头之间距离最短;

——可抽出部件的开关装置应处于合闸位置。

如果开关装置不可能处于合闸位置(例如联锁),应按下述进行两项试验:

——可抽出部件的位置应确保固定触头和可动触头之间的距离最短,且可抽出部件的开关装置需分闸;

——可抽出部件处于其他确定的位置,而可抽出部件的开关装置合闸。

#### c) 补充试验

为了检验是否符合 6.103.3.3c)规定的要求,应按上述 a)的规定,用一接地的金属箔覆盖于绝缘板或活门朝向带电体的表面,在主回路带电部分与绝缘隔板、活门内表面之间进行工频耐压试验,试验电压为 150%的额定电压,时间为 1 min。

### 7.2.7 额定电压 252 kV 及以下的开关设备和控制设备的试验

#### 7.2.7.1 概述

试验时,施加 GB/T 11022—2011 表 1 规定的试验电压,对地和相间试验电压从栏(2)和栏(4)中选取,隔离断口间的试验电压应从栏(3)和栏(5)中选取。

#### 7.2.7.2 工频电压试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.7.2 由下述规定替代:

开关设备和控制设备应按照 GB/T 16927.1—2011 的规定承受短时工频耐受电压试验。对每一试验条件,升到试验电压并保持 1 min。

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。过电压保护元件可以断开或移开。正常连接于相间的互感器、线圈或类似装置应从试验电压作用的一极上隔离。

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。但当按 7.2.6b)进行试验时,电源的中点或另一中间抽头接地并与外壳相连,以使得在任一带电部分和外壳之间的电压不超过 7.2.6a)规定的试验电压值。

如果不能这样,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。

#### 7.2.7.3 雷电冲击电压试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.7.3 适用,并做如下补充:

互感器、电力变压器或熔断器可以由可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,电流互感器二次应短路并接地,也允许电流互感器一次侧短接。

进行雷电冲击电压试验时,冲击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 7.2.6b)进行试验时,可以将外壳与地绝缘,以使带电部分和外壳之间的电压不超过 7.2.6a)规定的试验电压值。

### 7.2.8 额定电压 252 kV 以上开关设备和控制设备的试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.8 不适用。

#### 7.2.9 人工污秽试验

对于隔室采用空气绝缘以及主回路主要元件采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,若其在凝露和污秽方面的使用条件严于本标准规定的正常使用条件,则应按照附录 E 进行试验,其他类型的金属封闭开关设备和控制设备可由按制造厂和用户之间的协议确定。

#### 7.2.10 局部放电试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.10 适用,并做如下补充:

充流体的和/或主回路均采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,应在成套开关设备和控制设备上实施局放试验;其他类型的产品按制造厂和用户之间的协议,可以在成套开关设备和控制设备或分装上进行试验。

注1:在分装上实施时,宜考虑影响分装在成套开关设备和控制设备中电场分布的情况,必要时增加工装进行模拟试验。

若进行该试验,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。

若进行该试验,应符合附录F。

注2:当金属封闭开关设备和控制设备由常规元件(例如互感器、套管)组合而成,且这些元件可按各自标准的规定单独试验时,本试验的目的是检查这些元件在成套开关设备和控制设备中的布置。

注3:注意测量不要受到外部局部放电的影响。

### 7.2.11 辅助和控制回路的绝缘试验

按 GB/T 11022—2011 中 6.2.11 的规定,并做如下补充:

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。

不包括按各自标准进行试验的电压指示或电压探测功能(例如 VPIS、VIS 和 VDS)。

### 7.2.12 作为状态检查的电压试验

按 GB/T 11022—2011 中 6.2.12 的规定。

#### 7.2.101 电缆试验回路的试验

本型式试验仅适用于具有一个或多个额定电缆试验电压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  $U_n$  的单相电压;
- b) 在与电缆连接的每一极上依此施加额定电缆试验电压  $U_n$  (a.c.) 或  $U_n$  (d.c.), 其他非试极电缆连接应接地。

a) 与 b) 的试验电压应同时施加。

对于交流电缆试验电压  $U_n$  (a.c.), 试验的持续时间应为 1 min。对于直流电缆试验电压  $U_n$  (d.c.), 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,则可以省略母线侧的试验电压。

### 7.3 无线电干扰电压(r.i.v.)试验

GB/T 11022—2011 的 6.3 不适用。

### 7.4 回路电阻的测量

#### 7.4.1 主回路

按 GB/T 11022—2011 中 6.4.1 的规定,并做如下补充:

金属封闭开关设备和控制设备主回路两端之间的被测电阻值,表明了电流通路的自身状况。该电阻的测量值供出厂试验参考(见 8.4)。

#### 7.4.2 辅助回路

按 GB/T 11022—2011 中 6.4.2 的规定。

## 7.5 温升试验

### 7.5.1 概述

按 GB/T 11022—2011 中 6.5 的规定,并做如下补充:

如果设计具有多种元件或布置方案时,试验应在最苛刻条件的那些元件和布置方案上进行。具有代表性的功能单元应尽量按正常使用条件来安装,包括所有常规的外壳、隔板、活门等,并且在进行试验时应将盖板和门关闭。

应在额定的相数下通以额定电流进行温升试验,额定电流从母线端流向用于电缆连接的末端。

对单个功能单元进行试验时,其相邻的单元应通以电流,该电流所产生的功率损耗应与额定情况下相同。如果无法在实际条件下进行试验,则允许以加热或隔热的方法来模拟其等价条件。

如果外壳内还安装有其他的主要功能元件,它们应承载电流,且该电流产生的功率损耗与额定条件相对应。产生相同功率损耗的其他等效程序也可以接受。

各元件的温升,应以外壳外面的周围空气温度作为基准值进行折算,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。

### 7.5.2 受试金属封闭开关设备和控制设备的状态

按 GB/T 11022—2011 中 6.5.1 的规定。

### 7.5.3 设备的布置

按 GB/T 11022—2011 中 6.5.2 的规定,并做如下补充。

临时连接的温度应在其离开外壳处和距外壳 1 m 处的点上测量。温升差不应超过 5 K。

### 7.5.4 温度和温升的测量

按 GB/T 11022—2011 中 6.5.3 的规定。

### 7.5.5 周围空气温度

按 GB/T 11022—2011 中 6.5.4 的规定。

### 7.5.6 辅助设备和控制设备的温升试验

按 GB/T 11022—2011 中 6.5.5 的规定。

### 7.5.7 温升试验的解释

按 GB/T 11022—2011 中 6.5.6 的规定。

## 7.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

### 7.6.1 概述

按 GB/T 11022—2011 中 6.6 的规定,并做如下补充:

#### a) 主回路试验

应在预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进行试验,以验证其承受额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流的能力,即应将主回路同所有影响其性能或改变短路电流的附属元件一起装在金属封闭开关设备和控制设备内进行试验。

对这些试验,认为到辅助装置(例如电压互感器、辅助变压器、避雷器、脉冲电容器、电压检测装置和类似装置)的连接线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进行额定相数的试验。电流互感器和脱扣装置应按正常运行条件装设,但脱扣器不得动作。

有限流装置的设备可在任一方便的电压下试验,有限流装置的设备应在开关设备和控制设备的额定电压下试验。只要在施加的电压下产生的峰值电流和热效应大于或等于额定电压下的值,也可用其他的试验电压。

对于包含限流装置的设备,预期电流(峰值、有效值和持续时间)不应小于额定值。

自脱扣断路器(适用时),其脱扣值应整定到最大值。

如果装有限流熔断器,应按其规定的最大额定电流值装设熔体。

试验后,外壳内部的元件和导体,不应出现任何影响主回路良好运行的变形和损坏。

#### b) 接地回路试验

应对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进行试验来验证其耐受额定短时耐受电流和峰值耐受电流的能力,即它们应同有可能影响其性能或改变短路电流的所有附属元件一起装在金属封闭开关设备和控制设备上进行试验。

应根据接地装置的额定相数进行短时耐受电流和峰值耐受电流试验。应对接地装置和所提供的接地点之间实施连接的所有回路进行单相试验。

当有可移开接地装置时,应在接地故障条件下,对固定部分与可移开部件之间的接地连接进行试验。其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能在除正常工作位置外的另一位置进行操作(例如在双母线开关设备和控制设备中);试验还应在另一位置进行。

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,但应维持接地回路的连续性。

外观检查应足以判定是否已经保证了回路的连续性。

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提供的接地点通以 30 A(d.c.)电流来验证,电压降应不超过 3 V。

### 7.6.2 开关设备和控制设备以及试验回路的布置

按 GB/T 11022—2011 中 6.6.2 的规定,并做如下补充:

被试设备的布置应在设备内部未支撑母线的最大长度、连接和导体的布置等方面达到最严酷的条件。在开关设备和控制设备包含多个具有相同开关装置的高压隔室、或者并排或者多层设计的情况下,则试验应在开关装置处于最严酷的位置上进行。

到开关设备和控制设备端子的试验用连接的布置,应避免端子承受不实际的应力或支撑。端子同开关设备和控制设备两侧导体的最近的支撑点之间的距离应符合制造厂的说明书,且应考虑到上述要求。

开关装置应处于合闸位置并装有洁净的新触头。

每次试验前应对机械性开关装置进行空载操作,除接地开关外,还应进行主回路电阻的测量。

试验报告中应注明试验的布置。

### 7.6.3 试验电流和持续时间

按 GB/T 11022—2011 中 6.6.3 的规定。

### 7.6.4 试验中开关设备和控制设备的表现

按 GB/T 11022—2011 中 6.6.4 的规定。

#### 7.6.5 试验后开关设备和控制设备的状态

按 GB/T 11022—2011 中 6.6.5 的规定。

#### 7.7 防护等级验证

##### 7.7.1 IP 代码的验证

按 GB/T 11022—2011 中 6.7.1 的规定,并做如下补充:

对于金属封闭成套装置,运行条件是指所有的门和盖板关闭,不管它们如何锁定或不锁定。

##### 7.7.2 IK 代码的验证

按 GB/T 11022—2011 中 6.7.2 的规定。

#### 7.8 密封试验

按 GB/T 11022—2011 中 6.8 的规定。

#### 7.9 电磁兼容性试验(EMC)

GB/T 11022—2011 的 6.9 适用,并做如下补充:

根据制造厂的标准接线规则,发射试验应在开关设备和控制设备的典型布置上进行。

#### 7.10 辅助和控制回路的附加试验

##### 7.10.1 概述

GB/T 11022—2011 的 6.10.1 适用。

##### 7.10.2 功能性试验

应对所有低压回路进行功能性试验,以验证辅助和控制回路的自身功能与开关设备和控制设备其他部分的协调性。

试验应按照 5.9 确定的电源电压的上限和下限值下分别进行。

对于低压回路,如果它们完全通过了对类似开关设备和控制设备施加的试验,分装和元件的功能试验可以省略。

##### 7.10.3 接地金属部件的电气连续性试验

GB/T 11022—2011 的 6.10.3 适用。

##### 7.10.4 辅助触头动作特性的验证

GB/T 11022—2011 的 6.10.4 适用。

##### 7.10.5 环境试验

GB/T 11022—2011 的 6.10.5 适用并做如下限制:

——对 GB/T 11022—2011 的第 2 章规定的在正常使用条件下运行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 GB/T 11022—2011 的 6.10.5 规定的试验,则不需进一步的环境试验;

——如果有必要进行试验,GB/T 11022—2011的6.10.5适用,在辅助和控制回路的典型布置上进行。

#### 7.10.6 绝缘试验

GB/T 11022—2011的6.10.6适用。

#### 7.11 真空灭弧室的X射线试验程序

GB/T 11022—2011的6.11不适用。

注:本试验适用于真空灭弧室而不是功能单元。

#### 7.101 关合和开断能力的验证

##### 7.101.1 概述

构成主回路的开关装置和金属封闭开关设备和控制设备的接地开关,应按照相关标准并在适当的安装和使用条件下进行试验,以验证其额定的关合和开断能力,也就是说,它们安装条件应在金属封闭开关设备和控制设备中的正常安装条件一样并在可能影响性能的相关附件(例如连接线、支持件、通风等)的布置方式下进行试验。如果开关装置已经安装在条件相同或更加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,则不需要进行这些试验。

注:在判定何种附件可能影响到开关装置的性能时,宜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。在某些情况下这些影响可以完全忽略。

因为不可能覆盖开关装置所有可能的布置和设计,应按照下述试验程序:

- a) 如果已经在代表性隔室中的开关装置上进行过完整的关合和开断试验电流系列,则上述试验对类似或者欠严酷条件的隔室仍然有效;
- b) 如果采用了经过型式试验(无论带外壳与否经过了试验)的开关装置,且a)不适用,下述7.101.2和7.101.3规定的试验方式应对每一个隔室重复进行;
- c) 如果隔室的设计可以接受多于一种特定类型或设计的开关装置时,则开关装置的每一变化应完全按照a)的要求,或者适用时,按照上述b)的要求进行全部试验。

如果并排或者多层设计的多个高压隔室不相同,但设计采用相同的开关装置时,则上述规定的试验/试验方式应在相关标准适用要求的最严酷条件下的隔室中进行。

##### 7.101.2 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:

GB/T 1984—2014:试验方式T100s、T100a和临界电流试验(如果有的话);适用时,应考虑该标准6.103.4对试验连接布置的要求。

GB/T 3804:额定有功负载开断电流10次CO操作(试验方式1);适用时,根据E1、E2或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/T 16926:试验方式TD<sub>isc</sub>;按照TD<sub>burst</sub>和TD<sub>iso</sub>中电流值最高的试验方式实施。

GB/T 14808—2016:6.106对SCPD进行的配合验证。

##### 7.101.3 接地功能的试验要求

接地功能的试验要求如下:

- a) 对于短路关合操作,接地功能应按照GB/T 1985—2014的要求进行试验。试验应按照适用的E1级和E2级接地开关的要求进行。

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,E1级和E2级的接地功能可以

按照 GB/T 1985—2014 的定义规定。试验顺序的安排如下：

——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—O（空载操作）—C。

GB/T 1985—2014 的 6.101.2 和 6.101.3 适用于 E0 级接地开关和主开关装置。

注 1：如果在接地状况未达到之前，接地是由具有保护性动作的断路器完成的，则接地功能的分类不适用。

b) 验证具有公共触头系统、由负荷开关和接地开关构成的组合型功能开关的开合和接地性能的试验时，可以用两个或三个试品进行试验。例如：

1) 两个试品的试验程序

试品 1 进行试验方式  $TD_{load1}$ 、 $TD_{load2}$ 、 $TD_{loop}$  和  $TD_{cc}$ ，适用时， $TD_{cut}$  和  $TD_{cut2}$ 。

试品 2 按照试验方式  $TD_{load2}$  在 100% 有功负载下进行 10 次合—开断操作循环，和短路关合试验方式  $TD_{sc}$ 。

接地位置的短路关合试验应在试品 2 上进行。

2) 三个试品的试验程序

试品 1 进行试验方式  $TD_{load1}$ 、 $TD_{load2}$ 、 $TD_{loop}$ 、 $TD_{cc}$  和  $TD_{sc}$ ，适用时， $TD_{cut}$  和  $TD_{cut2}$ 。

试品 2 按照试验方式  $TD_{load2}$  在 100% 有功负载下进行 10 次合—开断操作循环，和短路关合试验方式  $TD_{sc}$ 。

试品 3 一次短路关合试验  $TD_{sc}$ 。

接地位置的短路关合试验应在试品 3 上进行。

注 2：试品 1、2 涉及的试验方式见 GB/T 3811。

注 3：接地位置的短路关合试验要求及试验物探宜满足 GB/T 1985—2014 的 6.101 的相关要求。

## 7.102 机械操作试验

### 7.102.1 开关装置的可移开部件

开关装置应按照其各自产品标准进行试验，除非它们已经经过型式试验的验证。如果可移开部件用作隔离开关，则机械寿命应符合 GB/T 1985—2014。

作为补充，安装在金属封闭开关设备中的所有开关装置应进行 50 次 CO 操作。

可移开部件应进行 25 次插入和 25 次移开操作以验证设备的操作性能良好。插入和移开部件所需要的力应小于第一次操作时所需要的力的 150%。

注：对于包含几台开关装置的功能单元，操作可以作为涉及所有开关装置的操作顺序的一部分来进行。如果可移开部件的插入/移开包含在操作顺序中，该顺序的数量宜降低到 25 次，不包括在该顺序中的所有操作宜单独试验。

对于人力操作的设备，应采用正常的人力操作手柄进行试验。

### 7.102.2 联锁

联锁装置应设定在防止开关装置操作、接近操作界面和可移开部件插入或抽出的位置。应进行下述试验以验证联锁是否失效：

——25 次打开所有带联锁的门或盖板的试操作；

——若由联锁装置（活门、选择杆等）限制接近或者使用操作接口，进行 50 次接近或使用操作接口的试操作；

——若操作接口可触及，采用人力进行 50 次开关装置的试操作；

——在错误的、但不限于仅在同一错误方向上，对人力操作开关装置进行 10 次试操作，作为对上述 50 次试操作的补充；

——对可移开部件分别进行 25 次插入和抽出的试操作。

应采用常规人力操作手柄进行试验。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他手柄互换,最大试验力应不超过该手柄所能施加的力。

这些试验期间,不对开关装置、可移开部件和联锁进行调整。

应按照 7.7.2 对防止接近操作接口的其他装置和滑道的完整性进行验证(IK 代码验证)。

如果设计仅通过机械联锁对电动机驱动开关装置的操作限制,则应使用电机补充进行下述试验:

——50 次开关装置的试操作;

——在错误的、但不限于仅在同一错误方向上,对开关装置进行 10 次试操作,作为对上述 50 次试操作的补充;

——施加电压值为辅助回路额定电源电压的 110%,持续时间 2 s。

如果满足下列条件,则认为联锁通过了试验:

- a) 不能操作开关装置;
- b) 阻止接近带联锁的隔室;
- c) 阻止可移开部件的插入与抽出;
- d) 开关装置、可移开部件及联锁装置工作情况良好,并且操作这些装置所需要的最大手动操作力(人力操作)或峰值能量损耗(电动扭操作),在试验前后的偏差不会超过 50%。在用 750 N 试验的情况下,只要联锁仍然阻止了操作,损坏是可以接受的。

注:这些试验可以作为机械操作试验程序的一部分进行。

### 7.103 充气隔室的压力耐受试验和气体状态测量

#### 7.103.1 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:

——应将相对压力升高到设计压力的 1.3 倍并保持 1 min。压力释放装置不应动作。

——然后将压力升高到设计压力的 3 倍。低于此压力时,压力释放装置可能动作,只要符合制造厂的设计,这是可以接受的。使压力释放装置动作的压力应记录在型式试验报告中。试验后,隔室可能变形,但不应破裂。

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,相邻隔室宜处于大气压力。宜注意相邻隔室抽真空产生的压力差。

#### 7.103.2 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都应按下述程序承受压力试验:

应将相对压力升高到隔室设计压力的 5 倍并持续 1 min。试验后,隔室可能变形,但不应破裂。

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,相邻隔室宜处于大气压力。宜注意相邻隔室抽真空产生的压力差。

#### 7.103.3 气体状态测量

应测量充气隔室的气体状态,并符合其相关标准和制造厂的技术要求。

### 7.104 防止危险电气效应的人员防护的验证试验

#### 7.104.1 概述

本条适用于用来防止带电部件影响的非金属隔板和活门。

触及到仍然带电的高压隔室时,除了常规的绝缘、性能验证等试验外,固体绝缘包覆元件的外表面还应满足 7.104.2 的试验要求。

#### 7.104.2 绝缘试验

试验方法如下:

- a) 高压带电部件与绝缘隔板、活门面向这些带电部件的内表面之间的绝缘应能耐受 GB/T 11022—2011 中 4.3 规定的对地和极间试验电压。试验方法见 7.2.6a)。
- b) 绝缘材料的典型样品应耐受 a) 中规定的工频试验电压。试验方法按照 GB/T 1408.1—2016 的规定。
- c) 高压带电部件,同绝缘的隔板和活门面向这些带电部件的内表面间的绝缘,应在 150% 的设备额定电压下进行试验并保持 1 min。对于该试验,隔板或活门的内表面应通过位于最严酷点的、至少 100 cm<sup>2</sup> 的导电层接地。试验方法应按 7.2.6a) 的规定。

#### 7.104.3 泄漏电流测量

当金属封闭开关设备和控制设备中有绝缘隔板、绝缘活门,为了验证是否满足 6.103.3.3d) 规定的要求,应进行下列试验:

可按下述两种方法的任一种进行试验:

主回路的一相接地,另外两相连接到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上;或者将主回路的带电部分连接在一起,并接到电压等于额定电压的单相电源上。对于三相试验,应在各相依次接地的不同情况下测量三次,对于单相试验则只需测量一次。

应将金属箔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的位置,若该最不利位置难于决定,则试验应在不同的位置重复进行。

金属箔应接近于圆形或方形,其表面积应尽可能大,但不得超过 100 cm<sup>2</sup>,金属封闭开关设备和控制设备的外壳和框架应接地。应在干燥的、洁净的绝缘体上测量经过金属箔流到地的泄漏电流。

测得的泄漏电流值不能超过 0.5 mA。

根据 6.103.3.3d) 的规定,通过绝缘表面的电流路径如果被小的气隙或油隙隔断,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和各活门的可触及部分而设置的,则这些间隙应能耐受 GB/T 11022—2011 中 4.3 所规定的对地和相间试验电压。

如果接地金属部件布置适当,且能保证泄漏电流不会流经绝缘隔板和活门的可触及部分,则可不测量泄漏电流。

#### 7.105 气候防护试验

如果按照 6.15 规定了补充字母 W,应施加 GB/T 11022—2011 的附录 E 中规定的试验方法。

#### 7.106 内部电弧试验

##### 7.106.1 概述

本试验适用于计划被认定为 IAC 类的金属封闭开关设备和控制设备,包含外壳内部或者在正常运行条件下,其腔仓构成外壳一部分的元件内部的电弧故障。内部电弧试验允许各种效应作用在外壳的所有部分,例如内部过压力、电弧或其弧根的热效应、喷出的热气体和灼热粒子的效应等。

本试验未考虑以下因素,例如:

- 隔室间的内部电弧影响,也不考虑在正常运行条件下,不可触及的隔板和活门的损坏;
- 外壳外面的外部连接;
- 高压元件爆炸造成的影响;

- 存在具有潜在毒性的气体,或火灾传播到易燃材料或对位于金属封闭开关设备和控制设备附近的设备的危害;
- 可抽出部件或可移开部件运动时活门状态的改变。

### 7.106.2 试验条件

开关设备和控制设备的试验状态应与正常运行条件一致。这意味着应根据附录 B 的 B.5.1 确定高压开关装置的位置,以及可抽出部件与电源回路的连通或断开状态。所有其他设备,例如测量仪器和监测设备应处于和正常运行一样的位置。如果开关进行操作需要移开盖板和/或打开门,则内部电弧试验应在盖板和/或门移开的情况下进行。

移开或更换元件(例如高压熔断器或其他可移开部件)以及进行的维护工作不认为是正常的操作。试验应对代表性功能单元的每一个隔室进行(见 7.106.3)。

由经过型式试验的限流熔断器保护的隔室,应使用能够产生最大截止电流(允通电流)的熔断器进行试验。电流实际流过时间受熔断器的控制。把受试隔室称为“熔断器保护的隔室”。本试验应在设备的最大额定电压下进行。

注 1: 用恰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小故障持续时间。已有大量文件说明此类试验中传递的电弧能量不能通过  $I^2t$  来预测。存在限流熔断器的情况下,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,通过烟火信号把电流转换到限流熔断器的限流装置,在评估采用此类限流装置的设计时,宜考虑该装置的使用效果。

在试验的预期持续时间结束之前,所有可能自动使回路脱扣的装置(如保护继电器),在试验期间不应动作。

如果隔室和功能单元配有通过其他方法(例如把电流切换到金属短接回路)限制电弧持续时间的装置,则这些装置在试验期间不应动作。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不工作,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,应按照电弧的实际持续时间考核该隔室。

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。

### 7.106.3 设备的布置

设备按如下布置:

- 试品应装配完整。只要和原始产品具有相同的体积和外部材料,且不影响主回路和接地回路,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,除非制造厂规定了功能单元的最小数量,否则,试品应由和运行情况一样连接在一起的两个单元构成。试验至少应在距离房间模拟墙壁最远处的开关设备和控制设备的所有隔室中进行。如果受试单元在运行条件下不用做末端单元,在多于两个功能单元的布置中,它们应放置在尽可能靠近装置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/机械联系,这些应安装在低于试品典型的运行距离处。试品的高度应便于按照 B.2.2 的规定布置指示器,也应便于控制箱和/或电气/机械联系(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 SF<sub>6</sub>)的隔室,试验应在充有额定充入条件(±10%)的原始流体的条件下进行。

——考虑环境原因,允许在额定充入条件(±10%)下用空气替代 SF<sub>6</sub>。

注 2:认为用空气替代 SF<sub>6</sub> 进行的试验具有代表性。

#### 7.106.4 试验程序

验证内部电弧类别的方法在 B.5 中规定。

#### 7.106.5 通过试验的判据

如果满足下述判据,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型式):

判据 1:

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没有必要满足其规定的 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 及以上的开关设备或其他部件飞出;

——单个质量 60 g 及以上的物体直接落在开关设备附近的地板上是可以接受的(对于可触及侧而言,这意味着物体落在开关设备和指示器架之间)。

判据 3:

在高度不超过 2 m 的可触及面上没有因电弧烧穿而形成孔洞。

注:不考虑试验结束后由其他效应而不是烧穿引起的外壳上的孔洞。

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。试验室可以采用由高速摄影机、摄像或任何其他适合的方法获得的照片以证明其结论。

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。如有疑问,应检查接地连接的连续性[见 7.6.1b)]。

#### 7.106.6 试验报告

下列适用于 7.1.3 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,与机械强度相关的细节,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。对于柱上安装的金屬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上部和房间/建筑物的天花板的距离。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:因为内部电弧试验条件下,开关设备和控制设备上部和天花板的距离可能不同于正常运行条件时的距离。试验报告宜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 试验期间指示器架放置的水平面,见图 B.8。

- 内部电弧故障的引燃方法和引燃点。
- 根据可触及性的型式(A、B或C)、面板类别(F、L和R)和安装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7.106.5得到的观察记录。
- 其他相关的说明。

#### 7.106.7 试验结果的可转换性

只要最初的试验更严格,且其他功能单元在下述方面能够认为和已经过试验的功能单元类似,则某个具体金属封闭开关设备和控制设备的试验结果的有效性可以推广到另一台(见7.1)。

- 尺寸；
- 外壳的结构和强度；
- 隔板的工艺；
- 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)。

#### 7.107 主回路中主要元件采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备的性能验证试验

##### 7.107.1 概述

主回路中主要元件采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备应通过以下试验,验证其性能:

- 环境试验；
- 严酷气候条件下的试验；
- 热稳定性试验。

其中,7.107.2所述的环境试验可以在单独的固体绝缘包覆式元件或分装上实施,若元件或分装已按相关标准完成7.107.2所述的环境试验的验证,则成套开关设备和控制设备无需进行环境试验。

##### 7.107.2 环境试验

###### 7.107.2.1 低温试验

按照GB/T 2423.1的规定,温度为 $-25\text{℃}\pm 3\text{℃}$ 或 $-40\text{℃}\pm 3\text{℃}$ ,周期为24 h。

注:对严寒气候的低温值,GB/T 11022—2011的2.3.4适用。

###### 7.107.2.2 高温试验

按照GB/T 2423.2的规定,温度为 $125\text{℃}\pm 2\text{℃}$ ,周期为24 h。

###### 7.107.2.3 温度变化试验

按照GB/T 2423.22的规定,严酷度为:

- a) 低温  $T_A: T_A \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- b) 高温  $T_B: T_B \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- c) 试验循环数: 5 次;
- d) 暴露时间  $t_1: 2 \text{ h}$ ;
- e) 转换时间  $t_2: 3 \text{ min}$ 。

$T_A$ 、 $T_B$  与产品的使用环境有关,由制造厂和用户协商确定。

#### 7.107.2.4 环境试验判据

每种环境试验后,在正常大气条件下静置 2 h 后进行检查,试品不得有机械损伤、锈蚀,工频耐受电压应符合 GB/T 11022—2011 的 6.2.6.1 要求,局部放电测量试验应满足元件不大于 5 pC,对于充流体的以及主回路主要元件采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,要求局部放电测量试验满足总装不大于 20 pC,其他类型的金属封闭开关设备和控制设备,要求局部放电测量试验满足总装不大于 100 pC。

#### 7.107.3 严酷气候条件下的试验

应按照附录 E 的要求实施。

#### 7.107.4 热稳定性试验

制造商应提供使用的绝缘材料的稳定性不会受电压和热效应影响的证据。

这个证据可以在可比较结构进行的试验的基础上,在绝缘材料的性能(介质损耗作为温度的函数)的基础上给出,或通过对试品进行热稳定性试验来给出。

热稳定性试验是在 GB/T 11022—2011 的表 3 规定的最高温度限值下,在工频电压为 180% 的额定电压持续时间为 100 h 下进行。

主回路应由一个接地的电源供电,对于三相开关设备使用一个具有中性点接地的三相电源。接地导体和接地的任何金属部件应与地相连。

注:该试验可以和温升试验分开进行,在温升试验期间的最高温升提高 40  $^\circ\text{C}$  的温度下进行。

如果没有破坏性放电发生,就认为通过了试验。

## 8 出厂试验

### 8.1 概述

应在制造厂内对每一个运输单元进行出厂试验,以保证出厂产品与通过型式试验的产品一致。出厂试验报告应随产品一起出厂。

按 GB/T 11022—2011 第 7 章的规定,并增加下述出厂试验项目:

- 局部放电测量(按制造厂与用户之间协议); 8.101
- 机械操作试验; 8.102
- 充气隔室的压力试验(如果适用); 8.103
- 电气、气动和液压辅助装置的试验; 8.104
- 以下项目为达到现场后的要求:
- 现场安装后的试验; 8.105
- 现场充流体后的流体状态检查。 8.106

注:额定值和结构相同的元件,可能有必要验证其互换性(见第 6 章)。

## 8.2 主回路的绝缘试验

按 GB/T 11022—2011 中 7.2 的规定,并做如下补充:

工频电压试验按 7.2.7.2 的规定进行。试验电压从 GB/T 11022—2011 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连接,同时,其他各相导体接地,并保证主回路的连通(例如通过合上开关装置或其他方法)。

为了避免断开电压互感器,试验电压的频率可以高于额定频率。

对于充气隔室,试验应在充以额定充入压力(或密度)的绝缘气体下进行。

## 8.3 辅助和控制回路的试验

按 GB/T 11022—2011 中 7.3 的规定。

## 8.4 主回路电阻的测量

GB/T 11022—2011 的 7.4 适用,并做如下修改:

本试验根据制造厂和用户的协议。

如果受试配置没有温升试验,试验条件和电阻限值也应按照用户和制造厂之间的协议。

## 8.5 密封试验

按 GB/T 11022—2011 中 7.5 的规定。

## 8.6 设计检查和外观检查

按 GB/T 11022—2011 中 7.6 的规定。

### 8.101 局部放电测量

充流体的金属封闭开关设备和控制设备,可在充流体分装上进行局放试验;主回路均采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,应在成套开关设备和控制设备上局部放电试验;对于其他类型的金属封闭开关设备和控制设备,本试验根据制造厂和用户之间的协议在成套开关设备和控制设备或分装上进行。

如果进行本试验,试验程序按附录 F 的规定。

### 8.102 机械操作试验

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,且机械联锁工作正常。

试验应按 7.102 的规定进行,但部分要求调整如下:

——应采用正常的操作力;

——在每一个方向上进行 5 次操作或试操作。

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;

——每一台可移开部件正确插入和移开;

——所有的联锁功能正确。

### 8.103 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,每一隔室应能承受 1.3 倍设计压力 1 min。

该试验不适用于额定充气压力为 0.05 MPa(相对压力)及以下的密封隔室。

试验后,隔室不应出现可能影响开关设备和控制设备运行的损坏或变形。

#### 8.104 电气、气动和液压辅助装置的试验

具有预定操作顺序的控制装置与电气、气动及其他控制装置(包括联锁)应在辅助电源最不利的限值下,按规定的使用和操作条件连续试验5次。试验中不得调整。

如果辅助装置能正常地进行操作,试验后,它们应仍处于良好的工作状态,试验前后的操作力基本相同,则认为通过了试验。

#### 8.105 现场安装后的试验

金属封闭开关设备和控制设备在安装后,应进行试验,以检验操作的正确性。

对于在现场装配的部件和在现场充气的充气隔室,应进行下列试验:

##### a) 主回路的电压试验

如果制造厂和用户之间达成协议,现场安装后,按照8.1规定的出厂试验方式对金属封闭开关设备和控制设备的主回路进行干燥状态下的工频电压试验。

工频试验电压应为8.2中规定值的80%,依次对主回路的每一相施加电压,其余相接地。试验时,试验变压器的一个端子和金属封闭开关设备和控制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,则应施加全部的工频试验电压。

注:除非现场试验电压的频率足够高而不导致电压互感器磁饱和,否则,现场试验期间电压互感器宜予以断开。

##### b) 密封试验

按8.5的规定。

##### c) 现场充流体后的流体状态测量

按8.106的规定。

#### 8.106 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,并应符合制造厂的技术要求。密封压力系统可以不进行此项试验。

### 9 金属封闭开关设备和控制设备的选用导则

#### 9.1 概述

GB/T 11022—2011的第8章适用,并做如下补充。

随着技术的进步和功能要求的扩展,金属封闭开关设备和控制设备的结构可能多种多样。金属封闭开关设备和控制设备的选择,主要包括确定运行设备的功能要求和最能满足这些要求的内部划分形式。GB/T 3906—2006和目前的一些其他实际情况相比较,分类变化的说明参见附录G。

此类要求应考虑到适用的法规和用户的安全规程。

表104给出了选定开关设备和控制设备应考虑的主要内容。

#### 9.101 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。额定值的清单列于第5章。

也应考虑其他参数,例如当地的大气和气候条件,以及在海拔 1 000 m 以上的使用。

应计算出金属封闭开关设备和控制设备在系统中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 GB/T 15544.1—2013。

## 9.102 设计和结构的选择

### 9.102.1 概述

金属封闭开关设备和控制设备通常根据其绝缘方式(例如空气绝缘或气体绝缘)以及是固定式或可抽出式来确定。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)和/或试验的规定。

随着少维护开关装置的发展,人们对某些部件承受电弧烧蚀的关注程度降低了。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。也可能需要进行机械部件的润滑和调整,因此,一些设计把可触及的机械部件置于高压隔室之外。

维护需要触及的范围和/或是否可以容许整个开关设备和控制设备停运可能决定了用户是选择空气绝缘的还是流体绝缘的,是选择固定式的还是可抽出式的。如果要求少维护,则应选用少维护的元件。固定式的总装,尤其是采用了少维护元件的总装是一种终生节约成本的方案。

不论是固定式还是可抽出式,在主回路隔室打开时,开关设备和控制设备的安全运行要求工作部件应与所有的电源隔离并接地。因此,用于隔离的开关装置应能确保安全并防止再次接通。

### 9.102.2 高压隔室的结构和可触及性

本标准中所定义的内部划分形式是在尝试解决运行连续性和可维护性之间的矛盾。在不同结构形式能够提供的可维护性方面,本条给出了一些导则。

注 1: 如果为了防止在进行某些维护时偶然触及带电部件,11.5 中的解决方法是临时插入挡板。

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/或设置和使用临时挡板,这些就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高压隔室的列表和类型(例如母线隔室、断路器隔室等)、每个隔室的可触及类型以及型式(可抽出型、非可抽出型)。

有四种类型高压隔室,其中三种隔室用户可触及,一种隔室用户不可触及。

——可触及隔室,下面规定了三种打开可触及高压隔室的控制方法。

——首先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,或者都处于隔离位置,相应的活门关闭,称为“联锁控制的可触及隔室”。在这个方面,不包括触及高压隔室时还需保持带电的绝缘包覆的高压部件,其固体材料表面应满足 7.101.2 的试验要求。

注 3: 通常情况下,触及高压隔室后可能需要人力打开活门或插入临时的挡板。

——其次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的设施,称为“基于程序的可触及隔室”。

——第三种是不具有内在性能以确保打开前的电气安全,需要工具才能打开的隔室,称为“基于工具的可触及隔室”。

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。打开这两种类型可触及高压隔室的盖板和/或活门不需要工具。

如果高压隔室需要工具才能打开,则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。应在隔室上或通过某个装置明确指出“不可打开”,例如完全焊接的或具有密封压力系统的充气隔室。

### 9.102.3 开关设备的运行连续性

金属封闭开关设备和控制设备用于提供一定的防护水平,以防止人员触及危险部件,防止固体外物

进入设备。采用适当的传感器和辅助装置,也可对对地绝缘失效提供防护。

对于开关设备和控制设备的每一个功能单元,运行连续性的丧失类别(LSC)规定了当打开该功能单元的一个主回路隔室时,其他隔室和/或功能单元可以保持带电的范围。

LSC1类:此类在打开任何可触及隔室期间不能连续运行,且可能要求将开关设备和控制设备从系统中完全隔离,并在打开前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,此类别为电网提供最高的运行连续性。即在保持同一段的其他功能单元带电的同时,可以打开该功能单元中可触及高压隔室(具体可以打开的隔室类型由LSC2、LSC2A、LSC2B加以区分),这意味着至少一条母线可以保持带电。通过插入可移开的隔板,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(单母线开关设备的母线隔室除外)。可以有或没有其他可触及高压隔室(例如主开关装置)。

LSC2A适用于开关设备和控制设备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);这就要求相关的高压回路不带电且接地后,在保持母线带电的同时,允许打开任何一个高压隔室(当然,不允许打开带电的母线隔室)。

当触及相应功能单元的其他可触及隔室时,可能存在需要保持高压连接隔室(主要是电缆连接隔室)带电的情况。替代的电源是设施的一部分时,会出现这种情况(环网运行、发电机等)。对此,开关设备和控制设备可以规定为LSC2B;这要求任何其他可触及高压隔室打开时,电缆连接隔室可以保持带电。

LSC2家族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(单母线开关设备的母线连接隔室除外)不要求母线退出运行,也不要求其他功能单元退出运行;
- LSC2A:针对LSC2类功能单元的设计,其中所有的可触及高压隔室(非单母线设备中的母线隔室)可以打开而母线保持带电;
- LSC2B:作为对LSC2A的更高要求,可触及功能单元的电缆连接隔室可以保持带电。这就意味着还存在一个隔离点,以及确保可触及的隔室和电缆连接之间适当的隔断。

示例:

- a) LSC1(图101):断路器和母线与电缆连接处于同一隔室的断路器功能单元划分为LSC1类。
- b) LSC2(图102):具有两个不同于母线隔室的可触及高压隔室和非可抽出式断路器的功能单元,且断路器隔室中还有隔离开关。它不允许母线带电时打开断路器隔室。但是,电缆连接可以通过断路器接地;如果电缆连接隔室和断路器隔室之间完全隔开,则母线带电时电缆连接隔室可以打开。该功能单元应定义为LSC2。
- c) 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予以隔离和接地。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。
- d) 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分隔。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。
- e) LSC2B(图105):对于非可抽出式主开关装置的设计。
- f) 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;断路器隔室和母线隔室完全分隔。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。
- g) LSC2B(图106):对于可抽出式设计。如果每台LSC2B类功能单元的主开关装置都配有自己的可触及隔室,对该主开关装置的维护不需要相应的连接隔室停电。因此,本例中的LSC2B类功能单元需要至少三个隔室:
  - 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,每组母线应有其自己独立的隔室。

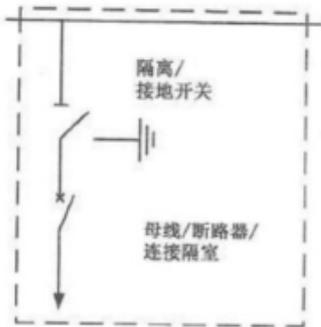


图 101 LSC1

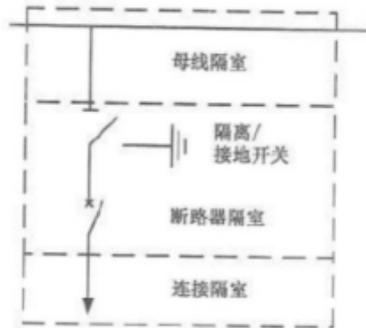


图 102 LSC2

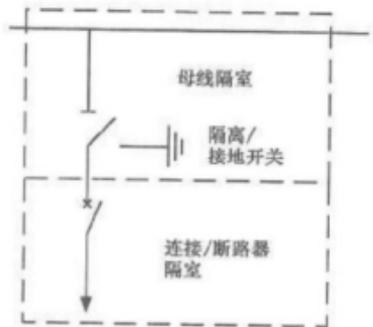


图 103 LSC2

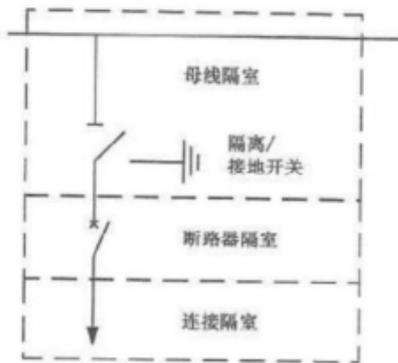


图 104 LSC2A

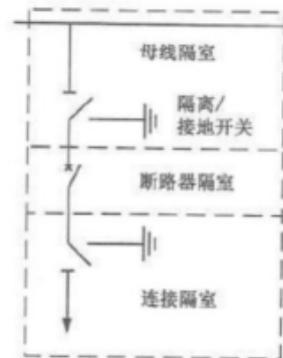


图 105 LSC2B

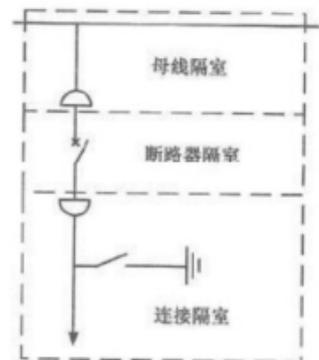


图 106 LSC2B

#### 9.102.4 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 7.106.1,也可见 9.103。

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已经分隔(3.111的定义),则打开的隔室中可以有或没有活门。见 6.103.3.1。

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。

#### 9.103 内部电弧故障

##### 9.103.1 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,但不可以完全忽视。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 GB/T 20002.4—2015,危险是危害出现的概率和危害的严酷度的组合(见 GB/T 20002.4—2015 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 GB/T 20002.4—2015 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。

## 9.103.2 起因和预防措施

经验表明,外壳内部的某些位置比其他地方更容易出现故障。作为导则,表 102 为由经验得出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、交付使用、运行和维护的要求。

表 102 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)
连接隔室	设计不当	选择合适的尺寸、使用合适的材料
	错误安装	避免电缆交叉连接;在现场进行质量检查;合适的力矩
	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 6.13),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	使用防腐涂的覆盖层和/或油脂;采用电镀;如有可能则加以封闭;辅以加热设备,防止凝露
	装配不当	采用适当的方法和工艺,正确的力矩,适当上锁
	可抽出部件接入或退出过程中;如因状态变化的绝缘和插入触头和/或活门的损坏和变形的组合	现场检查工艺
互感器	铁磁谐振	采用适当的回路设计,以避免此类现象的影响
	电压互感器的低压侧短路	通过适当的措施,如保护盖、低压熔断器,以避免短路
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;用绝缘包裹带电部分;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 4 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

## 9.103.3 补充的防护措施

可以采取其他措施,当出现内部电弧情况下对人员提供更高等级的保护。这些措施是为了限制内部故障的对外影响。

下面是这些措施的例子:

- 通过光传感器、压力传感器、热传感器或者母线差动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;
- 通过快速传感器及快速合闸装置(灭弧器)把电弧转移到金属短接回路上来消除电弧;
- 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。

#### 9.103.4 选择和安装因素

在考虑到电网特征、操作程序和运行条件后，用户应能做出正确的选择。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在从 3.127~3.129 的所有位置都能够关闭的门。

作为根据内部电弧选择合适的开关设备和控制设备的导则，可以采用下述依据：

- 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，应结合被试设备的额定值，考虑可预见的最大故障电流及其持续时间后进行选择。另外，还应根据制造厂的安装说明书（见第 11 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。人员进入未标明为可触及的区域可能会受到伤害。

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 类别的问题，还取决于安装条件。金属封闭开关设备和控制设备里面的内部电弧故障可能出现在很多位置且可引起各种各样的物理现象。例如外壳内绝缘流体中电弧发展产生的电弧能量会引起内部过压力和局部过热，这将导致设备的机械和热的应力。此外，参与其中的材料可能产生热分解物（气体或者蒸汽）会释放到外壳外面。从这个观点出发，在重新进入开关设备间之前，应对设备现场进行排风和进一步通风，并考虑对现场环境进行适当的测试。

对于 C 类可触及性，最低的安装高度基于制造厂声明的最小的接近距离。

#### 9.103.5 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。本试验不评估在任何维护或工作条件下外壳的部件（包括低压隔室）打开或拆除时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 类的金属封闭开关设备和控制设备。

注：通常不可能计算和试验中所用的电流不同的电流时的允许电弧持续时间。试验期间的最大压力通常不会随着燃弧时间变短而降低，且对较低的电流可以增加允许的电弧持续时间没有可遵循的统一规则。

#### 9.103.6 IAC 类别

IAC 类别给出了在 7.106.2 规定的正常运行条件下、经过验证的、对人员的防护水平。它涉及在这些条件下人员的防护；不涉及在维护条件下人员的防护，也不涉及运行连续性。

在 IAC 类别经过试验验证的情况下，按照 7.106，金属封闭开关设备和控制设备应按下述标识：

- 总体：IAC 类。
- 可触及性：A、B 和 C（按照 5.101.2 和 B.2.2）。
- 额定值：电弧故障电流（kA）和持续时间（s）。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。中性点接地和单相对地电弧故障电流之间的关系在表 103 中给出。如果要求的数值高于三相额定值的 87% 或者能够接受较低的数值（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 103 网络中性点接地情况决定的单相对地电弧故障电流

网络中性点接地类型	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%
中性点阻抗接地	额定单相对地电弧故障电流的 100%
中性点直接接地	三相额定电弧故障电流的 100%

注 1: 如果额定单相对地电弧故障电流涵盖了中性点固定接地的条件, 也就涵盖了网络的所有其他接地条件。  
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% (异相接地条件下的单相对地故障电流)。但是, 开关设备承受单相对地故障后, 在其附近出现两相对地故障的概率是非常低的。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 6.12)。

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, 预计安装在前面板、侧板和后板均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, 预计安装在下述条件:

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: 具有接地故障保护、中性点绝缘或中性点阻抗接地的系统, 其最大接地故障电流通常为 2 kA, 仅使用插入式连接方式的固体绝缘封闭开关设备和控制设备用于此系统时。如果试验按照故障电流(有效值)20 kA, 持续时间 0.5 s, 但对于连接隔室仅为 2 kA, 持续时间 1 s, 指示器置于前面、侧面和后面, 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 ( $I_{Ar}$ : 2 kA, 1 s)	

#### 9.104 技术要求、额定值和可选试验的摘要

金属封闭开关设备和控制设备的技术要求、额定值和可选试验的摘要列于表 104 中。

表 104 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	章条编号	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	9.105	
开关设备的特性		
极数		
类别——户内,户外(或特殊使用条件)	4	
隔室的名称: 母线 主开关 连接 电流互感器(CT) 电压互感器(PT)等	3.107(见 6.103.1)	母线隔室; 主开关隔室; 连接隔室; CT 隔室; PT 隔室; 连接/CT 隔室; 主开关/CT 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 基于程序的可触及隔室 基于工具的可触及隔室 不可触及隔室	3.107 3.107.1 3.107.2 3.107.3 3.107.4	
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)	3.126	(可抽出/不可抽出);
运行连续性的丧失类别(LSC) LSC2 LSC2A LSC2B LSC1	3.132 3.132.1 3.132.2 3.132.3 3.132.4	
额定电压 $U_n$ /kV 3.6;7.2;12;24;40.5 等	5.2	
相数:1,2 或 3		
额定绝缘水平: 短时工频耐受电压 $U_d$ 雷电冲击耐受电压 $U_p$	5.3	(通用值/隔离断口) a) / b) /
额定频率 $f_n$	5.4	

表 104 (续)

资料	章条编号	适用时,用户提出的要求
额定电流 $I_n$ 进线 母线 馈线	5.5	a) b) c)
额定短时耐受电流 主回路(进线/母线/馈线) $I_k$ 接地回路 $I_{kg}$	5.6 9.105	a) b)
额定峰值耐受电流 主回路(进线/母线/馈线) $I_p$ 接地回路 $I_{pg}$	5.7 9.105	a) b)
额定短路持续时间 主回路(进线/母线/馈线) $t_k$ 接地回路 $t_{kg}$	5.8 9.105	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 $U_c$ a) 合闸和脱扣 b) 指示 c) 控制	5.9	a) b) c)
合闸和分闸装置以及辅助回路的额定频率	5.10	
内部电弧故障 IAC 开关设备/控制设备可触及性的型式(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 表示的分类试验值和持续时间(s)	3.133 5.101.2 也可见 3.103.6 中的例子  B.4	Y/N  正面 F; 侧面 L; 后面 R;
额定电缆试验电压 $U_{ca}$	6.105	直流和/或交流
低压力闭锁和高压力闭锁装置和监测装置(状态的要求,例如低压力指示的闭锁等)	6.11	
联锁装置(按 6.11 规定的任何附加要求)	6.13	
外壳的防护等级(如果不是 IP2X), 门关闭时 门打开时 气候防护试验	6.15(见 6.102.1 和 6.102.3)  6.15.2	a) b)
人工污秽试验	7.2.9	附加的凝露和污秽要求
局部放电试验	7.2.10	试验值与制造厂协商
局部放电测量	8.101	试验值与制造厂协商
其他资料, 例如安装条件		

### 9.105 接地回路的额定值

对于中性点直接接地的系统,接地回路的最大短路电流可以达到主回路的额定短时耐受电流。

对于不同于中性点直接接地的系统,接地回路的最大短时电流理论上可以达到主回路的额定短时耐受电流的 87%(异相接地故障条件下的短路)。但是,异相接地故障完全流过开关设备和控制设备接地回路的概率非常小。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。

### 9.106 电缆试验的额定值

用户应在期望施加的实际的电缆试验电压之上留有足够的裕度来规定额定电缆试验电压的数值。

## 10 随订货单、投标书和询问单一起提供的资料

### 10.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 9 章不适用。

### 10.2 应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:
  - 1) 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 4 章):
  - 1) 最高和最低周围空气温度,所有超越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、雨雪、易爆气体、过量的灰尘或盐雾中、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) 户内设备或户外设备;
  - 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) 母线和馈电回路的额定电流;
  - 8) 额定短时耐受电流( $I_k$ );
  - 9) 额定短路持续时间(若不是 1 s);
  - 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别(例如 LSC1、LSC2、LSC2A、LSC2B);
  - 17) 隔板和活门的等级(PM 或 PI)(如果适用);
  - 18) 适用时,IAC 类别(如果要求)以及对应的可触及性型式、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,询问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、电缆试验要求、废气的处理、特定的尺寸。

如果要求进行特殊的型式试验,应提供有关资料。

### 10.3 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) 10.2 中的 c) 所列举的额定值和特性。
- b) 按要求,提供型式试验证书或报告。
- 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) 侧面类别;
  - 8) 安装、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,或液体或气体的质量;
  - 12) 液体状态或气体状态的技术要求。
- d) 操动装置的特性:
  - 1) 10.2 的 d) 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) 用户应订购的推荐的备件清单。

## 11 运输、储存、安装、运行和维护规则

### 11.1 概述

按 GB/T 11022—2011 第 10 章的规定。

### 11.2 运输、储存和安装时的条件

按 GB/T 11022—2011 中 10.2 的规定。

### 11.3 安装

按 GB/T 11022—2011 中 10.3 的规定,并对其中 10.3.4 补充如下:

对于 IAC 级开关设备和控制设备,应提供适应设备内部电弧情况的安全安装条件的导则。实际安装条件造成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 7.106)进行评估。但是,如果用户认为不存在相关危险,则开关设备和控制设备的安装可以不受制造厂指出的约束条件的限制。

#### 11.4 运行

按 GB/T 11022—2011 中 10.4 的规定。

#### 11.5 维护

按 GB/T 11022—2011 中 10.5 的规定,并做如下补充:

在履行某些维护程序时,如果为了维护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挡板或其方案;
- 制造厂应给出维护程序和挡板使用的建议;
- 按照制造厂的指导安装完后,防护等级应达到 GB/T 4208—2017 规定的 IP2X;
- 这些挡板应满足 6.103.3 的要求;
- 挡板及其支撑应有足够的机械强度以防偶然触及带电部件。

注:仅用作机械防护的挡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潜在的损坏,如果需要,可全部或部分更换。

### 12 安全

#### 12.1 概述

按 GB/T 11022—2011 第 11 章的规定,并做如下补充。

##### 12.101 程序

用户应提出适当的程序,以保证基于程序的可触及隔室仅在可触及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。该程序可以由设备的制造商或用户的安全规程规定。

##### 12.102 内部电弧方面

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 9.103。

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内的过压力。其影响不在本标准的范围内,但设备设计时应予以考虑。

### 13 产品对环境的影响

GB/T 11022—2011 的第 12 章适用。

附录 A  
(资料性附录)

本标准与 IEC 62271-200:2011 的章条编号对照一览表

本标准与 IEC 62271-200:2011 的章条编号对照见表 A.1。

表 A.1 本标准与 IEC 62271-200:2011 的章条编号对照

本标准章条编号	IEC 62271-200:2011 章条编号
1	1.1
2	1.2
3	3
4	2
5	4
5.1	—
5.2	4.1
5.3	4.2
5.4	4.3
5.5	4.4
5.5.1	4.4.1
5.5.2	4.4.2
5.6	4.5
5.7	4.6
5.8	4.7
5.9	4.8
5.10	4.9
5.11	4.10
5.12	4.11
5.101	4.101
5.101.1	4.101.1
5.101.2	4.101.2
5.101.3	4.101.3
5.101.4	4.101.4
5.101.5	4.101.5

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-200:2011 章条编号
5.102	4.102
5.102.1	4.102.1
5.102.2	4.102.2
5.102.3	4.102.3
6	5
6.1	—
6.2	5.1
6.3	5.2
6.4	—
6.5	5.3
6.5.1	—
6.5.2	5.3.101
6.5.3	5.3.102
6.5.4	5.3.103
6.5.5	5.3.104
6.5.6	5.3.105
6.6	5.4
6.7	5
6.8	5.6
6.9	5.7
6.10	5.8
6.11	5.9
6.12	5.10
6.13	5.11
6.14	5.12
6.15	5.13
6.15.1	—
6.15.2	5.13.1
6.15.3	5.13.2
6.15.4	5.13.3

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-200:2011 章条编号
6.16	5.14
6.17	5.15
5.18	5.16
6.19	5.17
6.20	5.18
6.21	5.19
6.22	5.20
6.101	5.101
6.102	5.102
6.102.1	5.102.1
6.102.2	5.102.2
6.102.3	5.102.3
6.102.4	5.102.4
6.102.5	5.102.5
6.103	5.103
6.103.1	5.103.1
6.103.2	5.103.2
6.103.2.1	5.103.2.1
6.103.2.2	5.103.2.2
6.103.2.3	5.103.2.3
6.103.2.4	5.103.2.4
6.103.3	5.103.3
6.103.3.1	5.103.3.1
6.103.3.2	5.103.3.2
6.103.3.3	5.103.3.3
6.104	5.104
6.105	5.105
7	6
7.1	6.1
7.1.1	—

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-200:2011 章条编号
7.1.2	6.1.1
7.1.3	6.1.2
7.1.4	6.1.3
7.2	6.2
7.2.1	—
7.2.2	6.2.1
7.2.3	6.2.2
7.2.4	6.2.3
7.2.5	6.2.4
7.2.6	6.2.5
7.2.7	6.2.6
7.2.7.1	—
7.2.7.2	6.2.6.1
7.2.7.3	6.2.6.2
7.2.8	6.2.7
7.2.9	6.2.8
7.2.10	6.2.9
7.2.11	6.2.10
7.2.12	6.2.11
7.2.101	6.2.101
7.3	6.3
7.4	6.4
7.4.1	6.4.1
7.4.2	6.4.2
7.5	6.5
7.5.1	—
7.5.2	6.5.1
7.5.3	6.5.2
7.5.4	6.5.3
7.5.5	6.5.4

表 A.1 (续)

本标准条款编号	IEC 62271-200,2011 条款编号
7.5.6	6.5.5
7.5.7	6.5.6
7.6	6.6
7.6.1	—
7.6.2	6.6.1
7.6.3	6.6.2
7.6.4	6.6.3
7.6.5	6.6.4
7.7	6.7
7.7.1	6.7.1
7.7.2	6.7.2
7.8	6.8
7.9	6.9
7.10	6.10
7.10.1	6.10.1
7.10.2	6.10.2
7.10.3	6.10.3
7.10.4	6.10.4
7.10.5	6.10.5
7.10.6	6.10.6
7.11	6.11
7.101	6.101
7.101.1	6.101.1
7.101.2	6.101.2
7.101.3	6.101.3
7.102	6.102
7.102.1	6.102.1
7.102.2	6.102.2
7.103	6.103
7.103.1	6.103.1

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-200:2011 章条编号
7.103.2	6.103.2
7.103.3	—
7.104	6.104
7.104.1	6.104.1
7.104.2	6.104.2
7.104.3	6.104.3
7.105	6.105
7.106	6.106
7.106.1	6.106.1
7.106.2	6.106.2
7.106.3	6.106.3
7.106.4	6.106.4
7.106.5	6.106.5
7.106.6	6.106.6
7.106.7	6.106.7
7.107	—
8	—
8.1	—
8.2	7.1
8.3	7.2
8.4	7.3
8.5	7.4
8.6	7.5
8.101	7.101
8.102	7.102
8.103	7.103
8.104	7.104
8.105	7.105
8.106	7.106
9	8

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-200:2011 章条编号
9.1	8.101
9.101	8.102
9.102	8.103
9.102.1	8.103.1
9.102.2	8.103.2
9.102.3	8.103.3
9.102.4	8.103.4
9.103	8.104
9.103.1	8.104.1
9.103.2	8.104.2
9.103.3	8.104.3
9.103.4	8.104.4
9.103.5	8.104.5
9.103.6	8.104.6
9.104	8.105
9.105	8.106
9.106	8.107
10	9
10.1	—
10.2	9.1
10.3	9.2
11	10
11.1	—
11.2	10.1
11.3	10.2
11.4	10.3
11.5	10.4
12	11
12.1	—
12.101	11.101

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-200:2011 章条编号
12.102	11.102
13	12
附录 A	—
附录 B	附录 AA
附录 C	—
附录 D	—
附录 E	—
附录 F	附录 BB
附录 G	—
参考文献	参考文献

附录 B  
(规范性附录)

内部电弧故障——验证内部电弧类别(IAC)的方法

B.1 房间模拟

B.1.1 户内开关设备和控制设备的房间模拟

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1: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偏离,见11.3。

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开始。这也是内部电弧试验期间指示器架放置的水平,见图B.8。

但是,天花板最小应置于:

- 试品高度上至少 $200\text{ mm}(\pm 50\text{ mm})$ 距离处,且
- 如果试品高度小于 $\pm 300\text{ mm}$ ,距离地板或人造地板 $2\,000\text{ mm}(\pm 50\text{ mm})$ 距离处。

试品的高度由其影响气流的最上部分确定,包括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。

按这些条件试验的结果对于试品和天花板间所有距离大于试验情况的有效。

示例:试品和天花板之间的距离为 $400\text{ mm}$ 进行的试验对于所有更大距离有效。

如果制造厂规定的天花板和试品高度之间的距离在 $0\text{ mm}$ 和 $300\text{ mm}$ 之间,则试验结果仅对该天花板距离有效且该距离可以声明为安装说明书的允许值。

侧面的墙壁:

侧面的墙壁应距试验样品左侧面或右侧面 $100\text{ mm}(\pm 30\text{ mm})$ 。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。

只要气体不直接朝向墙壁,按这些条件试验的结果对于试品和侧面墙壁间所有距离大于试验情况的有效。

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。试品由各种深度的功能单元组成时,则在最深的单元处应具有规定的距离。

在任何情况下,从后面的墙壁到开关设备和控制设备的距离是从外壳的表面量起,不考虑不影响热气溢出的凸出元件(如手柄)。

不可触及的后面板:

除非制造厂规定了更大的最小间距,试品的后面板应距离墙壁 $100\text{ mm}(\pm 30\text{ mm})$ 。只要能够证明墙壁不会妨碍或限制试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7.106.5的判据1),认为靠墙壁较近的试验布置是有效的。

如果不能实现这些条件,或制造厂要求直接验证靠墙安装的设计,应在与后面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方面的导则。

**可触及的后面板：**

试品的后面板距离墙壁的标准距离为  $800^{+100}_0$  mm。

在经过 A 类可触及性试验或者经过 100 mm 或更严酷的 B 类可触及性试验的情况下，试验对距离墙壁 300 mm 或更大的不可触及的后面板仍然有效。

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。

**特殊情况下，泄压通道的使用：**

如果制造厂声明设计需要用电缆进入通道和/或其他所有的泄压通道来排出内部电弧期间产生的气体，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)。应模拟这些泄压通道进行试验。泄压通道开口的末端距受试开关设备和控制设备至少  $2\,000\text{ mm} \pm 50\text{ mm}$ 。

对带有泄压通道的产品进行试验时，不宜固定天花板的绝对高度。如果泄压通道安装在试品顶部，应确保试品(含泄压通道)到天花板的最小距离为 100 mm，以便于记录泄压通道的永久变形。如果此类试验是对可触及的后面板实施的，同时又满足两个附加条件(见 7.106.5, 判据 1)，则试验布置对于与墙壁任何距离处的不可触及的后面板仍然有效。

注 2，本标准中的试验不涵盖指示器外排气管道末端和周围热气体的可能影响。

**B.1.2 户外开关设备和控制设备的房间模拟**

如果对所有面板(F,L,R)都规定了可触及性，则墙壁和天花板都不要求。如果必要，如上所述，应模拟电缆进入通道。

从内部电弧的观点出发，对于同样的可触及性要求，认为通过了试验的户内金属封闭开关设备和控制设备可以用于户外。

在户外使用的开关设备和控制设备，若其将安装在遮板下(例如用于防雨)，且遮板的最小高度仅在开关设备和控制设备之上 1.5 m 以内时，应考虑相应的天花板。

**B.2 指示器(用于评估气体的热效应)****B.2.1 概述**

指示器是切边不朝向试品的黑棉布。

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

应注意观察竖直布置的指示器不应互相点燃。这可以通过把它们固定在两个深度为 30 mm ( ${}^0_{-3}$  mm)的钢板框架中实现，见图 B.1。

对于水平指示器，应注意灼热粒子不应积聚。如果指示器的安装不用框架就可以满足这一要求。见图 B.2。

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

**B.2.2 指示器的布置**

指示器应安装在安装架上，布置在每一个具有可触及类别的侧面，与每一侧面的距离取决于可触及性的型式。

考虑到从受试表面喷出热气体的角度可能达到  $45^\circ$ ，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，如果适用，安装架每个边应至少比受试单元长 100 mm；对 A 类可触及性，安装架每个边应至少比受试单元长 300 mm。

竖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表面量起,不考虑不影响热气溢出的凸出元件(例如手柄)。如果开关设备的表面不规则,应根据可触及性的型式,在规定的距离安装指示器,以尽可能实际地模拟人员通常在设备前所处的位置。

对不同触及性的规定如下:

a) A类可触及性(授权的人员)

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

指示器应竖直安装在金属封闭开关设备和控制设备的所有分类侧面,距离地面  $2 \text{ m}$  高,且均匀分布在方格盘上,并占方格盘面积的  $40\% \sim 50\%$ (见图 B.3 和图 B.4)。

指示器到开关设备和控制设备的距离为  $300 \text{ mm}$ 。

应按图 B.3 和图 B.4 的规定布置距离地面  $2\,000 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$  高的水平指示器,该指示器伸出开关设备和控制设备  $300 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$  到  $800 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$ 。如果天花板位于地面上  $2\,000 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$  处(见 B.1.1),则不需要水平指示器。指示器应均匀分布在方格盘上,并占方格盘面积的  $40\% \sim 50\%$ (见图 B.3 和图 B.4)。

特殊的可触及性条件:

——不论开关设备和控制设备有多高,如果正常运行要求人员站立在设备上或在其上行走,水平指示器应按图 B.6 的规定,置于上部可触及及表面的上方;

——应采用黑色的棉麻混纺布(约  $40 \text{ g/m}^2$ )作为指示器。

b) B类可触及性(一般公众)

应采用黑色的棉衬布(约  $40 \text{ g/m}^2$ )作为指示器。

指示器应竖直安装在金属封闭开关设备和控制设备的所有具有可触及类别的侧面,距离地面  $2\,000 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$  高。如果样品的实际高度小于  $1\,900 \text{ mm}$ ,则竖直指示器应比样品高  $100 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$ 。

指示器应均匀分布在方格盘上,并占方格盘面积的  $40\% \sim 50\%$ (见图 B.3 和图 B.5)。

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

还应按图 B.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  $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  到  $800 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$ 。如果样品的高度小于  $1\,900 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$ ,则指示器应根据侧面的类别直接放在上盖板之上,距离  $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ (见图 B.6)。指示器应均匀分布在方格盘上,并占方格盘面积的  $40\% \sim 50\%$ (见图 B.5 和图 B.6)。

c) C类可触及性——柱上安装的设备(授权的人员/一般公众)

应采用黑色的棉衬布(约  $40 \text{ g/m}^2$ )作为指示器。

指示器应按制造厂声明的,在试品下最小接近距离( $\pm 50 \text{ mm}$ )的高度位置水平布置,覆盖以柱为中心  $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$  见方的区域。指示器应均匀分布在方格盘上,并占方格盘面积的  $40\% \sim 50\%$ (见图 B.7)。

如果适用,为了便于控制箱和/或电气/机械联系,指示器可以位于任何方便的高度。

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  $150 \text{ g/m}^2$ )代表了工人的衣服,而棉衬布(大约  $40 \text{ g/m}^2$ )代表了入夏时一般公众的穿着。

### B.3 试验布置的几何尺寸的公差

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

试品和天花板之间的距离:	$\pm 50 \text{ mm}$
试品和侧面墙壁之间的距离:	$\pm 30 \text{ mm}$

试品和后面墙壁之间的距离(不可触及的):	±30 mm
试品和后面墙壁之间的距离(可触及的):	0~+100 mm
指示器尺寸:	0~+15 mm
指示器钢框架的深度:	-3~0 mm
指示器的高度:	±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

## B.4 试验参数

### B.4.1 概述

用于中性点非有效接地三相系统的金属封闭开关设备和控制设备应进行三相试验。

在给定的电压、电流和持续时间下进行的试验通常对于所有较低的电流、电压和持续时间有效。

注: 较低的电流可能影响压力释放装置的性能和烧穿特性。对于低于试验值的短路电流水平, 解释试验结果时宜予以注意。

### B.4.2 电压

试验应优先在金属封闭开关设备和控制设备的额定电压下进行, 如果受试验条件约束, 则试验可在降低的电压条件下实施, 且如果选择的电压低于额定电压, 应满足下述条件:

- 通过数字记录装置测量得到的平均电流有效值符合 B.4.3.1 的要求;
- 已经引燃电弧的所有相都不会提前熄灭。

### B.4.3 电流

#### B.4.3.1 交流分量

试验电流应整定到公差为  $^{+15}_{0}\%$  的额定电弧故障电流 ( $I_A$  或  $I_{AR}$ )。如果外施电压等于额定电压, 该偏差值仅适用于预期电流。

该电流应维持恒定。

注: 中性点接地类型和单相相对地电弧故障电流之间的关系在 9.103.6 中给出。

#### B.4.3.2 峰值电流

合闸瞬间的选择应使得峰值电流流过一个边相, 且大半波电流应出现在另一边相上。

预期电流的峰值应等于 2.5 倍(对于频率为 50 Hz 及以下)或 2.6 倍(对于 60 Hz) B.4.3.1 规定的交流分量的有效值, 偏差为  $^{+5}_{0}\%$ 。

如果外施电压低于额定电压, 预期电流的峰值是不适用的, 但实际试验电流峰值应不小于额定峰值电流。

注: 对其他较高的馈电网直流时间常数, 对于 50 Hz 和 60 Hz 应用, 额定值统一采用交流分量有效值的 2.7 倍。

在引燃两相电弧的情况下, 选择的合闸瞬间应使得产生最大可能的直流分量。

### B.4.4 频率

当额定频率为 50 Hz 时, 试验开始时的频率应在 48 Hz~52 Hz。当在其他额定频率时, 偏离额定

值不应超过±10%。

## B.5 试验程序

### B.5.1 电源回路

#### B.5.1.1 三相试验

电源回路应为三相且开关设备和控制设备的所有三相应带电。电源回路的中性点可以绝缘也可以通过阻抗接地,如此,最大接地电流小于 100 A。在这种情况下,布置涵盖了所有的中性点接地类型。

#### B.5.1.2 单相试验

电源回路的一端应与开关设备和控制设备提供的接地点相连,另一端与被试相相连。

试品剩余的两相应承受额定电压,除非相间不可能相互影响。

如果剩余相中的某一相被引燃,则试验应按三相试验重复进行。

#### B.5.1.3 馈电布置

送电方向应如下:

——对于连接隔室:从母线供电,通过主开关装置。

——对于母线隔室:电源的接线不应使受试的隔室打开。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适当的馈电单元供电。

注:在母线隔室非对称设计的情况下,宜考虑在电弧能量和烧穿方面最严重的内部电弧引燃。

——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,应处于分闸位置)外,所有的开关装置都处于合闸位置。

### B.5.2 电弧的引燃

#### B.5.2.1 概述

用直径大约为 0.5 mm 的金属线在受试的所有的相间引燃电弧,或者,对于单相对地电弧故障,在一相和地之间引燃。

引燃点应是受试隔室内位于电源的电流路径下游且距电源最远的点。如果受试隔室的主回路包括限流装置(如熔断器),引燃点应选择在线流装置的上游路径。

被试的相数、连接布置以及如果影响到其他相时所采取的措施,应按照受试隔室的构造,符合表 B.1。

表 B.1 根据隔室构造的内部故障试验参数

隔室类型	导体或连接类型	试验电流	相数/电弧引燃的接地点	如果其他相受到影响所采取的行动
不同于连接隔室的三相隔室	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
		$I_A$	一相和地	

表 B.1 (续)

隔室类型	导体或连接类型	试验电流	相数/电弧引燃的接地点	如果其他相受到影响所采取的行动
单相隔室	—	$I_{Ac}$	一相和地	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
		$I_{Ac}$	一相和地	
	采用内锥插入式的连接	$87\%I_A$	2	作为三相试验重复
$I_{Ac}$		一相和地		

如果开关设备和控制设备规定了  $I_{Ac}$  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  $I_{Ac}$  的 87%,任意两相间的试验应采用  $I_{Ac}$  作为试验电流。

在单相对地引燃的情况下,电弧应在中相和最近的接地点之间引燃。

#### B.5.2.2 具有固体绝缘的隔室

在带电部件采用固体绝缘材料包覆的隔室中,电弧应在下述位置引燃:

- 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) 不适用,通过打孔或者局部移开导体上的固体绝缘。

#### B.5.2.3 连接隔室

##### B.5.2.3.1 具有插入式固体绝缘连接的隔室

对于外锥的插入式连接,起弧点为无绝缘的凸块。

对于内锥的插入式连接,通过打孔或者移开引燃相的电缆插头下面局部的绝缘来引燃。

其他相应装有运行中所用的插入式连接器,且应带电。

注:经验表明故障一般不会发展到三相故障;因此,其他相装配选择并非关键要素。

##### B.5.2.3.2 具有现场制作的固体绝缘连接的隔室

对于连接是采用现场制作的固体绝缘的连接隔室,起弧点为该相无绝缘的凸块。

##### B.5.2.3.3 非插入式或现场制作的固体绝缘连接的隔室

没有插入式或现场制作的绝缘连接的电缆连接,应不带电缆进行试验。应进行三相引燃。

电缆凸块应和运行一样配置。

##### B.5.2.4 无接地金属部件的单相隔室

对于无接地金属部件的单相隔室,应建立通过绝缘件到最近的接地金属部件的起弧路径。

单位为毫米

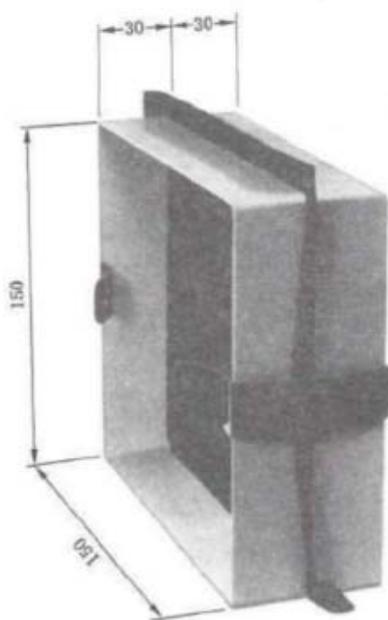


图 B.1 垂直指示器安装框架

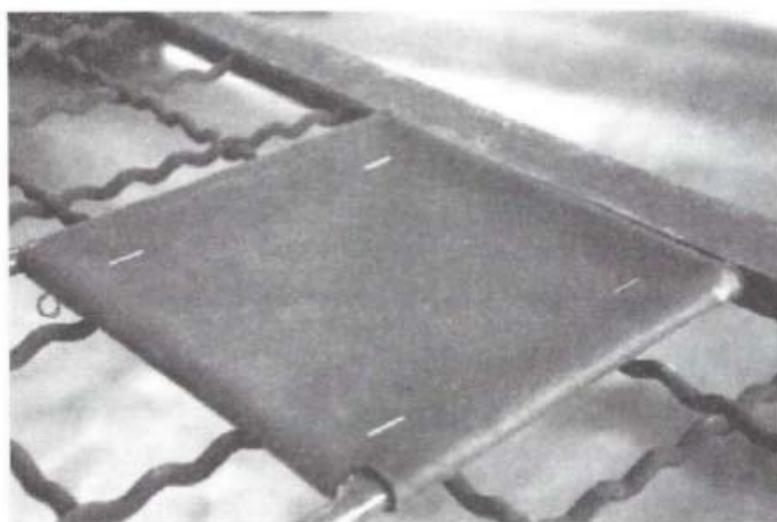


图 B.2 水平指示器

A类可触及性		B类可触及性	
$h \geq 1.9 \text{ m}$	$h < 1.9 \text{ m}$	$h \geq 1.9 \text{ m}$	$h < 1.9 \text{ m}$

说明:

S——开关设备和控制设备;

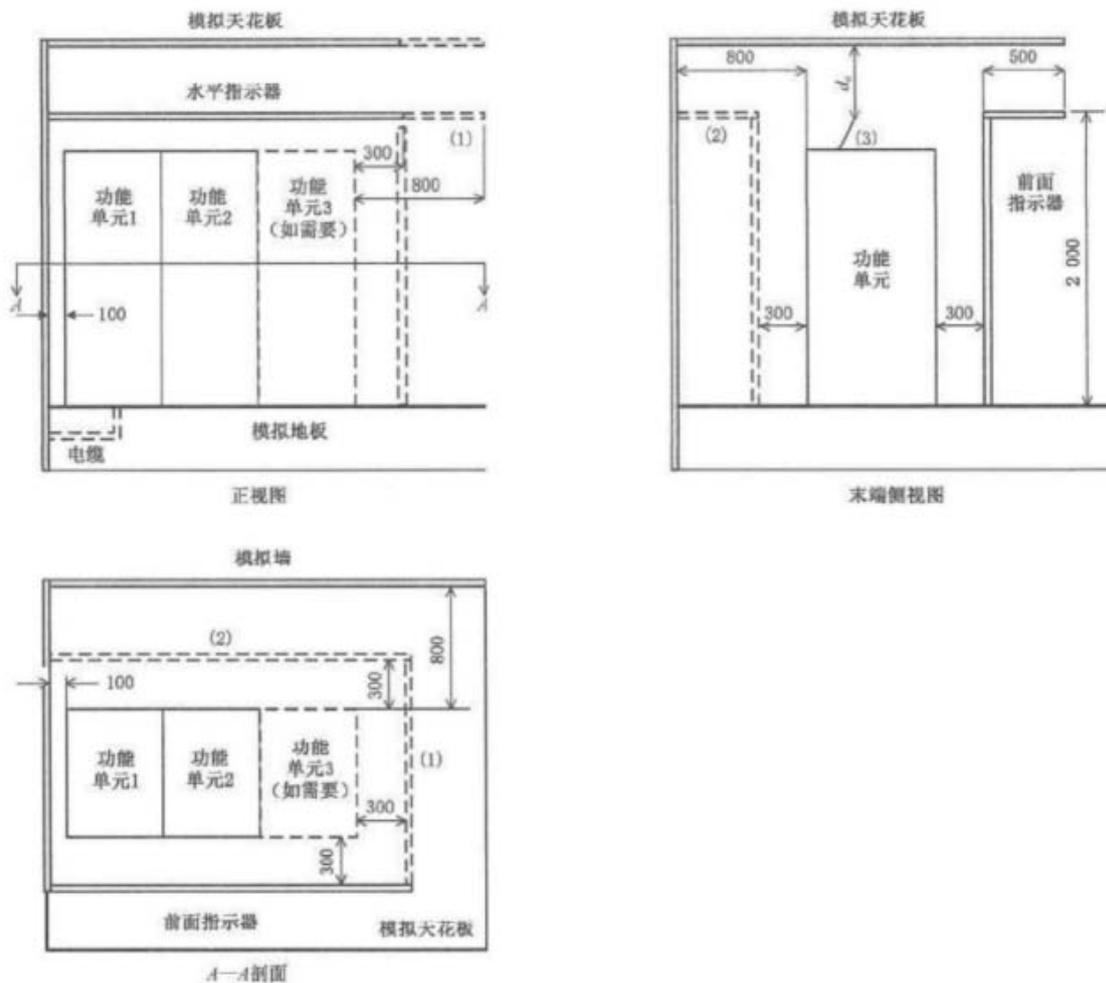
$h$ ——开关设备和控制设备的高度;

$i_h$ ——水平指示器;

$i_v$ ——垂直指示器。

图 B.3 指示器的位置

单位为毫米

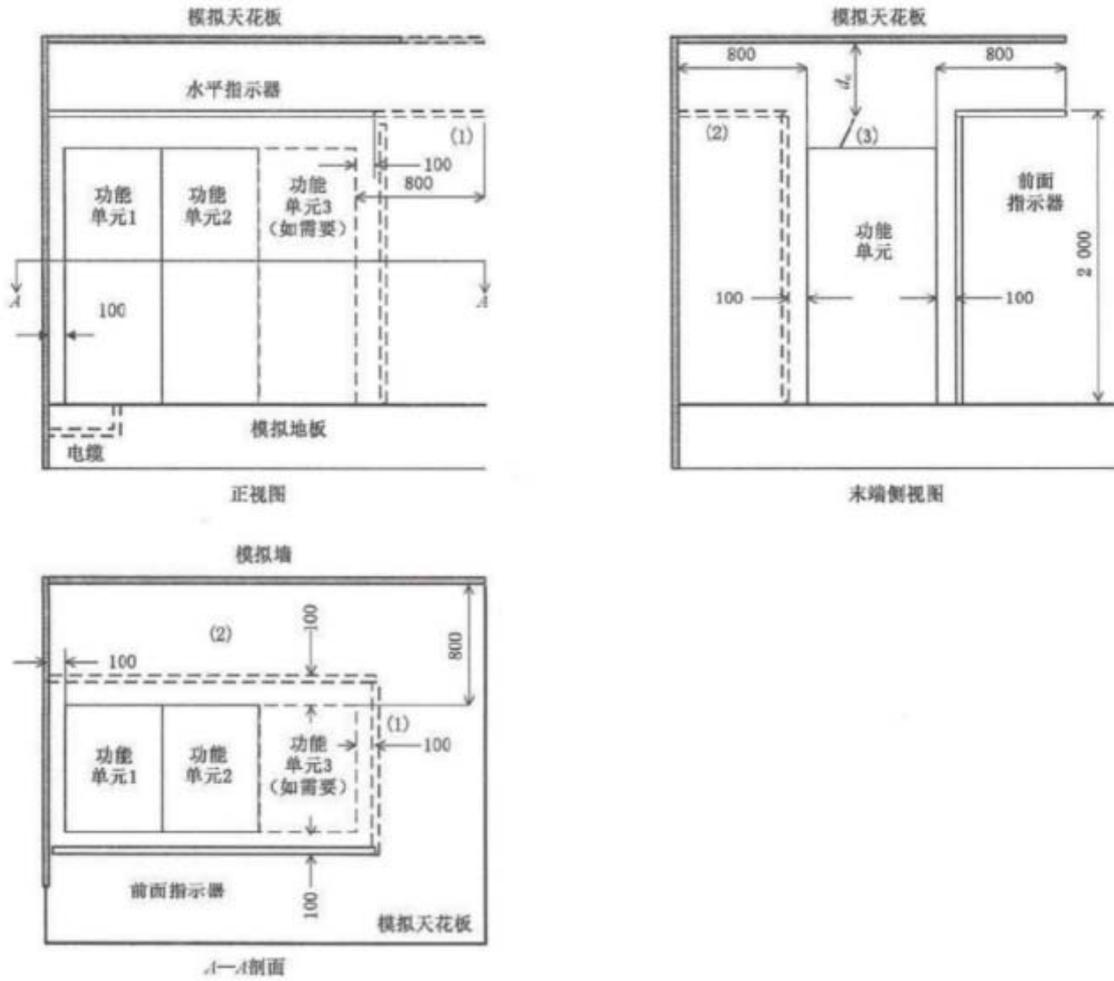


说明：

- (1) 分类的侧面板用指示器；
  - (2) 分类的后面板用指示器；
  - (3) 打开压力释放盖。
- $d_c$ ——到天花板的距离。

图 B.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

单位为毫米

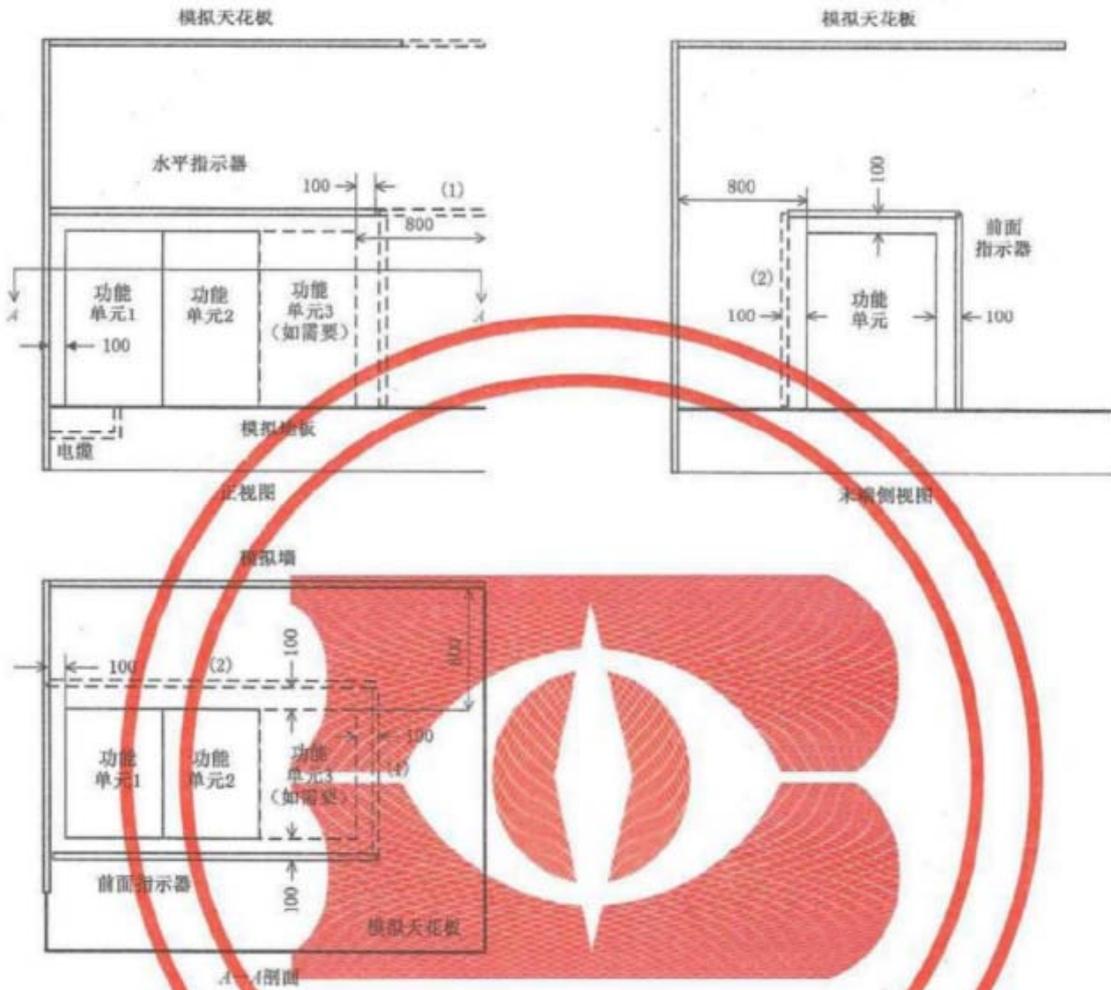


说明：

- (1) 分类的侧面板用指示器；
  - (2) 分类的后面板用指示器；
  - (3) 打开压力释放盖。
- $d_r$ ——到天花板的距离。

图 B.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 1 900 mm 及以上的功能单元

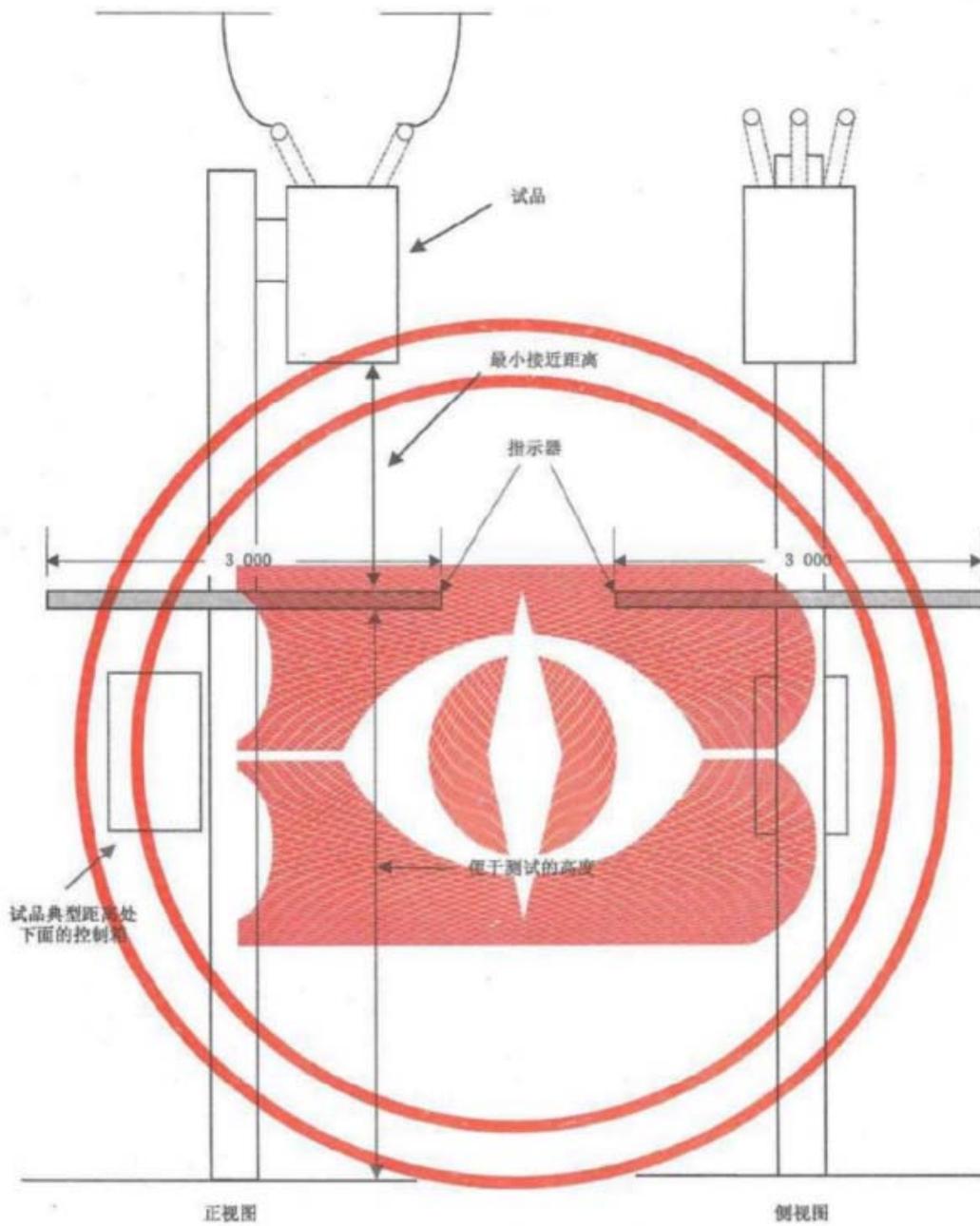
单位为毫米



说明：

- (1) 分类的侧面板用指示器；
- (2) 分类的后面板用指示器。

图 B.6 B类可触及性的模拟房和指示器位置,后面板可触及,功能单元在1900 mm以下



注：为了便于试验，见 B.2.2c)。

图 B.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

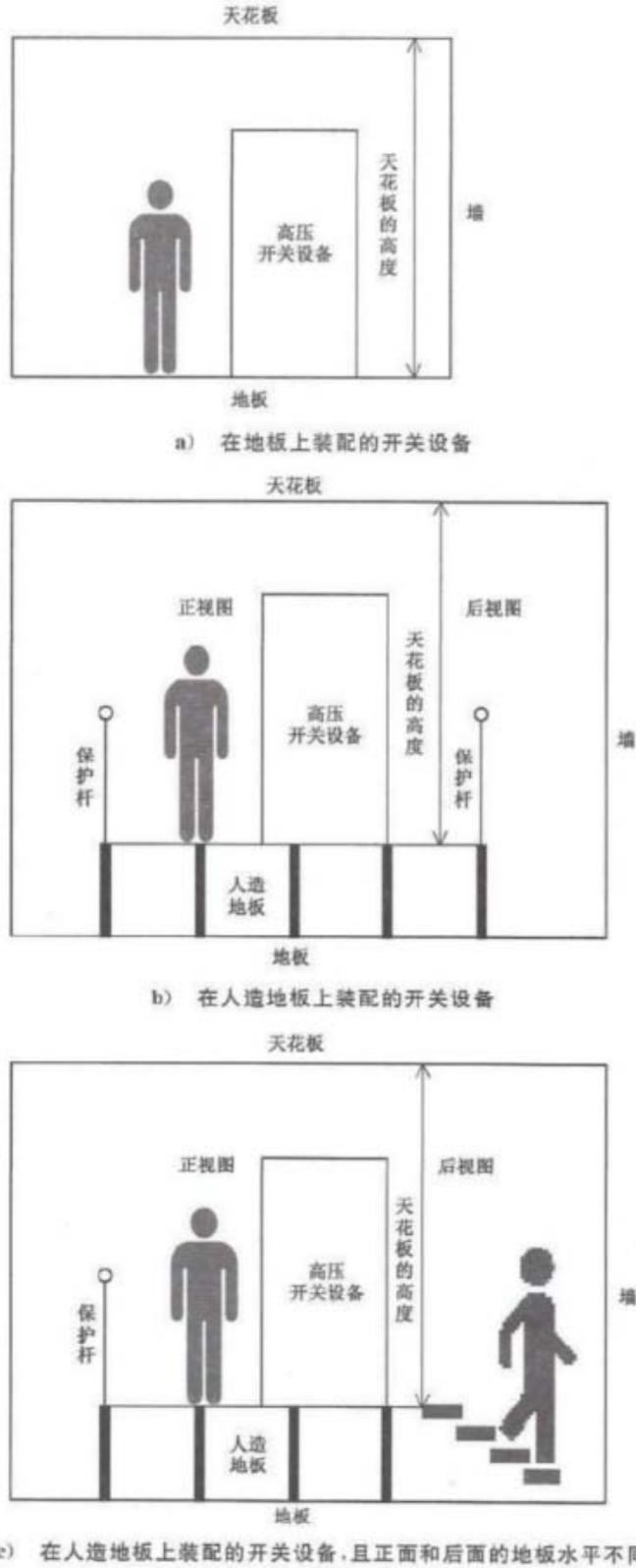


图 B.8 开关设备实际安装置于地板或人造地板到天花板的高度

## 附录 C (资料性附录)

### 固体绝缘封闭开关设备和控制设备的电击防护等级

#### C.1 概述

本附录摘自 IEC 62271-201:2014。

固体绝缘封闭开关设备和控制设备在隔室设计要求和划分、运行连续性丧失类别、IAC 等级、联锁等方面,与金属封闭开关设备和控制设备基本一致,两者的主要差别是由外壳的组成形式决定的。由于我国目前无此类设备需求,该 IEC 标准并未转化,这里摘录相关内容,仅供使用者参考。

#### C.2 相关定义

##### C.2.1

**固体绝缘封闭开关设备和控制设备 solid-insulation enclosed switchgear and controlgear**  
除外部连接外,全部装配完成并具有固体绝缘外壳的成套开关设备和控制设备。

注:外绝缘可以由(半)导体层提供。

##### C.2.2

**固体绝缘外壳 solid insulation enclosure**

固体绝缘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件而遭受电击(触电),防止人员触及运动部件。

注 1:外壳的主要材料是固体绝缘材料,也可增加(半)导体层。

注 2:如果开关设备和控制设备外壳上的任何一点与提供的接地点之间的电阻小于或等于 100 mΩ,本标准适用。

#### C.3 固体绝缘外壳

##### C.3.1 概述

完整的固体绝缘外壳及结构中使用的材料有能力耐受机械、电气和热应力以及在规定运行条件下可能会碰到的湿度的影响。

固体绝缘封闭开关设备和控制设备安装完成后,其外壳至少能够提供满足 GB/T 11022—2011 表 7 的 IP 2X 防护等级。外壳在正常运行条件且所有门和盖板关闭的情况下能够提供规定的防护等级,与这些门和盖板如何保持在该位置无关。

安装房间的墙壁不能作为外壳的一部分。安装开关设备和控制设备下面的地板表面可作为外壳的一部分。安装说明书中给出了为获得地板表面提供的防护等级所要采取的方法。

可根据 GB/T 4208—2017 规定更高的防护等级。

界定不可触及隔室的外壳部件清楚地标明且不可拆除。

外壳的水平表面,例如顶板,通常设计成不支撑人员和除总装部件外的其他设备。如果制造厂声明在运行或维护时有必要站在开关设备和控制设备上或在其上行走,则相关的区域设计成可以承载运行人员的重量而不出现过度变形并仍能适于运行。在这种情况下,设备上那些不能安全地站立或行走的区域,例如压力释放板,有必要清晰的标明。

### C.3.2 固体绝缘外壳的电击防护等级

当人员接触外壳或操作固体绝缘封闭开关设备和控制设备时,固体绝缘外壳对人员提供电击保护。分为以下两个防护等级:

防护等级 PA:绝缘满足 C.3.3 的 a)~d)的所有要求,外壳的部件一般足以满足人们仅在偶然或无意间触及时的安全要求。绝缘可能会具有一个导电层。

注:防护等级 PA 导电层对地的阻抗未作规定,C.3.3d)的要求适用。

防护等级 PB:适用与那些在运行时、更换可移动部件时以及进行其他正常维护工作时可被触及的外壳部件。PB 等级分为两种不同的设计:

——PB1:在 PA 防护等级基础上,附加的绝缘满足 C.3.3e)~f)的所有要求,且在防护等级 PA 的绝缘破坏的情况下可以提供安全保护。

——PB2:具有防护等级 PA 的绝缘并装有接地导电层。该接地导电层满足 C.3.3g)的要求。

### C.3.3 防护等级要求

对防护等级 PA 来说,固体绝缘外壳满足下列要求:

- 主回路部件和金属封闭开关设备和控制设备固体绝缘外壳的可触及表面之间的绝缘,能够耐受 IEC 62271-201,2014 中 5.2.6 规定的对地和相间的绝缘试验的试验电压。
- 除机械方面的考虑之外,固体绝缘外壳的绝缘材料的厚度足够耐受 a)所规定的试验电压。GB/T 1408.1—2016 中规定的方法可能适用。
- 主回路的带电部件和固体绝缘隔板及其活门的内表面之间的绝缘耐受至少 150%的设备额定电压。
- 规定试验条件下的容性和泄漏电流不能大于 0.5 mA(见 IEC 62271-201,2014 中 6.104.3)。通过固体绝缘表面的连续通路或仅被气体或液体小间隙截断的路径,泄漏电流可以到达绝缘的可触及面。

对防护等级 PB1 来说,固体绝缘外壳满足防护等级 PA 以及下述附加要求之一:

- 固体绝缘外壳至少由两层绝缘材料组成,其中一层满足 b)的要求。另外一层能够耐受额定电压的 150%的工频试验电压 1 min。在没有辅助工具的情况下不可能移除附加绝缘。
- 固体绝缘外壳包含流体绝缘材料。在这种情况下,保证即使是在气体或液体绝缘材料被正常大气压力下的大气所替代的情况下,考虑到固体绝缘外壳内表面条件下,主回路的绝缘要能够耐受额定电压的 150%的工频试验电压 1 min。

注 1:在这种情况下,PA 保护的内部即可达到 PB 保护的附加要求。也可见图 C.2b)。

对防护等级 PB2 来说,满足防护等级 PA 的要求以及下述附加要求:

- 接地导电层到提供的接地点的电阻最大值为  $100\text{ m}\Omega$ [30 A(d.c.)时]。

注 2:如果整个开关设备为完整的 PB2 级,则本标准适用。

注 3:如果接地导电层到提供的接地点的电阻值高于  $100\text{ m}\Omega$ [30 A(d.c.)时],则 PA 级适用。

## C.4 关于防护等级的实例说明

### C.4.1 防护等级 PA

防护等级 PA 具有下列三种不同的基本布置。

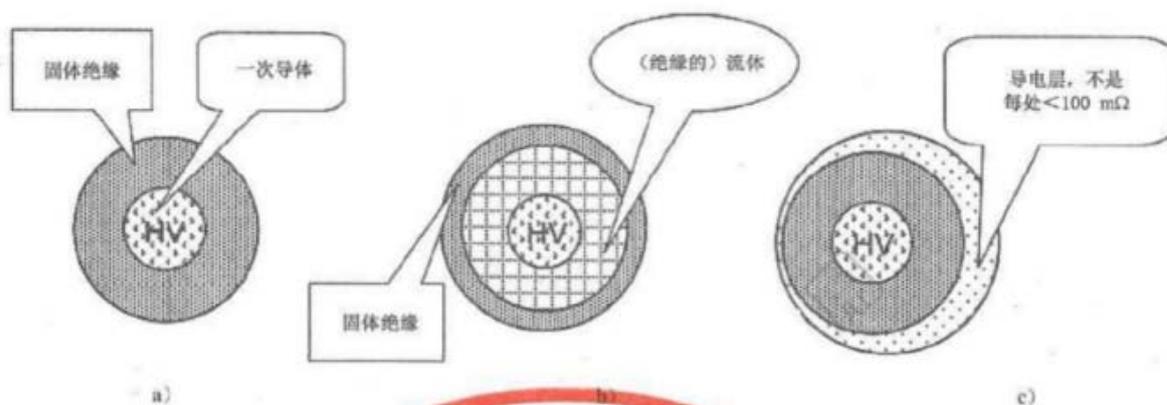


图 C.1 防护等级 PA 的可能设计

图 C.1 中描绘的不同设计的说明:

- a) 固体绝缘本身满足 C.3.3a)、b)、c)和 d)的要求。  
在最严酷位置放置  $100\text{ cm}^2$  的金属箔上实施试验:工频电压试验和雷电冲击电压试验 [IEC 62271-201:2014 的 6.104.2a)];
- b) 绝缘满足 C.3.3a)和 d)的要求。  
在最严酷位置放置  $100\text{ cm}^2$  的金属箔上实施试验,工频电压试验和雷电冲击电压试验 [IEC 62271-201:2014 的 6.104.2a)];  
固体绝缘满足 C.3.3b)的要求。  
样品进行工频电压试验 [IEC 62271-201:2014 的 6.104.2b)];  
流体绝缘满足 C.3.3e)的要求。  
对固体绝缘内部进行  $1\text{ min}$  的电压为  $150\%U_n$  的试验 [IEC 62271-201:2014 的 6.104.2c)];
- c) 同图 C.1a)。

#### C.4.2 防护等级 PB

防护等级 PB 具有下列三种不同的基本布置。

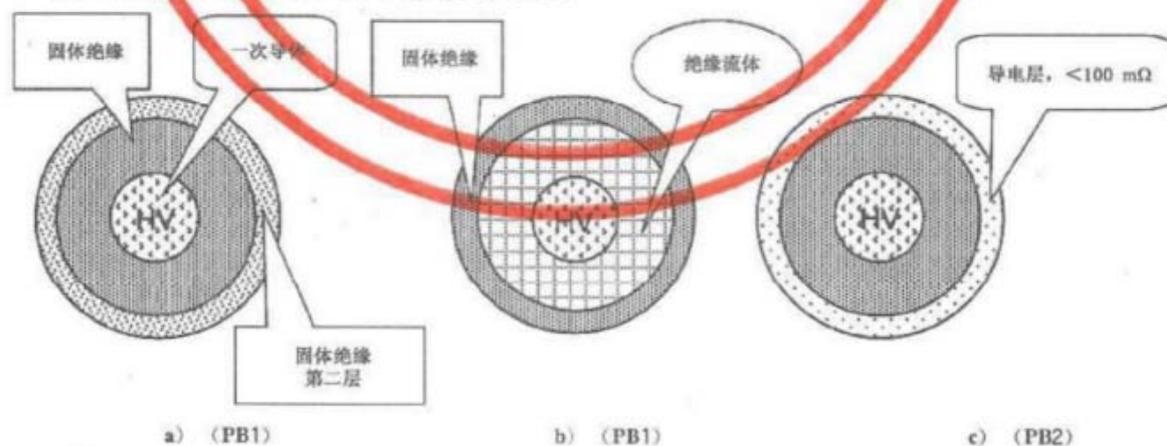


图 C.2 防护等级 PB 的可能设计

除了 PA 的要求,下列附加要求适用于图 C.2 中描述的防护等级 PB:

- PB1:  
a) 固体绝缘材料第二层满足 C.3.3e)的要求。

具有 100 cm<sup>2</sup> 金属箔的情况下单独进行 1 min、电压为 150% $U_r$  的试验[IEC 62271-201:2014 中 6.104.2d)]。

- b) 绝缘满足 C.3.3f) 的要求。

用周围大气代替绝缘流体进行试验,在内部放置 100 cm<sup>2</sup> 金属箔,进行 1 min 的电压为 150%  $U_r$  的试验[IEC 62271-201:2014 中 6.104.1d)]。

PB2:

- c) 导电层满足 C.3.3g) 的要求。

这可以通过在导电层最不利的点上施加 30 A d.c.电源,其压降最大为 3 V 来证明。

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 0.2 s~5 s 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，单位为平方毫米 ( $\text{mm}^2$ )；

$I$  —— 电流有效值，单位为安培 (A)；

$a$  —— 以  $\frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \left( \frac{\text{s}}{\text{K}} \right)^{1/2}$  表示，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，单位为秒 (s)；

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

本式考虑了温度升高并非严格的绝热过程。

## 附录 E (规范性附录)

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

#### E.1 适用范围和目的

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。

本附录涵盖绝缘的任何部分暴露在户内大气中的设备。

本附录的详细试验首先研究电气绝缘性能而不是设备的腐蚀。但是,也可以记录机械元件(如机构、联锁和外壳)的性能。

本附录提出了关于凝露和污秽方面严酷使用条件的两个等级的定义,还提出了评估封闭开关设备和控制设备在规定条件下性能的试验程序,以便得出关于在这些严酷使用条件下它们的适用性的结论。

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。

#### E.2 凝露和污秽运行条件下严酷度的等级

安装在建筑物或房间内的户内设备,通常能免遭户外气候条件,但可能要承受由于温度快速变化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和特征如下:

— $C_0$ :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。

— $C_L$ :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。

— $P_L$ :轻度污秽[如 GB/T 11022—2011 的 2.1.1 中 d)中给出的](见下面的注 2):

- 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):

- $P_H$  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。假定最低为轻度污秽。

注 2: GB/T 11022—2011 中 2.2.1 的 d):“周围空气没有明显地被灰尘、烟雾、腐蚀性和/或可燃性气体、蒸气或盐所污染。如果用户没有特殊要求,制造厂可以认为不存在这些情况。”

注 3: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。

考虑到设备尤其受到湿度和污秽共同作用的情况,三个使用条件的严酷等级定义如下:

—0 级: $C_0 P_L$ ;

—1 级: $C_L P_L$  或  $C_0 P_H$ ;

——2级： $C_L P_H$  或  $C_H P_L$  或  $C_H P_H$ 。

注4：0级相应于GB/T 11022—2011的2.2.1中描述的正常使用条件。

### E.3 金属封闭开关设备和控制设备的分类

#### E.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。建筑物或房屋提供防护使设备免受户外气候条件变化的影响。采取预防措施，使沉积物减到最少。

实际上该类设计对应于E.2所述的使用条件严酷度的0级。

#### E.3.2 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。建筑物或房屋提供防护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。

实际上该类设计对应于E.2所述的使用条件严酷度的1级。

#### E.3.3 2类设计

存在三种可能性：

- a) 设备用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋提供防护使设备免受户外气候条件变化的影响，但凝露不能排除。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。
- 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出现减到最少，或设备处在极接近尘源的地方。

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，宜选用按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。

注3：对于12 kV金属封闭开关设备和控制设备，其相间和相对地间的爬电比距推荐下列数值：按照1类设计的设备，电瓷为14 mm/kV、有机绝缘为16 mm/kV；按照2类设计的设备，电瓷为18 mm/kV、有机绝缘为20 mm/kV。若由于设计、工艺、材料改变，也可不按上述规定的条件进行设计。对于40.5 kV的金属封闭开关设备和控制设备，其爬电比距正在考虑中。

实际上该类设计对应于E.2所述的使用条件严酷度的2级。

### E.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。

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承受了 E.7.1 规定的 1 级老化试验并满足 E.8 描述的诊断程序中的评估判据,认为其属于设计等级 1。

如果金属封闭开关设备和控制设备承受了 E.7.2 规定的 2 级老化试验并满足 E.8 描述的诊断程序中的评估判据,认为其属于设计等级 2。

1 级和 2 级老化试验要求重复地施加符合 E.8 规定的诊断程序中相同的气候循环。对于 2 级除了施加更多的气候循环外,2 级老化试验与 1 级老化试验相同。

分类程序流程图见图 E.1。

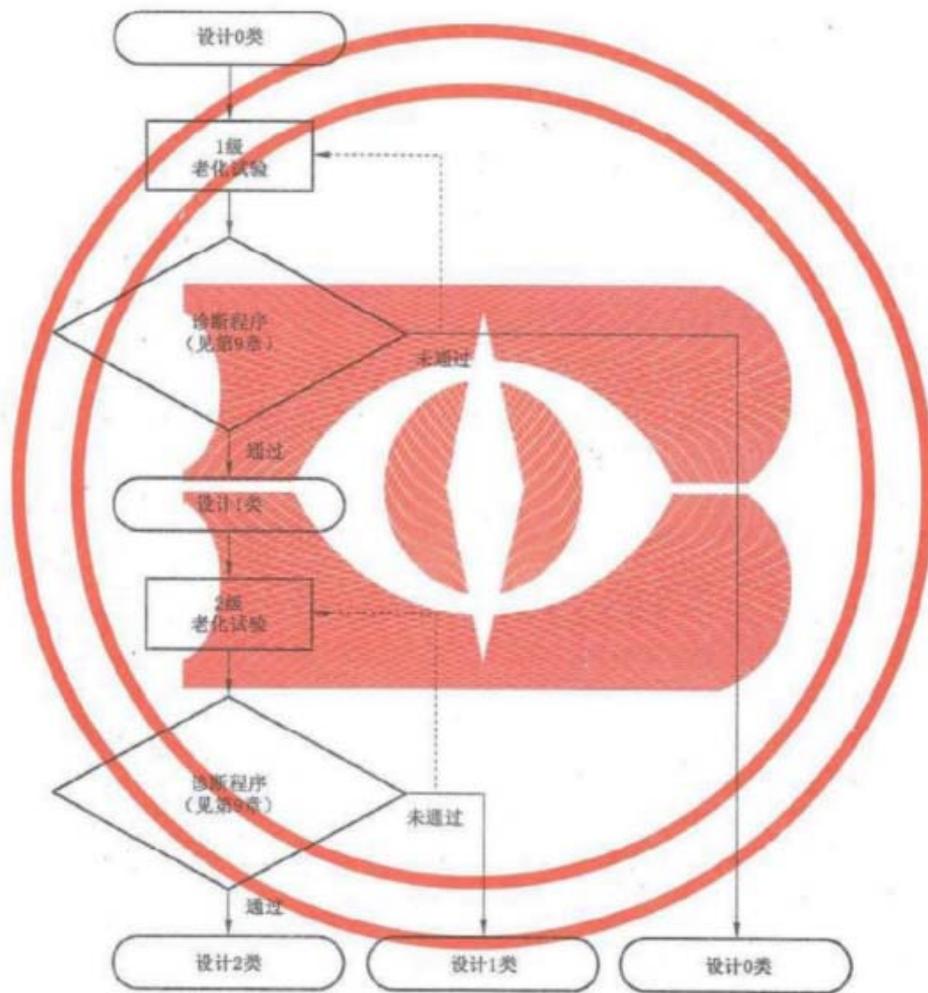


图 E.1 分类程序的流程图

## E.5 试验设施及有关要求

### E.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离地面高度不低于 0.5 m 以便空气流通。气候试验室的墙壁和天花板以及墙壁和设备外壳顶部之间的距离应大于 1.0 m。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。

图 E.2 是试验室解释性的图。

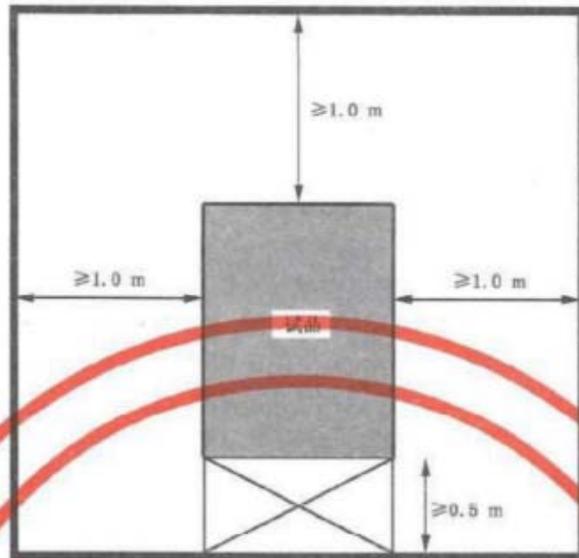


图 E.2 气候试验室

#### E.5.2 控制要求

控制温度的限值在 $\pm 3\text{ K}$ 的范围内。试验期间,温度应在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内周期性变化。温度变化的梯度至少应为 $0.5\text{ K/min}$ 。在整个试验室容积内温度分布的偏差应相同。

也需要从低于 $80\%$ 到高于 $95\%$ 的相对湿度范围内控制湿度。

#### E.5.3 电源

要求提供一个三相高压电源以便在试验期间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,偏差为 $0\sim-5\%$ 。为了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。

需要电源施加诊断试验电压(其值至少达到被试设备的干燥工频耐受电压)。该电源应有保护装置,在破坏性放电的情况下保护动作时间小于 $0.1\text{ s}$ 。

电源应符合 GB/T 16927.1—2011。

### E.6 试验设备的选择和布置

#### E.6.1 设备的选择

老化试验应在一个完全装配好的、配有与运行状态一致的全部元件的典型功能单元上进行,并包含测量仪器。功能单元及其元件应是新的干净的。

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。

#### E.6.2 设备的布置

被试设备应安装于 E.5.1 中所述的气候试验室中,并处于其正常位置。功能单元的试验布置不应比正常运行布置有利,特别是关于外部连接更应如此。

连接应使得三相电源给功能单元在其额定电压下供电。

E.7 老化试验

E.7.1 1级老化试验

设备应安装在气候试验室内并按照下列程序在三个相同的7天试验周期承受2h湿热循环(见图E.3)。

气候试验室的温度应在40min内从30℃上升到50℃,且相对湿度持续大于95%。这些条件保持20min。然后温度在40min内降到30℃,且相对湿度为任何方便的数值。

然后温度在30℃保持20min,且在此期间相对湿度保持大于80%。

7天持续时间的试验周期组成如下:

5天内,对被试设备施加其额定电压,承受60个湿热循环试验。施加额定电压意味着相间为 $U_1$ 和相对地为 $U_1/\sqrt{3}$ 。经过这5天试验后,在最后一个湿热循环结束时试验停止,温度为30℃。设备断电。尽可能在不拆开设备的情况下进行外观检查来检测绝缘表面的起始起痕。

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

经过三个完整的试验周期后,应按E.8.2中规定的诊断程序评估设备的性能。

E.7.2 2级老化试验

2级老化试验由总共7个相同的7天试验周期组成,然后按照E.8.2规定的诊断程序。

注:如果设备已经成功承受了1级老化试验,允许在诊断试验后立即继续试验,施加4个附加的试验周期。

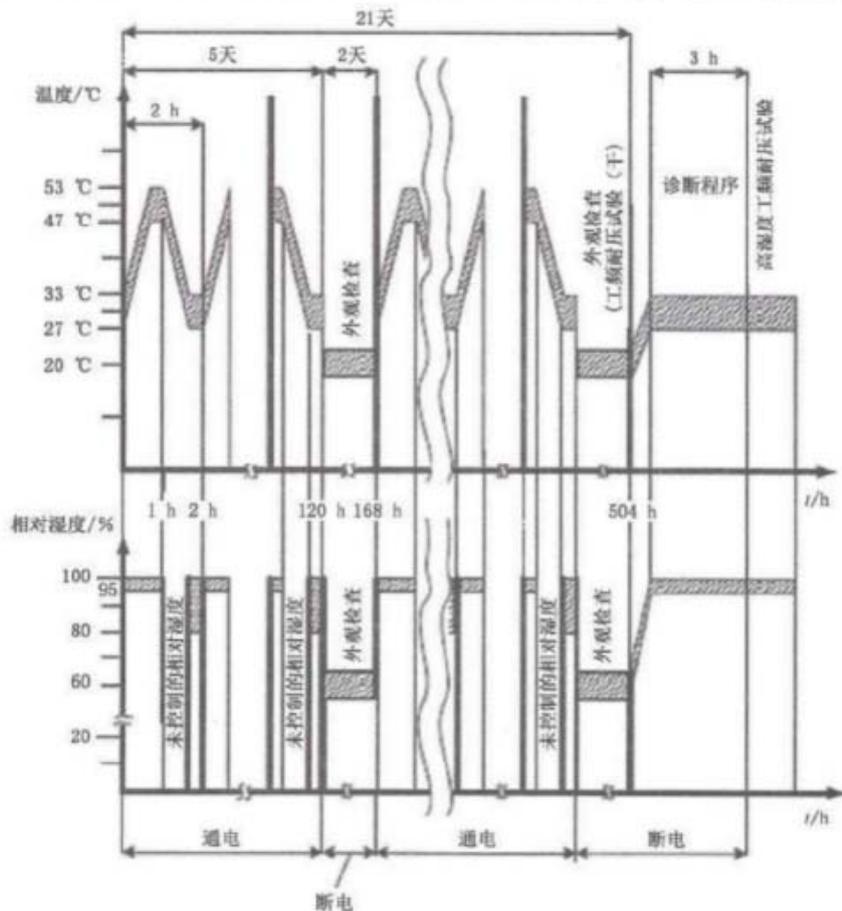


图 E.3 1级老化试验

## E.8 老化试验后的诊断程序

### E.8.1 概述

老化试验结束后且达到周围温度,设备应在不进行任何特殊处理(如清洁、额外的干燥等)的情况下按照下列程序进行绝缘试验。电压互感器应断开。

### E.8.2 电气诊断程序

试品首先依据 GB/T 11022—2011 在其额定值下承受 1 min 额定工频耐受电压试验。

电压移去,气候试验室的温度应增高到 30 °C 且湿度至少为 95%。这样的条件经过 3 h 后,进行以下绝缘试验(见图 E.3)。

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。1 h 后,电压升到  $\sqrt{3}U_r$ (电压上升符合 GB/T 16927.1—2011 中 6.3.1)并保持 30 s。

应连续依次地在其他两相上重复此试验,试验间隔应尽可能短。如果结构允许,A 相和 C 相可以一起进行。如果所有三相都是屏蔽的(通过接地隔板完全隔离),可以一起进行。

试验报告中应记录起痕的程度。

### E.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。特定的程序可以在 GB/T 2423 系列中找到。

应对开关装置和功能单元的门进行机械操作。

如果适用,可以进行下述机械诊断:动作时间、转矩、触头速度、联锁的操作等。应按照 GB/T 11022—2011 予以记录。

腐蚀的程度应记录在该试验报告中。

### E.8.4 评定

如果满足下列条件,设备符合 1 类和 2 类设计:

- 气候循环期间,老化试验未出现破坏性放电;
- 在诊断过程中未出现破坏性放电;
- 如果选择了可选的 E.8.3,设备的机械功能特性应在制造厂给出的允许偏差内。

附录 F  
(规范性附录)  
局部放电测量

### F.1 总则

局部放电测量是适宜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。

### F.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。一般地,试品应包括与设备的完整装配中具有相同的电场强度的总装和分装。

注1:优先选择完整装配的试品。对完整的开关设备设计,特别是各种带电部件和连接件是嵌入固体绝缘内的,试验有必要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,而未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,局部放电试验宜与必要的绝缘试验在同一总装或部装上进行。互感器、电力变压器或断路器可以由能够再现高压连接电场结构的替代品代替。

注3:此试验可在一些总装或部装上进行,宜注意测量不受外部局部放电的影响。为了防止这些外部局部放电,可以采用屏蔽和均压电极。

决定局部放电试验必要性的判据是:

- a) 实际的运行经验,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。

### F.3 试验回路和测量仪器

局部放电测量试验应符合 GB/T 7354 的规定。

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 F.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,应采用两个试验布置。

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。测量时应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,且三相并联接到试验电压源上。

#### b) 三相试验回路

如果有合适的试验设备,局部放电试验可按三相布置进行。

在此情况下,推荐使用三个耦合电容器按图 F.1 连接。可用一个放电检测器依次接到三个测量阻抗上。

为了给检测器在三相布置的一个测量位置上定标,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,另一方面注入到其他两相和地之间,则给出的最小偏转刻度,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 F.2)。

### F.4 试验程序

如果作为型式试验,局部放电试验应在按照 7.2.7 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 8.3 规定的工频电压试验后进行。

按照试验回路(见表 F.1),外施工频电压至少升高到  $1.3U_r$  或  $1.3U_r/\sqrt{3}$  的预加值,且在此值下至少保持 10 s。

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。

在此过程中的局部放电可以不予考虑。然后,根据试验回路连续地将电压降到  $1.1U_r$  或  $1.1U_r/\sqrt{3}$ ,且在此电压下测量局部放电量(见表 F.1)。

试验电压的频率通常为额定频率。绝缘现场试验期间可以将电压互感器隔离。在其连接的情况下,现场试验的频率应足够高到防止铁芯饱和。

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分装进行试验。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。出厂试验应在额定充入水平下进行。

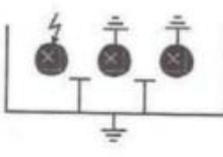
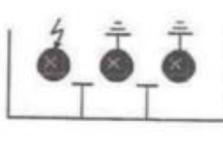
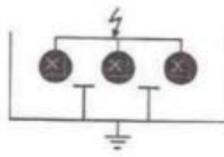
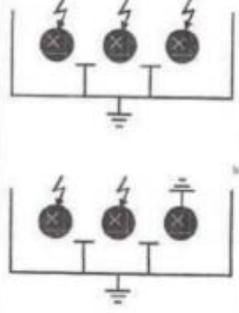
### F.5 最大允许的局部放电量

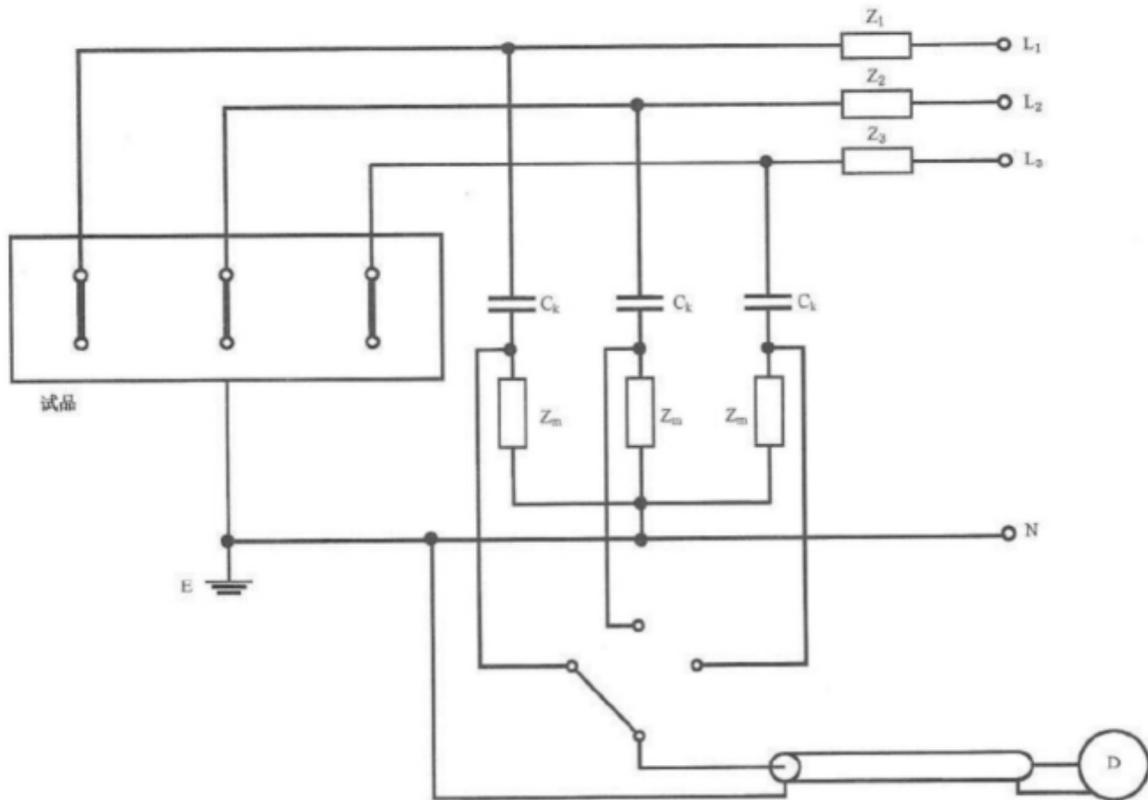
推荐的局部放电参量为视在电荷量,一般用皮库(pC)表示。

对于充流体的以及主回路主要元件采用固体绝缘包覆元件的金属封闭开关设备和控制设备,要求局部放电测量试验满足总装不大于 20 pC,其他类型的金属封闭开关设备和控制设备,要求局部放电测量试验满足总装不大于 100 pC。

注:在进一步取得可靠数据之前,可以不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),每种具有不同的要求。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。

表 F.1 试验回路和程序

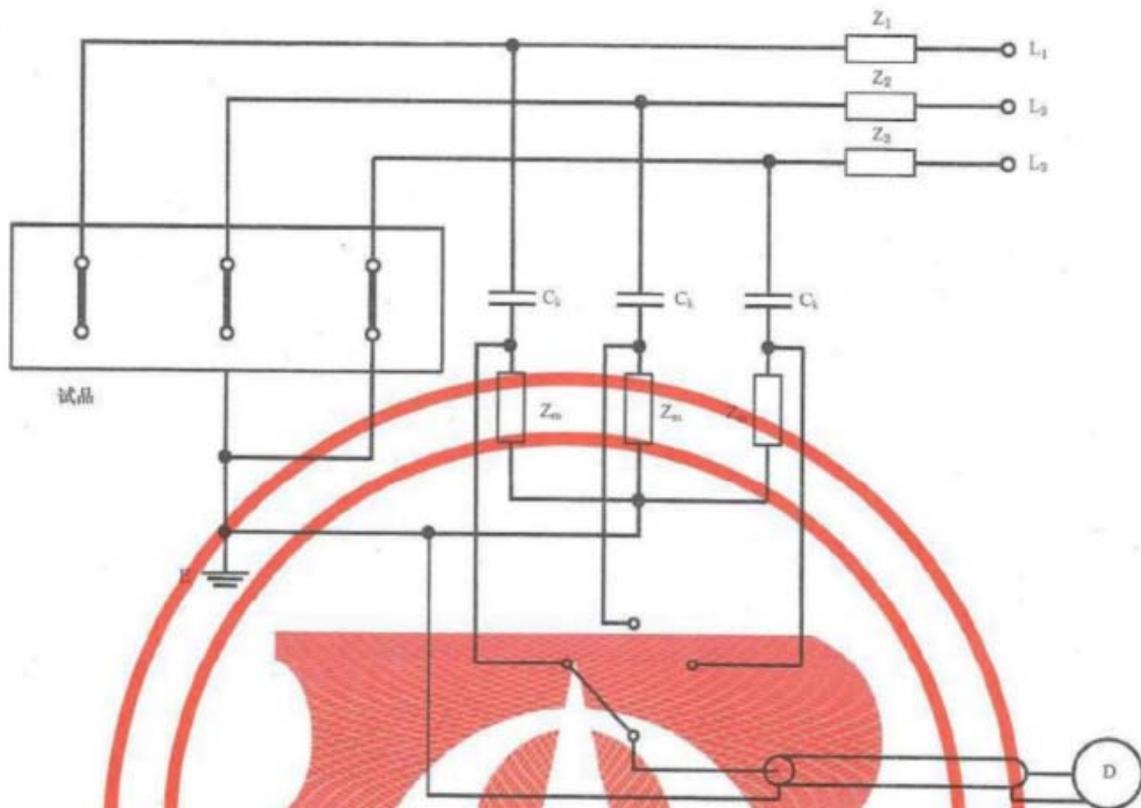
	单相试验			三相试验
	程序 A	程序 B		
电源连接到	依次连接到每相	依次连接到每相	同时连接到三相	三相(图 F.1)
接地连接的元件	其他相和工作时接地的所有部件	其他两相	工作时接地的所有部件	工作时接地的所有部件
最低预施电压	$1.3U_n$	$1.3U_n$	$1.3U_n/\sqrt{3}$	$1.3U_n^a$
试验电压	$1.1U_n$	$1.1U_n$	$1.1U_n/\sqrt{3}$	$1.1U_n^a$
基本接线图				
<p><sup>a</sup> 相间电压。</p> <p><sup>b</sup> 中性点不接地系统的补充试验(仅作为型式试验)。</p>				



说明：

- N —— 中性点连接线；
- 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 F.1 局部放电试验回路(三相布置)



- 说明：
- 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 E.2 局部放电试验回路(中性点非直接接地系统)

**附录 G**  
**(资料性附录)**  
**解释性的注解**

### G.1 关于金属封闭开关设备的分类变化

GB/T 3906—1991 定义了三种结构类型的金属封闭开关设备：

- 金属铠装式；
- 间隔式；
- 箱式。

这一分类方法不够充分，理由如下：

- GB/T 3906—1991 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。
- GB/T 3906—1991 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。

IEC 和 IEEE 定义的差异使得协调较难。表 G.1 对比了 GB/T 3906—1991 和 IEEE 关于金属铠装的定义。

**表 G.1 GB/T 3906—1991 和 IEEE 关于金属铠装定义的比较**

1991 版标准	IEEE C 37.20.2
至少三个隔室	至少三个隔室
允许固定的 CB	仅允许可抽出的 CB
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 PT 和 CPT 有各自的隔室
	主母线隔板(每个面)
CB—断路器；PT—电压互感器；CPT—控制用变压器。	

GB/T 3906—2006 根据设备向维护者提供的具体功能进行分类，即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。同时考虑到“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。

本版本的划分仍然按照向维护者提供的具体功能进行分类，但对运行连续性类别的具体定义进行了调整，重新确定了 LSC2 这一运行连续性类别。

本版本首先增加了“连接隔室”这一定义，并在此定义的基础上，重新定义了 LSC2、LSC2A 和 LSC2B 这三种运行连续性类别，细化了不同开关设备形式的划分方法，为用户的使用提供了有针对性的指导。(见 9.102.3)

表 G.2 列举了与运行连续性丧失类别划分相关的隔室、定义等内容。

表 G.2 与运行连续性丧失类别相关的内容

隔室的可触及类型		性能
操作人员可触及的隔室	基于联锁的可触及隔室 正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
	基于程序的可触及隔室 正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	基于工具的可触及隔室 用户可以打开该隔室,但不是用于正常操作和维护	打开需要工具。对于触及程序没有特别规定。 维护工作可能需要特殊的程序
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。触及性不相关
连接隔室	可触及或非可触及	设备同外部连接的隔室,若为可触及隔室,则作为划分运行连续性的依据
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		具有一个或多个可触及隔室,打开任意一个可触及隔室,其他至少一个功能单元不能带电
LSC2		至少具有一个可触及的连接隔室,且其打开时,其他功能单元可以带电
LSC2A		除连接隔室外,还有其他可触及隔室,且打开该隔室时,其他功能单元可以带电的 LSC2 类功能单元
LSC2B		打开任意一个其他可触及隔室,该功能单元的连接隔室(电缆)可以带电的 LSC2A 类功能单元
按带电部件和打开的可触及隔室之间的隔板的性能,开关设备的分类		性能
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

按照本标准,推荐采用从整体到部分的方法来规定或描述一个金属封闭开关设备和控制设备。

功能性方面:

- 运行模式的选择(功能单元的类型、固定式或移开式、需要的结构和隔室、维护的需求);
- 运行连续性和可触及性条件;
- 确定需要打开的隔室;
- 确定隔室的可触及性;
- 确定可触及隔室的类型(按照 3.107);
- 可触及隔室打开时,其他功能单元是否可以连续运行(LSC1/2/2A);
- 电缆连接隔室是否可以继续带电(LSC2B);

——需要打开的隔室中是否存在电场(PM/PI级)。

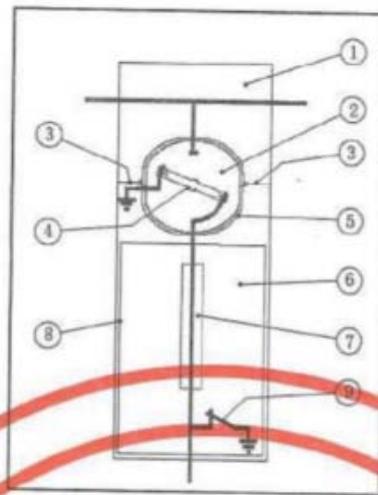
## G.2 ANSI 定义的金屬铠装

按照本标准, ANSI 定义的金屬铠装开关设备是 LSC2B-PM 级金屬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, 且配有自动调整和自动连接的一次隔离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。这些隔室由接地的金屬封闭且无需打开。水平方向相邻的功能单元间的母线隔室是分开的。
- 尤其是可抽出部件的前面(或其一部分)应有金屬隔板, 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阻燃的绝缘材料包裹。
- 采用下列任意一种方法安装机械联锁, 以防人员受到储能的可抽出部件意外释放造成的伤害:
  - 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;
  - 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;
  - 从隔室中抽出开关装置期间或抽出之前, 有自动释放储存能量的机械装置。如果开关装置离开接通位置之前已释放掉储存的能量, 需要附加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, 用接地金屬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的安装, 应确保熔断器在被触及之前已与高压回路隔离。高压回路隔离后, 电压互感器的低压回路应隔离或自动接地。隔离操作期间, 应将高压绕组和/或熔断器接地以消除静电电荷。

## G.3 模块式熔断——负荷开关型的示例

图 G.1 给出了模块式熔断器——负荷开关型的示例图, 表 G.3 给出了其隔室类型。



说明:

- 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(位于隔离位置并接地);
- 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—与负荷隔离开关/隔离开关联锁的接地开关。

注: 1和2可以划分为可触及隔室的前部,是充气部分的外壳能够满足6.108.3.3的要求。

图 G.1 模块式熔断器——负荷开关型的示例图

表 G.3 模块式熔断器——负荷开关型的隔室类型

隔室	母线室	熔断器/电缆	负荷开关
模式(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/基于程序的/基于工具的/不可触及)	基于工具的	联锁控制的	不可触及

正常运行和维护需要触及熔断器/电缆隔室(即更换熔断件),所以是联锁控制的或基于程序的可触及隔室。此例中是联锁控制的可触及隔室(见表 G.4)。

表 G.4 模块式熔断器——负荷开关型的隔室持续带电情况

		可以继续带电的开关设备和控制设备部分	
		对应功能单元的电缆	其他所有单元
打开的隔室	熔断器/电缆隔室	不可以	可以
	母线隔室	没关系;单母线设备(见 3.132.1)	没关系;单母线设备(见 3.132.1)
	负荷开关隔室	没关系;不可触及	没关系;不可触及

打开功能单元的熔断器/电缆隔室,其他功能单元都可以继续保持带电,可以连续运行。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隔板由部分金属隔板和气箱的绝缘外壳共同组成,同时,充气隔室为不可触及,不在运行连续性丧失类别考虑的范围内,因此,按照本标准新的分类是 LSC2-PI。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 7674 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)
- [2] GB/T 28534—2012 高压开关设备和控制设备中六氟化硫(SF<sub>6</sub>)气体的释放对环境和健康的影响(IEC 62271-303:2008, MOD)
- [3] GB/T 28537—2012 高压开关设备和控制设备中六氟化硫(SF<sub>6</sub>)的使用和处理(IEC 62271-303:2008, MOD)
- [4] IEC 62271-201:2014 High-voltage switchgear and controlgear—Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV
- [5] EN 50187:1996 Gas-filled compartments for a.c. switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV
- [6] IEEE C37.20.7:2001 IEEE guide for testing metal-enclosed switchgear rated up to 38 kV for internal arcing faults
- [7] IEEE 400.2:2004 IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF)

