



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 593 — 2006
代替 DL/T 593 — 1996

高压开关设备和控制设备标准的 共用技术要求

Common specifications for high-voltage
switchgear and controlgear standards

(IEC 60694:2002, MOD)

2006-05-06 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	IV
1 概述	1
1.1 范围	1
1.2 规范性引用文件	1
2 正常和特殊使用条件	3
2.1 正常使用条件	3
2.2 特殊使用条件	4
3 术语和定义	5
3.1 通用术语	5
3.2 开关设备和控制设备的总装	7
3.3 总装的组成部分	8
3.4 开关装置	8
3.5 开关设备和控制设备的部件	8
3.6 操作	12
3.7 特性参数	15
4 额定值	15
4.1 额定电压 (U_r)	15
4.2 额定绝缘水平	15
4.3 额定频率 (f_r)	17
4.4 额定电流和温升	17
4.5 额定短时耐受电流 (I_k)	20
4.6 额定峰值耐受电流 (I_p)	20
4.7 额定短路持续时间 (t_k)	20
4.8 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压 (U_a)	20
4.9 合闸和分闸装置及其辅助回路的额定电源频率	21
4.10 可控压力系统压缩气源的额定压力	21
4.11 绝缘和/或操作用气体或液体的额定充入水平	21
5 设计和结构	22
5.1 对开关设备和控制设备中液体介质的要求	22
5.2 对开关设备和控制设备中气体介质的要求	22
5.3 开关设备和控制设备的接地	22
5.4 辅助和控制设备	22
5.5 动力操作	26
5.6 储能操作	26
5.7 不依赖人力的操作	26
5.8 脱扣器的操作	26
5.9 低压力和高压力闭锁和监视装置	27
5.10 铭牌	27

5.11	联锁装置	28
5.12	位置指示	28
5.13	外壳的防护等级	28
5.14	爬电距离	29
5.15	气体和真空的密封	30
5.16	液体的密封	30
5.17	易燃性 (火灾危险)	31
5.18	电磁兼容性 (EMC)	31
5.19	X 射线的辐射	31
5.20	腐蚀	31
6	型式试验	31
6.1	概述	31
6.2	绝缘试验	33
6.3	无线电干扰电压 (r. i. v) 试验	38
6.4	回路电阻的测量	40
6.5	温升试验	40
6.6	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	42
6.7	防护等级检验	43
6.8	密封试验	44
6.9	电磁兼容性试验 (EMC)	46
6.10	辅助和控制回路的附加试验	48
6.11	真空开断装置 X 射线试验程序	51
7	出厂试验	52
7.1	主回路的绝缘试验	52
7.2	辅助和控制回路的试验	52
7.3	主回路电阻的测量	53
7.4	密封试验	53
7.5	设计和外观检查	53
7.6	机械操作和机械特性试验	53
8	开关设备和控制设备的选用导则	54
9	查询、投标和订货时应提供的资料	54
10	运输、储存、安装、运行和维护规则	54
10.1	运输、储存和安装时的条件	54
10.2	安装	54
10.3	运行	55
10.4	维修	55
11	安全	57
11.1	电气方面	57
11.2	机构方面	57
11.3	热的方面	58
11.4	操作方面	58
12	产品对环境的影响	58
附录 A (规范性附录)	试品的确认	59

附录 B (规范性附录)	在给定的短路持续时间内短时电流等效值的确定	61
附录 C (规范性附录)	户外开关设备和控制设备的防雨试验方法	62
附录 D (资料性附录)	密封性 (资料、实例和指导)	64
附录 E (资料性附录)	参考资料	66
附录 F (资料性附录)	电磁兼容性的现场测量	67
附录 G (资料性附录)	利用电阻变化测量线圈温升的方法	68
附录 H (规范性附录)	开关设备和控制设备凝露试验方法	70

前 言

本标准是根据原国家（经贸委《关于下达 2002 年度电力行业标准制定和修订计划的通知》（国经贸电力）[2002] 973 号）的安排修订的。

本标准是根据 IEC 60694:2002—01 2.2 版本《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》对 DL/T 593—1996《高压开关设备的共用订货技术导则》和 DL/T 539—1993《户内交流高压开关柜和元部件凝露及污秽试验技术条件》进行的全面修订。本标准中各章、条的编排顺序与 IEC 60694:2002—01 2.2 版本一致，但在某些内容上则根据我国电力系统的实际使用要求有别于 IEC 60694:2002—01 2.2 版本，故为修改采用。

本标准与 IEC 60694:2002 的主要差异：

- 适用范围：IEC 60694 为 1kV 以上，频率 60Hz 及以下，本标准为 3kV 及以上，额定频率为 50Hz。
- 正常和特殊使用条件：根据我国电力系统运行经验，将户外正常使用条件中的污秽等级不得超过 II 级改为 III 级，将特殊使用条件中重污秽等级 III 级取消。
- 额定电压：按照我国电力系统的实际使用电压和 GB 156 的规定，有些电压和 IEC 60694 稍有差别，并增加了 1100kV 电压等级。
- 额定绝缘水平：IEC 60694 中 3.6kV~72.5kV 电压范围内的数值主要适用于中性点接地系统，而我国为中性点不接地系统或不直接接地系统，因此在这一电压范围内，本标准规定的数值是根据我国电力系统的实际而确定的。对 126kV~1100kV 开关断口和隔离开关断口的额定雷电冲击耐受电压值，增加了一档相对地耐压值加一反极性 1.0 倍工频相电压峰值。提高了 363kV~800kV 的相对地工频耐压值，将 126kV~800kV 开关断口和隔离断口的工频耐压值提高，按 0.7 倍和 1.0 倍工频相电压分为二档并与冲击耐压值相对应。
- 额定短路持续时间：IEC 60694 规定的标准值为 1s，推荐值为 0.5s、2s、3s。本标准规定的标准值为 550kV 及以上为 2s、126kV~363kV 为 3s、72.5kV 及以下为 4s。
- 额定电源电压：根据我国电力系统实际使用的电源电压，从 IEC 60694 中选用了适用的额定电源电压。
- 最小标称爬电比距：根据我国电力系统的需要，增加了对户内开关设备的最小标称爬电比距的要求。
- 无线电干扰电平值：IEC 60694 规定在 $1.1U_n/\sqrt{3}$ 下无线电干扰电平不超过 2500 μ V，本标准规定为不超过 500 μ V。
- 脱扣器的操作电源电压：IEC 60694 中，对并联分闸脱扣器规定在额定电源电压的 70%~110%（直流）之间应能正确动作，而本标准则规定在额定电源电压的 65%~110%（直流）之间应能正确动作。同时规定电源电压不大于 30%的额定电源电压时，并联分闸脱器和并联合闸脱扣器均不应脱扣。

对于欠压脱扣器，IEC 60694 规定当端子电压大于额定电压的 70%时，不应使开关装置分闸，而本标准规定当端子电压大于额定电压的 65%时，不应使开关装置分闸。

——根据我国的具体实际，本标准明确了需进行全部或部分型式试验的产品范围。

——绝缘试验：本标准根据我国电力系统的要求，在人工污秽试验内容中增加了凝露试验项目，并为此增加了附录 H，规定了试验方法。

本标准规定 252kV 及以下开关断口的状态检查工频电压试验为隔离断口额定工频耐受电压的 80%，而 IEC 60694 为对地额定工频耐受电压的 80%；规定真空开关设备的断口的状态检查试验为隔离断口的

额定工频和冲击耐受电压值。

——温升试验：试验电流提高到 1.1 倍额定电流。

——出厂试验：增加了产品出厂必须附有合格的出厂试验报告的要求。

——增加了附录 G，对利用电阻变化确定线圈温升提供了具体测量方法。

本标准与 DL/T 593—1996 的主要差异：

——正常和特殊使用条件：

- 1) 周围空气温度：本标准的规定与 IEC 60694 完全相同，其正常和特殊使用条件下的温度范围已将原 DL/T 593—1996 的要求覆盖在内。
- 2) 去掉了日温差的规定。
- 3) 将地震要求放到特殊使用条件中，将爬电距离要求放至设计和结构部分，将对无线电干扰电压的要求放至型式试验中；去掉“开关柜内各相导体的相间与对地净距”的要求，如需要可放至交流金属封闭开关设备和控制设备标准中。
- 4) DL/T 593—1996 对特殊使用条件未给出明确的具体要求，本标准给出了具体条件。
- 5) DL/T 593—1996 未规定在辅助和控制回路中感应的电磁干扰的要求，本标准给出了幅值要求。

——定义：DL/T 593—1996 没有具体内容，本标准对所用术语均给出了具体定义。

——额定值：

- 1) 额定短路持续时间：DL/T 593—1996 规定 252kV 及以上为 2s、126kV 及以下为 4s，负荷开关为 2s 或 4s。本标准规定 550kV 及以上为 2s、126kV~363kV 为 3s、72.5kV 及以下为 4s。
- 2) 合、分闸装置和辅助、控制回路的额定电源电压：增加了对直流电源的纹波电压的要求以及电压跌落和电源中断时对电气和电子元件的要求。

——设计和结构：

- 1) 本标准在“对开关设备和控制设备中气体的要求”中，增加了为防止凝露，要求绝缘气体的最大允许含水量所对应的露点温度不得高于 -5°C ，气体封闭压力系统的年相对漏气率改为：对 SF_6 和 SF_6 混合气体不大于 0.5% 和 1%，对其他气体不大于 0.5%、1% 和 3%；
- 2) 本标准对“辅助和控制设备”部分增加了大量新内容，并按辅助触头不同的额定连续电流分为三级不同的要求；
- 3) 本标准增加了联锁装置、位置指示、外壳的防护等级、爬电距离、气体和真空的密封、液体的密封、易燃性和电磁兼容等八个部分；
- 4) 对户内开关装置外绝缘的爬电比距本标准提高了要求，将瓷质材料提高到 18mm/kV，将有机材料提高到 20mm/kV；
- 5) 增加了对真空灭弧室的 X 射线辐射的要求；
- 6) 增加了对腐蚀的要求。

——型式试验：

- 1) 增加了试验分组、试品的确认和型式试验报告应包括的内容等三部分内容；
- 2) 对凝露试验部分进行了改写，将试验方法放至附录 H 中，并代替 DL/T 539—1993；
- 3) 将主回路电阻测量改为回路电阻测量，增加了对辅助回路的辅助接点的电阻测量；
- 4) 将温升试验中试验电流改为 1.1 倍额定电流；
- 5) 取消了颠簸试验、噪声试验和覆冰试验，如需要可列入相应产品标准中；
- 6) 对密封试验按不同介质的不同密封系统提出了相应的检验要求；
- 7) 取消了内部电弧试验，如需要可列入相应产品标准中；
- 8) 增加了 EMC 试验和对辅助与控制回路的附加试验。

本标准实施后代替 DL/T 593—1996，DL/T 539—1993。

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

DL / T 593 — 2006

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压开关设备标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院高压开关研究所。

本标准参加起草单位：西安高压电器研究所、华东电网公司、东北电网公司、华北电网公司、安徽省电力公司、上海市电力公司、山东电力研究院、西安西电高压开关有限公司、上海德力西集团公司、上海森源电气有限公司。

本标准主要起草人：崔景春、袁大陆。

本标准参加起草人：王承玉、顾霓鸿、赵伯楠、李鹏、刘兆林、于波、孙云生、邱欣杰、姚明、刘朝阳、申豫章、胡亮、唐嘉隆。

本标准于 1996 年 7 月 16 日首次发布，2005 年进行第一次修订。

高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

1 概述

1.1 范围

本标准适用于电压 3.0kV 及以上, 频率为 50Hz 的电力系统中运行的户内和户外交流高压开关设备和控制设备。

除非在高压开关设备和控制设备的产品中另有规定, 本标准适用于所有的高压开关设备和控制设备。

超出本标准要求的可在相应的产品标准中另行规定。

1.2 规范性引用文件

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

GB 156—2003 标准电压 (IEC 60038:1983, NEQ)

GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合 (IEC 60071—1:1993, NEQ)

GB/T 311.2—2002 绝缘配合 第 2 部分: 高压输变电设备的绝缘配合使用导则 (IEC 60071—2:1996, EQV)

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

GB 772—1987 高压绝缘子瓷件 技术条件 (IEC 60233:1974, NEQ)

GB/T 2423.1—2001 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 A: 低温 (IEC 60068—2—1:1990, IDT)

GB/T 2423.2—2001 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 B: 高温 (IEC 60068—2—2:1974, IDT)

GB/T 2423.3—1993 电力电子产品基本环境试验规程 试验 Ca: 恒定湿热试验方法 (IEC 60068—2—3:1984, EQV)

GB/T 2423.4—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db: 交变湿热试验方法 (IEC 60068—2—30:1980, EQV)

GB/T 2423.10—1995 电工电子产品环境试验 第二部分: 试验方法 试验 Fc 和导则: 振动 (正弦) (IEC 60068—2—6:1982, IDT)

GB/T 2423.23—1995 电工电子产品环境试验 试验 Q: 密封 (IEC 60068—2—17:1994, NEQ)

GB/T 2423.44—1995 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Eg: 撞击, 弹簧锤 (IEC 60068—2—63:1991, EQV)

GB 2536—1990 变压器油 (IEC 60296:1982, NEQ)

GB/T 2900.1—1992 电工术语 基本术语 (IEC 60050, NEQ)

GB/T 2900.18—1992 电工术语 低压电器 (IEC 60050 (441):1984, EQV)

GB/T 2900.19—1994 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合 (IEC 60071—1:1983, NEQ)

GB/T 2900.20—1994 电工术语 高压开关设备 (IEC 60050 (IEV):1984, NEQ)

GB/T 3956—1997 电缆的导体 (IEC 60228:1978, IDT)

GB/T 4026—2004 人机界面标志标识的基本方法和安全规则 设备端子和特定导体终端标识及字

母数字系统的应用通则 (IEC 60445:1999, IDT)

GB 4208—1993 外壳防护等级 (IP 代码) (IEC 60529:1989, EQV)

GB/T 4585—2004 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验 (IEC 60507:1991, IDT)

GB/T 4728.1—2005 电气简图用图形符号 第1部分: 一般要求 (IEC 60617, IDT)

GB/T 4796—2001 电工电子产品环境参数分类及其严酷程度分级 (IEC 60721—1:1990, IDT)

GB/T 4797.4—1998 电工电子产品自然环境条件 太阳辐射与温度

GB/T 4797.5—1992 电工电子产品自然环境条件 降水和风 (IEC 60721—2—2:1988, NEQ)

GB/T 4798.3—1990 电工电子产品应用环境条件 有气候防护场所固定使用

GB/T 4798.4—1990 电工电子产品应用环境条件 无气候防护场所固定使用 (IEC 60721—3—4:1985, NEQ)

GB 4824—2004 工业、科学和医疗 (ISM) 射频设备 电磁骚扰特性 限值和测量方法 (CISPR 11:2003, IDT)

GB 5013—1997(所有部分) 额定电压 450/750V 及以下橡皮绝缘电缆 (IEC 60245(所有部分):1994, IDT)

GB 5023—1997(所有部分) 额定电压 450/750V 及以下聚氯乙烯绝缘电缆 (IEC 60227, IDT)

GB/T 5095.2—1997 电子设备用机电元件 基本试验规程及测量方法 第2部分: 一般检查、电连续性和接触电阻测试、绝缘试验和电压应力试验 (IEC 60512—2:1994, IDT)

GB/T 5465.2—1996 电气设备用图形符号 (IEC 60417:1994, IDT)

GB/T 5582—1993 高压电力设备外绝缘污秽等级 (IEC 60507:1991, NEQ)

GB/T 7354—2003 局部放电测量 (IEC 60270:2000, IDT)

GB 8287.1—1998 高压支柱瓷绝缘子 第1部分: 技术条件 (IEC 60168:1994, NEQ)

GB/T 8905—1996 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则 (IEC 60480:1994, NEQ)

GB/T 11021—1989 电气绝缘的耐热性评定和分级 (IEC 60085:1984, NEQ)

GB/T 11287—2000 电气继电器 第21部分: 量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇: 振动试验 (正弦) (IEC 60255—21—1:1988, IDT)

GB/T 11604—1989 高压电器设备无线电干扰测试方法 (IEC 60018:1983, EQV)

GB/T 11918—2001 工业用插头插座和耦合器 第1部分: 通用要求 (IEC 60309—1:1999, IDT)

GB 12022—1989 工业六氟化硫 (IEC 60376A:1973, NEQ)

GB/T 12706.1—2002 额定电压 1kV ($U_m=1.2kV$) 到 35kV ($U_m=40.5kV$) 挤包绝缘电力电缆及附件 第1部分: 额定电压 1kV ($U_m=1.2kV$) 和 3kV ($U_m=3.6kV$) 电缆 (IEC 60502—1:1997, EQV)

GB/T 13540—1992 高压开关设备抗地震性能试验

GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分: 一般试验要求 (IEC 60060—1:1989, EQV)

GB/T 16935.1—1997 低压系统内设备的绝缘配合 第一部分: 原理、要求和试验 (IEC 60664—1:1992, IDT)

GB/T 17626.1—1998 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论 (IEC 61000—4—1:1992, IDT)

GB/T 17626.4—1998 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 (IEC 61000—4—4:1995, IDT)

GB/T 17626.12—1998 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验 (IEC 61000—4—12:1995, IDT)

GB/T 17627.1—1998 低压电气设备的高电压试验技术 第一部分: 定义和试验要求 (IEC 61180—1:1992, IDT)

IEC 60073:1996 人机界面、标记和识别的基本和安全原则——指示器件和操作器件的编号原则

IEC 60255—21—3:1993 继电器——第21部分: 测量继电器和保护设备的振动、撞击、颠簸和抗

震试验——第3节：抗震试验（正弦的）

IEC 60816:1984 低压电力线路和信号线路上短时瞬变过程的测量方法导则

IEC 61000—4—11:1995 电磁容性（EMC）——第4部分：试验和测量技术——第11节：电压跌落、短时中断和电压变化的抗扰性试验

IEC 61000—4—17:1999 电磁兼容性（EMC）——第4部分：试验和测量技术——第17节：直流输入功率端口的纹波的抗扰性试验

IEC 61000—4—29:2000 电磁兼容性（EMC）——第4部分：试验和测量技术——第29节：直流输入功率端口的电压跌落、短时中断和电压变化的抗扰性试验

IEC 61000—5（所有部分） 电磁兼容性（EMC）——第5部分：安装和调节导则

IEC 61000—6—5:2001 电磁兼容性（EMC）——第6部分：通用标准——第5节：电厂和变电站环境中的抗扰性

IEC 61810（所有部分） 机电式非定时有或无继电器

IEC 62063:1999 高压开关设备和控制设备——电子及相关技术在开关设备和控制设备的辅助设备中的应用

IEC 62262:2002 电气设备由外壳提供的防止外部机械撞击的防护等级（IK 代码）

ANSIC 37.85—2002 交流高压真空断路器——X 射线极限的安全要求

2 正常和特殊使用条件

除非另有规定，高压开关设备和控制设备及其操动机构和辅助设备，均应在其额定特性和 2.1 中列出的正常使用条件下使用。如果使用条件和正常使用条件不同，制造厂应尽可能按用户提出的特殊要求设计产品，或者应和用户达成适当的协议（见 2.2）。

注 1：应该采取适当措施保证其他元件，如继电器在此条件下正常工作。

注 2：关于环境条件分级的详细资料，在 GB/T 4798.3 和 GB/T 4798.4 中规定。

2.1 正常使用条件

2.1.1 户内开关设备和控制设备

a) 周围空气温度最高不超过 40℃，且在 24h 内测得的平均温度不超过 35℃。

周围空气最低温度为-5℃、-15℃、-25℃。

b) 阳光辐射的影响可以忽略。

c) 海拔不超过 1000m。

d) 周围空气没有明显地受到尘埃、烟、腐蚀性和/或可燃性气体、蒸汽或盐雾的污染，外绝缘的爬电比距应满足 5.14.2 的要求。

e) 湿度条件如下：

——在 24h 内测得的相对湿度的平均值不超过 95%；

——月相对湿度平均值不超过 90%。

在这样的湿度条件下有时会出现凝露。

注 1：高湿度期间、温度发生急降时会出现凝露。

注 2：为耐受湿度和凝露所产生的效应，如绝缘击穿或金属件腐蚀，用户应采用按此条件设计和按此条件进行过试验的高压开关设备。

注 3：如不采用按 2 中要求的条件设计和试验的高压开关设备，也可用特殊设计的建筑物或小室，采用适当的通风和加热，或装用去湿装置，以防凝露。

f) 来自开关设备和控制设备外部的振动或地动可以忽略。

g) 由于主回路中的开合操作，在辅助和控制回路上所感应的共模电压的幅值不超过 1.6kV。

2.1.2 户外开关设备和控制设备

a) 周围空气温度最高不超过 40℃，且在 24h 内测得的平均温度不超过 35℃。

周围空气最低温度为-10℃、-25℃、-30℃、-40℃。

应考虑温度的急骤变化。

b) 应考虑阳光辐射的影响，晴天中午辐射强度为 1000W/m²。

注 1：在一定的阳光辐射条件下，为使温升不超过规定值，必要时，应采取适当措施，如加盖遮阳顶、强迫通风散热等，或者降容运行。

注 2：阳光辐射的详细资料见 GB/T 4797.4。

c) 海拔不超过 1000m。

d) 周围空气可能存在尘埃、烟、腐蚀性气体、蒸汽或盐雾等污染，污秽等级不得超过 GB/T 5582 中的Ⅲ级。

e) 覆冰厚度对 1 级不超过 1mm，对 10 级不超过 10mm，对 20 级不超过 20mm。

f) 风速不超过 34m/s（相应于圆柱表面上的 700Pa）。

注 3：风的特性见 GB/T 4797.5。

g) 应考虑凝露和降水的影响。

注 4：降水的特性见 GB/T 4797.5。

h) 来自开关设备和控制设备外部的振动或地动可以忽略。

i) 由于主回路中的开合操作，在辅助和控制回路上所感应的共模电压的幅值不超过 1.6kV。

2.2 特殊使用条件

高压开关设备和控制设备可以在不同于 2.1 中规定的正常使用条件下使用，用户的要求应参照下述的特殊使用条件提出。

2.2.1 海拔

对于使用在海拔高于 1000m 处的设备，其外绝缘在标准参考大气条件下的绝缘水平是将使用场所要求的绝缘耐受电压乘以海拔修正系数 K_a ，系数 K_a 按图 1 选取。

注 1：在任一海拔处，内绝缘的绝缘特性是相同的，不需采取特别的措施。关于外绝缘和内绝缘的定义见 GB/T 311.2。

注 2：对于低压辅助设备和控制设备，如海拔低于 2000m 可不需采取特别措施。如用于 2000m 以上海拔，见 GB/T 16935.1。

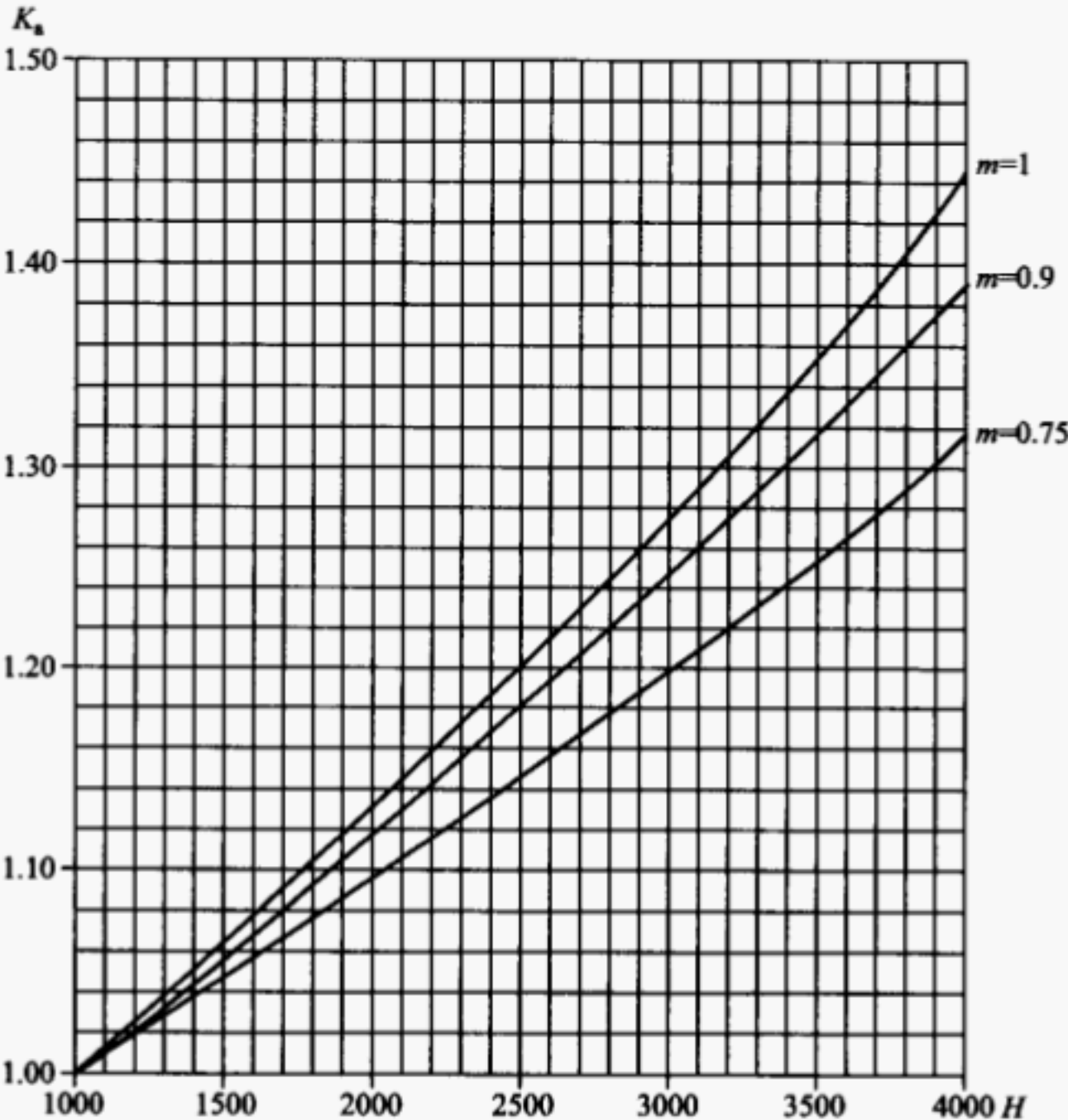


图 1 海拔修正系数

这些系数可按下列式计算：

$$K_a = e^{m(H-1000)/8150}$$

式中：

H ——海拔，m；

m 为简单起见，取下述确定值：

对于工频、雷电冲击和相间操作冲击电压， $m=1$ ；

对于纵绝缘操作冲击电压， $m=0.9$ ；

对于相对地操作冲击电压， $m=0.75$ 。

2.2.2 污秽

对于使用在严重污秽空气中的设备，污秽等级应规定为 GB/T 5582 中的Ⅳ级。

2.2.3 温度和湿度

对于使用在周围空气温度超出 2.1 中规定的温度范围内的设备，应优先选用的最低和最高温度的范围规定为：

——对严寒气候 $-50^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；

——对酷热气候 $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ 。

在暖湿风频繁出现的某些地区，温度的骤变会导致凝露，甚至在户内也会凝露。

在热带户内条件下，在 24h 内测得的相对湿度的平均值能达到 98%。

2.2.4 震动

在可能发生地震的地区，用户应按 GB/T 13540 的规定提出设备的抗震等级。

2.2.5 其他参数

设备在其他特殊使用条件下使用时，用户应参照 GB/T 4796、GB/T 4797、GB/T 4798 的规定提出其环境参数。

3 术语和定义

本标准所用的术语和定义，除应符合 GB/T 2900.1、GB/T 2900.18、GB/T 2900.19、GB/T 2900.20 外，还应符合以下规定。为便于使用，给出的一些定义可能与上述标准有所重复。

3.1

通用术语

3.1.1

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

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

3.1.2

外绝缘 **external insulation**

空气间隙及电气设备固体绝缘的外露表面。它们承受电压并受大气污秽、湿度和小动物等外界条件的影响。

3.1.3

IP 代码 **IP code**

一种表示外壳防护等级并给出相关信息的编码系统；这种防护是指防止接近设备的危险部件以及防止固体外物和水进入设备。

3.1.4

外壳提供的防止接近危险部件的防护 **protection provided by an enclosure against access to hazardous parts**

为人员提供的保护，以防：

——触及危险的机械部件；

——触及低压带电部件；

——在外壳内部小于安全距离处接近危险的高压带电部件。

3.1.5

IK 代码 IK code

一种表示外壳防护机械撞击损伤表面等级的编码系统。

3.1.6

维修 maintenance

所有的技术工作和管理工作的总和，包括监督工作，以使设备保持或恢复到能够实现其要求功能的状态。

3.1.7

计划维修 scheduled maintenance

按照既定的时间进行的预防性维修。

3.1.8

检查 inspection

在不解体的情况下，对运行中的开关设备和控制设备的主要特性进行周期性的检视。这类检视通常是对压力和/或液面、密封性、继电器的位置、绝缘件的脏污程度，也包括对运行中的开关设备和控制设备进行能够进行的检视、润滑、清扫和清洗等。

注：根据检查的结果可能会作出需要进行检修的决定。

3.1.9

诊断试验 diagnostic test

开关设备和控制设备特性参数的比较试验，通过测量这些参数中的一项或多项来确定其功能是否正常。

注：根据诊断试验的结果可能会作出需要进行检修的决定。

3.1.10

检验 examination

为了可靠地评估开关设备和控制设备的状况，检查时采用测量和无损试验等方法，需要时可进行局部解体的检查。

3.1.11

检修 overhaul

为将元件和/或开关设备和控制设备恢复到可接受的状态而进行的修理或更换超差零件的工作。超差零件通过检查、试验、检验或按制造厂维修手册的需求来确定。

3.1.12

停运时间 down time

设备处于停止工作状态的时间。

3.1.13

失效 failure

设备丧失了实现所要求功能的能力。

注 1：装备失效后会出现故障。

注 2: “失效”是一个事件, 它与“故障”不同, “故障”是一个状态。

注 3: 这样定义的概念不适用于仅由软件组成的设备。

3.1.14

重失效 (开关设备和控制设备) major failure (of switchgear and controlgear)

开关设备和控制设备丧失了一项或多项基本功能的失效。

重失效将导致系统运行状态的立即改变, 如要求后备保护排除故障, 或者在 30min 内要强行使其退出运行进行非计划维修。

3.1.15

轻失效 (开关设备和控制设备) minor failure (of switchgear and controlgear)

结构元件或部件的失效, 它不会导致开关设备和控制设备发生重失效。

3.1.16

缺陷 defect

设备在状态方面有缺陷 (或固有的弱点), 在规定的使用、环境或维修条件下, 在预定的时间内, 这种缺陷将会导致设备本身或另一设备的一项或多项失效。

3.1.17

周围空气温度 ambient air temperature

按规定条件测定的围绕整个开关设备的周围空气的平均温度。

注: 对预装箱式变电站或其他装在外壳内的开关或其他开关元件, 其周围空气温度是指外壳外的周围空气温度。

3.1.18

使用平台 servicing level

地平面或固定的永久台面, 站在其上授权的人员可以操作装置。

3.1.19

非暴露型 non-exposed type

元件的一种类型, 其中没有带电部件可被触及。

3.1.20

监测 monitoring

通过探测异常现象验证系统或部分系统的功能是否正常所进行的监测。该监测是通过测量系统的一个或多个变量并把测到的数值和规定值进行比较来完成的。

3.1.21

监督 supervision

为了监测某项的状态, 由人工或自动进行的行为。

3.2

开关设备和控制设备的总装

3.2.1

自保护开关设备 self-protected switchgear

装有不可分开的电压限制装置的开关设备和控制设备。

3.2.2

试品 test specimen

三极机械联动 (即一台操动机构) 或型式试验主要是三极型式试验时, 试品应是整台开关设备和控制设备。如果不是这样, 试品是整台开关设备和控制设备的一个极。如果相关的产品标准允许, 试品也可以是一个有代表性的分装。

3.3

总装的组成部分

运输单元 **transport unit**

不需拆开便可运输的开关设备和控制设备的一部分。

3.4

开关装置

正在考虑中。

3.5

开关设备和控制设备的部件

3.5.1

外壳 **enclosure**

保护设备免受外部影响并防止人员和外物从任何方向直接触及设备的部件。

注：此定义在本标准的范围内需作如下说明：

——外壳用来防止人员或牲畜接近危险部件。

——挡板、各种孔盖或其他元件——无论是附装在外壳上还是由被包容的设备构成的，凡是用于防止或限制规定的试具进入的均作为外壳的一部分，但不用钥匙或工具便可移开的零件除外。

3.5.2

危险部件 **hazardous part**

接近或接触时有危险的部件。

3.5.3

触头 **contact**

两个或两个以上导体，当其接通时可以建立起电路的连续性，且其相对运动可分、合电路，而在采用铰链或滑动接触的情况下仍能保持电路的连续性。

3.5.4

辅助回路 **auxiliary circuit**

除开关主回路和控制回路以外的所有导电回路。

注：某些辅助回路用于附加功能，如信号、联锁等。因此，这些回路可能是其他开关的一部分。

3.5.5

控制回路 **control circuit**

控制开关合、分操作回路中的所有导电回路。

3.5.6

辅助开关 **auxiliary switch**

由开关装置进行机械操作的，含有一个或几个控制和/或辅助触头的开关。

3.5.7

控制开关 **control switch**

用于控制开关设备和控制设备操作（包括信号、电气联锁）的机械开关。

3.5.8

辅助触头 **auxiliary contact**

在开关的辅助回路中且由开关用机械方式操作的触头。

3.5.9

控制触头 **control contact**

在开关的控制回路中且由开关用机械方式操作的触头。

3.5.10

联结（用螺栓或与其等效的） connection (bolted or the equivalent)

两个或多个导体用螺钉、螺栓或与其等效的方法连接在一起，用以保证回路的持久连续性。

3.5.11

位置指示器 position indicating device

指示开关处于合闸、分闸位置或接地位置并安装在明显部位的一种部件。

3.5.12

监视装置 monitoring device

用于自动监视设备状态的装置。

3.5.13

指示开关 pilot switch

按执行量的规定条件进行操作的非人力控制的开关。

注：执行量可以是压力、温度、速度、液面、经过时间等。

3.5.14

低能触头 low energy contact

设计在低能回路中使用的触头，例如用在监测或信息技术中的触头。

注：典型的应用是接入端电压不超过 10V，通过电流为几毫安的负载回路。

3.5.15

电缆入口 cable entry

允许电缆进入外壳的通道且具有开口的部件。

3.5.16

盖板 cover plate

外壳的一部分，能够打开或关闭，其位置用螺钉或类似方法固定。设备投运后通常不能打开。

3.5.17

隔板 partition

把一个隔室和其他隔室分开的总装的部件。

3.5.18

执行器 actuator

外部的执行力施加到执行系统上的部件。

注：执行器可以是手柄、旋钮、按钮、磁子、活塞等形式。

3.5.19

（测量仪器的）指示装置 indicating device (of a measuring instrument)

用来指示测量量数值的测量仪器的元件的整体。

注：测量仪器的指示方法或整定装置可以延伸到材料测量或者信号发生器。

3.5.20

（电缆）接头 splice

带有电气导体的圆柱体连接装置，它可能带、也可能不带附加的提供保证绝缘的附件。

3.5.21

端子 terminal

用于连接电路的接点。

3.5.22

端子排 terminal block

为适应多个导体内部连接并处于外壳或绝缘件内的端子的总装。

3.5.23

中性导体 (符号 N) **neutral conductor (symbol N)**

和系统的中性点连接并有利于电能传输的导体。

3.5.24

保护导体 (符号 PE) **protectiive conductor (symbol PE)**

用于防护与下述部件发生接触而受到电击的导体。

——暴露的导电部件；

——外部的导电部件；

——主要的接地端子；

——接地电极；

——电源或人工中性线的接地点。

3.5.25

PEN 导体 PEN conductor

结合有保护导体和中性导体两种功能的接地导体。

注：缩写 PEN 来自于保护导体 PE 和中性导体 N 的组合。

3.5.26

有或无继电器 **all-or-nothing relay**

打算被某个量激励的继电器，该量值要么在其动作范围内，要么等效为零。

3.5.27

热继电器 **thermal electrical relay**

通过测量被保护设备中流过的电流和模拟其热性能的特性曲线来保护设备防止电热损坏的、基于时间的量度继电器。

3.5.28

(机械的) 接触器 **(mechanical) contactor**

手动操作除外，只有一个休止位置，能关合、承载及开断正常电流及规定的过载电流的机械开关装置。

注：接触器可以根据为主触头合闸提供力的方法分类。

3.5.29

启动器 **starter**

启动和停止电动机并同适当过载保护元件组合在一起能满足所需的所有开合方式的组合体。

注：启动器可按提供合闸主触头所需力的方法来分类。

3.5.30

并联脱扣器 **shunt release**

由电压源激励的脱扣器。

注：该电压源可以和主回路的电压无关。

3.5.31

开关 **switch**

装有执行器和触头能够关合和开断连接的元件。

3.5.32

(建筑物的) 配电回路 **distribution circuit (of buildings)**

给配电板供电的回路。

3.5.33

(建筑物的) 终端回路 **final circuit (of buildings)**

直接和用电设备或插座连接的回路。

3.5.34

连杆开关 toggle switch

具有连杆的开关，它的运动可以直接或间接地以规定的方式使得开关端子接通或断开。通过执行机械的任何间接行为应使得接通或断开的速度与连杆运动的速度无关。

3.5.35

隔离开关 disconnecter

在分闸位置能够按照规定的要求提供隔离断口的机械开关装置。

注：隔离开关应能开断或关合回路中可忽略的电流，或者隔离开关每极端子间没有显著的电压变化时隔离开关可以关合和开断回路。它还能够正常回路条件下承载电流，且在异常的回路条件（如短路）下在规定的时间内承载电流。

3.5.36

计数器 counter

指示机械开关装置完成的操作循环次数的装置。

3.5.37

指示灯 indicator light

用做指示器的灯。

3.5.38

插头和插座 plug and socket-outlet

能够实现软电缆和固定导线连接的装置。

注：该方法的应用示例见 GB/T 11918—2001 的图 1。

3.5.39

电缆连接器 cable coupler

能够实现两个软电缆连接的装置。

注：该方法的应用示例见 GB/T 11918—2001 的图 1。

3.5.40

器具的连接器 appliance coupler

能够实现软电缆和设备连接的装置。

注：该方法的应用示例见 GB/T 11918—2001 的图 1。

3.5.41

连线器 connector

为了提供与适当的连接元件连接或断开的、使导体接在端子上的元件。

3.5.42

线圈 coil

一组串联连接的圆形回路，通常是同轴的。

3.5.43

静止开关元件 static switching component

其中的开合行为是通过电子的、磁的、光的或其他没有机械运动的方式实现的装置。

3.5.44

辅助和控制回路 secondary system

——安装在或邻近于开关设备和控制设备的控制和辅助回路，包括中央控制柜中的回路；

——监控、诊断等用的设备，它作为开关设备和控制设备的辅助回路的一部分；

——和互感器的二次端子连接的回路，它作为开关设备和控制设备的一部分的总体。

3.5.45

(辅助和控制回路的)分装 **subassembly (of a secondary system)**

辅助和控制回路的一部分,在其功能和位置方面,分装通常置于独立的外壳内并具有自己的接口。

3.5.46

(辅助和控制回路的)可互换的分装 **interchangeable subassembly (of a secondary system)**

打算安装在辅助和控制回路的各种位置或者可以被其他类似分装代替的分装。可互换的分装具有便于使用的接口。

3.6

操作

3.6.1

动力操作 **dependent power operation**

利用人(手)力以外的其他能源的一种操作,操作的完成取决于动力源(如电磁铁、电动机或气动机等)的特性及其供应的连续性。

3.6.2

储能操作 **stored energy operation**

利用储存于操动机构本身的能量进行操作,这些能量应在操作之前储存并能完成预定条件下的操作。

注:操作类别可按储能方式分为弹簧式、重锤式、液压式、气动式等。

3.6.3

独立脱扣操作 **independent unlatched operation**

储能操作的操动机构的能量储存和释放是一个连续的操作,其操作力和速度与储能的速度无关。

3.6.4

正向驱动的操作 **positively driven operation**

按规定要求,用来保证开关装置辅助触头的位置与主触头分闸或合闸位置保持一致的操作。

3.6.5

关于压力(或密度)的定义

3.6.5.1

绝缘介质的额定充入压力 P_{re} (或密度 ρ_{re}) **rated filling pressure for insulation P_{re} (or density ρ_{re})**

在投运前或自动补压前充入总装的绝缘和/或灭弧介质的压力(Pa),应把它折算到标准大气条件下(+20℃、101.3kPa)或密度下,可以用相对压力,也可以用绝对压力表示。

3.6.5.2

操作介质的额定充入压力 P_{rm} (或密度 ρ_{rm}) **rated filling pressure for operation P_{rm} (or density ρ_{rm})**

在投运前或自动补压前充入控制装置内的操作介质的压力(Pa),应将其折算到标准大气条件下(+20℃、101.3kPa)或密度下,可以用相对压力,也可以用绝对压力表示。

3.6.5.3

绝缘介质的报警压力 P_{ae} (或密度 ρ_{ae}) **alarm pressure for insulation P_{ae} (or density ρ_{ae})**

可以提供监视信号的压力,表示需要在短时间内进行补压。绝缘介质和/或灭弧介质的压力(Pa)应折算到标准大气条件(+20℃、101.3kPa)或密度下,可以用相对压力,也可以用绝对压力表示。

3.6.5.4

操作介质的报警压力 P_{am} (或密度 ρ_{am}) **alarm pressure for operation P_{am} (or density ρ_{am})**

可以提供监视信号的压力,表示需要在短时间内进行补压。操作介质的压力(Pa)应折算到标准大气压(+20℃、101.3kPa)或密度下,可以用相对压力,也可以用绝对压力表示。

3.6.5.5

绝缘介质的最低功能压力 P_{me} (或密度 ρ_{me}) **minimum functional pressure for insulation P_{me} (or density ρ_{me})**

不小于此压力时开关设备和控制设备可以保持其额定特性。绝缘和/或灭弧介质的压力 (Pa) 应折算到标准大气条件 (+20℃、101.3kPa) 或密度下, 可以用相对压力, 也可以用绝对压力表示。

3.6.5.6

操作介质的最低功能压力 P_{mm} (或密度 ρ_{mm}) **minimum functional pressure for operation P_{mm} (or density ρ_{mm})**

不小于此压力时开关设备和控制设备可以保持其额定特性, 在此压力时控制装置应及时补压。此压力通常称闭锁压力。操作介质的压力 (Pa) 应折算到标准大气条件 (+20℃、101.3kPa) 或密度下, 可以用相对压力, 也可以用绝对压力表示。

3.6.6

关于气体和真空密封的定义

这些定义适用于使用真空或除大气压力下的空气之外的气体作为绝缘、绝缘和灭弧、操作用介质的所有开关设备和控制设备。

3.6.6.1

充气隔室 gas-filled compartment

开关设备和控制设备的隔室, 隔室内的气体压力由下列的一种系统保持:

——可控压力系统;

——封闭压力系统;

——密封压力系统。

注: 几个充气隔室相互间可以固定连接成一个公共气体系统 (气密性装配)。

3.6.6.2

气体的可控压力系统 controlled pressure system for gas

自动从外部或内部气源补气的空间。

注 1: 可控压力系统的实例如空气断路器或气动操动机构。

注 2: 空间可以由几个相互固定连接到一起的充气隔室组成。

3.6.6.3

气体的封闭压力系统 closed pressure system for gas

只能采用人工连接到外部气源定期补气的空间。

注: 封闭压力系统的实例是单压式六氟化硫断路器。

3.6.6.4

密封压力系统 sealed pressure system

在预定的使用寿命期限内不需对气体或真空作进一步处理的空间。

注 1: 密封压力系统的实例是真空断路器的灭弧室或某些六氟化硫断路器。

注 2: 密封压力系统的组装和试验全部在工厂内进行。

3.6.6.5

绝对漏气率 F absolute leakage rate, F

单位时间内气体的漏失量, 以 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 表示。

3.6.6.6

允许漏气率 F_p permissible leakage rate, F_p

制造厂对部件、元件或分装规定的最大允许绝对漏气率, 或是使用密封配合图 (TC) 对连接在一个压力系统上的部件、元件或分装规定的最大允许绝对漏气率。

3.6.6.7

相对漏气率 F_{rel} relative leakage rate, F_{rel}

在额定充气压力（或密度）的系统中，相对于气体总量的绝对漏气率。以每年或每天的百分率表示。

3.6.6.8

补气间隔时间 T time between replenishments, T

为了补偿漏气率 F ，当压力（或密度）降至报警值时，需用人工或自动进行的两次补充之间的间隔时间。

3.6.6.9

每天补气次数 N number of replenishments per day, N

为了补偿漏气率 F ，在 24h 内进行的补气次数。该值适用于可控压力系统。

3.6.6.10

压力降 ΔP pressure drop, ΔP

在不补气的条件下，在给定的时间内，由漏气率 F 引起的压力降低的值。

3.6.6.11

密封配合图 TC tightness coordination chart, TC

由制造厂提供的并在试验部件、元件或分装时使用的检测资料，它表明整个系统的密封性和各个部件、元件或分装的密封性之间的关系。

3.6.6.12

累计漏气量的测量 cumulative leakage measurement

为了确定漏气率而进行的计及给定总装所有漏气的测量。

3.6.6.13

检漏 sniffing

用检漏仪的探头围绕总装缓慢移动以确定漏气点的位置。

3.6.7

关于液体密封的定义

这些定义适用于使用液体作为绝缘、绝缘和灭弧、操作用介质的所有开关设备和控制设备。这些介质可能有，也可能没有恒定的压力。

3.6.7.1

液体的可控压力系统 controlled pressure system for liquid

可以自动补充液体的空间。

3.6.7.2

液体的封闭压力系统 closed pressure system for liquid

只能用人工作定期补充液体的空间。

3.6.7.3

绝对泄漏率 F_{liq} absolute leakage rate, F_{liq}

单位时间内液体的泄漏量，以 cm^3/s 表示。

3.6.7.4

允许泄漏率 $F_{\text{p(liq)}}$ permissible leakage rate, $F_{\text{p(liq)}}$

制造厂对液体压力系统规定的最大允许泄漏率。

3.6.7.5

每天补液次数 N_{liq} number of replenishments per day, N_{liq}

为补偿泄漏率 F_{liq} ，在 24h 内进行的补液次数。该值适用于可控压力系统。

3.6.7.6

压力降 ΔP_{liq} **pressure drop, ΔP_{liq}**

在不补液的条件下, 在给定的时间内, 由泄漏率 F_{liq} 引起的压力降低的值。

3.7

特性参数

3.7.1

隔离断口 **isolating distance**

符合对隔离开关所规定的安全要求的断开的触头间的电气间隙。

3.7.2

防护等级 **degree of protection**

外壳提供的防止接近危险部件、防止固体外物进入和/或防止水的浸入的防护程度, 应用标准的试验方法验证。

3.7.3

额定值 **rated value**

一般由制造厂对元件、装置或设备在规定的工作条件下所指定的量值。

3.7.4

非保持性击穿放电 (NSDD) **non-sustained disruptive discharge (NSDD)**

伴随电流开断时产生的击穿放电, 它不会导致发生持续的工频电流, 在开断电容电流时也不会导致发生具有回路固有频率的电流。

4 额定值

开关设备和控制设备及其操动机构和辅助设备通用的额定值应从下列各项中选取:

- a) 额定电压 (U_r);
- b) 额定绝缘水平;
- c) 额定频率 (f_r);
- d) 额定电流 (I_r);
- e) 额定短时耐受电流 (I_k);
- f) 额定峰值耐受电流 (I_p);
- g) 额定短路持续时间 (t_k);
- h) 分闸、合闸装置和辅助回路的额定电源电压 (U_a);
- i) 分闸、合闸装置和辅助回路的额定电源频率;
- j) 绝缘和/或操作用压缩气源的额定压力。

注: 可能还需要其他额定值, 可在相关的产品标准中列出。

4.1 额定电压 (U_r)

额定电压是开关设备和控制设备所在系统的最高电压。额定电压的标准值如下:

4.1.1 范围 I (额定电压 252kV 及以下)

3.6kV—7.2kV—12kV—24kV—40.5kV—72.5kV—126kV—252kV。

4.1.2 范围 II (额定电压 252kV 以上)

363kV—550kV—800kV—1100kV。

4.2 额定绝缘水平

开关设备和控制设备的额定绝缘水平应从表 1 和表 2 给定的数值中选取。

表 1 和表 2 中的耐受电压适用于 GB 311.1 中规定的标准参考大气 (温度、压力、湿度) 条件。对于特殊使用条件, 见 2.2。

雷电冲击电压 (U_p)、操作冲击电压 (U_s) (适用时) 和工频电压 (U_d) 的额定耐受电压值应该在同一个水平标志线的行中选取。额定绝缘水平用相对地额定雷电冲击耐受电压来表示。

大多数的额定电压都有几个额定绝缘水平, 以便用于性能指标或过电压特性不同的系统。选取额定绝缘水平时, 应考虑开关设备受快波前和缓波前过电压作用的程度、系统中性点的接地方式和过电压限制装置的型式 (见 GB/T 311.2)。

若本标准中无其他规定, 表 1 中的通用值适用于相对地、相间和开关断口。隔离断口的耐受电压值只对某些开关装置有效, 这些开关装置的触头开距按对隔离开关规定的安全要求设计。

表 1 额定电压范围 I 的额定绝缘水平

额定电压 U_r kV (有效值)	额定工频短时耐受电压 U_d kV (有效值)		额定雷电冲击耐受电压 U_p kV (峰值)	
	通用值	隔离断口	通用值	隔离断口
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.6	25/18	27/20	40/20	46/23
7.2	30/23	34/27	60/40	70/46
12	42/30	48/36	75/60	85/70
24	65/50	79/64	125/95	145/115
40.5	95/80	118/103	185/170	215/200
72.5	140	180	325	385
	160	200	350	410
126	185	$185 \left(+ \frac{50}{70} \right)$	450	$450 \left(+ \frac{70}{100} \right)$
	230	$230 \left(+ \frac{50}{70} \right)$	550	$550 \left(+ \frac{70}{100} \right)$
252	395	$395 \left(+ \frac{100}{145} \right)$	950	$950 \left(+ \frac{140}{200} \right)$
	460	$460 \left(+ \frac{100}{145} \right)$	1050	$1050 \left(+ \frac{140}{200} \right)$

注 1: 根据我国电力系统的实际, 本表中的额定绝缘水平与 IEC 60694:2002 表 1 (a) 的额定绝缘水平不完全相同。

注 2: 本表中项 (2) 和项 (4) 的数值取自 GB 311.1, 斜线下的数值为中性点接地系统使用的数值, 项 (2) 和项 (3) 斜线下的数值亦为湿试时的数值。

注 3: 126kV 和 252kV 项 (3) 中括号内的数值分别为 $0.7 U_r \sqrt{3}$ 和 $1.0 U_r \sqrt{3}$, 是加在对侧端子上的工频电压有效值; 项 (5) 中括号内的数值分别为 $0.7 U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$ 和 $1.0 U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$, 是加在对侧端子上的工频电压峰值。括号内的数值用户可根据需要选用。

注 4: 隔离断口是指隔离开关、负荷—隔离开关的断口以及起联络作用或作为热备用的负荷开关和断路器的断口。

表 2 额定电压范围 II 的额定绝缘水平

额定电压 U_r kV (有效值)	额定短时工频耐受电压 U_d kV (有效值)		额定操作冲击耐受电压 U_o kV (峰值)			额定雷电冲击耐受电压 U_p kV (峰值)	
	相对地 及相间	开关断口及 隔离断口	相对地	相间	开关断口及 隔离断口	相对地 及相间	开关断口及 隔离断口
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
363	460	$460 \left(+ \frac{150}{210} \right)$	850	1275	800 (+295)	1050	$1050 \left(+ \frac{205}{295} \right)$
	510	$510 \left(+ \frac{150}{210} \right)$	950	1425	850 (+295)	1175	$1175 \left(+ \frac{205}{295} \right)$
550	680	$680 \left(+ \frac{220}{315} \right)$	1175	1760	1050(+450)	1550	$1550 \left(+ \frac{315}{450} \right)$
	740	$740 \left(+ \frac{220}{315} \right)$	1300	1950	1175(+450)	1675	$1675 \left(+ \frac{315}{450} \right)$
800	900	$900 \left(+ \frac{320}{460} \right)$	1425	2420	1175(+650)	1950	$1950 \left(+ \frac{455}{650} \right)$
	960	$960 \left(+ \frac{320}{460} \right)$	1550	2480	1300(+650)	2100	$2100 \left(+ \frac{455}{650} \right)$
1100	1100	$1100 \left(+ \frac{445}{635} \right)$	1800	2700	1675(+900)	2400	$2400 \left(+ \frac{630}{900} \right)$
<p>注 1: 根据我国电力系统的实际, 本表中的额定绝缘水平与 IEC 60694:2002 表 2 (a) 的额定绝缘水平不完全相同。</p> <p>注 2: 本表中项 (2)、项 (4)、项 (5)、项 (6) 和项 (7) 根据 GB 311.1 的数值提出。</p> <p>注 3: 本表中项 (3) 括号内的数值分别为 $0.7 U_r/\sqrt{3}$ 和 $1.0 U_r/\sqrt{3}$, 是加在对侧端子上的工频电压有效值; 项 (6) 括号内的数值为 $1.0 U_r\sqrt{\frac{2}{3}}$, 是加在对侧端子上的工频电压峰值; 项 (8) 括号内的数值分别为 $0.7 U_r\sqrt{\frac{2}{3}}$ 和 $1.0 U_r\sqrt{\frac{2}{3}}$, 是加在对侧端子上的工频电压峰值。</p> <p>注 4: 本表中 1100kV 的数值是根据我国电力系统的需要而选定的数值。</p>							

4.3 额定频率 (f_r)

额定频率的标准值为 50Hz。

4.4 额定电流和温升

4.4.1 额定电流 (I_r)

开关设备和控制设备的额定电流是在规定的使用 and 性能条件下能持续通过的电流的有效值。

额定电流应从 GB/T 762 中规定的 R10 系列中选取。

注 1: R10 系列包括数字 1—1.25—1.6—2—2.5—3.15—4—5—6.3—8 及其与 10^n 的乘积。

注 2: 对短时工作制和间断工作制的额定电流由制造厂和用户商定。

4.4.2 温升

在温升试验规定的条件下, 当周围空气温度不超过 40℃时, 开关设备和控制设备任何部分的温升不应超过表 3 规定的温升极限。

表3 高压开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升极限

部件、材料和绝缘介质的类别 (见说明1、2和3)(见注)	最大值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40℃时的温升 K
1 触头(见说明4) 裸铜或裸铜合金 —在空气中 —在SF ₆ (六氟化硫)中(见说明5) —在油中 镀银或镀镍(见说明6) —在空气中 —在SF ₆ 中(见说明5) —在油中 镀锡(见说明6) —在空气中 —在SF ₆ 中(见说明5) —在油中	 75 105 80 105 105 90 90 90 90	 35 65 40 65 65 50 50 50 50
2 用螺栓的或与其等效的联结(见说明4) 裸铜、裸铜合金或裸铝合金 —在空气中 —在SF ₆ 中(见说明5) —在油中 镀银或镀镍 —在空气中 —在SF ₆ 中(见说明5) —在油中 镀锡 —在空气中 —在SF ₆ 中(见说明5) —在油中	 90 115 100 115 115 100 105 105 100	 50 75 60 75 75 60 65 65 60
3 其他裸金属制成的或有其他镀层的触头或联结	(见说明7)	(见说明7)
4 用螺钉或螺栓与外部导体连接的端子(见说明8) —裸的 —镀银、镀镍或镀锡 —其他镀层	 90 105 (见说明7)	 50 65 (见说明7)

表 3 (续)

部件、材料和绝缘介质的类别 (见说明 1、2 和 3)(见注)	最大值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40℃时的温升 K
5 油开关装置用油(见说明 9 和 10)	90	50
6 用作弹簧的金属零件	(见说明 11)	(见说明 11)
7 绝缘材料以及与下列等级的绝缘材料接触的金属部件(见说明 12)		
—Y	90	50
—A	105	65
—E	120	80
—B	130	90
—F	155	115
—瓷漆: 油基	100	60
合成	120	80
—H	180	140
—C 其他绝缘材料	(见说明 13)	(见说明 13)
8 除触头外, 与油接触的任何金属或绝缘件	100	60
9 可触及的部件		
—在正常操作中可触及的	70	30
—在正常操作中不需触及的	80	40
注: 本表的说明见 4.4.3。		

4.4.3 表 3 的说明

作为表 3 一部分的有关说明如下:

说明 1: 按其功能, 同一部件可能属于表 3 中的几种类别, 在这种情况下, 允许的最高温度和温升值是相关类别中的最低值。

说明 2: 对真空开关装置, 温度和温升的极限值不适用于处在真空中的部件, 其余部件不应超过表 3 给出的温度和温升值。

说明 3: 应注意保证周围的绝缘材料不受损坏。

说明 4: 当接合的部件具有不同的镀层或一个部件是裸露的材料时, 允许的温度和温升应为:

a) 对触头为表 3 项 1 中最低允许值的表面材料的值;

b) 对连接为表 3 项 2 中最高允许值的表面材料的值。

说明 5: 六氟化硫是指纯六氟化硫或纯六氟化硫与其他无氧气体的混合物。

注 1: 由于不存在氧气, 把六氟化硫开关设备中各种触头和连接的温度极限加以协调是合适的。在六氟化硫环境下, 裸铜或裸铜合金零件的允许温度极限可以和镀银或镀镍的零件相同。对镀锡零件, 由于摩擦腐蚀效应, 即使

在六氟化硫无氧的条件下,提高其允许温度也是不合适的,因此对镀锡零件仍取在空气中的值。

注 2: 对裸铜和镀银触头在六氟化硫中的温升正在考虑中。

说明 6: 按照设备的有关技术条件:

- a) 在关合和开断试验后(如果有的话);
- b) 在短时耐受电流试验后;
- c) 在机械寿命试验后。

有镀层的触头在接触区应该有连续的镀层,否则触头应被视为是“裸露”的。

说明 7: 当使用的材料在表 3 中没有列出时,应该研究它们的性能,以便确定其最高允许温升。

说明 8: 即使和端子连接的是裸导体,其温度和温升值仍有效。

说明 9: 在油的上层的温度和温升。

说明 10: 如果使用低闪点的油,应特别注意油的气化和氧化。

说明 11: 温度不应达到使材料弹性受损的数值。

说明 12: 绝缘材料的分级见 GB/T 11021。

说明 13: 仅以不损害周围的零部件为限。

4.5 额定短时耐受电流 (I_k)

在规定的使用和性能条件下,在规定的短时间内,开关设备和控制设备在合闸状态下能够承载的电流的有效值。

额定短时耐受电流的标准值应从 GB/T 762 规定的 R10 系列中选取,并应等于开关设备和控制设备的短路电流额定值。

注: R10 系列包括数字 1—1.25—1.6—2—2.5—3.15—4—5—6.3—8 及其与 10^n 的乘积。

4.6 额定峰值耐受电流 (I_p)

在规定的使用和性能条件下,开关设备和控制设备在合闸状态下能承载的额定短时耐受电流的第一个大半波的电流峰值。

额定峰值耐受电流应按照系统特性所决定的直流时间常数来确定,大多数系统的直流时间常数为 45ms,额定频率为 50Hz 及以下时所对应的峰值耐受电流为 2.5 倍额定短时耐受电流,额定频率为 60Hz 时为 2.6 倍额定短时耐受电流。在某些使用条件下,系统特性决定的直流时间常数可能比 45ms 大,对于特殊系统其值一般为 60ms、75ms 和 120ms,这取决于系统的额定电压。在这些情况下,额定峰值耐受电流建议选用 2.7 倍额定短时耐受电流。

4.7 额定短路持续时间 (t_k)

开关设备和控制设备在合闸状态下能够承载额定短时耐受电流的时间间隔:

- a) 550kV~1100kV 的开关设备和控制设备的额定短路持续时间为 2s;
- b) 126kV~363kV 的开关设备和控制设备的额定短路持续时间为 3s;
- c) 72.5kV 及以下的开关设备和控制设备的额定短路持续时间为 4s。

4.8 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压 (U_a)

4.8.1 概述

合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压应该理解为:当设备操作时在其回路的端子上测得的电压。如果需要,还包括制造厂提供或要求的与回路串联的辅助电阻或元件,但不包括连接到电源的导线。

电源应优先采用接地的系统(不完全悬浮)以避免危险的静电电荷的积聚。接地点的位置应根据可靠的经验来选定。

只要电源电压在 4.8.3 规定的允差范围内,应该保证设备的正常操作。

4.8.2 额定电压 (U_a)

额定电源电压应从表 4 和表 5 给出的标准值中选取,标有“*”号的数值是电子式辅助设备的优选值。

表4 直流电压

直流电压 V
24
48*
110*
220

表5 交流电压

三相三线或四线制系统 V	单相三线制系统 V	单相二线制系统 V
—	110/220	110
220/380	—	220
230/400	—	230

注1：第一栏中的较低值是对中性点的电压，较高值是相间电压。第二栏中的较低值是对中性点的电压，较高值是线间电压。

注2：230/400V 将是唯一的标准值，并推荐在新的系统中采用，现有的 220/380V 系统的电压变化应当限制在 230/400V \pm 10% 的范围内，在下阶段的标准化工作中将考虑缩小这一范围。

注3：保护和测量用互感器的二次电压不受本标准的约束。

4.8.3 允差

在正常工作情况下，在辅助设备（电子控制、监测、监控和通信）端子处测量的交、直流电源的相对允差为 85%~110%。电源电压低于电源电压的最小值时，应采取措施防止电子设备损坏和/或因不可预知的性能引起不安全的操作。

对于并联分闸脱扣器的操作，相对允差应满足 5.8 的要求。

4.8.4 纹波电压

对直流电源，纹波电压为额定负载时电源电压交流分量的峰—峰值，应限制为不大于直流分量的 5%。电压在辅助设备的电源端子处测量，IEC 61000—4—17 适用。

4.8.5 电压跌落和电源中断

IEC 61000—4—29 适用于电气和电子元件。

如果涉及到电源中断，若满足下述要求，则认为系统性能良好：

- 没有误操作；
- 没有误报警和错误的远方信号；
- 任何正在执行中的行为能正确完成，即使有短的延时。

4.9 合闸和分闸装置及其辅助回路的额定电源频率

额定电源频率的标准值为 DC, 50Hz。

4.10 可控压力系统压缩气源的额定压力

除非制造厂另有规定，额定压力的标准值为：0.5MPa—1MPa—1.6MPa—2MPa—3 MPa—4MPa。

4.11 绝缘和/或操作用气体或液体的额定充入水平

在环境温度为 20℃ 的条件下，充气或充液的开关设备投运前，由制造厂指定的充入压力（或密度）或充入液体的质量。

5 设计和结构

5.1 对开关设备和控制设备中液体介质的要求

制造厂应该明确规定开关设备和控制设备中所使用的液体的种类、要求的数量和质量，并为用户提供更新液体和保持要求的液体数量和质量量的必要说明 [见 10.4.1 项 a)]。

5.1.1 液位

开关设备和控制设备应有检查液位的装置，而且设备在运行时应能清晰的指示出保证正常工作时允许的液位上、下限。

注：此条对缓冲器不适用。

5.1.2 液体的质量

开关设备和控制设备中使用的液体应遵守制造厂说明书中的规定。

对充油的开关设备和控制设备，新绝缘油应符合 GB 2536 的要求。

注：应考虑到环境温度的变化对缓冲器液体的掣动特性的影响。

5.2 对开关设备和控制设备中气体介质的要求

制造厂应规定开关设备和控制设备中使用的气体的种类、要求的数量、质量和密度，并为用户提供更新气体和保持要求的气体数量和质量量的必要说明 [见 10.4.1 项 a)]。密封压力系统除外。

对充六氟化硫的开关设备和控制设备，新六氟化硫应符合 GB 12022 的要求。

为了防止凝露，在充气开关设备和控制设备中，在额定充气密度 (ρ_{re}) 下充入的用于绝缘的气体，在 20℃ 时测得的最大允许含水量的露点温度不高于 -5℃，在其他温度下测量时应作修正。露点的测量和确定见 GB 12022。

高压开关设备和控制设备充有压缩气体的部件应遵守有关标准的要求。

注：注意要遵守有关压力容器的地方法规。

5.3 开关设备和控制设备的接地

每台开关装置的底架上均应设置可靠的适用于规定故障条件的接地端子，该端子应有一紧固螺钉或螺栓用来连接接地导体。紧固螺钉或螺栓的直径应不小于 12mm。接地连接点应标以 GB/T 5465.2 规定的保护接地符号。与接地系统连接的金属外壳部分可以看作接地导体。

所有金属部件和外壳在正常运行条件下均应与接地端子相连接。构架的金属部分的接地，应设计成其连接到接地端子处的导体通过 30A 直流电流时压降不大于 3V。

5.4 辅助和控制设备

辅助和控制设备应考虑模拟或数字类型的部件。对于数字式部件应符合 IEC TR62063 的要求，电子元件的电磁灵敏度应符合 IEC 61000—5 的要求。

5.4.1 外壳

5.4.1.1 概述

低压控制和辅助回路的外壳应由能够耐受机械、电气和热的应力，以及能耐受在正常运行条件下可能出现的湿度效应的材料组成。

5.4.1.2 腐蚀防护

考虑到应符合第 2 章规定的运行条件的预期使用条件，腐蚀防护应通过采用适当的材料或者对暴露的表面采用适当的防腐涂层来保证。

5.4.1.3 防护等级

低压辅助和控制回路的外壳提供的防护等级应符合 5.13。

电缆入口处的门、盖板等应设计成在电缆正确安装后，能达到 5.13 定义的低压辅助和控制回路外壳规定的防护等级。这就意味着应选择制造厂规定的适用于使用场合的进入方法。

所有通风口的门应予以屏蔽或者其布置能达到为外壳规定的相同防护等级。

5.4.2 电击防护

5.4.2.1 辅助和控制回路和主回路隔离的防护

安装在开关装置框架上的辅助和控制设备应对来自于主回路的破坏性放电予以防护。

辅助和控制回路的接线，除了互感器、脱扣线圈、辅助触头等端子上长度较短的电线以外，应通过接地的金属隔板（例如管）或者绝缘材料制成的隔板（例如管）与主回路隔离。

5.4.2.2 辅助和控制设备的可触及性

运行中，应注意辅助和控制回路能够被触及但不会有直接接触高压部件的危险。

某些部件由于异常环境条件，如雪、沙等的堆积，会使安全距离减小并超过运行允许高度时，应考虑提高带电部件的最低高度。

5.4.3 火灾危害

5.4.3.1 概述

由于辅助和控制回路中存在火灾的危险，因此，在正常使用条件下，以及即使在可预见的异常使用条件下发生误动作和故障时，均应降低火灾的可能性。

第一个目标是防止带电部件发生火花，如果火灾或火花发生在外壳内部，第二个目标是限制火灾的危害。

5.4.3.2 元件和回路设计

在正常运行时，元件的热量耗散通常很小。但是，如果因外部故障而产生故障或过载条件，元件可能会产生过多热量而引发火灾。

制造厂应充分注意到，要通过合理的回路设计和保护使得内部故障和过载条件不会增加火灾危害。制造厂应设计或选取额定容量值高于正常运行条件下所需要的额定值的元件，且其自燃特性应根据回路的最大故障容量决定。应特别注意电阻器。

应对元件的总装和这些元件的相对布置予以考虑，通过在它们周围提供足够的空间来散发过多的热量。

5.4.3.3 火灾影响的控制

为了控制火灾的影响，应采取预防措施。外壳应是绝缘的且是防水的等等，使用的材料应足以耐受可能的燃烧和其内部的热源。如果燃烧，制造厂应考虑元件可能产生熔化的燃料材料和/或喷出粒子。

5.4.4 外壳中安装的元件

5.4.4.1 元件的选择

外壳内安装的元件应满足相关国家和行业标准的要求。如果没有相关的国家和行业标准，或者元件是按照另外的标准（由某个国家或另外的组织发布的标准）经过试验的，则选取的判据应在制造厂和用户之间达成协议。

辅助和控制回路中使用的所有元件的选择或设计应使得在所有实际运行条件下、在辅助和控制回路的外壳（可能不同于第2章规定的外部运行条件）内，能够在其额定特性下运行。

应采取适当的措施（绝缘、加热、通风等）保证维持正确功能所需的运行条件，例如，为维持继电器、接触器、低压开关、表、计数器、按钮等按相关的技术要求能够正确运行所需的最低温度的加热器。

这些措施的丧失既不应引起元件的失效也不应使开关设备和控制设备误动作。在丧失这些措施后的2h内应能够操作开关设备和控制设备。经过这段时间后，如果辅助和控制回路的外壳内的环境条件恢复到规定的运行条件后，元件的功能可以恢复到其初始特性，则与这些元件相关的辅助和控制回路的开关设备和控制设备不动作是可以接受的。

如果加热是设备具有正确功能的基本条件，则应提供加热回路的监控。

在开关设备和控制设备设计用于户外的情况下，应进行适当的布置（通风和/或内部加热等）以防止低压辅助和控制回路外壳内有害的凝露。

连接点上极性接反不应损坏辅助和控制回路。

5.4.4.2 元件的安装

元件应按照其制造厂的说明书进行安装。

5.4.4.3 可触及性

合闸和分闸执行器以及紧急关闭系统的执行器应位于正常的操作高度以上 0.4m~2m 之间。其他执行器应置于易被操作的高度，指示装置应置于易被读取的位置。

安装在构架上和地面上的低压辅助和控制回路的外壳，其安装高度应考虑维修的高度并满足上述对可触及性、操作和读取高度的要求。

外壳内的元件应布置在安装、接线、维护和更换时能够触及的位置。在使用寿命期限内，这些部件需要调整时，应该能够容易接近而又没有触电的危险。

5.4.4.4 识别

安装在外壳内的元件的识别是制造厂的责任，且应该和接线图和电路图的指示一致。如果元件是插入式的，则元件和固定部分（元件插入的位置）上应有确认标记。

当元件或电压的混杂可能引起混乱的场合，应考虑更明晰的标记。

5.4.4.5 辅助和控制回路元件的要求

5.4.4.5.1 电缆和电线

导线和电缆正常的截面积和特性应满足 GB/T 3956 的要求。

电缆的绝缘应满足相应的标准（例如，聚氯乙烯绝缘的电缆应满足 GB 5023 或 GB/T 12706.1 的要求，橡胶绝缘的电缆应满足 GB 5013 的要求等）。

控制和辅助回路外壳之间的连接电缆由制造厂负责选择。电缆的选择取决于可能要承载的电流、电压降、电流互感器的负荷、电缆需要承受的机械应力和绝缘的类型。外壳内的导体仍由制造厂负责选择。

对于外部接线的连接，应提供适当的装置，例如端子排、插头等。

两个端子排之间的电缆应没有中间接头和焊接点，应在固定的端子处连接。

绝缘导线应予以适当的支撑且不应安置在尖角上。

接线应考虑与加热元件的距离。

接线空间应适于多芯电缆线以及适当的导线端子的布置。导线不应承受可能降低其正常寿命的应力。

控制回路和辅助回路之间应采取必要的隔离措施。

连接到盖板或门上的器件和指示装置的导线的安装，应不会因这些门或盖板的运动而对导线产生任何机械损坏。

一个端子只允许连接一根导线，只有专门设计的端子，才允许连接两根或多根导线。

导线的识别方法和范围，例如通过编号、颜色或符号，是制造厂的责任。适用时，导线的识别应与接线图、线路图和用户的技术要求一致。该识别可以限定到导线的端头。如果适用，可以采用符合 GB/T 4026 的接线识别方法。

5.4.4.5.2 辅助开关

辅助开关应适合开关装置规定的电气和机械操作循环的次数。

和主触头联动的辅助开关，在两个方向上都应是正向驱动。但是，在某些情况下，操动机构的速度不够快且用户和制造厂之间达成协议时，只要满足可靠性的要求，可以采用两个单向的正向驱动操作的辅助开关（每个方向一个）。

5.4.4.5.3 辅助和控制触头

辅助和控制触头在环境条件下（见 5.4.3.1）应适应其既定的工作方式，关合和开断能力以及辅助和控制触头动作的时序应适应主设备操作的要求。

辅助和控制触头应适应开关装置规定的电气和机械操作循环的次数。

如果给用户提供了可供使用的辅助和控制触头，制造厂提供的技术文件应包含关于该触头等级的

资料。
辅助触头的动作特性应符合表 6 所示的一种等级。

表 6 辅助触头的等级

直 流 电 流				
等级	额定连续电流	额定短时耐受电流	开断能力	
			$\leq 48\text{V}$	$110\text{V} \leq U_a \leq 250\text{V}$
1	10A	100A/30ms		440W
2	2A	100A/30ms		22W
3	200mA	1A/30ms	50mA	

注 1: 本表中的辅助触头 (GB/T 2900.20—1994 的 4.7) 是指包含在辅助回路中并由开关装置机械操作的辅助触头。包含在机械开关装置控制回路中的控制触头 (GB/T 2900.20—1994 的 4.6) 可以参考本表。

注 2: 如果没有足够的电流流过触头, 则氧化可能会提高电阻。因此, 对于 1 级触头可能要求最小电流值。

注 3: 在使用静止触头的场合, 如果采用了熔断器以外的限流设备, 则额定短时耐受电流可以降低。

注 4: 对于所有的情况, 开断能力基于回路的时间常数不小于 20ms, 相对偏差为+20%。

注 5: 符合 1、2 和 3 级的直流辅助触头通常能够用于相应的交流电流和电压。

注 6: 3 级触头不用于承受整个变电站辅助电源的短路电流。1 级和 2 级触头可以用来承受整个变电站辅助电源的短路电流。

注 7: 对于 1 级和 2 级触头, 在确定的电压 (110V 和 250V 之间) 下的开断电流可以根据给出的功率值导出 (例如, 对于 1 级触头, 在 220V 直流电压时为 2A。)

空余辅助触头的数量和每一触头的等级, 制造厂应按照第 9 章的规定选取。对于特殊用途, 应根据第 9 章对制造厂规定不同的数值。
图 2 中给出了三个等级触头的示例。

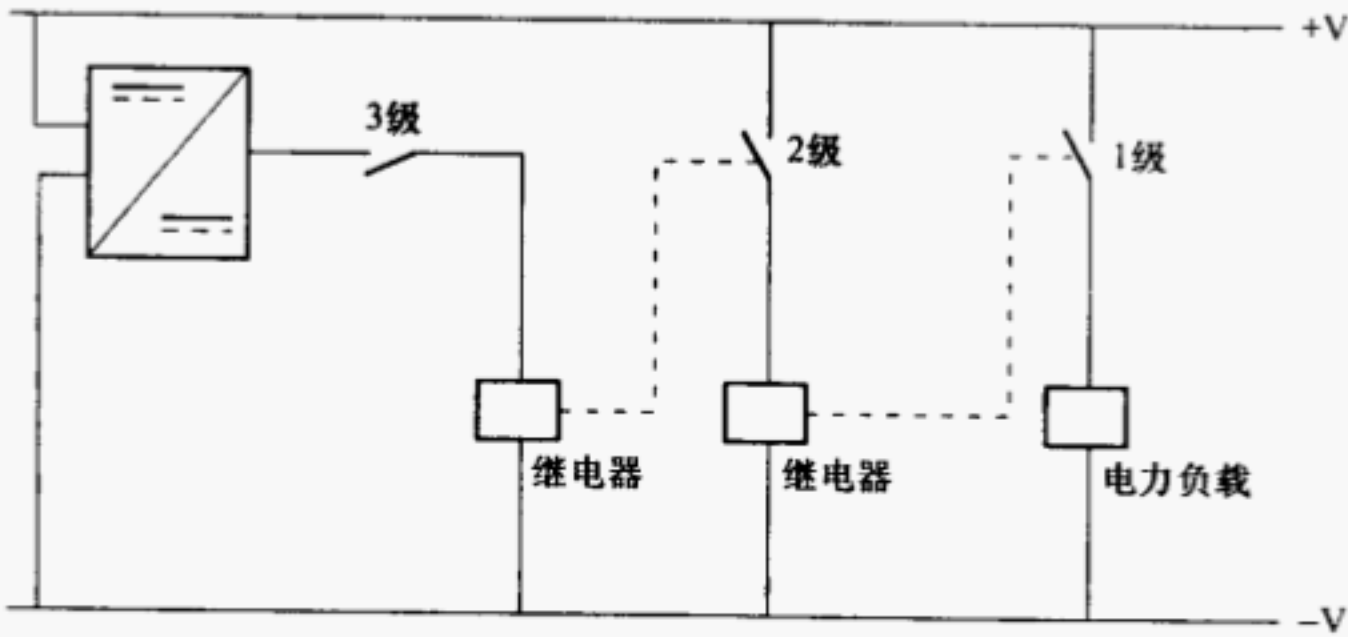


图 2 触头等级的例子

5.4.4.5.4 并联脱扣器

并联脱扣器的设计是专用的。对于并联脱扣器, 没有现行的通用标准, 它们应该满足相关的设备标准的要求。
并联脱扣器的电气功率应由制造厂规定。

5.4.4.5.5 加热元件

所有的加热元件应是非暴露型的。加热器应置于不会引起接线或元件运行劣化的位置。
如果能偶然触及加热器或其防护板, 则表面温度不应超过表 3 中规定的正常运行时无需触及的可触及部件的温升限值。

5.4.4.5.6 线圈

没有被元件标准涵盖的线圈应适合于它们既定的工作方式（例如，在温升、绝缘耐受等方面）。

5.5 动力操作

用外部能源操作的开关装置，当操动机构（这里，术语“操动机构”包括中间继电器和接触器，如果有的话）的动力源的电压或压力处在 4.8 和 4.10 规定的下限时，应该能关合和/或开断它的额定短路电流（如果有的话）。如果制造厂规定了最大合闸和分闸时间，在电压或压力处在规定的下限时，所测得的分闸和合闸时间不得超过此值。

除了在维修时的慢操作外，主触头只应该在传动机构的作用下并以设计的方式运动。在合闸装置和/或分闸装置失去能源或在失去后重新施加能源时，不应该引起主触头合闸或分闸位置的改变。

5.6 储能操作

5.6.1 一般要求

储能操作的开关装置，按 5.6.2 或 5.6.3 储足能量时，应该能关合和开断它的额定短路电流（如果有的话）。如果制造厂规定了最大合闸和分闸时间，所测得的合闸和分闸时间不得大于此值。

除了维修时的慢操作外，主触头只能在传动机构的作用下并以设计的方式运动。当机构失去能源后或在失去能源后重新施加能源时，开关装置的主触头不应运动。

5.6.2 储气罐或液压蓄能器中能量的储存

如果用储气罐或液压蓄能器储能，操作压力处在项 a) 和项 b) 规定的上、下限之间时，5.6.1 的要求适用。

a) 外部气源或液压源。除非制造厂另有规定，操作压力的上、下限分别为额定压力的 110% 和 85%。
如果储气罐内的压缩气体也用于灭弧，上述极限值不适用。

b) 与开关装置或操动机构一体的压缩机或泵，其操作压力的上、下限由制造厂规定。

5.6.3 弹簧（或重锤）储能

如果用弹簧（或重锤）储能，弹簧储能后（或重锤升起后），5.6.1 的要求适用。如果所储能量不足以完成合闸操作，则动触头在分闸位置不应运动。

5.6.4 人力储能

如果弹簧（或重锤）用人力储能时，应该标出手柄运动的方向，在开关装置上应装设弹簧（或重锤）已经储能的指示器，不依赖人力合闸操作的情形除外。

用人力给弹簧（或重锤）储能所需的最大操作力不应超过 250N。

5.6.5 电动机储能

供弹簧储能的，或驱动压缩机或泵的电动机及其电气辅助设备，在额定电源电压（见 4.8）的 85%～110% 之间，在额定频率下（见 4.9），应该能够正常工作。

注：上述的电压范围并不意味着采用非标准电动机，是指明选择的电动机在此范围内能提供所需的操作力矩。电动机的额定电压可以与合闸装置的额定电压不同。

制造厂应该提供用手力给弹簧或重锤储能的工具，此类工具应符合上述的要求。

5.7 不依赖人力的操作

如果是不依赖人力操作的负荷开关或接地开关（由制造厂标明），为防止合闸到短路故障后过早地再分开，应采用合适的方法在合闸与分闸操作之间引入一定的时延，该时延不应小于额定短路持续时间（见 4.7）。

5.8 脱扣器的操作

脱扣器的操作极限值如下所述。

5.8.1 并联合闸脱扣器

并联合闸脱扣器在合闸装置的额定电源电压（见 4.8）的 85%～110% 范围内，交流时在合闸装置的额定频率（见 4.9）下，应可靠动作。

当电源电压不大于额定电源电压的 30% 时，并联合闸脱扣器不应脱扣。

5.8.2 并联分闸脱扣器

并联分闸脱扣器在分闸装置的额定电源电压（见 4.8）的 65%~110%（直流）或 85%~110%（交流）范围内、交流时在分闸装置的额定电源频率（见 4.9）下，在开关装置所有的直到它的额定短路开断电流的操作条件下，均应可靠动作。

当电源电压不大于额定电源电压的 30% 时，并联分闸脱扣器不应脱扣。

5.8.3 并联脱扣器的电容储能操作

当采用与开关装置组成一体的整流器—电容器组由主回路的电压对电容器充电作为并联脱扣器的操作能源时，当主回路的电源与整流器—电容器组的端子断开，并用导线短接放电 5s 之后，电容器上保留的电荷应该足以使脱扣器可靠动作。断开前主回路的电压应取与开关装置额定电压相关联的系统最低电压（设备最高电压和系统电压的关系见 GB 156）。

5.8.4 欠压脱扣器

当欠压脱扣器端子电压降到（即使是缓慢地和逐渐地降到）其额定电压的 35% 以下时，欠压脱扣器应该动作使开关装置分闸。另一方面，当欠压脱扣器端子电压大于额定电压的 65% 时，它不应使开关装置动作。

当欠压脱扣器端子电压不小于它的额定电压的 85% 时，开关装置应能合闸；当端子电压低于其额定电压的 35% 时，开关装置应不能合闸。

5.9 低压力和高压力闭锁和监视装置

在操动机构的系统中如果装有低压力或高压力闭锁装置，应按 5.6.2 和有关的产品标准，将闭锁装置整定在制造厂指明的合适的压力极限上（或范围内）动作。

在充有作为绝缘和/或操作介质的压缩气体的封闭压力系统中，当其最低功能压力高于 0.2MPa（绝对压力）时，应装设压力（或密度）监视装置。此监视装置应按有关的产品标准，作为维修计划的一部分定期进行校核。对于最低功能压力不大于 0.2MPa（绝对压力）的封闭压力系统，是否装设监视装置由制造厂和用户协商。

5.10 铭牌

开关设备和控制设备及其操动机构应装设铭牌。铭牌应标有在有关产品标准中规定的必要信息，如制造厂名称或商标、制造年月、产品型号、出厂编号和额定参数等。

如果适用，在铭牌上应注明所充绝缘介质的种类和质量。

对于户外开关设备和控制设备，铭牌和安装件应该是不受气候影响和防腐蚀的。

如果开关设备和控制设备由带有单独操动机构的几个单极组成，则每个单极均应装设铭牌。

对与开关装置组成一体的操动机构，可以只用一个组合的铭牌。

在铭牌上和/或文件中的技术参数有许多是各种高压开关设备和控制设备通用的参数，这些参数应该用相同的符号表示，如：

——额定电压	U_r
——额定雷电冲击耐受电压	U_p
——额定操作冲击耐受电压	U_s
——额定工频耐受电压	U_d
——额定电流	I_r
——额定短时耐受电流	I_k
——额定峰值耐受电流	I_p
——额定频率	f_r
——额定短路持续时间	t_k
——额定辅助电压	U_a

——绝缘介质的额定充入压力（密度）	$P_{re}(\rho_{re})$
——操作介质的额定充入压力（密度）	$P_{rm}(\rho_{rm})$
——绝缘介质的报警压力（密度）	$P_{ac}(\rho_{ac})$
——操作介质的报警压力（密度）	$P_{am}(\rho_{am})$
——绝缘介质的最低功能压力（密度）	$P_{me}(\rho_{me})$
——操作介质的最低功能压力（密度）	$P_{mm}(\rho_{mm})$

其他专用的参数（如气体的种类或温度等级）应该用相关标准中使用的符号表示。

5.11 联锁装置

为了安全和防止误操作，开关设备的不同元件之间（如开关装置和相关的接地开关之间）可能需要联锁装置。联锁装置应能保证规定的操作程序和操作人员的安全。

联锁装置应尽可能采用机械联锁。

制造厂应按照和用户的协议提供所需的联锁装置，联锁装置使用的元件应符合相应标准的要求。

对于不正常的操作能造成损害的开关装置，或确保形成隔离断口的开关装置，应该装设制造厂规定的锁定装置（如加装挂锁）。

联锁装置是由元件（它可能包括机械部件、电缆、接触器、线圈等）组成的系统。每个元件都应该看作是辅助和控制设备的部件（见 5.4）。

5.12 位置指示

对不可见的触头，开关装置应提供表示主回路触头位置的清晰而可靠的指示。在就地操作时，应该能容易地核对位置指示器的状态。

在分闸、合闸和接地（如果有的话）位置，位置指示器的颜色应符合 IEC 60073 的要求。

合闸位置应有标志，最好用字符“T”或“合”。分闸位置亦应有标志，最好用字符“O”或“分”。

对于多功能的开关装置，作为替代，位置可以用 GB/T 4728.1 中的图形符号来标志。

5.13 外壳的防护等级

装有主回路（它可以从外部进入外壳）部件的高压开关设备和控制设备的所有外壳，以及所有高压开关设备和控制设备及其开关装置的低压控制和/或辅助回路及操动机构的外壳，均应按照 GB 4208 规定其防护等级。

防护等级应适用于设备的使用条件。

注：对于其他条件，如维修、试验等，防护等级可以不同。

5.13.1 防止人体接近危险部件的防护和防止固体外物进入设备的防护（IP 代码）

外壳对人体提供的防止接近主回路、控制和/或辅助回路的危险部件以及任何危险的运动部件（光滑的转轴和缓慢运动的连杆除外）的防护等级，应用表 7 中规定的符号表示。

第一位特性数字表示外壳对人体提供的防护等级以及防止固体外物进入外壳内部设备的防护等级。

如果只要求防止接近危险部件的防护，或者要求的防护比第一位特征数字表示的要高，如表 7 所示，可以使用一个附加的字母。

表 7 给出了每一个防护等级的外壳能“排斥”的物体的细节。术语“排斥”的意思是：固体外物不会全部进入外壳，人体的一部分或人持有的物体要么不能进入外壳，要么能够进入，但会保持足够的间隙并不会触及到危险的运动部件。

5.13.2 防止水浸入的防护（IP 代码）

IP 标志的第二位特性数字表示防止有害的水浸入，这一防护不规定等级（第二位特征数字 X）。

对于有防雨和防其他气候条件的附加防护性能要求的户外设备，应该在第二位特征数字后或在附加的字母（如果有的话）后用补充字母 W 说明。

5.13.3 在正常使用条件下防止设备受到机械撞击的防护（IK 代码）

对户内设备推荐的撞击水平为 IEC 62262 的 IK07（2J）。

对于户外设备没有附加的机械防护，撞击水平最小也应该为 IEC 62262 的 IK10（20J）。
注：对绝缘子和套管没有此项要求。

表 7 防 护 等 级

防护等级	防止固体异物进入	防止接近危险部件
IP1XB	直径 50mm 及以上的物体	防止手指接近（直径 12mm 长 80mm 的试指）
IP2X	直径 12.5mm 及以上的物体	防止手指接近（直径 12mm 长 80mm 的试指）
IP2XC	直径 12.5mm 及以上的物体	防止工具接近（直径 2.5mm 长 100mm 的试棒）
IP2XD	直径 12.5mm 及以上的物体	防止导线接近（直径 1.0mm 长 100mm 的试验导线）
IP3X	直径 2.5mm 及以上的物体	防止工具接近（直径 2.5mm 长 100mm 的试棒）
IP3XD	直径 2.5mm 及以上的物体	防止导线接近（直径 1.0mm 长 100mm 的试验导线）
IP4X	直径 1.0mm 及以上的物体	防止导线接近（直径 1.0mm 长 100mm 的试验导线）
IP5X	尘埃 不能完全防止尘埃进入，但尘埃的进入量和位置不得影响设备的正常运行或危及安全	防止导线接近（直径 1.0mm 长 100mm 的试验导线）
注 1：表示防护等级的符号符合 GB 4208。 注 2：对 IP5X，GB 4208—1993 的 12.4 的类别 2 是适用的。 注 3：如果只关心防止接近危险部件的防护，则使用附加字母并把第一位特性数字用 X 代替。		

5.14 爬电距离

开关设备用绝缘子的外绝缘爬电距离应按照 GB/T 5582 的规定进行选择，它们在污秽条件下应当具有良好的电气性能。

5.14.1 户外开关设备外绝缘的爬电距离

户外开关设备的相对地间、相和相间、断路器或负荷开关一个极的两个端子间的陶瓷或玻璃材料的绝缘子或套管，其外绝缘的最小标称爬电距离用下述关系式确定：

$$l_t=a\times l_r\times U_r\times k_D$$

式中：

- l_t ——最小标称爬电距离，mm（见注 1）；
- a ——按表 8 选择的与绝缘类型有关的应用系数；
- l_r ——最小标称爬电比距，mm/kV，按 GB/T 5582—1993 的表 1 选择（见注 2）；
- U_r ——开关设备和控制设备的额定电压；
- k_D ——直径的校正系数，当平均直径 $D<300\text{mm}$ 时， $k_D=1.0$ ；当 $500\text{mm}\geq D\geq 300\text{mm}$ 时， $k_D=1.1$ ；当 $D>500\text{mm}$ 时， $k_D=1.2$ 。

注 1：实际爬电距离与标称爬电距离的偏差可以规定制造允差（见 GB 8287.1 和 GB 772）。
注 2：相对地间测得的爬电距离与 U_r 之比。

5.14.2 户内开关设备外绝缘的爬电距离

户内开关设备的相对地间、相和相间、断路器或负荷开关一个极的两个端子间的瓷质的或有机的绝缘子，其外绝缘的最小标称爬电距离仍由 5.14.1 的关系式确定。但是，其最小标称爬电比距 l_r 应该不小于 18mm/kV（瓷质）和 20mm/kV（有机）。

表 8 爬电距离的应用系数

绝缘的应用部位	应用系数 a
相对地	1.0
相间	$\sqrt{3}$
断路器或开关的断口	1.0
注 1: 可能处在反相条件下和热备用状态下的开关装置, 其断口需要更长的爬电距离, 此时推荐的应用系数 $a=1.15$ 。 注 2: 易被融化的污雪所覆盖的非直立安装的绝缘子也可能需要更长的爬电距离。	

5.15 气体和真空的密封

以下规定适用于使用真空或除大气压力下的空气以外的气体作为绝缘、绝缘和灭弧、操作介质的所有开关设备和控制设备。附录 E 给出了有关密封的一些资料、实例和建议。

5.15.1 气体的可控压力系统

气体可控压力系统的密封性能用每天的补气次数 (N) 或用每天的压力降 (ΔP) 表示, 其允许值由制造厂给出。

5.15.2 气体的封闭压力系统

制造厂规定的封闭压力系统的密封特性应该与维修和检查最少的准则一致。

气体封闭压力系统的密封性能用每个隔室的相对漏气率 (F_{rel}) 来表示, 标准值为:

- a) 对 SF₆ 和 SF₆ 混合气体, 标准值为每年 0.5% 和 1%;
- b) 对其他气体的标准值为每年 0.5%、1% 和 3%。
- c) 对于 SF₆ 系统补气间隔至少为 10 年以上, 对于其他气体补气间隔应与密封性能相对应。

注: 除了在温度 and 操作频率的极端条件下, 相对漏气率可以算出补气间隔时间 (T)。

要考虑具有不同压力的分装间可能出现的漏气, 特别是一个隔室在检修, 而相邻隔室又充有一定压力的气体时, 制造厂还应规定经过隔板的允许漏气率, 而且要求其补气间隔时间不得少于一个月。

制造厂应该提供设备在运行时对气体系统进行安全补气的手段。

5.15.3 密封压力系统

密封压力系统的密封性能以其预期的工作寿命来表示。由制造厂规定的预期工作寿命与漏气性能有关, 推荐值是 20 年、30 年和 40 年。

注: 为了达到使用寿命的要求, SF₆ 系统的漏气率应该小于每年 0.1%。

5.16 液体的密封

以下规定适用于使用液体作为绝缘、绝缘和灭弧, 以及恒定压力或无恒定压力操作介质的所有开关设备和控制设备。

5.16.1 液体的可控压力系统

液体可控压力系统的密封性能用每天补液次数 (N_{liq}) 或用不补液时的压力降 (ΔP_{liq}) 来表示, 两者均由泄漏率 (F_{liq}) 引起。允许值由制造厂给出。

5.16.2 液体的封闭压力系统

加压的或不加压的液体封闭压力系统的密封性能应由制造厂规定。

5.16.3 液体的泄漏率

制造厂应该说明液体的密封性能, 应该清楚地指出内部密封和外部密封的区别。

- a) 绝对密封: 检测不到液体的损耗。
- b) 相对密封: 在下列条件下, 液体少量的损耗是可接受的:

- 泄漏率 (F_{liq}) 应该低于允许的泄漏率 [$F_{p(liq)}$];
- 泄漏率 (F_{liq}) 不应该随时间的增长而持续增长, 或不应随开关装置操作次数的增长而增大;
- 液体的泄漏不应该引起开关设备和控制设备误动作, 在正常工作过程中, 不应对操作者造成任何伤害。

5.17 易燃性 (火灾危险)

应该给出有关设备火灾危险的资料。

开关设备和控制设备应该在材料的选择和零部件的设计上, 使得因事故过热而引发的火焰在传播时受到阻止及减小对局部环境的影响。在产品的性能要求使用易燃材料时, 如可能, 其设计应考虑能够阻燃。

这些资料由制造厂家提供, 能够使用户对正常或异常运行情况进行危险评估。

5.18 电磁兼容性 (EMC)

对于正常运行时没有进行开合操作的开关设备和控制设备的主回路, 其辐射电平由无线电干扰电压试验的平均值进行验证。

对于辅助和控制回路的部件和分界面以及组件规定了 EMC 的严酷等级, 感应的干扰允许范围应符合 6.9.2 规定的试验水平, 对于干扰和抗扰之间应当给予适当的 EMC 分类。

注: 关于 EMC 和改善 EMC 方面的一般导则在 IEC 61000—5—1 和 IEC 61000—5—2 中给出。辅助和控制回路中的感应电压的幅值既取决于辅助和控制回路本身又取决于主回路的接地情况和额定电压。

5.19 X 射线的辐射

5.19.1 概述

真空开关设备在触头分开状态下施加高试验电压时, 可能会发射 X 射线, 为了保证其辐射在允许的水平内, 所有的真空开关设备必须遵守下面提出的预防措施。本标准给出了 X 射线的辐射限度和规定了进行检验试验的程序。

注: 这些要求和试验程序以 ANSI C37.85 为依据。

5.19.2 性能要求

真空开断装置的试验按 6.11 的规定, 按照这个标准 X 射线的辐射不应超过下述要求。

- a) 在表 1 给出的额定电压 U_r 下, 距离真空开断装置 1m 处, 所测得的辐射水平不大于每小时 5microSv (微希伏特)。
- b) 在表 1 给出的额定工频耐受电压 U_d 下, 距离真空开断装置 1m 处, 所测得的辐射水平不大于每小时 150microSv (微希伏特)。

5.20 腐蚀

在设备使用寿命期限内应注意防止其腐蚀。在规定的运行条件下不得发生影响设备功能的腐蚀。外壳和主回路上的所有螺栓和螺钉应能很容易地进行拆卸。如果适用, 特别是连接材料之间的电腐蚀应该考虑可能会导致密封性能的丧失。

6 型式试验

6.1 概述

型式试验是为了验证所设计和制造的开关设备和控制设备及其操动机构和辅助设备的性能是否能够满足本标准 and 相应产品标准的要求。

下列情况下高压开关设备和控制设备应进行型式试验:

- a) 新试制的产品, 应进行全部型式试验;
- b) 转厂和易地生产的产品, 应进行全部型式试验;
- c) 当产品的设计、工艺、生产条件或使用的材料及主要元件发生重大改变而影响到产品性能时, 应做相应的型式试验;
- d) 正常生产的产品每隔八年应进行一次温升试验、机械试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验、

关合和开断试验，具体试验要求见相关的产品标准；

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。

6.1.1 试验的分组

除非在有关的产品标准中另有规定，型式试验最多可以在四个试品上进行。

注：规定用四个试品进行试验在于增强用户的信心，即受试的开关设备和控制设备是将要交付的设备的代表（在极限情况下，可要求所有的试验在一台试品上进行），而且允许制造厂可以在不同的试验室进行不同组别的试验。

开关设备和控制设备的每台试品应该确实和图纸相符，应该能够充分代表该型产品，并可经受一项或多项型式试验的考核。

为了便于试验，型式试验可以分成几组。一般分组实例见表 9。

表 9 型式试验分组的实例

组别	型式试验	条款号
1	主回路、辅助和控制回路的绝缘试验	6.2
	无线电干扰电压 (r. i. v) 试验	6.3
2	主回路电阻测量	6.4
	温升试验	6.5
3	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	6.6
	关合和开断试验	见有关产品标准
4	外壳防护等级检验	6.7
	密封试验	6.8
	机械试验	见有关产品标准
	环境试验	见有关产品标准

如果需要附加的型式试验项目，应在有关的产品标准中规定。

每项试验原则上应在完整的开关设备和控制设备上（如果不是，见 3.2.2），试品应处在运行要求的条件下（在规定的压力和温度下充以规定种类和数量的液体或气体），并配上其操动机构和辅助设备。在每项型式试验开始前，试品原则上应该处在或恢复到新的和清洁的状态。

按照有关的产品标准，在各组型式试验过程中如果可以修整，制造厂应向试验室提供在试验中需更新的零部件的说明。

6.1.2 确认试品用的资料

制造厂应该向试验室送交图样和有关资料，用以确认送试的开关设备和控制设备的主要部件和零件的信息。每张图样和每份资料清单都应该有单一的编号以便查找，并应该包括制造厂的一个声明，其大意为：制造厂保证送交的图样和资料确实代表了送试的开关设备和控制设备，送试的开关设备和控制设备是本厂生产的试品。

试验室应该对制造厂提供的图样和资料以及送试设备的一致性和真实性进行确认。确认完毕后，零件图和有关资料应该归还制造厂保存。

制造厂应该保留受试开关设备和控制设备所有零部件的详细设计记录，并应该确保这些记录和送交的图样和资料中包含的信息是一致的。

试验室应该通过查对，确认送交的图样和资料清单能充分地代表了受试开关设备和控制设备的部件和零件，但不对这些资料的准确性负责。

在附录 A 中规定了为确认开关设备和控制设备的主要零部件, 要求制造厂向试验室送交的图样和资料的清单。

注: 如果制造厂能证明某一结构细节的改变不会影响某项型式试验的结果, 则此项改变后可以不必重复这项型式试验。

6.1.3 型式试验报告包括的资料

所有型式试验的结果应该记入型式试验报告。报告内的数据应足以证明试品符合技术条件。报告还应该包括足以确认开关设备和控制设备主要部件的资料, 特别是以下的资料:

- 制造厂;
- 受试开关设备和控制设备的型号和出厂编号;
- 受试开关设备和控制设备按有关标准规定的额定特性;
- 受试开关设备和控制设备的一般描述 (制造给出的), 包括极数;
- 主要部件 (如操动机构、灭弧室和并联阻抗) 的制造厂、型号、出厂编号和额定值, 如果适用;
- 开关装置或封闭开关设备 (开关装置作为整体的一部分) 的支持结构的一般说明;
- 试验中使用的操动机构和其他装置的说明, 如果适用;
- 说明开关设备和控制设备在试验前、后状态的照片;
- 足以代表受试开关设备和控制设备的外形图和资料清单;
- 为确认受试开关设备和控制设备主要部件而送交的全部图样的图号;
- 试验布置的说明 (包括试验线路图);
- 试验过程中开关设备和控制设备的表现, 试验后的状态以及试验过程中更换和修整过的零部件的说明;
- 按有关标准规定, 记录下每项试验或每个试验循环的试验参数。

6.2 绝缘试验

除非本标准另有规定, 开关设备和控制设备的绝缘试验应按照 GB/T 16927.1 进行。

6.2.1 试验时周围的大气条件

关于标准参考大气条件和大气条件修正因数应符合 GB/T 16927.1 中的规定。

对处于大气中的外绝缘是主绝缘的开关设备和控制设备, 应使用修正因数。

如果处于大气中的外绝缘是主绝缘, 只是在进行干试时才使用湿度修正因数。

对于额定电压 40.5kV 及以下的开关设备和控制设备, 假定:

- 绝对湿度高于参考大气湿度, 即 $h > 11\text{g/m}^3$ 时, 取 $m=1$ 、 $W=0$;
- 绝对湿度低于参考大气湿度, 即 $h < 11\text{g/m}^3$ 时, 取 $m=1$ 、 $W=1$ 。

对于既有内绝缘又有外绝缘的开关设备和控制设备, 如果修正因数 K_t 的值在 0.95~1.05 之间时, 应该使用修正因数。但是, 为了避免内绝缘受到过高的试验电压, 如果可以确认外绝缘性能良好, 则可以不使用修正因数。如果修正因数处于 0.95~1.05 范围之外时, 绝缘试验的细节应由制造厂和用户商定。

对于只有内绝缘的开关设备和控制设备, 周围的大气条件不产生影响, 不使用修正因数 K_t 。

对于联合试验, 应按照总的试验电压值计算参数 g 。

6.2.2 湿试程序

户外开关设备和控制设备的外绝缘应按 GB/T 16927.1 规定的标准湿试程序进行湿耐受试验。

6.2.3 绝缘试验时开关设备和控制设备的状态

绝缘试验应该在完全装配好的与运行时的状态相同的开关设备上, 绝缘件的外表面应洁净。

试验用的开关设备和控制设备应按制造厂规定的最小电气间隙和高度安装。

如果受试设备离地面的高度比使用时离地面的安装高度低, 则这样试验过的设备可以满足要求。

如果在设计上开关设备和控制设备的极间距离不是固定的, 试验时的极间距离应该是制造厂规定的

最小值。然而，为了避免只为试验而安装大型的三极开关设备和控制设备，可以在单极上进行人工污秽试验和无线电干扰试验；如果极间最小电气间隙等于或大于 GB/T 311.2 给出的值，其余的绝缘试验也可以在单极上进行。

如果设备在使用中需要采用附加的绝缘（如绝缘包带和绝缘套等），则试验时亦应附有这些绝缘。

如果设备装有保护系统用的引弧角或引弧环，试验时可以将其拆下或增大它们的间距；如果它们是用来改善电场分布的，则试验时应保持在原有位置上。

对采用压缩气体作绝缘的开关设备和控制设备，绝缘试验时应使用制造厂规定的最低功能压力（密度）。试验过程中应记录气体的温度和压力，并应写入试验报告中。

注：对于装有真空开关装置的开关设备和控制设备进行绝缘试验时，应当采取预防措施，以保证可能发射出的 X 射线的辐射水平低于安全限值，并应符合国家安全规程的规定。

6.2.4 通过试验的判据

6.2.4.1 短时工频耐受电压试验

如果没有发生破坏性放电，则认为开关设备和控制设备通过了试验。

湿试时，如果外部自恢复绝缘发生破坏性放电，则应在同一试验状况下重复进行试验，如果不再发生破坏性放电，则认为通过了试验。

6.2.4.2 冲击试验

冲击试验应按照 GB/T 16927.1 中适合开关设备和控制设备的自恢复和非自恢复绝缘的试验程序 B 进行，如果符合下述条件开关设备和控制设备则认为通过试验：

- a) 每个系列试验不少于 15 次；
- b) 对于非自恢复绝缘没有发生破坏性放电；
- c) 对自恢复绝缘在每个完整的系列中发生破坏性放电的次数不超过二次，而且要验证最后一次破坏性放电之后连续五次冲击耐受不发生破坏性放电。这个程序可能会导致最多为 25 次的冲击试验。

注 1：当进行三极试验时使用程序 C。

注 2：某些绝缘材料进行冲击试验后会有残余电荷，试验人员在倒换极性时应特别小心。应采用适当的方法使绝缘材料放电，如在倒换极性试验前，施加三次约 80% 试验电压的反极性冲击。

注 3：应该有足够的检测装置对破坏性放电进行观测和位置的测定，例如：摄影、摄像、内部检测等。

6.2.4.3 简要说明

当对大型开关设备和控制设备进行绝缘试验时，为检验设备后面的元件（断路器、隔离开关、其他间隔等）的绝缘性能，有时要通过前面的部分施加试验电压，这样前面部分就可能承受多组试验。建议从最先连接的部分开始，对其后的各部分依次进行试验。如果前面部分按前述判据通过了试验，当在其后的其他元件的试验过程中，如果它发生了破坏性放电应不影响它的试验合格性。

注 4：这种放电可能是电压施加的次数增加而引起的积累效应，或者是由设备内部远端发生破坏性放电引起的反射电压所造成的。在充气设备中，为了减少这种放电发生的概率，已经通过试验的部分可以提高压力。

6.2.5 试验电压的施加和试验条件

试验电压的施加应该分为两种情况，三个试验电压（相对地、相间、断口间）相等为一般情况，而隔离断口和相间绝缘高于相对地时为特殊情况。

6.2.5.1 一般情况

当相对地、相间和断口间的试验电压相同时，参照图 3 所示的三极开关装置的连接图，按照表 10 的规定施加试验电压。

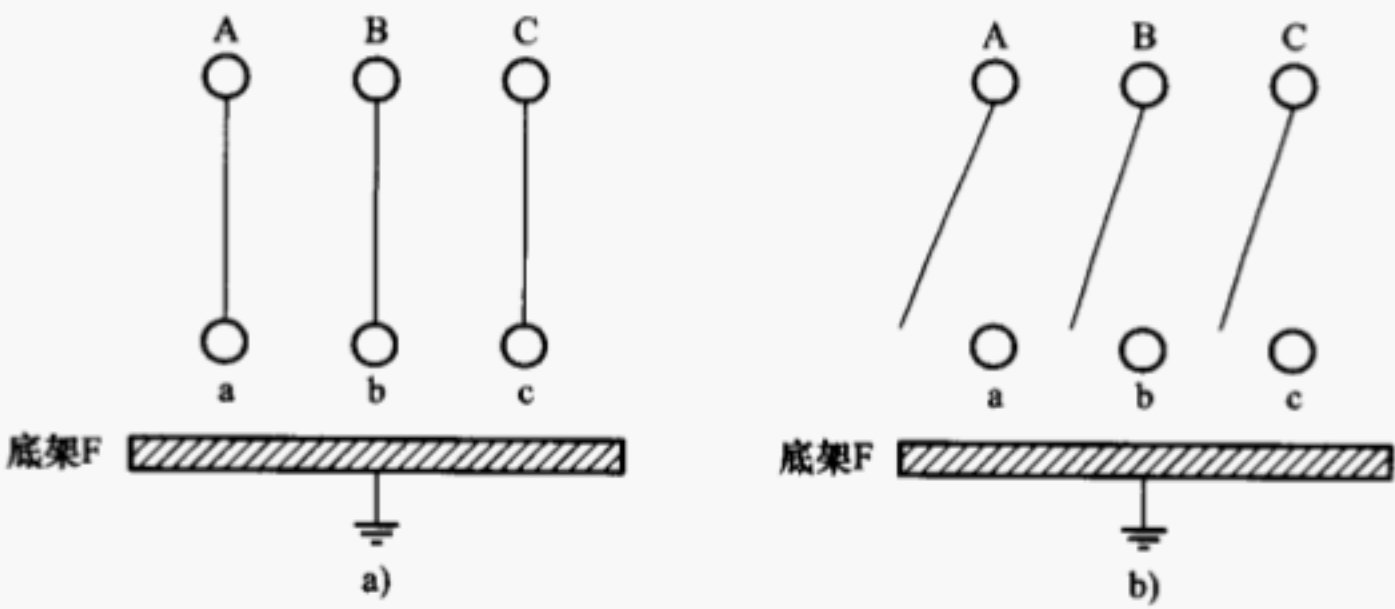


图 3 三极开关装置的连接图

a) 合闸位置；b) 分闸位置

表 10 一般情况下的试验条件

试验条件	开关装置的位置	加压部位	接地部位
1	合闸	Aa	BCbcF
2	合闸	Bb	ACacF
3	合闸	Cc	ABabF
4	分闸	A	BCabcF
5	分闸	B	ACabcF
6	分闸	C	ABabcF
7	分闸	a	ABCbcF
8	分闸	b	ABCacF
9	分闸	c	ABCabF

注 1：如果两个边极的布置相对于中间极和底架是对称的，试验条件中的 3、6 和 9 可以免试。

注 2：如果每极的布置相对于其他极和底架是完全对称的，试验条件中的 2、3、5、6、8、9 可以免试。

注 3：如果每极接线端子的布置相对于底架是对称的，试验条件中的 7、8 和 9 可以免试。

6.2.5.2 特殊情况

当开关装置断口间的试验电压高于相对地的耐受电压时，可以采用下述的试验方法。

6.2.5.2.1 优选方法

除非本标准另有规定，应优先使用联合电压试验的方法（见 GB/T 16927.1—1997 的第 10 章）。

a) 工频电压试验。

应该使用处在反相条件下的两个不同的电压源来获得规定的试验电压，电压的分配在 6.2.6.1 和 6.2.7.1 中规定。试验时，开关断口（或隔离断口）的试验电压应按表 11 的规定施加。

表 11 工频试验条件

试验条件	加压部位	接地部位
1	A 和 a	BCbcF
2	B 和 b	ACacF
3	C 和 c	ABabF

注 1：如果两个边极的布置相对于中间极和底架是对称的，试验条件中的 3 可以免试。

注 2：如果每极的布置相对于其他各极和底架完全是对称的，试验条件中的 2、3 可以免试。

b) 冲击电压试验。

额定冲击耐受电压（相对地）是试验电压的主要部分，它施加在一个端子上；附加的试验电压应由另一个反极性的电压源提供，并施加在对侧的端子上。附加的试验电压可以是一个冲击电压，或者是一个工频电压的峰值。其他的极和底架试验时应接地。

由于两个电压回路间的电容耦合，冲击电压波将会影响工频电压的波形。考虑这一影响，试验时应满足下述要求：在工频电压波上的电压降应限制到这样的数值，即在冲击电压达到峰值的瞬间所测到的对地的实际试验电压不得低于规定的附加电压值的 95%。为此，可以提高附加的工频试验电压幅值，但对雷电冲击试验不得高于 $U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$ ，对操作冲击试验不得高于 $1.2U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$ 。

在工频侧的端子上并联一个适当容量的电容器可以大大减小这一电压降。

试验电压应按表 12 的规定施加。

表 12 冲击试验条件

试验条件	加压部位		接地部位
	主要电压	附加电压	
1	A	a	BbCcF
2	B	b	AaCcF
3	C	c	AaBbF
4	a	A	BbCcF
5	b	B	AaCcF
6	c	C	AaBbF
注 1：如果两个边极的布置相对于中间极和底架是对称的，试验条件 3 和 6 可以免试。			
注 2：如果每极的布置相对于其他各极和底架是完全对称的，试验条件 2、3、5、6 可以免试。			
注 3：如果每极接线端子的布置对于底架是对称的，试验条件 4、5 和 6 可以免试。			

6.2.5.2.2 替代方法

如果只用一个电压源对开关断口（或隔离断口）进行工频和冲击电压试验，可按下述方法进行：

- a) 把总的试验电压 U_t 施加在一个端子上，对侧的端子接地；
- b) 如果开关装置的支持绝缘子上承受的试验电压超过了其额定相对地耐受电压，可将底架和没有试验的其他相固定为对地部分的电压为 U_f ，使 $U_t - U_f$ 处在额定相对地耐受电压的 90%~100% 之间。

表 13 给出了施加不同电压的示范。

表 13 替代方法试验条件

试验条件	加压部位		接地部位
	主要电压	附加电压	
1	A	a	BbCcF
2	B	b	AaCcF
3	C	c	BbAaF
4	a	A	BbCcF
5	b	B	AaCcF
6	c	C	AaBbF
注：如果允许底架和所有没有进行试验的端子能与地绝缘，6.2.5.2 的替代试验方法也可以按照 6.2.6 的试验条件试验。			

6.2.6 $U_r \leq 252\text{kV}$ 的开关设备和控制设备的试验

试验应按表 1 规定的试验电压进行。

6.2.6.1 工频电压试验

开关设备和控制设备应按 GB/T 16927.1 的要求承受短时工频耐受电压试验。对每种试验条件在将试验电压升至试验值后保持 1min。

应进行干试，对户外设备还应进行湿试。

隔离断口可按下述方法进行试验：

——优选法：加在两侧端子上的两个试验电压均不应低于额定相对地耐受电压的 1/3；

——替代法：对额定电压低于 72.5kV 的金属封闭气体绝缘开关装置和任一额定电压的普通开关装置，底架的对地电压 U_f 不用进行准确地调整，甚至可以将底架绝缘。

注：由于额定电压 252kV 的开关装置的工频湿试的结果有很大的分散性，所以这些试验可以用 250/2500 μs 的操作冲击电压湿试代替，试验电压的峰值应等于规定的工频试验电压有效值的 1.55 倍。

6.2.6.2 雷电冲击电压试验

开关设备和控制设备只进行雷电冲击电压下的干耐受试验。试验应按 GB/T 16927.1 规定的标准雷电冲击波 1.2/50 μs 在两种极性的电压下进行。

如果用替代法进行隔离断口的试验，对额定电压低于 72.5kV 的金属封闭气体绝缘开关装置和任一额定电压的普通开关装置，其底架的对地电压 U_f 不需进行准确地调整，甚至可将底架绝缘。

6.2.7 $U_r > 252\text{kV}$ 的开关设备和控制设备的试验

在合闸位置，应按表 10 的试验条件 1、2 和 3 进行试验。在分闸位置，应按 6.2.7.1、6.2.7.2 和 6.2.7.3 的要求进行试验（或见 6.2.5）。对相间操作冲击电压试验应按 6.2.7.2 的要求进行。试验电压见表 2。

6.2.7.1 工频电压试验

开关设备和控制设备应按 GB/T 16927.1 的要求承受短时工频耐受电压试验。对每一种试验条件均应将试验电压升至试验值并保持 1min。

短时工频耐受电压试验只进行干试。

开关断口或隔离断口应该采用 6.2.5.2.1 的优选法进行试验。经与制造厂协商，也可以用 6.2.5.2.2 的替代法。但是，无论采用哪种方法，加在一个端子和底架间的电压都不应高于额定电压 U_r 。

6.2.7.2 操作冲击电压试验

开关设备和控制设备应承受操作冲击电压试验。试验应按 GB/T 16927.1 的要求用标准操作冲击波 250/2500 μs 在两种极性的电压下进行。对户外开关设备和控制设备还应进行湿试。

隔离断口应该采用 6.2.5.2.1 的优选法进行试验。

相间绝缘只进行干试，以表 2 栏 5 的值作为总的试验电压，采用 6.2.5.2.1 的优选法进行试验。试验时，两个电压分量应等于总的试验电压的 50%。试验时的电压分配应该尽量平衡，试验电压的任何不平衡的分配都会使试验变得更加严格。如果两个分量的波形和/或幅值不同，还应该在倒换连接后重复进行试验。

6.2.7.3 雷电冲击电压试验

开关设备和控制设备只在干状态下承受雷电冲击电压试验。试验应按 GB/T 16927.1 的要求用标准雷电冲击波 1.2/50 μs 在两种极性的电压下进行。

6.2.8 人工污秽试验和凝露试验

如果绝缘子的爬电距离是按照 5.14 的规定选用的，可不进行人工污秽试验。

如果绝缘子的爬电距离不能满足 5.14 的要求，则应按 GB/T 4585 的要求，用额定电压和 5.14 中给出的应用系数进行人工污秽试验。

对用于户内的 40.5kV 及以下的开关设备和控制设备应进行凝露试验，试验方法见附录 H。

6.2.9 局部放电试验

如果产品标准中有要求，应进行局部放电试验，并按 GB/T 7354 进行测量。

6.2.10 辅助和控制回路的绝缘试验

开关设备和控制设备的辅助和控制回路应承受短时工频耐受电压试验。每个试验包括：

- a) 电压施加在连接在一起的辅助和控制回路与开关装置的底座之间；
- b) 如果可行，电压施加在辅助和控制回路的每一部分（这部分在正常使用中与其他部分绝缘）与连接在一起并和底架相连的其他部分之间。

工频电压耐受试验应按 GB/T 17627.1 的要求进行，试验电压为 2000V，持续时间 1min。

如果每次试验均未发生破坏性放电，则认为开关设备和控制设备的辅助和控制回路通过了试验。

通常，辅助和控制回路中用的电动机和其他装置应该与这些回路的试验电压相同。如果这些电器已按相应的标准做过试验，试验时可以将它们隔开。对辅助元件施加更低的试验电压值正在考虑中。如果能够证明绝缘强度可以满足要求，经制造厂和用户达成协议后，可以采用较低的试验电压值。

选择试验电压的判据是基于在工频时变电站的接地回路的两点间可能出现的最大共模电压的幅值（例如，在一次短路期间或由于装有并联电抗器时）。

6.2.11 作为状态检查的电压试验

如果开关装置经关合、开断和/或机械寿命、电寿命试验后，其断口间的绝缘性能通过目测不能充分可靠地进行核实时，则应按 6.2.6.1 和 6.2.7.1，在下述工频电压下对开关装置的断口进行工频电压干试验。

- a) 对于额定电压 252kV 及以下的设备：

——对隔离开关和负荷—隔离开关（有安全要求的设备）为表 1 栏 3 值的 100%，对其他开关设备为表 1 栏 3 值的 80%。但真空开关设备应为表 1 栏 3 值的 100%，同时还应进行雷电冲击电压试验，其值为表 1 栏 5 值的 100%。

- b) 对于额定电压 252kV 以上的设备：

——对隔离开关和负荷—隔离开关（有安全要求的设备）为表 2 栏 3 的 100%；

——对其他开关设备为表 2 栏 3 的 80%。

注 1：降低试验电压出于两方面的原因，一是考虑到老化、耗损和其他的正常劣化，额定试验电压留有安全裕度；二是由于闪络电压的统计特性。

注 2：对某些类型的封闭开关装置，可能需要进行对地绝缘状态的检查试验，此时，应分别以表 1 和表 2 中栏 2 值的 80%做工频电压试验。

注 3：相关产品标准可能对某些类型的设备的状态检查试验规定为强制性试验。

6.3 无线电干扰电压 (r.i.v) 试验

此项试验只适用于额定电压 126kV 及以上的开关设备和控制设备，且当相关的标准有此规定时才进行。试验时开关设备和控制设备应按 6.2.3 的规定装配。

试验电压应按下述要求施加：

- a) 在合闸位置，端子和接地底架之间；

- b) 在分闸位置，一个端子与和接地底架相连的另一端子之间，如果开关装置是不对称的，应将连接倒换后再试一次。

箱壳、罐体、底架和其他正常接地的零部件均应接地。应注意避免与开关设备和控制设备邻近的以及试验和测量回路邻近的接地或不接地物体对测量的影响。

开关设备和控制设备应该干燥和清洁，且其温度接近试验室的室温。在试验前的 2h 内不应进行其他的绝缘试验。

试验连接线和它们的末端不应是高于下述数值的无线电干扰电压源。

测量回路（见图 4）的频率最好能调谐到 0.5 (1±10%) MHz 的范围内，也可以用 0.5MHz~2MHz 范围内的其他频率，应记录测量的频率。测量结果以微伏表示。

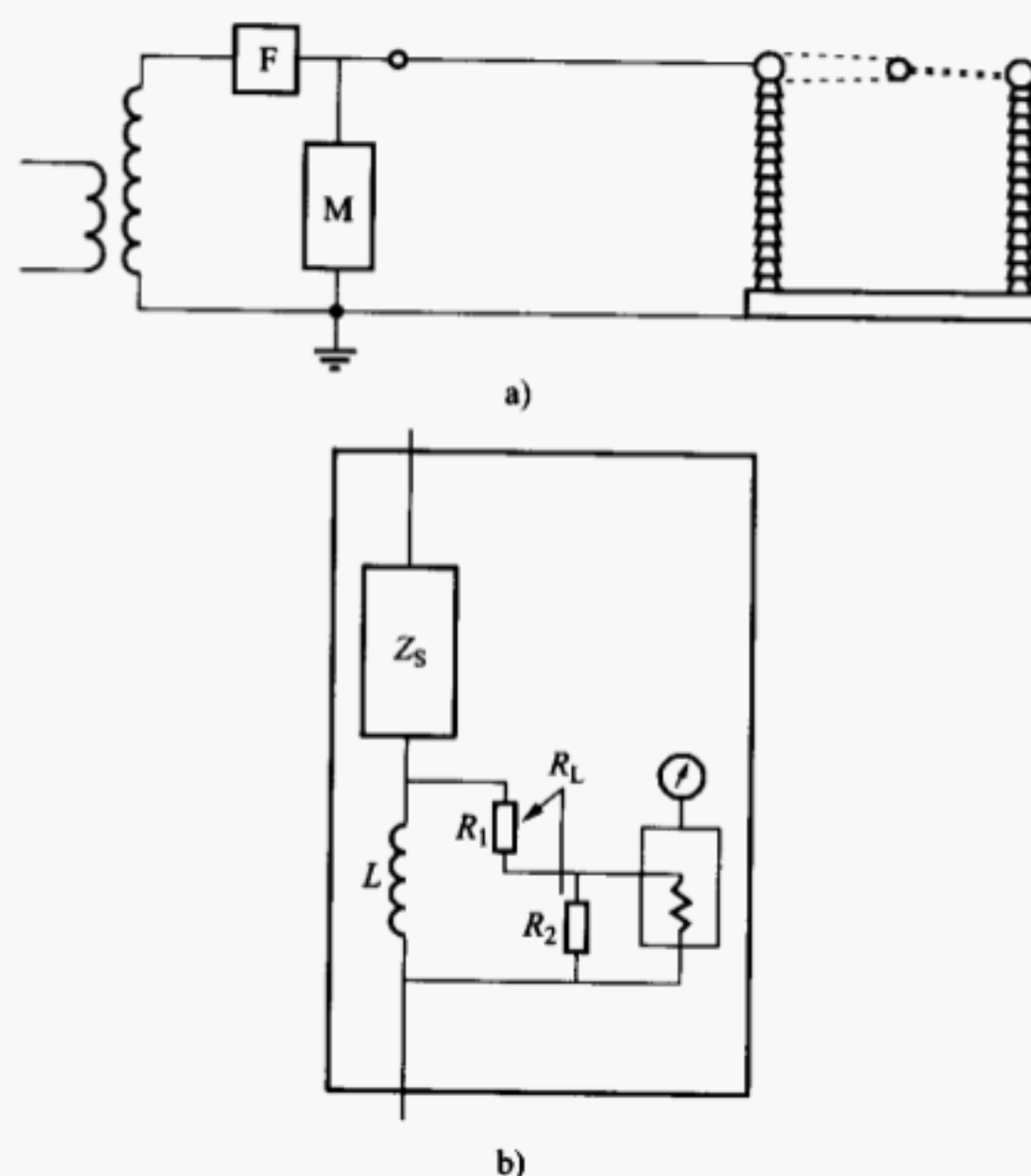
测量回路使用的测量阻抗应在 $30\Omega \sim 600\Omega$ 之间，其相角不应超过 20° 。除电容大的试品外，可假定测量电压与电阻成正比，可以经过计算得出相对于 300Ω 的等值无线电干扰电压。对于电容大的试品，根据上述假定所得出的结果可能不准确。因此，对装有套管法兰接地的开关设备和控制设备（如落地罐式开关设备和控制设备）推荐使用 300Ω 的电阻。

滤波器 F 在测量频率下应该是一个高阻抗，这样从受试的开关设备和控制设备看过去，高压导体对地之间的阻抗就不会被明显的旁路了。这个滤波器也可以减小试验回路中由高压变压器产生的或从外部电源进入的高频电流。在测量频率下，滤波器的阻抗在 $10000\Omega \sim 20000\Omega$ 之间较为合适。

应当采取适当的措施保证无线电干扰的背景电平（由外部电场和高压变压器在试验电压下励磁时引起的无线电干扰电平）比为开关设备和控制设备规定的无线电干扰电平至少低 6dB，最好低 10dB。测量仪器的校正方法和测量回路的校正方法在 GB/T 11604 中给出。

由于无线电干扰电平可能会受积存在绝缘子上的纤维和灰尘的影响，故允许在测量前用干净的布擦拭绝缘子。试验时的大气条件应予以记录。目前尚未知道适用于无线电干扰试验的修正因数，但已知道试验对高的相对湿度是敏感的；如果相对湿度超过 80%，试验结果将值得怀疑。

应该按照下述程序试验：



F—滤波器； R_L — R_2 和测量装置的等值电阻并联后再与 R_1 串联的等值电阻； Z_s —既可以是电容器，也可以是电容器和电抗器串联的电路； L —用来旁路工频电流和补偿测量频率下杂散电容的阻抗。

图4 开关装置无线电干扰电压试验回路图

a) 试验回路；b) M 的详图

在开关设备和控制设备上施加 $1.1U_r/\sqrt{3}$ 的电压，至少维持 5min， U_r 是开关设备和控制设备的额定电压；随后逐级把电压降至 $0.3U_r/\sqrt{3}$ ，再逐级上升至初始值，最后逐级降至 $0.3U_r/\sqrt{3}$ 。在每级电压上应进行无线电干扰的测量，并应画出最后一个电压下降系列中所记录的无线电干扰电平对外施电压的曲线，此曲线就是开关设备和控制设备的无线电干扰特性。每级电压的级差约为 $0.1U_r/\sqrt{3}$ 。

如果在 $1.1U_r/\sqrt{3}$ 下，无线电干扰电平不超过 $500\mu V$ 且晴天夜晚无可见电晕，应认为开关设备和控制设备通过了试验。

6.4 回路电阻的测量

6.4.1 主回路

为了把做过温升试验（型式试验）的开关设备和控制设备与所有进行出厂试验的同一型号的开关设备和控制设备进行比较，应该进行主回路电阻的测量。

应用直流测量每极端子间的电压降或电阻。对于封闭开关设备和控制设备应该作特殊考虑（见相关的标准）。

试验电流应该取 100A 至额定电流之间的任一电流值。

注：经验表明，仅凭主回路电阻增大不能认为是触头或联结不好的可靠证据。此时，应该使用更大的电流（尽可能接近额定电流）重复进行试验。

直流电压降或电阻应在温升试验前在开关设备和控制设备所处的周围空气温度下进行一次测量；温升试验后，当开关设备和控制设备冷却到周围空气温度时再测量一次，两次所测得的电阻值的差不应大于 20%。

型式试验报告中应给出直流电压降或电阻的测量值，以及试验时的一般条件（电流、周围空气温度、测量部位等）。

6.4.2 辅助回路

6.4.2.1 1级和2级辅助触点电阻的测量

将 1 级和 2 级辅助触点的每种类型的一个样品接入阻性负载回路，然后加上开路电压为 6V（相对偏差为-15%）的直流电源，使其流过 10mA 的电流，按 GB/T 5095.2—1997 的试验 2b 测量其电阻。

闭合的 1 级和 2 级辅助触点的电阻不应超过 50Ω。

注：触头材料出现的氧化可能会降低有效的载流能力，因此可能导致接触电阻的增加，甚至在非常低的电压回路中不能导通，而在较高的电压回路中又没有出现问题。本试验的目的是为了检验在这些低电压条件下触头的接触性能。评估的判据考虑了电阻的非线性。50Ω 的数值源于统计数据并已被用户接受。

6.4.2.2 3级辅助触点电阻的测量

将 3 级辅助触点的一个样品接入阻性负载回路，然后加上开路电压 ≤30mV 的直流电源，使其流过 ≤10mA 的电流，按 IEC 61810—7 测量其电阻。

闭合的 3 级辅助触点的电阻不应超过 1Ω。

6.5 温升试验

6.5.1 受试开关设备和控制设备的状态

除非在相关标准中另有规定，主回路的温升试验应该在装有清洁触头的新的开关装置上进行；如果适用，在试验前应充以用作绝缘的液体或处于最低功能压力（密度）的气体。

6.5.2 设备的布置

试验应在基本上没有空气流动的户内环境下进行，受试开关装置因本身发热而引起的气流除外。实际试验时，如果空气流速不超过 0.5m/s 就满足了这一条件。

温升试验时，除辅助设备外，开关设备和控制设备及其附件的所有重要部分均应安装得和运行时一样，包括在正常运行时的所有外罩，并应防止来自外部的过度加热和冷却。

如果开关设备和控制设备按照制造厂的说明书可以安装在不同位置时，温升试验应在最不利的位置上进行。

原则上，温升试验应在三极开关设备和控制设备上进行；但是，如果其他极或其他单元的影响可以忽略，试验也可在单极或单元上进行，这是非封闭开关设备的一般情况。对于额定电流不超过 630A 的三极开关设备和控制设备，可以把三极串联起来进行试验。

如果开关设备和控制设备，特别是大型设备，它们的对地绝缘对温升没有明显的影响，则对地绝缘可以明显降低。

试验时接到主回路的临时连接线应不会明显地将开关设备和控制设备的热量导出或是向开关设备

和控制设备传入热量。试验时应测量主回路端子和距端子 1m 处临时连接线的温度，两者温差不应超过 5K。试验报告中应注明临时连接线的类型和尺寸。

注 1：为使温升试验更具重现性，临时连接线的类型和尺寸可以在相关标准中予以规定。

除上述例外情况，对于三极开关设备和控制设备均应在三相回路上进行试验。

温升试验的电源电流应是正弦波，流过开关设备和控制设备的试验电流应为额定电流 (I_r) 的 1.1 倍；

除直流辅助设备外，开关设备和控制设备应该在额定频率下进行试验，频率允许偏差为 $\pm 3\%$ ，试验时的频率应在试验报告中写明。

注 2：对邻近载流部分没有铁质元件的敞开式开关装置在 50Hz 下进行温升试验时，如果实测的温升值不超过最大允许值的 95%，则应认为该开关装置在 60Hz 下的性能得到了验证。如果用 60Hz 进行了试验，其结果应当对额定电流相同的额定频率为 50Hz 的同一产品有效。

为了使温升达到稳定状态，温升试验必须持续足够长的时间，当在 1h 内温升的增加不超过 1K 时，则认为达到了稳定状态。通常这一判据在试验持续时间达到受试设备热时间常数的 5 倍时就可满足。

除了要求测量热时间常数的情况外，可以用较大的试验电流来预热回路的方法以缩短整个试验的时间。

6.5.3 温度和温升的测量

应该采取预防措施以减小由于开关装置的温度变化滞后于周围空气温度的变化而引起的变化和误差。

对于线圈，通常使用利用电阻变化来测量温升的方法（见附录 G），只有使用电阻法不可行时才允许使用其他方法。

除线圈以外的各部分的温度（其温度极限已有规定）应该用温度计、热电偶或其他适用的传感器件进行测量，它们应该放在可触及的最热点上。如果需要计算热时间常数，在整个试验过程中应按一定的时间间隔记录温升值。

浸在液体介质中的元件，其表面温度应该使用紧贴其表面的热电偶来测量。液体介质本身的温度应在其上层测量。

使用温度计或热电偶时，应采取以下预防措施：

- 温度计的球泡或热电偶应防止来自外界的冷却（用干燥洁净的毛织品等保护）。然而，被保护的面积与受试电器的冷却面积相比应该可以忽略；
- 应保证温度计或热电偶与受试部分的表面具有良好的导热性；
- 在变化的磁场中使用酒精温度计比使用水银温度计好，因为后者更易受变化磁场的影响。

为了计算时间常数，在试验期间应该进行足够的温度测量并应记录在试验报告中。

6.5.4 周围空气温度

周围空气温度是指开关设备和控制设备（对于封闭开关设备和控制设备是指外壳）周围空气的平均温度。周围空气温度应该在试验的最后 1/4 期间，至少用 3 只均匀布置在开关设备和控制设备周围的温度计或其他温度检测仪器，在载流部件的平均高度而距开关装置和控制装置 1m 处进行测量。应该防止温度计或热电偶受气流以及热的过分影响。

为避免温度快速变化而造成的读数误差，可将温度计或热电偶放在装有 0.5L 油的小罐中。

在试验的最后 1/4 期间，周围空气温度的变化每小时内不应超过 1K。如果因为试验室的温度条件不能满足要求，可以用在相同的条件下不通过电流的一台相同的开关设备和控制设备的温度代替周围空气温度。这台附加的开关设备和控制设备不应受到过分的热影响。

试验时周围空气温度应该高于 +10℃，在这一范围内不用进行温度值的修正。

6.5.5 辅助设备和控制设备的温升试验

试验应使用规定的电源（交流或直流），对交流电源应为额定频率（允差 $\pm 3\%$ ）。

对于三相试验,任一相中的电流与三相电流平均值的差值不应大于 10%,试验电流交流分量有效值的平均值不应小于额定值。

试验电流 I_t 的施加时间 t_t 原则上应等于额定短路持续时间 t_k 。

如果没有别的方法确定 $I_t^2 t_t$, 应该利用附录 B 给出的方法用示波图计算出 I_t 。试验的 $I_t^2 t_t$ 不应小于由额定短时耐受电流 (I_k) 和额定短路持续时间算出的 $I_k^2 t_k$ 值, 未经制造厂同意不得超出该值的 10%。

但是, 如果试验设备的特性使得在规定的持续时间的试验中不能达到上面规定的试验电流的峰值和有效值时, 以下的变通是允许的:

- a) 如果试验设备短路电流的衰减特性使得在额定短路持续时间内, 如果开始时不施加很大的电流就不能得到规定的有效值时 (按附录 B 或等效方法测定), 试验时允许将试验电流的有效值降低到规定值以下并将试验的持续时间适当延长。但是, 峰值电流不得小于规定值、持续时间不得大于 5s。
- b) 如果为了得到要求的峰值电流而把试验电流增大到超过规定值时, 可以相应缩短试验的持续时间。
- c) 如果 a) 和 b) 都不可行, 允许把峰值耐受电流试验和短时耐受电流试验分开进行。这时需做两项试验:
 - 对于峰值耐受电流试验, 施加短路电流的时间不得小于 0.3s。
 - 对于短时耐受电流试验, 施加短路电流的时间应等于额定短路持续时间。如果按照项 a) 试验允许有时间上的差别。

6.6.3 在试验过程中开关设备和控制设备的表现

所有的开关设备和控制设备应能承受其额定峰值耐受电流和短时耐受电流, 并不得发生任何部件的机械损伤或触头分离。

一般认为, 在试验过程中, 机械开关装置的载流部分和与其相邻的部件的温升可能会超过表 3 规定的极限。对于短时耐受电流试验不规定温升极限, 但达到的最高温度应不会引起相邻部件发生明显的损伤。

6.6.4 试验后开关设备和控制设备的状态

试验后, 开关设备和控制设备不应有明显的损坏; 应能正常地操作, 连续承载额定电流而不超过表 3 规定的温升极限, 并在绝缘试验时能耐受规定的电压值。

如果机械开关装置具有额定的关合和/或开断能力, 那么, 触头的状况应不影响其关合和/或开断直到额定值的任一电流的性能。

下列各项试验可以检查上述要求:

- a) 机械开关装置试验后应立即进行空载操作, 触头应该在第一次操作即可分开;
- b) 应该按 6.4.1 的要求测量主回路电阻 (接地开关除外)。如果电阻的增加超过 20%, 同时又不能用目测检查证实触头的状况, 应进行一次附加的温升试验。

6.7 防护等级检验

6.7.1 IP 代码的检验

按照 GB 4208 的规定, 试验应在和使用情况相同且完全装配好的开关设备和控制设备的外壳上进行。对于型式试验, 一般不安装进入外壳的真实电缆连接线, 应使用一段相应的填充物模拟。试验时, 开关设备的运输单元应用盖板封闭, 盖板应能提供和单元间连接的同一等级的防护性能。

然而, 只有对符合这些要求有怀疑时才进行试验, 而且只在认为有必要的有关部件的各个位置上进行。

当使用附加字母 W 时, 应按附录 C 中给出的推荐的试验方法进行防雨试验。

6.7.2 IK 代码的检验

按照 IEC 62262 的规定, 试验应在和使用情况相同且完全装配好的开关设备和控制设备的外壳上进行。

试验后, 外壳不应损坏, 外壳的变形不应影响设备的正常功能, 不降低绝缘和/或缩短爬电距离, 也不会使规定的防止接近危险部件的防护等级降低到允许值以下。表面损伤, 如油漆脱落、冷却肋或类似零件的开裂或小面积的凹陷可以忽略。

然而, 只有对符合这些要求有怀疑时才进行试验, 而且只在认为有必要的有关部件的各个位置上进行。

注: 作为外壳组成部分的辅助设备, 如仪表和继电器等, 不承受冲击试验。

6.8 密封试验

密封试验的目的是验证绝对漏气率 F 不会超过允许漏气率 F_p 的规定值。如果可能, 试验应在处于 $P_{re}(\rho_{re})$ 的完整的系统上进行。如果不行, 试验可以在部件、元件或分装上进行, 此时, 整个系统的漏气率应利用密封配合图 (见附录 D), 由各部分漏气率的总和确定。压力不同的分装之间可能的泄漏也应该考虑。

装有机开关装置的开关设备和控制设备的密封试验, 应该在开关的合闸位置和分闸位置上进行, 除非漏气率与主触头的位置无关。

一般只允许以累积漏气量的测量来计算漏气率。

型式试验报告应包括下面这些资料:

- 试品的说明, 包括它的内部容积和充入气体的性质;
- 试品是在合闸位置或是分闸位置 (如果适用);
- 试验开始时和结束时记录的压力和温度, 以及补气的次数 (如果需要);
- 压力 (或密度) 控制或监视装置的投入和切除压力整定值;
- 用以检测漏气率的仪表的校正值;
- 测量结果;
- 如果适用, 试验气体和评定试验结果用的换算因数。

密封试验应与相关标准中要求做的试验一起进行, 一般在机械操作试验前和后, 或在极端温度下的操作试验过程中进行检测。

在极端温度下 (如果相关标准中要求进行此项试验), 漏气率的增大是可以接受的, 但是在恢复到正常的周围空气温度下时其漏气率不得高于最大允许值。暂时增大的漏气率不应超过表 14 给出的数值。

通常, 为了使用合适的试验方法, 可参考 GB/T 2423.23。

表 14 气体系统的暂时漏气率

温度等级 ℃	允许的暂时漏气率
+40 和 +50	$3 F_p$
$-5 < \text{周围温度} < +40$	F_p
$-5/-10/-15/-25/-40$	$3 F_p$
-50	$6 F_p$

6.8.1 气体的可控压力系统

应该测量在一个时间段 t 内的压力降 ΔP 来检查相对漏气率 F_{rel} , 这段时间要长到足以确定压力降 (在充气 and 补气压力范围内)。要对周围空气温度的变化进行修正。在这段时间内, 补气装置不应动作。

$$F_{rel} = \frac{\Delta P}{P_i} \times \frac{24}{t} \times 100\% (\text{每天})$$

$$N = \frac{\Delta P}{P_r - P_m} \times \frac{24}{t}$$

式中:

t —— 试验持续时间, h;

P_t —— 初始测量压力;

P_r —— 额定压力;

P_m —— 补气压力。

注: 为了保持公式的线性, ΔP 应当和 $P_r - P_m$ 是同一个数量级, 可用另一种方法, 即直接记录每天的补气次数。

6.8.2 气体的封闭压力系统

由于这些系统的漏气率相对较小, 用压力降测量法不适合。可以用其他的方法 (实例在附录 D 中给出) 测量漏气率, 这些方法连同密封配合图 TC 可以用来计算:

—— 相对漏气率 F_{rel} ;

—— 补气间隔时间 T (不在极端的温度或操作频率下)。

通常, 试验 Q_m (GB/T 2423.23) 是确定气体系统泄漏的合适方法。

如果充入试品的试验气体不同于运行中使用的气体和/或试验压力不同于正常的工作压力, 计算时应使用制造厂规定的换算因数。

鉴于低温和高温试验过程中测量困难, 可以在低温和高温试验前后, 在周围空气温度下进行密封试验, 以确定漏气率是否有变化。

由于漏气率的测量实际上可以有 $\pm 50\%$ 的误差, 如果达到表 14 规定值的 $\pm 50\%$ 以内, 应认为密封试验结果合格。在计算补气间隔时间时, 应该计入这一测量误差。

6.8.3 密封压力系统

6.8.3.1 使用气体的开关设备

对这类开关设备和控制设备进行密封试验是为了确定密封压力系统的预期工作寿命。

试验应按 6.8.2 进行。

6.8.3.2 真空开关设备

应该对没有操作过的真空灭弧室进行两次真空压力的测量, 两次测量的时间间隔应能正确地评定真空压力的变化率。真空开断装置和开关的密封在其寿命期内泄漏率应该被认为是零, 制造厂应该给出预期的存贮寿命, 以及每个装置的生产日期 (年、月)。

注: 通常认为四周的时间间隔是可接受的。

选用的测量真空度的方法应该对每种型式的真空灭弧室进行校正。这种校正是在样品密封之前, 使用所选择的测试方法的同时, 进行常规的真空压力测量。准确度的评定应通过反复的测量来确定。

整体的真空装置应按 6.2.11 状态检查试验的要求试验。

6.8.4 液体的密封试验

密封试验的目的是证明系统总的泄漏率 F_{liq} 不会超过规定值 $F_{p(liq)}$ 。

试品应该装上使用时所带有的各种附件和规定的液体, 并尽可能按照实际使用状况安装 (框架固定方式)。

密封试验应与相关标准中要求的试验一起进行, 一般在机械操作试验前、后, 在极端温度下的操作试验过程中或温升试验的前、后进行。

在极端温度下 (如果相关标准要求进行这样的试验) 和/或在操作过程中, 泄漏的增大是可以接受的, 但当温度恢复到正常周围空气温度后和/或操作完了后, 泄漏应恢复到起始的数值。暂时增大的泄漏率不应妨碍开关设备和控制设备的安全运行。

对开关设备观测的时间应足以确定可能有的泄漏或压力降 ΔP , 这时用 6.8.1 给出的公式进行计算是有效的。

注：试验时采用和工作时不同的液体或者采用气体是可能的，但制造厂要证明其合理性。

试验报告应该包括以下资料：

- 试品的一般说明；
- 完成的操作次数；
- 液体的性质和压力；
- 试验过程中周围空气的温度；
- 开关装置在合闸位置和分闸位置测得的试验结果（如果适用）。

6.9 电磁兼容性试验（EMC）

只对辅助和控制回路规定了 EMC 的要求和试验。

对于正常运行但不进行开合操作的开关设备和控制设备的主回路，辐射电平用无线电干扰电压试验进行验证，见 6.3。

由于开合操作（包括开断故障电流）引起的辐射是偶然发生的，此类辐射的频率和电平认为是正常电磁环境的一部分。

对于开关设备和控制设备的辅助和控制回路，本标准中规定的 EMC 的要求和试验优先于其他的 EMC 技术规范。

6.9.1 辅助和控制回路的辐射试验

作为辅助和控制回路一部分的电子设备，应满足 GB 4824 中所规定的关于辐射的要求，不再规定其他的试验。

将限值增加 10dB，可以用 10m 的测量距离代替 30m 的测量距离。

6.9.2 辅助和控制回路抗扰性试验

6.9.2.1 概述

如果开关设备和控制设备的辅助和控制回路包含电子设备和元件，则辅助和控制回路应进行电磁抗扰性试验，对其他情况不需试验。

抗扰性试验规定如下：

- 电快速瞬变/脉冲群试验（见 6.9.2.3），该试验模拟在辅助和控制回路中由于开合引起的情况；
- 振荡波抗扰性试验（见 6.9.2.4），该试验模拟在主回路中由于开合引起的情况。

还有其他的 EMC 抗扰性试验，但本标准不做规定。EMC 抗扰性试验汇集在 GB/T 17626.1 中，IEC 61000—6—5 涉及到在发电厂和高压变电站中的电器设备的 EMC 抗扰性。

静电放电（ESD）试验是对电子设备的常规要求，应对用于开关设备和控制设备的辅助和控制回路中的电子设备进行此试验。这些试验对完整的辅助和控制回路不必重复。辐射场和磁场试验只在特殊场合时才予以考虑。

注 1：特殊场合的例子：位于金属封闭开关设备母线附近的电子装置可能会受到磁场的影响，为了保证电磁兼容性，可能需求附加的设备。

注 2：当控制柜的门打开时，如果在其附近使用无线电发射机或蜂窝电话，可能会使辅助和控制回路承受可观的射频电磁场。

6.9.2.2 抗扰性试验准则

电磁抗扰性试验应在完整的辅助和控制回路或分装上进行。试验可在下述部位上进行：

- 完整的辅助和控制回路；
- 分装，如汇控柜、操动机构箱等；
- 柜内的分装，如表计和监控系统。

对需要较长的内部连接或分装间存在显著的干扰电压的场合，强烈推荐对分装进行单独试验。对每一个可更换的分装，单独试验是强制性的。

分装可能位于辅助和控制回路内的不同位置，但只要总的接线长度和把分装连接到辅助和控制回路

的连接线的数量不大于已试系统中的长度和数量，则完整系统的型式试验仍然有效。

可更换分装可由相似的分装代替，但只要满足下列条件，原来的型式试验报告有效：

- 符合 IEC 61000—5 中给出的设计和安装规程；
- 型式试验是在适用于该类型开关设备和控制设备的最复杂的分装上进行的；
- 制造厂的设计规程和型式试验过的分装的设计规程相同。

试验电压应施加在辅助和控制回路的界面或受试分装上，该界面由制造厂确定。

型式试验报告应清楚地说明受试的系统或分装，可参见附录 A。

注：抗扰性试验是为了覆盖大多数的运行条件，感应的骚扰比试验所覆盖的更严酷的情况可能是极端情况。

6.9.2.3 电快速瞬变/脉冲群试验

电快速瞬变/脉冲群试验应按 GB/T 17626.4 进行，重复率为 5kHz 试验电压和耦合方式应按表 15 选择。

表 15 电快速瞬变/脉冲群试验时电压的施加

界 面	相关设备	试验电压 kV	耦合方式
电力线路	交流和直流电力线路	2	CDN ^a
接地箱壳部分		2	CDN ^a
信号部分	有屏蔽和没有屏蔽的线路， 模拟和/或数字信号的传输 ● 控制线路 ● 通信线路（如数据库） ● 测量线路（如 TA、TV）	2	CCC ^b 或等效的耦合方法
a CDN：耦合和去耦合网络。 b CCC：容性耦合接线端子。			

6.9.2.4 振荡波抗扰性试验

应该进行振荡波抗扰性试验，试验电压的波形和持续时间应按 GB/T 17626.12 的要求。

阻尼振荡波应在 100kHz 和 1MHz 下进行试验，频率相对允差为±30%。

GIS 中隔离开关的操作可能产生极陡波前的冲击，因此对靠近 GIS 的设备的附加试验频率正在考虑中（10MHz 和 30MHz）。

应进行共模和差模试验，试验电压和耦合方式应按表 16 选择。

表 16 阻尼振荡波试验时电压的施加

界 面	相关设备	试验电压 kV	耦合方式
电力线路	交流和直流电力线路	差模：1.0 共模：2.5	CDN ^a CDN
信号部分	有屏蔽和无屏蔽的线路，模 拟和/或数字信号的传输 ● 控制线路 ● 通信线路（如数据库） ● 测量线路（如 TA、TV）	差模：1.0 共模：2.5	CDN ^a CDN 或等效的耦合方法
a 耦合和去耦合网络。			

6.9.2.5 试验过程中和试验后二次设备的性能

辅助和控制回路应耐受 6.9.2.3 和 6.9.2.4 规定的试验而不得发生永久性的损坏，试验后辅助和控制回路应能正常运行。按表 17，某些部件的功能暂时丧失是允许的。

表 17 瞬态干扰的抗扰性试验的评价标准

功 能	标 准 注
保护、电信保护	A
报警	B
监督	B
指令和控制	A
测量	B
计数	A
数据处理	A B
——用于高速保护系统	
——一般应用	B
信息	B
数据存储	A
过程	B
监控	B
人机界面	B
自诊断	B
在线连接的过程、监控和自诊断功能以及作为指令和控制回路的一部分时，应满足评价标准 A	
注：符合 GB/T 17626.1 的评价标准： A 在技术条件规定的范围内可正常工作； B 功能或性能暂时下降或丧失，但能自行恢复。	

6.9.3 电磁兼容性的现场测量

EMC 的现场测试不是型式试验，但是，使用部门在设备投运前，为了验证其电磁兼容性，在可能的条件下，应尽量与其他的现场试验相结合，进行 EMC 的现场测试，以保证高压开关设备和控制设备的运行可靠性。现场测试可参考附录 F。

6.10 辅助和控制回路的附加试验

6.10.1 概述

下述试验的目的是为了验证整体装配，而对元件不进行单独的试验。因此，为符合各自相关的标准和相关的额定值而对元件所做过的试验不再重复。

6.10.2 功能试验

所有低压回路的功能试验应验证与开关设备和控制设备的其他元件连在一起的辅助和控制回路的固有功能，试验程序取决于装置的低压回路的特征和复杂性。对开关设备和控制设备，相关的标准中规定了这些试验，它们应在 4.8.3 规定的电源电压的上限和下限进行试验。

对于低压回路、分装和元件，如果它们参加了全部对开关设备和控制设备进行的试验，或者在相关环境下的试验，则操作试验可以免试。

6.10.3 接地金属部件的接地连续性试验

试验应在辅助和控制回路的外壳上进行。

试验设备包括最大开路电压 12V 且具有输出电流调节装置的直流电源，以及电压和电流的测量仪器。

如果适用，在主要的接地连接处和下述的机械部件之间应通以最小为 2A 的电流：

- 门；
- 门把手；
- 框架；
- 金属外壳。

注：如有必要可除去测量点处的涂层。

如果测量的电阻小于 0.5Ω ，则认为开关设备和控制设备的辅助和控制回路的外壳通过了试验。

6.10.4 辅助触头动作特性的验证

6.10.4.1 概述

除非设备作为功能单元通过了整个型式试验，否则，包含在辅助回路中的触头应进行下述试验。

6.10.4.2 辅助触头的额定连续电流

本试验是验证预先闭合的辅助触头能够连续承载的额定电流值。回路的开合方式应与受试的触头无关，试验程序按 6.5.5 中的规定。触头应承载符合表 6 中相应等级的额定连续电流。根据触头材料和相应的环境条件，温升不应超过表 3 中的规定。

6.10.4.3 辅助触头的额定短时耐受电流

本试验是验证预先闭合的辅助触头在规定的短时间内承载电流的能力。

回路的开合方式应与受试触头无关。触头应在阻性负载回路中承载符合表 6 中相应等级的额定短时耐受电流 30ms，在电流开始后的 5ms 内应达到试验电流值。试验电流幅值的相对偏差为 $+5\%$ ，试验电流持续时间的相对偏差为 $+10\%$ ，试验次数为 20 次，二次试验之间间隔 1min。试验前、后应测量触头的电阻，电阻的增加应小于 20%，两次电阻的测量均应在周围温度下进行。

6.10.4.4 辅助触头的开断能力

本试验是验证辅助触头的开断能力。

回路的接通方式应与受试触头无关。触头应在感性负载回路中承载符合表 6 中相应等级的相关电流 5s 并将其开断。试验电压的相对偏差为 $+10\%$ ，试验电流幅值的相对偏差为 $+5\%$ 。对所有等级，回路的时间常数应小不于 20ms，相对偏差为 $+20\%$ 。

试验次数为 20 次，二次试验之间间隔 1min。操作后恢复电压应在 1min 间隔内保持 $300\text{ms}\pm 30\text{ms}$ 。试验前后应在周围温度下测量触头电阻，电阻值的增加应小于 20%。

6.10.5 直流输入功率接口的纹波抗扰性试验

本试验适用于电气和电子元件，试验按 IEC 61000—4—17 进行。开关设备和控制设备的相关标准应明确对某些元件（例如，它不适用于电动机、电动机操动的隔离开关等）是否需要该试验。

试验水平为 2 级，试验频率为 3 倍的额定频率，评价标准是：“在技术条件规定的范围内可正常工作”（标准 A）。

6.10.6 直流输入功率接口的电压跌落、短时中断和电压变化的抗扰性试验

交流功率部分的电压跌落、短时中断和电压变化试验应符合 IEC 61000—4—11，直流功率部分应符合 IEC 61000—4—29。

6.10.7 环境试验

6.10.7.1 概述

所有的辅助和控制回路中的部件，应在完整的并能完全代表开关设备和控制设备的安装和运行条件的状态下进行试验。如果试验按 6.1.1 的规定是在完整的开关设备和控制设备上进行的，则认为已经满足了此项条件；如果不是，应注意保证试验条件应与完整的开关设备和控制设备的运行条件相符。

进行环境试验是为了评价：

- 所采取的措施的效果；
- 在所有实际运行条件范围内，外壳内的辅助和控制回路的固有功能。

所有的试验应在同一台设备上进行，可以在柜子上进行，也可以在相应的开关设备和控制设备上进行。辅助和控制回路的各项环境试验如果已被整装开关设备和控制设备进行的试验所覆盖，则可免试。

如果设备通过了环境试验，它可以按几种方式（直接装在框架上，作为就地控制柜单独布置等）安装在开关设备和控制设备中。

环境试验最好在完整的辅助和控制回路上进行。对具有代表性的辅助和控制回路装配上进行的试验，可以认为是对相同范围的开关设备和控制设备的具有相似功能的辅助和控制回路装配的验证。

如果辅助和控制设备的额定电压发生了变化，环境试验不用再重复进行。

对于某些设计，辅助和控制回路的额定电源电压的改变可能会对环境试验的结果产生影响。实际上，除非制造厂另有规定，只要对用于最高额定电源电压的辅助和控制回路进行试验就可以覆盖设计用于较低额定电源电压的所有其他类似的辅助和控制回路。

除非另有规定，环境试验是验证在正常运行状态下在所有使用条件范围内辅助和控制回路的固有功能，加热元件应在备用状态。实际运行条件将决定回路中是否需要加热元件。

除振动响应试验外，在试验期间的末尾，应检查辅助和控制回路的功能是否符合相应的技术规范，这些检查应基于一组相应的功能。在功能检查完成之前的试验期间和试验后，辅助和控制回路应通电并保持在运行状态。

制造厂应明确规定哪些功能需要在试验末尾时检查。

6.10.7.2 寒冷试验

寒冷试验应在第2章规定的使用条件下按照 GB/T 2423.1 的规定进行，持续时间为 16h。

6.10.7.3 干热试验

干热试验应在第2章规定的使用条件下按照 GB/T 2423.2 的规定进行，试验温度为最高周围空气温度，试验持续时间为 16h。

6.10.7.4 恒定湿热试验

恒定湿热试验应按 GB/T 2423.3 的规定进行，试验时间为 4 天。

6.10.7.5 交变湿热试验

交变湿热试验应按 GB/T 2423.4 的规定进行，上限温度为第2章规定的最高周围空气温度，温度循环的次数为 2 次。在标准大气条件下，附加条件 2 可用于温度降低阶段和恢复阶段，不准采取专门的措施消除表面的湿气。

6.10.7.6 振动响应和抗震试验

由于振动响应试验没有包含在 GB/T 2423.10 中，因此应参照 GB/T 11287 进行。

本试验的目的是为了确定辅助和控制设备装配薄弱的机械环节。两个不同的振动源可能引起的损坏为：

- 相关的开关设备和控制设备的操作引起的振动完全取决于现场的安装条件。试验应按 GB/T 11287 的规定进行，振动响应试验的参数取严酷度等级为 1 的参数。如果辅助和控制设备的总装已经在完整的开关设备和控制设备上进行了机械寿命试验，则此试验可免试；
- 在 2.2.4 中规定的特殊使用条件下引起的振动应根据用户和制造厂之间的协议进行试验。在这种情况下，应符合 IEC 60255—21—3 规定的合适的抗震试验，试验严酷度等级取 1 级。

辅助和控制回路应能耐受振动响应试验而不发生永久性损坏，试验后应能进行正常操作。试验期间部分功能的暂时丧失是允许的。

6.10.7.7 最终的状态检查

所有的其他型式试验完成后，应重复 6.2.10 规定的工频电压耐受试验，以确认试验期间试品的性能没有降低。

6.11 真空开断装置 X 射线试验程序

6.11.1 一般要求

6.11.1.1 开断装置的试验条件

真空开断装置 X 射线辐射水平的试验应该在新的开断装置上进行, 型式试验的目的是为了验证真空开断装置的性能是否符合 5.19 的要求。

6.11.1.2 试品的安装

开断装置应安装在一个试验支架上, 这个支架应设计成触头间的开距能够调整到推荐的最小距离, 而且能够在开断装置的一个端子上施加试验电压而另一个端子接地。开断装置可以放在一个除空气之外的绝缘介质内 (如油或 SF₆), 以便在这种介质内 (如果需要) 承受试验电压。装用绝缘介质的容器应该是一种绝缘材料, 这种材料对射线的阻尼应不大于 9.5mm 厚的有机玻璃对射线的阻尼。开断装置和射线仪器之间绝缘距离必须满足绝缘的最低要求。

6.11.1.3 射线测试仪

带有屏蔽的射线测量仪的放射频率 (RF) 应符合下述最低的使用要求:

- 精度: 能测量每小时 150 微希沃特 (microSv), 精度 $\pm 25\%$, 响应时间不大于 15 s;
- 能量灵敏度: 12keV 到 0.5MEV $\pm 15\%$ (E_V 电子伏);
- 传感面积: 最大 100cm²。

6.11.1.4 射线测试仪的布置

射线测试仪的传感元件应该置于距开断装置外表面 1m 的距离与可分开的触头和触指的同一水平面上 (如图 5)。当电气安装要求仪器定位大于 1m 时, 则测试的读数应该按下述平方反比律的规律进行修正:

$$R(1\text{m}) = R(d) \times d^2$$

这里 $R(d)$ 是距离为 d (单位: m) 时测量的射线水平, 是仪器到开断装置外表面的距离。

6.11.2 试验电压和测量程序

开断装置安装在试验支架上, 触头闭锁在规定的最小开距上, 射线测量仪的位置如图 5, 按照表 1 在开断装置的触头上施加额定电压 U_r , 15s 后, 在射线测试仪上读出 X 射线水平。

然后, 按照表 1 在开断装置的触头上施加额定短时工频耐受电压 U_d , 15s 后在射线测试仪上读出 X 射线水平。

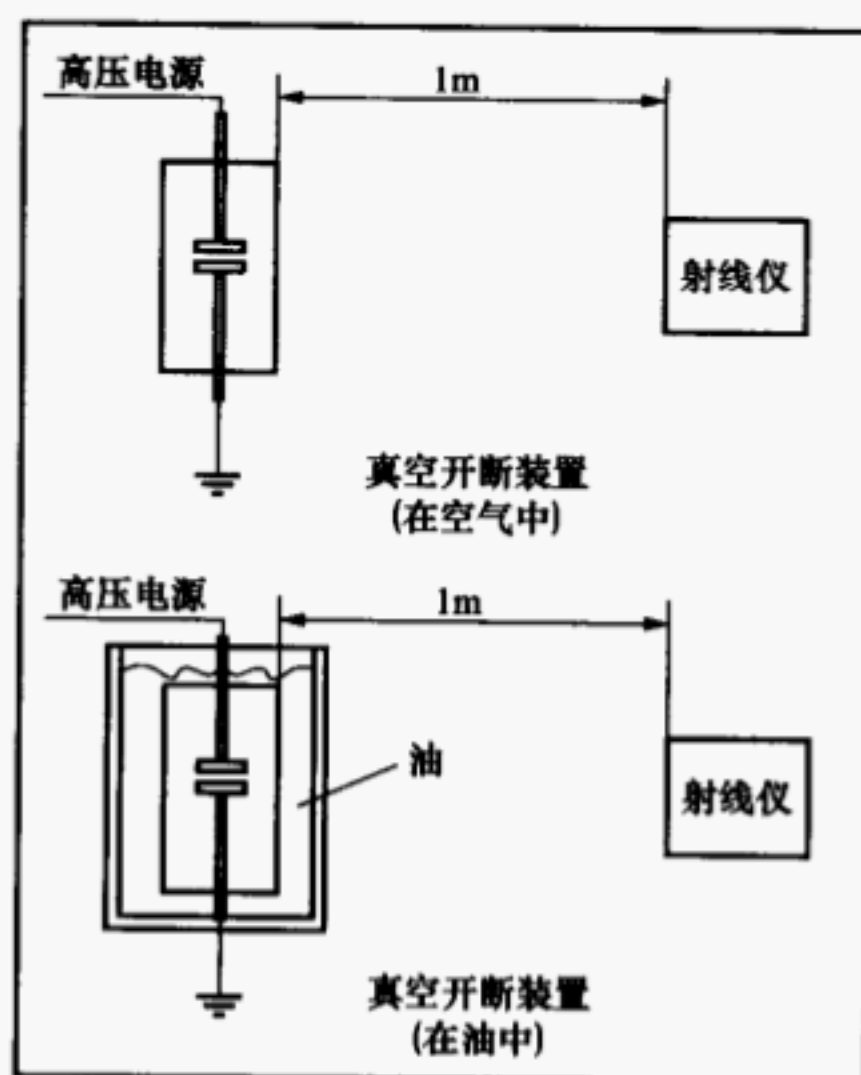


图 5 射线仪的试验布置

7 出厂试验

出厂试验是为了发现材料和制造中的缺陷，它不会损伤试品的性能和可靠性。出厂试验应该在制造厂任一合适的场所对每台成品进行检验，以确保与已经通过型式试验的设备相一致。根据协议，任一项出厂试验均可在现场进行。

本标准规定的出厂试验项目包括：

- a) 主回路的绝缘试验，按 7.1；
- b) 辅助和控制回路的试验，按 7.2；
- c) 主回路电阻的测量，按 7.3；
- d) 密封试验，按 7.4；
- e) 设计和外观检查，按 7.5；
- f) 机械操作和机械特性试验，按 7.6。

可能需要进行其他的出厂试验，这可在相关的产品标准中予以规定。

制造厂必须具备生产相关产品所需的整体安装和出厂试验的条件，需要拆装出厂的产品，在拆装前应在连接处作好标记。出厂试验原则上应在整台设备上进行，有困难的可以按运输单元进行单独的试验，在这种情况下制造厂应该证明这些试验的有效性（如泄漏率、试验电压、部分主回路的电阻等）。

产品出厂必须附有合格的出厂试验报告。

7.1 主回路的绝缘试验

应进行短时工频电压干试验。试验应按 GB/T 16927.1 和 6.2 的要求，在新的、清洁的和干燥的完整设备、单极或运输单元上进行。对于采用压缩气体作为绝缘的设备，试验时应使用制造厂规定的最低功能压力（密度）。

试验电压应是表 1 或表 2 中栏 2 的规定值，或是按有关产品标准，或是这些标准的适用部分。

如果开关设备和控制设备的绝缘仅为实心绝缘子和处于大气压力下的空气提供，只要检验其导电部分之间（相间、断口间以及导电部分和底架间）的尺寸即可，工频电压耐受试验可以免试。尺寸检查的基础是尺寸（外形）图，这些图是特定的开关设备和控制设备的型式试验报告的一部分（或是在型式试验报告中已被引用）。因此，在这些图样中应该给出尺寸检查所需的全部数据（包括允许偏差）。

7.2 辅助和控制回路的试验

7.2.1 辅助和控制回路的检查以及电路图和接线图的一致性验证

对材料的特性、装配的质量、成品以及必要时对防腐涂层应予检查。还应该通过外观检查检验隔热设施是否符合要求。

应对执行装置、联锁和锁定装置进行目测检查。

应检查外壳内的辅助和控制回路元件的安装是否正确，检查连接外部接线用的工具的位置，以保证多芯电缆的芯线的分开和导体的正确连接所需的接线空间。

应检查导体和电缆的路径是否正确，特别应注意要保证由于靠近尖锐的零部件、加热元件、或者运动部件的运动，不会引起导体和电缆的机械损伤。

元件和端子的识别以及如果适用时电缆和接线的识别均应予以验证。另外，应检查辅助和控制回路和电缆各级接线图的一致性以及制造厂提供的数据（如空余辅助触头的数量以及每对空余触头的等级，辅助和控制触头以外的触头数量、类型和能力，并联脱扣器的电源等）。

7.2.2 功能试验

对所有的低压回路均应进行功能试验，以验证与开关设备和控制设备的其他部件连接的辅助和控制回路的功能是否正确。试验程序取决于装置的低压回路的特征和复杂性，应在 4.8.3 规定的电源电压上限值和下限值下进行试验。

如果在完整的开关设备和控制设备的试验时已对低压回路、分装和元件进行过试验，这些试验可以

免试。

7.2.3 电击防护的验证

在正常运行状态下，应检查直接接触及主回路的防护以及易于触及的辅助和控制设备的安全触及性。如果可能（如不移开任何盖板），应在和 6.10.3 中规定的细节相同的条件下对接地金属部件的电气连续性进行试验。如不行，应进行目测检查。

7.2.4 绝缘试验

只进行工频试验，试验条件应与 6.2.10 中的规定相同。试验电压为 2kV、持续时间 1min。

7.3 主回路电阻的测量

对于出厂试验，主回路每极电压降或电阻的测量应该尽可能在与其型式试验时相似的条件（周围空气温度和测量部件）进行，试验电流应在 6.4.1 规定的范围内，测得的电阻不应超过 $1.2R_0$ ， R_0 为型式试验时温升试验前测得的电阻。

7.4 密封试验

出厂试验应在正常周围空气温度下，按制造厂的习惯在充以规定压力（或密度）的装配上进行。对于充气系统，可以用探头试漏。

7.4.1 气体的可控压力系统

试验程序应符合 6.8.1。

7.4.2 气体的封闭压力系统

试验应在生产过程中的不同阶段，在装配现场对部件、组装件和局部装配进行试验。

对于充气系统可以用检漏仪检漏，其灵敏度应不低于 $0.01\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 。

制造厂应该给出验收标准，它应符合规定的补充间隔时间，在特殊情况下，泄漏应用附录 D 给出的累积法来验证。

7.4.3 密封压力系统

7.4.3.1 使用气体的开关设备

试验程序应符合 6.8.3.1。

7.4.3.2 真空开关设备

每只真空灭弧室应该用它的出厂顺序编号识别，其真空压力应由真空灭弧室制造厂按 6.8.3.2 检验，检验结果应该做出书面记录，并应随真空灭弧室一并出厂。开关设备制造厂应对所购真空灭弧室进行进厂验收试验。

开关装置装配真空灭弧室之前应确认其真空压力是否满足要求，装配完成后，真空灭弧室的真空度应该在分闸状态下在触头间用有明显作用的出厂绝缘试验进行检验。试验电压为额定短时工频耐受电压。

绝缘试验应在出厂机械试验之后进行。

7.4.4 液体密封试验

出厂试验应该在正常的周围温度下，在完全装配好的开关设备和控制设备上进行。分装的试验是允许的，但最后的检验应在现场进行。

试验方法应和型式试验方法相同（见 6.8.4）。

7.5 设计和外观检查

开关设备和控制设备应经过设计和外观的出厂检查，以证明它们符合买方的技术要求。

7.6 机械操作和机械特性试验

开关设备和控制设备在工厂完全装配好之后应进行机械操作和机械特性试验。试验应按相关产品标准的要求进行，所测得的特性参数和操作条件应明确记录在出厂试验报告中，并随产品一起出厂。

8 开关设备和控制设备的选用导则

在开关设备和控制设备的相关产品标准中规定。

9 查询、投标和订货时应提供的资料

在开关设备和控制设备的相关产品标准中规定。

10 运输、储存、安装、运行和维护规则

按照制造厂给出的说明书，对开关设备和控制设备进行运输、储存和安装，以及运行和维护是十分重要的。因此，制造厂应该提供为开关设备和控制设备的运输、储存、安装、运行和维护的说明书。运输和储存的说明书应在交货前的适当时间提供，而安装、运输和维护的说明书最迟应在交货时提供。

本标准不可能详细列出每种不同类型设备的安装、运行和维护的全部规则，但下面给出的资料，对制造厂提供的说明书是十分重要的。

10.1 运输、储存和安装时的条件

如果开关设备和控制设备在运输、储存和安装时不能保证订货单中规定的工作条件（温度和湿度），制造厂和用户应就此达成专门的协议。

为了在运输、储存和安装以及在带电以前保护绝缘，防止因雨、雪或凝露等而吸潮，采取特殊的预防措施可能是必要的。在运输过程中的振动也应该给予考虑。对所有这些制造厂应该给出适当的说明。

10.2 安装

对于各种型式的开关设备和控制设备，制造厂提供的说明书至少应包括下列内容。

10.2.1 开箱和起吊

制造厂应该提供确保起吊和开箱所需的资料，包括必须使用的专用起吊和定位器具的细节。

10.2.2 总装图

如果开关设备和控制设备是整台组装后拆装发运的，所有的运输单元应该清晰地加以标记，并应随同开关设备和控制设备一起提供总装图。

10.2.3 安装

开关设备和控制设备、操动机构和辅助设备安装用的说明书应包括定位件和基础的详细说明，以便完成现场的准备工作。还应当有简要的说明：

- 包括灭弧或绝缘用液体的设备总质量；
- 灭弧或绝缘用液体的质量；
- 单独起吊的设备部件的质量，如果超过 100kg。

10.2.4 连接

说明书应包括的资料：

- a) 导体的连接，包括防止在开关设备和控制设备上产生过热和不必要的变形以及提供合适的电气间隙所需的要求；
- b) 辅助回路的连接；
- c) 如果有的话，液体或气体系统的连接，包括管道的尺寸和布置；
- d) 接地连接。

10.2.5 安装竣工检验

开关设备和控制设备安装完毕并完成所有的连接后，应进行检查和试验，制造厂应提供检查和试验的说明。这些说明应包括：

- 为了能正确地运行，建议进行现场试验的项目清单；
- 为了能达到正确地运行，可能需要进行调整的程序；

- 为了帮助将来做出维护的决定，建议进行并记录的有关测量项目；
- 关于最后检查和投运的说明。

电磁兼容性现场测量的导则在附录 F 中给出。

10.3 运行

制造厂给出的说明应包括以下资料：

- 设备的一般说明，特别是它的特性和运行的技术说明，应使用户能充分了解所涉及的原理；
- 设备的安全性能以及联锁和锁定装置操作的说明；
- 与运行有关的，为了对设备进行操作、隔离、接地、维护和试验等工作的说明。

10.4 维修

维修工作的有效性主要取决于制造厂编写的说明书的内容和用户的执行程度。

10.4.1 对制造厂的建议

a) 制造厂应出版包括以下资料的维修手册。

1) 维修的范围和频度，为此应考虑以下因素：

- 开合操作（电流和次数）；
- 总操作次数；
- 使用时间（断续的时间间隔）；
- 环境条件；
- 测量和诊断试验（如果有的话）。

2) 维修工作的详细说明：

- 推荐进行维修工作的场所（户内、户外、工厂、现场等）；
- 检查、诊断试验、检验和检修的程序；
- 参考图纸；
- 参考部件编号；
- 使用的专用设备和工具；
- 应注意的事项（如清洁度和有害的电弧分解物的可能影响）；
- 加润滑剂的方法。

3) 大修的开关设备和控制设备的部件的综合图纸，这些图纸应能清晰地识别出（部件的编号和说明）总装、分装和重要部件。

注：推荐用图解法将部件图放大，以表示出总装和分装中元件的相对位置。

4) 极限值和允许偏差，如果超过应进行必要的调整。例如：

- 压力、密度；
- 电阻器和电容器（主回路的）的数值；
- 操作时间；
- 主回路电阻；
- 绝缘液体或气体的特性；
- 液体或气体的数量和质量（对六氟化硫见 GB 12022 和 GB/T 8905）；
- 耐磨零件的允许磨损值；
- 转矩；
- 主要尺寸。

5) 辅助维修材料的规格，包括对已知的不相容材料的警告：

- 油脂；
- 油；
- 液体；

——清洁剂和去油剂。

6) 专用工具、起吊和维修用的设备清单。

7) 维修后的试验项目。

8) 推荐的备件(说明、代号、数量)和储存建议。

9) 有效计划维修时间的评估。

10) 当设备操作寿命终了时,考虑环境的要求,应如何对设备进行处理。

b) 制造厂应该告之某特定型号的开关设备和控制设备的用户,对可能出现的系统缺陷和失效需要进行的调整。

c) 备件的供应。从开关设备和控制设备最后的制造日期算起,在不少于 10 年的期限内,制造厂应负责确保维修用备件的不间断供应。

10.4.2 对用户的建议

a) 如果用户希望自行维修,其工作人员应具有有效的资格证书,以及对相应的开关设备和控制设备的详细了解。

b) 用户应当记录下列资料:

——开关设备和控制设备的生产厂名、出厂日期、编号和型号;

——开关设备和控制设备投入使用的日期;

——所有的测量和试验(包括开关设备和控制设备在寿命期内进行的诊断试验)的结果;

——进行维修工作的日期和范围;

——使用的历史,操作计数器的定期记录和其他需要说明的事项(例如短路操作次数);

——所有可参考的故障报告。

c) 如果出现故障和缺陷,用户应当建立一份故障报告,并应向制造厂说明特别的细节和采取的措施。根据故障的性质,用户应和制造厂一起做出故障分析。

10.4.3 故障报告

故障报告的目的是使开关设备和控制设备的故障记录标准化,它的目标如下:

——采用共同的术语来描述故障;

——为用户的统计资料提供数据;

——向制造厂反馈有意义的信息。

以下给出如何建立故障报告的指导。

a) 故障开关设备的确认:

——变电站的名称;

——开关设备的确认(制造厂、型号、出厂编号、额定值);

——开关设备的种类(空气、少油、六氟化硫、真空);

——使用场所(户内、户外);

——外壳;

——操动机构(液压、气动、弹簧、电动机、人力),如果适用。

b) 开关设备的历史:

——设备投运日期;

——故障/缺陷出现的日期;

——操作循环总数,如果适用;

——上次维修的日期;

——出厂以来对设备进行的任何改动的细节;

——上次维修以来操作循环的总数;

——发现故障/缺陷时开关设备的状态(运行、维修等)。

c) 对最初的故障/缺陷负责的分装/元件的确认:

- 高电压作用的元件;
- 电气控制和辅助回路;
- 操动机构, 如果适用;
- 其他元件。

d) 推测的促使故障/缺陷发生的因素:

- 环境条件(温度、风、雨、水、污秽、雷击等)。

e) 故障/缺陷的分类:

- 事故;
- 障碍;
- 缺陷。

f) 故障/缺陷的起源和原因:

- 起源(机械的, 电气的, 密封性, 如果适用);
- 原因(设计, 制造, 说明书不够详细, 不正确的安装, 不正确的维修, 负荷超过规定值等)。

g) 故障或缺陷的后果:

- 开关设备停工时间;
- 修理用去的时间;
- 劳动力的价格;
- 备件的价格。

故障报告可以包括以下内容:

- 图样、草图;
- 损坏元件的照片;
- 变电站的单线图;
- 运行情况和时间顺序;
- 记录和图表;
- 参考的维修或运行手册。

11 安全

仅当高压开关设备和控制设备按有关的规程安装, 并按制造厂的说明书使用和维修时, 它才能够安全地工作。

通常只有指派的人员才可以接近高压开关设备和控制设备。它应该由技术熟练的人员来使用和维修。如果对接近配电用开关设备和控制设备不加限制, 就需要有附加的安全性能。

本标准的以下规定为开关设备和控制设备提供了防止各种危险的人身安全措施。

11.1 电气方面

- 隔离断口的绝缘(见 4.2);
- 接地(间接接触)(见 5.3);
- 高电压回路和低电压回路分离(见 5.4);
- IP 代码(直接接触)(见 5.13)。

11.2 机构方面

- 承压元件(见 5.2);
- 人的操作力(见 5.6.4);
- IP 代码(可动部件)(见 5.13.1);
- 机械撞击的保护(见 5.13.3)。

11.3 热的方面

- 可触及部件的最高温度（见表 3）；
- 易燃性（见 5.17）。

11.4 操作方面

- 动力操作（见 5.5）；
- 人力储能（见 5.6.4）；
- 不依赖人力的操作（见 5.7）；
- 联锁装置（见 5.11）；
- 位置指示（见 5.12）。

12 产品对环境的影响

制造厂应该提供有关开关设备对环境的影响所需要的资料。

如果开关设备和控制设备使用流体，根据实际情况，说明中应该为用户规定允许的工作状况：

- 最小的泄漏率；
- 对新的和使用过的流体进行控制。

制造厂应该对有关设备的不同材料的使用寿命和拆除的程序给予必要的指导，对再循环使用的可能性给予简要的说明。

附 录 A
(规范性附录)
试 品 的 确 认

对于每台试品,如果适用,制造厂应该向试验室提交下列资料和图样(但不一定要包括在试验报告内)。试验报告内包括的资料在 6.1.3 中给出。

A.1 资料

- 制造厂名称;
- 设备的型号,额定值和出厂编号;
- 设备的简述(包括极数、联锁系统、母线系统、接地系统和电弧的熄灭过程);
- 主要部件的制造厂、型号、出厂编号和额定值(主要部件例如操动机构、灭弧室、并联阻抗、继电器、熔断件、绝缘子);
- 熔断件和保护装置的额定特性;
- 设备打算是在垂直位置还是在水平位置操作。

A.2 图样

提交的图样	图样内容(如果适用)
主回路的单线图	主要元件的型号
总装图 注:对于成套设备,可能需要提供整套设备和各个开关装置的图样。	外形尺寸 支持结构 外壳 压力释放装置 主回路的导电部件 电气间隙: ——对地、断口间 ——极间 极间隔板的位置和尺寸 接地金属屏蔽、活门或隔板相对于带电部分的位置 绝缘液体的液位 绝缘子的位置和型号 仪用互感器的位置和型号
绝缘子的详图	材料 尺寸(包括剖面图和爬距)
电缆箱的配置图	电气间隙 主要尺寸 端子 箱内绝缘填充物的规格、液位或数量 电缆头的详图

(续)

提交的图样	图样内容 (如果适用)
主回路部件和毗连的元件的详图	主要部件的尺寸和材料 通过主触头和弧触头中心线的剖视图 动触头行程曲线 断口间的电气距离 触头刚合点和触头运动终了点间的距离 静触头和动触头装配 端子 (尺寸、材料) 的详图 弹簧的标志 绝缘部件的材料和爬距
机构 (包括联动机构和操动机构) 的详图	连接到下列部件的运动链的主要元件的布置和标志 ——主触头 ——辅助开关 ——指示开关 ——位置指示器 扣锁装置 机构的装配 联锁装置 弹簧的标志 控制和辅助装置
辅助和控制回路的电路图 (如果适用)	所有元件的型号

附录 B (规范性附录)

在给定的短路持续时间内短时电流等效值的确定

应当使用图 B.1 所示的方法来确定短时电流 (见 6.6.2)。

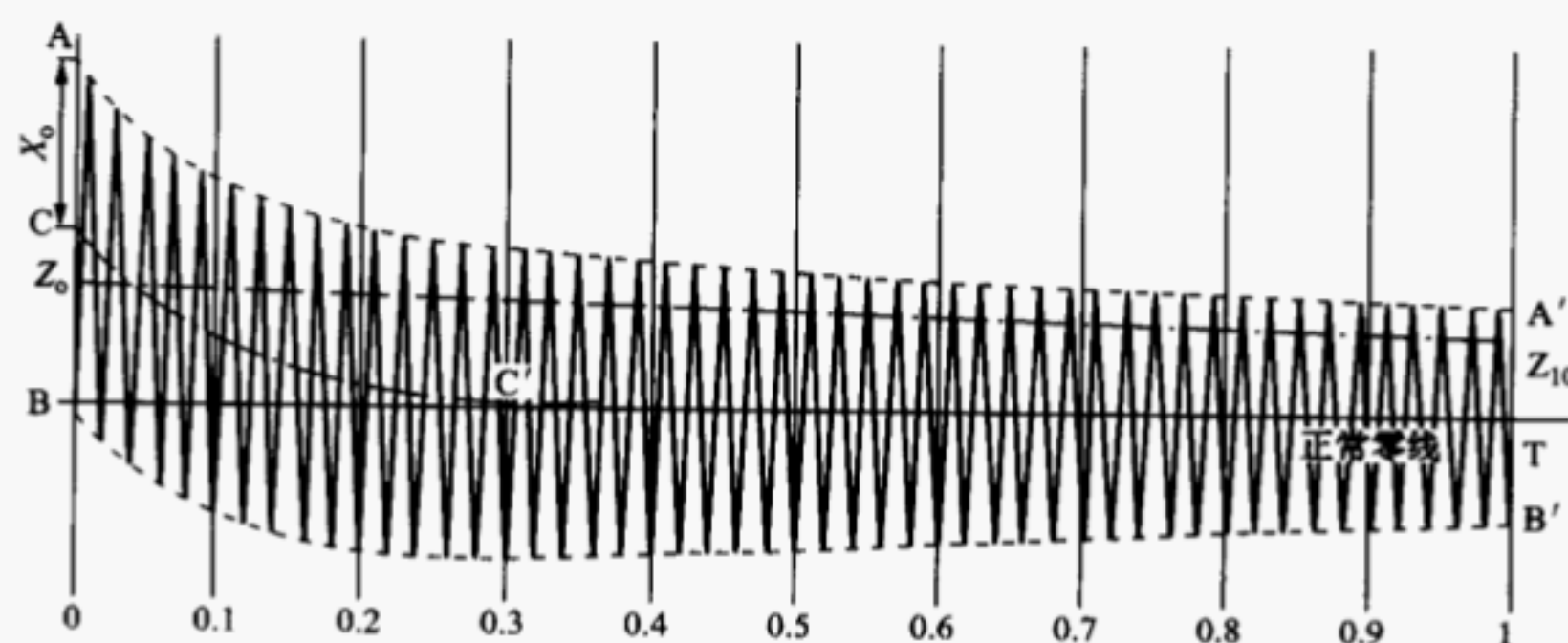
将试验的总时间 t_t 用垂直线 0、0.1…1 分成 10 等分, 并在这些垂直线上测量电流交流分量的有效值。这些值用 Z_0 、 $Z_1 \cdots Z_{10}$ 表示。

这里, $Z = X / \sqrt{2}$, X 是电流交流分量的峰值。

在时间 t_t 内电流的等效有效值为:

$$I_t = \sqrt{\frac{1}{30} [Z_0^2 + 4(Z_1^2 + Z_3^2 + Z_5^2 + Z_7^2 + Z_9^2) + 2(Z_2^2 + Z_4^2 + Z_6^2 + Z_8^2) + Z_{10}^2]}$$

由 CC' 表示的电流的直流分量没有计入。



AA' 、 BB' — 电流波的包络线;

CC' — 在任一瞬间电流的零线对正常零线的偏移;

Z_0 、 $Z_1 \cdots Z_{10}$ — 在任一瞬间从正常零线测定的电流交流分量的有效值, 忽略直流分量;

X_0 — 短路起始瞬间电流交流分量的峰值;

BT — 短时持续时间, t_t 。

图 B.1 短时电流的确定

附录 C
(规范性附录)

户外开关设备和控制设备的防雨试验方法

受试的开关设备和控制设备应该完全装好，配齐所有的盖板、屏蔽、套管等，放在有人工淋雨设备的场所。对于几个功能单元组成的开关设备和控制设备，最少应该用两个单元来试验它们之间的连接的防雨性能。

人工淋雨设备应该具有足够的数量，以便在受试表面产生均匀的淋雨。如果均匀的淋雨也同时加到了下列的两个部位，那么开关设备和控制设备的各个部分可以分别试验：

- a) 从装在适当高度上的喷嘴产生的淋雨加到设备的顶部表面；
- b) 设备置于制造厂规定的离地面的最低高度上，淋雨加到设备受试部分前方距离 1m 以内的地面上。

如果设备的宽度超过 3m，可以依次对 3m 宽的区域淋雨。充压外壳不需要进行防雨试验。

本试验采用的每个喷嘴，应该产生均匀分布的截面呈正方形的淋雨束；在压力 $460\text{kPa}\pm 46\text{kPa}$ 和喷嘴射角 $60^\circ\sim 80^\circ$ 时，应该有 $30\text{ L/min}\pm 3\text{ L/min}$ 的流量。在淋雨正对受试表面的情况下，喷嘴的中心线应该向下倾斜，使得淋雨束的顶部呈水平射出。将喷嘴布置在垂直的立管上，相互间间隔 2m 左右是合适的（见图 C.1 中的试验布置）。

在流动条件下，喷嘴供水管中的压力应该为 $460\text{kPa}\pm 46\text{kPa}$ 。加到各受试表面的淋雨率应该约为 5 mm/min ，且各受试表面应该经受持续 5min 的人工淋雨。喷嘴应该放在离最近的受试表面 2.5m~3m 处。

注：如果采用图 C.2 的喷嘴，当压力为 $460\text{kPa}\pm 46\text{kPa}$ 时，则认为淋雨量符合本标准。

试验完成后，应该立即检查设备，以确定是否满足下列要求：

- 1) 在主回路和辅助回路的绝缘上应该见不到水迹；
- 2) 在设备内部的电气元件和机构上应该见不到水迹；
- 3) 结构件或其他非绝缘部件应该没有明显的积水（以减少腐蚀）。

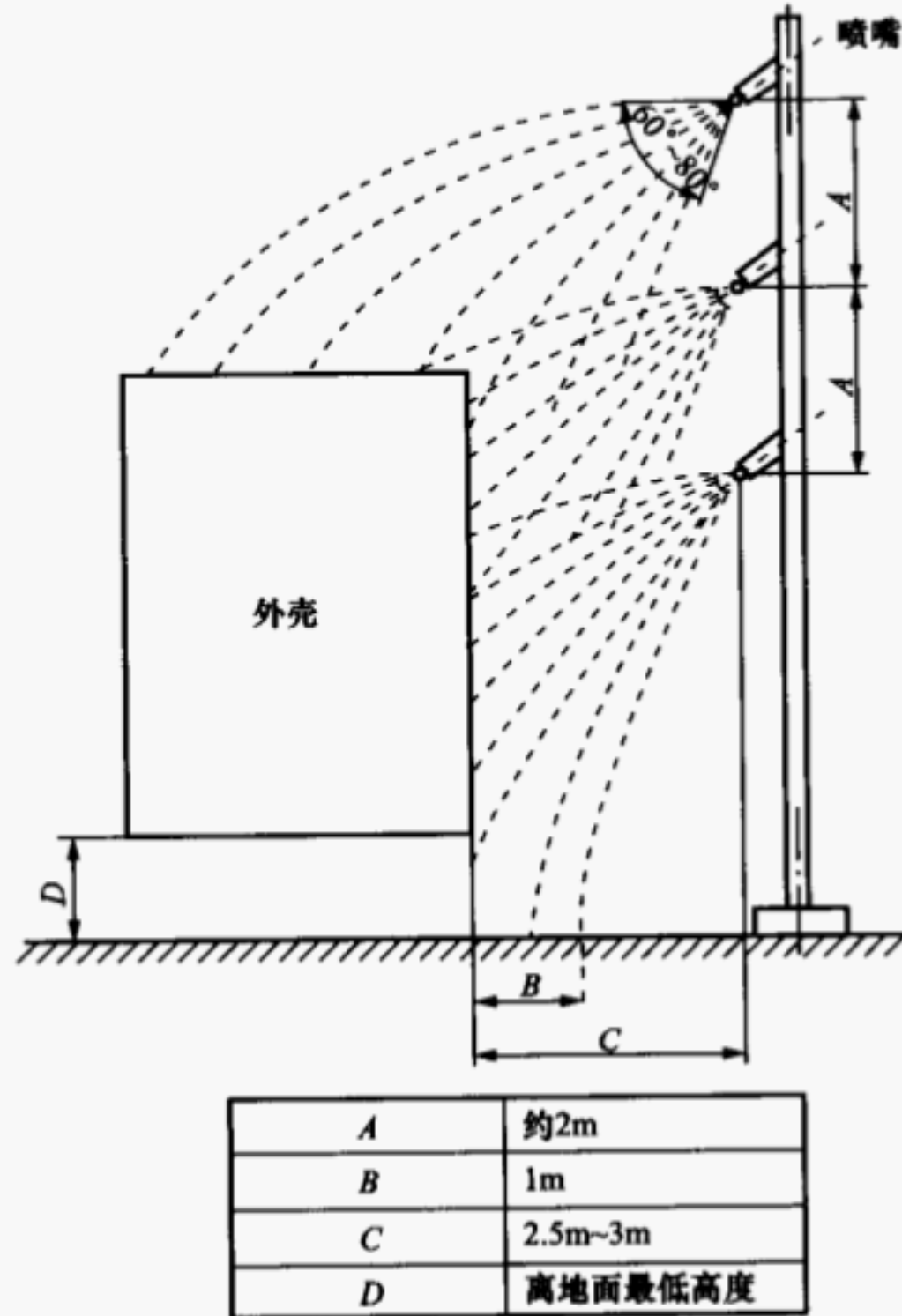


图 C.1 防雨试验的布置

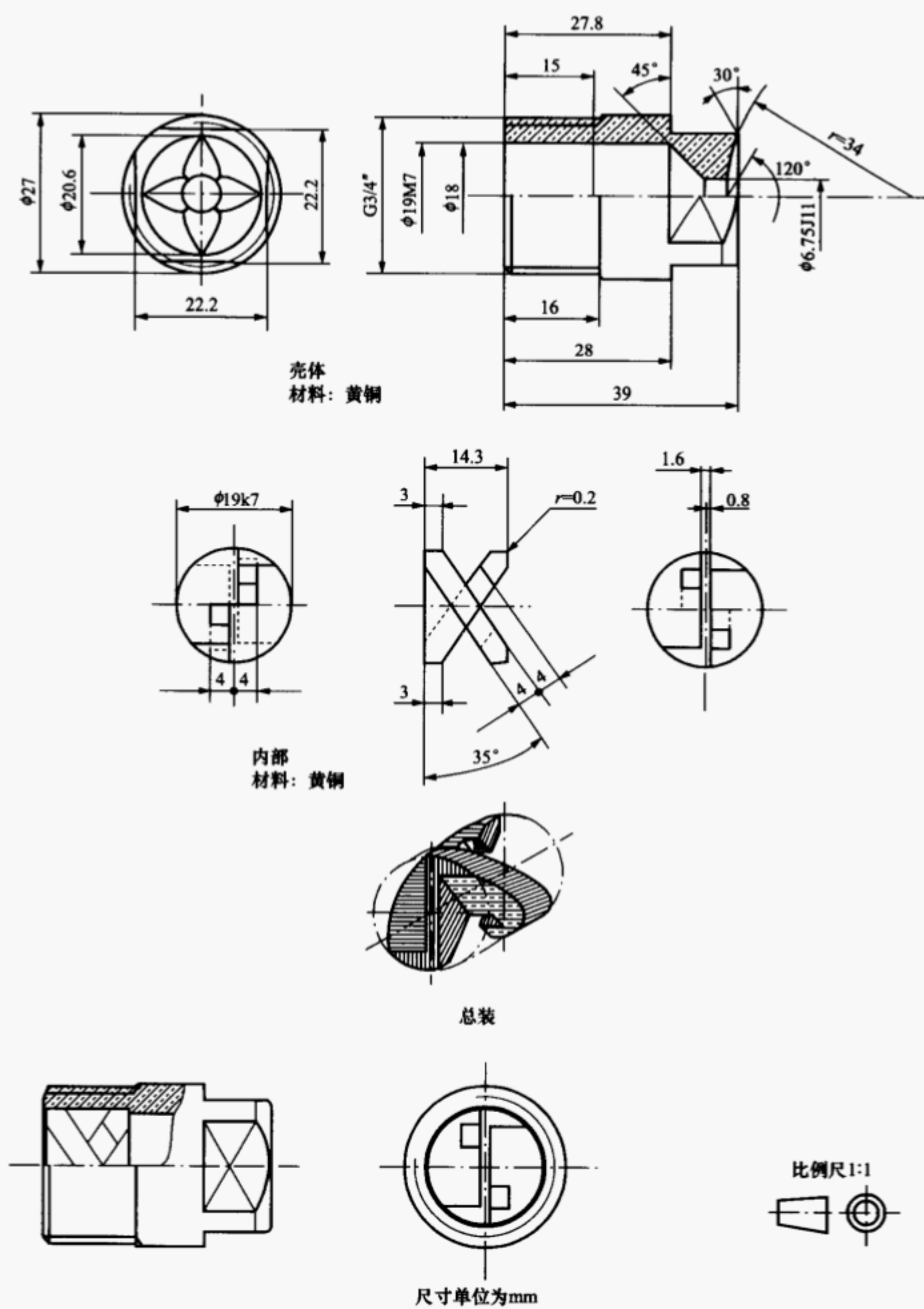
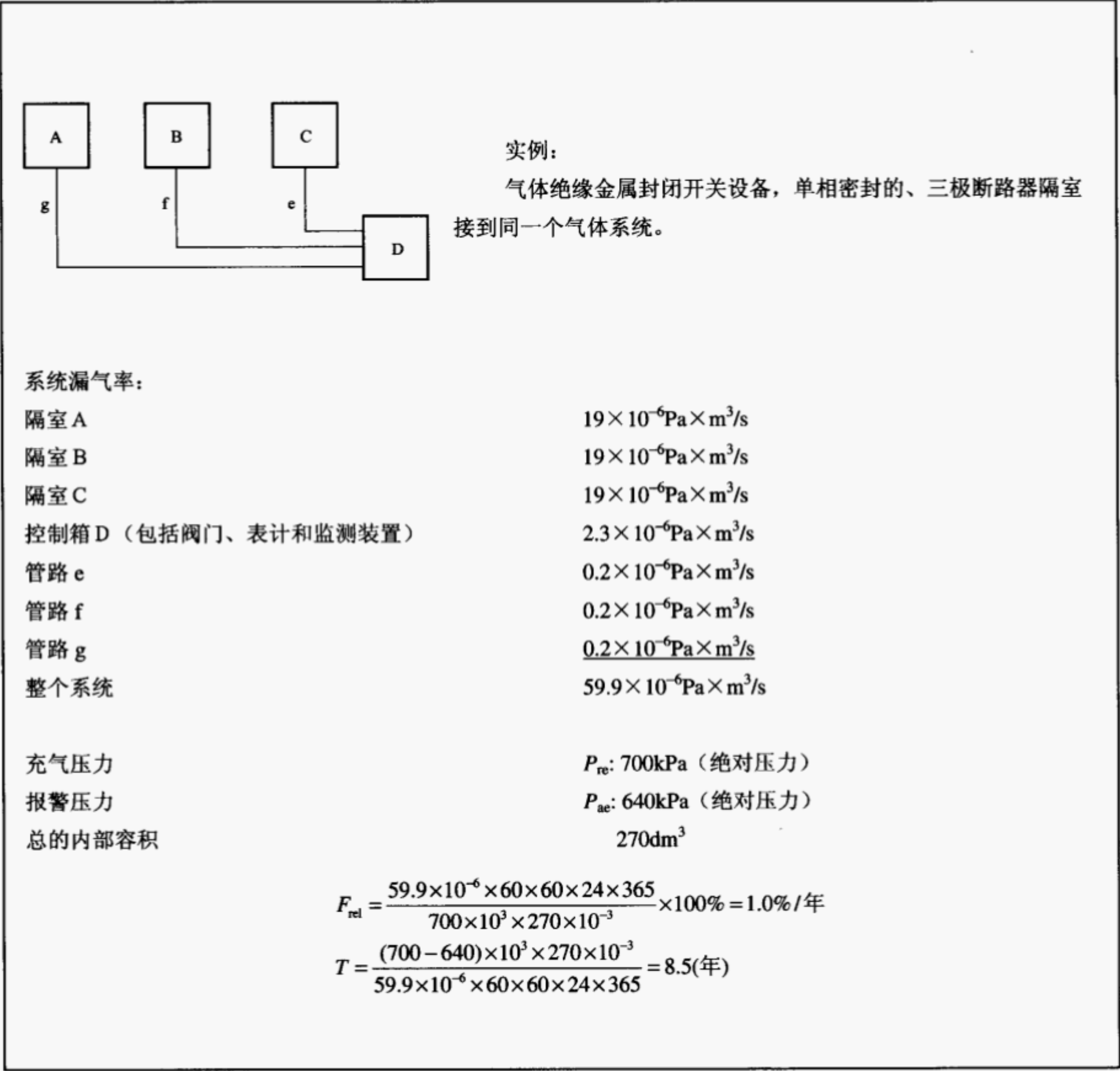


图 C.2 防雨试验用的喷嘴

附录 D
(资料性附录)
密封性 (资料、实例和指导)



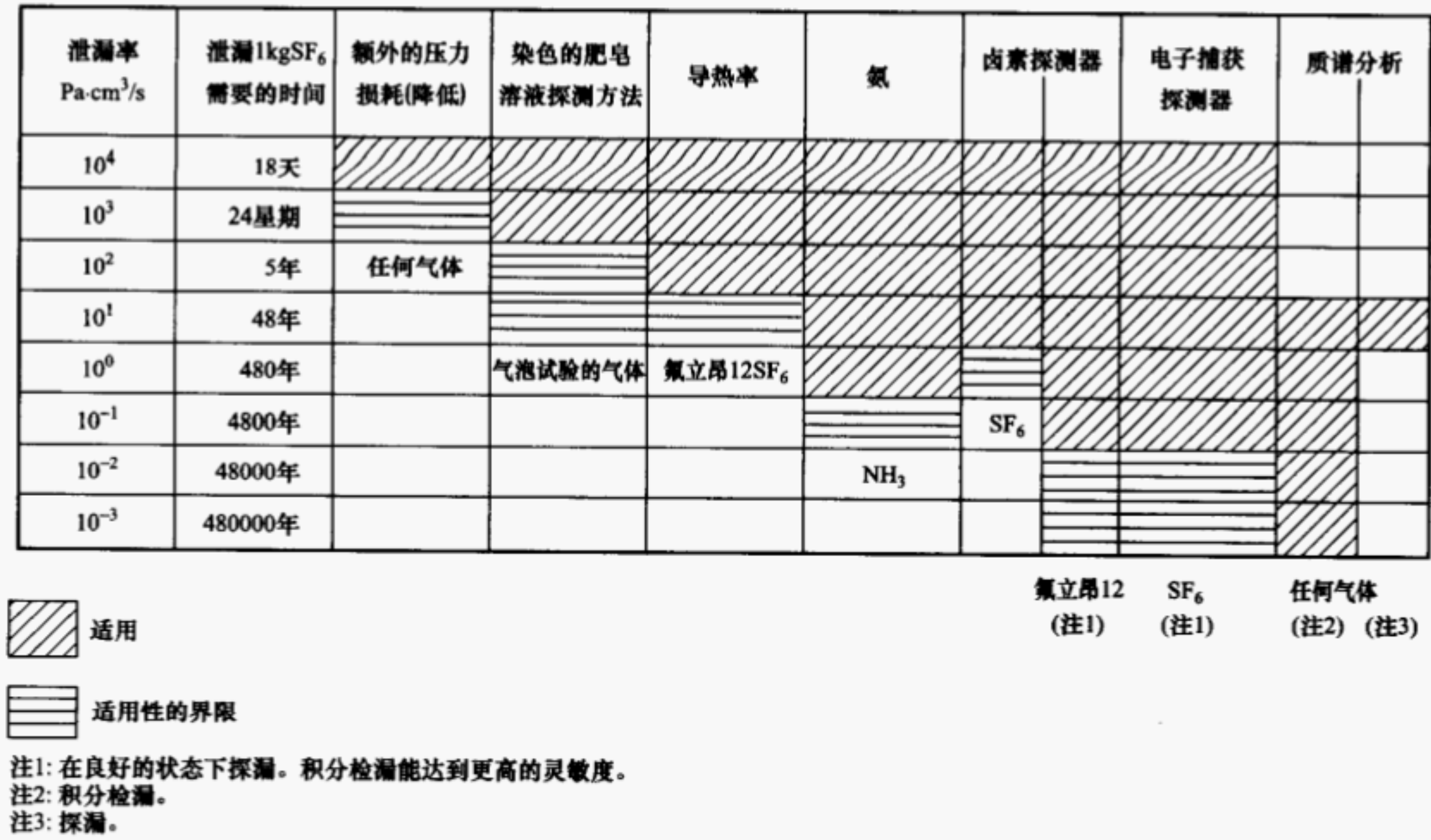


图 D.2 密封试验时不同的泄漏探测方法的灵敏度和适用范围

附录 E
(资料性附录)
参 考 资 料

在本标准中参考了下列国际标准:

- IEC 60068—2—6:1995, 环境试验——第 2 部分: 试验——FC 试验: 振动(正弦的)
- IEC 60099—4:1991, 避雷器——第 4 部分: 交流系统用无间隙金属氧化物避雷器
- IEC 62271—102:2001, 高压交流隔离开关和接地开关
- IEC 60233:1994, 电气设备用空心绝缘子的试验
- IEC 60273:1990, 标称电压 1000V 以上系统中户内和户外支柱绝缘子的特性
- IEC 60664—1:1992, 低压系统中设备的绝缘配合——第 1 部分: 原理, 要求和试验
- IEC 60721—2—2:1988, 环境条件分类——第 2 部分: 自然环境条件——降水和风
- IEC 60721—2—4:1987, 环境条件分类——第 2 部分: 自然环境条件——太阳辐射和温度
- IEC 60721—3—3:1994, 环境条件分类——第 3 部分: 环境参数及其严酷程度组的分级——第 3 节: 有气候防护场所固定使用
- IEC 60721—3—4:1995, 环境条件分类——第 3 部分: 环境参数及其严酷程度组的分级——第 4 节: 无气候防护场所固定使用
- IEC 60943:1989, 电气设备部件(特别是端子)的允许温度和温升的分类导则
- IEC 61000—4—1:1992, 电磁兼容性(EMC)——第 4 部分: 试验和测量技术——第 1 节: 抗扰性试验的综述——基本 EMC 出版物
- ISO9001:1994, 质量体系——设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式
- ISO9002:1994, 质量体系——生产、安装和服务的质量保证模式

附 录 F
(资料性附录)
电磁兼容性的现场测量

EMC 现场测量不是型式试验,但可以在特殊情况下进行:

- 确实需要验证辅助和控制回路的 EMC 严酷度等级所覆盖的实际应力的场合;
- 为了评估电磁环境以及需要时为了采取正确的缓解措施;
- 记录在主回路及辅助和控制回路中的开合操作引起的电磁感应电压。没有必要对所考虑的变电站的所有辅助和控制回路进行试验,应选择典型的结构。

测量感应电压是在不和系统断开的条件下,在辅助和控制回路和周围网络间的接口中有代表性的端子(例如控制柜的输入端子)上进行。5.18 描述了辅助和控制回路所涉及的范围。用来记录感应电压的仪器应当按照 IEC 60816 所述的方法连接。

主回路及辅助和控制回路中的开合操作都应当在正常工作电压下进行。感应电压会有统计上的变化,因此,应当选择有代表性的关合和开断次数,而且关合和开断的瞬间都是随机的。

主回路的开合操作应当在负载侧带有与正常工作电压相应的残留电荷的条件下进行。这一条件在试验时可能难以实现,作为替代,试验程序如下:

- 关合操作前将负载侧放电,保证残留电荷为零;
 - 将关合操作中记录到的电压值乘以 2,以模拟负荷侧有残留电荷的条件。
- 一次系统中的开关装置最好在额定压力和额定辅助电压下操作。

注 1: 关于感应电压,通常最严酷的情况是在只对变电站的一小部分开合时发生。

注 2: 特别是对 GIS,最严重的电磁干扰预计在隔离开关开合时发生。

因为主回路中的开合操作,记录到的或计算的感应共模电压的幅值,对辅助和控制回路的干扰不应超过 1.6kV。

5.18 的注中给出了改善电磁兼容性的导则。

附录 G (资料性附录)

利用电阻变化测量线圈温升的方法

G.1 电阻法是根据导体热电阻和冷电阻的电阻差来确定温升的方法，用来测定已知电阻温度系数的金属所制成的线圈温度。

G.2 热态和冷态的电阻应以同一方法和同一仪表测量。

G.3 测量线圈的电阻时，通过线圈的电流不应超过额定电流的 115%。对于交流线圈，电阻的测量应以直流进行。线圈电阻也可用电桥直接测量，所用仪器仪表精度不得低于 0.2 级。

G.4 在测量线圈的冷态电阻前，线圈应在试验室内放置 8h 以上。

G.5 测量冷态与热态电阻时，其导线的连接点应固定不变、接触良好，建议将用作测量线圈电阻（特别是小电阻）的导线焊接在接线点上。

G.6 当用电阻法测量线圈温度时，线圈的温升 τ 由下式确定：

$$\tau = \theta_2 - \theta_\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \left(\frac{1}{\alpha} + \theta_1 \right) + \theta_1 - \theta_\alpha$$

式中：

θ_α ——测量线圈热态电阻时的周围空气温度，℃；

θ_2 ——线圈在热态下的温度，℃；

θ_1 ——与周围空气温度相同时的线圈冷态温度，℃；

R_1 ——温度为 θ_1 时线圈的电阻，Ω；

R_2 ——温度为 θ_2 时线圈的电阻，Ω；

α ——0℃时线圈导线的电阻温度系数（铜为 $\frac{1}{234.5}$ ，铝为 $\frac{1}{245}$ ）。

对于直流电压线圈，如果试验不是在最高周围空气温度+40℃时进行，则按本条公式得到的线圈温升数值，可乘以系数 K 换算到+40℃时的温升。

$$K = \frac{\frac{1.6}{\alpha} + \theta_\alpha}{\frac{1.6}{\alpha} + 40}$$

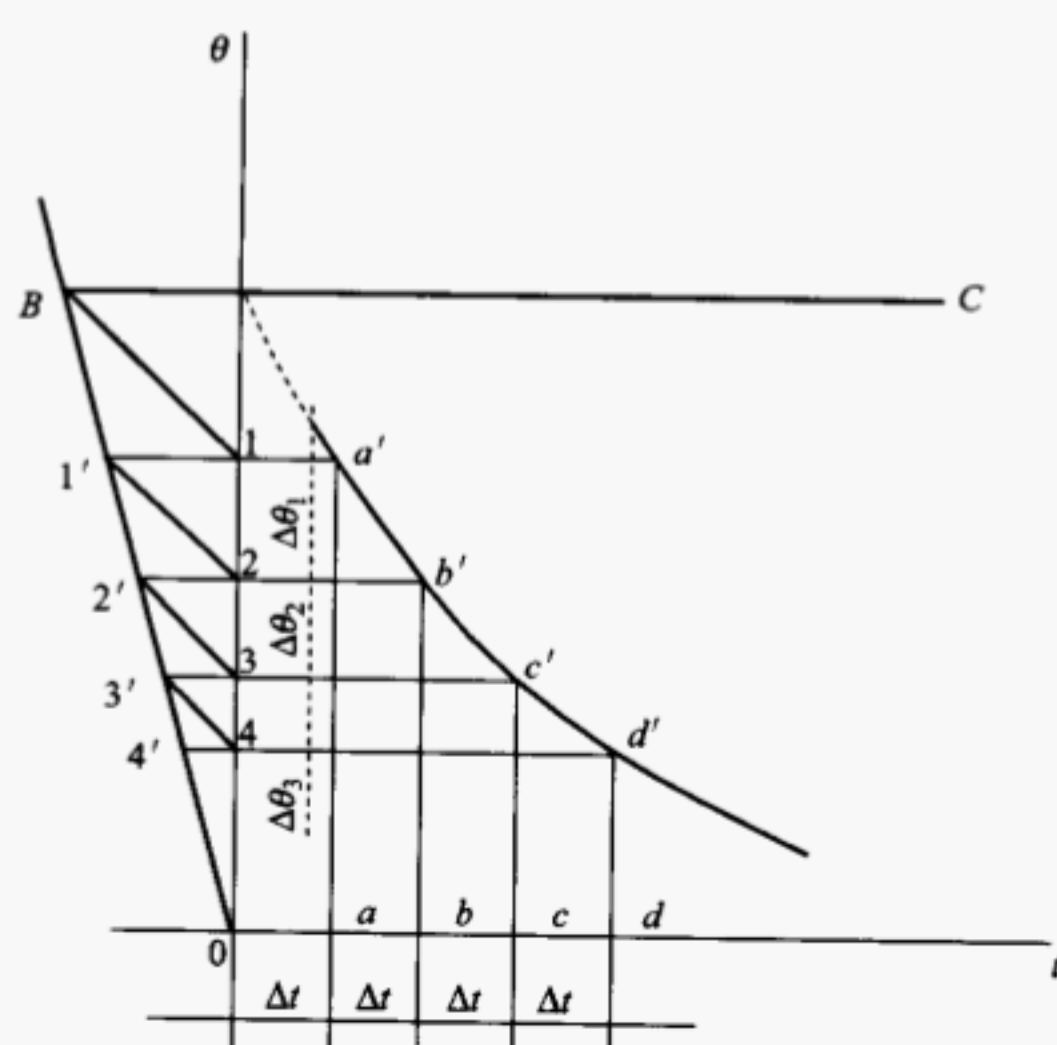
G.7 如果在试验終了前不可能直接测量最高温度时的电阻（如交流线圈中），则可在试验終了后，经一定的时间间隔，用电阻法测定冷却曲线（温度与时间的关系），再根据冷却曲线用外延法（此法仅适用于连续的指数曲线性质的降温曲线）决定在停止试验时的最高温度升。

冷却曲线的外延法如下：

用半对数坐标纸在横坐标 $0t$ 轴上取等时间间隔 Δt ，得点 $a、b、c、d$ ，通过 $a、b、c、d$ 各点作 $0t$ 轴的垂直线与试验所得曲线交于 $a'、b'、c'、d'$ 。通过 $a'、b'、c'、d'$ 作 $0t$ 轴的平行线，交纵坐标 0θ 于 1、2、3、4 并向左延伸，使 $33'$ 等于 $\Delta\theta_3$ ， $22'$ 等于 $\Delta\theta_2$ ， $11'$ 等于 $\Delta\theta_1$ 。通过 $0、3'、2'、1'$ 各点连直线（近似地）。然后过 1 作 $21'$ 的平行线与所连直线交于 B 点。过 B 点作 $0t$ 轴的平行线与 0θ 轴之交点即为所求的温升 θ_M 。

试验停止后，自然冷却的物体，也可用冷却曲线的外推法推算出线圈最高发热温升。冷却曲线的外推法如下：

试品停电后，在自然冷却过程中，始于冷却不久的瞬间 t_1 和 t_2 分别测得的温升为 τ_1 和 τ_2 ，然后根据下式推算最高温升 τ_M 。



$$\tau = \tau_M \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

试品最高温升推算公式为:

$$\tau_M = e^{\frac{t_2 \ln \tau_1 - t_1 \ln \tau_2}{t_2 - t_1}}$$

式中:

- τ_M ——试品最高温升, 即为冷却曲线起始温升, K;
- t_1 、 t_2 ——试品停电后不久测得 τ_1 、 τ_2 温升值的时刻, s;
- τ_1 、 τ_2 ——试品停电后不久的 t_1 、 t_2 时刻测得的温升值, K;
- T ——冷却时间常数, s。

附录 H (规范性附录)

开关设备和控制设备凝露试验方法

H.1 适用范围

本附录适用于户内开关设备和控制设备以及用于户外的封闭式开关设备内装用的户内开关设备和控制设备。气体绝缘封闭开关设备除外。

H.2 对试验室和试验设备的要求

凝露试验应在人工气候室内进行。人工气候室的容积应为被试设备体积的(5~15)倍,被试设备与试验室的墙壁、天花板和其他接地设备之间的距离必须大于被试设备的相间距离和相对地距离的1.5倍。应保证进行绝缘试验时,试品的带电部分不会发生对墙壁、天花板或邻近设备的放电现象。

凝露试验室的空气温度应控制在 $10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内,相对湿度应可控制在85%~100%之间。

为了保证人工气候室内的相对湿度是均匀的,气候室应该装设可以直接向室内注入蒸汽雾或冷雾的喷雾设备。冷雾用喷雾装置可将自来水直接喷成雾状均匀散布在气候室内,所用自来水的电导率应小于 $500\mu\text{S}/\text{cm}$,雾滴平均直径应小于 $20\mu\text{m}$ 左右。

人工气候室应具备工频和冲击电压试验电源。工频试验变压器的短路容量至少为1A,频率为 $50\text{Hz}\pm 5\text{Hz}$,并应装有短路保护装置。试验电压应能在相对湿度为85%~100%之间时保持稳定。

试验电压的测量应符合GB 16927.1的规定,测试装置应直接与试品并联。试验室的湿度测量一般采用通风式精密干湿球湿度计,应在室内湿度达到均匀和稳定后进行测量。

试验室内还应设有加热装置,以便控制湿度或用于去雾。试验室内的风速应小于 $0.15\text{m}/\text{s}$ 。

H.3 试品的布置

被试开关设备和控制设备应按实际运行要求进行完整的组装,并按实际运行安装方式安装。试品应置于试验室内距地面高度不小于0.5m的多孔基架上,试验电源可直接与试品端子相连。

H.4 试验程序

- 将试品置于基架上,使试验室内的空气温度为 $10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内,放置时间应不少于12h,使试品的温度和试验室的温度基本相同。
- 将试品的外绝缘部件擦拭干净,试品的外壳和需接地的部件均可靠接地,将电流互感器的二次侧短接、电压互感器的二次侧开路,加热和驱潮装置应切断电源。
- 开启喷雾装置,使气候室内的相对湿度尽快达到95%~100%。当试品外绝缘的表面形成稳定的凝露(即在外绝缘表面形成互不连接的均匀分布的水珠)时,开始按要求进行绝缘试验,绝缘试验时的相对湿度可控制在85%~95%之间。试品进行绝缘试验时,试验人员应严格监视外绝缘表面的凝露状况,如果发生水珠连接成片并有滴水现象时应停止绝缘试验,要将试品去雾后重新凝露再进行绝缘试验。喷雾期间试验室的门、窗应关闭。
- 试验电压的施加。

按本标准6.2.5的规定,对开关装置在合闸和分闸状态下,按相分别施加被试设备的额定短时工频耐受电压和额定雷电冲击耐受电压,见表1。

对开关设备和控制设备的辅助和控制回路进行工频电压耐受试验,试验电压2000V、持续时间1min,

应无破坏性放电。

e) 通过试验的判据。

见本标准 6.2.4 及相关产品标准的规定。
