



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 486 — 2010
代替 DL/T 486 — 2000

高压交流隔离开关和接地开关

High-voltage alternating-current disconnectors and earthing switches
(IEC 62271-102:2002 High-voltage switchgear and controlgear-part
102: high-voltage alternating current disconnectors
and earthing Switches, MOD)



2011-01-09发布

2011-05-01实施

国家能源局 发布

目 次

前言	IV
1 概述	1
1.1 范围	1
1.2 规范性引用文件	1
2 正常和特殊使用条件	1
3 术语和定义	2
3.1 通用术语	2
3.2 开关设备和控制设备的总装	2
3.3 总装的组成部分	2
3.4 开关装置	2
3.5 开关装置的部件	3
3.6 操作	4
3.7 特性参量	5
4 额定值	7
4.1 额定电压 (U_r)	8
4.2 额定绝缘水平	8
4.3 额定频率 (f_r)	8
4.4 额定电流和温升	8
4.5 额定短时耐受电流 (I_k)	8
4.6 额定峰值耐受电流 (I_p)	8
4.7 额定短路持续时间 (t_k)	8
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)	8
4.9 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源频率	8
4.10 可控压力系统压缩气源的额定压力	8
4.11 绝缘和/或操作用气体或液体的额定充入水平	8
4.101 额定短路关合电流	8
4.102 额定接触区	9
4.103 额定端子机械负荷	9
4.104 隔离开关母线转换电流开合能力的额定值	10
4.105 接地开关感应电流开合能力的额定值	10
4.106 隔离开关母线充电电流开合能力的额定值	10
4.107 隔离开关和接地开关机械寿命的额定值	10
4.108 接地开关电寿命的额定值	10
4.109 隔离开关小电感电流开合能力的额定值	11
5 设计和结构	11
5.1 对隔离开关和接地开关中液体介质的要求	11
5.2 对隔离开关和接地开关中气体介质的要求	11
5.3 隔离开关和接地开关的接地	11

5.4 辅助和控制设备	11
5.5 动力操作	11
5.6 储能操作	11
5.7 不依赖人力的操作	11
5.8 脱扣器的操作	11
5.9 低压力和高压力闭锁及监视装置	11
5.10 铭牌	11
5.11 联锁装置	12
5.12 位置指示	12
5.13 外壳的防护等级	12
5.14 爬电距离	12
5.15 气体和真空的密封	12
5.16 液体的密封	12
5.17 易燃性	12
5.18 电磁兼容性（EMC）	13
5.19 X射线的辐射	13
5.20 腐蚀	13
5.101 对接地开关的专门要求	13
5.102 对隔离开关断口的要求	13
5.103 机械强度	13
5.104 隔离开关和接地开关的操作——动触头系统的位置及其指示、信号装置	13
5.105 人力操作允许的最大力	14
5.106 尺寸公差	14
5.107 对机械传动系统和导电回路的要求	14
5.108 对隔离开关和接地开关用瓷支持绝缘子和操作绝缘子的要求	15
5.109 对同一操动机构操动的两极或三极隔离开关的要求	15
6 型式试验	15
6.1 概述	15
6.2 绝缘试验	16
6.3 无线电干扰电压（r.i.v）试验	17
6.4 回路电阻的测量	17
6.5 温升试验	17
6.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验	17
6.7 防护等级检验	19
6.8 密封试验	19
6.9 电磁兼容性试验（EMC）	19
6.10 辅助和控制回路的附加试验	19
6.11 真空开断装置X射线试验程序	19
6.101 接地开关短路关合能力试验	19
6.102 机械操作和机械寿命及联锁功能试验	19
6.103 严重冰冻条件下的操作	22
6.104 极限温度下的操作试验	23
6.105 位置指示装置的功能试验	24

6.106 隔离开关母线转换电流开合能力试验	24
6.107 接地开关感应电流开合能力试验	24
6.108 隔离开关母线充电电流开合能力试验	24
6.109 隔离开关小电感电流开合能力试验	24
6.110 外壳的压力耐受试验	24
6.111 内部故障电弧试验	24
6.112 抗震试验	24
7 出厂试验	24
7.1 主回路的绝缘试验	24
7.2 辅助和控制回路的绝缘试验	25
7.3 主回路电阻的测量	25
7.4 密封试验	25
7.5 设计和外观检查	25
7.6 机械操作和机械特性试验	25
8 隔离开关和接地开关的选用导则	25
8.101 概述	25
8.102 正常运行条件下额定值的选择	25
9 随询问单、标书和订单提供的资料	27
9.101 随询问单和订单提供的资料	27
9.102 随标书提供的资料	28
10 运输、储存、安装、运行和维护规则	29
10.1 运输、储存和安装时的条件	30
10.2 安装	30
10.3 运行	30
10.4 维修	30
11 安全	30
11.1 电气方面	30
11.2 机械方面	30
11.3 热的方面	30
11.4 操作方面	30
12 产品对环境的影响	30
附录 A (规范性附录) 位置指示装置的设计和试验	35
附录 B (规范性附录) 隔离开关开合母线转换电流	39
附录 C (规范性附录) 接地开关开合感应电流	44
附录 D (资料性附录) 接地开关操作 (暂时接近) 时最不利的绝缘位置的试验电压	51
附录 E (规范性附录) 对气体绝缘和/或金属封闭开关设备中使用的隔离开关和接地开关的特殊要求	52
附录 F (规范性附录) 额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备 ——隔离开关开合母线充电电流的要求	56
附录 G (资料性附录) 变压器中性点接地用隔离开关的额定绝缘水平	62
附录 H (规范性附录) 高压交流隔离开关和接地开关用瓷绝缘子技术要求	63

前　　言

本标准是根据 IEC 62271-102:2002《高压交流隔离开关和接地开关》的内容，对 DL/T 486—2000《交流高压隔离开关和接地开关订货技术条件》进行全面修订。本标准中各章、节的编排顺序与 IEC 62271-102:2002 完全一致，但在某些内容上根据我国电力系统的实际使用要求而有别于 IEC 62271-102: 2002，故为修改采用。

本标准与 IEC 62271-102:2002 版比较有以下一些主要变化：

- 适用范围：根据我国电网的实际情况，将 IEC 62271-102:2002 中的 60Hz 及以下，改为额定频率 50Hz；将 1kV 以上改为 3kV 及以上。
 - 正常和特殊使用条件、额定电压、额定绝缘水平、额定短路持续时间等方面差异，见 DL/T 593—2006 的前言。
 - 额定端子静态机械负荷：根据我国电力系统的需要对 IEC 62271-102:2002 的额定端子静态机械负荷值进行了修改。
 - 机械寿命的额定值：将 M1 级隔离开关的机械寿命试验次数由 2000 次修改为 3000 次或 5000 次。
 - 联锁装置：增加了对隔离开关与接地开关之间的联锁要求和型式试验项目。
 - 外壳的防护等级：IEC 62271-102:2002 中户外设备的箱体的防护等级最低为 IP3XDW、户内为 IP2X，本标准分别将其修改为户外 IP4XDW、户内 IP3X。
 - 根据我国电力系统对高压隔离开关和接地开关的材质、结构设计、润滑和绝缘子的要求，本标准增加了“5.107 对机械传动系统和导电回路的要求”、“5.108 对隔离开关和接地开关用瓷支持绝缘子和操作绝缘子的要求”、“6.102.7 隔离开关和接地开关支持绝缘子整体抗弯强度试验”和“6.112 抗震试验”等内容。
 - 无线电干扰电压（r. i. v）试验：将 IEC 62271-102:2002 的无线电干扰电平不得超过 $2500\mu\text{V}$ 修改为不超过 $500\mu\text{V}$ 。
 - 出厂试验：本标准规定出厂试验必须在工厂内进行整体组装后进行，不得在分装上进行，机械操作次数为 5 次。
 - 在附录 B 表 B.1 下增加一个“注”，明确指出用气体绝缘隔离开关开合空气绝缘母线的转换电流时，其额定母线转换电压应采用空气绝缘隔离开关的额定母线转换电压。
 - 增加了附录 H “高压交流隔离开关和接地开关用瓷绝缘子技术要求”。
- 本标准与 DL/T 486—2000 版比较有以下一些主要变化：
- “共用技术要求”：本标准根据 DL/T 593—2006 进行修订，而 DL/T 486—2000 是根据 DL/T 593—1996 制定的，因此在“共用技术要求”的内容上存在较大差异，具体差异见 DL/T 593—2006 前言。
 - 将 M1 级隔离开关的机械寿命试验次数由 2000 次修改为 3000 次或 5000 次。
 - 将接地开关的额定短路持续时间修改成至少应为 2s。
 - 将“接线座的机械负载额定值”修改为“额定端子机械负荷”，并将额定端子静态机械负荷值进行了部分修改。增加了 800kV 和 1100kV 的额定值。
 - 将 DL/T 486—2000 中无线电干扰电平不得大于 $2000\mu\text{V}$ 修改为不得大于 $500\mu\text{V}$ 。
 - 新增加了“5.107 对机械传动系统和导电回路的要求”、“5.108 对隔离开关和接地开关用瓷支持绝缘子和操作绝缘子的要求”等内容，并将原 DL/T 486—2000 中的相关内容包含在内。

——将户外箱体的防护等级由不得低于 IP3X 修改为不得低于 IP4XDW，将户内箱体的防护等级由不得低于 IP2X 修改为不得低于 IP3X。

——取消了 DL/T 486—2000 中“7.102 抽查试验”条款。

——在附录 B 表 B.1 下增加一个“注”，明确指出用气体绝缘隔离开关开合空气绝缘母线的转换电流时，其额定母线转换电压应采用空气绝缘隔离开关的额定母线转换电压。

——增加了附录 H “高压交流隔离开关和接地开关用瓷绝缘子技术要求”。

本标准应与 DL/T 593—2006 一起使用，本标准的章、节与 DL/T 593—2006 一致，新增的内容在同一章节内从 101 开始编号。

本标准实施后代替 DL/T 486—2000。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 E、附录 F、附录 H 为规范性附录。

本标准的附录 D、附录 G 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压开关设备标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：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：西安高压电器研究院有限责任公司、清华大学、华东电网有限公司、东北电网有限公司、吉林省电力有限公司、江苏省电力公司、上海市电力公司、武汉供电公司、广东电网公司电力科学研究院、西安西电高压开关有限责任公司、新东北电气集团高压开关有限公司、河南平高电气股份有限公司、湖南长高高压开关集团股份公司、山东泰开隔离开关有限公司、江苏省如高高压电器有限公司。

本标准主要起草人：崔景春、袁大陆、刘兆林。

本标准参加起草人：顾霓鸿、王学军、严玉林、田恩文、徐国政、于波、郎培英、高山、姚明、靖晓平、朱根良、杨雯、杨大锟、徐光辉、廖俊德、韩长庚、王成全。

本标准首次发布时间：1987 年 01 月 27 日，1992 年第一次修订，2000 年第二次修订，本次为第三次修订。

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

高压交流隔离开关和接地开关

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、端子是封闭或敞开的交流隔离开关和接地开关，以及它们的操动机构及其辅助设备。

封闭式开关设备和控制设备中的隔离开关和接地开关的附加要求在 GB 3906—2006、GB 7674—2008 和 IEC 62271—201:2003 中给出。

注：本标准不包括将熔断器作为其一个组件的隔离开关。

1.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅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 772 高压绝缘子瓷件 技术条件
- GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差（GB/T 1804—2000, eqv ISO 2768—1:1989）
- GB/T 2900.20—1994 电工术语 高压开关设备 [IEC 60050 (IEV): 1984, NEQ]
- GB 3804—2004 3.6kV~40.5kV 高压交流负荷开关 (IEC 60265—1:1998, MOD)
- GB 3906—2006 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备 (IEC 62271—200:2003, MOD)
- GB/T 4109 交流电压高于 1000V 的绝缘套管 (GB/T 4109—2008, IEC 60137, MOD)
- GB 4208 外壳防护等级 (IP 代码) (GB 4208—2008, IEC 60529:2001, IDT)
- GB/T 5273 变压器、高压电器和套管的接线端子 (GB/T 5273—1985, IEC 60518:1975, NEQ)
- GB/T 5582 高压电力设备外绝缘污秽等级 (GB/T 5582—1993, IEC 60507:1991, NEQ)
- GB/T 7354 局部放电测量 (GB/T 7354—2003, IEC 60270:2000, IDT)
- GB 7674—2008 额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备 (IEC 62271—203:2003, MOD)
- GB/T 8287.1 标称电压高于 1000V 系统用户内和户外支柱绝缘子 第 1 部分：瓷或玻璃绝缘子的试验 (IEC 60815—1:2002, MOD)
- GB/T 8287.2 标称电压高于 1000V 系统用户内和户外支柱绝缘子 第 2 部分：尺寸与特性 (IEC 60815—2:2002, MOD)
- GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 13540 高压开关设备和控制设备的抗震要求 (GB/T 13540—2009, IEC 62271—2:2003, MOD)
- GB/T 14810 110kV 及以上交流高压负荷开关 (GB/T 14810—1993, IEC 60265—2:1988, NEQ)
- DL/T 593—2006 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求 (IEC 60694:2002, MOD)
- IEC 62271—201:2003 额定电压 1kV 以上至 38kV 交流绝缘封闭开关设备和控制设备
- IEC 62271—203:2003 额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备和控制设备
- IEC 60865—1:1993 短路电流 效应的计算 第 1 部分：定义和计算方法

2 正常和特殊使用条件

按 DL/T 593—2006 中第 2 章的规定。

3 术语和定义

按 DL/T 593—2006 中第 3 章的规定，并作如下补充。

3.1

通用术语 general terms

3.1.101

户内开关设备和控制设备 **indoor switchgear and controlgear**

只能使用在建筑物或其他遮蔽物内的开关设备和控制设备，在这些场所可保护开关设备和控制设备免受风、雨、雪、冰、霜、凝露和沉积的尘埃等作用。

3.1.102

户外开关设备和控制设备 **outdoor switchgear and controlgear**

能使用在露天场所的开关设备和控制设备，能够耐受风、雨、雪、冰、霜、凝露和沉积的尘埃等作用。

3.1.103

(隔离开关或接地开关一个部件的) 温升 **temperature rise (of a part of a disconnector or earthing switch)**
部件温度与周围空气温度之差。

3.1.104

用户 user

使用隔离开关或接地开关的个体或法定团体。

注：用户可以包括隔离开关或接地开关的买方（如电力供应商），也可以包括承包公司、负责安装和维修的人员或操作人员，或其他对隔离开关、接地开关或变电站暂时或长期负责的人员，乃至开关设备的运行人员。

3.2

开关设备和控制设备的总装 **assemblies of switchgear and controlgear**

没有特别的定义。

3.3

总装的组成部分 **parts of assemblies**

没有特别的定义。

3.4

开关装置 **switching devices**

3.4.101

隔离开关 **disconnector**

在分闸位置时，触头间有符合规定要求的绝缘距离和明显的断开标志；在合闸位置时，能承载正常回路条件下的电流和在规定时间内异常条件（例如短路）下的电流的开关设备。当回路电流“很小”时，或者当隔离开关每极的两接线端间的电压在关合和开断前后无显著变化时，隔离开关应具有关合和开断回路的能力。

注 1：所谓回路电流“很小”，是指这样的电流，像套管、母线、连接线、非常短的电缆的容性电流，断路器上永久性连接的均压阻抗的电流以及电压互感器和分压器的电流。按此定义，额定电压 363kV 及以下时，不超过 0.5A 的电流是“很小”的电流；额定电压 550kV 及以上且电流超过 0.5A 时，应向制造厂咨询。“电压无显著变化”是指感应式电压调节装置或断路器被旁路的情况。

注 2：对额定电压 72.5kV 及以上的隔离开关，可以规定开合母线转换电流的额定性能。

3.4.101.1

M0 级隔离开关 **disconnector class M0**

具有 1000 次操作循环的机械寿命，适合输、配电系统中使用且满足本标准一般要求的隔离开关。

3.4.101.2

M1 级隔离开关 **disconnector class M1**

具有 3000 次或 5000 次操作循环的延长机械寿命的隔离开关，主要用于隔离开关和同等级的断路器

关联操作的场合。

3.4.101.3

M2 级隔离开关 disconnector class M2

具有 10 000 次操作循环的延长机械寿命的隔离开关,主要用于隔离开关和同等级的断路器关联操作的场合。

3.4.102

单柱式隔离开关(接地开关) single-column disconnector (earthing switch)

每极的静触头悬挂在母线上或独立的支座上,动触头由单独的底座或框架支撑,其断口方向与底座平面垂直或平行的隔离开关,如单臂垂直折叠式隔离开关,双臂垂直折叠式隔离开关。

3.4.103

双柱隔离开关 double-column disconnector

每极由两个可水平转动的触头组成,分别装在单独的支持瓷柱上,动静触头在两支柱中间接触,其断口方向与底座平面平行;或者静触头固定在一个支持瓷柱上,动触头可垂直旋转,其断口方向与底座平面成一定垂直角度。

3.4.104

三柱式隔离开关 three-column disconnector

每极由三组支持瓷柱组成,中间支柱为可水平转动的动触头,有两个相互串联的断口,其断口方向与底座平面平行。

3.4.105

接地开关 earthing switch

GB/T 2900.20—1994 的 3.28 适用,并作以下补充:

注:额定电压 72.5kV 及以上的接地开关可具有开合和承载感应电流的额定值。

GB 3804—2004 的 E1 级、E2 级和 E3 级是以负荷开关和隔离负荷开关的电寿命为基础的。作为正常运行方式,这些开关装置有时可能要在短路条件下运行,同时,电寿命可能是“少维护”的衡量方法。

3.4.105.1

E0 级接地开关 earthing switch class E0

适合于输、配电系统中使用的且满足本标准一般要求的接地开关。

3.4.105.2

E1 级接地开关 earthing switch class E1

具有短路关合能力的 E0 级接地开关。

注:该级接地开关能够在额定关合电流下经受两次关合操作。

3.4.105.3

E2 级接地开关 earthing switch class E2

适合于 35kV 及以下的系统中使用的、具有延长的短路关合操作次数的且需要最少维护的 E1 级接地开关。

注:通过在额定关合电流下的 5 次关合操作来证明该级接地开关的维护工作可以减少,只需极少的维护,如润滑(补气和清洁外表面,如适用)。

3.5

开关装置的部件 parts of switching devices

3.5.101

开关装置的极 pole of a switching device

仅与开关装置主回路的一个电气上独立的导电路径相关的开关装置的一部分,它不包括为所有的极一起安装和操作提供方式的那些部分。

注：如果开关装置只有一极，则称为单极开关装置。如果多于一极，只要这些极可以一起操作，则称为多极（两极、三极等）开关装置。

3.5.102

（开关装置的）主回路 **main circuit (of a switching device)**

包含在准备合闸和分闸回路中的开关装置的所有导电部分。

3.5.103

（机械开关装置）触头 **contact (of a mechanical switching device)**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 4.1。

3.5.104

主触头 **main contact**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 4.4。

3.5.105

控制触头 **control contact**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 4.6。

3.5.106

“a”触头 动合触头（常开触头） **“a” contact make contact**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 4.8。

3.5.107

“b”触头 动断触头（常闭触头） **“b” contact break contact**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 4.9。

3.5.108

位置信号装置 **position signalling device**

隔离开关或接地开关的一个部件，它用辅助能量指示主回路的触头处于分闸位置或处于合闸位置。

3.5.109

端子（作为一个元件） **terminal (as a component)**

用来把装置和外部导体连接的元件。

3.5.110

（单柱式隔离开关和接地开关的）接触区 **contact zone (for single-column disconnectors and earthing switch)**

为使静触头能与动触头正确接触，静触头可以占据的位置的空间区域。

3.6

操作 **operation**

3.6.101

（机械开关装置的）操作 **operation (of a mechanical switching device)**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 5.1。

3.6.102

（机械开关装置的）操作循环 **operation cycle (of a mechanical switching device)**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 5.5。

3.6.103

（机械开关装置的）合闸操作 **closing operation (of a mechanical switching device)**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 5.3。

3.6.104

（机械开关装置的）分闸操作 **opening operation (of a mechanical switching device)**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 5.2。

3.6.105

正向驱动操作 **positively driven operation**

参见 GB/T 11022 的 3.6.3。

3.6.106

(机械开关装置的) 人力操作 **dependent manual operation (of a mechanical switching device)**

GB/T 2900.20—1994 的 5.9 适用，并补充下面的注。

注：人力操作可以用手柄或摇杆（水平的或垂直的）进行。

3.6.107

(机械开关装置的) 动力操作 **dependent power operation (of a mechanical switching device)**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 5.10。

3.6.108

(机械开关装置的) 储能操作 **stored energy operation (of a mechanical switching device)**

借助于开合操作前储存在机构自身中且足以完成预定条件下规定的操作循环的能量进行的操作。

3.6.109

(机械开关装置的) 不依赖人力的操作 **independent manual operation (of a mechanical switching device)**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 5.12。

3.6.110

(机械开关装置的) 合闸位置 **closed position (of a mechanical switching device)**

GB/T 2900.20—1994 的 5.32 适用，并补充下面的注。

注：预定连续性是指在此位置下触头能完全接触且能够承载额定电流和额定短路电流（如适用）。

3.6.111

(机械开关装置的) 分闸位置 **open position (of a mechanical switching device)**

参见 GB/T 2900.20—1994 的 5.33。

3.6.112

联锁装置 **interlocking device**

使开关装置的操作取决于设备的一个或几个其他部件的位置或动作的装置。

3.7

特性参数 **characteristic quantities**

3.7.101

(接地开关的) 峰值关合电流 **peak making current (of an earthing switch)**

关合操作期间，电流出现后的瞬态过程中，接地开关一极中电流的第一个大半波的峰值。

注：除非另有说明，在这里，对于三相回路，(峰值) 关合电流的单个值是指任一相中的最大值。

3.7.102

峰值电流 **peak current**

电流出现后的瞬态过程中，电流的第一个大半波的峰值。

3.7.103

(隔离开关的) 正常电流 **normal current (of a disconnector)**

在规定的使用和性能条件下，隔离开关的主回路能够连续承载的电流。

3.7.104

短时耐受电流 **short-time withstand current**

在规定的使用和性能条件下，在规定的短时间内，回路和处于合闸位置的开关装置能够承载的电流。

3.7.105

峰值耐受电流 peak withstand current

在规定的使用和性能条件下，回路和处于合闸位置的开关装置能够耐受的峰值电流。

3.7.106

额定值 rated value

通常由制造厂对在规定的工作条件下的元件、装置或设备所规定的参数值。

3.7.107

绝缘水平 insulation level

在规定的条件下，装置的绝缘设计应耐受的试验电压。

3.7.108

1min 工频耐受电压 one minute power frequency withstand voltage

在规定的试验条件下，隔离开关或接地开关的绝缘耐受的工频正弦交流电压的有效值。

3.7.109

冲击耐受电压 impulse withstand voltage

在规定的试验条件下，隔离开关或接地开关的绝缘耐受的标准冲击电压波的峰值。

注：视波形而定，此术语可以限定为操作冲击耐受电压或雷电冲击耐受电压。

3.7.110

外绝缘 external insulation

大气中的空气间隙以及与空气接触的隔离开关和接地开关的固体绝缘表面，它承受电压的作用并受到大气和其他外部条件（例如污秽、湿气、鸟兽等）的影响。

注：外绝缘可以是气候防护的，也可以是非气候防护的，分别对应于设计用在户外或封闭掩体内。

3.7.111

内绝缘 internal insulation

设备绝缘的内部固体、液体或气体绝缘部分，它不受大气和其他外界条件的影响。

3.7.112

自恢复绝缘 self-restoring insulation

破坏性放电后，能完全恢复其绝缘性能的绝缘。

3.7.113

非自恢复绝缘 non-self-restoring insulation

破坏性放电后，丧失其绝缘性能或不能完全恢复其绝缘性能的绝缘。

注：3.7.112 和 3.7.113 的定义仅适用于绝缘试验期间因施加试验电压而引起放电的情况。但是，在运行中发生的放电可能引起自恢复绝缘部分或全部丧失其原有的绝缘性能。

3.7.114

并联绝缘体 parallel insulation

指绝缘子布置由两个绝缘子并联，两个绝缘子间的距离可能影响其绝缘强度的情况。

注：对于端子是敞开的隔离开关和接地开关，如果操作（驱动）绝缘子靠近支持绝缘子时，就成为并联绝缘体。

3.7.115

破坏性放电 disruptive discharge

在电压作用下与绝缘失效有关的现象。此时，受试绝缘完全被放电所桥接，使电极间的电压降低到零或接近于零。

注 1：本术语适用于固体、液体和气体介质以及它们的组合体中的放电。

注 2：固体介质中的破坏性放电导致绝缘强度永久性丧失（非自恢复绝缘）；而在液体或气体介质中，绝缘强度的丧失可能仅是暂时的（自恢复绝缘）。

3.7.116

电气间隙 clearance

两个导电部件间的最短路径的直线距离。

3.7.117

极间电气间隙 clearance between poles

相邻极的任何导电部件的电气间隙。

3.7.118

对地电气间隙 clearance to earth

任何导电部件和任何接地或打算接地的部件间的电气间隙。

3.7.119

触头开距 clearance between open contacts

GB/T 2900.20—1994 的 5.22 适用，并补充下面的注：

注：确定总开距时，应当考虑到各段开距之和。

3.7.120

(机械开关装置一极的) 隔离断口 isolating distance (of a pole of a mechanical switching device)

符合对隔离开关所规定的安全要求的断开触头间的电气间隙。

3.7.121

端子机械负荷 mechanical terminal load

作用在每一端子上的外部负荷。

注 1：该外部负荷是隔离开关或接地开关可能承受的机械合力，不包括作用于设备本身上的风力，因为它们不构成端子的外部负荷。

注 2：隔离开关或接地开关可能承受大小、方向和作用点不同的几个机械力。

注 3：通常，按此定义的端子负荷不适用于封闭开关设备。

3.7.121.1

端子静态机械负荷 static mechanical terminal load

每个端子上的静态机械负荷等于隔离开关或接地开关由软导线或硬导线与该端子连接时，该端子所承受的机械力。

3.7.121.2

端子动态机械负荷 dynamic mechanical terminal load

静态机械负荷和短路条件下电磁力的组合负荷。

3.7.122

开合母线转换电流 bus transfer current switching

不是将负荷开断，而是将负荷从一条母线转移到另一条母线上时隔离开关在有载条件下所进行的开断和关合操作。

3.7.123

开合感应电流 induced current switching

用接地开关开断或关合感性或容性电流的操作，这些电流是由平行的高压线路在已接地的或未接地的线路中所感应的电流。

注：当两条或多条输电线路一起安装在线路杆塔上时，或者两条或多条线路安装在邻近设置的不同杆塔上时，带电的线路将对不带电的线路产生电磁感应和静电感应能量，根据不带电的线路是一端接地或两端接地，在不带电的线路上将流过容性或感性电流。

4 额定值

按 DL/T 593—2006 中第 4 章的规定，并对额定值作如下补充：

- k) 额定短路关合电流(仅对接地开关);
- l) 额定接触区(仅对单柱式隔离开关);
- m) 额定端子机械负荷。

而且, 对额定电压 72.5kV 及以上:

- n) 隔离开关母线转换电流开合能力的额定值;
- o) 接地开关感应电流开合能力的额定值。

4.1 额定电压 (U_r)

按 DL/T 593—2006 中 4.1 的规定。

4.2 额定绝缘水平

按 DL/T 593—2006 中 4.2 的规定, 并作如下补充:

对于隔离断口与底座平行且与接地开关组合为一的隔离开关, 如果最小间隙下的 1min 工频耐受电压不低于 6.2.5 中的规定, 则认为当接地开关与对面的隔离开关带电部分暂时接近过程中满足了安全要求。

注 1: 除了仅配人力操动机构的接地开关操作的短时间内之外, 绝缘强度的暂时降低不是安全要求的普遍问题。正因为如此, 且不考虑老化, 降低的绝缘强度是可以接受的。因为在接地过程中雷电和操作冲击发生的概率很低, 所以不要求进行冲击电压试验。

注 2: 对仅配人力操动机构的接地开关, 用户如要求更高的耐受电压值, 则由用户与制造厂协商。

变压器中性点接地用隔离开关的额定绝缘水平参见附录 G。

4.3 额定频率 (f_r)

按 DL/T 593—2006 中 4.3 的规定。

4.4 额定电流和温升

按 DL/T 593—2006 中 4.4 的规定。本条一般只适用于隔离开关。

注: 应考虑隔离开关主回路的形状、结构和材料对集肤效应的影响。经验表明, 矩形导体在 60Hz 下运行时的温升比在 50Hz 下运行时的温升偏大 5% 以上。

4.5 额定短时耐受电流 (I_k)

按 DL/T 593—2006 中 4.5 的规定, 并作如下补充:

除非另有规定, 接地开关的额定短时耐受电流至少应等于隔离开关的规定值。

4.6 额定峰值耐受电流

按 DL/T 593—2006 中 4.6 的规定, 并作如下补充:

除非另有规定, 接地开关的额定峰值耐受电流至少应等于隔离开关的规定值。

4.7 额定短路持续时间 (t_k)

按 DL/T 593—2006 中 4.7 的规定, 并作以下补充:

除非另有规定, 接地开关短时耐受电流的额定持续时间至少应为 2s。

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)

按 DL/T 593—2006 中 4.8 的规定。

4.9 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源频率

按 DL/T 593—2006 中 4.9 的规定。

4.10 可控压力系统压缩气源的额定压力

DL/T 593—2006 中 4.10 的规定不适用。

4.11 绝缘和/或操作用气体或液体的额定充入水平

按 DL/T 593—2006 中 4.11 的规定。

4.101 额定短路关合电流

对具有额定短路关合电流的接地开关, 它应能在任何外施电压直至额定电压下, 关合任何电流直至

额定短路关合电流。

如果接地开关具有额定短路关合电流，其值应等于额定峰值耐受电流。

4.102 额定接触区

对于静触头悬挂在母线上的单柱式隔离开关或接地开关，制造厂应规定接触区的额定值（用 x_r 、 y_r 、 z_r 表示）。

表 1 和表 2 给出了静触头由悬挂式母线和支撑式母线支撑时推荐的接触区，表中的数值仅供参考，额定值应由制造厂提供。接触区也与静触头允许的角度偏移有关。

为适应隔离开关或接地开关的这种特殊功能，用户确定变电站的设计和绝缘子的支架强度时，应确保在运行状态下静触头在这些限值的范围内（见 8.102.3）。

表 1 静触头由悬挂式母线支撑时推荐的接触区

额定电压 U_r kV	x mm	y mm	z_1 mm	z_2 mm
72.5	100	300	200	300
126	100	350	200	300
252	200	500	250	450
363	200	500	300	450
550	200	600	400	500

注 1： x 为支撑导线纵向位移的总幅度（温度的影响）；
 y 为水平横向总偏移（与支撑导线垂直方向的偏移，风的影响）；
 z 为垂直偏移（温度和冰的影响）。
注 2：静触头由软导线固定时， z_1 值适用于短跨距， z_2 值适用于长跨距。

表 2 静触头由支撑式母线支撑时推荐的接触区

额定电压 U_r kV	x mm	y mm	z mm
72.5、126	100	100	125
252、363	150	150	150
550	175	175	175

注： x 为支撑导线纵向位移的总幅度（温度的影响）；
 y 为水平横向总偏移（与支撑导线垂直方向的偏移，风的影响）；
 z 为垂直偏移。

4.103 额定端子机械负荷

隔离开关和接地开关的额定端子机械负荷分为额定端子静态机械负荷和额定端子动态机械负荷。

在最不利的条件下，隔离开关或接地开关的端子能够长期承受的最大端子静态机械负荷是其额定端子静态机械负荷；隔离开关或接地开关的端子能够承受的最大外部动态机械负荷是其额定端子动态机械负荷。

隔离开关和接地开关在承受其额定端子静态机械负荷时应能可靠合闸和分闸。

在短路条件下，隔离开关和接地开关应能承受额定端子动态机械负荷。

隔离开关和接地开关的端子机械负荷的额定值不仅取决于它的设计，而且取决于它所用的绝缘子的抗弯强度。

绝缘子所需的抗弯强度应通过计算决定，计算时应考虑绝缘子顶部的端子所处的高度和作用在绝缘

子上的外力(见3.7.121和8.102.4)。绝缘子(柱)的抗弯强度应等于或大于2.75倍额定端子静态机械负荷和1.7倍额定端子动态机械负荷,即抗弯强度的安全系数应为静态 ≥ 2.75 ,动态 ≥ 1.7 。

额定端子静态机械负荷见表3。

表3 额定端子静态机械负荷

额定电压 kV	额定电流 A	双柱式和三柱式隔离开关		单柱式隔离开关		垂直力 F_c N
		水平纵向负荷 F_{a1} 和 F_{a2} (见图7) N	水平横向负荷 F_{b1} 和 F_{b2} (见图7) N	水平纵向负荷 F_{a1} 和 F_{a2} (见图8) N	水平横向负荷 F_{b1} 和 F_{b2} (见图8) N	
12~24		500	250			300
40.5~72.5	≤ 2500	800	500	800	500	750
	> 2500	1000	750	1000	750	750
126	≤ 2500	1000	750	1000	750	1000
	> 2500	1250	750	1250	750	1000
252	≤ 2500	1250	750	1500	1000	1000
	> 2500	1500	1000	2000	1500	1250
363	≤ 4000	2000	1500	2500	2000	1500
550	≤ 4000	3000	2000	4000	2000	2000
800	≤ 4000	3000	2000	4000	3000	2000
1100	≤ 4000	4000	3000	4000	3000	3000
	> 4000	5000	4000	5000	4000	5000

接地开关的额定端子静态机械负荷与隔离开关的相同。

4.104 隔离开关母线转换电流开合能力的额定值

仅适用于额定电压72.5kV及以上的隔离开关。

额定值及所有相关要求在附录B中给出。

4.105 接地开关感应电流开合能力的额定值

仅适用于额定电压72.5kV及以上的隔离开关。

额定值及所有相关要求在附录C中给出。

4.106 隔离开关母线充电电流开合能力的额定值

72.5kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备中隔离开关开合母线充电电流的要求,见表F.1。

126kV及以上空气绝缘隔离开关开合电容电流值为126kV~363kV 1A, 550kV~1100kV 2A。

4.107 隔离开关和接地开关机械寿命的额定值

隔离开关和接地开关应能完成表4规定次数的操作。

表4 隔离开关和接地开关的机械寿命分类

等级	类 型	操作循环次数
M0	标准型	1000
M1	延长机械寿命型	3000、5000
M2	延长机械寿命型	10 000

4.108 接地开关电寿命的额定值

接地开关的电寿命分为以下三个等级:

- E0 级——没有短路关合能力的接地开关；
 E1 级——具有两次关合能力的接地开关；
 E2 级——具有五次关合能力的接地开关。

4.109 隔离开关小电感电流开合能力的额定值

126kV 及以上隔离开关开合小电感电流值为 126kV~363kV 0.5A, 550kV~1100kV 1A。

5 设计和结构

5.1 对隔离开关和接地开关中液体介质的要求

按 DL/T 593—2006 中 5.1 的规定。

5.2 对隔离开关和接地开关中气体介质的要求

按 DL/T 593—2006 中 5.2 的规定。

5.3 隔离开关和接地开关的接地

按 DL/T 593—2006 中 5.3 的规定，并作以下补充：

如果金属外壳和操动机构不与隔离开关或接地开关的金属底座安装在一起，并在电气上没有连接时，金属外壳和操动机构上应提供标有保护接地符号的接地端子。

5.4 辅助和控制设备

按 DL/T 593—2006 中 5.4 和本标准中 5.104 的规定，并作以下补充：

隔离开关和接地开关中安装的辅助和控制设备应选用优质、可靠的产品，元件布置应能防止误碰并便于维护和更换。

5.5 动力操作

按 DL/T 593—2006 中 5.5 的规定，并作以下补充：

本要求也适用于具有额定开断和/或关合电流的动力操作的隔离开关和接地开关。

5.6 储能操作

按 DL/T 593—2006 中 5.6 的规定。

5.7 不依赖人力的操作

按 DL/T 593—2006 中 5.7 的规定。

5.8 脱扣器的操作

按 DL/T 593—2006 中 5.8 的规定。

5.9 低压力和高压力闭锁及监视装置

按 DL/T 593—2006 中 5.9 的规定。

5.10 铭牌

按 DL/T 593—2006 中 5.10 的规定，并作以下补充：

——隔离开关和接地开关及其操动机构的铭牌应按表 5 标识；

——在正常运行状态下，其铭牌应清晰可见。

表 5 铭 牌 内 容

项 目	缩写	单 位	隔离开关	接地开关 ^a	操动机构
制造厂			×	×	×
型 号			×	×	×
出 厂 编 号			×	×	×
制 造 年 份			×	×	×
额 定 电 压	U_r	kV	×	×	

表 5 (续)

项 目	缩写	单位	隔离开关	接地开关 ^a	操动机构
额定雷电冲击耐受电压	U_p	kV	×	×	
(额定电压 363kV 及以上的)额定操作冲击耐受电压	U_s	kV	×	×	
额定电流	I_r	A	×		
额定短时耐受电流	I_k	kA	×	×	
额定短路持续时间	t_k	s	×	×	
绝缘和/或操作用的额定充入压力	P_{re}	MPa	×	×	×
辅助回路的额定电源电压	U_a	V			×
额定端子静态机械负荷	F	N	(×)	(×)	
隔离开关的机械寿命次数	M_r		(×)		
接地开关的电寿命次数	E_r			(×)	
质量(包括气体)	m	kg	(×)	(×)	(×)

注 1: × 表示的值的标识是强制性的;
 注 2: (×) 表示的值的标识是非强制性的;
 注 3: “额定”一词在铭牌上可不出现。

a 当接地开关与隔离开关组合为一体时, 不要求有单独的铭牌。接地开关的短路额定值与隔离开关不同的情况除外。

5.11 联锁装置

按 DL/T 593—2006 中 5.11 的规定, 并作以下补充:

隔离开关和接地开关之间应设机械联锁装置和/或电气联锁装置。隔离开关处于合闸位置时, 接地开关不能合闸; 接地开关处于合闸位置时, 隔离开关不能合闸。机械联锁装置应有足够的机械强度、配合准确、联锁可靠。

5.12 位置指示

按 DL/T 593—2006 中 5.12 和本标准中 5.104 的规定。

5.13 外壳的防护等级

按 DL/T 593—2006 中 5.13 的规定, 对操动机构和二次设备的箱体作以下补充:

户外设备的箱体应选用不锈钢、铸铝或具有防腐措施的材料, 应具有防潮、防腐、防小动物进入等功能, 防护等级最低为 IP4XW, 应采取可靠措施保证箱体的密封性能, 不得用防水胶或密封胶等临时密封材料。

户内设备的防护等级最低为 IP3X。

操动机构的箱体应可三侧开门, 而且只有正向门打开后其两侧的门才能打开。

5.14 爬电距离

按 DL/T 593—2006 中 5.14 的规定, 并作以下补充:

虽然爬电距离可以按 DL/T 593—2006 中 5.14 的规定选取, 但对并联绝缘体的两个并联的绝缘子之间的距离应予以考虑。

5.15 气体和真空的密封

按 DL/T 593—2006 中 5.15 的规定, SF₆ 气体封闭压力系统年漏气率标准值为 0.5%。

5.16 液体的密封

按 DL/T 593—2006 中 5.16 的规定。

5.17 易燃性

按 DL/T 593—2006 中 5.17 的规定。

5.18 电磁兼容性(EMC)

按 DL/T 593—2006 中 5.18 的规定。

5.19 X 射线的辐射

DL/T 593—2006 中 5.19 不适用。

5.20 腐蚀

按 DL/T 593—2006 中 5.20 的规定，并作以下补充：

隔离开关和接地开关的各种金属部件应能有效防锈耐腐。

5.101 对接地开关的专门要求

接地开关的运动部件与其底架之间的铜质软连接的截面面积应不小于 50mm^2 。

铜质软连接的这个最小截面面积是为了保证机械强度和抗腐蚀性而提出的。当该软连接用以承载短路电流时，则应按相应的要求进行设计，如果采用其他材料则应具有等效的截面面积。

5.102 对隔离开关断口的要求

为了安全，隔离开关的设计应使其一侧的端子到另一侧的任一端子间不会流过危险的泄漏电流。如果在运行中用可靠的接地连接将所有的泄漏电流引入地下，或者绝缘子能有效防止污秽时，则这一安全要求已经满足。

注：由于 DL/T 593—2006 中对隔离开关断口规定了比相对地绝缘更高的耐受试验水平，一般隔离开关的隔离间隙要比相对地的绝缘距离长。

当需要长的爬电距离时，相对地的绝缘距离可能会变得比隔离间隙长。对此情况，为使隔离间隙保持低的破坏性放电概率，可能需要使用避雷器或棒状间隙之类的保护装置。

5.103 机械强度

具有额定端子静态机械负荷的隔离开关和接地开关，按制造厂的说明书安装好后，应能承受其额定端子静态和动态机械负荷而不会损害其可靠性和载流能力。接线端子应符合 GB/T 5273 的规定。

5.104 隔离开关和接地开关的操作——动触头系统的位置及其指示、信号装置

5.104.1 位置的保证

隔离开关和接地开关及其操动机构应该设计成：在重力、风力、振动、合理的撞击或其操作系统的连杆受到意外碰撞的情况下，均不会脱离其分闸或合闸位置。

为了安全，隔离开关和接地开关应能在机械上暂时锁定在分闸或合闸位置上（例如维修时）。

注：用钩棒操作的隔离开关或接地开关，可以不满足后一段的要求。

5.104.2 对动力操动机构的附加要求

动力操动机构也应提供手动操作工具。手动操作时应能保证动力操动机构的控制电源被可靠地切断。

操动机构箱内应装设分、合闸按钮和电源保护开关。

5.104.3 位置指示和位置信号

除非动触头分别到达其合闸或分闸位置，并满足 5.104.1 第一段的要求，否则不应该发出合闸和分闸位置指示和位置信号。

注：“合闸位置”和“分闸位置”的定义见 3.6.110 和 3.6.111。

5.104.3.1 位置指示

位置指示应能识别隔离开关或接地开关的运行位置。对于分闸位置，如果满足下列条件之一，则已经符合这个要求。

——隔离开关断口或间隙明显可见；

——确保隔离开关断口或间隙的每一个动触头的位置已由确实可见的位置指示装置指示。

注：某些地区要求隔离开关的设计要有明显可见的隔离开关断口。

动触头和位置指示装置之间的传动链应设计得有足够的机械强度，以满足规定的试验（见附录 A）要求。位置指示传动链应是连续的机械连接，以保证是正向驱动操作。位置指示装置可用适当的方法直

接标示在机械传动连接的机械部件上。应力限制装置（如有）不应是位置指示传动连接的部件。

如果隔离开关或接地开关的所有极通过机械连接用一个机构进行操作时，允许用一个共用的位置指示装置。

5.104.3.2 由辅助触头发出的位置信号

只有当隔离开关或接地开关各极的位置均符合 5.104.3 的规定时，才能发出各极的位置信号。

如果隔离开关或接地开关的各极通过机械连接用一个机构进行操作，允许用一个共用的位置信号。

辅助开关与传动连杆应采用直接机械传动连接，受力应均匀、稳定、可靠。

5.105 人力操作允许的最大力

下面给出的值一般也适用于对电动操作的隔离开关和接地开关维修用手柄的操作。

注：如适用，这些值也包括破冰操作的操作力。

操作高度高于正常操作高度时制造厂应和用户协商。

5.105.1 需要多于一转的操作

隔离开关或接地开关的操作需要多于一转（例如手柄）时，其所需的力应不大于 60N，同时在所需的总转数的 10% 的转数内，操作力允许的最大值为 120N。

5.105.2 需要一转以内的操作

隔离开关或接地开关的操作需要一转以内（例如手柄）时，其所需的力应不大于 250N（见 DL/T 593—2006 中 5.6.4）。在转动角度最大为 15° 的范围内，操作力允许的最大值为 450N。

5.106 尺寸公差

隔离开关和接地开关的安装尺寸、高压连接和接地连接尺寸的线性和角度尺寸公差按 GB/T 1804 的规定。

5.107 对机械传动系统和导电回路的要求

5.107.1 操动机构输出轴与本体的连接

隔离开关和接地开关操动机构的输出轴与其本体传动轴应采用无级调节的连接方式，机械连接应牢固、可靠，应尽量采用无需调节的固定连接。操动机构内应装设一套能可靠切断电动机电源的过载保护装置。

5.107.2 对转动连接的要求

转动连接轴承座必须采用全密封结构，至少应有两道密封，不允许设“注油孔”。轴承润滑应采用符合设备周围空气温度的优质二硫化钼锂基润滑脂，并应在出厂试验报告中注明其质量控制指标，如组分、成分、黏度和质量等。

5.107.3 对传动轴承、轴套、轴销的要求

传动连接应采用万向轴承和具有自润滑功能的轴套连接，轴销应采用不锈钢或铝青铜等防锈材料，万向轴承应带有防尘结构。

5.107.4 对传动连杆的要求

传动连杆应采用装配式连接结构，其材质应是满足机械强度和刚度要求的多棱型钢、不锈钢无缝钢管或热镀锌无缝钢管。

5.107.5 对导电回路的要求

隔离开关导电回路的设计应能耐受 1.1 倍额定电流而不超过允许温升。导电杆和触头的镀银层厚度应 $\geq 20\mu\text{m}$ 、硬度应 $\geq 120\text{HV}$ 。触头弹簧应进行防腐防锈处理，应尽量采用外压式触头，如采用内压式触头，其触头弹簧必须采取可靠的防弹簧分流的绝缘措施。

单柱式隔离开关和接地开关的静触头装配应由制造厂提供，并应满足额定接触区的要求。在钳夹最不利位置下，隔离开关支持绝缘子和硬母线支持绝缘子不应受到额外的作用力。

5.107.6 对不得积水的要求

隔离开关和接地开关的所有部件和箱体上，尤其是传动连接部件和运动部位不得有积水出现。

5.108 对隔离开关和接地开关用瓷支持绝缘子和操作绝缘子的要求

隔离开关和接地开关使用的瓷支持绝缘子和操作绝缘子除应满足 GB/T 772、GB/T 8287.1、GB/T 8287.2 等相关要求外，还应满足附录 H 的要求。

5.109 对同一操动机构操动的两极或三极隔离开关的要求

各极的合闸不同期性应能方便地调整，在合闸终了时应保证接触可靠。合闸不同期性应在产品说明书（技术条件）中作出规定。

6 型式试验

6.1 概述

按 DL/T 593—2006 中 6.1 的规定。

6.1.1 试验的分组

按 DL/T 593—2006 中 6.1.1 的规定。

型式试验项目如下：

- 绝缘试验（见 6.2）；
- 无线电干扰电压试验（r.i.v）（见 6.3）；
- 回路电阻的测量（见 6.4）；
- 温升试验（见 6.5）；
- 短时耐受电流和峰值耐受电流试验（见 6.6）；
- 防护等级检验（见 6.7）；
- 密封试验（见 6.8）；
- 电磁兼容性试验（EMC）（见 6.9）；
- 辅助和控制回路的附加试验（见 6.10）；
- 接地开关短路关合能力试验（见 6.101）；
- 机械操作和机械寿命及联锁功能试验（见 6.102）；
- 严重冰冻条件下的操作试验（见 6.103）；
- 极限温度下的操作试验（见 6.104）；
- 位置指示装置的功能试验（见 6.105 和附录 A）；
- 隔离开关母线转换电流开合能力试验（见 6.106 和附录 B）；
- 接地开关感应电流开合能力试验（见 6.107 和附录 C）；
- 隔离开关母线充电电流开合能力试验（见 6.108 和附录 F）；
- 隔离开关小电感电流开合能力试验（见 6.109）；
- 外壳的压力耐受试验（见 6.110）；
- 内部故障电弧试验（见 6.111）；
- 抗震试验（见 6.112）。

6.1.2 确认试品用的资料

按 DL/T 593—2006 中 6.1.2 的规定。

6.1.3 型式试验报告应包含的资料

按 DL/T 593—2006 中 6.1.3 的规定，并作以下补充：

型式试验时所用绝缘子的下列详细资料是特别重要的，应在相应的试验报告中给出。

- 额定弯曲强度；
- 支持绝缘子（和操作绝缘子，适用时）的额定扭转强度；
- 元件的高度和数量；
- 爬电距离和伞形。

在绝缘试验报告中，应包括位置指示或位置信号能发出分闸位置信号时所对应的最小间隙的数值，应说明试验时所使用的间隙和对地高度的最小尺寸（见 6.2.3）。还应给出绝缘部件对地的最低距离。

在短路试验报告中，应包括下列资料：

- 被试开关设备与试验回路其他部分的机械和电气连接的详细资料，包括端子静态机械负荷和导体的尺寸；
- 采用的安装方案的详细资料；
- 对单柱式隔离开关或接地开关的静触头与上方导线安装方式的详细资料；
- 三极共用一个操动机构的隔离开关或接地开关，其操动机构的布置方式；
- 短路试验前、后的接触电阻值；
- 试验前、后的触头压力（如果可能）。

6.2 绝缘试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2 的规定。

6.2.1 试验时周围的大气条件

按 DL/T 593—2006 中 6.2.1 的规定。

6.2.2 湿试程序

按 DL/T 593—2006 中 6.2.2 的规定。

6.2.3 绝缘试验时隔离开关和接地开关的状态

按 DL/T 593—2006 中 6.2.3 的规定，并作以下补充：

处于分闸位置的隔离开关或接地开关的绝缘试验，应在指示或信号装置能够发出分闸信号时所对应的隔离开关或接地开关的断口最小绝缘距离，或在与 5.104 中规定的锁定装置相一致的断口最小绝缘距离下进行。无论哪种情况，断口的绝缘距离都应是最小距离。

这一要求对由钩棒操作的隔离开关和接地开关不适用。

6.2.4 通过试验的判据

按 DL/T 593—2006 中 6.2.4 的规定。

6.2.5 试验电压的施加和试验条件

按 DL/T 593—2006 中 6.2.5 的规定，并作以下补充：

对于隔离断口与底座平行且与接地开关组合为一体的隔离开关，应在接地开关的最不利位置按表 6 给出的工频试验电压进行试验（见 4.2）。

表 6 1min 工频耐受电压

kV

额定电压 U_r	试验电压	
	中性点固定接地	中性点绝缘
40.5	47	53
72.5	84	94
126	145	164
252	291	—
363	419	—
550	635	—
800	924	—
1100	1100	—

注：解释性注见附录 D。

6.2.6 额定电压 $U_r \leq 252\text{kV}$ 的隔离开关和接地开关的试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2.6 的规定。

6.2.7 额定电压 $U_r > 252\text{kV}$ 的隔离开关和接地开关的试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2.7 的规定。

6.2.8 人工污秽试验和凝露试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2.8 的规定，并作以下补充：

应注意研究并联绝缘体在污秽和淋雨条件下的性能（可能需要进行附加的污秽试验）。

户内隔离开关和接地开关应按有关标准进行凝露试验。

6.2.9 局部放电试验

除 GIS 中隔离开关外，对其他整组隔离开关和接地开关不要求进行局部放电检测。如某些组件具有局部放电特性，要求测量，则应由制造厂出具局部放电测量合格证明。局部放电测量方法见 GB/T 7354。

6.2.10 辅助和控制回路的绝缘试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2.10 的规定。

6.2.11 作为状态检查的电压试验

按 DL/T 593—2006 中 6.2.11 的规定，仅对封闭型的隔离开关和接地开关。

6.3 无线电干扰电压 (r.i.v) 试验

按 DL/T 593—2006 中 6.3 的规定，在 $1.1 U_r / \sqrt{3}$ 下，无线电干扰电平不得超过 $500\mu\text{V}$ ，且晴天夜晚无可见电晕。

6.4 回路电阻的测量

按 DL/T 593—2006 中 6.4 的规定。

6.5 温升试验

按 DL/T 593—2006 中 6.5 的规定，试验电流应为额定电流的 1.1 倍。

6.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

按 DL/T 593—2006 中 6.6 的规定。

6.6.1 隔离开关和接地开关以及试验回路的布置

按 DL/T 593—2006 中 6.6.1 的规定，并作以下补充：

6.6.1.101 一般试验条件

试验时，隔离开关或接地开关应安装其自身的操动机构，以使试验具有代表性。

隔离开关为适应母线转换电流开合能力所需的附件和接地开关为适应感应电流开合能力所需的附件，试验时均应全部装好。

试验应在操动机构和主触头的最不利位置上进行。应考虑到 5.104.3 的要求，适用时，还有附录 A 的要求。

如果设计需要调整位置指示器或位置信号装置，应按说明书的要求进行。对绝缘试验和短路试验，这些装置的调整不应有差异。

如果设计允许有偏差，则制造厂在试验前应事先声明。短时耐受电流和峰值耐受电流试验，应在信号装置整定在由该信号装置指示的主触头处于最不利的状态下，在规定的最大或最小偏差下进行。对于由钩棒操作的隔离开关和接地开关这一要求不适用。

总之，绝缘试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验，其位置信号装置应采用相同的整定位置。

注：对绝缘试验，主触头最不利状态是指出现“分闸”信号时的间隙最小；对短路试验，主触头最不利状态是指合闸操作期间出现“合闸”信号时的最初位置。

为使试验结果具有通用性，隔离开关和接地开关应按图 3~图 6 中规定的试验布置进行试验。如果试验时使用软导线连接，则隔离开关和接地开关应施加其额定端子静态机械负荷。

试验布置还应反映出电磁力使隔离开关或接地开关趋于分闸的最不利状况。对与隔离开关组合为一

体的接地开关的试验接线，应与隔离开关试验相同。

三相共用一个操动机构的隔离开关或接地开关，试验时操动机构的安装位置与被试极的距离应不小于极间距离。

不与隔离开关组合为一体的接地开关，应按对隔离开关相同要求的试验布置进行试验。

封闭开关设备中装用的隔离开关和接地开关，应按相应于 GB 3906—2006、GB 7674—2008 或 IEC 62271-201:2003 中对成套开关设备的元件要求进行试验。

对单柱式隔离开关或接地开关，触头在接触区内垂直位置的选择，应反映触头由软母线或硬母线支撑时的最不利状况。如有怀疑，应在触头处于额定接触区内的最高位置和最低位置进行试验。

全部试验最好进行三相试验。如果进行单相试验，最好在两个相邻极上进行。如果在一个极上进行试验，其返回导体与被试极的距离应为相间距离。返回导体应与隔离开关或接地开关主电流路径平行且距底座是同一高度，对于带有垂直刀闸的隔离开关和接地开关，其返回导体与上述要求等效。返回导体的长度应与图 3~图 6 所示相当。

6.6.1.102 额定电压 40.5kV 及以下的隔离开关和接地开关

隔离开关和接地开关应采用图 3 所示的试验布置。

6.6.1.103 额定电压 72.5kV 及以上的隔离开关和接地开关

具有水平隔离断口的隔离开关和接地开关应采用图 4 给出的单相试验布置；具有垂直隔离开关断口的单柱式隔离开关和接地开关应采用图 5 和图 6 给出的单相试验布置。

注：由于使用条件的特殊要求，在用户和制造厂协商的基础上，试验布置允许与规定的试验布置不同。

三相试验布置按照图 4~图 6 的单相试验布置同样的通用模式。

6.6.2 试验电流和持续时间

按 DL/T 593—2006 中 6.6.2 的规定，接地开关的持续时间不少于 2s。

6.6.3 在试验过程中隔离开关和接地开关的表现

按 DL/T 593—2006 中 6.6.3 的规定，并作以下补充：

- 处于合闸位置的隔离开关，在额定短路持续时间内承受额定峰值耐受电流和额定短时耐受电流时，不能产生：
 - 隔离开关任何部件的机械损伤；
 - 触头分离；
 - 电弧。

在短路试验期间，触头系统的状况应通过记录隔离开关主电流路径两端的电压降来证明。

- 接地开关承受额定峰值耐受电流和额定短时耐受电流时，不得产生明显的烧损或熔焊。

经峰值耐受电流和短时耐受电流试验后，如果出现了触头烧损或熔焊，则应进行第二次峰值耐受电流试验，两次试验中间不得进行任何维修。为使触头冷却，两次试验之间允许有足够的冷却时间。在第二次试验之前，应进行空载操作。

第二次试验后，如果接地开关的接地连接仍保持完好，则认为接地开关满足试验要求。

触头只有轻微的熔焊是允许的，这是指当接地开关采用动力操动机构时，在 4.8~4.10 和 5.5、5.6 规定的条件下用额定值能够操作；当采用人力操动机构时，用 5.105 规定值的 120% 能够操作。

6.6.4 试验后隔离开关和接地开关的状态

按 DL/T 593—2006 中 6.6.4 的规定，并作以下补充：

主回路较长 ($>126\text{kV}$) 的隔离开关，如果试验后的回路电阻比试验前增加超过 10%，则应补充测量触头和活动连接的电阻。隔离开关这些部件任一电阻值的增加均应不超过 20%。

对封闭式隔离开关和接地开关不能进行全面目测时，下面的状态检查适用：

——对断口和对地的绝缘强度，按 DL/T 593—2006 中 6.2.11 的规定；

——对承载电流的能力，见 DL/T 593—2006 中 4.4.3 的说明 6。

6.7 防护等级检验

按 DL/T 593—2006 中 6.7 的规定，并作以下补充：

户外隔离开关和接地开关应对整体进行防雨试验，试验方法见 DL/T 593—2006 中附录 C。对某些设备还应考虑在分闸位置和合闸位置下分别进行试验。

6.8 密封试验

按 DL/T 593—2006 中 6.8.2 的规定，仅测量 SF₆ 年漏气率。

6.9 电磁兼容性试验（EMC）

按 DL/T 593—2006 中 6.9 的规定。

6.10 辅助和控制回路的附加试验

按 DL/T 593—2006 中 6.10 的规定。

6.11 真空开断装置 X 射线试验程序

DL/T 593—2006 中 6.11 不适用。

6.101 接地开关短路关合能力试验

6.101.1 一般试验条件

符合 3.4.105.2 定义的具有短路关合能力的 E1 级接地开关，应按 GB 3804—2004 的 8.101.10(E1 级) 的试验方式 5 的程序，在一个关合试验系列中进行两次关合操作。

符合 3.4.105.3 的定义，额定电压 40.5kV 及以下的具有额定短路关合电流能力的 E2 级接地开关，应按 GB 3804—2004 的试验方式 5 的程序，进行一个关合试验系列，只是关合操作的次数增加到五次。

注：额定电压 72.5kV 及以上的接地开关，在替代的试验方法（如引弧金属丝）可以接受的范围内，GB/T 14810 适用。

6.101.2 关合短路电流时接地开关的状态

具有额定短路关合电流的接地开关，关合短路时的状态应符合下述要求：

操作时，接地开关既不会显现严重损坏的迹象，也不会危及操作人员；

试验时，可能会降低其绝缘水平的火焰或金属微粒不应喷射到制造厂规定的范围之外，或危及操作人员。

6.101.3 关合试验后接地开关的状态

完成规定的操作后，接地开关的机械部件，包括有关控制电场的部件（如 GIS 接地开关控制电场的电极）和绝缘子应几乎和试验前的状况相同，只是短路关合能力可能会降低。

如有怀疑，应按 DL/T 593—2006 中 6.2.11 的规定进行状态检查的电压试验。

注：只允许触头有轻微的熔焊，是指接地开关在 4.8~4.10 和 5.5、5.6 中规定的条件下，对动力操动机构用额定值能操作；对人力操动机构用 5.105 规定值的 120% 能操作。

6.102 机械操作和机械寿命及联锁功能试验

由一台操动机构操作的单极隔离开关和接地开关，应进行单相操作试验。三极隔离开关和接地开关共用一个机构时，应进行三相操作试验。如适用，端子负荷应同时施加在所有的端子上。

6.102.1 一般试验条件

可在试验场所任何方便的周围空气温度下进行试验。电源电压应在流过全部电流的情况下，在操动机构的端子测量。试验应包括操动机构辅助设备的组成部分。

6.102.2 接触区试验

本试验是为了验证静触头在 4.102 规定的额定接触区范围内的各种位置上（对应图 1、图 2），单柱式隔离开关能够满意地操作。当设备处于分闸位置时，静触头应置于下列位置（对应图 1、图 2）， h 是静触头高出安装平面的最高位置（由制造厂规定）：

- a) 在总装配垂直轴上的 h 处。
- b) 在同一轴上的 $h-z_r$ 处。
- c) 在高度为 h 处轴向水平移动 $+y_r/2$ 。

- d) 在高度为 h 处轴向水平移动 $-y_r/2$ 。

注：下标 r 表示由制造厂规定的隔离开关接触区的额定值。

处于分闸位置的设备，静触头应置于下列位置， x_r 是静触头沿 x 轴方向位移的总幅度。

- e) 在距离等于 $+x_r/2$ 处。
f) 在距离等于 $-x_r/2$ 处。

在每个位置上，设备应能正确地合闸和分闸，其动触头的钳夹力应在制造厂规定的范围内。

6.102.3 机械寿命试验

6.102.3.1 试验程序

机械寿命试验应由 1000 次操作循环组成，并且，如果适用，对三极隔离开关或接地开关在图 7、图 8 所示的 F_{a1} 或 F_{a2} 的方向上，施加 50% 额定端子静态机械负荷，在主回路中没有电压和电流的情况下进行试验。对有两个或三个绝缘子柱而且通常是水平隔离断口的隔离开关，50% 额定端子静态机械负荷应施加在隔离开关的两侧，而且方向相反。对单柱式（操作用绝缘子柱不计入）隔离开关和接地开关，端子负荷只施加在隔离开关或接地开关的一侧。

在每次操作循环中均应到达合闸位置和分闸位置。

试验时，控制和辅助触头以及位置指示装置（如果有）的动作应按 5.104 和 DL/T 593—2006 中 5.4 的规定进行验证。

试验应在装有自身配用的操动机构的隔离开关和接地开关上进行。试验过程中允许制造厂按说明书的要求进行润滑，但不得进行机械调整或其他维护。

对配用动力操动机构的隔离开关或接地开关：

- 在额定电源电压下进行 900 次合一分操作循环；
- 在规定的最低电源电压下进行 50 次合一分操作循环；
- 在规定的最高电源电压下进行 50 次合一分操作循环。

操作频率应以通过电流的电气元件的温度不超过 DL/T 593—2006 表 3 中的规定值来确定。

试验开始前，制造厂应规定试验系列前、后可以用来进行比较的参数，例如：

- 动作时间；
- 最大能量消耗；
- 只配用人力操动机构的隔离开关和接地开关的最大操作力；
- 辅助触头和位置指示装置（如果有）满意动作的验证。

对配用人力操作的隔离开关和接地开关，为方便试验，操作手柄可以用外部的动力操作装置代替，在此情况下，不必改变电源电压。按 5.105 的要求，作为对直接测量的替代方法，操作力可以根据输入功率并计及动作速度来计算。

6.102.3.2 成功操作的验证

进行机械寿命试验程序前、后，在不施加端子静态机械负荷的条件下进行下列试验系列之一的试验：

- 在规定的最低电源电压下进行 5 次合一分操作循环；
- 用人力进行 5 次合一分操作循环（只对人力操作的隔离开关或接地开关）。

在进行上述操作循环试验时，应记录或计算其操作特性，如动作时间、最大能量消耗。只配用人力操动机构的隔离开关和接地开关，应记录最大操作力。辅助触头和位置指示装置（如果有）的满意操作应予验证。

按照 6.102.3.1 的要求，机械寿命试验前、后所测量的每个参数的平均值的变化，应在制造厂规定的范围内并包含在试验报告中。

试验后，所有零部件，包括触头，均应处于良好状态且无过度磨损，见 DL/T 593—2006 中 4.4.3 的说明 6。

机械寿命试验前、后应测量主回路电阻，电阻值的变化不得大于 20%。

对气体绝缘的隔离开关和接地开关，机械寿命试验前、后应进行密封（年漏气率）试验。
应记录周围空气温度。

6.102.4 施加额定端子静态机械负荷时的操作

在端子上分别施加下述额定端子静态机械负荷，用额定动力源各进行 20 次操作循环：

——水平纵向负荷按 F_{a1} 或 F_{a2} 方向施加；

——水平横向负荷按 F_{b1} 或 F_{b2} 方向施加，两者方向相同；

—— F_c 是模拟连接导线的重量引起的向下的力，软导线的重量已计入纵向或横向力中。

只由人力操作的隔离开关和接地开关，操作循环为 10 次。

对具有水平隔离断口的隔离开关，两侧应同时施加负荷。

试验前和施加上 50% 额定纵向或横向端子机械力后，隔离开关可以调整。

每次操作，隔离开关或接地开关均应正确合闸和分闸。

在全部操作循环试验程序进行前和完成后，应按机械寿命试验中 6.102.3.1 和 6.102.3.2 的要求进行比较，予以验证。

6.102.5 延长的机械寿命试验

M1 级和 M2 级的隔离开关及接地开关应进行本条规定的试验。

频繁操作的隔离开关或接地开关，例如与断路器连同操作的隔离开关，要求的延长的机械寿命试验应按下列规定进行：

a) 延长的机械寿命试验程序由按照 6.102.1 和 6.102.3.1 进行的合一一分操作次数组成。

根据 M1、M2 分级，应进行下述操作循环次数之一的试验：

1) 3000、5000 次（M1 级隔离开关）；

2) 10 000 次（M2 级隔离开关）。

每个 1000 次操作循环系列之后，应记录或计算操作特性。

b) 在进行整个机械寿命试验程序的前、后，应按 6.102.3.2 中的要求验证操作特性。还应进行下列试验：

1) 如果适用，接触区试验（见 6.102.2）；

2) 如果适用，施加额定端子静态机械负荷时的操作验证（见 6.102.4）。

c) 在整个试验程序完成后，还应进行下列检查和试验：

1) 在制造厂给定的操作信号的最短持续时间下满意动作的验证；

2) 机械行程限位装置的良好状况的验证；

3) 机械应力限制装置（如果有）动作的验证。

d) 在整个试验程序完成后，所有部件（包括触头）均应处于良好状态，且没有出现 DL/T 593—2006 相关条款中的过度磨损，见 DL/T 593—2006 中 4.4.3 的说明 6。

6.102.6 联锁功能检验

隔离开关与接地开关之间机械联锁和电气联锁的检验内容如下：

a) 电气联锁检验。

1) 接地开关处于合闸位置，隔离开关处于分闸位置。按下隔离开关合闸按钮，隔离开关应不能合闸。

2) 隔离开关处于合闸位置，接地开关处于分闸位置。按下接地开关合闸按钮，接地开关应不能合闸。

b) 机械联锁检验。

1) 接地开关处于合闸位置，隔离开关处于分闸位置。用人力和电力操作使隔离开关合闸，隔离开关仍应保持在分闸位置，联锁元件和传动部件不得变形和损坏。用电力操作时，电动机过载保护应切断合闸电源。

- 2) 隔离开关处于合闸位置, 接地开关处于分闸位置。用人力和电力操作使接地开关合闸, 接地开关仍应保持分闸位置, 联锁元件和传动部件不得变形和损坏。用电力操作时, 电动机过载保护应切断合闸电源。

以上试验各进行 3 次。

6.102.7 隔离开关和接地开关支持绝缘子整体抗弯强度试验

试验应在完全装配好的, 并与运行状态相同的隔离开关或接地开关的一个绝缘子柱上进行, 开关设备处于分闸位置, 在其接线端子上施加 2.75 倍额定端子静态机械负荷, 保持 5min, 隔离开关和接地开关的支持绝缘子不应发生损伤或断裂。

6.103 严重冰冻条件下的操作

DL/T 593—2006 中 2.1.2 e) 规定了三个覆冰等级:

- 1 级 (覆冰 1mm);
- 10 级 (覆冰 10mm);
- 20 级 (覆冰 20mm)。

按照 DL/T 593—2006 中 2.1.2 e) 规定的三个等级, 10mm 和 20mm 的覆冰认为是严重冰冻条件的典型工况。

隔离开关和接地开关如装有为适应母线转换电流开合能力 (对隔离开关) 和感应电流开合能力 (对接地开关) 的附件, 试验时应装上这些附件。

6.103.1 引言

冰的形成可能导致电力系统运行困难, 在某些大气条件下, 覆冰的厚度有时能造成户外开关设备操作困难。

大自然导致的覆冰可分为以下两大类。

- a) 透明的冰: 通常是由于降雨时通过温度稍低于水的冰点的空气而生成的;
- b) 冰霜: 具有白色的外观, 如由于大气中的潮气在冷的表面上凝结而成。

6.103.2 适用范围

只有制造厂声明其隔离开关和接地开关适于在严重覆冰条件下操作时才进行本条规定的试验。下面给出了一个可产生与自然界遇到的覆冰相比的透明覆冰的程序, 以便能够重现自然界的覆冰试验。对于严重冰冻条件, 可供选择的冰层厚度为两级, 即 10mm 和 20mm。

注: 隔离开关开合母线转换电流用的转换触头和装在接地开关上用于开合感应电流的附件, 可能在严重冰冻条件下不能完成这些开合能力的操作。

6.103.3 试验布置

- a) 被试隔离开关或接地开关的所有部件, 连同其操动机构, 均应安装在能将温度降至约 -10℃ 的室内。如在自然冰冻条件下进行, 则应安装在室外。试验时允许给控制机构箱内的加热元件通电, 为适应已有的试验设施, 只要受影响的部件的旋转角度和牵引杠杆的弯曲度保持不变, 可以缩短支持和操作绝缘子以及其他操作部件的长度以降低总装配的高度。

注: 选择所需的制冷能力时, 必须考虑试验期间用来喷淋被试设备的水的热容量。

- b) 如果每极都有独立的操动机构, 则三极开关设备可进行单相试验。三极开关设备共用一台操动机构时, 必须用完整的三极开关设备进行试验。
- c) 隔离开关和接地开关应分别从分闸位置和合闸位置开始进行操作试验。
- d) 试验前, 应使用合适的溶剂除去运行中不用润滑的部件上的油或润滑脂的痕迹, 因为油或润滑脂的薄膜会阻碍冰的黏附并会明显改变试验结果。
- e) 为便于测量冰的厚度, 试验期间, 应在能接到和被试开关设备大致相同的降雨量的地方, 水平放置一根长 1m、直径 30mm 的铜棒或钢管。如果试棒和被试开关设备单位表面积的热容量相差很大, 即使同样的喷淋条件, 也可能产生差别很大的覆冰。为使冰层厚度的差别降到最小,

可以采用短时喷淋和较长时间冷冻交替的方法。

- f) 试验布置应使整个开关设备能被人工降雨从上面由垂线到45°的各种角度进行喷淋。喷淋所用的水温应冷却到0℃~3℃，并且在到达试品时应为液态。

注：经验表明，为使结冰的沉积速度大约为6mm/h，要求在每平方米的面积上每小时喷水为20L~80L。

- g) 经过调整后，在严重冰冻条件下操作之前，隔离开关和接地开关应经受7.6的出厂机械操作试验。

6.103.4 试验程序

6.103.4.1 冰层的形成

应该形成要求的厚度为10mm或20mm的固态透明的覆冰。结冰的典型试验程序如下：

- 将被试隔离开关或接地开关处于分闸或者合闸位置，使空气温度降到2℃，并开始喷淋预先冷却过的水。连续喷淋至少1h，在此期间保持空气温度范围为0.5℃~3℃。
- 将室温降低到-3℃~-7℃内，继续喷水。对温度变化的速度不做严格要求，可用任何一种已有的制冷设备来实现。
- 保持室温在-3℃~-7℃内，并继续喷水，直至在试棒上的表面测得的冰层厚度达到规定值为止。应控制喷水量，使整个隔离开关或接地开关上的覆冰厚度以大约6mm/h的速度增厚。
- 中断喷水并保持室温在-3℃~-7℃内至少4h。这样可以保证隔离开关或接地开关的所有部件和冰层均为一个恒定的温度。经过这个硬化期之后，可检验隔离开关和/或接地开关及其辅助设备能否满意动作。

6.103.4.2 操作的检验

对人力操作的隔离开关或接地开关，如果操作能使其到达最终的合闸位置或分闸位置，并且没有发生以后将会妨碍其机械或电气性能的损坏，则认为已通过检验。对于电动操作的隔离开关或接地开关，如果操动机构为额定电压，在第一次操作时就能到达其最终的合闸位置或分闸位置，并且没有发生以后将会妨碍其机械或电气性能的损坏，则认为已通过检验。

下列试验将证明隔离开关或接地开关能够耐受其额定电流、额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流（如适用）。

——在合闸操作完成后，立即用一个最高电压为100V的电池和灯泡线路检查电接触状况；

——冰融化后测量主回路的电阻，应没有明显的变化。

6.104 极限温度下的操作试验

此试验只适用于户外隔离开关和接地开关。

如果三极开关设备的每极都配有单独的操动机构，则可以进行单极试验。如果三极开关设备的三极共用一台操动机构，应进行完整的三极试验。

应在试验报告中给出，从发出“分闸”（“合闸”）命令开始到收到“到达分闸位置”（“到达合闸位置”）信号为止，或到达实际分闸位置（实际合闸位置）为止，所需的时间（取5次中最长者）。

6.104.1 最低周围空气温度下的操作

将处于合闸位置的隔离开关或接地开关，并连同其操动机构和辅助设备放置在试验室内。将试验室内温度降低到其规定的最低周围空气温度下（见DL/T 593—2006中2.1和2.2），并维持12h。该开关设备应能在最低和最高操作能源下顺利完成5次分—合操作循环，试验时控制机构的加热元件允许通电。

6.104.2 最高周围空气温度下的操作

将处于合闸位置的隔离开关或接地开关，并连同其操动机构和辅助设备放置在试验室内。将试验室内温度升高到其规定的最高周围空气温度（见DL/T 593—2006中2.1和2.2），并持续在此温度下使整个试品足以达到和试验室的温度相平衡的时间（最少4h）。该开关设备应能在最低和最高操作能源下顺利完成5次分—合操作循环。

6.105 位置指示装置的功能试验

如果用位置指示装置代替明显可见的隔离断口或间隙时，此试验适用。

试验要求的细节见附录 A。

6.106 隔离开关母线转换电流开合能力试验

此试验只适用于具有额定母线转换电流开合能力的隔离开关。

试验要求的细节见附录 B。

6.107 接地开关感应电流开合能力试验

此试验只适用于具有额定感应电流开合能力的接地开关。

试验要求的细节见附录 C。

6.108 隔离开关母线充电电流开合能力试验

72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备中隔离开关试验要求的细节见附录 F。

126kV 及以上空气绝缘隔离开关应在 $U_r/\sqrt{3}$ 电压下进行 3 次开合额定电容电流的试验。

6.109 隔离开关小电感电流开合能力试验

126kV 及以上隔离开关应在 $U_r/\sqrt{3}$ 电压下进行 3 次开合额定小电感电流的试验。

6.110 外壳的压力耐受试验

此试验只适用于气体绝缘封闭开关设备中的隔离开关和接地开关。

试验要求的细节见附录 E。

6.111 内部故障电弧试验

此试验只适用于气体绝缘封闭开关设备中的隔离开关和接地开关。

试验要求的细节见附录 E。

6.112 抗震试验

适用于可能发生地震地区的 252kV 及以上隔离开关和接地开关，应按 GB/T 13540 的规定进行相应抗震等级的试验。

7 出厂试验

按 DL/T 593—2006 中第 7 章的规定，并作如下补充：

隔离开关和接地开关的出厂试验必须在完全组装好的整台设备进行。需要拆装出厂的产品，应在拆装前将重要连接处做好标记并按极发运。

7.1 主回路的绝缘试验

按 DL/T 593—2006 中 7.1 的规定。

如果不满足 DL/T 593—2006 中 7.1 的第 3 段工频电压耐受试验免试的条件，则应按下述要求试验。

试验隔离开关时，试验条件应符合表 7 的规定，缩写的说明见 DL/T 593—2006 的图 3。

表 7 工频电压试验

试验条件序号	隔离开关的位置	加压部位	接地部位
1 ^a	合闸	Aa Cc	BbF
2 ^a	合闸	Bb	AaCcF
3	分闸	ABC	abcF
4	分闸	abc	ABCF
5 ^b	分闸	ABC	接地刀

a 如果极间绝缘是大气压力下的空气，则序号 1 和序号 2 的试验条件可以合并，试验电压施加在连接在一起的主回路的各部分和底座之间。

b 接地开关的位置应是接地刀的端部和隔离开关 ABC 的带电部分之间的距离为最短。

接地开关试验时，应在分闸位置施加试验电压于：

- 在相邻且绝缘的端子与接地的底座（如 A 对 B 与接地的 F）之间；
- 连在一起的所有绝缘的端子和接地的底座（如 ABC 与接地的 F）之间。

7.2 辅助和控制回路的绝缘试验

按 DL/T 593—2006 中 7.2 的规定。

7.3 主回路电阻的测量

按 DL/T 593—2006 中 7.3 的规定，只测量隔离开关的主回路电阻。

7.4 密封试验

按 DL/T 593—2006 中 7.4 的规定，只对充 SF₆ 的隔离开关或接地开关进行检漏试验。

7.5 设计和外观检查

按 DL/T 593—2006 中 7.5 的规定，检查外观、涂层防腐、轴承密封和接地端子等。

7.6 机械操作和机械特性试验

按 DL/T 593—2006 中 7.6 规定，并作以下补充：

机械操作和机械特性试验是为了确保隔离开关或接地开关在其操动机构规定的电源电压限值范围内，具有规定的操作性能。

试验在主回路上无电压和无电流的情况下进行，应验证当其操动机构通电时隔离开关或接地开关能够正确地分闸和合闸。

试验应按 6.102.3.2 的要求进行，试验时不得进行调整，每次合一一分操作分、合闸应确实到位，并且有规定的指示和信号。同时应记录分、合闸时间和分、合闸速度（需要时），以及三极动作不同期性（三极隔离开关用一台操动机构时）和最大能量消耗或最大操作力。所有特性参数均应在制造厂规定的范围内，且试验后隔离开关或接地开关不得有任何损伤。

带有接地开关的隔离开关，应按 6.102.6 的规定进行电气联锁功能和人力操作时机械联锁功能的检验。

应对电力操作电动机过载保护进行校验。

8 隔离开关和接地开关的选用导则

8.101 概述

选择隔离开关和接地开关时，应考虑运行现场的下列条件和要求：

- 正常负荷电流和过负荷情况；
- 存在的故障条件；
- 由变电站设计而提出的端子静态和动态机械负荷；
- 与隔离开关或接地开关连接用的导线，或悬挂分离触头用的导线，是硬导线还是软导线；
- 环境状况（气候、污秽等）；
- 变电站的海拔；
- 要求的操作性能（机械寿命）；
- 开合要求（隔离开关开合母线转换电流、接地开关开合感应电流、接地开关的短路关合能力）。

应该考虑到整个系统将来可能的发展，隔离开关或接地开关不仅要适合当前系统条件的要求，而且要适合将来发展的需要，选择隔离开关或接地开关时应留有一定的裕度。

8.102 正常运行条件下额定值的选择

如果适用，隔离开关和接地开关应采用第 4 章中给出的所有特性和等级，并结合下列条款进行选择。

8.102.1 额定电压和额定绝缘水平的选择

选择隔离开关或接地开关的额定电压至少应等于其安装地点的系统最高电压。

隔离开关或接地开关的额定电压应从 DL/T 593—2006 中 4.1 给出的标准值中选取。

应从 DL/T 593—2006 的表 1 和表 2 中选取隔离开关和接地开关的绝缘水平。由于隔离开关或接地开关运行位置的需要而要求高于这些表中给出的绝缘水平时，应在询问单中说明（见 9.101）。

8.102.2 额定电流的选择

隔离开关的额定电流应从 DL/T 593—2006 中 4.4.1 给出的标准值中选取。

应该注意，隔离开关即使提高了温升试验电流值，也没有标准规定的过电流能力。因此，选择隔离开关时，应使其额定电流可以满足运行中可能出现的任何负荷电流。在有频繁和严重的间歇过电流的场所，应向制造厂咨询。

注：额定电流是隔离开关除了特殊的使用情况之外可以连续承载的电流。特殊情况可能遇到，例如，发电机的隔离开关，它就可能在电流接近于额定电流的情况下长期处于合闸位置而不进行操作，且周围空气温度高。这种情况应向制造厂咨询。

8.102.3 额定接触区的选择

额定接触区应按 4.102 的要求选择。

选择额定接触区时，用户应核实在下述附加约束条件下（如果适用），在其特定使用条件下不超过制造厂规定的额定接触区：

- 由作用在与工作母线垂直连接的其他元件上的风力和由设备位移而产生的纵向偏移；
- 由作用在与工作母线垂直连接的其他元件上的风力和由设备位移而产生的横向偏移；
- 由悬挂在母线上的其他垂直负荷以及与母线连接的其他设备的操作所施加的操作负荷而产生的垂直偏移。

8.102.4 额定端子机械负荷的选择

额定端子静态和动态机械负荷应按 4.103 的要求和 3.7.121 的定义选择。在规定额定端子负荷时，用户应考虑最不利的条件。

注：建议按下列条件计算对端子静态负荷的要求：

- 规定的最低周围空气温度，和
- -10°C + 冰载 + 风载，或
- -5°C + 风载（热带地区）

当计算对端子静态和动态机械负荷以及对绝缘子的强度要求时，应考虑到与隔离开关或接地开关相连接的导线所产生的力，包括导线上由风和冰（如果适用）所产生的力。

8.102.5 72.5kV 及以上隔离开关母线转换电流开合能力的选择

尽管按照隔离开关的定义，只有在开断或关合的电流可以忽略时，或在隔离开关每极的端子之间的电压没有显著变化时，才能开断和关合回路，但在某些运行工况中，将会用隔离开关将负荷从一个母线转换到另一个母线。虽然两条母线是连通的，但对于隔离开关来说，负荷转换可能也是一种具有不同苛刻度的开合操作，这取决于变电站的尺寸和被转换电流的大小。

如果要求隔离开关具有母线转换电流开合能力，其转换电流和预期恢复电压的数值应从附录 B 给出的数值中选取，并在询问单中说明（见第 9 章）。

8.102.6 72.5kV 及以上接地开关感应电流开合能力的选择

接地开关的定义不包含开合能力。当开断或关合的电流可以忽略和/或接地开关每极端子之间的电压很低，以致仅发生可以忽略的电弧时，一台标准的接地开关应该能够断开和接通变电站或者线路的被隔离部分与地的连接。按照隔离开关的定义，认为不超过 0.5A 的电流是可以忽略的电流。

在高压线路杆塔的布置中，有时采用同一线路杆塔上架设多个系统的线路。在这种情况下，当其中一条线路停运后，其一端已接地或两端尚未接地，而其他线路仍与系统连接并承载负荷电流时，则接地开关需要开断或关合感应电流。接地开关开合感应电流的数值，取决于线路之间电容和电感的耦合系数，以及平行系统的电压、负荷和线路长度。

如果要求接地开关具有感应电流开合能力，应从附录 C 给出的数值中选取，并在询问单中说明（见

第 9 章)。

8.102.7 当地的环境

隔离开关和接地开关的正常和特殊使用条件按 DL/T 593—2006 中第 2 章的规定。

对于隔离开关和接地开关，在某些地区由于存在烟尘、化学气体、盐雾等，户内和户外的污秽条件都较差。如果已经知道这些不利条件，应对隔离开关或接地开关的设计和采用的材料给予特殊考虑。

对暴露在大气中的绝缘子，要求的爬电距离应按 DL/T 593—2006 中 5.14 的规定选取。在污秽大气条件下，绝缘子的性能也取决于人工清洗和自然清洗的次数或其他控制污秽的方法。

注：如果已通过试验证明资质绝缘子的设计满足用户的要求，标称爬电距离可以使用小于由额定电压和最小爬电距离的乘积所确定的爬电距离。

对于敞开式端子的户内开关设备，在盐分沉积严重的沿海地区，当额定电压在 40.5kV 以上时，推荐使用户外绝缘的开关设备，因为它通常比特殊的户内绝缘更合适，也可以用 GIS。

如果隔离开关或接地开关安装处的风压超过 700Pa 时，则应在询问单中指明。

如果隔离开关或接地开关安装在预期覆冰厚度超过 1mm 的环境下，应在询问单中指明并考虑 6.103 的要求。

8.102.8 地震条件

按 DL/T 593—2006 中 2.2.4 的规定。

8.102.9 使用在高海拔地区

按 DL/T 593—2006 中 2.2.1 的规定。

8.102.10 额定短时耐受电流和额定短路持续时间的选择

按 DL/T 593—2006 中 4.5 和 4.7 的规定。

图 4~图 6 给出的短路试验的布置是最低要求，因为这些试验布置不能排除电站的设计使隔离开关承受更高应力的情况。

注：电流和时间之间的关系由公式 $I^2t = \text{常数}$ 来决定 (t 不大于 5s)。

8.102.11 额定峰值耐受电流和接地开关的额定短路关合电流的选择

选定的隔离开关或接地开关的额定峰值耐受电流应不小于实际系统中可能出现的故障电流的最大峰值（按系统时间常数的实际值来考虑）。

应考虑 DL/T 593—2006 中 4.6 的规定。

以上所述也适用于接地开关额定短路关合电流的选择（如果适用）。

9 随询问单、标书和订单提供的资料

下列资料是按 DL/T 593—2006 的要求规定的，这些资料有助于处理第 8 章给出的信息。

9.101 随询问单和订单提供的资料

当查询或订购隔离开关或接地开关时，查询者应提供下列详细资料。

- 系统的详细资料，即标称电压和最高工作电压、频率、相数及中性点接地的细节。
- 运行条件，包括最低和最高周围空气温度（后者如高于正常值）；超过 1000m 时的海拔以及可能存在或出现的任何特殊条件，例如，异常的暴露在蒸汽、潮气、烟雾、爆炸性气体、过多的灰尘或含盐的空气中（见 8.102.7~8.102.9）。
- 如果适用，对隔离开关或接地开关的特性应提供下列资料：
 - 极数。
 - 安装场所：户内或户外。
 - 额定电压。
 - 额定绝缘水平，在给定的额定电压对应的不同的绝缘水平中选取，或者，如果要求的绝缘水平是非标准的（见 DL/T 593—2006 中表 1、表 2）。

- 额定频率。
 - 额定电流（仅对隔离开关）。
 - 额定峰值耐受电流和额定短时耐受电流。
 - 额定短路关合电流，如果有（仅对接地开关）（见 3.4.105）。
 - 短路持续时间的规定值（如果是非标的）。
 - 额定端子静态机械负荷和额定端子动态机械负荷（见 4.103）。
 - 与隔离开关或接地开关连接用的导线，或悬挂分离触头用的导线，是硬导线还是软导线。
 - 安装条件和高压连接件，如隔离开关和接地开关静触头的悬挂方案；是否由设备提供支撑结构。
 - 对隔离开关和接地开关用绝缘子的要求：从 GB/T 5582 中选取的污秽等级；伞裙外形（如适用）；额定端子静态和动态机械负荷。
 - 注：绝缘子的其他特性由制造厂负责。
 - 适用时，对接触区的要求。
 - 适用时，附加的要求：人工污秽，严重冰冻条件下的操作，开合母线转换电流（仅对隔离开关），开合感应电流（仅对接地开关），开合母线充电电流（仅对 363kV 及以上 GIS 中的隔离开关）；延长的机械寿命：M1 级或 M2 级隔离开关，短路关合能力 E1 级或 E2 级（仅对接地开关）。
- d) 操动机构和相关设备的特性，特别是：
- 操作方式为人力的或动力的。
 - 对不依赖人力操作的延时时间。
 - 操作高度高于正常的操作高度。
 - 动力操作采用的动力源类型（如压缩气体、直流、交流）及其额定值（压力、电压、频率）。
 - 辅助触头的数量和型式。
 - 防护等级（如果高于 5.13 的规定）。
- e) 有关压缩气体使用的要求以及压力容器的设计和试验的要求。
- f) 需要用户见证的出厂试验和附加的检查。
- 如果订单中有规定，下列检验可要求用户在场的情况下作为发运前的最后检验。这些检验对一个订货合同定购的单元数中的一个单元或其总数的 1% 进行抽试：
- 防腐层（油漆、电镀层）厚度。
 - 电气控制布线检查（如有）。
 - 附件和文件（安装和使用说明书、储存和运输说明书）。
 - 动作时间（如适用）。
- g) 上面未包括但可能影响投标和订货所涉及的特殊条件的任何其他资料。

9.102 随标书提供的资料

如果适用，随标书提供的资料应包括 9.101 中规定的要求，并应指明与询问单的细节一致和不一致的地方。此外，如有要求，应提供所有说明的材料、图纸、型式试验报告证书或报告。

9.102.1 额定值和特性

- a) 极数；
- b) 安装场所：户内或户外；
- c) 额定电压；
- d) 额定绝缘水平，尤其是额定操作冲击耐受电压（如适用）；

- e) 额定频率;
- f) 额定电流 (仅对隔离开关);
- g) 额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流;
- h) 额定短路关合电流 (仅对接地开关);
- i) 特殊要求时规定的型式试验;
- j) 隔离开关开合母线转换电流的额定值 (按附录 B);
- k) 隔离开关开合母线充电电流的额定值 (按附录 F);
- l) 接地开关开合感应电流的额定值 (按附录 C);
- m) 隔离开关和接地开关机械寿命的额定值 (等级 M);
- n) 接地开关电寿命的额定值 (等级 E)。

9.102.2 结构特点

- a) 整台隔离开关或接地开关的质量。
- b) 最小空气间隙:
 - 极间;
 - 对地;
 - 隔离断口 (仅对隔离开关)。
- c) 单柱式隔离开关和接地开关的额定接触区。
- d) 防腐措施。
- e) 具有悬挂式静触头的隔离开关, 触头分开或闭合时要求的反作用力。这些力的大小和方向由制造厂在技术文件中规定。
- f) 操作功——行程特性曲线和机械联锁的闭锁力。
- g) 绝缘子、机械传动部件、导电回路导体、弹性元件、辅助和控制设备中二次元器件、电动机、润滑脂等的选用原则和质量保证及重要技术数据。
- h) 操动机构和二次设备箱体的防水、防潮和防腐措施, 密封材质的选择和质量保证。

9.102.3 隔离开关或接地开关的操动机构及其辅助设备

- a) 操动机构的型式。
- b) 操动机构的额定电源电压和/或额定压力源的压力。
- c) 在额定电源电压下, 操作隔离开关或接地开关所需的电流, 在操动机构端子上的最大电流和最高电压。
- d) 如适用, 在额定气源压力下, 操作隔离开关或接地开关所需的压缩空气质量。
- e) 辅助触头的数量和等级。
- f) 定位装置的设计或定位方法的说明。
- g) 指示和信号装置的设计。

9.102.4 外形尺寸和其他资料

制造厂应提供隔离开关或接地开关在分闸和合闸位置时有关外形尺寸的必要资料, 还应提供隔离开关和接地开关的安装尺寸和质量。除非另有规定, 隔离开关和接地开关图样上给出的尺寸公差应为 GB/T 1804 标准化后的公差。

应提供维修方面的一般性资料 (见 10.4)。

9.102.5 设备的状态

制造厂应将隔离开关和/或接地开关运输和交付时部件的状态通知用户。

10 运输、储存、安装、运行和维护规则

按 DL/T 593—2006 中第 10 章的规定。

10.1 运输、储存和安装时的条件

按 DL/T 593—2006 中 10.1 的规定。

10.2 安装

按 DL/T 593—2006 中 10.2 的规定，并作以下补充：

只要可行，隔离开关和接地开关应按极或单元包装。

装有多于一个单元或一个元件（绝缘子、传动杆、操动机构和类似元件）的包装箱，应清楚地按极予以标识，并应附有装箱单。

10.3 运行

按 DL/T 593—2006 中 10.3 的规定。

10.4 维修

按 DL/T 593—2006 中 10.4 的规定，并作以下补充：

具有母线转换电流开合能力的隔离开关和具有感应电流开合能力的接地开关，为了确定检修周期，必须记录操作次数。

11 安全

按 DL/T 593—2006 中第 11 章的规定，并补充下面的注。

注：术语“技术熟练的人员”和“指派的人员”分别在 IEV 826-09-01 和 IEV 826-09-02 中定义。根据地方安全法规，对“技术熟练的人员”和“指派的人员”的要求可能有差异。

11.1 电气方面

按 DL/T 593—2006 中 11.1 的规定。

11.2 机械方面

按 DL/T 593—2006 中 11.2 的规定。

11.3 热的方面

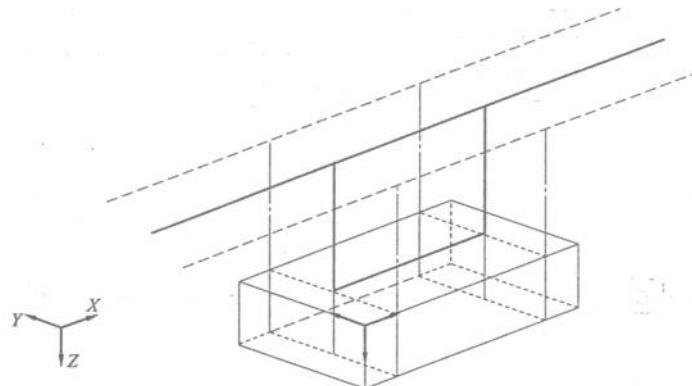
按 DL/T 593—2006 中 11.3 的规定，5.13 作为补充。

11.4 操作方面

按 DL/T 593—2006 中 11.4 的规定，5.14 作为补充。

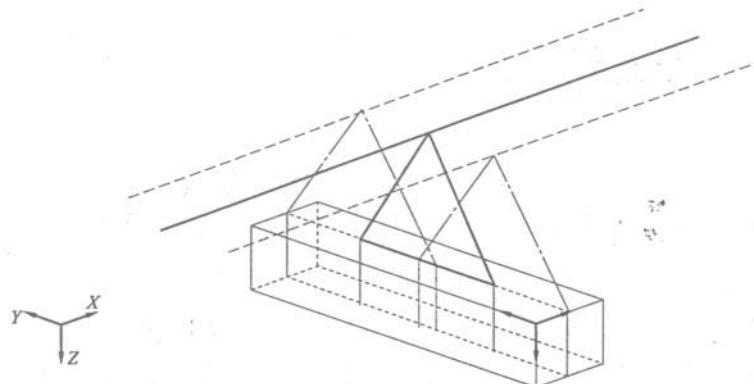
12 产品对环境的影响

按 DL/T 593—2006 中第 12 章的规定。



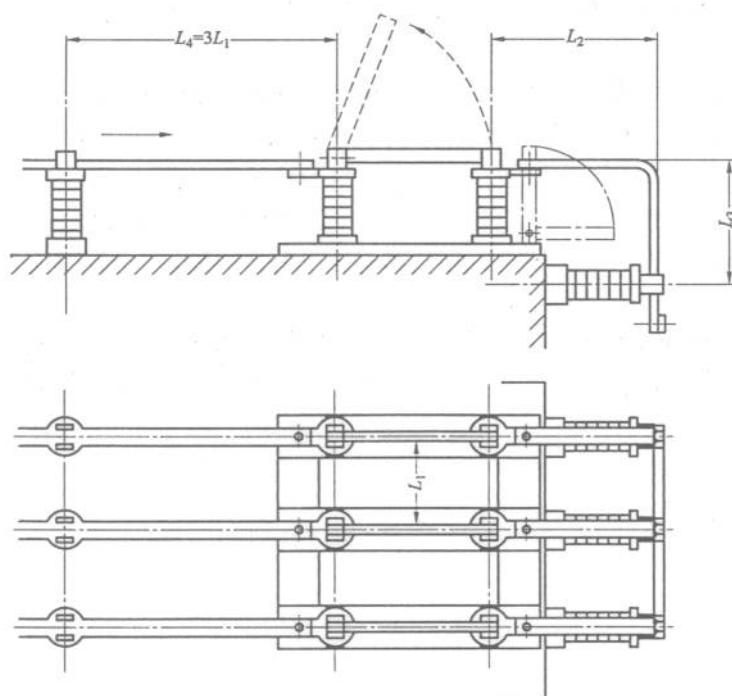
X—支撑导线的纵向（温度的影响）；Y—支撑导线的垂直方向（风的影响）；Z—垂直偏移（温度和冰的影响）

图 1 静触头方向与支撑导线平行



X—支撑导线的纵向（温度的影响）；Y—支撑导线的垂直方向（风的影响）；Z—垂直偏移（温度和冰的影响）

图 2 静触头方向（见图 8）与支撑导线垂直



注 1：应注意，不要由于与电源的连接线而引起运行条件下不存在的力。

注 2：距离 L_2 和 L_3 应尽可能地小，但不小于 1。

图 3 额定电压 40.5kV 及以下隔离开关和接地开关的三相试验布置

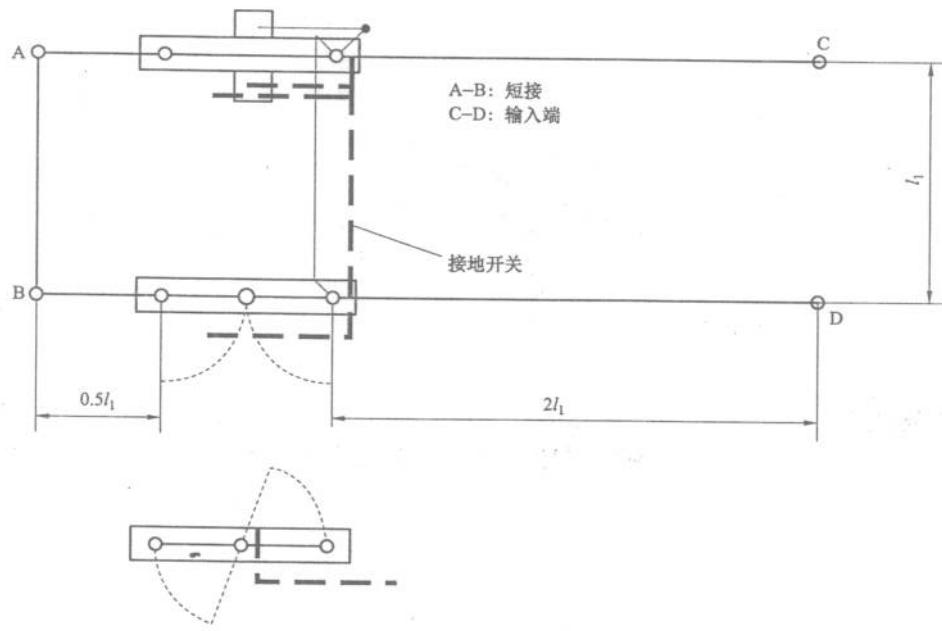


图 4 额定电压 72.5kV 及以上，具有水平隔离断口的隔离开关和接地开关的单相试验布置

变电站内指定与软导线或硬导线连接的隔离开关或接地开关应用软导线进行试验。并且，除非另有规定，试验布置应按图 4 中给出的尺寸，在施加其额定端子静态机械负荷（图 7 中的水平纵向力 F_{a1} ）的条件下进行试验。指定仅与硬导线连接的隔离开关或接地开关，可以用硬导线按与图 4 相同尺寸的试验布置进行试验。所有导线的尺寸应在试验报告中指明。

与试验布置有关的所有细节是强制性的，这里作为一个例子给出了隔离开关和接地开关试验布置的细节。

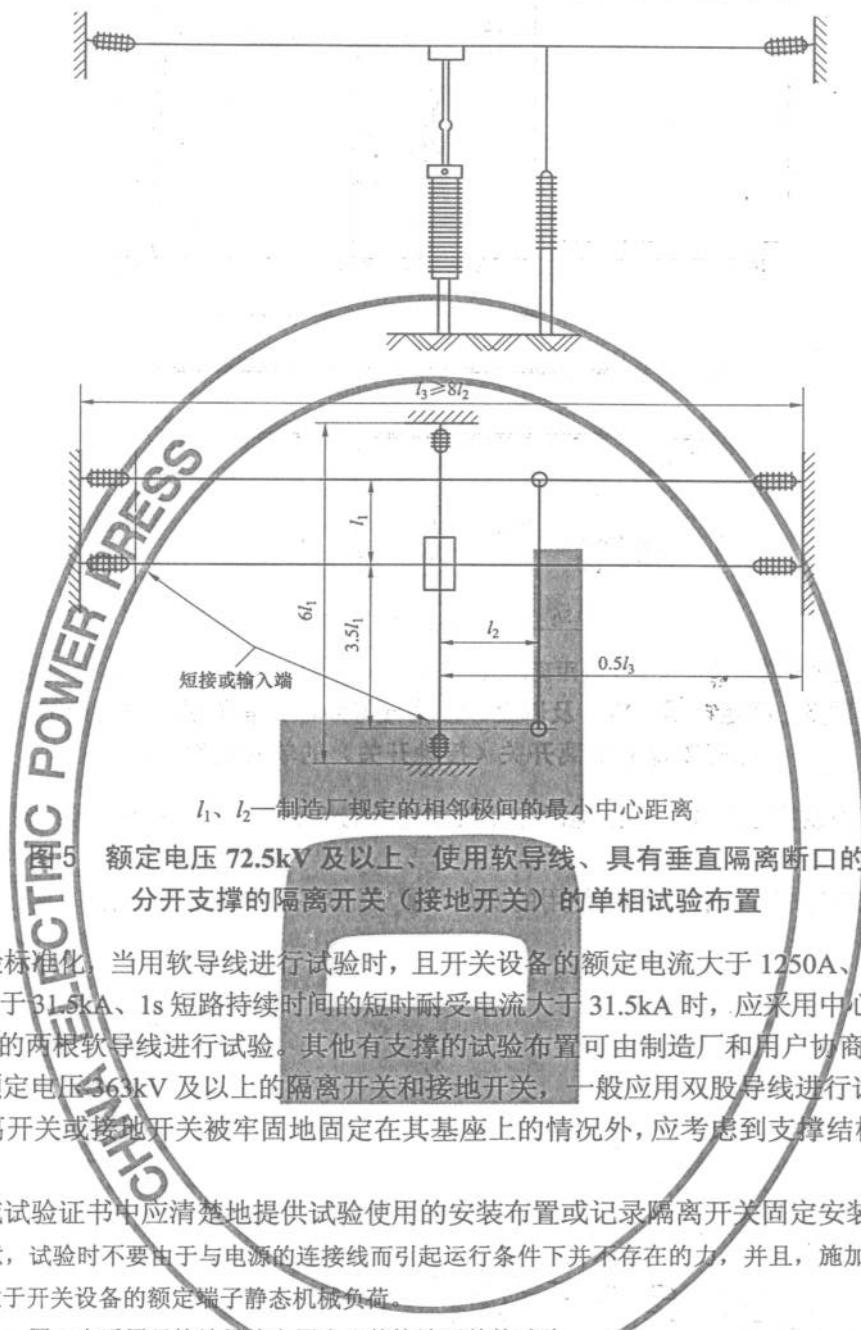
为了使试验标准化，当用软导线进行试验时，且开关设备的额定电流大于 1250A、1s 短路持续时间的短时耐受电流大于 31.5kA 时，应采用中心线距离为 70mm±30mm 且无支撑的两条软导线进行试验。当用户要求有支撑时，试验布置应由制造厂和用户协商。其差异应在试验报告中清楚地说明。额定电压 363kV 及以上的隔离开关和接地开关一般应用双股导线进行试验。所用软导线的直径为 32mm±3.2mm。

除被试隔离开关或接地开关被牢固地固定在其基座上的情况外，应考虑到支撑结构的弹性常数（IEC 60865-1:1993）。

试验报告或试验证书中应清楚地提供试验使用的安装布置或记录隔离开关固定安装到底座上的细节。

注 1：应注意，试验时不要由于与电源的连接线而引起运行条件下并不存在的力，并且，施加到端子上的静态机械负荷，不应大于开关设备的额定端子静态机械负荷。隔离开关或接地开关在施加 50% 额定端子静态机构负荷后，在施加 100% 负荷前可以调整。

注 2：原则上，图 4 也适用于接地导体布置合理的接地开关的试验。



为了使试验标准化,当用软导线进行试验时,且开关设备的额定电流大于1250A、1s短路持续时间的短时耐受电流大于31.5kA、1s短路持续时间的短时耐受电流大于31.5kA时,应采用中心线距离为70mm±30mm且无支撑的两根软导线进行试验。其他有支撑的试验布置可由制造厂和用户协商,其差异应用试验报告中说明。额定电压363kV及以上的隔离开关和接地开关,一般应用双股导线进行试验。

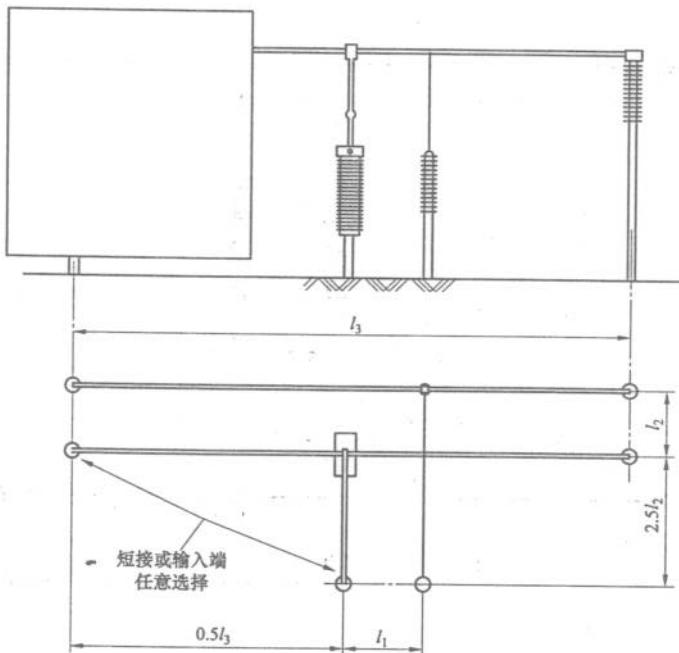
除被试隔离开关或接地开关被牢固地固定在其基座上的情况外,应考虑到支撑结构的弹性常数(IEC 60865-1:1993)。

试验报告或试验证书中应清楚地提供试验使用的安装布置或记录隔离开关固定安装到基座上的细节。

注1:应注意,试验时不要由于与电源的连接线而引起运行条件下并不存在的力,并且,施加的端子静态机构负荷不应大于开关设备的额定端子静态机械负荷。

注2:原则上,图5也适用于接地导线布置合理的接地开关的试验。

注3:如果试验布置中,短路侧的下层导线不能支撑,可用被试隔离开关支撑,其结果可能会使端子动态机械负荷增加。



l_1 、 l_2 —制造厂规定的相邻极间的最小中心距离, 当 $U_r \leq 126\text{kV}$ 时, $l_3 \geq 4 l_1$; 当 $U_r \geq 252\text{kV}$ 时, $l_3 = 20\text{m} \pm 2\text{m}$

图 6 额定电压 52kV 及以上、使用硬导线、具有垂直隔离断口的
分开支撑的隔离开关(接地开关)的单相试验布置

除被试隔离开关或接地开关被牢固地固定在其基座上的情况外, 应考虑到支撑结构的弹性常数(IEC 60865-1:1993)。

试验报告或试验证书中应提供试验使用的安装布置或记录隔离开关固定到其基座上的细节。

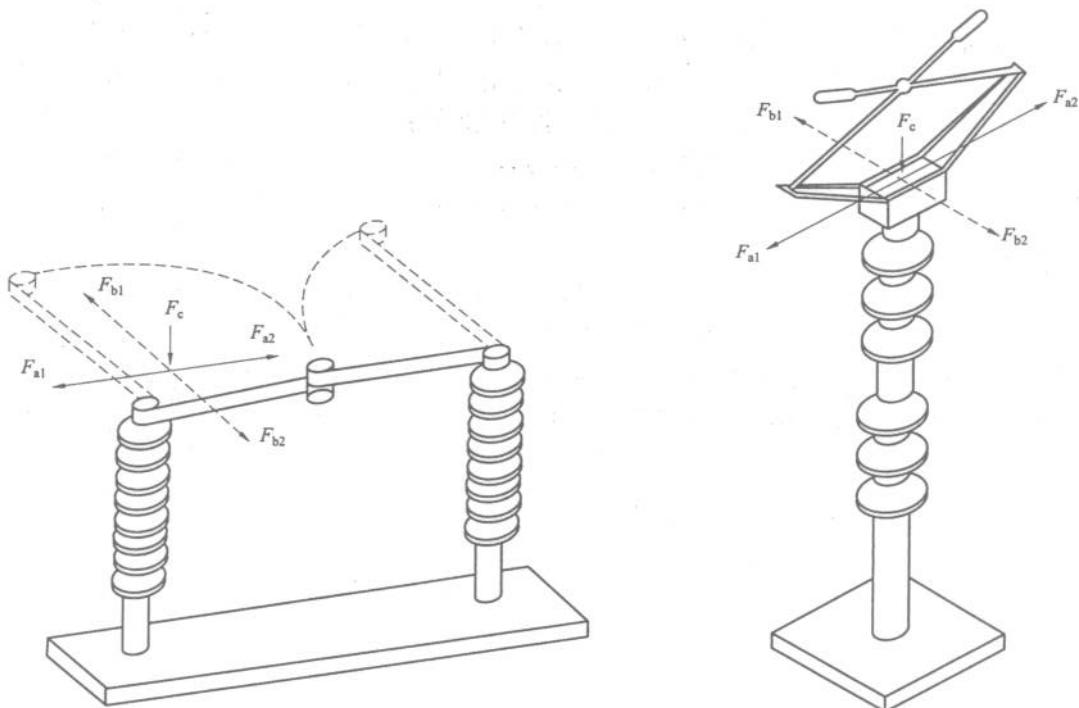


图 7 中间断口式隔离开关施加额定端子
机构负荷的例子

图 8 单柱式隔离开关施加额定端子
机构负荷的例子

注: 摆架的上方是静触头。

附录 A
(规范性附录)
位置指示装置的设计和试验

A.1 概述

本附录适用于位置指示装置，代替可见隔离断口或间隙的交流隔离开关和接地开关。

注：根据 5.104.3 的规定，如果隔离断口或间隙不可见，可以使用可靠的位置指示装置来指示保证隔离开关的隔离断口或接地开关的间隙的每个动触头的位置。

作为对本标准的补充，GB 3906—2006、GB 3804—2004、GB/T 14810、GB 7674—2008 和 IEC 62271—201 也接受用可靠的指示装置表示动触头位置来代替可见的隔离断口或间隙。

本附录旨在确定通过机械连接方式与隔离开关或接地开关的动触头连接的位置指示装置的设计要求和必要的型式试验。

为了指示装置可靠，必须满足下面补充的设计和试验要求。

A.2 正常和特殊使用条件

本标准的第 2 章适用。

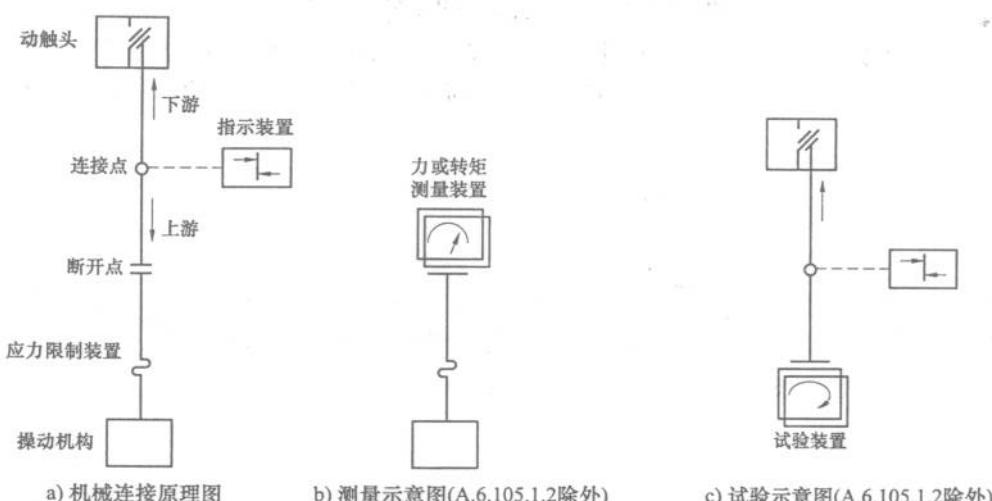
A.3 定义

就本附录而言，本标准第 3 章的定义适用，并作以下补充：

A.3.5.11

动力传动链 power kinematic chain

从（并包括）操动机构直到（并包括）动触头的机械连接系统（见图 A.1）。



注：上游是指朝着能源的方向，下游是指朝着触头的方向。

图 A.1 位置指示装置

A.3.5.112

位置—指示传动链 position indicating kinematic chain

从（并包括）动触头直到（并包括）指示装置的机械连接系统。

A.3.5.113

连接点 connecting point

动力和指示传动链共用部分的点，该点在上游的最高处。

A.3.5.114

断开点 opening point

与动力传动链的连接点的上游方向上最易接近的点，动力传动链可在该点断开。

A.3.5.115

应力限制装置 strain limiting device

将传递到开关装置下游侧的转矩限制到一个规定值的装置，它不考虑施加到上游侧的转矩大小。

A.4 额定值

本标准的第4章适用。

A.5 设计和结构

本标准的第5章适用，并作如下补充：

A.5.104.3.1 指示装置的可靠性

位置—指示装置的传动链应设计得具有足够的机构强度，以满足规定的型式试验要求。为了确保正向驱动操作，位置指示传动链应当是连续的机构连接。可通过适当的方法把位置指示装置直接标示在动力传动链的机械部件上。应力限制装置（如果有）不属于位置指示传动链的组成部分。

A.6 型式试验

本标准的第6章适用，并作以下补充：

A.6.105 验证位置指示装置功能的试验

除了在本标准第6章中规定的型式试验的试验期间指示装置的功能得到验证之外，根据开关装置的类型，设备还应通过A.6.105.1中的一项和A.6.105.2中的试验。

试验时，测量的力/转矩分别是通过断开点从动力传动链的上游部分传递到下游部分的力 F_m 或转矩 T_m 。由操动机构施加的力/转矩，是当动力传动链保持与下列试验位置相对应的位置时进行一次试操作来测量的：

- 对隔离开关：动触头被锁定时的合闸位置；
- 对接地开关：动触头被锁定时的分闸位置。

对多极开关设备，仅指具有最长动力传动链的极的动触头被锁定。

A.6.105.1 动力传动链的试验

A.6.105.1.1 无应力限制装置、动力操作的隔离开关和接地开关

电动操动机构的试验应按下面程序进行（见图A.1）。

- 将动力传动链在断开点断开；
- 对操动机构施加DL/T 593—2006中4.8和4.10中给出的110%额定电源电压或压缩气源的额定气源压力，产生的力 F_m 或转矩 T_m 是在对操动机构发出分闸或合闸命令后在断开点上测量的；
- 隔离开关或接地开关在其相应的试验位置，在断开位置的动力传动链下游的断开点上施加 $1.5F_m$ 的力或 $1.5T_m$ 的转矩。

试验结果：见A.6.105.3。

注：操动机构本身可被用来提供1.5倍的最大力/转矩。

A.6.105.1.2 无应力限制装置、人力操作的隔离开关和接地开关

试验应按下面的程序进行：

- 将隔离开关或接地开关置于试验位置；
 - 在操动机构操作手柄握紧部位长度的二分之一处施加 750N 的力。
- 试验结果：见 A.6.105.3。

注：配 A.6.105.1.1 和 A.6.105.1.2 两种类型操动机构的开关装置，在断开点上施加的力/转矩应为最大值。

A.6.105.1.3 有应力限制装置、动力和/或人力操作的隔离开关和接地开关

试验应按下面的程序进行：

- 将动力传动链在断开点断开。
- 由应力限制装置传递的力 F_m 或转矩 T_m ，是在用动力操动机构或手柄试图操作开关装置，直到应力限制装置动作时，在动力传动链上游的断开点上测量的。对操动机构施加 DL/T 593—2006 中 4.8 和 4.10 中给出的 110% 额定电源电压，或在人力操动机构的情况下，在操动机构操作手柄握紧部位长度的二分之一处施加直到使应力限制装置动作的力（最大为 750N）。
- 隔离开关或接地开关在其相应的试验位置，在断开位置的动力传动链下游的断开点上施加 $1.5F_m$ 的力或 $1.5T_m$ 的转矩。

试验结果：见 A.6.105.3。

A.6.105.1.4 无应力限制装置、动力和/或人力操作的、由锁扣装置的脱扣器驱动的隔离开关和接地开关

试验应按下面的程序进行：

- 将动力传动链在断开点解开。
- 操动机构已储存操作能量。

注：操动机构的储能可用人力或动力进行。

- 给操动机构施加分闸或合闸命令并在动力传动链的断开点上测量产生的力 F_m 或转矩 T_m 。
- 隔离开关或接地开关在其相应的试验位置，在断开位置的动力运行链下游的断开点上施加 $1.5F_m$ 的力或 $1.5T_m$ 的转矩。

试验结果：见 A.6.105.3。

A.6.105.1.5 有或无应力限制装置、独立的动力/人力操作的隔离开关或接地开关

试验应按下面的程序进行：

- 将动力传动链在断开点断开。
- 对操动机构施加 DL/T 593—2006 的 4.8 和 4.10 中给出的 110% 额定电源电压或额定气（液）源压力，并在动力传动链的断开点上测量传递的力 F_m 或转矩 T_m 。

注 1：根据操动机构的类型，在操动机构中的操作能量向动力传动链释放之前，分闸或合闸命令可能使操动机构储存操作能量。

——对人力操动机构，在操作手柄握紧部位长度的二分之一处施加直到 750N 的力，并在动力传动链的断开点上测量传递的力 F_m^* 或转矩 T_m^* 。

注 2：根据操动机构的类型，在操动机构中的操作能量向动力传动链释放完之前，人力分闸或合闸操作可能使操动机构储存操作能量。

——隔离开关或接地开关在其相应的试验位置，在断开位置的动力运动链下游的断开点上施加 $1.5F_m^*$ 的力或 $1.5T_m^*$ 的转矩。当提供动力和人力两种操作时，施加的力或转矩取两者中的较大值。

试验结果：见 A.6.105.3。

A.6.105.2 位置指示传动链的试验

如果位置指示装置直接标示在动力传动链的机构部件上，则不需要试验。

在运行操作时，如果位置指示传动链部分在动力传动链和位置指示装置之间，并处在能提供等效于符合 GB 4208 中的 IP2XC 的最低防护等级的外壳内，并且此外壳按 DL/T 593—2006 中 6.7.2 通过能量为 2J 的机械撞击试验，则不要求进行补充的试验，但应考虑下面的要点。

撞击应施加到对指示传动链和指示装置的防护来说很可能是最薄弱的外壳的点上。

对所有其他情况，试验应在断开位置指示装置而不断开动触头的情况下进行。

试验结果：见 A.6.105.3。

A.6.105.3 试验结果

每次试验通过的条件：

——试验后，位置指示装置能正确地指示动触头的位置；

——位置指示传动链没有永久变形。如果在动力传动链连接点的上游发生变形或断裂，为了完成所要求的操作，允许更换零件。但这种情况应在型式试验报告中记载。

A.7 出厂试验

本标准的第 7 章适用，并作以下补充：

机械操作试验期间，应验证位置指示装置能正确地指示动触头的分闸和合闸位置。

附录 B
(规范性附录)
隔离开关开合母线转换电流

B.1 概述

本附录适用于额定电压 40.5kV 及以上、具有母线转换电流开合能力的交流隔离开关。

注：额定电压 40.5kV 以下的隔离开关也可能开合母线转换电流，但其母线转换电流额定值和型式试验不属于正常要求。试验可按用户和制造厂协议进行。

本附录的目的，是对用于将负荷电流从一个母线系统转换到另一个母线系统的隔离开关规定开合的技术要求和试验方法。对这种操作方式，要求隔离开关具有的关合和开断能力取决于转换的负荷值、母线连接位置和被操作的隔离开关之间的环路尺寸。

B.2 正常和特殊使用条件

本标准的第 2 章适用。

B.3 定义

就本附录而言，本标准第 3 章的定义适用，并作以下补充。

B.3.7.124

母线转换电流 bus-transfer current

母线转换电流是指当隔离开关将负荷从一个母线系统转换到另一个母线系统时隔离开关能够开合的电流。

B.3.7.125

母线转换电压 bus-transfer voltage

母线转换电压是指隔离开关开断母线转换电流之后或关合母线转换电流之前出现在隔离开关断口上的工频电压。

B.3.7.126

额定母线转换电流 rated bus-transfer current

额定母线转换电流是指在额定母线转换电压下隔离开关能够开合的最大母线转换电流。

B.3.7.127

额定母线转换电压 rated bus-transfer voltage

额定母线转换电压是最大的母线转换电压，隔离开关在此电压下应能开合额定母线转换电流。

B.4 额定值

本标准的第 4 章适用，并作以下补充：

用于将负荷从一个母线系统转换到另一个母线系统的隔离开关的补充额定值应从下面选择：

B.4.106.1 额定母线转换电流

对于空气绝缘和气体绝缘的隔离开关，其额定母线转换电流值均应是 80% 的额定电流。不论隔离开关的额定电流多大，额定母线转换电流通常不超过 1600A。

注：即使隔离开关的额定电流可能很大，也选择最大额定母线转换电流 1600A 作为能够开合的典型的最大电流。选择隔离开关通常的做法是依据短时电流额定值和额定电流值。因此，隔离开关承载的最大持续电流可能大大地小于额定电流。大于 80% 额定电流或大于 1600A 的额定母线转换电流可由制造厂规定。

B.4.106.2 额定母线转换电压

额定母线转换电压在表 B.1 中给出。其他的额定母线转换电压可由制造厂规定。

表 B.1 隔离开关的额定母线转换电压

额定电压 kV	空气绝缘隔离开关的额定母线转换电压 V(有效值)	气体绝缘隔离开关的额定母线转换电压 V(有效值)
40.5	100	30
72.5		
126		
252	300	100
363		
550	400	100
800		
1100		

注：用气体绝缘隔离开关开合空气绝缘母线的转换电流时，其额定母线转换电压应采用空气绝缘隔离开关的额定母线转换电压。

B.5 设计和结构

本标准的第 5 章适用，并作以下补充。

B.5.10 铭牌

应在具有母线转换电流关合和开断能力的隔离开关的铭牌上标识出额定母线转换电流。

B.6 型式试验

本标准的第 6 章适用，并作以下补充：

具有母线转换电流关合和开断能力的隔离开关，除本标准第 6 章规定的试验外，还应经受母线转换条件下的关合和开断试验。

注：对于结构零件的变化，如果制造厂能证明所做的这种变化不影响单独型式试验的结果，则不必重做单独的型式试验。如果制造厂能够证明其他隔离开关操作该母线转换电流开合装置的方式和已做过型式试验的隔离开关一样，则意味着一个给定设计的母线转换电流开合装置也可用于其他隔离开关而不必重做该项型式试验。其理由是：隔离开关的母线转换电流开合能力仅取决于试验回路的特性值和隔离开关的操作速度，而与隔离开关的绝缘性能和电流额定值无关。

B.6.106 关合和开断试验

B.6.106.1 被试隔离开关的布置

试验时隔离开关应整体安装在其自身的支架或等价的支架上。其操作装置按规定的方式操作，特别是如果是动力（电动或气动）操作，应分别在最低电源电压或最低空气压力下进行操作。

在关合和开断试验之前应进行空载操作，并记录隔离开关操作特性的详细情况，例如，运动速度、合闸时间和分闸时间。

对于气体绝缘的隔离开关，试验应在最小气体密度下进行。

配人力操作装置的隔离开关可以利用动力操作方式进行遥控操作，动力操作的速度要与人力操作所获得的速度等值。

注 1：应进行试验，以验证人力操作的隔离开关在制造厂规定的最低操作速度下能满意地操作。

应考虑隔离开关两个端子中每一个端子的带电效应，当隔离开关一侧的实际布置不同于另一侧时，试验回路的电源侧应当连接到代表最严酷运行条件的一侧。有怀疑时，50% 次数的开断和关合试验将试验回路的电源侧接到隔离开关的一侧进行，而另 50% 次数的开断和关合试验将电源接到另一侧进行。

若下列条件下不比整台三极隔离开关试验时更有利，则仅需在三极隔离开关的一个极上进行单极试验：

- 关合速度；
- 开断速度；
- 相邻相的影响。

注 2：只要能够证明燃弧时间不可能受相邻相的影响和电弧不可能到达相邻相，则单极试验足以验证隔离开关的关合和开断性能。如果根据单极试验能确定电弧能够到达相邻相，则应进行三相试验。

B.6.106.2 试验回路和隔离开关的接地

隔离开关的底座应当接地。试验回路应按图 B.1 接地。对于气体绝缘的隔离开关，可能有必要使用一种代替的试验回路（见 B.6.106.6）。

B.6.106.3 试验频率

隔离开关最好在额定频率下进行试验。然而，为了试验方便，试验可在 50Hz 或 60Hz 下进行，并认为两者是等价的。

B.6.106.4 试验电压

试验电压应合理选择，以便在打开的隔离开关端子之间产生所要求的额定母线转换电压（ $\pm 10\%$ ），其值由表 B.1 给出。

试验电压应在电流开断后立即测量。

如 B.6.106.1 的注所述，通常仅要求进行单极试验。如果要求进行三极试验，则每一相的试验电压与平均试验电压相差应不大于 10%。

开断后，工频恢复电压至少应保持 0.3s。

B.6.106.5 试验电流

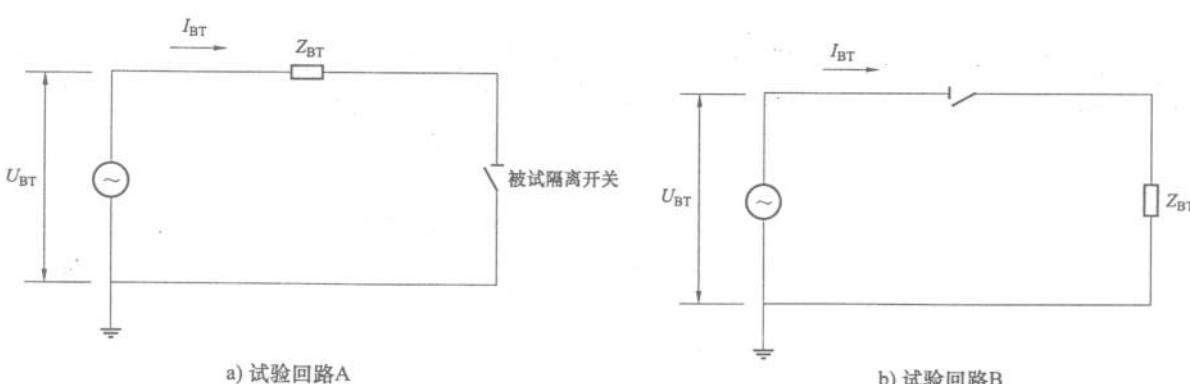
试验电流应等于 B.4.106.1 规定的额定母线转换电流（ $\pm 10\%$ ）。试验电流应在隔离开关操作之前测量。

被开断的电流应是衰减很小的对称电流。隔离开关的触头应在闭合回路中的瞬态电流消失之后才能分离。

如果进行三极试验，试验电流应是所有三极电流的平均值。每一相的试验电流与试验电流平均值相差不大于 10%。

B.6.106.6 试验回路

可进行现场试验或试验室试验。对于试验室试验，试验回路 A 和试验回路 B（见图 B.1）的功率因数应不超过 0.15。在试验室方便的情况下，可使用两个试验回路中的任何一个。



I_{BT} 为额定母线转换电流， $I_{BT} = U_{BT}/Z_{BT}$

图 B.1 母线转换电流关合和开断试验的试验回路

试验回路元件的特性值 U_{BT} 和 Z_{BT} 按提供所要求的试验电流和工频恢复电压来选择。

如果要求进行三极试验，则三相试验回路中的每一相应包括与单相试验回路相同的元件，以便得到合适的试验电压和电流。电流回路中的中性点应接地。

注 1：可以使用能够提供所要求的试验电流和电压及合适的瞬态恢复电压（TRV）参数的其他试验回路。

注 2：对于气体绝缘的隔离开关，开合时对地绝缘通常是不成问题的。有怀疑时，可以用隔离开关的额定相对地电压施加到外壳上进行试验。可以使用单独的电压源。

注 3：对于现场试验，试验电流和电压不可能达到所要求的偏差。可按制造厂和用户之间的协议，不考虑这些要求。

由于连接的母线系统的波阻抗影响，预期的 TRV 波形应呈三角形。然而，为了试验方便，可以采用频率不低于 10kHz，预期振幅系数不大于 1.5，具有 $(1-\cos)$ 波形的瞬态恢复电压。

注 4：试验回路中可加控制 TRV 的元件。

注 5：试验时，被试隔离开关的电弧电压与试验电压相比将普遍地提高，这将引起 TRV 的明显衰减和电流的相位偏移，使得试验电流在相位上与试验电压几乎同相。因此，TRV 上升率和峰值等参数是不明显的，不要求详细规定 TRV 参数。

B.6.106.7 试验方式

应进行 100 次关合一开断操作循环。

注：100 次操作循环验证电寿命是不够的，但能够供触头磨损的迹象。

分闸操作应继合闸操作之后并经过一段延时进行，且两次操作之间的延时应足以使瞬态电流得以消失。

在整个试验过程中，隔离开关不应进行调整。

B.6.106.8 试验过程中隔离开关的表现

隔离开关成功地完成试验，没有机械上或电气上的过度损伤。

在操作过程中，允许隔离开关向外喷射火焰或金属微粒，但不应损伤隔离开关的绝缘水平和保证不会危害操作人员或在附近其他人员的安全。

B.6.106.9 试验后隔离开关的状况

隔离开关的机构功能和绝缘与试验前的状况基本相同。隔离开关应能够承载其额定电流且温升不超过规定值。

只要符合隔离开关的预期操作寿命，允许有机械磨损和由于燃弧而引起的烧蚀痕迹。用于灭弧的材料（如有的话），其性能可能受损，其数量可能降低到正常水平以下。在绝缘子上可能有由灭弧介质分解而产生的沉淀物。

在分闸位置，隔离开关的隔离性能不应由于绝缘件的劣化而降低到相当于正常磨损和老化的水平以下。

为了验证是否满足上述要求，试验后对隔离开关进行目视检查和空载操作，通常是足够的。有怀疑时，可能需要进行适当的试验来加以确认。

如对隔离性能有怀疑，则应按 IEC 60694 的 6.2.11 进行状态检验试验，以便核实。

B.6.106.10 型式试验报告

全部型式试验结果都应记录在型式试验报告中，其中应包含足够的数据，以证明试验符合本标准。型式试验报告应包括足够的资料，以便能够确认被试隔离开关的主要部件。

试验报告应包含下述资料：

- 试验的典型示波图或类似记录（每 10 次操作中最后 1 次的示波图）；
- 试验回路；
- 试验电流；
- 试验电压；
- 工频恢复电压；

- 预期瞬态恢复电压;
- 燃弧时间;
- 关合和开断操作次数;
- 记录试验后触头的状况（见 B.6.106.9）。

应当包括关于隔离开关支撑结构的一般资料。如果适用的话，应记录试验期间隔离开关的动作时间和使用的操作装置的类型。

附录 C
(规范性附录)
接地开关开合感应电流

C.1 概述

本附录适用于额定电压 72.5kV 及以上、具有感应电流开合能力的交流接地开关。

注：额定电压 40.5kV 及以下的接地开关偶尔也要求开断和关合感应电流，但感应电流额定值和型式试验不属于正常要求。这里，试验可按用户和制造厂协议进行。

本附录的目的，是为了将输电线路接地用的接地开关的开合要求标准化。在多回架空输电线路平行布置的情况下，不带电并且接地的输电线上可能通过电流，这是由于与相邻带电线路电容和电感耦合的结果。因此，用于这些线路接地的接地开关应能保证下列运行条件：

- 当接地连接的一端开路，接地开关在另一端操作时，接地开关能开断和关合容性电流；
- 当线路的一端接地，接地开关在另一端操作时，接地开关能开断和关合感性电流；
- 接地开关能持续地承载容性和感性电流。

C.2 正常和特殊使用条件

本标准的第 2 章适用。

C.3 定义

本标准第 3 章适用，并作以下补充。

C.3.4.105.4

A 类接地开关 class A earthing switch

指定用在与相邻带电线路耦合长度较短或耦合较弱的线路上的接地开关。

C.3.4.105.5

B 类接地开关 class B earthing switch

指定用在与相邻带电线路耦合长度较长或耦合较强的线路上的接地开关。

注：列入 A 类和 B 类、具有关合能力（E1 级和 E2 级）的接地开关将有一个组合等级符号，如 A+E1、B+E2 等。

C.3.7.128

电磁感应电流 electromagnetically induced current

电磁感应电流，是当停电的输电线路的一端已经接地，而与之平行或邻近的输电线路带电时，另一端的接地开关与地接通或断开接地时，接地开关应能开合的感性电流。

注 1：两端接地的停电线路上的感性电流取决于带电线路中的电流大小和与带电线路的耦合因数，耦合因数由杆塔上的线路布置情况来确定。

注 2：当线路另一端接地时，跨接在线路一端且打开的接地开关上的感性电压取决于带电线路中的电流大小、与带电线路的耦合因数（耦合因数由杆塔上的线路布置情况来确定）以及与带电线路邻近的那部分接地线路的长度。

C.3.7.129

静电感应电流 electrostatically induced current

静电感应电流，是当停电的输电线路的一端开路，而与之平行和邻近的输电线路带电时，另一端的接地开关与地接通或断开时，接地开关应能开合的容性电流。

注 1：一端接地的停电线路上的容性电流取决于带电线路的电压高低、与带电线路的耦合因数（耦合因数由杆塔上的线路布置情况来确定）以及接地线路的接地端和开路端之间的长度。

注 2：当线路另一端开路时，跨接在线路一端且打开的接地开关上的容性电压取决于带电线路的电压高低和带电线路上的耦合因数，耦合因数由杆塔上的线路布置情况来确定。

C.4 额定值

本标准的第 4 章适用，并作以下补充：

额定电压 72.5kV 及以上的接地开关可能要求具有感应电流和感应电压的额定值。对这种情况下使用的接地开关，根据开合方式的严酷程度可分为 A 类和 B 类（见 C.3.4.105.4 和 C.3.4.105.5）。

C.4.105.1 额定感应电流

电磁感应和静电感应电流的额定值应分别规定。

额定感应电流是在额定感应电压下接地开关能够开合的最大电流。

额定感应电压是最高工频电压，在该电压下接地开关能够开合额定感应电流。

两类接地开关的额定感应电流见表 C.1。

表 C.1 接地开关的额定感应电流和额定感应电压的标准值

额定电压 U_r kV	电磁耦合				静电耦合			
	额定感应电流 A (有效值)		额定感应电压 kV (有效值)		额定感应电流 A (有效值)		额定感应电压 kV (有效值)	
	类别		类别		类别		类别	
	A	B	A	B	A	B	A	B
72.5	50	100	0.5	4	0.4	2	3	6
126		100	0.5	6	0.4	5	3	6
252	80	160	1.4	15	1.25	10	5	15
363	80	200	2	22	1.25	18	5	22
550	80	200	2	25	1.6	25, 50	8	25, 50
800	80	200	2	25	3	25, 50	12	32

注 1：A 类接地开关：用于耦合弱或比较短的平行线路。B 类接地开关：用于耦合强或比较长的平行线路。
注 2：在某些情况（接地线路很长一段与带电线路邻近，带电线路上的负荷很大，带电线路的运行电压比接地线路高等）下，感应电流和感应电压可能高于表中的值。对这类情况，额定值应由制造厂和用户协商确定。
注 3：对单相和三相试验（见 C.6.107.6），额定感应电压均相应于线对地的值。

接地开关应能承载额定感应电流（见 C.6.5）。

C.4.105.2 额定感应电压

电磁感应和静电感应电压的额定值应分别规定。

两类接地开关的额定感应电压见表 C.1。

C.5 设计和结构

本标准的第 5 章适用，并补充如下：

C.5.10 铭牌

应在具有感应电流关合和开断能力的接地开关的铭牌上标识出类别符号。

C.6 型式试验

本标准的第 6 章适用，并补充如下：

具有额定感应电流关合和开断能力的接地开关的型式试验应包括：

- 验证电磁感应电流关合和开断能力的试验；
- 验证静电感应电流关合和开断能力的试验。

C.6.5 温升试验

一般不要求做试验，因为用接地开关的额定短时耐受电流可以说明额定感应电流标准值引起的温升很低。有怀疑时，经过制造厂和用户协商进行温升试验。

如要求试验，应按 DL/T 593—2006 中 6.5 的规定。

C.6.107 关合和开断试验

C.6.107.1 被试接地开关的布置

被试接地开关应完整地安装在其自身的支架上或一等价的支架上，其操动机构应以规定的方式操作，特别是电动或气动操作，应分别在最低电源电压或最低气压下进行。

进行关合和开断试验前，应进行空载操作，并详细记录接地开关的行程、速度、分闸时间和合闸时间等操作特性。

对于气体绝缘的接地开关，试验应在最低气体密封下进行。

对配人力操动机构的接地开关可以采用动力操作方式进行遥控操作，只要其操作速度与人力操作时的速度等值。

注 1：应试验验证人力操作的接地开关在制造厂规定的最低操作速度下能否满意地操作。

如果下列条件不比整台三极接地开关试验时更有利，则仅需在三极接地开关的一极上进行单相试验：

- 关合速度；
- 开断速度；
- 相邻极的影响或与带电相的邻近程度。

注 2：如果能够证明燃弧时间和电弧扩散不可能牵连到相邻带电相，则单极试验足以验证接地开关的关合和开断性能。如果在单极试验的基础上，确证电弧可以到达相邻带电相，则应进行三相试验。

C.6.107.2 试验回路和接地开关的接地

试验回路应通过接地开关的端子接地，通常接地开关的一个端子是接地的。

C.6.107.3 试验频率

接地开关最好在额定频率下进行试验。然而，为了试验方便，试验可以在 50Hz 或 60Hz 下进行，并认为两者是等价的。

C.6.107.4 试验电压

试验电压应合理选择，使关合或开断后在接地开关端子间产生合适的工频电压，其值为表 C.2 所给出的值（ $\pm 10\%$ ）。对于电磁感应电流的开合，试验电压应在电流开断后立即进行测量。对于静电感应电流的开合，试验电压应在接地开关即将关合前进行测量。

如 C.6.107.1 中的注，通常仅要求进行单极试验。如果要求进行三极试验，则每相的试验电压与平均试验电压相差应不超过 10%。

工频试验电压在开断后应至少维持 0.3s。

C.6.107.5 试验电流

试验电流应等于表 C.1 中给出的额定感应电流（ $\pm 10\%$ ）。

被开断的电流应是衰减很小的对称电流。接地开关的触头应在闭合回路中的瞬态电流消失之后才分开。

如果进行三相关合和开断试验，试验电流应按三相中电流的平均值衡量。每相试验电流与平均试验电流相差应不超过 10%。

对于容性电流开断试验，在触头分离前试验电流的波形应尽可能地接近正弦波。如果总电流的有效值对基波分量有效值之比不超过 1.2，则认为此条件已满足。触头分开前，试验电流每工频半波通过零点不得多于 1 次。

C.6.107.6 试验回路

可以进行现场试验或试验室试验。对于试验室试验，可用电容、电感和电阻组成的集中元件来代替输电线路。

如果要求进行三极试验，三相试验回路中每相的元件要与单相试验回路中的相同，以便产生合适的试验电压和电流。电源回路的中性点应接地。

注 1：只要能产生所要求的试验电流和试验电压以及固有的瞬态恢复电压参数，规定以外的其他试验回路也可采用。

注 2：对于现场试验，可以不易使试验电流和试验电压满足所要求的允差。制造厂同用户之间的协议，可以放弃这些要求。应该指出，如果电压互感器接到被开合的接地线路上，开合过程中可能出现铁磁谐振，这取决于互感器的特性和接地线路的长度。

C.6.107.6.1 电磁感应电流关合和开断试验的试验回路

单相试验回路（见图 C.1）由产生合适的试验电压和试验电流的一个电源回路构成，回路的功率因数不超过 0.15。选择元件 R 和 C ，以产生合适的瞬态恢复电压参数。阻尼电阻 R 可以与电容 C 串联或并联。

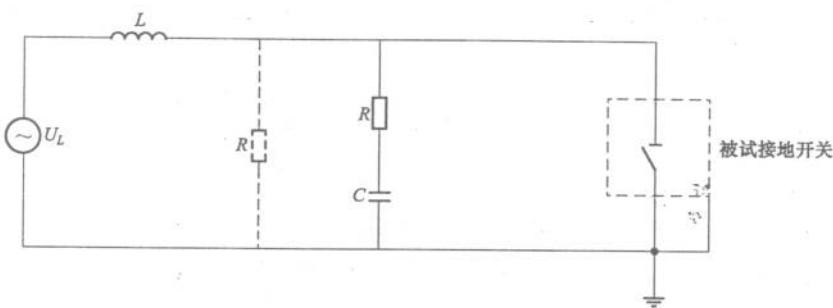


图 C.1 电磁感应电流关合和开断试验的试验回路

电源电压 U_L 和电感 L 的值可以按表 C.1 中给出的值进行计算，以便产生合适的试验电流和工频恢复电压值。

预期瞬态恢复电压波形应具有三角波的形式，这是由于所连输电线路的波阻抗造成的。为了试验方便，也可采用具有 $(1-\cos)$ 形式的瞬态恢复电压。可以选择 R 和 C 的值以产生表 C.2 中规定的合适的瞬态恢复电压参数。

表 C.2 电磁感应电流开断试验恢复电压的标准值

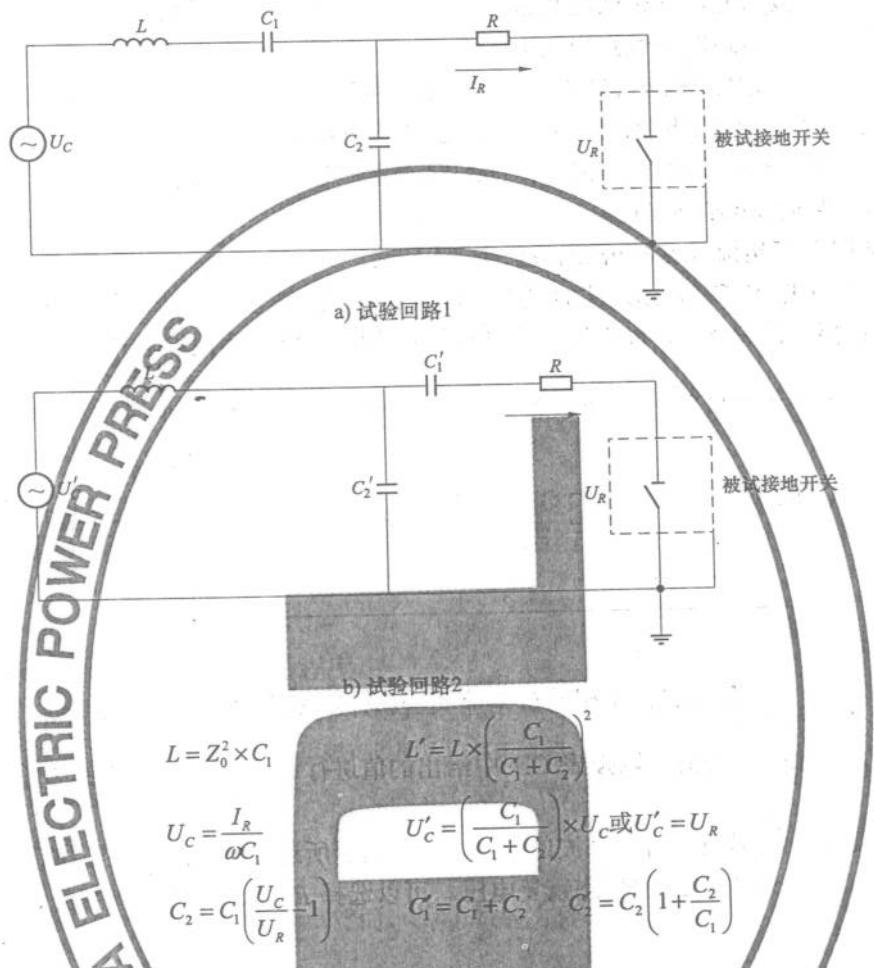
额定电压 U_r kV	A 类			B 类		
	工频恢复电压 (有效值) $(+10\% -10\%)$ kV	TRV 峰值 ($+10\%$) kV	到达峰值的时间 (-10%) ms	工频恢复电压 (有效值) $(+10\% -10\%)$ kV	TRV 峰值 ($+10\% -10\%)$ kV	到达峰值的时间 (-10%) μs
72.5	0.5	1.1	100	4	9	400
126	0.5	1.1	100	6	14	600
252	1.4	3.2	200	15	34	1100
363	2	4.5	325	22	49	1300
550	2	4.5	325	25	57	1600
800	2	4.5	325	28	63	2000

注 1：恢复电压对单相或三相试验均有效。

注 2：预期瞬态恢复电压 (TRV) 波形可以是三角形或 $(1-\cos)$ 形式（见 C.6.107.6.1）。到达峰值的时间对于两种波形均适用。

C.6.107.6.2 静电感应电流关合和开断试验的试验回路

根据试验室试验的条件, 可以选用图 C.2 中的试验回路 1 或试验回路 2, 因为只要满足回路参数方程式, 这些回路是等价的。



式中:

Z_0 ——线路的波阻抗, 对于 72.5kV~126kV 为 425Ω, 对于 252kV 为 380Ω, 对于 363kV~800kV 为 325Ω;

I_R ——表 C.1 规定的额定感应电流;

U_R ——表 C.1 规定的额定感应电压;

C_1 ——表 C.3 给出的试验回路电容。

图 C.2 静电感应电流关合和开断试验的试验回路

试验回路的功率因数应不超过 0.15。试验回路 1 中的电源电压 U_c 、电感 L 和电容 C_2 的值可以从表 C.1 中的额定电流和额定电压及表 C.3 中给出的 C_1 值, 利用图 C.2 中注明的方程式计算出来。这将产生合适的试验电流和电压值以及合适的涌流频率和试验回路的波阻抗。试验回路 2 中的参数值可以由试验回路 1 导出的值进行计算。

表 C.3 静电感应电流关合和开断试验的试验回路的电容 (C_1 值)

额定电压 U_r kV	试验回路的电容 μF	
	A 类 $\pm 10\%$	B 类 $\pm 10\%$
72.5	0.07	0.27

表 C.3 (续)

额定电压 U_r kV	试验回路的电容 μF	
	A类 $\pm 10\%$	B类 $\pm 10\%$
126	0.07	0.40
252	0.15	0.80
363	0.29	1.18
550	0.35	1.47
800	0.35	1.47

注: C_1 值可以由下式计算:

$$C_1 = 6D/(\pi Z_0)$$

式中:

D —线路长度, km;
 Z_0 —线路波阻抗, Ω , 波阻抗的设定值是: 72.5kV~126kV 为 425Ω , 252kV 为 380Ω , 363kV~800kV 为 325Ω .

不超过(从隔离开关看去的)容抗 $\omega(C_1 + C_2) = \omega C'_1$ 的 10% 的电阻 R 可以插接于图 C.2 所示的回路中。然而, 所选择的电阻值既不应大于所考虑的输电线路的波阻抗, 也不应导致接地开关合闸时涌流的非周期性阻尼。

C.6.107.7 试验方式

对于每一个静电和电磁感应电流关合和开断应进行 10 次关合、开断操作循环。

注: 10 次操作循环对于验证电寿命是不充分的, 但能提供触头磨损的迹象。

分闸操作应继合闸操作之后进行, 两次操作之间应有足够的延时, 使得任何瞬态电流得以消失。

在整个试验程序进行中, 接地开关不应进行检修和调整。

C.6.107.8 试验过程中接地开关的表现

接地开关应成功地完成试验且没有过度的机械或电气损伤。

在操作过程中, 允许接地开关向外喷射火焰和金属微粒, 但不应降低接地开关的绝缘水平并保证不会危害操作人员或在附近其他人员的安全。

C.6.107.9 试验后接地开关的状态

接地开关的机构性能和绝缘与试验前的状况基本相同。接地开关应能承受其额定峰值耐受电流和额定短时耐受电流。

只要符合接地开关预期的操作寿命和维修规范, 允许有机械磨损和电弧烧蚀的痕迹。如有用于灭弧的材料, 其性能可能受损, 其数量可能降低到正常水平之下。在绝缘子上可能有由灭弧介质的分解而产生的沉淀物。

为了验证是否满足上述要求, 试验后应对接地开关进行目视检查和空载操作。有怀疑时, 可能需要进行适当的试验予以确认。

如果对接地开关断口的绝缘性能有怀疑, 应按 DL/T 593—2006 中 6.2.11 的规定进行状态检查试验, 予以确认。

C.6.107.10 型式试验报告

全部型式试验结果应记录在型式试验报告中, 其中应包含足够的数据, 以证明试验符合本标准。型式试验报告应包括足够的资料, 以便能够确认被试接地开关的主要部件。

试验报告应包括下列资料:

——典型的示波图或类似记录;

- 试验回路；
- 试验电流；
- 试验电压；
- 工频恢复电压；
- 预期瞬态恢复电压；
- 燃弧时间；
- 关合和开断操作次数；
- 试验后接地开关的状况。

应该包括关于接地开关支撑结构的一般资料。如适用，应记录试验时接地开关的动作时间和所采用的操动机构的类型。

附录 D (资料性附录)

接地开关操作(暂时接近)时最不利的绝缘位置的试验电压

为了对暂时接近时的绝缘强度进行标准化，应考虑下列事实。

- 额定电压直到并包括 126kV，系统存在两种形式：一种是中性点固定接地系统；另一种是中性点经消弧线圈接地的谐振接地系统。
- 额定电压 252kV 及以上，中性点固定接地是标准的接地方式。
- 额定电压 363kV 及以上，其工频耐受电压与系统电压的比例和 363kV 以下的试验电压与系统电压的比例相比是降低了(在较高等级的操作冲击试验方面已经标准化了)。

因此，对于暂时接近，有理由对较低电压等级的两个不同试验电压(一个对固定接地系统，另一个对谐振接地系统)和对 245kV 及以上的系统电压仅有的一个试验电压进行标准化。

由于 363kV 及以上系统的工频耐受电压相对较低，所以 252kV 的隔离开关和接地开关处于一个独特的位置。一方面它们属于固定接地系统的范围；另一方面它们又属于试验电压低于 363kV 的范围。因此，有必要把要求的绝缘强度与标准化了的工频耐受电压(线对地)或是与额定电压联系起来考虑。

对于线对地耐受电压的固定关系是：对较低的额定电压，给出了过高的值；对较高的额定电压，给出了过低的值。

由于变电站中的安全距离与绝缘试验电压无关而与额定电压有关，因此，暂时接近的绝缘强度也应与额定电压和电网的接地方式有关。而且，应考虑试验电压可能偶尔有变化这个事实，但对于暂时接近的距离不应导致试验电压的改变。

因此，为了标准化，试验电压建议采用下列值。

额定电压直到并包括 126kV：

- 中性点固定接地系统， $2U_r/\sqrt{3}$ ；
- 中性点不接地系统， $1.3U_r$ 。

额定电压 252kV 直到并包括 800kV，它们一般是固定接地的：

- $2U_r/\sqrt{3}$ 。

在计及以上叙述的细节后，对处于最不利位置的接地开关刀建议的试验电压在表 6 中给出。

附录 E (规范性附录)

对气体绝缘和/或金属封闭开关设备中使用的隔离开关和接地开关的特殊要求

E.1 概述

E.1.1 范围和对象

本附录专门适用于额定电压 3.6kV 及以上、频率为 50Hz 的气体绝缘和/或金属封闭开关设备中的交流隔离开关和接地开关。

这里,仅考虑履行隔离开关或接地开关特殊功能的那些元件。如果隔离开关和接地开关被组合到一个隔室或一个壳体中,根据电压等级,GB 3906—2006、GB 7674—2008 适用。

E.1.2 规范性引用文件

本标准的 1.2 适用。

E.2 正常和特殊使用条件

本标准的第 2 章适用。

E.3 术语和定义

本标准的第 3 章适用,并作以下补充:

E.3.5.116

套管 bushing

承载使一根或多根导体穿过外壳并与之绝缘的元件,包括连接用的附件(见 GB 7674—2008 的 3.109)。

E.3.7.129

(外壳的)设计温度 design temperature (of the enclosure)

在运行条件下,外壳能达到的最高温度(见 GB 7674—2008 的 3.112)。

E.3.7.130

(外壳的)设计压力 design pressure (of the enclosure)

用来决定外壳厚度的压力(见 GB 7674—2008 的 3.113)。

E.3.7.131

绝缘介质的额定充入压力(或密度) rated filling pressure for insulation (or density)

在投运或自动补压前充入总装的供绝缘和/或开合用的介质压力(Pa)或密度,把它折算到+20℃、101.3kPa 标准大气条件下,可以用相对压力或绝对压力表示(见 DL/T 593—2006 中 3.6.5.1)。

E.3.7.132

绝缘介质的最低功能压力(或密度) minimum functional pressure for insulation (or density)

供绝缘和/或开合用的介质压力(Pa)或密度,把它折算到+20℃、101.3kPa 标准大气条件下,可以用相对压力或绝对压力表示,大于或等于此压力时开关设备和控制设备保持其额定特性,且在此压力时需要及时补压(见 DL/T 593—2006 中 3.6.5.5)。

E.4 额定值

本标准的第 4 章适用,并对额定值列表作以下补充:

p) 适用时,额定母线充电电流开合能力(见附录 F)。

E.4.2 额定绝缘水平

DL/T 593—2006 的 4.2 适用。

E.4.10 绝缘用压缩气源的额定压力（或密度）

DL/T 593—2006 的 4.10 适用。

E.5 设计和结构

本标准的第 5 章适用，并作以下补充：

E.5.3 隔离开关和接地开关的接地

DL/T 593—2006 的 5.3、GB 7674—2008 的 5.3 和 GB 3906—2006 的 5.3 适用。

如果有供试验用的外部连接穿过接地开关，那么，试验时它需要和接地点隔离，这种外部连接应能耐受额定短路电流。该外部连接拆去时，相应的绝缘水平（DC 和 AC）由制造厂规定。如果需要，应给出外部接地连接绝缘系统的介质损耗（mW）。

E.5.10 铭牌

本标准的 5.10 适用，并作以下补充：

应提供下列数据：

- 操作用的额定压力；
- 最小气体密度（或压力）；
- 外壳的设计压力。

E.5.110 内部故障

适用时，见 GB 3906—2006 的 5.101 或 GB 7674—2008 的 5.102。

E.5.111 外壳

适用时，见 GB 3906—2006 的 5.102.1、5.102.2、5.106 或 GB 7674—2008 的 5.103 和 DL/T 593—2006 的 5.4.1。

E.5.112 压力释放

适用时，见 GB 3906—2006 的 5.103.2.4 或 GB 7674—2008 的 5.105。

E.6 型式试验

本标准的第 6 章适用，并作以下补充：

E.6.1 概述

构成气体绝缘或金属封闭开关设备和控制设备主回路元件的隔离开关和接地开关，应在其他安装和使用的适当条件下，即它们应在气体绝缘和金属封闭开关设备和控制设备中的正常安装状态，装上可能影响其性能的所有相关元件（如连接件、支持件、排气装置等）的情况下，按本附录进行试验，以验证其额定特性。

注：在确定哪些相关的元件影响的性能时，特别要注意短路电流所产生的机械力、电弧生成物的排放、破坏性放电的可能性等方面。应该认识到在某些情况下这种影响可能是微不足道的。

E.6.1.1 试验的分组

本标准的 6.1.1 适用，并作以下补充：

- 验证隔离开关开合母线充电电流的试验（E.6.108）；
- 外壳的压力耐受试验（E.6.110）；
- 内部故障电弧试验（E.6.111）。

E.6.2.9 局部放电试验

DL/T 593—2006 的 6.2.9 适用。

除非已在 GB 3906—2006 的 7.101 和 GB 7674—2008 的 7.1.2 中规定，否则不要求在整台隔离开关

或接地开关上做局部放电试验。但是,当隔离开关或接地开关所用的元件在相关的标准(例如 GB/T 4109)中包含了局部放电测量时,制造厂应提出证明表明这些元件通过了相关标准要求的局部放电试验。局部放电测量见 GB/T 7354。

注 1: 局部放电测量发现受试设备某些缺陷的一个合适的方法,也是绝缘试验的一个有益的补充。经验表明,在特定的结构中,局部放电可以导致设备(尤其是固体绝缘)的绝缘强度降低。

注 2: 为测量或发现局部放电,除 GB/T 7354 考虑的一种方法外,根据协议也可采用其他方法,例如超高频或声学法。

E.6.6.1.101 短路试验的一般试验条件

DL/T 593—2006 的 6.6.1 和本标准的 6.6.1.101 适用。

E.6.102.3 机械寿命试验

配备联锁的隔离开关和接地开关,应经受 5 次操作循环的操作(相关标准另有要求的情况除外)来检查相关联锁的动作情况。在每次操作之前,联锁应置于试图阻止开合装置操作的位置。在进行上述这些试验时,仅使用正常的操作力,并且不应对开关装置或联锁进行调整。

如果开关装置和联锁能按正确的工作程序工作,且在试验前、后开关装置操作所需的力几乎相同,则认为试验是满意的。

如果开关装置不能操作,则认为联锁是满意的。

E.6.104 极限温度下的操作试验

为了验证的极限温度下能满意地工作,应按 DL/T 593—2006 的 6.8 进行密封试验。

E.6.108 验证隔离开关开合母线充电电流的试验

试验要求的细节在附录 F 中给出。

E.6.110 外壳的压力耐受试验

GB 3906—2006 的 7.103 和 GB 7674—2008 的 7.101 适用。

E.6.111 内部故障电弧试验

GB 3906—2006 的 6.106 和 GB 7674—2008 的 6.105 适用。

E.7 出厂试验

本标准的第 7 章适用,并作以下补充。

E.7.1 主回路的绝缘试验

补充如下:

注: 对于密封元件,绝缘试验应在额定充入压力下进行。

E.7.6 机械操作试验

本标准的 7.6 适用,并作以下补充:

配备联锁的隔离开关和接地开关,应经受 5 次操作循环的操作来检查相关联锁的动作情况。每次操作之前,应按 6.102.3.2 和 E.6.102.3 的规定,分别对每个开关装置进行一次试操作。

试验在主回路中没有电压或电流流过的条件下进行,特别是应该检验在操动机构规定的电源电压和压力源压力极限范围内,开关装置能正确地合闸和分闸。

E.7.102 局部放电测量

GB 3906—2006 的 7.101 和 GB 7674—2008 的 7.1.2 适用。

注 1: 局部放电测量可用来发现潜在的悬浮物质和制造缺陷。

注 2: 为测量或发现局部放电,除了 GB/T 7354 考虑的一种方法外,根据协议也可采用其他方法,例如超高频或声学法。

E.7.103 外壳的压力耐受试验

GB 3906—2006 的 7.103 和 GB 7674—2008 的 7.101 适用。

E.8 隔离开关和接地开关的选用导则

本标准的第 8 章适用。

E.9 随询问单、标书和订单提供的资料

本标准的第 9 章、GB 3906—2006 的第 9 章或 GB 7674—2008 的第 9 章适用，并补充下列资料。

E.9.102.1 额定值和特性

补充如下：

- o) 开合母线充电电流的能力。

E.10 运输、储存、安装、运行和维护规则

GB 3906—2006 的第 10 章和 GB 7674—2008 的第 10 章适用，对 GB 3906—2006 的 10.3 和 GB 7674—2008 的 10.3 作以下补充：

为了维修，气体绝缘开关设备中的隔离开关只有在六氟化硫气体压力不低于其最低功能压力（密度）时，认为才具有其全部的绝缘性能。

附录 F
(规范性附录)
额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备
——隔离开关开合母线充电电流的要求

F.1 概述

已经发现，特别是在 363kV 和更高的系统电压等级上，当用气体绝缘金属封闭开关设备的隔离开关开合小的容性电流〔例如用隔离开关接通或断开空载的母线(管)段或断路器的并联电容器〕时，可能会发生对地破坏性放电。近几年，通过在全世界范围内的调查，弄清了产生这种情况的原因，并对非常快速的瞬态过电压现象——随着气体绝缘金属封闭开关设备的隔离开关履行容性电流开合这种固有的职能时产生的现象的复杂性，有了深刻的了解。由此可以断定：正确的隔离开关设计，对避免对地产生破坏性放电是至关重要的。

F.1.1 范围和对象

本附录适用于额定电压 72.5kV 及以上的交流气体绝缘金属封闭隔离开关。

本附录规定了气体绝缘金属封闭隔离开关开合小容性电流(空载电流)的试验要求，例如断开或接通母线段或均压电容器的电流。

注：在同一回路中几台隔离开关同时操作是不合理的，本标准对这种情况不予考虑。

F.2 正常和特殊使用条件

本标准的第 2 章适用。

F.3 定义

对于本附录，采用下列定义。

F.3.7.133

母线充电电流 bus-charging current

接通或断开部分母线系统或类似的容性负载时，隔离开关应能开合的电流，用稳态有效值表示。

F.3.7.134

对地瞬态电压 (TVE) transient voltage to earth

合闸操作过程中出现第一次预击穿时的对地电压。

F.3.7.135

特高频瞬态电压 (VFTO) very fast transient voltage

开断或合闸操作过程中出现的频率特别高的瞬态电压。

F.6 型式试验

对于额定电压低于 363kV 的隔离开关，通常不需要进行试验，但也可根据用户和制造厂之间的协议进行。

注：因为额定电压低于 363kV 时，在大多数情况下规定的雷电冲击耐受水平 (LIWL) 和额定电压之比足够高，所以不需要进行试验。

F.6.1 母线充电电流关合和开断的试验方式

确定了三个试验方式：

——试验方式 1：非常短的母线(管)段的开合；

——试验方式 2：在 180° 失步条件下对断路器并联电容器的开合；

——试验方式 3：电流开合能力试验。

注 1：试验方式 1 是正常的型式试验且是强制性的。

注 2：试验方式 2 是根据用户与制造厂的协议，按照本标准进行的特殊型式试验，如果断路器未装设并联电容器，则试验方式 2 是不必要的。

注 3：试验方式 3 是根据用户与制造厂的协议，按照本标准进行的特殊型式试验。当断开较长的停电母线或其他已带电部分（如短电缆等）时，仅用于说明隔离开关的电流开断能力。

规定的母线充电电流值在表 F.1 中给出。

表 F.1 规定的母线充电电流

额定电压 U_r kV (r.m.s)	72.5	126	252	363	550	800	1100
母线充电电流 A (r.m.s)	0.2	0.5	1	2.0	2.0	2.0	2.0

注：实际上，这些值一般是不会超过的。它们适用于 50Hz。如果实际需要其他更高的数值，则这些数值应由用户和制造厂的协议确定。

F.6.2 受试隔离开关的布置

受试隔离开关的操作装置应按制造厂规定的方式操作，并且，特别是对动力操作的，应在规定的最低电源电压和/或最低压力下操作。

关合和开断试验之前，应进行空载操作，并应记录隔离开关动作特性的详细情况，如合闸时间和分闸时间等。

试验应在被试隔离开关正常运行时的最小气体密度下进行。相关的隔室也应处于最小密度。

大多数情况下，隔离开关的结构布置都是不对称的（例如不对称的屏蔽或动触头/静触头的差别等）。由于这些原因，隔离开关必须在最不利的布置条件下进行试验。对于试验方式 1，最不利的布置认为是能在合闸操作时产生最大预击穿距离时的布置。对于试验方式 2 和试验方式 3，认为隔离开关的结构布置不甚重要。

注：同样设计的隔离开关可以垂直或水平安装是一种普遍情况，在这种情况下，触头的速度可能发生变化。然而，对于这些试验，只要与规定速度的偏差不超过 $\pm 15\%$ ，则仅须对三极隔离开关的一极进行单极试验。

对在同一外壳内的三极隔离开关，进行三相试验是实际需要。但是，在验证关合和开断性能时，本标准规定的单相试验也能被接受，不参与开合过程的另两极应在两端接地。

F.6.3 试验频率

隔离开关应优先在额定频率下试验。然而，为了试验方便，可以在 50Hz 或 60Hz 下进行试验且认为是等价的。

F.6.4 关合和开断试验时的试验电压

在关合和开断试验过程中，开合操作前后的工频电压应至少保持 0.3s。在负载侧有直流预充电电压的情况下（试验方式 1），在合闸操作之前，该直流电压应按规定的数值施加大约 1min。在分闸操作和合闸操作之间，负载侧不应接地，试验回路不应含有能引起充电电荷衰减的元件。

参考试验回路图（图 F.1、图 F.3 和图 F.4）中，试验回路的电源侧和负载侧施加的试验电压值应为表 F.2 中给出的数值。

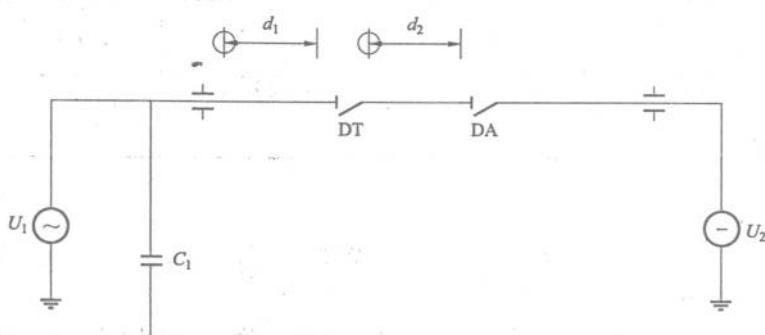
表 F.2 中的试验电压对隔离开关的开断操作有效。在试验方式 3 的情况下，当隔离开关处于合闸位置时，试验电压可能明显偏高。这是由谐振现象引起的，尤其是如果电源变电器的阻抗高，对用于交流电压绝缘试验的变压器是正常的。

注：上面提及的电压上升会提高试验条件，它不应超过 10%。

表 F.2 关合和开断试验的试验电压

试验方式	试验电压	
	电源侧 U_1	负载侧 U_2
1	$1.1U_r/\sqrt{3}$	用负极性直流电压预充电—— $1.1U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$
2	$1.1U_r/\sqrt{3}$	反相的交流电压 $1.1U_r/\sqrt{3}$
3	$U_r/\sqrt{3}$	—

注 1: U_r 为额定电压。
注 2: 选取系数 1.1 是考虑这类开合现象的固定特性的统计结果, 并且为了限定表 F.3 中规定的试验操作次数。由于试验方式 3 只是用于说明隔离开关的开合能力, 所以提高试验电压是不必要的。



DT—被试隔离开关; DA—辅助隔离开关

图 F.1 试验方式 1 的试验回路

F.6.5 关合和开断试验的试验回路

F.6.5.1 开关非常短的母线(管)段, 试验方式 1

图 F.1 给出了试验方式 1 的试验回路。负载侧应是长度为 d_2 ($3m \sim 5m$) 的母线段。与电源侧的连接应通过长度为 d_1 的另一段母线来实现。为了获得典型的非常快速瞬态 (VFT) 的条件, 比值 d_2/d_1 应在 $0.36 \sim 0.52$ 内。电源侧回路应具有附加的集中电容 C_1 , C_1 值的选取应使得隔离开关端子的对地电压峰值满足 F.4.5.1.1 的规定。

在开始合闸操作之前, 负载侧应按照表 F.2 中的直流电压进行充电, 直流电压由辅助隔离开关 DA 断开。

注: 母线长度 d_1 和 d_2 按下列规定:

d_1 为被试隔离开关 DT 的分闸触头到套管接头的距离;

d_2 为被试隔离开关 DT 的分闸触头到辅助隔离开关 DA 的分闸触头的距离。

F.6.5.1.1 瞬态电压值

在一次合闸操作过程中, 隔离开关上的电压瞬变过程由试验回路的特性表征, 而且在此试验条件下保证过电压特性的一致性。瞬态电压是两种性质的波形: 非常快速的瞬态 (VFT) 现象和快速瞬态 (FT) 现象。VFT 现象由 F.6.5.1 中描述的回路布置确定。对于快速瞬态现象, 应在下述条件下, 对试验布置至少进行一次通过直接测量 (见 F.6.10) 来验证试验回路的特性:

—电源侧试验电压: $U_r/\sqrt{3}$;

—负载侧电压: 0 (没有预充电)。

对于这些条件, 合闸操作过程中预击穿开始时, 对地瞬态电压的峰值 u_{TVE} 应不低于 $1.4U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$ (在实际应用上, 5% 的变化是可以接受的), 到达峰值的时间小于 50ns (见图 F.2)。

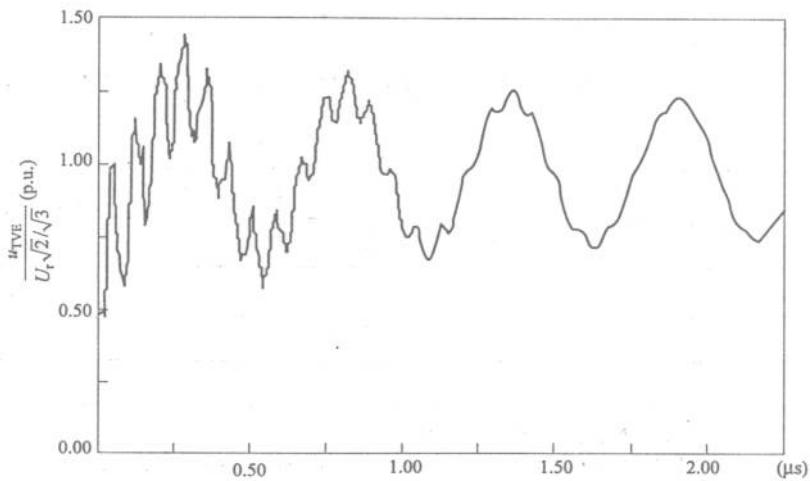


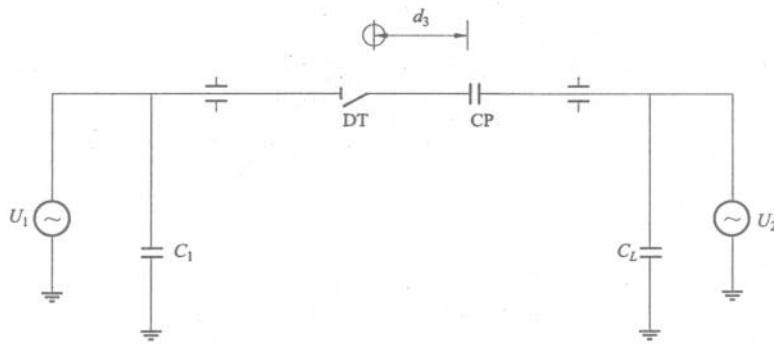
图 F.2 典型的电压波形（包含 VFT 和 FT 分量）

F.6.5.2 失步开合，试验方式 2

图 F.3 给出了失步开合的试验回路。断路器的并联电容 CP 可以用断路器实际使用的电容，也可以用电容值等于或大于实际运行中所用电容值的电容来代替。

应该确定（断路器的）电容和隔离开关之间可能的最短连接线 d_3 。试验回路的其他连接长度不作规定，但应优先用尽可能短的标准元件来实现。

集中电容 C_L （见图 F.3）的值应不小于 400pF， C_1/C_L 的比值应为 4~6。

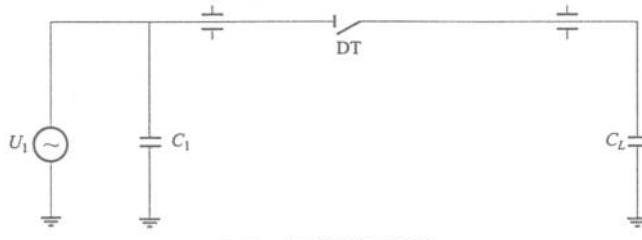


DT—被试隔离开关；CP—断路器并联电容或等效电容

图 F.3 试验方式 2 的试验回路

F.6.5.3 电流开合能力试验，试验方式 3

图 F.4 所示的试验回路适用于试验方式 3。对于这种类型的开合，母线段的具体长度并不重要。在负载侧应增加一个集中电容 C_L ，以获得表 F.1 中给出的规定的母线充电电流，偏差为±10%。



DT—被试隔离开关

注 1：为了降低因较高电源阻抗引起的谐振效应，可以在电源侧接入一适当数值的集中电容 C_1 。

注 2：可能影响瞬态恢复条件的详细试验条件，按照用户与制造厂之间的协议。

图 F.4 试验方式 3 的试验回路

F.6.6 关合和开断试验的实施

在每个试验方式的整个试验系列的试验中隔离开关不应检修和调整。表 F.3 给出了规定的试验次数。

表 F.3 规定的试验次数

试验方式	关合和开断操作的次数	
	标准隔离开关	快速隔离开关 ^a
1	50 ^b	200 ^{a, c}
2	50	200
3	50	50

^a 隔离开关触头分离瞬间的触头分离速度应在 1m/s 或更高的范围内。
^b 在隔离开关最不利的布置不能清楚地确定（参见 F.6.2）的情况下，试验方式 1 应在对面的端子上重复进行。
^c 如果试验电压提高（以覆盖统计结果）到下列数值，则试验次数可以减到 50 次。
 ——电源侧 $U_r \times 1.2\sqrt{3}$ 。
 ——负载侧（直流电压源充电） $-U_r \times 1.2\sqrt{2}/\sqrt{3}$ 。

F.6.7 关合和开断试验过程中隔离开关的表现

隔离开关应成功地完成试验系列而不出现机械的或电气的损伤。

极对地破坏性放电或三相共箱情况下的极间破坏性放电都是不允许的。

注：必须用适当的测量或探测装置，以便能够正确地探测对地或相间的破坏性放电。

F.6.8 试验后的状态

隔离开关的机械功能应与试验前的状况基本相同。只要隔离开关在分闸和合闸位置的绝缘性能不降低，则电弧烧蚀和绝缘表面有分解物沉积的痕迹是可以接受的。

试验方式 1 和试验方式 2 后不需要采取特别的行为验证这一要求。

注：关于试验方式 3，适当的验证程序正在考虑中。

F.6.9 型式试验报告

全部型式试验结果应记录在型式试验报告中，其中应包含足够的数据，以证明试验符合本标准。型式试验报告应包括足够的资料，以便能够确认被试隔离开关的主要部件。

试验报告应包含下列资料。

- a) 一次关合和一次开断操作的典型示波图；
- b) 试验回路；
- c) 稳态试验电流（仅对试验方式 3）；
- d) 试验电压；
- e) 瞬态电压主特性；
- f) 触头运动的典型示波图；
- g) 试验时的气体压力；
- h) 关合和开断的操作次数；
- i) 试验后的状态；
- j) 故障探测系统的类型；
- k) 操动机构的电源电压或压力。

F.6.10 测量要求

通常，试验方式 1 和试验方式 2 要求专业化的测量：

——对地瞬态电压 u_{TVE} 的测量；

——试验方式 1 时，为保证负载侧电压 (U_2) 在合闸操作起始瞬间满足规定要求所进行的测量。

测量的要求：

- 对采用的每一试验回路，至少应进行一次 TVE 的验证。配置变化，如不同连接的引线长度、设备的方位等，都认为是试验回路的变化，并应进行附加的测量。
- TVE 的测量应在距离隔离开关弧触头 1m 范围内进行。如果不能，只要所进行的其他测量（在试验区域内，但在 1m 外）至少有一次可以验证计算方法的有效性，则 TVE 的验证可以通过计算机计算。
- 应该注意考虑可能的杂散工频干扰。
- TVE 的测量应在足够的频带宽度下进行，以便正确地记录 VFT 分量。

注：VFT 的测量正在考虑中。

附录 G

(资料性附录)

变压器中性点接地用隔离开关的额定绝缘水平

变压器中性点接地用隔离开关的额定绝缘水平见表 G.1。

表 G.1 变压器中性点接地用隔离开关的额定绝缘水平

隔离开关的额定电压 U_r kV	变压器中性点 接地方式	雷电冲击全波 (1.2/50μs) 耐受电压 (峰值) kV	1min 工频耐受电压 (干试和湿试) (有效值) kV
40.5		185	80/85 ^a
72.5		325	140
126	不固定接地	250	95
252	固定接地	185	85
	不固定接地	400	200
363	固定接地	185	85
	不固定接地	550	230
550	固定接地	185	85
	经小电抗接地	325	140

a 斜线下方的数据为干试耐受电压，斜线上方的数据为湿试耐受电压。

附录 H
(规范性附录)
高压交流隔离开关和接地开关用瓷绝缘子技术要求

H.1 范围

本附录规定了对隔离开关及接地开关用 40.5kV~1100kV 支柱及操作瓷绝缘子(以下简称绝缘子)的技术条件、试验方法及检验规则。复合绝缘子可参照应用。

本附录可作为用户的验收依据。

H.2 依据的标准

除本附录规定的内容外，其余可参照以下标准：

- GB/T 775.1—2006 绝缘子试验方法 第1部分：一般试验方法
- GB/T 775.2—2003 绝缘子试验方法 第2部分：电气试验方法
- GB/T 775.3—2006 绝缘子试验方法 第3部分：机械试验方法
- GB/T 4585—2004 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验
- IEC 60815-1:2002 污秽条件下高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分：定义、信息和一般原则
- IEC 60815-2:2002 污秽条件下高压绝缘子的选择和尺寸确定 第2部分：交流系统用瓷和玻璃绝缘子
- IEC 60815-3:2002 污秽条件下高压绝缘子的选择和尺寸确定 第3部分：交流系统用复合绝缘子

H.3 技术条件

H.3.1 环境条件

海拔：≤1000m；

风速：≤35m/s；

温度：-40℃~+40℃；

相对湿度：<90% (月平均，25℃)；

日温差：应考虑温度的急骤变化。

H.3.2 额定参数及外形结构尺寸

额定参数及外形结构尺寸应符合经用户确认的图纸要求，结构尺寸中至少应给出单个绝缘子的干弧距离、伞型的有关数据和法兰上的螺孔距。

绝缘子伞裙下表面应是光滑的，没有伞棱。

H.3.3 推荐的绝缘子干弧距离

推荐的绝缘子干弧距离见表 H.1。

表 H.1 推荐的绝缘子干弧距离

电压等级(有效值) kV	干弧距离 mm
40.5	≥350
72.5	≥650
126	≥900
252	≥1900

表 H.1 (续)

电压等级(有效值) kV	干弧距离 mm
363	≥2900
550	≥3800
800	≥5500
1100	≥7500

H.3.4 技术文件检查

绝缘子应以同一工艺方法制成的同一型号和同一产品代号的产品作为批次，每批数量不超过300支。每批绝缘子（按制造厂的批号）均应有制造厂的出厂试验报告和质量合格证或产品证明书等文件。新产品或当设计、材料和工艺等发生改变后的产品应有型式试验报告和产品鉴定证书。

H.4 出厂试验

每个绝缘子应按标准规定的“逐个试验项目”进行检验，如有一项不符合要求则为不合格。

逐个试验项目为：

- a) 外观及尺寸检查；
- b) 瓷件超声波检查；
- c) 瓷件温度循环试验（杆径 $\geq 100\text{mm}$ ）；
- d) 弯曲和扭转机械负荷试验。

H.4.1 外观及尺寸检查

H.4.1.1 拆开包装后绝缘子瓷件表面应无破损和开裂，外观质量应符合 GB/T 772 和 GB/T 8287.1 的规定。如瓷件表面有破损，单个面积不得超过 40mm^2 ，且必须进行修补，修补后的面积不大于 50mm^2 。

H.4.1.2 瓷件表面釉层光滑、色泽一致且不应有明显的析晶釉。对缺釉情况的处理：

- a) 瓷件表面的单个缺釉面积不得超过 40mm^2 ，数量不超过2处；
- b) 瓷件表面落砂点不得超过4个，且砂粒直径大于2mm时应清理修补，补釉面积单个不超过 15mm^2 ；
- c) 每批验收的产品中出现修补的数量不超过该批绝缘子总量的10%（装饰性的修补可除外）；
- d) 瓷件表面缺陷总面积不大于 300mm^2 。

H.4.1.3 绝缘子金属附件采用上砂水泥胶装，胶装处胶合剂外露表面应平整，无水泥掉渣及露缝等缺陷。胶装后应露砂，且露砂面与第一个伞裙根部的距离应不小于20mm，以便于超声波测量探头的布置。

胶装处应涂防水密封胶，但涂胶后应露砂。

H.4.1.4 检查绝缘子的主要尺寸偏差及形位公差。

H.4.1.4.1 单节绝缘子的高度允许偏差为：

- a) 当 $H \leq 1200\text{mm}$ 时，为 $\pm 1\text{mm}$ ；
- b) 当 $1200\text{mm} < H \leq 2000\text{mm}$ 时，为 $\pm 1.5\text{mm}$ ；
- c) 当 $H > 2000\text{mm}$ 时，为 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

H.4.1.4.2 绝缘子元件轴线直线度 $\leq 0.3\%H$ (H 以mm计算)。

H.4.1.4.3 端面平行度允许偏差。上、下金属附件两端面平行度公差为：

- a) 当 $H \leq 1.2\text{m}$ 时，为 0.5mm ；
- b) 当 $H > 1.2\text{m}$ 时，为 $0.5H\text{ mm}$ 。

(H 为绝缘子元件高度，m)

H.4.1.4.4 上、下金属附件安装孔中心圆轴线间最大偏差：

- a) 操作绝缘子和支柱绝缘子 $\leq 3\text{mm}$ ；

b) 上、下安装孔角度偏移为 $\leq 1^\circ$ 。

H.4.1.4.5 上、下金属附件中心圆轴线与瓷件中心圆轴线间的最大偏差应 $\leq 3\text{mm}$ 。

H.4.1.4.6 上、下金属附件中的螺孔有效深度: M16 为 18mm, M12 为 15mm。

H.4.1.4.7 绝缘子爬电距离应不小于公称爬电距离。

H.4.1.4.8 其余应符合图纸的规定要求。

H.4.2 金属附件的检查

绝缘子上、下金属附件应热镀锌, 热镀锌层应符合 GB/T 8287.1 的规定。带有螺孔的金属附件, 应在螺孔内涂满防锈的润滑脂。

H.4.3 瓷件超声波检查

超声波探伤试验方法应按 GB/T 8287.1 的规定, 制造厂应积极开展金属附件胶装后的超声波检查工作。

H.4.4 温度循环试验

应按 GB/T 775.1—2006 的规定进行, 产品不得损坏。

H.4.5 机械负荷试验

产品应按 GB/T 8287.1 的规定逐个进行机械负荷试验。对支柱绝缘子应加延长杆后做四个方向的抗弯试验, 对操作绝缘子应做抗扭试验, 规定施加的荷载为绝缘子额定机械负荷的 60%。

H.5 验收抽样方案和接受标准

每批产品应按标准规定进行抽样试验, 抽样试验在逐个试验合格后的批次中随机抽取试品。

验收抽样采用二次抽样方案, 原则上第二次加倍抽试如仍不合格, 则该批产品判废, 具体见表 H.2。

表 H.2 验 收 抽 样

检 验 项 目	抽 样 方 案		说 明
	第一次抽样	第二次抽样	
技术文件检查	每批每种绝缘子	—	—
外观及尺寸检查	5	10	每批每种绝缘子
金属附件镀锌层检查	5	10	每批每种绝缘子
机械负荷试验	3	6	每批每种绝缘子

验收接受标准分别为:

H.5.1 对每批绝缘子均应进行技术文件检查, 并应符合要求。

H.5.2 各种类型的产品均应进行外观、尺寸和金属附件镀锌层的检查, 接受标准可参考相关标准规定。

H.5.3 机械负荷试验应根据绝缘子的机械强度分成两类, 且操作绝缘子的抗扭机械强度试验应作为必试项目。

H.5.3.1 用于 72.5kV~126kV 电压等级的绝缘子, 可在任意批次中随机抽样进行试验(根据图纸要求可分别进行抗弯、抗扭等试验)。

H.5.3.2 用于 252kV 及以上电压等级的绝缘子, 可按每 300 支为一批, 每批随机抽样进行试验。

H.5.3.3 机械破坏负荷抽样试验的计量抽样判断常数应符合 GB/T 8287.1 中的规定。

H.5.4 二次抽样试验仍不合格的产品以及进行过机械破坏负荷试验的试品, 不得再作为商品供货。

H.6 绝缘子的标记、包装和运输

H.6.1 高压隔离开关和接地开关用支柱和操作绝缘子应在明显的部位打上永久标记, 标记内容为制造

厂商标、生产年月、与产品样本相一致的唯一的产品代号。

每批出厂绝缘子的包装中应附有产品检验合格证，并有检验部门印章。

H.6.2 绝缘子的包装应符合相应包装技术规范的规定，并应满足多次转运的要求。外包装上应有明显的标记表明是“瓷件”。

DL/T 486—2010
代替 DL/T 486—2000

中华人民共和国
电力行业标准
高压交流隔离开关和接地开关

DL/T 486—2010
代替 DL/T 486—2000

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2011 年 4 月第一版 2011 年 4 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 4.5 印张 132 千字
印数 0001—3000 册

*

统一书号 155123 · 380 定价 **37.00** 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



155123.380

上架建议：规程规范/
电力工程/输配电