

# 最新电力工程标准规范 实用全书

(三卷)

霍晓卫 主编

中国广播电视出版社

# 目 录(3)

## 第二部分 电力工程设备选型与订货条件(续)

第十九章 进口 252(245)~550kV 交流高压断路器和隔离开关 .....	(1363)
第二十章 10KV 交流自动重合器 .....	(1387)
第二十一章 户外光流高压跌落式熔断器及熔断件 .....	(1404)
<b>第二篇 变压器设备选型及订货条件的相关规范及应用 .....</b>	<b>(1425)</b>
第一章 电力变压器 .....	(1425)
第二章 干式电力变压器技术参数和要求 .....	(1466)
第三章 干式电力变压器 .....	(1472)
第四章 电力变压器运行规程 .....	(1486)
第五章 变压器油 .....	(1500)
第六章 运行中变压器油质量标准 .....	(1502)
第七章 油浸式电力变压器负载导则 .....	(1505)
第八章 变压器和电抗器的声级测定 .....	(1569)
第九章 电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则 .....	(1583)
第十章 15~100Hz 电流互感器 .....	(1609)
第十一章 15~100Hz 电压互感器 .....	(1638)
第十二章 电抗器 .....	(1663)
第十三章 变压器联锁 .....	(1694)
第十四章 变电所二次接线 .....	(1698)
第十五章 箱式变电站 .....	(1712)
第十六章 有载分接开关 .....	(1714)
第一节 总则 .....	(1714)
第二节 定义 .....	(1715)
第十七章 SC(DG)型干式变压器 .....	(1737)
第十八章 变压器,高压器和套管的接线端子 .....	(1742)
第十九章 三相油浸式电力变压器 .....	(1749)
<b>第三篇 电缆线型造型及订货条件的相关规范及应用 .....</b>	<b>(1792)</b>
第一章 交流 110kV 交联聚乙烯绝缘电缆及其附件订货技术规范 .....	(1792)

第二章	各类导线特点及选择	(1800)
第三章	电线电缆电性能试验方法	(1831)
第四章	裸电线试验方法尺寸测量	(1845)
第五章	裸电线试验方法拉力试验	(1848)
第六章	架空绝缘配电线路施工及验收规程	(1850)

#### **第四篇 其它类型电气设备选型及订货条件的相关规范及应用** (1871)

第一章	配电箱、屏设备选型	(1871)
第二章	防爆电气设备的选型	(1872)
第三章	供电控制设备选型	(1873)
第四章	高压线路悬式绝缘子连接结构和尺寸	(1890)
第五章	阀控式密封酸蓄电池订货技术条件	(1906)
第六章	低压无功补偿控制器订货技术条件	(1917)
第七章	高压并联电容器装置订货技术条件	(1932)
第八章	高压并联电容器用放电线圈订货技术条件	(1942)
第九章	绝缘子串元件球窝联接用锁紧销	(1956)
第十章	QJ—25、50、80型气体继电器检验规程	(1965)
第十一章	交流系统用高压绝缘子人工污秽试验方法 盐雾法	(1973)
第十二章	交流系统用高压绝缘子人工污秽试验方法 固体层法	(1978)
第十三章	绝缘子试验方法	(1986)

### **第三部分 电力工程施工与验收** (2011)

#### **第一篇 电力工程施工与验收概论** (2013)

第一章	电力工程施工的原则和步骤	(2013)
第二章	施工图要点	(2013)
第三章	电力工程的施工配合	(2014)
第四章	常用施工工具	(2017)
第五章	常用检测仪表	(2018)
第六章	施工验收标准	(2020)

#### **第二篇 架空线路的施工及验收相关规范应用** (2027)

第一章	10kV 及 10kV 以下架空线路的施工与验收	(2027)
第二章	110~500kV 架空电力线路的施工与验收	(2037)
第三章	10KV 及 110—500KV 架空线路施工及验收标准	(2053)
第四章	35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范	(2057)
第五章	35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范	(2071)

# 第十九章 进口 252 (245) ~ 550kV 交流 高压断路器和隔离开关

## 1 范围

规定了我国电力部进口 525 (245) ~ 550kV 交流高压断路器和隔离开关的技术要求, 以便加强对进口设备的管理, 统一进口设备的基本技术规范, 保证安全运行。

执行时, 尚应同时遵守中华人民共和国电力行业标准 DL/T593—1996《高压开关设备的共用订货技术导则》。

超出的要求应在相应的进口谈判技术文件中作出明确规定。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文, 通过引用而构成条文。在标准出版时, 所示版本均为有效。所有标准都会被修订, 使用各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB156—93	标准电压
GB311.1—83	高压输变电设备的绝缘配合
GB2900.19—82	电工术语 高电压试验技术和绝缘配合
GB2900.20—94	电工术语 高压开关设备
GB11022—89	高压开关设备通用技术条件
DL/T402—91	交流高压断路器订货技术条件
DL/486—92	交流高压隔离开关订货技术条件
DL/T593—1996	高压开关设备的共用订货技术导则

## 3 交流高压断路器的技术要求

### 3.1 使用环境条件

**3.1.1** 海拔, 风速, 周围空气温度, 日温差, 户内, 外相对湿度, 覆冰, 外绝缘爬电比距, 地震: 由 DL/T593—1996 的 3.1.1 和 3.1.2 确定。

**3.1.2** 无线电干扰电压 (r·i·v): 由 DL/T593—1996 的 3.1.1h 和 3.1.2h) 及其 6.2 确定。

**3.1.3** 电晕: 在分 (或合) 闸状态下于晴天夜晚应无可见电晕 (当承受额定电压长期运行时)。如果处在高海拔地区, 有可能要求使用更高一级电压的产品。

**3.1.4** 噪声: 在操作设备时测定噪声水平, 噪声测点应在距声源直线距离 2m、对地高 1.5m 处。允许的噪声水平为: 户外设备不得超过 110dB; 户内设备不得超过 90dB。

### 3.2 设备布置尺寸

设备布置的尺寸要求见表 2-1-114。

## 3.3 额定参数

表 2-1-114 252 (245) ~ 550kV 断路器的布置尺寸

项 目	电压等级 (kV)		
	550	363	252 (245)
相间距 (以中心线计算)	8~8.5	5~5.5	4~4.5
相间带电体最小间距	4.3	2.8	2.0

3.3.1 额定电压 (kV): 550, 363, 252, (245)。

3.3.2 电流额定值:

额定电流 (A) 3150; 2500。

额定短路开断电流 (kA) 63, 50, 40, 31.5。

额定短时耐受电流 (kA) 63, 50, 40, 31.5。

额定短路持续时间 (s) 2。

额定峰值耐受电流 (kA)<sub>峰</sub> 157.5, 125, 100, 80。

额定短路关合电流 (kA)<sub>峰</sub> 157.5, 125, 100, 80。

3.3.3 额定绝缘水平: 额定绝缘水平见表 2-1-115。

表 2-1-115 额定绝缘水平

项 目	电压等级 (KV)			
	550	363	252 (245)	
额定电压 (即最高等级) (kV)	550	363	252 (245)	
额定频率 (Hz)	50	50	50	
1.2/50 $\mu$ S 雷电冲击耐受电压峰值 (KV)	相对地	1550 (1675)	1175	950
	断口间	1550 + 315 1675 + 315	1175 + 205	1050
250/2500 $\mu$ S 操作冲击耐受电压峰值 (KV)	相对地	1050 (1175)	950	
	断口间	1175 1050 + 450	950 850 + 295	
I <sub>min</sub> 工频耐受电压 (kV)	相对地	680 (740)	510	395
	断口间	790	580	460

注: 一般不采用括号中的数值。只有在下列三种情况下方可选用括号中的数值: ①在扩建工程中原有的避雷器保护性能较差; ②新建工程中所用的避雷器保护性能较差; ③两种水平的设备价格很接近时; ④上列数值有“+”者为断口的两端同时施压。

3.3.4 断路器的时间参量:

a) 关于断路器的分闸时间、燃弧区间、合闸时间和开断时间的范围由产品技术条件作出规定。

b) 断路器的“合分”时间由产品技术条件作出规定。在型式试验中的“合分”时间不得大于规定值，而运行中实际“合分”时间不得小于规定值。

c) 分闸不同期性不得大于 (ms):

相间 3;

同相断口闸 2。

d) 合闸不同期性不得大于 (ms):

相间 5;

同相断口闸 3。

e) 重合闸的无电流间隙时间: 0.3s。

### 3.3.5 合闸电阻:

合闸电阻值的一般要求  $(400 \sim 600) \pm 5\% \Omega$ ;

合闸电阻提前接人时间 8 ~ 11ms;

合闸电阻的热容量 在 1.3 倍额定相电压下合闸 3 ~ 4 次; 前两次之间的时间间隔为 3min; 后两次之间的时间间隔为 3min; 前后两组试验之间的时间间隔不超过 30min。或在 2 ~ 2.5 倍额定相电压下合闸 2 项, 其间的间隔为 30min。

3.3.6 并联电容: 并联电容应能耐受额定电压 2h。试验后的局部放电测量应符合专业标准的规定。

3.3.7 断路器在 100% 额定短路开断电流下的连续开断能力 (其间不需检修) 15 次以上。

3.3.8 开、合空载架空线路充电电流的能力:

550kV 断路器为 500A;

363kV 断路器为 315A;

252 (245) KV 断路器为 160A;

开断时不得有重击穿;

开断时的频率为  $50 \pm 2.5\text{Hz}$ 。

操作方式: 在使用三相重全闸的场所操作方式为分—合分; 在使用单相重合闸的场所操作方式为分, 合分。

3.3.9 开、合空载变压器的能力: 断路器应能顺利开断 0.5 ~ 15A 空载变压器励磁电流。

开断时的过电压分别不得大于相应电压等级额定相电压峰值的:

550kV 2 倍

363kV 2.5 倍;

252 (245) kV 2.7 倍。

开断试验时应使用实际的空载变压器, 不得采用在变压器次极加电抗以调整开断电流值的方法进行本项试验。

3.3.10 开、合并联电抗器的能力: 断路器应能开断指定容量的并联电抗器。开、合的其他要求见电力行业标准 DL/T 402—91 的 26 和 IEC 技术报告 1233 号。

3.3.11 近区故障下的开、合能力: 近区故障下的开断电流为额定短路开断电流的

90%，75%；

操作方式为 分— $t_1$ —合分—180s—合分；

$t_1$  一般为 0.3s。

**3.3.12** 失步状态下的开断能力：失步开断电流为额定短路开断电流的 25%；工频恢复电压为额定电压的 2 倍。

**3.3.13** 断路器操动机构的电源电压额定值：直流（V）110，220。

### 3.4 结构与性能

断路器除应满足行业标准 DL/T402-91 中 3 “设计和结构” 中的需求外，订货时还应考虑下述各条。

**3.4.1** 考虑断路器检修通道的需要，其相间的连接管道及线路应通过地下连接。

**3.4.2** 供方应提供断路器支架的图纸。如需方要求，供方还应供给热镀锌的钢支架及配套的全部螺栓螺母和垫圈。

**3.4.3** 每相断路器均应装设机械式位置指示器，其安装部位应显而易见。

**3.4.4** 断路器接线端的允许机械负荷如表 2-1-116 所示，其安全系数应不小于 2.75 ~ 3.5（当破坏应力的 3 $\delta$  值不大于 0.75 时可选用 2.75）。

断路器应配用平板式的接线端子板，其耐受弯矩应不小于 400N·m。

表 2-1-116 接线端允许的机械负荷（不包括风负荷和冰载负荷）

机 械 负 荷 负 荷 方 向 ( N )	电 压 ( kV )	
	550	363 252 (245)
水平	2000	1500
横向	1500	1000
垂直	1500	1000

**3.4.5** 供方应提供断路器对基础的作用力、刚度、强度、结构的要求，并提出固有频率。

**3.4.6** 配用套管式电流互感器的断路器，需附有电流互感器的特性参数。

### 3.5 控制与操作回路

**3.5.1** 断路器应能远方和就地操作，其间应有闭锁。就地操作的操作电源与分、合闸回路间应设有单相双极刀闸，与后备分、合闸回路间也应装设刀闸。断路器应配备就地指示分、合闸位置的红、绿灯。

**3.5.2** 550kV 断路器应设有两套相同而又各自独立的分闸装置，每一套分闸装置动作时，或两套装置同时动作时均应保证设备的机械特性。对配用电流互感器的断路器，互感器特性也应满足上述要求。

**3.5.3** 断路器应具有可靠的防止跳跃、防止非全相合闸和保证合分时间的性能。

**3.5.4** SF<sub>6</sub> 断路器应具备高、低气压闭锁装置。

**3.5.5** 合闸和分闸机构及辅助回路电源电压（气源气压）的额定值及其变动范围。合

闸和分闸机构及辅助回路的电源电压应理解为，断路器在操作时在其本身回路端子上测得的电压，如有必要，还包括制造厂提供的或要求的与断路器串接的辅助电阻或附近，但不包括连接到电源的导线。

额定电源电压为：直流电压 110V, 220V。

操动机构在电源电压额定值的 85% ~ 110% 间应能使断路器合闸和分闸。

并联合闸脱扣器应能在其直流额定电压的 85% ~ 110% 范围内正确动作。

并联分闸脱扣器应能在其直流额定电压的 65% ~ 110% 范围内正确动作，实现分闸。当电源电压低至其额定值的 30%（或更低）时，不应脱扣。当装有多个分别作用的分闸脱扣器时，任一个分闸脱扣器的缺陷不得影响其他分闸脱扣器的功能。

操作用压缩空气的气压源气压额定值（表压 MPa）为：0.5；1.0；1.5。

除非制造厂另有规定，当压缩气体压力在额定压力值的 85% ~ 110% 范围内时，气动操动机构应能使断路器实现合闸和分闸。

**3.5.6** 除通常作为控制或辅助用的触点外，550kV 断路器每相应有 10 付常开和 10 付常闭备用触点，363kV 断路器每相应有 8 付常开和 8 付常闭备用触点，252（245）kV 断路器每相应有 6 付常开和 6 付常闭备用触点。

### 3.6 控制柜

**3.6.1** 每台断路器应配备一台控制柜，柜中包括所需的全部机械和电气控制部件，以及与各相连接所需的部件。此外，尚需具备下述附件：

- a) 内部照明灯和刀闸；
- b) 控制柜上需装有户外型单相 5A 和 220V 交流插座；
- c) 一台可调节温度的 220V 加热器。加热器应具备有控制开关，保护熔丝，以及防止过热和燃烧的保护措施，加热器应接成平衡的三相负载。控制柜内应有防潮装置；
- d) 每相断路器均应装设动作计数器，其位置应便于读数。

**3.6.2** 控制柜的柜体采用焊接的钢结构，其通风孔应能防雨、雪、小虫和小动物的侵入。柜底部导线管和气管的入口处应设有遮板。控制柜与外部管道和电缆的连接应便于拆卸和移动。柜体防雨性能应良好，在不利的氣候条件下应能开门检修。柜正面应设有带铰链的密封门，上有把手、碰锁和可外加挂锁的设施。

**3.6.3** 控制柜内的接线端子除应满足内部接线外，还应有 15% 的备用端子，各端子板应编号，板间距离不小于 140mm。

**3.6.4** 柜内采用快速熔断器。

**3.6.5** 柜内配有铝、钢或其它类似材料制作的导轨。为便于接地和安装接线端子，其长度应有 10% 裕量。每条导轨应有两个接地端子。

**3.6.6** 所有仪表、控制设备、电源、报警、照明线路均应耐受 2000V 工频交流电压，导线需采用截面不小于  $2.5\text{mm}^2$  的铜线。

### 3.7 对 SF<sub>6</sub> 断路器的补充要求

**3.7.1** 断路器应配备现场安装后第一次充气用的 SF<sub>6</sub> 气体以及其他运行操作上用的液体与气体。

**3.7.2** SF<sub>6</sub> 新气应符合 IEC 376（1971）、a（1973）、b（1974）新 SF<sub>6</sub> 的规范和验收的



要求。对批量提供的气体应附毒性检验合格证。

**3.7.3** 断路器应配备气体取样的阀门，在断路器安装完毕并充入新气后，应从断路器内重新进行气体取样试验，其含水量应小于  $150\mu\text{l}/\text{l}$ 。

**3.7.4**  $\text{SF}_6$  断路器的年漏气率不大于 1%。

**3.7.5** 每台  $\text{SF}_6$  断路器应配备一套  $\text{SF}_6$  气体运行监视装置（包括气体密度继电器、压力指示器与温度指示器）。

**3.7.6**  $\text{SF}_6$  断路器（包括 GIS）在  $\text{SF}_6$  气体零表压下的电压耐受能力在不过多影响造价时可定为  $(1.05 \sim 1.3) \frac{U_N}{\sqrt{3}}$ ， $U_N$  为设备对地额定电压，承受时间为 5min。

### 3.8 对气动和液压操动机构的若干要求

**3.8.1** 对带有单独压缩机的断路器，压缩机的出力和储气筒的容积应满足断路器按额定操作顺序操作的需要。

**3.8.2** 对驱动空气压缩机的电动机的要求：

a) 电动机在周围空气温度  $+40^\circ\text{C}$  时能连续工作 24h；

b) 电动机需配备“手动—自动”转换开关和复式脱扣开关（包括电磁式过流脱扣和热偶式保护脱扣）等控制设备。

**3.8.3** 空气压缩机的检修周期应与断路器的检修周期相适应。

**3.8.4** 如订购断路器台数较多，可采用集中布置的压缩机系统。

**3.8.5** 对液压操动机构的要求：每台液压机构应配备自身的液压设备，如油泵、储压筒、控制装置、连接管路和阀等。油泵由一台单相 220V 或三相 380V 电动机驱动。电动机和泵的容量应满足储压筒在 60s 内从最低工作油压打压到最高工作油压。储压筒的容量应满足压力降到自动重合闸闭锁压力之前不启动油泵，并能连续进行两次合分或一次分—0.3s—合分的操作顺序。

**3.8.6** 液压操动机构本身应具有防止失压慢分的性能。

**3.8.7** 气动或液压操动机构需设置高、低气（液）压闭锁装置。

**3.8.8** 气动机构的储气筒、液压机构的储压筒及罐式断路器的承压容器的质量均应遵守中国国家劳动总局发布的（压力容器安全监察规程）的规定。

### 3.9 附件

**3.9.1** 断路器的铭牌应符合 DL/T402 中 33.2 的规定，铭牌应装在控制柜的门上。

**3.9.2** 每相断路器应设有一块  $50\text{mm} \times 90\text{mm}$  的接地板，板面不刷漆，但需涂锡。每相断路器应配备一只直径不小于 12mm 的接地螺栓。

## 4 高压断路器的试验

### 4.1 型式试验

**4.1.1** 机械稳定性试验：

表 2-1-117

机械稳定性试验的操作次数

操作顺序	操动机构的操作电压 或操作压力值	操作次数
合-分	最低值	750
合-分	最高值	750
合-分	额定值	750
分-t-合分-t'-合	额定值	375

注：表中 t 为 0.3s，T 为 180s，一个“合-分”为一次。

a) 机械稳定性试验应按表 4 的规定在单相断路器上进行，三相联动的断路器应进行三相试验。

b) 整个试验过程中不得对试品进行检修和机械调整，但可在一定的间隔内通过专门的润滑孔或装置添加润滑剂。

c) 试验过程中不允许拒动、误动、漏油、漏气。

d) 试验后断路器和辅助设备不得损坏和松脱，各项机械特性应在技术条件允许的范围。回路电阻应给出各连接部位所占的比例。

#### 4.1.2 温升试验：

a) 断路器任何部分的温升不得超过 DL/T593 中 4.2.4.2 的规定值。

b) 温升试验应考虑日照影响。试验时，断路器的回路电阻应接近于允许的最大值。为综合考虑日照、回路最阻、触头的氧化和脏污的影响，对户外产品可以用 120%（对户内产品用 110%）的额定电流进行温升试验。

c) 温升试验应分别在完成机械稳定性试验，允许的不经检修连续开断试验后进行复试。但在开断试验后被烧损的触头部分的温升标准允许提高 10K。经过任何一个短路试验方式后，在接触点上仍保留有银层的触头才能视为镀银触头。如果铜层裸露，则应按无银层考核。机械稳定性试验后应判别是否裸铜。

4.1.3 短时耐受电流试验和峰值耐受电流试验：按 DL/T593 的 6.5 进行。

#### 4.1.4 绝缘试验：

a) 试验按 DL/T593 的 6.1.1 到 6.1.7 的要求时行，非自恢复绝缘和断口间不得闪络。耐压水平见表 2。

b) SF<sub>6</sub> 断路器应在允许的最低密度下进行绝缘试验。

c) 断路器完成额定短路开断电流的开断试验后应进行绝缘试验校核。考核电压为额定值的 80%。

d) 断路器的并联电容器应能耐受 2 倍最高相电压 2h，耐压试验后应进行局部放电试验，在 1.1 倍额定电压下应小于 100pc；在 1.1 倍额定相电压下应小于 10pc。

e) 作为绝缘状态检验的试验电压值见 DL/T593 的 6.1.11 规定。

#### 4.1.5 端部短路条件下的开断与关合试验：

a) 开断、关合能力试验应分别在额定短路开断电流的 100%、60%、30%、10% 下进行，其相应的试验参数按表 2-1-118 选取。

表 2-1-118

开断、关合能力试验的回路参数

额定电压 (kV)	开断电流水平 (%)	首相开断系数	振幅系数	恢复电压上升率 (kV/ $\mu$ s)
252 (245)	100	1.3	1.4	2
	60	1.3	1.5	3
	30	1.5	1.5	5
	10	1.5	1.7	7
363	100	1.3	1.4	2
	60	1.3	1.5	3
	30	1.3	1.5	5
	10	1.5	1.7	8.3
550	100	1.3	1.4	2
	60	1.3	1.5	3
	30	1.3	1.5	5
	10	1.5	1.7	10

b) 工频恢复电压不得低于规定值的 95%，持续时间不少于 0.1s。

c) 试验顺序：分 - 0.3s - 合分 - 180s - 合分。

d) 试验时的操作油（气、电）压为允许的最低值，SF<sub>6</sub> 断路器应在规定的最低密度下进行开断试验。

e) 开断试验时的直流分量百分数根据断路器的分闸时间按 GB1984《交流高压断路器》中 5.11.2 的要求选取。

f) 开断能力试验后应复核绝缘试验，在必要时并应复核温升试验。

g) 燃弧时差（差见 GB/T4473—84《交流高压断路器的合成试验》）断路器在开断某一短路故障时，有一个确定的能可靠灭弧的最短燃弧时间。为保证系统安全运行，系统要求断路器有一个最长的、能可靠灭弧的燃弧时间。两者之差即为燃弧时差。在各种试验方式的试验中获得的断路器成功开断的最长燃弧时间与最短燃弧时间之差应等于或大于要求的燃弧时差。

考虑断路器开断系统三相短路故障的操作中的各种随机条件和实用的限定条件，计算中性点接地系统中断路器首开极和后开极可能出现的燃弧时差分布规律，取能覆盖运行中 95% 的情况的燃弧时差作为本节规定的依据。

1) 出线端故障的试验方式 1, 2, 3, 4（操作顺序见表 2-1-119）：用单个开断操作 O<sub>1</sub> 按首开极条件求出各试验方式中断路器的最短燃弧时间 t<sub>amin</sub>，并作为第一次有效开断操作。为了确定最短燃弧时间，至少要作两次试验，一次开断，一次失败，两次试验的燃弧时间之差限定为大约 1ms。

第二次及第三次开断操作的燃弧时间取表 2-2-119 中第 3 栏和第 4 栏中的值，分别是首开极和后开极条件下要求的最长燃弧时间。由于没有关于后开相 TRV 的规定标准，且在同一试验方式的 3 次试验中不便于及时更换试验线路（改变 TRV 值），故列出了第 5 栏的后开极代用条件。这是经过圆整后的值。对于自动重合闸操作的断路器、重合闸之后的 O<sub>2</sub>、

操作的燃弧时间是按首开极还是后开极条件，不作规定。但对试验方式 4 重合闸之后的  $O_s$  操作的燃弧时间应稍长于首开极条件的值。

表 2-1-119 试验方式 1, 2, 3, 4 的燃弧时差

系统中性点	参数	首开极条件	后开极条件	后开极代用条件
1	2	3	4	5
接地	燃弧时间 (ms)	$t_{amin} + 5.5 \pm 5.5$	$t_{amin} + 9.7 \pm 0.5$	$t_{amin} + 9 \pm 0.5$
	电压因数	1.3	1.25	1.3
	电流零点时的变率相对值 $di/dt$	1	0.89	1

注：表中，电压因数是开断后工频恢复电压瞬时值与最高相电压幅值之比。电流零点时的变率相对值以三相对称短路电流零点的  $di/dt$  为基准。实际试验的燃弧时间可超过表中第 3, 4, 5 栏规定的上限，但不得低于其下限。

2) 出线端故障的试验方式 5：三次单个开断操作按下述顺序进行：第一次开断操作在小半波之末熄弧，并由此确定最短燃弧时间  $t_{amin}$ ；第二次和第三次开断操作均在大半波之末熄弧，其燃弧时间等参数见表 2-1-120。

表 2-1-120 试验方式 5 的燃弧时差

系统中性点	参数	首开极条件	后开极条件	后开极代用条件
1	2	3	4	5
接地	燃弧时间 (ms)	$t_{amin} + 4.1 \pm 0.5$	$t_{amin} + 8.7 \pm 0.5$	$t_{amin} + 8.2 \pm 0.5$
	电压因数	1.3K	1.25K	1.3K
	电流零点时的变率相对值 $di/dt$	K	0.89K	K

注：表中， $K = \sqrt{1 - P^2} + \frac{P}{2\pi f r}$ ，参见 GB/T4473-84《交流高压断路器的合成试验》7.3。实际试验的燃弧时间可超过表中第 3, 4, 5 栏规定的上限，但不得低于其下限。

3) 失步故障试验中的燃弧时差；在两次开断操作中得到的燃弧时间之差不小于  $5.5 \pm 0.5ms$ 。

h) 端部短路关合试验中的若干规定：

短路关合试验前的外加电压见 DL/T402 的 19.9.1。

表 2-1-121 试验方式 1, 2, 3, 4, 5 的合成试验顺序 (252~550kV)

序号	试验方式	合成试验方法	操作顺序
1	1, 2, 3	GB1984 的 7.15	$O - \theta - CO - t - CO$
2		代用法	$O_s; O_D - \theta - O_s - t - O_s$
3	4	GB1984 的 7.15	$O - \theta - CO - t - CO$
4		代用法 1	$O_s; O_D - \theta - C_s C_s - t - C_D O_s$
5		代用法 2	$O_s; O_D - \theta - C_D O_s - t - C_s O_s$
6		代用法 3	$C_s; O_s; O_D - \theta - C_D O_s - t - C_D O_s$
7	5	开断操作	$Q_s; Q_s; Q_s$

注：表中 O - 开断；C - 关合； $\theta = 0.3s$ ； $t = 180s$ ； $C_s$  - 合成中的关合操作； $O_s$  - 合成中的开断； $C_D$  - 低压和额定关合电流下的关合操作； $O_D$  - 低压和额定开断电流下的开断操作。

短路关合电流见 DL/T402 的 19.9.3 和 DL/T593 的 4.2.6。

短路关合试验中所取用的首升相系数为 1.3。

短路关合试验中断路器的准备状态见 DL/T402 的 19.1。

短路关合试验结果应记录出主触头和并联电阻触头之间的配合时间，并尽可能给出预击穿时间。

**4.1.6** 失步条件下的开断与关合试验：试验按 GB1984 的 7.18 和 DL/T402 的 23 的规定进行；试验中的燃弧时差应满足本标准 4.1.5.g) 3) 中的要求。

**4.1.7** 线路充电电流的开断与关合试验：开断与关合电流值：

550kV 时为 5000A；

363kV 时为 315A；

252 (245) kV 时为 160A。

开断过程中不得发生重击穿。

对使用单相自动重合闸的线路断路器而言，开断线路充电电流的操作方式为 C-O；合成试验中应考虑工频电压提高 1.23 倍；对使用三相重合闸的场所，开断线路充电电流的操作方式为“O-0.3s-CO”，10 次。

其余规定见 GB4876-85《交流高压断路器的线路充电电流开合试验》及按 DL/T402 的 23。

**4.1.8** 开、合并联电抗器试验（仅适用于 550 及 363kV）：被试电抗器的电感电流值视安装地点的实际容量而定。三相电抗器的容量范围一般为 90~270MVA，详见 DL/T402 的 26。

**4.1.9** 近区故障试验：按 GB4474-84《交流高压断路器的近区故障实验》的要求进行。

**4.1.10** 耐震实验：

a) 耐震水平：地面加速度的水平分量 0.15g；0.3g。

b) 试验按 GB/T13540-92《高压开关设备抗地震性能试验》的规定进行，使用共振正弦拍波法激振 5 次，每次 5 波，各次间隙期 2s。

c) 进行耐震试验时，应将断路器所受的外加荷载考虑在内。

d) 试验时断路器应装在基座上。

e) 试验后，断路器应仍能正常工作，不漏油（气），不得有机械损坏。

**4.1.11** 绝缘件局部放电试验：

a) 对于断路器内使用的浇注树脂绝缘、树脂粘接纸质等固体绝缘介质和油浸绝缘设备应进行局部放电试验，在 1.1 倍额定电压和 1.1 倍额定相电压下的局部放电量应符合相应标准。

b) 局部放电使用的测量仪器、测量方法和试验标准应符合 GB7354-87《局部放电测量》的要求，并应在所有的绝缘试验完成之后进行。

**4.1.12** 内部电弧试验：根据 DL/T593 的 6.12 的要求进行。

**4.1.13** 连续开断能力试验（参考性试验）：制造厂应提出断路器在额定操作顺序下连续开断额定短路开断电流不需检修的次数的试验报告。

制造厂应按开断试验的要求，分别进行额定短路开断电流的 100%、60%、30% 和 10% 的开断试验。根据连续开、合的试验次数给出开断特性曲线。连续开断能力试验中的最初三次开断和最后三次开断应采用额定操作顺序。

**4.1.14 防雨试验：**户外断路器和操动机构进行防雨试验时，应从设备的最不利方向与水平成 45 角以 3 ~ 10mm/min 的雨量淋雨 24h，试验后断路器和操动机构不应有进水痕迹，绝缘性能应满足技术要求。试验中断路器还应进行开、合操作各 10 次。

**4.1.15 密封实验：**制造厂应采用可靠和定量的测漏设备及方法测量 SF<sub>6</sub> 电器的泄漏量，其值必须保证不大于工厂的保证值，且不得大于 1%/年。

对于气动操动机构在充压至最高允许压力后关闭气源，静置 24h 后其压力降不得大于 5%；对于液压机构应充压至最高允许压力后关闭流体源，静置 24h 后其压力降不得大于 10<sup>5</sup>Pa。机械强度试验后应满足上述要求。

## 4.2 例行试验

每台断路器均应在工厂内进行整台组装并进行出厂试验，出厂试验的技术数据应随产品一起交付需方。产品在拆装前对关键的连接部位和部件应做也标记。

**4.2.1 结构检查：**断路器及其所有附件的质量、规格和尺寸均应符合技术文件和图纸的要求。

当需方对某个部件或配件的质量有怀疑时，厂家应提供型式试验和例行试验报告，必要时应进行试验校核。

**4.2.2 泄漏试验：**按 4.1.15 的要求进行。

**4.2.3 绝缘试验：**

a) SF<sub>6</sub> 断路器充气到允许的最低压力，进行相对地和断口间的工频耐压试验，试验电压按表 2。

b) 对绝缘拉杆在组装前进行 90% 闪络电压的工频耐压实验，持续时间 5min，应无过热和放电现象。

c) 当操动机构连续进行 10 次合分操作后，对辅助回路和控制回路进行 2000V.1min 工频耐压实验。

d) 测量断路器断口间和对地的绝缘电阻，在直流 40 ~ 60kV 下测量泄漏电流。

**4.2.4 并联电容器的试验：**如断路器配有并联电容器，对电容器应单独进行工频耐压试验，试验后电容量和介质损失角应符合技术要求。

所有电容器均应进行局部放电试验，每一电容器应测量介质损失角并换算到 20℃ 的值，其数值应满足技术要求。

**4.2.5 合闸电阻器的试验：**每一个合闸电阻器均应进行局部放电试验，试验电压为 1.1 倍额定相电压，同时应无电晕放电。每一电阻器装在断口上后应记录其电阻值。

工厂应对每批电阻片进行热容量抽查试验，其结果应满足 3.3.5 的要求，试验时应记录电阻片的温升和阻值的变化范围。

**4.2.6 回路电阻测量：**用不小于 100A 的直流电流测量各导电部位的回路电阻，导电回路各个连接部位电阻所占的比例应列入技术条件中。

**4.2.7 断路器附有电流互感器时应进行相应的例行试验，并应符合技术规范。**

**4.2.8 机械操作试验：**断路器应连续进行如下方式的 50 次合分操作而不得发生拒、误动或损坏：

a) 在最高电压及最低液（气）压下进行 10 次；

b) 在最低电压及最高液（气）压下进行 10 次；

- c) 在最高电压及最高液（气）压下进行 10 次；
- d) 在最低电压及最低液（气）压下进行 10 次；
- e) 在额定电压和液（气）压下进行 5 次合分 -  $\theta$  - 合分， $\theta$  为产品技术条件所规定的数值；
- f) 检查断路器联锁装置的可靠性，如防跳，高、低压闭锁，非全相合闸，防止失压慢分等；
- g) 操作试验中应记录下列参数：
  - 1) 操作压力、电压及变化范围，分合闸线圈中的电流值；
  - 2) 主、辅触头的分合闸速度和特性曲线；
  - 3) 主、辅触头的行程、超程及相间和断口间的同期性；
  - 4) 分、合闸时间，线圈中电流的持续时间，主、辅触头的时间配合。

**4.2.9** 按相应专业标准进行 SF<sub>6</sub> 气体、氮气、油等介质的化验和试验。

**4.2.10** SF<sub>6</sub> 断路器所使用的球氧树脂浇注件，在组装前应分别测量其局部放电量，断路器组装完后还应测量整体局部放电量，且不大于 10pC（不包括并联电容器的局部放电量）。

### 4.3 现场验收试验

现场验收试验在断路器安装完毕后进行。试验时供方应派代表参加，所有试验结果均应符合产品的技术规范。项目如下：

**4.3.1** 测量绝缘电阻值。

**4.3.2** 测量直流泄漏电流，试验电压为直流 40 ~ 60kV。

**4.3.3** 对辅助和控制回路进行 2000V、1min 工频耐压试验。

**4.3.4** 对 SF<sub>6</sub> 断路器相对地和断口间进行工频耐压试验，耐压值为额定值的 80%，断路器应连同附装的并联电容器和并联电阻器一同进行试验。

**4.3.5** 测量回路电阻，要求同 4.2.6。

**4.3.6** 气体及液体介质的检验（生物与化学）。

**4.3.7** 测量断路器内的 SF<sub>6</sub> 气体含水量，其值应小于 150 $\mu$ l/l（20℃）

**4.3.8** 各种辅助设备的检验，如继电器、压力开关、加热器等。

**4.3.9** 测量分、合闸线圈的直流电阻和最低动作电压。

**4.3.10** 测量电阻器，电容器的阻值和容值，测量电容器的介质损耗。

**4.3.11** 测量 SF<sub>6</sub> 断路器的漏气率和液压（气动）机构的泄漏量。

**4.3.12** 按 4.2.8 的要求方式，就地和遥控分别进行 3 次操作实验，同时测量各时间参量。

**4.3.14** 断路器闭锁禁置的核校试验。

**4.3.14** 开、合空载架空线，并联电抗器的试验校核按 4.1.7 ~ 4.1.8 的要求在现场进行。

## 5 高压隔离开关的技术要求

### 5.1 使用环境条件

同 3.1。

### 5.2 设备布置尺寸

同 3.2。但对单柱垂直开启式的隔离开关，其动、静触头间的开距应满足下面的安全距离：

在 550kV 时，大于 4.5m；

在 363kV 时，大于 3.5m；

在 252 (245) kV 时，大于 2.5m。

### 5.3 额定参数

见表 2-1-122。

表 2-1-122

隔离开关的额定参数

额定电压（即最高电压）(Kv)	550		363		252 (245)	
额定频率 (Hz)	50					
额定电流 (A)	3150, 2500					
额定动稳定电流峰值 (kA)	157.5	125	100	157.5	125	100 80
额定热稳定电流 (kA)	63	50	63	50	40	31.5
额定热稳定时间 (s)	2					
分、合闸时间 (s)	3~4			2~3		
分、合闸平均速度 (m/s)	1~1.5					
额定绝缘水平	见表 2-1-110					
接线端额定机械负荷	见表 2-1-122					
额定接触区	见表 2-1-123					
开、合电容电流 (A)	2.0		1.5		1.0	
开、合电感电流 (A)	0.5		0.5		0.5	
开、合母线转换 电流的能力 <sup>①</sup>	恢复电压 (V)	400 或 300				
	开断电流	0.8 倍额定电流				
	开断次数	100 次				

注：①对于 GIS 中的隔离开关则要求为 100V，0.8 倍额定电流，300 次。



## 5.4 设计、性能与结构上的要求

### 5.4.1 隔离开关的空载开、合操作次数如表 2-1-123。

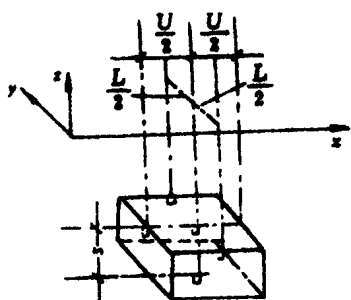
表 2-1-123 隔离开关的连续机械操作次数规定值

额定电压 (kV)		550	363 ~ 252 (245)
“分、合”操作次数	单相	3000	3000
	三相	1000	1000

5.4.2 隔离开关接线端子承受的静态机械负荷应不小于表 11 的数值，其静态安全系数不低于 2.75。隔离开关接线端子应配用平板形接线板，端子板应能耐受  $1000\text{N}\cdot\text{m}$  的弯矩。

表 2-1-124 隔离开关接线端子静态负荷规定值 (不包括风负荷) N

负荷方向	开关结构			
	多柱式		单柱式	
	500kV	220 ~ 330kV	500kV	220 ~ 330kV
水平负荷	2000	1500	3000	2000
横向负荷	1500	1000	2000	1500
垂直负荷	1500	1000	1500	1000



2-1-37 额定接触区

$x$ —导线走向;  $L$ — $y$  方向的活动

范围;  $U$ — $x$  方向的活动范围;

$s$ — $z$  方向的活动范围;

$x$ 、 $y$ 、 $z$ —空间坐标轴

5.4.3 隔离开关的结构应简单。在规定的使用条件下，应能承受运行和操作时出现的电气及机械应力而不损坏和误动。其金属制件 (包括闭锁元件)，应能耐受氧化而不腐蚀，并能耐受不同材料间的电蚀及材料热胀冷缩造成的附加应力的作用。各螺丝连接部分应防止松动，必要时在结构上应采取补偿措施。

5.4.4 隔离开关与断路器之间应有电气闭锁。在风力、重力、地震或操动机构与隔离开关之间的连杆被偶然撞击时，隔离开关应能防止从合闸位置脱开或从分闸位置合闸。

5.4.5 在隔离开关的一侧或两侧应能装配接地开关，接地开关和主开关刀闸之间应有机械和电气闭锁。

5.4.6 接地刀闸的动、热稳定要求与主开关刀闸相同，但试后允许有轻微的烧伤或熔焊。

5.4.7 供方应给出隔离开关的重力分布图和重心、方位、固有频率和所要求的基础强度及刚度。

5.4.8 隔离开关上需经常润滑的部位应设有专门的润滑孔或润滑装置，在寒冷地区应采用防冻润滑剂。

## 5.5 单柱式隔离开关和接地开关的额定接触区

静触头固定在软、硬导线上的隔离开关和接地开关的额定接触区见图。接触区规定值见