

DB54

西藏自治区地方标准

DB54/T XXXX—202X

高海拔地区 12kV~40.5 kV 开关柜差异化
质量检测技术导则

Technical Guidelines for Differentiated Quality Testing of
Distribution Transformers in High Altitude Areas

(标准稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

西藏自治区市场监督管理局 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国网西藏电力有限公司电力科学研究院提出并归口。

本文件起草单位：国网西藏电力有限公司电力科学研究院、 、 、 、 、

本文件主要起草人：

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至国网西藏电力有限公司电力科学研究院（西藏拉萨市城关区色拉路17号）。

高海拔地区 12kV~40.5 kV 开关柜差异化质量检测技术导则

1 范围

本文件规定了高海拔地区 12kV~40.5 kV、频率为 50Hz、装于户内或户外，并在工厂内装配的交流金属封闭开关设备和控制设备的试验项目、试验要求。

本文件适用于高海拔地区 12kV~40.5 kV 开关柜的质量检测。

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 2900.20-2016 电工术语 高压开关设备和控制设备

GB/T 3906-2020 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备

GB/T 4857.17-2017 包装 运输包装件基本试验 第 17 部分：编制性能试验大纲的通用规则

GB/T 4857.23-2021 包装 运输包装件基本试验 第 23 部分：垂直随机振动试验方法

GB/T 11022 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求

DL/T 404 交流金属封闭开关设备和控制设备标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中压开关柜 medium voltage switchgear

12kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备。

3.2

正常大气条件 normal atmospheric conditions

温度范围：15℃~35℃；气压：86kPa~106 kPa；相对湿度：25%~75%；绝对湿度：≤22g/m³。

4 总则

高海拔地区用中压开关柜应满足 GB/T 3906 的要求和本文件中规定的试验要求，本文件没有规定的试验项目按照 GB/T 3906 的要求进行。

5 中压开关柜试验

5.1 试验项目

高海拔地区中压开关柜的差异化型式试验及特殊试验的项目见表 1。

表1 高海拔地区中压开关柜试验项目、类型及主要标准

序号	试验项目名称	试验方法	试验类型
1	主回路的绝缘试验	5.2	型式试验
2	辅助和控制回路的绝缘试验	5.3	型式试验
3	温升试验	5.4	型式试验
4	柜体尺寸、厚度、材质检测	5.5	特殊试验
5	接线形式、相序、空气净距检查	5.6	特殊试验
6	主回路电阻的测量	5.7	型式试验
7	机械特性测量及机械操作试验	5.8	型式试验
8	联锁试验	5.9	型式试验
9	充气隔室的气体状态测量试验（适用于气体绝缘开关柜）	5.10	型式试验
10	开关触头镀银层厚度检测	5.11	特殊试验
11	局部放电试验	5.12	型式试验
12	防护等级检验	5.13	型式试验
13	密封试验（适用于气体绝缘开关柜）	5.14	型式试验
14	充气隔室的压力耐受试验（适用于气体绝缘开关柜）	5.15	型式试验
15	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	5.16	型式试验
16	关合和开断能力的验证	5.17	型式试验
17	内部电弧试验	5.18	型式试验
18	电磁兼容性试验（EMC）	5.19	型式试验
19	运输颠簸试验	5.20	特殊试验

5.2 主回路的绝缘试验

5.2.1 方法要求

当检测地点的大气条件符合 GB/T 11022、GB/T 16927.1 的大气条件修正程序要求时，按照 GB/T 11022 中的大气条件修正要求进行试验。

当在高海拔地区进行绝缘试验时，检测地点海拔高度比样品实际安装地点海拔高度低且海拔高度的差值绝对值不超过 1000m 时，如果试验地点相对湿度不超过 80%，不考虑大气条件修正程序，试验电压值按照表 2 施加。

当在高海拔地区进行绝缘试验时，检测地点海拔高度比样品实际安装地点海拔高度低且海拔高度的差值绝对值超过 1000m 时，仅考虑空气密度修正，这时需要对样品施加比表 2 规定更高的电压，建议取得供应商的同意。

表2 主回路绝缘试验电压

额定电压 U_r kV(有效值)	额定短时工频耐受电压 U_d kV(有效值)		额定雷电冲击耐受电压 U_p kV(峰值)	
	通用值	隔离断口	通用值	隔离断口
12	42	48	75	85
24	65	79	125	145
40.5	95	118	185	215

对用流体（液体和气体）绝缘的金属封闭开关设备和控制设备，进行绝缘试验时应充以制造厂规定的绝缘流体，且该流体压力应充至制造厂规定的最低功能水平。

通过试验的判据：

a) 工频电压试验

如果没有发生破坏性放电，则应该认为试品通过了试验。

湿试时，如果在外部自恢复绝缘上发生破坏性放电（如 GB/T 16927.1-2011 定义的），该试验应该在对试品没有进行中间清洁的同一试验条件下重复进行，如果没有再发生破坏性放电，则应该认为试品成功地通过了试验。

b) 冲击电压试验

对于具有自恢复绝缘和非自恢复绝缘的试品，修改采用 GB/T 16927.1-2011 中的程序 B。如果满足下述条件，则试品通过了试验：

——每个试验系列至少 15 次试验；

——每个完整的试验系列破坏性放电的次数不超过 2 次；

——非自恢复绝缘上没有出现破坏性放电。这通过最后一次破坏性放电后 5 次连续的冲击耐受来确认。

该程序导致每个系列最多可能进行 25 次冲击。

如果三极都进行试验，可以采用 GB/T 16927.1-2011 的程序 C，见 7.2.6.2。

c) 简要的说明

当试验大型试品时，为检查设备的其他下游部分（断路器、隔离开关、其他间隔）的绝缘性能，往往要通过设备的上游部分来施加试验电压，上游部分可能承受多组试验。建议从首先连接的部分开始，对其后各部分依次进行试验。当上游部分按上述判据通过了试验，在其后部分的试验过程中，上游部分的合格性不因其自身可能发生的破坏性放电而受到损害。

这些放电可能是电压施加次数增加引起的累积效果，或是由设备内部远端发生破坏性放电引起的反射电压造成的。在充气开关设备中，为了减少这种放电发生的概率，可以提高非受试隔室的充气压力。宜在试验报告中清楚地表明充气压力提高的隔室。

应认为对辅助和控制回路的破坏性放电是试验失败。

5.2.2 试验电压的施加和试验条件

必须把三个试验电压（相对地，相间和断口间）相等的一般情形同隔离断口和相间绝缘高于相对地的特殊情形区别开来。

A) 一般情形

参考图 1 所示的三极开关装置的联结图，试验电压应该按表 3 的规定施加。

表 3 一般情形下的试验条件

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

表 3 一般情形下的试验条件（续）

注1：如果外侧两极的布置相对于中间极和底架是对称的，试验条件3、6和9可以省略。
 注2：如果极的布置相对于底架完全对称且相互完全对称，试验条件2、3、5、6、8和9可以省略。
 注3：如果每极接线端子的布置相对于底架是对称的，试验条件7、8和9可以省略。

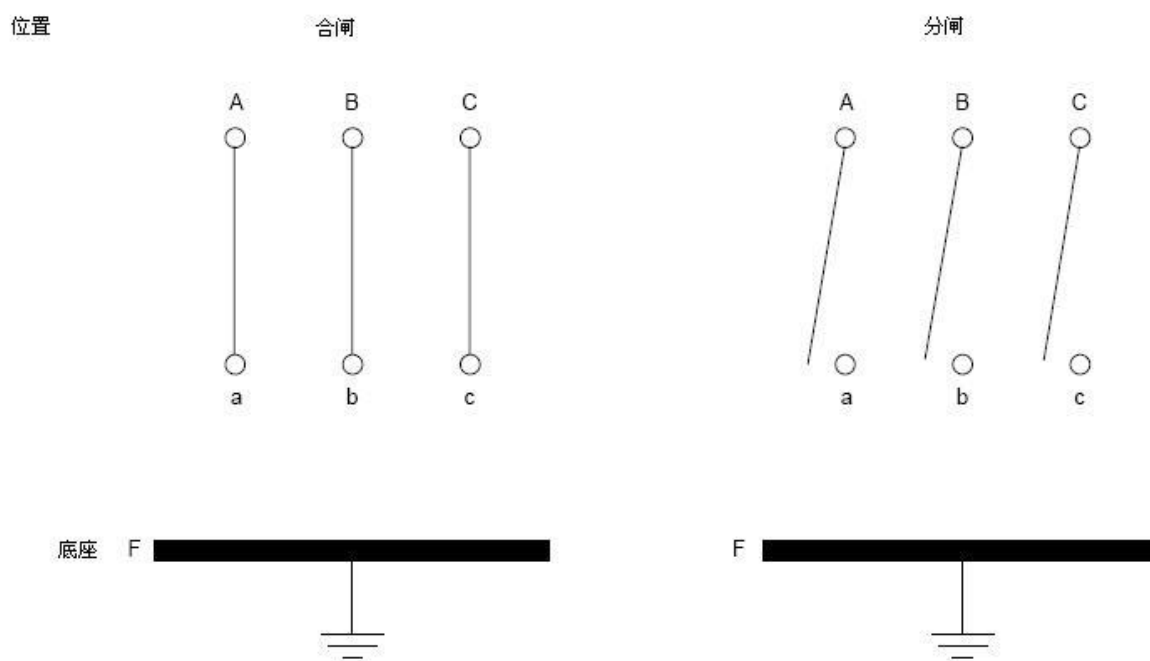


图1 三极开关装置的联结图

B) 特殊情形

当开关装置断口间的试验电压高于相对地的耐受电压时，可以采用不同的试验方法。

a) 优选方法

除非本标准另有规定，优选的方法是用联合电压试验（见 GB/T 16927.1）。

——工频电压试验

为了获得规定的试验电压，应该利用处在反相条件下的两个不同的电压源来进行试验。电压的分配在 GB/T 11022 中规定。

在这种情况下，分闸的开关装置断口间（或隔离断口）的试验电压应按下面的表 4 施加。

表 4 工频试验条件

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

注1：如果外侧两极的布置对中间极和底架是对称的，试验条件3可以省略。
注2：如果极的布置相互完全对称且和底架也对称，试验条件2和3可以省略。

——冲击电压试验

额定冲击耐受电压（相对地）构成试验电压的主要部分，它施加到一个端子上；附加电压由另一个反极性的电压源提供，并施加到对侧的端子上。这一附加电压可以是另一个冲击电压，一个工频电压的峰值或者是一个直流电压。其它的极和底架接地。

由于两个电压回路间的电容耦合，冲击电压波会影响工频电压的波形，为了计及这一影响，应该满足

以下的试验要求：在冲击电压峰值时刻冲击电压峰值与补充电压之和应等于要求的总的试验电压，允差为+3%。为了获得这一条件，可以提高瞬时工频电压或者冲击电压。对于雷电冲击试验，瞬时工频电压可以提高但不超过；对于操作冲击试验，瞬时工频电压可以提高到不超过 1.2。

在工频侧的端子上并联一个容量适当的电容器，能够大大减小工频波形上的电压降。
试验电压应该按表 5 施加。

表 5 冲击试验条件

试验电压	主要电压	附加电压	接地部位
	加压部位		
1	A	a	BbCcF
2	B	b	AaCcF
3	C	c	AaBbF
4	a	A	BbCcF
5	b	B	AaCcF
6	c	C	AaBbF

注 1：如果外侧两极的布置对中间极和底架是对称的，试验条件 3 和 6 可以省略。
注 2：如果极的布置相互完全对称且和底架也对称，试验条件 2、3、5 和 6 可以省略。
注 3：如果每极接线端子的布置相对于底架是对称的，试验条件 4、5 和 6 可以省略。

b) 替代方法

如果只用一个电压源，对于工频电压试验和冲击电压试验，开关断口（或隔离断口）的绝缘都可以按下述方法进行试验：

- 把总的试验电压施加在一个端子和地之间，对侧的端子接地；
 - 如果在开关装置支持绝缘子上作用的电压超过额定相对地耐受电压，把底架调整在对地为的部分电压上，使得一处在额定相对地耐受电压的 90% 和 100% 之间。
 - 如果绝缘试验中参考了本替代方法，没有承受试验的所有端子和底架可以与地绝缘。
- 表 6 表示了如何施加不同的电压。

表 6 替代方法的试验条件

试验条件	主要部分		部分电压 U_f^a
	U_t 施加位置	接地部位	
1	A	a	B, b, C, c, F
2	B	b	A, a, C, c, F
3	C	c	A, a, B, b, F
4	a	A	B, b, C, c, F

5	b	B	A, a, C, c, F
6	c	C	A, a, B, b, F
a 如果允许, 所有端子和底架可以与地绝缘, 试验可参考本替代方法。			

(1) 对地和相间

试验电压值按表 2 的规定。主回路的每相导体应依次与试验电源的高压接线端连接。主回路的其它导体和辅助回路应与接地导体或框架相连, 并与试验电源的接地端子相连接。

如果各相导体是分隔开的, 那么, 仅进行对地试验。

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

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

为了检验是否符合 GB/T 3906 的 6.102.4 和 6.103.3.3 的项 a) 的要求, 对操作和维护时可能触及的绝缘材料的观察窗、绝缘隔板和活门的可触及表面, 在其绝缘强度最不利的位置覆盖一块接地的圆形或方形金属箔, 其面积尽可能大些, 但不超过 100 cm², 当不能确定何处为最不利位置时, 试验应在几个不同的位置重复进行。为便于试验, 根据制造厂和用户的协议, 可同时用几个金属箔, 或用更大的金属箔覆盖于绝缘材料的更大的部分。

(2) 隔离断口之间

主回路的各隔离断口应施以表 2 所规定的试验电压, 按规定的试验程序进行试验。

隔离断口可以是:

——打开的隔离开关;

——由可抽出或可移开的开关装置连接的主回路的两个部分之间的断口。

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

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

——处于隔离或试验位置的可抽出部件应该使得固定触头和可移动触头之间距离最短;

——可抽出部件的开关装置应处于合闸位置。

如果开关装置不可能处于合闸位置(例如联锁), 应按下述进行两项试验:

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

——可抽出部件处于其它确定的位置, 而可抽出部件的开关装置合闸。

(3) 补充试验

为了检验是否符合 GB/T 3906 的 6.103.3.3 的项 c) 规定的要求, 应按上述(1)的规定, 用一接地的金属箔覆盖于绝缘板或活门朝向带电体的表面, 在主回路带电部分与绝缘隔板、活门内表面之间进行工频耐压试验, 试验电压为 150 % 的额定电压, 时间为 1 min。

5.3 辅助和控制回路的绝缘试验

当在西藏自治区进行绝缘试验时, 检测地点海拔高度和样品实际安装地点海拔高度均不超过 2000m 时, 如果试验地点符合正常大气条件, 不考虑大气条件修正程序, 试验电压施加 2kV/1min。如果试验地点不符合正常大气条件, 按照 GB/T 17627 附录 C 进行修正试验电压。

当在西藏自治区进行绝缘试验时，样品实际安装地点海拔高度超过 2000m，检测地点海拔高度比样品实际安装地点海拔高度低且海拔高度的差值绝对值不超过 1000m 时，如果试验地点相对湿度不超过 80%，不考虑大气条件修正程序，试验电压施加 2kV/1min。当在西藏自治区进行绝缘试验时，检测地点海拔高度比样品实际安装地点海拔高度低且海拔高度的差值绝对值超过 1000m 时，仅考虑空气密度修正，这时需要对样品施加比 2kV 更高的电压，建议取得供应商的同意。

试验按照 GB/T 3906 的方法进行。

5.4 温升试验

5.4.1 试验方法

按照 GB/T 3906 的方法进行，施加 1.1I_r。开关柜中如无电加热装置，仅进行主回路的温升试验。

当在西藏自治区进行绝缘试验时，检测地点海拔高度比样品实际安装地点海拔高度低且海拔高度的差值绝对值不超过 400m 时，温升判定值按照表 7。

当在西藏自治区进行绝缘试验时，检测地点海拔高度比样品实际安装地点海拔高度低且海拔高度的差值绝对值超过 400m 时，对温升试验电流按照表 8 进行修正，温升判定值按照表 7。温升试验电流修正计算方法为 $I_{\text{test}} = 1.1I_r \times k_{h1} \div k_{h2}$ ，式中 k_{h1} 为表 8 中样品实际安装地点海拔高度对应的电流系数， k_{h2} 为表 8 中检测地点海拔高度对应的电流系数。当实际计算使用的海拔高度不为表 8 中对应的整数时，可以通过插值计算。

注：例如，某开关柜设计使用在海拔 1000m 时的额定电流 I_r=1250A，计划使用在海拔 4300m 处，检测地点海拔高度 3600m，则在海拔高度 3600m 检测实验室的试验电流 $I_{\text{test}} = 1.1 \times 1250 \times 0.935 \div 0.95 = 1353.3$ 。

表 7 高压开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升极限

部件、材料和绝缘介质的类别（见说明1、2和3） （见注）	最大值	
	温度 °C	周围空气温度不超过 40 °C时的温升 K
1 触头（见说明4）		
裸铜或裸铜合金		
——在空气中	75	35
——在 SF ₆ 中（见说明5）	105	65
——在油中	80	40
镀银或镀镍（见说明6）		
——在空气中	105	65
——在 SF ₆ 中（见说明5）	105	65
——在油中	90	50

镀锡（见说明6）		
——在空气中	90	
——在 SF_6 中（见说明5）	90	50
——在油中	90	50
——在油中		50
2 用螺栓的或与其等效的联结（见说明4）		
裸铜、裸铜合金或裸铝合金	90	50
——在空气中	115	75
——在 SF_6 中（见说明5）	100	60
——在油中		
镀银或镀镍（见说明6）	115	75
——在空气中	115	75
——在 SF_6 中（见说明5）	100	60
——在油中		
镀锡		
——在空气中	105	65
——在 SF_6 中（见说明5）	105	65
——在油中	100	60
——在油中		

表7 高压开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升极限（续）

部件、材料和绝缘介质的类别（见说明1、2和3） （见注）	最大 值	
	温度 °C	周围空气温度不超过 40 °C时的温升 K
3 其它裸金属制成的或其它镀层的触头或联结	（见说明7）	（见说明7）
4 用螺栓或螺钉与外部导体连接的端子（见说明8）		
——裸的	90	50
——镀银、镀镍或镀锡	105	65
——其它镀层	（见说明7）	（见说明7）

5 油开关装置用油（见说明9和10）	90	50
6 用作弹簧的金属零件	（见说明11）	（见说明11）
7 绝缘材料以及与下列等级的绝缘材料接触的 金属部件（见说明12）		
——Y	90	50
——A	105	65
——E	120	80
——B	130	90
——F	155	115
——瓷漆：油基	100	60
合成	120	80
——H	180	140
——C其它绝缘材料	（见说明13）	（见说明13）
8 除触头外，与油接触的任何金属或绝缘件	100	60
9 可触及的部件		
——在正常操作中可触及的	70	30
——在正常操作中不需触及的	80	40
注：本表的说明见5.4.2。		

5.4.2 表7的说明

作为表7一部分的有关说明如下：

说明1：按其功能，同一部件可以属于表7列出的几种类别。在这种情况下，允许的最高温度和温升值是相关类别中的最低值。

说明2：对真空开关装置，温度和温升的极限值不适用于处在真空中的部件。其余部件不应该超过表7给出的温度和温升值。

说明3：应注意保证周围的绝缘材料不遭到损坏。

说明4：当接合的零件具有不同的镀层或一个零件是裸露的材料制成的，允许的温度和温升应该是：

a) 对触头，表7项1中有最低允许值的表面材料的值；

b) 对联结，表7项2中有最高允许值的表面材料的值。

说明5：SF6是指纯SF6或SF6与其他无氧气体的混合物。

注：由于不存在氧气，把SF6开关设备中各种触头和联结的温度极限加以协调看来是合适的。按照IEC 60943关于规定允许温度的导则，在SF6环境下，裸铜和裸铜合金零件的允许温度极限可以等于镀银或镀镍零件的值。

在镀锡零件的特殊情况下，由于摩擦腐蚀效应（参见IEC 60943），即使SF6的无氧条件下，提高其允许温度也是不合适的。因此镀锡零件仍取原来的值。

说明 6: 按照设备有关的技术条件:

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

上述试验后有镀层的触头应该在接触区连续存在, 不然, 触头应该被看作是“裸露”的。

说明 7: 当使用表 7 没有给出的材料时, 应该考虑它们的性能, 以便确定最高的允许温升。

说明 8: 即使和端子连接的是裸导体, 这些温度和温升值仍是有效的。

说明 9: 在油的上层。

说明 10: 当采用低闪点的油时, 应当特别注意油的气化和氧化。

说明 11: 温度不应该达到使材料弹性受损的数值。

说明 12: 绝缘材料的分级在 GB/T 11021 中给出。

说明 13: 仅以不损害周围的零部件为限。

表 8 高海拔电压和电流系数

海拔高度 m	电压系数	电流系数
1000	1.00	1.00
1200	0.98	0.995
1500	0.95	0.991
1800	0.92	0.987
2000	0.91	0.985
2100	0.89	0.98
2400	0.86	0.97
2700	0.83	0.965
3000	0.80	0.96
3600	0.75	0.95
4000	0.72	0.94
4300	0.70	0.935
4900	0.65	0.925
5500	0.61	0.91
6000	0.56	0.90

5.5 柜体尺寸、厚度、材质检测

5.5.1 试验方法

5.5.1.1 柜体尺寸试验方法

测量柜体各部分尺寸。

5.5.1.2 柜体厚度试验方法

对被测柜体板材，去除涂覆层（如有）后，随机选择 3 个点进行测量。

5.5.1.3 柜体材质试验方法

对被测柜体板材材质，去除涂覆层（如有）后，进行检测。必要时，可以切隔一小块板材进行检测。

5.5.2 结果判定

试验结果应符合技术规范书的规定。

5.6 接线形式、相序、空气净距检查

5.6.1 试验方法

5.6.1.1 接线形式检查试验方法

对样品的一次接线方案进行核对。

5.6.1.2 相序试检查试验方法

检查高压导体的相序。

5.6.1.3 空气净距检查试验方法

测量相间及相对地距离、带电体到绝缘隔板的距离。

5.6.2 结果判定

5.6.2.1 一次接线方案图应符合技术规范书的规定。

5.6.2.2 以空气作为绝缘介质的开关柜，相间和相对地的最小空气间隙应满足：额定电压为 12kV 时相间和相对地 125mm，带电体至门 155mm；额定电压为 24kV 时相间和相对地 180mm，带电体至门 210mm；额定电压为 40.5kV 时相间和相对地 300mm，带电体至门 330mm。以空气和绝缘隔板组成的复合绝缘作为绝缘介质，带电体与绝缘板之间的最小空气间隙应满足：额定电压为 12kV 时不小于 30mm；额定电压为 24kV 时不小于 45mm；额定电压为 40.5kV 时不小于 60mm。

面对开关柜从左至右排列为 A、B、C，从上到下排列为 A、B、C，从后到前排列为 A、B、C。

5.7 主回路电阻的测量

5.7.1 试验方法

对主回路电阻采用直流电压降法，用直流回路电阻测试仪来测量每一极的电阻，试验电流取不小于 100A，记录电阻值。应进行三次测量计算电阻的平均值。

5.7.2 结果判定

对于开关装置的关合和开断试验, 试验前后电阻值增加不应该超过 100%; 对于不同于关合和开断试验的其他试验, 试验前后电阻值增加不应该超过 20%。

5.8 机械特性测量及机械操作试验

5.8.1 试验方法

5.8.1.1 机械特性测量试验

采用机械特性测试仪, 连接至开关装置触头系统, 直接记录机械行程特性。

5.8.1.2 机械操作试验

断路器连接到机械特性测试仪, 进行下列操作:

- a) 额定操作电压下, 进行 5 次合-分操作;
- b) 最高操作电压下, 进行 5 次合-分操作;
- c) 最低操作电压下, 进行 5 次合-分操作;
- d) 手动操作, 进行 3 次合-分操作;
- e) 30%额定操作电压下, 进行 3 次合-分操作, 不得合-分;
- f) 储能电机在 85%和 110%的额定储能电压下, 进行 5 次合-分操作;
- g) 额定操作电压下, 进行其余次数合-分操作, 达到共计 50 次。

5.8.2 结果判定

断路器的触头开距、超行程、分闸时间、合闸时间、分闸速度、合闸速度、合闸不同期、分闸不同期、合闸弹跳和弹簧储能时间位于样品出厂试验报告数值的偏差范围内。断路器能按指令动作, 未出现误分、误合、拒分和拒合现象情况。

5.9 联锁试验

5.9.1 试验方法

对联锁功能进行 50 次试操作, 包括且不限于下列联锁功能:

- a) 断路器处于合闸位置, 隔离开关、接地开关不能被操作;
- b) 断路器处于分闸位置后, 只有隔离开关处于分闸位置时, 接地开关才能被操作;
- c) 接地开关分闸后, 柜门才能被打开;
- d) 柜门未关闭, 不能操作接地开关和隔离开关;
- e) 接地开关分闸后, 才能操作隔离开关。

5.9.2 结果判定

联锁装置处于防止开关装置操作的位置时, 开关装置能正确的不被操作。试验前后操作力偏差不得超过 50%。

5.10 充气隔室的气体状态测量试验 (适用于气体绝缘开关柜)

5.10.1 试验方法

将气体检漏仪接入开关柜充气口, 对绝缘气体成分含量进行测量。

5.10.2 结果判定

未含有绝缘气体成分。

5.11 开关触头镀银层厚度检测

5.11.1 试验方法

对断路器或隔离小车的触头镀银层厚度进行检测。

5.11.2 结果判定

满足招标技术规范书的要求。

5.12 局部放电试验

5.12.1 试验方法

单相试验，依次将各相接到试验电源上，其余两相和所有工作时接地的部件都接地，在试品上施加 1.3 倍的额定电压作为预加试验电压，并维持 10s，然后下降到规定的 1.1 倍的电压值下，在规定的电压值下测量局部放电量，测量时间大于 1min。此时需要记录施加的电压、局部放电量以及局部放电波形。记录仪器、设备的状态。试验过程中如设备或试品出现异常应立即降压并切断电源，在试验设备上挂好接地棒，检查异常原因，确认后重新开始试验。

5.12.2 结果判定

试验结果应符合相应产品标准或技术规范书的规定。

5.12.3 注意事项

试验时应考虑实际背景噪声水平，必要时可以在屏蔽室内进行试验。

5.13 防护等级检验

5.13.1 试验方法

5.13.1.1 第一位特征数字所表示的防止固体异物进入的试验：第一位特征数字为 1、2、3、4 的样品，采用将试具推入样品的各个开口方法进行试验；第一位特征数字为 5 和 6 的试品，采用防尘箱进行试验。具体试验方法见表 9。

表 9 第一位特征数字所表示的防止固体异物进入的试验方式

第一位特征数字	试验方法（物体试具和防尘箱）	试验用力
0	不要求试验	-
1	没有手柄和护板的直径 $50_0^{+0.05}$ mm 的刚性球	50 N±5 N
2	没有手柄和护板的直径 $12.5_0^{+0.2}$ mm 的刚性球	30 N±3 N
3	边缘无毛刺的直径 $2.5_0^{+0.05}$ mm 的刚性棒	3 N±0.3 N
4	边缘无毛刺的直径 $1.0_0^{+0.05}$ mm 的刚性线	1 N±0.1 N
5	采用防尘箱，常压或加负压	-

第一位特征数字	试验方法（物体试具和防尘箱）	试验用力
6	采用防尘箱，加负压	-

5.13.1.2 第二位特征数字所表示的防止水进入的试验：第二位特征数字为 1 和 2 的样品，采用滴水箱试验；第二位特征数字为 3 和 4 的样品，采用摆管或淋水喷头进行试验；第二位特征数字为 5 和 6 的样品，采用喷嘴进行试验。具体试验方法见表 10。

表 10 第二位特征数字所表示的防止水进入的试验方式

第二位特征数字	试验方法	水流量	试验持续时间
0	不需要试验	-	-
1	使用滴水箱，试品置于转台上	$1_0^{+0.5}$ mm/min	10 min
2	使用滴水箱，试品在四个固定的位置上倾斜 15°	$3_0^{+0.5}$ mm/min	每一个倾斜位置 2.5 min
3	a.使用摆管，与垂直方向±60°范围淋水，最大距离 200 mm 或 b.使用淋水喷头，与垂直方向±60°范围内淋水	a.每孔 0.07(1±5%) L/ min×孔数 b.10(1±5%) L/ min	a.10 min b. 1 min/m ² ，至少 5 min
4	同数字为 3 的试验，角度为与垂直方向±180°范围淋水	同数字 3	
5	使用喷嘴，喷嘴直径 6.3 mm，距离 2.5 m~3 m	12.5(1±5%) L/ min	1 min/m ² ，至少 3 min
6	使用喷嘴，喷嘴直径 12.5 mm，距离 2.5 m~3 m	100(1±5%) L/m in	1 min/m ² ，至少 3 min
7	使用潜水箱，水面在外壳顶部以上至少 0.15m，外壳底面在水面下至少 1m		30min

5.13.2 结果判定

5.13.2.1 第一位特征数字

- 第一位特征数字为 1、2、3、4 的试品，如果试具的直径不能通过任何开口，则试验合格；
- 第一位特征数字为 5 的试品，试验后，观察滑石粉沉积量及沉积地点，如果同其他灰尘一样，不足以影响设备的正常操作或安全，即认为试验合格。
- 第一位特征数字为 6 的试品，试验后壳内无明显的灰尘沉积，即认为试验合格。

5.13.2.2 第二位特征数字

试验后检查外壳进水情况，如果进水，应不足以影响设备的正常操作或破坏安全性；水不积聚在可能导致沿爬电距离引起漏电起痕的绝缘部件上；水不进入带电部件，或进入不允许在潮湿状态下运行的绕组；水不积聚在电缆头附近或进入电缆。

5.14 密封试验（适用于气体绝缘开关柜）

5.14.1 试验方法

将检漏仪探头沿着设备各接口表面缓慢移动，根据仪器读数或其声光报警信号来判断接口的气体泄漏情况。一般探头移动速度以 10mm/s 左右为宜，以防探头移动过快而错过漏点。

5.14.2 结果判定

未出现气体泄露点。

5.15 充气隔室的压力耐受试验（适用于气体绝缘开关柜）

5.15.1 试验方法

对样品进行充气，将相对压力升高到设计压力的 1.3 倍并保持 1min。然后将压力升高到设计压力的 3 倍。

5.15.2 结果判定

当相对压力为 1.3 倍时，压力释放装置不应动作。相对压力为 3 倍时，隔室可能变形，但不应破裂。

5.16 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

5.16.1 试验方法

5.16.1.1 试验前，应对机械开关装置进行一次空载操作，除接地开关外，还要测量主回路电阻。

5.16.1.2 样品的开关装置用处于合闸位置。

5.16.1.3 可以用三相或单相进行试验。对于三相试验，任一相中电流的交流分量与三相电流平均值的差别不应大于 10%。试验电流交流分量有效值的平均值不应小于额定值。

5.16.1.4 试验电流和持续时间依据技术规范书的要求。

5.16.2 结果判定

试验过程中及试验后试品未发生明显损坏，即没有发生任何部件的机械损伤或触头分离、接地导体和接地连接仍保持接地回路的连续性，如果符合下列条件，则试验合格：

a) 对机械开关装置进行空载分闸操作，触头应在第一次操作时分开；

b) 除接地开关外，应检查主回路电阻变化。试验前后的主回路电阻测量值变化不超过 20%，且满足相应产品标准的规定，则试验结果合格；如电阻的增加超过 20%，应进行一次附加的温升试验。

5.17 关合和开断能力的验证

5.17.1 试验方法

5.17.1.1 一般仅要求进行 T100s、T100a 和接地开关短路关合试验。

5.17.1.2 三相试验电压的平均值不应低于额定电压值，且不应超过额定电压值的 10%。

5.17.2 结果判定

关合和开断次数满足招标技术规范书的要求。

5.18 内部电弧试验

5.18.1 试验方法

5.18.1.1 试验前开关设备应处于正常工作位置，且开关设备和控制设备能够进行正常操作。

5.18.1.2 燃弧试验过程中，试品应按实际供货形态布置，不允许现场额外增加实际供货时不存在的排气管道等设施。

5.18.2 内部电弧试验程序

5.18.2.1 内部电弧试验模拟房及指示器

a) 模拟房：依据标准 DL/T 404，实验小室由地板、模拟电缆通道和排气管道、天花板和相互垂直两堵墙壁组成。

b) 指示器依据标准 DL/T 404，指示器是切边不朝向试验样品的一块黑布，应采用黑色的印花棉布（棉纤维大约 $150\text{g}/\text{m}^2$ ）（A类可触及性），指示器的尺寸应为 $150\text{mm}\times 150\text{mm}$ ，指示器占到方格盘面积的 40%~50%。

5.18.2.2 内部电弧试验布置

以 A 类可触及性布置为例，来说明内部电弧试验的布置。

a) 功能单元 1 为并联单元，进线单元。功能单元 2（边柜。如果有需要，功能单元 3）为试验单元。试验在模拟空间内进行。

b) 试验时，功能单元 1 的左侧距模拟墙 $100\pm 30\text{mm}$ ，后面距模拟墙 $800\sim 900\text{mm}$ ，顶部（当仪表室高出母线室时，顶部指母线室顶部）距模拟天花板 $600\pm 30\text{mm}$ 。

c) A 类可触及指示器垂直安装在试品的右侧、前面和后面，均匀分布在方格盘上，指示器到功能单元 2 各个面的距离为 $300\pm 15\text{mm}$ 。

d) A 类可触及水平指示器安装在 2m 高的安装架水平面上，该指示器伸出 $300\pm 30\text{mm}$ 到 $800\pm 30\text{mm}$ ，且均匀的分布在方格盘上。

e) 试品外壳与接地点相连。

5.18.2.3 电弧的引燃

依据标准 DL/T 404，用直径大约为 0.5mm 的金属线在可触及的距离电源最远端所有的相间引燃电弧。

5.18.2.4 试验电流及试验波形

试验电流 20kA，峰值电流为 50kA，偏差满足标准要求。

5.18.2.5 试验电压

试验回路的外施电压应等于开关柜的额定电压。

5.18.3 结果判定

试验后：

a) 安全门和盖板未打开；

b) 在试验规定的时间内外壳未开裂；允许单个质量 60g 及以上的物体直接落在开关设备和指示器之间，但不允许单个质量 60g 及以上的开关设备的其它部件飞出指示器外；

c) 电弧在高度不超过 2m 的可触及面上没有形成孔洞；

d) 热气体没有点燃指示器，如指示器被引燃，可借助影像记录判断，详细规定见 DL/T 404 附录 A 的判据 4；

e) 外壳仍旧和接地点相连。

5.19 电磁兼容性试验（EMC）

5.19.1 辅助和控制回路的发射试验（辐射发射）

5.19.1.1 试验方法

EUT 状态：空载状态。试品与接收天线距离为 10m，试品放在转台上，转台在所有角度上旋转，测量天线处在水平和垂直极化两种状态下，天线中心分别在 1m~4m 高处。电磁条件保证受试设备正常工作，试品处于正常工作状态，能正常进行合、分闸操作，并不影响试验结果。采用峰值检波方式进行初扫：

- a) 测试天线为水平极化，天线高度 1m。
- b) 转台连续旋转 360°，连续测量 30MHz~1GHz 的辐射发射峰值电平，最大值保持。
- c) 测试天线升高至 2m, 3m, 4m, 分别重复 b), 得到水平极化时的峰值最大值曲线。
- d) 测试天线旋转至垂直极化，天线高度为 4m。
- e) 测试天线降低至 3m, 2m, 1m, 分别重复 b), 得到垂直极化时的峰值最大值曲线。
- f) 对于大于（限值-20dB）的初测结果，选 6 个频点以准峰值方式进行终测。

5.19.1.2 试验参数及试验结果评估

针对 1 组 A 类设备 10m 测量距离的试验参数如表 11 所示。

表 11 测试参数

频段 MHz	准峰值 限值	天线极化 方向	天线中心 高度	测试距离 m	转台旋转 角度	试验结果
30~230	40	水平	1~4	10	0~360	正常/异常
		垂直	1~4	10	0~360	正常/异常
230~1000	47	水平	1~4	10	0~360	正常/异常
		垂直	1~4	10	0~360	正常/异常

根据试验波形，判断垂直极化和水平极化终测值是否符合限值要求。

5.19.2 辅助和控制回路的发射试验（传导发射）

5.19.2.1 试验方法

EUT 状态：空载状态。电磁条件保证受试设备正常工作，能正常进行合、分闸操作并不影响试验结果。采用峰值检波方式进行初扫：

- a) 试品按标准要求布置。
- b) 通过人工电源网络为试品供电。
- c) 初测电源 L1、L2、L3、N 线传导发射水平（峰值和平均值）
- d) 对于大于（限值-30dB）的初测结果，选 6 个频点以准峰值方式进行终测。

5.19.2.2 试验参数及试验结果评估

针对 1 组 A 类设备试验参数如表 12 所示。

表 12 测试参数

频段 MHz	准峰值限值 dB	平均值限值 dB	试验结果
0.15~0.50	79	66	正常/异常
0.5~5.0	73	60	正常/异常
5~30	73	60	正常/异常

根据试验波形，判断平均值和准峰值是否符合限值要求。

5.19.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

5.19.3.1 试验方法

EUT 状态：空载状态。EUT 应放置在接地参考平面上，并用厚度为 $0.1\text{m} \pm 0.01\text{m}$ 的绝缘支座与之隔开，接地参考平面为一块厚度为 2mm 的不锈钢板，接地平面至少应比 EUT 的四周伸出 0.1m 并与保护接地相连接，除了位于 EUT 下方接地平面外，EUT 和所有其它导电性结构（例如屏蔽室的墙壁）之间的最小距离大于 0.5 m。电磁条件保证受试设备正常工作，并不影响试验结果。

在 EUT 上电工作正常之后，通过耦合去耦网络向试品的电源端口、控制端口施加脉冲群干扰。表 13 中列出了对设备的电源、接地、信号和控制端口进行电快速瞬变试验时应优先采用的试验等级。

表 13 试验等级

开路输出试验电压和脉冲的重复频率				
等级	在供电电源端口，保护接地（PE）		在 I/O（输入/输出）信号、数据和控制端口	
	电压峰值 kV	重复频率 kHz	电压峰值 kV	重复频率 kHz
1	0.5	5 或者 100	0.25	5 或者 100
2	1	5 或者 100	0.5	5 或者 100
3	2	5 或者 100	1	5 或者 100
4	4	5 或者 100	2	5 或者 100
×	特定	特定	特定	特定

注 1：传统上用 5kHz 的重复频率；然而，100kHz 更接近真实情况。

注 2：对于某些产品，电源端口和 I/O 端口之间没有清晰的区分，在这种情况下，应由专业标准化技术委员会根据试验目的来确定如何进行。

“×”是一个开放等级，在专用设备技术规范中必须对这个级别加以规定。

5.19.3.2 试验结果的评估

试验过程中和试验后，如果试品的状态满足 GB/T 11022-2020 的 7.9 的判据，试验中及试验后，EUT 工作正常，表现出抗扰能力，则试验结果合格。

5.19.4 阻尼振荡波抗扰度试验

5.19.4.1 试验方法

EUT 状态：空载状态。EUT 应放置在接地参考平面上，并用厚度为 $0.1\text{m} \pm 0.01\text{m}$ 的绝缘支座与之隔开，接地参考平面为一块厚度为 2mm 的不锈钢板，接地平面至少应比 EUT 的四周伸出 0.1m 并与保护接地相连接，除了位于 EUT 下方接地平面外，EUT 和所有其它导电性结构（例如屏蔽室的墙壁）之间的最小距离大于 0.5 m。电磁条件保证受试设备正常工作，并不影响试验结果。

在 EUT 上电工作正常之后，向试品的电源端口、控制端口阻尼振荡波干扰。表 14 中列出了对设备的电源、接地、信号和控制端口进行阻尼振荡波试验时应优先采用的试验等级。

表 14 阻尼振荡波试验等级

等级	共模电压 kV	差模电压 kV
1	0.5	0.25
2	1	0.5

表 14 阻尼振荡波试验等级（续）

等级	共模电压 kV	差模电压 kV
3	2（对变电站升至 2.5）	1
4	—	—
×	×	×

注：×是开放等级，该电平可在产品规范中给出。

5.19.4.2 试验结果的评估

试验过程中和试验后，如果试品的状态满足 GB/T 11022-2020 的 7.9 的判据，试验中及试验后，EUT 工作正常，表现出抗扰能力，则试验结果合格。

5.19.5 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

5.19.5.1 试验方法

EUT 状态：空载状态。EUT 应放置在接地参考平面上，并用厚度为 $0.1\text{m} \pm 0.01\text{m}$ 的绝缘支座与之隔开，接地参考平面为一块厚度为 2mm 的不锈钢板，接地平面至少应比 EUT 的四周伸出 0.1m 并与保护接地相连接，除了位于 EUT 下方接地平面外，EUT 和所有其它导电性结构（例如屏蔽室的墙壁）之间的最小距离大于 0.5 m。电磁条件保证受试设备正常工作，并不影响试验结果。

在 EUT 上电工作正常之后，通过电压变化发生器向试品的电源端口、控制端口施加干扰。按照标

准 GB/T 17626.29-2006《电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验》列出的对设备的电源、接地、信号和控制端口进行电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验选择应优先采用的试验等级。试验步骤如下：

- 1) 确认将要进行的各种试验类型及试品待试的端口，根据端口类型选择对应的接线图；
- 2) 操作试验员负责按照原理图进行接线，选择规定的元器件，完成后由主管试验员进行核查，确认无误后方可进行试验；
- 3) 通过电压变化发生器测试仪给 EUT 供电，并产生符合标准要求的电压暂降、中断和跌落；
- 4) 试验结束后，操作试验员应按照操作规程进行停电、清理现场、整理试验设备及附件等。

5.19.5.2 试验结果的评估

试验过程中和试验后，如果试品的状态满足 GB/T 11022-2020 的 7.9 的判据，试验中及试验后，EUT 试品能够按指令正常操作，表现出抗扰能力，符合性能判据，则试验结果合格。

5.19.6 直流电源输入端口纹波抗扰度试验

5.19.6.1 试验方法

EUT 状态：空载状态。EUT 应放置在接地参考平面上，并用厚度为 $0.1\text{m} \pm 0.01\text{m}$ 的绝缘支座与之隔开，接地参考平面为一块厚度为 2mm 的不锈钢板，接地平面至少应比 EUT 的四周伸出 0.1m 并与保护接地相连接，除了位于 EUT 下方接地平面外，EUT 和所有其它导电性结构（例如屏蔽室的墙壁）之间的最小距离大于 0.5 m。电磁条件保证受试设备正常工作，并不影响试验结果。

在 EUT 上电工作正常之后，通过电压变化发生器向试品的电源端口、控制端口施加干扰。按照标准 GB/T 17626.17-2005《电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口纹波抗扰度试验》列出的对设备的电源、接地、信号和控制端口进行电压纹波抗扰度试验选择应优先采用的试验等级。

5.19.6.2 试验结果的评估

试验过程中和试验后，如果试品的状态满足 GB/T 11022-2020 的 7.9 的判据，试验中及试验后，EUT 试品能够按指令正常操作，表现出抗扰能力，符合性能判据，则试验结果合格。

5.20 运输颠簸试验

5.20.1 试验方法

按照 GB/T 4857.17—2017 中 9.1.3.5 和 GB/T 4857.23-2021 的规定进行随机振动试验。

5.20.2 结果判定

试验后中压开关柜应进行外观检查，并进行回路电阻测量、绝缘试验、温升试验。如果外观检查没有发现任何故障迹象，且回路电阻测量、绝缘试验、温升试验合格，则应认为中压开关柜试验合格。