

DB54

西藏自治区地方标准

DB54/T XXXX—202X

高海拔地区充气式开关柜选型技术规范

Selection technical specifications of gas-filled switchgear 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、四川大学、重庆大学、西藏农牧学院、中国电力科学研究院有限公司、

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）。

高海拔地区充气式开关柜选型技术规范

1 范围

本文件规定了 1000m~5000m 海拔地区的充气式开关柜的使用条件、技术参数及要求、典型结构方案、一次部分、二次部分、关键元器件等。

本文件适用于 1000m~5000m 海拔地区的配电网、变电站内应用各类充气式开关柜。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 311.2 绝缘配合 第 2 部分：使用导则

GB/T 708 冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 762 标准电流等级

GB/T 2900.5 电工术语

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

GB/T 5585.1 电工用铜、铝及其合金母线第一部分：铜和铜合金母线

GB/T 11021 电气绝缘 耐热性和表示方法

GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 14597—2010 电工产品不同海拔的气候环境条件

GB/T 16935.1 低压供电系统内设备的绝缘配合 第 1 部分：原理、要求和试验

GB/T 20626.1—2017 特殊环境条件高原电工电子产品 第 1 部分：通用技术要求

GB/T 20626.2—2018 特殊环境条件高原电工电子产品 第 2 部分：选型和检验规范

GB/T 20626.3—2022 特殊环境条件高原电工电子产品 第 3 部分：雷电、污秽、凝露的防护要求

GB/T 26218.2 污秽条件下使用的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

GB 50149 电气装置安装工程母线装置施工及验收规范

GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

DL/T 404—2023 3.6kV-40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备

DL/T 593—2016 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

Q/GDW 11252 12kV 高压开关柜选型技术原则和检测技术规范

《国家电网公司第三代智能变电站通用设备技术规范(开关柜卷)》第 3 部分：12kV 充气式开关柜通用设备技术规范

3 术语和定义

GB/T 11022、GB/T 3906、DL/T 404 和 DL/T 593 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

充气式开关柜 gas-filled switchgear

由高压断路器、负荷开关、高压熔断器、隔离开关、接地开关、互感器，以及控制、测量、保护、调节装置及内部连接件、辅件、外壳和支持件等组成的成套交流金属封闭开关设备和控制设备，其内含有充 SF₆等气体作为绝缘介质的空间，用作分配频率为 50Hz、额定电压 7.2kV~40.5kV 交流电网的三相电能。

3.2

海拔分级 altitude classification

充气式开关柜适应海拔的能力，分为 1000m、2000m、3000m、4000m 及 5000m 共 5 个等级

4 高海拔地区环境条件参数

高原环境条件的海拔分级为：1000m、2000m、3000m、4000m、5000m。

高原环境条件参数见表 1。

表 1 高原环境条件参数

序号	环境参数		海拔 (m)					
			0	1000	2000	3000	4000	5000
1	气压 kPa	年平均	101.3	90.0	79.5	70.1	61.7	54.0
		最低	97.0	87.2	77.5	68.0	60.0	52.5
2	空气温度 ℃	最高	45,40	45,40	35	30	25	20
		最高日平均	35,30	35,30	25	20	15	10
		年平均	20	20	15	10	5	0
		最低	+5, -5, -15, -25, -40, -45					
	最大日温差 K	15, 25, 30						
3	相对湿度 %	最湿月月平均最大 (平均最低气温 ℃)	95,90 (25)	95,90 (25)	90 (20)	90 (15)	90 (10)	90 (5)
		最干月月平均最小 (平均最高气温 ℃)	20 (15)	20 (15)	15 (15)	15 (10)	15 (5)	15 (0)
4	绝对湿度 g/m ³	年平均	11.0	7.6	5.3	3.7	2.7	1.7
		年平均最小值	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.3
5	最大太阳直接辐射强度 W/m ²		1000	1000	1060	1120	1180	1250
6	最大风速 m/s		25, 30, 35, 40					
7	最大 10 min 降水量 mm		15, 30					
8	1 m 深土壤最高温度℃		30	25	20	20	15	15
注1：为便于比较，将标准大气条件参数(0 m~1 000 m)列入表中。								
注2：在最低空气温度、最大日温差、最大风速等几项中，可取所列数值之一。								

5 充气式开关柜在高海拔地区的技术参数及要求

5.1 关键参数索引

充气式开关柜关键参数索引如表 2 所示。

表 2 关键参数索引

设备编号	额定短路开断电流 (kA)	额定电流 (A)	结构型式
XXX-12/1250	31.5	1250	固定充气式
XXX-12/2500	31.5	2500	
XXX-12/3150	40	3150	
XXX-40.5/1250	31.5	1250	
XXX-40.5/2500	31.5	2500	

5.2 额定绝缘水平

12kV 充气式开关柜额定绝缘水平符合 DL/T 593—2016 中 4.3 的规定，具体要求如下：

- a) 主回路工频耐受电压：相间及对地，42kV；隔离断口，48kV。
- b) 主回路雷电冲击耐受电压：对地及相间，75kV；隔离断口：85kV。
- c) 辅助回路工频耐受电压：2kV。

40.5kV 充气式开关柜额定绝缘水平符合 DL/T 593—2016 中 4.3 的规定，具体要求如下：

- a) 主回路工频耐受电压：相间及对地，95kV；隔离断口，118kV。
- b) 主回路雷电冲击耐受电压：对地及相间，185kV；隔离断口，215kV。

同时根据 2000 m 以上高海拔地区特点作如下调整：

在高原环境条件下，应符合常规型相应产品标准的要求，保证产品在高原地区使用时有足够的工频耐压能力和雷电冲击耐压能力。当产品使用地点海拔与试验地点海拔不同时，产品试验电压的海拔修正系数 K_a 按式 (1) 计算，应满足表 3 要求。

$$K_a = e^{\frac{H_2 - H_1}{8150}} \quad (1)$$

式中：

K_a ——海拔修正系数；

H_2 ——产品使用地点，单位为米 (m)

H_1 ——产品试验地点，单位为米 (m)

注 1：在任一海拔，内绝缘绝缘特性相同，无需采取特别措施。外绝缘和内绝缘的定义见 GB/T 311.2。

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

表 3 工频耐受电压和冲击耐受电压的海拔修正系数

产品使用地点海拔 m		1000	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	
海拔修正系数 K_a	产品试验地点海拔	0	1.13	1.28	1.36	1.44	1.54	1.63	1.74	1.85
		1000	1	1.11	1.20	1.25	1.36	1.43	1.54	1.67
		2000	0.91	1	1.06	1.11	1.20	1.25	1.36	1.43
		3000	0.83	0.91	0.94	1	1.06	1.11	1.20	1.25

	m	4000	0.77	0.83	0.83	0.91	0.94	1	1.06	1.11
		5000	0.71	0.77	0.74	0.83	0.83	0.91	0.94	1
<p>注 1: 在以考核内绝缘质量为主的例行试验中, 按有关产品标准的规定, 试验电压取海拔 1000m 或 2000m 时产品的耐受电压值, 不作修正。</p> <p>注 2: 试验电压值为常规型产品标准规定值与海拔修正系数 k_a 的乘积。</p>										

示例: 某 12kV 开关柜使用地点海拔为 3000 m, 试验地点海拔为 2000 m, 产品标准规定工频耐压值为 42kV, 则试验电压值应为 $42 \text{ kV} \times 1.11 = 46.62 \text{ kV}$ 。

5.3 温升

开关设备和控制设备的温升应符合 GB/T 3906—2020 中 5.5.2 的规定。具体要求如表 4 所示。

表 4 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)	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	50
—在 SF ₆ 中 (见说明 5)	90	50
—在油中	90	50
2 用螺栓的或与其等效的联结		
裸铜或裸铜合金或裸铝合金		
—在空气中	90	50
—在 SF ₆ 中 (见说明 5)	115	75
—在油中	100	60
镀银或镀镍 (见说明 6)		
—在空气中	115	75
—在 SF ₆ 中 (见说明 5)	115	75
—在油中	100	60
镀锡 (见说明 6)		
—在空气中	105	65
—在 SF ₆ 中 (见说明 5)	105	65
—在油中	100	60
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	70 80	30 40

作为表 4 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 4 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。其余部件不应该超表 4 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 4 项 1 中有最低允许值的表面材料的值；
- b) 对联结，表 4 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与其它无氧气体的混合物。

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），即使在 SF₆的无氧条件下，提高其允许温度也是不合适的，因此镀锡零件仍取在空气中的值。

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。

有镀层的触头应该在接触区有连续的镀层，否则触头应该被看作是“裸露”的。

说明 7：当使用表 4 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。

充气式开关柜中各元件的温升应按照它们各自技术规范，其温升不得超过这些元件的相关标准中规定的限值。

当考虑母线的最高允许温度或温升时，应根据工作情况，按接触头、连接及与绝缘材料接触的金属部件的最高允许温度或温升确定。

可触及的外壳和盖板的温升不应超过 30K。对可触及而在正常运行时毋需触及的外壳和盖板，如果公众不可触及，则其温升极限可增加 10K。

同时考虑高海拔地区的环境特点，作出如下调整：

气压或空气密度的降低引起空气介质冷却效应的降低。对于以自然对流、强迫通风或空气散热器为主要散热方式的电工产品，由于散热能力降低，产品的温升随海拔的升高而增加。

交流系统的设备温升按式 (2) 进行修正。

$$K_{\tau} = \frac{\tau_H}{\tau_{1000}} = e^{0.03 \left(\frac{H-1000}{1000} \right)} \quad (2)$$

式中： K_{τ} ——温升的高海拔校正因数；

τ_H ——高海拔地区设备的允许温升，K；

τ_{1000} ——海拔 1000m 以下地区设备的允许温升，K；

H ——适用地区的海拔高度，m。

τ_H 等于 GB/T 11022-2011 表 2 中规定的设备最高允许温度 θ_H 与 GB/T 14597-2010 高海拔地区最高环境温度的差值。

产品在高海拔条件下正常工作时，任何部件的最高温度均不应超过表 4 中规定的最高允许温度。

在高海拔局部地区，由于太阳热辐射引起表面附加温升，由制造厂与用户协商确定。

温升试验按 GB/T 11022-2011 规定的方法进行。

环境平均温度和最高温度均随海拔的升高而降低。高海拔环境气温的降低可以部分或全部补偿因气压降低而引起电工产品运行中的温升增加。因此，若环境温度的降低值能够补偿产品散热不良而引起的温升增加值，一般进行产品设计时可不考虑高海拔对温升的影响。若产品温升的增加值不能被环境温度的降低值所补偿，则应降低容量使用或增加散热措施。器件说明书对海拔高度有降容说明的按照器件说明书降容选用。

对高发热电器(如电阻器等)，应降低额定电流值使用，或选用更高一级额定电流值的产品。具体情况由制造厂和用户协商处理。

(1) 安装于海拔 2000m 以上的继电器，高海拔主要影响绝缘电压、开关负载能力、工作温度范围。需要降容使用。继电器降容系数如表 5 所示。

表 5 继电器降容系数

海拔/m	绝缘电压 U_i	输出电流 I_s	环境温度
1000	1.00	1.00	1.00
2000	0.90	0.98	0.96
3000	0.80	0.96	0.92
4000	0.72	0.94	0.88
5000	0.65	0.92	0.85

(2) 安装于海拔 2000m 以上的微型断路器，高海拔影响额定工作电流、额定工作电压、额定工频耐压和冲击耐压、额定短路分断能力和电寿命，需要降容使用，降容系数如表 6 所示。

表 6 微型断路器降容系数

海拔/m	额定工作电 流	最大工作电 压	额定工频耐 压	额定冲击耐 压	额定短路分段能 力和电寿命
2000	1.00	1	1.00	1.00	1.00
3000	0.99	1	0.89	0.89	0.83
4000	0.96	1	0.80	0.80	0.71
5000	0.94	1	0.73	0.73	0.63

(3) 采用热脱扣器作为过载脱扣部件的断路器、热继电器，在高原环境尤其是户内使用时，由于散热不好，脱扣特性将发生变化，较正常环境时脱扣时间缩短，可能造成频繁跳闸。使用时需根据所在环境调节脱扣器电流整定值。

5.4 断路器操作电源

断路器操动机构中储能电机、分合闸线圈等操作电源采用直流 110V 或直流 220V。变电站内使用设备不得采用整流模块和印刷电路板。

5.5 额定短时耐受电流

符合 GB/T 3906-2020 中 5.6 的规定，具体规定如下：

开关设备和控制设备的额定电流是在规定的使用和性能条件下能持续通过的电流有效值。额定电流应从 GB/T 762 中规定的 R10 系列中选取。

注 1：R10 系列包括数字 1-1.25-1.6-2-2.5-3.15-4-5-6.3-8 及其与 100 的乘积。

注 2：对短时工作制和间断工作制的额定电流由制造厂和用户商定。

接地回路的额定短时耐受电流值的最大值为主回路（含接地开关）额定短时耐受电流的 87%。

5.6 额定峰值耐受电流

符合 GB/T 3906-2020 中 5.7 的规定，具体规定如下：

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

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

原则上，主回路的额定峰值耐受电流不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。但是，对于高压隔室或每一个回路，可以采用限制短路电流的器件，如限流熔断器、电抗器等。接地回路额定峰值耐受电流可以不同于主回路的数值。

5.7 内部电弧允许持续时间

内部电弧试验持续时间大于等于 0.5s，试验电流与样柜额定短时耐受电流参数一致。

5.8 防护等级

开关柜的柜体外壳防护等级应达到 IP4X 及以上，充气隔室之间的防护等级达到 IP67 及以上。

5.9 空气间隙和爬电距离

相间和相对地的最小空气间隙应满足：

(1) 相间和相对地的最小空气间隙应满足下列要求：额定电压 12kV，相间和相对地 125mm，带电体至门 155mm；额定电压 40.5kV，相间和相对地 300mm，带电体至门 330mm。

(2) 不应使用绝缘隔板。

符合 DL/T 593—2016 中 5.14.3 规定，具体要求如下：

户内开关设备的相对地间、相和相间、断路器或负荷开关一个极的两个端子间的瓷质或有机绝缘子，其外绝缘最小标称爬电距离由式(3)的关系确定。

$$l_t = a l_r U_r / \sqrt{3} k_{ad} \quad (3)$$

l_t ——最小标称爬电距离（见注 1），mm；

a ——按表 7 选择的与绝缘类型有关的应用系数；

l_r ——最小标称爬电比距，按 GB/T 26218.2-2010 中确定统一的爬电比距（见注 2），mm/kV。最小标称爬电比距 l_r 应不小于 $20\sqrt{3}$ mm/kV（有机）和 $18\sqrt{3}$ mm/kV（瓷质）；

U_r ——开关设备和控制设备的额定电压；

k_{ad} ——直径的校正系数，平均直径 $D_a < 300\text{mm}$ 时 $k_{ad} = 1.0$ ， $D_a \geq 300\text{mm}$ 时 $k_{ad} = 0.0005D_a + 0.85$ 。

注 1：对实际爬电距离与标称爬电距离的偏差可以规定制造允差。

注 2：相对地间测得的爬电距离与 $U_r / \sqrt{3}$ 之比。

注 3：复合绝缘材料的绝缘子或套管可参照瓷或玻璃材料的绝缘子或套管的 l_r 。

表 7 爬电距离的应用系数

绝缘的应用部位	应用系数 a
相对地	1.0
相间	$\sqrt{3}$
断路器或开关的断口	1.0

高海拔地区随着使用地点海拔的升高，应增大电气间隙和爬电距离，以 SF6 为绝缘介质的充气式开关柜具体增加值还需调研。

对于气体绝缘柜低压元件的绝缘强度和分断能力，一般海拔升高每 100 米，电气间隙和漏电距离击穿强度下降 0.5%-1%，海拔 2000m 以下时，影响不大，超过 2000m，则需要增强绝缘强度，降低分断负载。海拔低于 2000m，低压辅助设备及控制设备不需要进行特殊处理；海拔高于 2000m，需要对电气间隙进行修正，加大元器件之间的空气间隙以满足绝缘要求，或采用加强绝缘的高原型产品。

6 高海拔地区充气式开关柜选型技术原则

6.1 典型结构方案

架空进线为通过管型绝缘母线或母线桥架从柜体顶部（或下部）进线，电流互感器为置于充气间隔外部的穿芯式电流互感器。常规架空进线结构示意图如图 1、图 2、图 3 和图 4 所示。要求预留一个试验接头，以便于开展耐压试验和主回路电阻测量。（SF₆ 气体、混合气体、其它气体绝缘的充气式开关柜：电流大于等于 2500A 时柜宽推荐 800mm）。

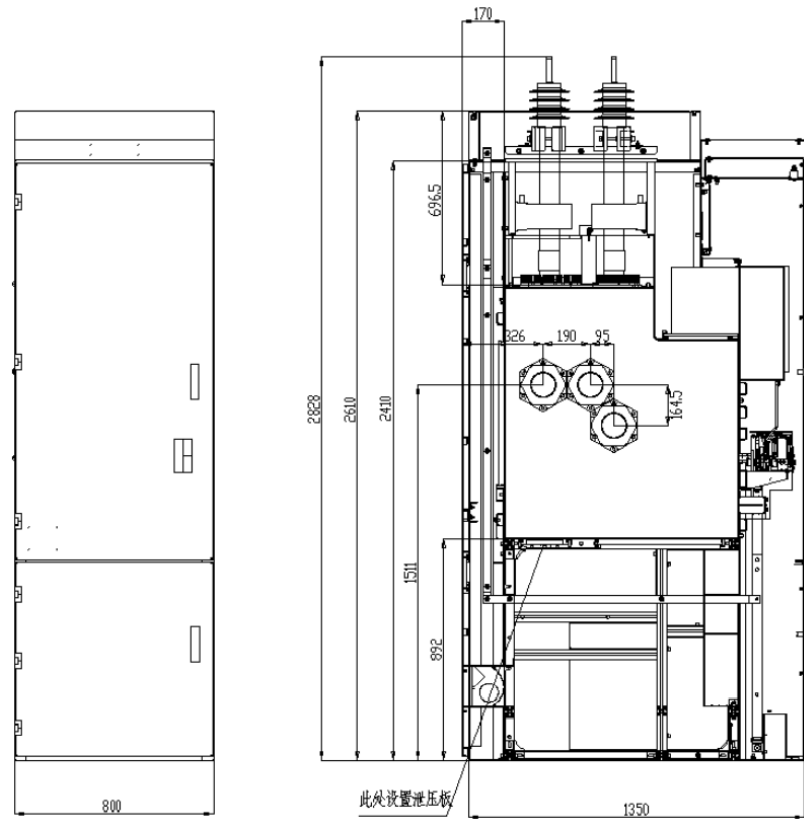


图 1 架空进线方案结构示意图（额定电流 2500A）

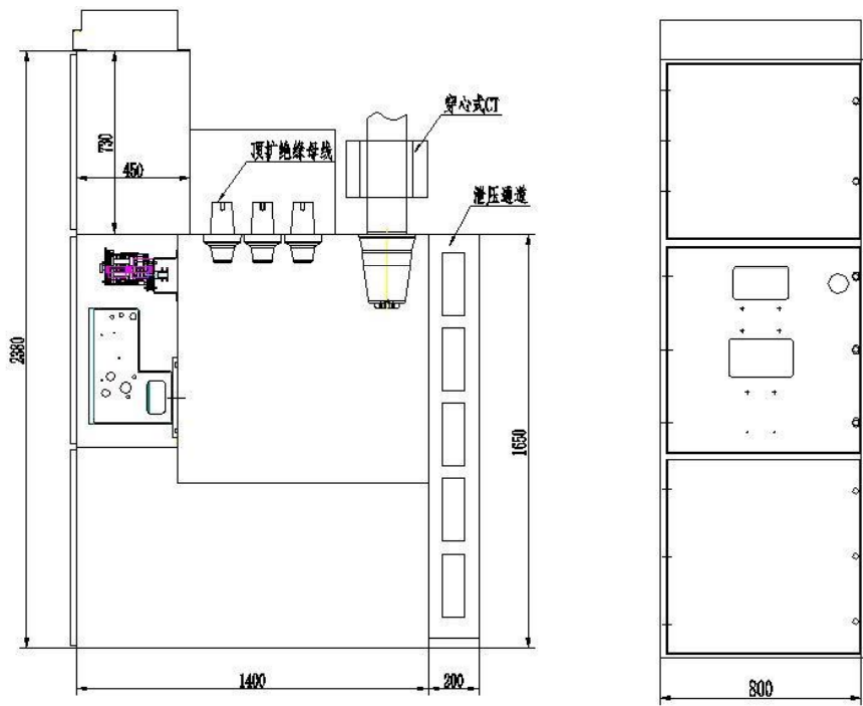


图 2 架空进线方案结构示意图（额定电流 2500、3150A）

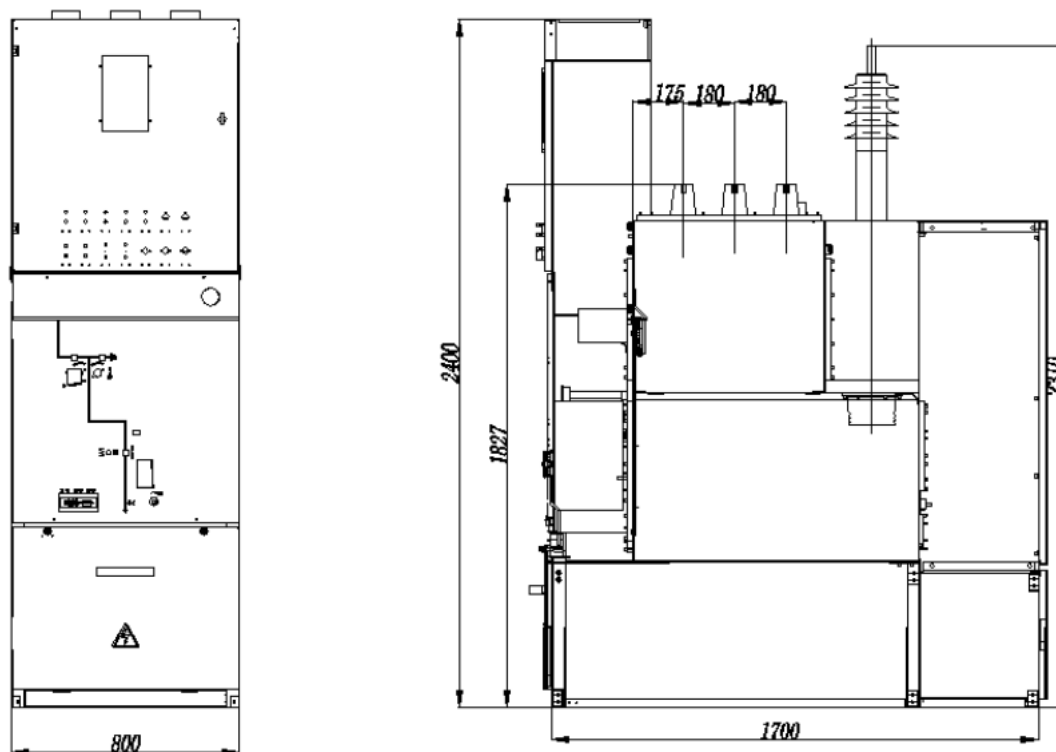


图 3 架空进线方案结构示意图（额定电流 2500、3150A）

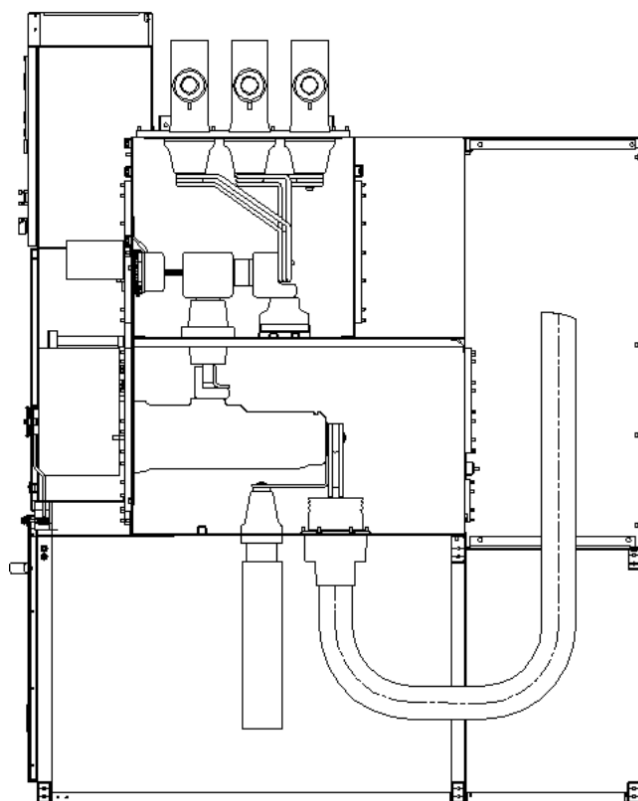


图 4 架空进线方案结构示意图（额定电流 2500、3150A）

6.2 一次部分

6.2.1 性能要求

- a) 充气式开关柜电缆接入应采用插接式结构，插接式电缆终端头制作过程中，应保证半导体层与主绝缘层的切面截面规则，无毛刺。
- b) 充气式开关柜的设计应能使设备安全地进行下述各项工作：正常维护、检修试验、带电状态确定等操作能安全进行，且开关柜故障时可移出更换。
- c) 充气式开关柜的设计应能在允许的基础误差和热胀冷缩的热效应下不致影响设备所保证的性能，并满足与其它设备连接的要求。
- d) 高压元件（断路器、三工位开关、接地开关及高压带电体等）间的绝缘方式以气体为绝缘介质。可触及的一次元件及绝缘件外表面应采取防止静电和感应电荷的措施。
- e) 类型、额定值和结构相同的所有可移开部件和元件在机械和电气上应有互换性。
- f) 充气式开关柜隔室和机构等关键部位在出厂时应设置明显的安全警告、警示标识。
- g) 母线避雷器与电压互感器应采用插接式接入方式，必须经隔离断口与母线相连，严禁与母线直接连接。
- h) 充气式开关柜相序按面对开关柜从左至右为 A、B、C，从上到下排列为 A、B、C。

6.2.2 材质要求

- a) 充气式开关柜所有导电部分铜排应全部选用 T2 铜，铜的含量不低于 99.9%，铜的导电率不小于 97%。
- b) 充气式开关柜间隔应设独立气室，气室应采用 3mm 及以上的 304 不锈钢材质。

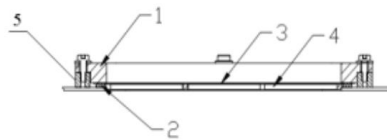
6.2.3 接地要求

- a) 充气式开关柜应采用三工位开关，具有分、合、接地三种功能。
- b) 充气式开关柜的底架上均应设置可靠的适用于规定故障条件的接地端子，该端子应有一紧固螺钉或螺栓连接至接地导体，紧固螺钉或螺栓的直径应不小于 12mm，接地连接点应标以清晰可见的接地符号。
- c) 接地导体应采用铜质导体，在规定的接地故障条件下，在额定短路持续时间为 4s 时，其电流密度不应超过 $110\text{A}/\text{mm}^2$ ，但最小截面积不应小于 286mm^2 。接地导体的末端应用铜质端子与设备的接地系统相连接，端子的电气接触面积应与接地导体的截面相适应，但最小电气接触面积不应小于 200mm^2 。
- d) 主回路中凡规定或需要触及的所有部件都应可靠接地。
- e) 各个功能单元的外壳均应连接到接地导体上，除主回路和辅助回路之外的所有要接地的金属部件应直接或通过金属构件与接地导体相连接，金属部件和外壳到接地端子之间通过 30A 直流电流短时压降不大于 3V，功能单元内部的相互连接应保证电气连续性。
- f) 接地回路应能承受的短时耐受电流最大值为主回路额定短时耐受电流的 87%。

6.2.4 限制并避免开关柜内部电弧故障的要求

符合 12kV 充气式开关柜通用设备技术规范中 6.2.4 的规定，具体要求如下：

- a) 应通过内部燃弧试验，并在投标时出具相应的试验报告。
- b) 充气式开关柜应选用 IAC 级(内部故障级别)产品，制造厂应提供相应型式试验报告，报告中附试验试品照片。
- c) 压力释放装置安全动作值应符合规定的动作值，并提供压力释放装置动作曲线图。
- d) 充气式开关柜的各隔离室之间，应满足正常使用条件和限制隔离室内部电弧影响的要求，并能防止因本身缺陷、异常或误操作导致的内电弧伤及工作人员，能限制电弧的燃烧范围。
- e) 应采取防止人为造成内部故障的措施，还应考虑到由于柜内组件动作造成的故障引起隔离室内过电压及压力释放装置喷出气体，可能对人员和其它正常运行设备的影响。
- f) 除仪表室外，每个气室设有独立的排气通道和泄压装置，当产生内部故障电弧时，泄压通道将被自动打开，释放内部压力，压力排泄方向为无人经过区域。
- g) 充气式开关柜每个独立充气隔室必须安装防爆膜，应满足以下要求：
 - 1) 厂家应提供防爆计算说明书。
 - 2) 防爆膜应采用不锈钢或镍合金材质，寿命应与设备本体一致。
 - 3) 防爆膜喷口严禁朝向巡视通道，以免造成人身伤害。
 - 4) 防爆膜应采用与法兰一体化设计并满足不更换气室情况下可拆卸更换要求，不应现场单独安装。



1. 防爆膜压板 2. 密封圈 3. 防爆膜 4. 防护支架 5. 气箱焊接法兰

图 5 防爆膜与法兰一体化设计

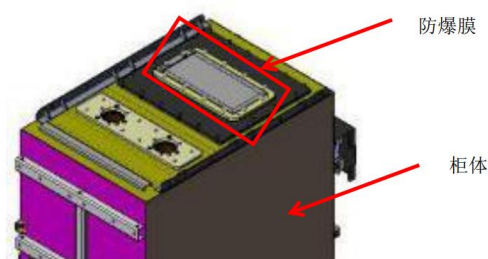


图 6 防爆膜位置结构图

5) 安装前应检查防爆膜是否受外力损伤, 防爆膜泄压挡板的结构和方向应避免运行中误碰、踩踏、堆物。

6.2.5 断路器及负荷开关

充气式开关柜内的断路器及负荷开关, 可采用 SF₆, 亦可采用真空。其本体及操动机构必须安装在牢固的支架上, 本体及其操动机构的支架不得因操作力的影响而变形; 不得因操作而影响柜上仪表、继电器等的正常工作。

断路器或负荷开关的位置指示装置, 应能正确指示出它的分闸或合闸工作状态。

断路器或负荷开关操动机构操作控制回路的熔断器, 为便于检修、维护, 可设置在空气隔室。

装负荷开关——熔断器组合电器的充气式开关柜, 其熔断器的安装位置设计应使其在熔断且负荷开关分断后便于更换熔断件。

6.2.6 互感器

互感器应固定牢靠, 且应采取措施, 当柜中其它高压电器组件在运行中出现异常时, 不会影响互感器的正常工作。

互感器的伏安特性、准确度级及额定负载, 均应能满足继电保护及仪表测量装置的要求。

电压互感器必须有防铁磁谐振的措施。否则, 在高压侧应装有防止内部故障的高压熔断器, 其熔断短路电流的能力应与充气式开关柜主回路开关设备的参数相匹配 (包括采取限流措施后), 且熔断后便于更换熔断件。

电流互感器的短时耐受电流及其短路持续时间、峰值耐受电流均应满足充气式开关柜铭牌的要求。

注: 小变比的电流互感器, 其峰值耐受电流、短时耐受电流值如达不到充气式开关柜铭牌值, 由制造厂与用户协商解决。

6.2.7 隔离开关和接地开关

隔离开关或接地开关的分、合闸操作位置应有可靠的机械指示装置。

当隔离开关和接地开关组成一个整体时, 必须满足以下要求:

- 如果隔离开关断开的过程也是接地开关合上的过程, 要保证隔离开关刀刃在运动中不因带电导体与接地极距离的变更而导致气隙击穿;
- 如果隔离开关与接地开关操作驱动, 分别由一组 (或两组) 操动机构组合成, 必须有可靠的防止误操作的联锁, 要保证隔离开关的断开及接地开关的合上是按规定的操作程序分两个步骤完成操作任务;
- 如有“接通” (即合上)、“断开” (即分闸)、“接地”三个位置, 在完成每种预定切换功能位置时, 均应设置可靠的固定措施。

接地开关应能满足充气式开关柜铭牌规定的关合额定峰值耐受电流的能力。

6.3 二次部分

a) 充气式开关柜应能实现远方和就地操作。

b) 充气式开关柜状态遥信信息输出应标准化，设备信息应涵盖断路器位置、控制回路状态、机构异常等信号，采集信息应完整准确、描述应简明扼要，满足无人值守变电站远方故障判断、分析处置要求。

c) 断路器操动机构应配置内部防跳回路。

d) 断路器或隔离开关电气闭锁回路不能用重动继电器，应直接用断路器或隔离开关的辅助触点。

e) 气室气体密度继电器应具备一对低气压报警接点和一对低气压闭锁接点，其中低气压闭锁接点串接于断路器合闸回路，用于闭锁断路器合闸。

f) 保护测控装置应采用通过用户认可的经第三方专业机构检测的产品。

g) 保护测控装置应具备完善的自检功能，应具有能反应被保护设备各种故障及异常状态的保护功能。

h) 充气式开关柜内二次端子排设置应遵循“功能分区、端子分段”原则，交流电流和交流电压回路、不同交流电压回路、交流和直流回路、强电和弱电回路均应使用各自独立的电缆，防止交流电混入直流回路，造成电网事故。

i) 直流系统严禁采用交流断路器，严禁在直流断路器的下级使用熔断器。

j) 仪表室应设有专用接地铜排，截面积不小于 100mm^2 ，铜排两端应装设足够的螺栓以备接至变电站的等电位接地网上。

6.4 对充气式开关柜温升的要求

高海拔条件下，由于外部气压的降低，充气式开关柜外部散热性能下降，充气式开关柜自身的温升很难被外界环境温度的降低所抵消，因此应用在高海拔地区的充气式开关柜应采取相应手段降低自身温升。可以采取的方法如下：

a) 降低开关柜内部的接触电阻

1) 适当增大该连接部位的紧固力矩；

2) 遵循螺钉紧固顺序原则，保证铜排的两个连接部位接触电阻在控制范围内；

3) 适当降低连接零部件的硬度；

4) 表面镀银处理；

5) 尽可能采用多螺钉固定方式；

6) 导体切缝处理。

b) 增大载流导体的截面积

c) 使用非铁磁材料降低涡流损耗

d) 给柜体增加鳍式散热片等散热装置，帮助充气式开关柜在高海拔地区的散热。以 10kV 产品为例，在气室内部隔离刀及断路器主要发热接线装头上加装散热排或铝质散热器。散热装置如图 7 所示

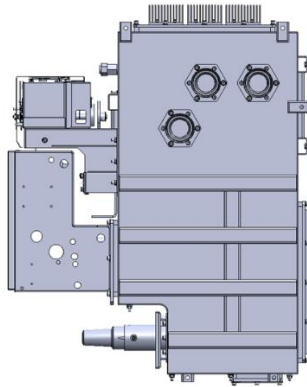


图 7 加装鳍式散热片的开关柜气室结构图

6.5 对充气式开关柜气室的要求

- a) 充气隔室应采用 3mm 及以上的 304 不锈钢材质。
- b) 充气式开关柜气室封闭面板接触面应采用激光或 CMT（冷金属转移焊接技术）焊接工艺，且焊缝均匀。
- c) 密封气室应采用氦气检漏工艺，年泄漏率应小于 0.1%。
- d) 制造厂应对充气式开关柜气室所有焊缝按批次开展探伤抽检，并提供试验报告。
- e) 充气隔室应能承受运行中的正常压力和瞬态压力。充气隔室应设有压力释放装置，以保护外壳不受过度的压力。
- f) 充气隔室密度控制器具有高低压报警功能。
- g) 充气式开关柜应设置充补气用自封接头，可用来连接气体处理装置和气体监测设备（密度继电器或带温度补偿的密度表），并装设在不拆卸的情况下进行校验的充气阀门。
- h) 每个独立充气隔室安装吸附剂，且便于更换，吸附剂罩的材质应选用不锈钢或其它高强度材料，吸附剂罩应与柜体安装紧固，吸附剂的成分和用量应严格按技术条件规定选用。
- i) 固定螺栓应对称均匀紧固，力矩符合产品技术规定，密封面的连接螺栓应涂防松胶。

高海拔设计：在高海拔地区金属气室外部压力下降，金属气室承受的绝对压力增大，导致金属气室变形量增大。为保证金属气室变形量在合理范围内，开关柜金属气室需采用加强型设计，在箱体薄弱区域合理布置加强筋和支撑杆。

用于确定金属壳体厚度的压力：如果内部发生故障，它至少等于释放气体之前的压力。

6.6 对充气式开关柜气密性的要求

外壳需要高度密封。动密封和静密封采用相应的密封方法，可以使用橡胶圈密封。

对于焊接壳体的焊缝，除无法检测的部位外，应按规定进行无损检验；检查关键部位的焊缝和两种材料的拼焊缝是否有缺陷；其它焊缝的长度应为对接焊缝总长度的 20%。

外壳的焊接质量是严格要求的。可以使用激光焊接或氩弧焊，焊接后应在某一点进行检查。对于焊接壳体的焊缝，除不能检查的零件外，应按下列规定进行无损检查：

- (1) 两种材料的关键部位焊缝和定制焊缝必须全部铺开；
- (2) 其它焊缝的探伤长度不少于对接焊缝总长度的 20%。

高海拔修正：在环境温度较低的高海拔地区，开关柜必须满足低温环境的要求：

- (1) 密封圈材料选择耐低温材料，避免使用天然橡胶、丁腈、丙烯酸脂橡胶等不耐低温材料；
- (2) 出线套管、支柱绝缘子应选择低温材质并经环境试验的出线套管、支柱绝缘子；
- (3) 润滑脂应采用低温润滑脂，机构等运动部位不允许出现润滑脂堆积情况；

(4) 采用金属材料代替尼龙材料，调整机构上金属件与非金属件配合公差，保证形变时的间隙。

6.7 对充气式开关柜防爆片的要求

防爆片，也称“防爆膜”，是一种利用爆破片的断裂来泄压的装置，充气式开关柜每个独立气室必须安装防爆膜组件，由爆破片、夹持件、爆破片座、盖板、O形密封圈组成，不锈钢爆破片上刻有十字形槽或锯齿形槽，安装时爆破片凹面朝向大气侧，在充气式开关柜运行中一旦出现短路故障，当气室压力值超过爆破片破坏压力时，十字槽或锯齿槽撕裂破口排气，气室压力释放，从而将故障影响降到最低。

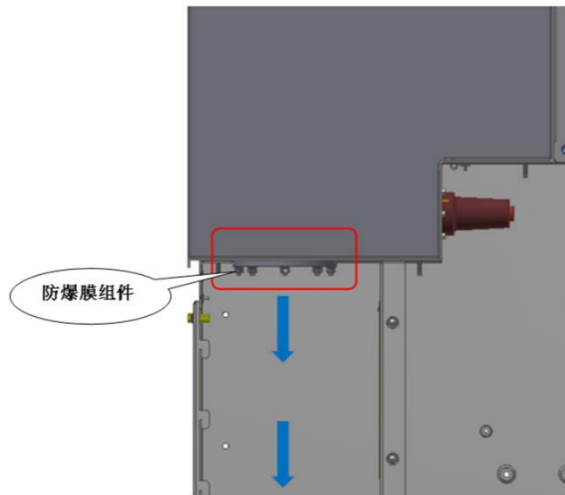


图 8 防爆膜组件示意图

高海拔地区由于外界大气压力的降低，充气式开关柜内外压差增大，应根据不同海拔高度，调整充气式开关柜的气室防爆膜爆破压力阈值，以便使开关柜平稳运行。调节参数可参考图 9 和表 8。

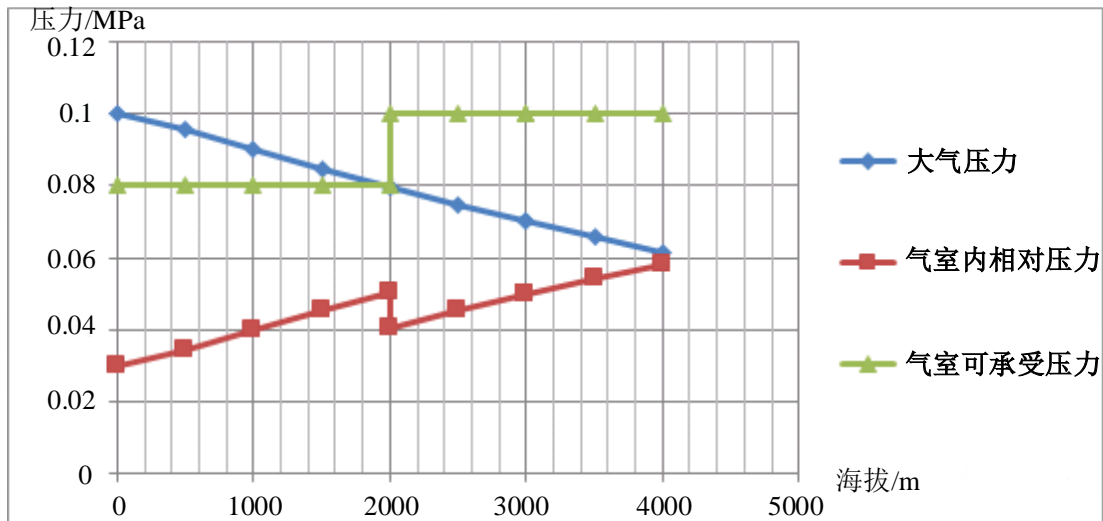


图 9 不同海拔高度大气压力与某型号气室相对压力图

表 8 不同海拔高度大气压力与某型号气室相对压力表

海拔高度 (m)	大气压力 (MPa)	气室相对压力 (MPa)	防爆膜可承受相对压力 (MPa)	气室内绝对压力 (MPa)	产品要求
0	0.1	0.03	0.08	0.13	一般产品, 充气压力 0.13MPa (abs)
500	0.0955	0.0345	0.08	0.13	
1000	0.0899	0.0401	0.08	0.13	
1500	0.0846	0.0454	0.08	0.13	
2000	0.0795	0.0505	0.08	0.13	
2001	0.0794	0.0406	0.1	0.12	高原加强型气室, 充气压力 0.12MPa (abs)
2500	0.0747	0.0453	0.1	0.12	
3000	0.0701	0.0499	0.1	0.12	
3001	0.0700	0.0500	0.1	0.12	
3500	0.0658	0.0542	0.1	0.12	
4000	0.0617	0.0583	0.1	0.12	

可以根据不同海拔的大气压力设定防爆膜的爆破压力。

开关柜应具有工作在微正压或零表压（压力绝对值 1bar）的能力。遇到紧急情况时，也能降低发生电弧事故的风险。

6.8 对充气式开关柜绝缘套管的要求

按 GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合中要求进行。

高海拔修正：

随着气压降低，开关柜的外绝缘强度下降，应采取措施提高绝缘套管的耐压水平。

在极不均匀的电场中，在适当位置安装绝缘板或屏蔽罩，可提升间隙击穿电压。为了增大导体之间、导体对地之间的表面爬电距离，选用自身带伞裙和隔板的扩展连接件及进出线套管，如图 10 所示。隔板可将导体连接部分的不均匀电场屏蔽在隔板包覆内部，有效优化开关电场，减小绝缘距离。伞裙可有效增大绝缘的表面爬电距离，提高耐压水平。

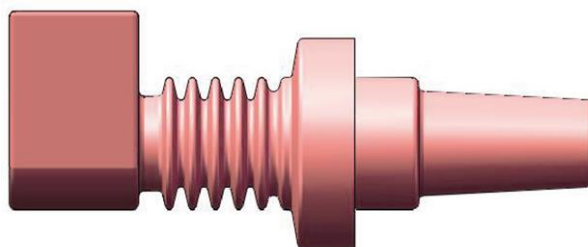


图 10 带伞裙隔板进出线套管

平原型气体绝缘开关柜的元器件，用于高海拔地区应考虑 10%~20%不等的电性能裕量，针对部分无法满足的，采用高选型的套管进行代替。

6.9 对充气式开关柜内部凝露的要求

除按 GB/T 20626.2 中 6.3 所要求外，高海拔地区有以下修正：

由于高海拔地区特殊的气象条件，在容易产生凝露的地区，开关柜应采用凝露控制器与加热元件相结合的方法。

凝露控制器一般有 2 个专用的凝露传感器，1 个传感器安装至断路器室，1 个安装至电缆室。能随时监测被测环境的湿度变化。湿度达到一定程度，有产生凝露的可能，凝露控制器动作，使其对应的加热元件（如梳状加热器）开始加热升温，对开关柜进行除湿、驱潮处理。当产生凝露的条件消失后，加热元件自动断开，凝露控制器恢复到监测状态。

6.10 对充气式开关柜机械结构的要求

充气式开关柜柜体结构紧固螺栓选用 8.8 级及以上高强度螺栓组件；气室结构应采用 3mm 及以上的 304 不锈钢材质。柜体主框架结构部分制作材质为覆铝锌板，主框架结构及门板结构板材厚度为 2mm，尺寸参数允许偏差满足 GB/T 708《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》的 B 级精度要求。前后门板材质为冷轧钢板，表面做喷塑处理，大电流柜柜体采用铝合金材质的散热片。

充气式开关柜充气隔室防护等级应达到 IP67 及以上，控制室及柜体外壳防护等级达到 IP4X 及以上。每台充气式开关柜应包含充气隔室、低压室、电缆隔室，各隔室应互相独立，自行独立支撑。

一次绝缘组件、二次导线组件应选用阻燃材料，二次走线加装金属软管或封板。户外设备需设置遮阳罩，室外配电箱材质选用不锈钢。

7 试验分类、方法及要求

7.1 检验规则

充气式开关柜的检验包括型式试验、出厂试验、现场交接试验、抽检试验四类。试验方法和要求应符合 GB/T 11022、GB/T 3906、DL/T 404 的规定。本标准中提出的项目检验规则见表 9。

表 9 充气式开关柜试验项目及规则

序号	型式试验项目	型式试验	出厂试验	现场交接试验	抽检试验
1	外观、结构检查	√	√	√	√
2	工频耐压试验	√	√	√	√
3	雷电冲击电压试验	√	√	√	√
4	整柜局部放电试验	√	√	√	√
5	回路电阻的测量	√	√	√	√
6	辅助回路和控制回路的绝缘试验	√	√	√	√
7	温升试验	√	×	×	√
8	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	√	×	×	√
9	防护等级试验	√	×	×	√
10	内部电弧试验	√	×	×	×
11	机械操作和机械特性测量试验 (含断路器、接地开关等)	√	√	√	√
12	联锁试验	√	√	×	×
13	断路器机械寿命试验	√	×	×	×
14	额定短路关合、开断能力试验	√	×	×	×

15	电磁兼容性试验 (EMC)	√	×	×	×
16	泄漏电流的测量	√	×	×	×
17	绝缘件局部放电试验	×	×	×	√
18	柜体板材厚度及尺寸检查	×	√	√	√
19	一次接线形式、相序、安全净距检查	×	√	√	√
20	充气隔室的气体密封试验和水分测量	√	√	√	√
21	充气隔室的压力试验	√	√	√	√
注：√标识规定必须做的项目；×表示规定可以不做的项目					

7.2 型式试验

7.2.1 总则

- (1) 考虑到典型结构方案、额定参数、元器件配置的多样性，应选择元器件配置最全、考核最为苛刻的典型结构方案，并按照最全的元器件配置进行型式试验。
- (2) 开关柜的型式试验应在典型的功能单元上进行全套试验，任一种具体方案的性能可以引用类似方案的试验数据。
- (3) 如开关柜所配的断路器已进行了全套试验，则开关柜的关合和开断能力的验证按 DL/T 404 和 GB/T 3906 中“关合和开断能力的验证”的要求，进行 T100s 和 T100a 试验。
- (4) 开关柜选用的一次元器件应通过型式试验。

7.2.2 试品条件

- (1) 试品应与产品图样、技术文件相符。
- (2) 试品应是新的并装有符合要求的断路器。试品应按设计要求装配完整（如配备规定型号的操动机构或辅助设备）。

7.2.3 型式试验条件

- (1) 型式试验是制造厂家将装置送交具有资质的检测单位，由检测单位依据试验条目完成检验，检验项目见表 9。
- (2) 新试制的产品应进行完整的型式试验。
- (3) 转厂试制的产品应进行完整的型式试验。
- (4) 当产品在设计、工艺或使用的材料等做重大改变时，应进行相应项目的型式试验。
- (5) 正常生产的产品每隔八年应进行一次温升试验、机械操作试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验以及关合和开断试验。
- (6) 不经常生产的产品(指停止生产间隔 3 年及以上者)再次生产时，应进行标准规定的型式试验。出厂试验结果与型式试验有较大差异时。
- (7) 国家市场监督管理总局或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时。
- (8) 合同规定进行型式试验时。

7.3 出厂试验

- (1) 每台设备出厂前，应由制造厂的检验部门进行出厂检验，检验项目见表 9。
- (2) 出厂试验不应给产品的性能和可靠性带来损害。
- (3) 每台产品应经出厂试验，合格后方可出厂。

- (4) 出厂产品均应附有产品合格证、有关出厂试验报告等相应的技术文件。如有协议要求，任一项出厂试验项目可作为对产品的验收内容。应提供供货范围内主要元件的出厂试验报告。
- (5) 出厂试验应符合 DL/T 593 中的规定，还应符合相应产品标准及本文件的规定。

7.4 现场交接试验

交接试验是设备运至运行现场后的检测，检验项目见表 9，试验合格后，方可投入运行。开关柜安装完毕后应进行现场交接试验，试验应符合 DL/T 404 和 GB 50150 的要求。断路器脱扣器动作特性满足 DL/T 593 的要求。

7.5 抽检试验

对招标采购中标后的每批充气式开关柜产品依据相关标准进行随机抽样检验，每批的到货抽检比例建议为招标总数的 2%~5%。

抽检可在制造厂内随机选取通过出厂试验的产品或在到货现场随机选取产品进行封样。抽检试验可按照标准中出厂试验或型式试验的要求进行。

8 包装、运输及贮存

8.1 标识

8.1.1 铭牌

铭牌材质为亚光不锈钢，铭牌尺寸为 125mm×80mm，安装孔为 $\Phi 3.2$ mm，安装在柜体前中门观察窗上部，铭牌上边距离前中门上边沿为 120mm，如图 11 所示



图 11 铭牌示意图

开关柜除铭牌外，还须在柜体前中门内侧贴上开关柜内各一次元件的主要参数表。

8.1.2 设备识别代码

设备识别代码是每台设备独有的电子标签，应包含开关柜的铭牌信息、出厂试验数据、交接试验数据、例行试验数据等，并符合《电网一次设备电子标签技术规范》要求。

8.2 包装

开关柜包装箱外壁的文字与标志应耐受风吹日晒，不应因雨水冲刷而模糊不清，其内容应包括：

- a) 制造单位名称；
- b) 收货单位名称及地址；
- c) 产品名称及型号；
- d) 毛重和开关柜总质量；
- e) 包装箱外形尺寸；
- f) 包装箱贮存指示标志（含“向上”、“防湿”、“小心轻放”、“由此吊起”等标志）。

每台产品应随包装箱装设以下文件：

- a) 装箱单；
- b) 本体及主要元器件产品合格证；
- c) 本体及主要元器件出厂试验报告；
- d) 本体及主要元器件型式试验和特殊试验报告（含内部燃弧试验报告）；
- e) 主要材料检验报告（含金属材质检测、涂层厚度测量等）；
- f) 用于投切电容器的断路器应有大电流老炼试验报告；
- g) 安装和使用维护说明书；充气式开关柜的安装使用说明书中，应包括产品的布置和对基础的要求（其中包括动、静荷载），以便根据它完成现场安装的准备工作的。这些资料应说明：
 - 1) 组件的总质量；
 - 2) 气体绝缘介质的质量标准；
 - 3) 充气隔室充气方法的正确程序，隔室内气体质量鉴别方法和质量标准；
 - 4) 超过 100kg 的单独吊运件的最大质量。
- h) 各类图纸。

8.3 运输

在运输过程中，应防止开关柜及内部元器件因雨、雪或凝露等而吸潮损坏绝缘。充气式开关柜应在额定压力下运输，且不应出现压力下降。对于电压互感器直插式结构的充气式开关柜，不宜带电压互感器一起运输。

8.4 贮存

贮存期间，应采取相应措施防止受潮，并记录气体压力变化情况。

8.5 备品备件

每个工程根据规模配置相应的备品备件，包括辅助开关、按钮、继电器、分合闸线圈、TV 熔丝、断路器储能电机、三工位开关操作电机、绝缘气体等。

8.6 专用工具

每个工程根据规模配置相应的专用工具，包括专用工具箱、断路器操作手柄、三工位操作手柄、门锁钥匙、充气管、充气接头及各种试验接头等。

附录 A
(资料性)
西藏地区气候特点

西藏不同地区的气候特点见表 A.1。

表 A.1 西藏不同地区的气候特点

序号	地区	气候特点
1	西藏地区	面积 120 万平方千米，地处西南边陲，平均海拔 4000 米以上，大部分地区是海拔 5000 米以上的高原，5 座山峰海拔超过 8000 米，本区属于高原气候：日均最低气温 3℃，日均最高气温 17℃，平均阴天天数 167 天，平均晴天天数 97 天，平均雨天天数 94 天，平均雪天天数 7 天；最大风速可达 40 米/秒，风力大于八级的天数达 160 天；西藏年均气压在 65.25kPa 以下。
2	藏北	藏北高原海拔 4500-5000 米，辐射强，日照短，年均气温在 -0.9℃ 至 0.3℃，冰冻期长达半年，最高气温不超过 10℃，气温偏低，年温差大，只有冷季暖季之分，没有春夏秋冬差别可言，空气干燥，降雨量集中在 5-9 月，上述期间多夜雨、雷暴、冰雹，天气变化无常，11-3 月，是藏北的干旱刮风期。1 月平均气温在 -20℃ 到 -10℃ 之间，7 月在 10℃ 以下，年均降水量 200 毫米以下
3	藏西北	海拔 4507 米的那曲还出现过 -41.2℃ 的低温，藏西北平均海拔 5000 米以上
4	藏中	平均气温 -2℃，7 月 15℃，年均降水量 438 毫米。
5	藏东南	藏东南谷地海拔 1000 米以下，年平均气温 8℃，最低月均气温 -16℃，最高月均气温 16℃ 以上，较温湿。

附录 B
(资料性)
套管绝缘修正示例

例如常规的#2 套管的爬距在高海拔无法满足使用情况时，将#2 套管用#3 套管进行代替。对应的避雷器及电压互感器元器件插头进行重新适配设计。(如图 B.1 所示，提高套管内锥的沿面绝缘距离，由原来的#2 套管沿面绝缘距离 70mm，提高到#3 套管沿面绝缘距离 102mm)。

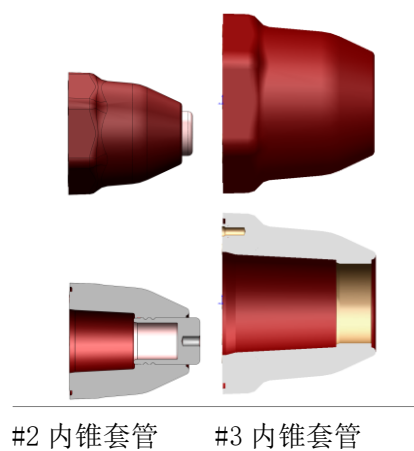


图 B.1 套管沿面绝缘距离修正

附 录 C
(资料性)
充气式开关柜温升过程

充气式开关柜相较于空气绝缘开关柜，其高压一次导体密封于气室内，由于气室绝对密封，与外界环境没有对流换热，开关柜内部气体需要先将热量传递至气室，再通过气室外表面与外界进行热量交换。此过程极大降低了对流散热的效率，是导致内部温升过高的一个重要因素。因此大电流开关设备容易产生过热状况，尤其是气室内部的隔离开关、固封极柱及接触部位容易过热。且 B 相处在 A、C 相之间，散热条件更差，通常 B 相的温升要比 A、C 相高出 3 K~5 K。

此外，如果开关柜内部的气体为环保型气体，如 N_2 ，可能会出现散热更为困难的情况。在充气式开关柜中，气体的散热方式主要为对流散热，为传导散热和对流散热的耦合。由于 N_2 的分子量比 SF_6 小，即在同温条件下， N_2 分子运动速度比 SF_6 快得多，所以 N_2 气体的导热系数比 SF_6 小。与 N_2 相比， SF_6 的密度和比热容较大，同分子携带热量多。因此同温同压下， SF_6 气体的对流换热系数比 N_2 更高。当绝缘介质为干燥 N_2 时，其散热效果较差。因此采用干燥 N_2 的环保型充气式开关柜对温升的要求更为严苛。
