

ICS 29.240.1

K 60/69

团体标准

T/GSEE 0007-2023

SF₆ 气体全绝缘环网开关柜自动化成套 设备技术条件及检测技术规范

SF₆ gas fully insulated ring network switchgear automation complete
equipment technical conditions and testing technical specifications

2023-04-21 发布

2023-04-21 实施

广东省电机工程学会 发布

目 次

前 言	II
1 范 围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 使用条件	3
5 额定值	4
6 技术要求	5
7 试验要求及方法	12
8 试验分类	16
9 包装、运输、安装、存储及维护要求	17

前 言

本规范按照 GB/T 1.1 给出的规则起草。

本规范的某些内容可能涉及专利。本规范的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由广东电网责任有限公司广州供电局提出并解释。

本标准由广东省电机工程学会归口。

本标准起草单位：广东电网有限责任公司广州供电局、广州南方电力集团电气技术有限公司、苏州科陆东自电气有限公司、珠海许继电气有限公司、北京双杰电气股份有限公司、广东白云电器设备股份有限公司、北京科锐配电自动化股份有限公司、广东正超电气有限公司、珠海万力达电气自动化有限公司、陕西公众智能科技有限公司、四川瑞霆智汇科技有限公司、南京电研电力自动化股份有限公司、江苏亚开电气有限公司、江苏宏达电气有限公司、广州羊城电气设备有限公司。

本标准起草人：张子翀、张小华、李徽胜、曾松涛、王毅、冯庆燎、李跃、谢桂和、罗惠雄、朱灿明、周智鹏、彭圣尧、李跃、刘佳、党卫军、彭和平、童锐、吴任博、钟锦汉、杨冉、詹植振、周斌、秦向阳、孙龙、许中、汤海峰、徐杰、高明、王战敏、吴启泳、林蔚、巫耀光、隋宏、钏星、齐强、梁红军、刘明昊、黄新宇、吴金龙、张显聪。

本标准首次发布。

SF₆气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备

技术条件及检测技术规范

1 范围

本标准规范了 SF₆气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备的定义、使用条件、技术要求、性能、试验种类及项目、试验方法、包装运输、安装、储存及维护要求。

本标准适用于 SF₆气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备、SF₆气体全绝缘环网开关箱的设计与选型。

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。凡是注日期的引用文件，仅在注日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB 20840.1	互感器 第1部分：通用技术要求
GB 20840.2	互感器 第2部分：电流互感器的补充技术要求
GB 20840.3	互感器 第3部分：电磁式电压互感器的补充技术要求
GB 50150	电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
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 1984	高压交流断路器
GB/T 2423.1	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
GB/T 2423.2	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.3	环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.10	环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦)
GB/T 3804	3.6 kV~40.5 kV高压交流负荷开关
GB/T 3906	3.6kV~40.5kV交流金属封闭开关设备和控制设备
GB/T 4208	外壳防护等级（IP代码）
GB/T 7261	继电保护和安全自动装置基本试验方法
GB/T 7354	高电压试验技术 局部放电测量
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 13729	远动终端设备
GB/T 14598.24 (COMTRADE)通用格式	量度继电器和保护装置 第24部分：电力系统暂态数据交换
GB/T 14598.26	量度继电器和保护装置 第26部分：电磁兼容要求
GB/T 16435.1	远动设备及系统接口（电气特性）
GB/T 16926	高压交流负荷开关 熔断器组合电器
GB/T 16927.1	高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
GB/T 17626.1	电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论
GB/T 17626.2	电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3	电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4	电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5	电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T 17626.6	电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

- GB/T 17626.7 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、间谐波的测量和测量仪器导则
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验测量和测量仪器导则
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验
- GB/T 17626.13 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验
- GB/T 17626.14 电磁兼容 试验和测量技术 电压波动抗扰度试验
- GB/T 17626.17 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
- GB/T 17626.27 电磁兼容 试验和测量技术 三相电压不平衡抗扰度试验
- GB/T 17626.28 电磁兼容 试验和测量技术 工频频率变化抗扰度试验
- GB/T 17626.29 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
- GB/T 19582.1 基于Modbus协议的工业自动化网络规范. 第1部分: Modbus应用协议
- GB/T 19582.2 基于Modbus协议的工业自动化网络规范. 第2部分: Modbus协议在串行链路上的实现指南
- GB/T 20840.7 互感器 第7部分: 电子式电压互感器
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- NB/T 42086 无线测温装置技术要求
- DL/T 403 高压交流真空断路器
- DL/T 404 3.6kV~40.5kV交流金属封闭开关设备和控制设备
- DL/T 593 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- DL/T 634.5101 远动设备及系统 第5-101部分: 传输规约基本远动任务配套标准
- DL/T 634.5104 远动设备及系统 第5-104部分: 传输规约 采用标准传输协议集的 IEC60870-5-101网络访问
- DL/T 721 配电自动化远方终端
- DL/T 860 电力自动化通信网络和系统
- DL/T 1529 配电自动化终端设备检测规程
- DL/T 1910 配电网分布式馈线自动化技术规范
- DL/T 2057 配电网分布式馈线自动化试验技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

SF₆气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备 (SF₆ gas fully insulated ring network switchgear complete set of automation equipment)

指将配电自动化终端、各种传感器、采集终端、互感器等关键元件与 SF₆ 气体全绝缘环网开关柜进行一体化设计, 实现数据的自动采集、故障的就地隔离与自愈、SF₆ 气体全绝缘环网开关柜在线监测等功能的 SF₆ 气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备。

3.2

SF₆气体全绝缘环网开关箱 (SF₆ gas fully insulated ring network switch box)

指将 SF₆ 气体全绝缘环网开关柜、通信单元、后备电源、预制式电缆、互感器等关键部件进行一体化设计，实现数据的自动采集、故障的就地隔离与自愈、SF₆ 气体全绝缘环网开关柜在线监测等功能的 SF₆ 气体全绝缘环网开关箱。

3.3

成套化试验 (formation test)

指将 SF₆ 气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备作为整体，验证其功能、性能的试验。

3.4

整组固有动作时间 (whole operation time)

从线路上发生故障到最终 SF₆ 气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备切除线路故障的时间。

3.5

雷电冲击抗扰度试验 (lightning impulse voltage immunity test)

指对 SF₆ 气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备整机施加雷电冲击电压，验证配电自动化终端、传感器及各类采集终端在经受该过程中的电磁干扰时，是否能正常工作。

4 使用条件

4.1 正常使用条件

4.1.1 户内设备

按照 DL/T 593 的相关规定执行，并作如下补充。

SF₆ 气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备使用条件：

- a) 环境温度范围：-25℃~+55℃；
- b) 环境相对湿度（在 25℃时）：
 - 日平均值：≤95%
 - 月平均值：≤90%
- c) 污秽等级：不低于 c 级（户内）
- d) 地震烈度：VIII 度
- e) 安装地点：户内

4.1.2 户外设备

按照 DL/T 593 的相关规定执行，并作如下补充。

SF₆ 气体全绝缘环网开关箱使用条件：

- a) 环境温度范围：-25℃~+55℃；
- b) 环境相对湿度（在 25℃时）：
 - 日平均值：≤95%
 - 月平均值：≤90%
- c) 污秽等级：不低于 e 级
- d) 地震烈度：VIII 度
- e) 安装地点：户外

4.2 特殊使用条件

按照 DL/T 593 的相关规定执行，并作如下补充。

4.2.1 对周围环境空气温度高于 40℃ 处的设备，其外绝缘在干燥状态下的试验电压应取本标准的额定耐受电压值乘以温度校正因数 K_t

$$K_t = 1 + 0.0033(T - 40)$$

式中： T ——环境空气温度，（单位：℃）

4.2.2 对用于海拔高于1000m，但不超过4000m处的设备的外绝缘，海拔每升高100m，绝缘强度约降低1%，在海拔不高于1000m的地点试验时，其试验电压应按本标准规定的额定耐受电压乘以海拔校正因数 K_a 。

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

式中： H ——设备安装地点的海拔高度，（单位：m）。

m 为简单起见，取下述确定值：

对于工频、雷电冲击和相间操作冲击电压， $m=1$ ；

对于纵绝缘操作冲击电压， $m=0.9$ ；

对于相对地操作冲击电压， $m=0.75$ 。

如用户有特殊要求，应由SF₆气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备制造商与用户另行商定。

5 额定值

5.1 额定电压

额定电压等于开关设备和控制设备所在系统的最高电压

额定电压标准值如下： U_r ，12kV。

5.2 额定电流

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的有效值。

额定电流应从GB/T 762中规定的R10系列中选取。

5.3 额定短时耐受电流、额定峰值耐受电流、额定短路持续时间

满足DL/T 593、DL/T 404相关规定，并作如下补充：

a) 额定短时耐受电流：20kA、25kA；

b) 额定峰值耐受电流：50kA、63kA；

c) 额定短路持续时间：（20kA/）3s、（25kA/）2s。

5.4 其他额定值

额定绝缘水平、额定频率、合闸和分闸装置及其辅助回路的额定电源频率、可控压力系统压缩气源的额定压力、绝缘和/或开合用的介质的额定充入水平满足DL/T 593、DL/T 404相关规定。

5.5 互感器额定值

除满足GB/T 20840系列标准的相关要求外，还应满足如下要求：

5.5.1 电压互感器

a) 环网箱电磁式电压互感器组合模式

1) 供电电压额定值10kV/0.22kV，额定负荷3×300VA，准确级3级。

2) 相电压额定值10kV/√3/0.1kV/√3，额定负荷10VA，在测量绕组长期输出3×40VA时，测量准确度满足0.5级精度要求。

3) 零序电压额定值10kV/√3/0.1kV/3，额定负荷10VA，准确级3P级。

b) 环网箱电子式电压互感器组合模式

1) 供电电压、相电压、零序电压额定值参照环网箱电磁式组合模式中额定值。

5.5.2 电流互感器

a) 环网箱电磁式电流互感器组合模式

1) 相电流额定值600/1（额定输出容量1VA）或600/5（额定输出容量2.5VA），准确级0.5, 保护准确级10P20。

2) 零序电流额定值100/5或20/1，误差限值如表5-1 和表5-2 所示，保护准确级10P5, 额定负荷1VA。

表5-1 额定变比100/5 零序电流互感器的误差限值

额定电流百分比 (%)	1	20	100	额定准确限值一次电流下的复合误差
比差值 (±%)	3	3	3	10

表2 额定变比 20/1 零序电流互感器的误差限值

额定电流百分比 (%)	2	20	100	额定准确限值一次电流下的复合误差
比差值 (±%)	3	3	3	10

b) 环网箱电子式电流互感器组合模式

1) 相电流额定值 600A/1V，准确级 0.5 级，保护准确级 10P20，额定负荷 $\geq 20k\Omega$ 。

表5-3 额定变比20A/0.2V 零序电流互感器的误差限值

额定电流百分比 (%)	5	20	100	额定准确限值一次电流下的复合误差
比差值 (±%)	3	3	3	10

2) 零序电流额定值 20A/0.2V，误差限值如表 5-3 所示，保护准确级 10P5，额定负荷 $\geq 20k\Omega$ 。

6 技术要求

6.1 一般要求

SF₆气体全绝缘环网开关柜配电自动化成套设备应具备下列基本要求：

- a) SF₆气体全绝缘环网开关柜辅助和控制设备应满足DL/T 593的5.4要求。
- b) 控制设备及连接电缆应进行电气参数及接口结构的标准化设计，应能实现互换，宜满足带电更换。
- c) 各部件连接应满足以下要求：
 - 1) 阻抗匹配以交流阻抗为标准。
 - 2) 各部分组件间连接结构一致，插拔方便且具备锁紧、防脱、防误插、电流防开路功能。

6.1.1 正常操作要求

- a) 适用主回路正常运行，二次设备（包括主站通讯中断、配电自动化终端装置异常、传感器异常等）异常情况下不可影响主回路正常运行；
- b) 适用运维人员能够方便、直观检查各型设备工况；
- c) 适用主回路带电状态下，二次设备（包括后备电源系统、配电自动化终端、传感器控制器等）可维护；
- d) 适用不带电状态所有设备维护；
- e) 适用主回路带电或不带电状态的确定，包括相序检查、开关状态检查；
- f) 适用一二次连接电缆或其他器件的电压试验以及消除危险的静电电荷。
- g) 适用主回路带电环网柜开关操作就地及远方操作时，机械、电气、软件三重防误闭锁，确保人身安全。

6.1.2 并柜接口要求

开关柜高度、深度应保持一致，主母线采用双向左右侧面扩展，扩展口相间距中心距离及对地水平距离应保持一致，并接母线的结构设计、外形尺寸连接方式应保持一致，扩展母线采用球形设计。

6.1.3 互换性要求

类型、额定值和结构相同的所有元件在机械上和电气上应有互换性。当这些元件在机械上允许互换时，可以安装相同或较大的电流额定值和绝缘水平的元件，以代替相同或者小的电流额定值和绝缘水平的元件。

6.1.4 配电自动化终端

应满足GB/T 13729、DL/T 721、DL/T 1910的相关要求。安装在配电网的各类远方监测、控制单元，完成数据采集、控制、通信等功能。

6.1.5 局部放电在线监测

开关柜宜配置局部放电在线监测技术（如超声波、暂态地电压等局部放电综合监测技术），局部放电监测装置应采用模块化设计，传感器应内置于高压电缆室内，提高测量精度和抗干扰能力，采用内置于高压电缆室内的传感器，应能实现带电更换。局部放电装置应具备以太网接口、RS485接口等通信接口，以太网接口具备内置web浏览器查看实时数据、PRPD图谱、PRPS图谱、历史趋势图等功能。

6.1.6 温度在线监测

开关柜宜配置无线测温技术。无线测温技术应采用低功耗、模块化设计。传感器采用无源型，其与采集终端之间采用无线通信方式。无线测温装置应具备RS485、以太网等通信接口。

6.2 外观与结构

6.2.1 自动化成套设备外壳与结构

a) 开关柜

除满足GB/T 3906、GB/T 11022、DL/T 593等相关要求外，还应满足如下要求：

1) 成套设备配电自动化（DTU）采用军品级航空接插件连接或采用背板总线方式，方便装置或插件更换。二次端子排应采用阻燃V0级可通断端子，连接导线和端子必须采用铜质零件。

2) 成套设备配电自动化终端采用金属外壳，材料标称厚度1.5mm，板材厚度尺寸精

度符合 GB/T 708 中 PT.B 的要求；表面作喷涂或氧化处理，颜色与环网柜本体协调。保护控制单元所有紧固件均应选用不锈钢材质。保护控制单元应设置专用接地引线安装螺栓及接地标志。

3) 成套自动化设备应由能够承受在规定的使用条件下产生的机械应力、电气应力、热应力和环境压力的材料构成；

4) 各部件组件间连接结构一致，插拔方便且具备锁紧、防脱、防误插功能，接口结构宜采用可拓展设计，满足后期功能扩展要求。

5) 成套自动化所有设备（包括配电自动化（DTU）、继电器、控制开关、控制回路的开关及其他独立设备）都应有标签框，以便清楚地识别。外壳可移动的设备，在设备的本体上也应有同样的识别标记。

b) 户外开关箱

1) 户外开关箱的设计应使得正常运行、检查和维护操作、各回路是否带电状态的确定，包括通常的相序检查、连接电缆接地、电缆故障的定位、连接电缆或其他器件电压试验以及消除危险的静电电荷均能安全地进行。

2) 外壳材料为标称厚度 2mm 的 304 不锈钢或标称厚度 4mm 的 SMC（增强纤维不饱和聚酯型材料）制造而成，板材厚度尺寸精度符合 GB/T 708 中 PT.B 的要求；外壳应有足够的机械强度，在起吊、运输和安装时不应变形或损伤。

3) 箱体外壳应有喷涂防护层，防护层为静电喷涂而成，涂层部分不应小于 $150\ \mu\text{m}$ 并应均匀一致。表面覆盖涂层应有牢固的附着力。箱壳至少 15 年不褪色、不生锈，箱壳表面应有明显的反光警示标志。

4) 户外开关箱的接地系统应符合 GB/T 50065《交流电气装置的接地设计规范》的要求，外壳、开关设备外壳等可能触及的金属部件均应可靠接地，开关柜整个长度延伸方向应有专用接地汇流母线，配置于电缆室底部。母线采用铜质，接地导体和接地连接应能承受接地回路的额定短时和峰值耐受电流。规定或需要触及的各回路中所有部件均应能事先接地。户外开关箱的箱体应设专用接地导体，该接地导体上应设有与接地网相连的固定连接端子，其数量不少于两个，并应有明显的接地标志。

6.2.2 防护等级

除满足 GB/T 4208、DL/T 593 的相关要求外，户外开关箱外箱体防护等级不低于 IP43，开关柜体外壳防护等级不低于 IP4X，开关柜内隔室防护等级不低于 IP2X，开关柜气箱防护等级不低于 IP67，开关柜内航空接插件防护等级不低于 IP64，配电自动化终端防护等级不低于 IP54，辅助与控制设备的外壳防护等级不低于 IP30。

6.2.3 辅助与控制部分

SF_6 气体全绝缘环网开关柜设备的辅助与控制部分应满足 GB/T 11022、GB/T 16435.1、DL/T 593 的相关要求外，还应满足如下要求：

a) 控制回路宜采用模块化设计、各模块之间宜采用密封连接器连接，连接器防护等级不得低于 GB/T 4208 的规定的 IP64 等级；

b) 电磁式电流互感器相关连接器具备机械式 CT 端子自短路功能，适应电磁式电流互感器防开路需求。

c) 控制设备具有故障动作出口和控制出口，宜具备就地维护时就地切除故障能力，具备硬压板；

d) 具备控制回路告警判断功能，在开关分/合闸操作回路异常断开、低气压报警出现时经延时确认后告警；

e) 控制设备控制回路接点输出容量（纯阻性负载）宜不得低于 DL/T 721 的规定；

6.2.4 其他要求

对开关设备和控制设备中气体的要求、开关设备和控制设备的接地、动力操作、储能操作、不依赖人力或动力的操作、脱扣器的操作、低压力和高压力闭锁以及监测装置、铭牌、联锁装置、位置指示、爬电距离、气体和真空的密封、液体的密封、火灾危险、电磁兼容性、X 射线发射、腐蚀等应满足 DL/T 593 的相关要求。

6.3 配置要求

6.3.1 开关柜本体

a) 开关柜气箱宜采用 304 不锈钢材料，标称厚度不少于 2.5mm，柜体及底板采用覆铝锌板或镀锌钢板材料，标称厚度不少于 2mm；板材厚度尺寸精度符合 GB/T 708 中 PT.B 的要求。

b) 开关柜应配置带电显示器，应能满足验电、核相的要求。

c) 开关柜的操作机构采用弹簧或三相直动式永磁操作机构。

d) 开关柜须安装相电流互感器、零序电流互感器，相电流互感器宜采用套管式安装，零序电流互感器宜采用穿心式或开口式安装。

e) 开关柜配置泄压通道并应设置明显的警示标志。

f) 开关柜单元前门应标有清晰明显的主接线示意图，表面应注明操作程序和注意事项。

g) 开关柜相序按面对环网柜正面从左至右排列为 A、B、C，从上到下排列为 A、B、C，从后到前排列为 A、B、C。

h) 开关柜电缆室的空间和安装位置应便于安装、试验和维修。

i) 开关柜电缆室、控制仪表室和自动化单元室宜设置照明设备。

j) 开关柜柜内进出线处应设置电缆固定支架和抱箍。

k) 开关柜配置断路器时，隔离开关和接地刀闸采用三工位开关，须位于断路器的下方，确保断路器柜内的电缆可经接地刀闸直接接地。

l) 开关柜所有铭牌应采用金属材质，采用螺丝或铆钉固定，内容应满足 DL/T 593 条款 5.10 的相关规定。

6.3.2 配电自动化终端

a) 配电自动化终端由一个综合测控通信单元和多个独立的保护测控单元（一个保护测控单元对应一个间隔）构成。其中综合测控通信单元安装于进线 PT 柜内或母线 PT 柜内，保护测控单元安装于其对应间隔的环网柜二次室内，综合测控通信单元与保护测控单元之间通过网线相联。

b) 具备控制逻辑功能（如过流保护型、集中型、就地型、分布式馈线自动化）和公共逻辑功能（如小电流接地、自动解列、同期合闸、不停电传动），控制逻辑和公共逻辑功能应满足 DL/T 860 对配电自动化扩展的相关应用；

c) 控制逻辑功能有且仅有一种控制逻辑功能投入，公共逻辑功能可与控制逻辑功能同时投入；

d) 具有自动化硬压板实现配电自动化投退，可软压板投切各种配电自动化功能；

6.4 功能与性能要求

6.4.1 功能要求

6.4.1.1 基本功能要求

开关控制设备功能应满足 GB/T 11022、GB/T 13729、DL/T 593、DL/T 721 的相关规定外，还应满足如下要求；

- a) 具有遥信、遥测、遥控、遥调四遥功能，其中遥调功能可实现接收并执行配电自动化主站遥调命令。具备遥调异常自诊断功能，防误校正功能；
- b) 具备电能计量功能，包括正向、反向有功电能量，正向、反向无功电能量计量；
- c) 应具备遥信防误报功能，避免控制设备初始化、运行中、断电等情况下产生误报遥信；
- d) 配合负荷开关使用时，具备非遮断电流闭锁功能；
- e) 遥信输入回路可靠隔离，并具有软硬件滤波措施，防止输入接点抖动或强电磁场干扰误动。
- f) 遥测采集死区与上送死区应独立，每个遥测上送死区可独立设置。
- g) 能根据功率正负反映潮流的方向。

6.4.1.2 故障判断功能

- a) 具备相间短路故障和小电阻接地系统单相接地故障的检测与保护功能，满足相间短路三段式保护功能，三段定值和时间都应可设；满足零序两段式保护功能，两段定值和时间都应可设；
- b) 具备小电流接地系统单相接地故障就地判别和隔离功能，同时具备接地故障告警和就地切除功能；
- c) 具备三相二次重合闸功能；
- d) 具备大电流闭锁重合闸功能；
- e) 具备励磁涌流防误动作功能；
- f) 具备故障录波功能，录波文件格式符合 GB/T 14598.24 的相关要求；
- g) 具备故障指示手动复归、自动复归和主站远程复归功能。

6.4.1.3 接地故障处理功能

- a) 具备不同中性点接地方式下（中性点不接地系统、经消弧线圈接地系统、经低电阻接地系统）接地故障检测、判断与录波功能，并支持上送接地故障事件；支持录波数据循环存储并上传至主站；
- b) 具备故障就地动作功能。采用断路器时，可直接切除相间短路故障和不同中性点接地方式下接地故障；

6.4.1.4 短路故障处理功能

- a) 应能检测瞬时性和永久性短路故障，具备相间短路故障就地隔离功能；
- b) 应能检测中性点不接地系统、经消弧线圈接地系统、经低电阻接地系统中的异相接地故障，即接地故障同时出现在不同的相、经过大地形成回路的短路故障；
- c) 应能检测中性点直接接地系统中的单相接地形成的短路故障。
- d) 具备录波功能，并支持上送相间短路故障事件；支持录波数据循环存储并上传至主站；

6.4.1.5 通信功能

- a) 具备与主站通信功能，支持光纤、载波、无线等通信方式与主站和子站进行通信，实现故障信息上报和线路设备信息的实时上送。
- b) 支持配电自动化 DL/T 634.5101-2002 和 DL/T 634.5104-2009 规约实施细则。宜支持采用 IEC 61850 MMS 通信协议，满足 DL/T 860 系列规范实施细则。宜支持 Modbus 通信协议，满足 GB/T 19582.1-2008、GB/T 19582.2-2008 规范实施细则。
- c) 支持通过硬连线或通信方式采集站端各类运行数据，同时具备新数据采集的扩展能力。

- d) 支持站端数据的统一远方交换功能，支持站端各专业完整数据的上传。
- e) 支持数据上送无线通信模块，可采用配电终端加密或无线模块加密方式。

6.4.1.6 对时功能

- a) 具备主站时钟校时功能，支持北斗和 GPS 对时功能；
- b) GPS/北斗对时误差、守时误差、定位误差应满足 DL/T 721 的相关规定；

6.4.1.7 自动化成套设备还需具备以下功能要求：

- a) 具备软件和硬件残压检测功能；
- b) 具备开关拒动功能要求，控制器在逻辑保护功能发出控制命令后，若开关位置信号未发生变化或未达到无流条件（控制分闸），控制器应产生开关拒动信号。
- c) 若要求具备电动隔离刀闸、电动接地刀闸远方遥控控制功能要求时，自动化成套装置应具备电动隔离刀闸、电动接地刀闸远方遥控，且当隔离刀闸或接地刀闸开关位置信号未发生变化或未达到执行条件（控制合闸及分闸），控制器应产生开关防误动作信号。
- d) 采用 SF₆ 作为绝缘或灭弧介质时，应提供 SF₆ 告警信号并上传；
- e) 具有电源失电或通信中断后数据自动保存，断电瞬间不应出现测量错误，电源或通信恢复时，应自动恢复断电前的工作状态。

6.4.2 性能要求

6.4.2.1 成套设备互感器准确度

- a) 电磁式电压互感器测量准确度等级为 0.5 级，保护准确度等级为 3P；
- b) 电磁式电流互感器测量准确度等级为 0.5 级，保护准确度等级为 10P20；
- c) 电子式电压互感器准确度等级为 0.5 级，保护准确度等级为 3P；

6.4.2.2 成套设备故障处理性能

- a) 采用弹簧操作结构，整组固有动作时间应不大于 100ms；
- b) 采用永磁操作机构，整组固有动作时间应不大于 70ms。

6.4.2.3 成套设备准确度

成套设备准确度以成套环网柜整机被测量相对误差测试结果为准参照表 6-1 给定的数值。被测量的交流工频参比条件应满足 DL/T 721 的相关要求。

表 6-1 参比条件下的误差限值

项目	被测量区间	误差限值	备注
相序电压	$0.05U_n \leq U_x \leq U_{max}$	±1%	
零序电压	$0.05U_r \leq U_0 \leq U_{max}$	±3%	
相序电流	$0.01I_n \leq I_x < 0.05I_n$	±2%	
	$0.05I_n \leq I_x \leq 1.2I_n$	±1%	
	$1.2I_n < I_x \leq I_{max}$	±1%	
零序电流	$0.05I_n \leq I_0 \leq 1.2I_n$	±1%	

项目	被测量区间	误差限值	备注
	$1.2I_n < I_x \leq I_{max}$	$\pm 3\%$ $\pm 5\%$	
有功功率	$U_x = U_n, 0.05I_n \leq I_x \leq 1.2I_n$	$\pm 1\%$	
无功功率	$U_x = U_n, 0.05I_n \leq I_x \leq 1.2I_n$	$\pm 1\%$	

进行影响量试验时，误差变化不应超过 DL/T 721 的相关要求。

6.4.2.3 局部放电量要求

a) 成套设备局部放电量应满足 GB/T 7354 的相关规定，加装传感器后成套设备局部放电量应满足在 $1.1U_r$ (13.2 kV) 电压下，断路器/负荷开关单元的最大允许局部放电量不大于 20 pC，PT 单元的最大允许局部放电量不大于 80 pC。

b) 暂态地电压传感器测量范围：0dBmV~60dBmV，测量频带：3MHz~100MHz。

c) 超声波传感器测量范围：0dB μ V~60dB μ V，中心频率为 (40+1) kHz，线性度误差 <20%。

d) 局部放电采集终端采集时间间隔可设置，最小采样间隔不大于 5 分钟。

e) 开关柜局放软件宜实时显示局部放电幅值、频次、峰值、均值、噪声水平以及脉冲周期数数据，具备 PRPD 图谱、PRPS 图谱、历史趋势图等功能。

6.4.2.4 温度在线监测性能要求

温度在线监测采集器性能要求除应满足 NB/T 42086 的相关规定外，还应满足以下要求：

a) 温度在线监测系统应能实时反应成套设备温度变化情况，并具备温度异常告警功能。

b) 温度在线监测系统应具备设备自检功能，包括传感器自检、通讯自检等。

c) 温度在线监测系统应具备数据保存、数据输出、数据显示功能。

d) 测量精度： $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 范围绝对误差不小于 1°C ；无线测温终端，稳定运行 1~2h，绝对误差不大于 2°C 。

6.4.2.5 成套高低温性能要求

应满足 GB/T 3906、DL/T 404、DL/T 721 的相关规定，在恶劣高、低温环境下运行，成套设备基本功能、遥信及遥控功能正常；成套设备准确度误差不超限；开关设备、互感器、配电终端应完好，无明显裂痕。

6.5 供电电源

SF₆ 气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备供电电源应满足 DL/T 721 中 4.2.1 的要求。

6.5.1 供电电源采用交流 220V 供电或电压互感器供电方式时，应由电源模块提供环网箱工作电源。

6.5.2 电源模块与综合测控装置放置同一空间间隔内。

6.5.3 电源模块应至少支持供电电源和后备电源作为输入电源；当主供电电源供电不足或消失时，电源模块应能给出告警信号并自动无缝切换到后备电源供电；

6.5.4 电源模块功率不小于 500W，额定输入电压交流为 AC220V，直流为 DC48V，配套 5 个装置电源、1 个通讯电源、1 个操作电源等单独输出端子，并相应配套单独空开。

6.5.5 电源模块应至少具备两路输出电源，其中一路为 48V 直流输出，提供控制设备工作电源，提供通信设备工作电源。另一路为操作电源，可根据操作机构类型选择输出电压等级，为开关提供操作和储能电源。输出电源技术参数指标应遵循 DL/T 721-2013 中 4.2.3 的规定。

6.5.6 电源模块具备宽频输入范围，可根据现场实际需求适应 $\pm 50\%$ 的输入电压范围。

6.5.7 电源模块具有过压、过流保护和自启动功能，交流输入有状态指示灯。

6.5.8 电源模块应能实现对供电电源的状态进行监视和管理，具备低压告警、内阻异常告警、欠压切除、过放、防反接等保护功能，能够监测电池的电压、电流、内阻、温度、电量等，并能将电源供电状况以遥信方式或数据通信形式上传到主站系统。

6.5.9 具有智能电源管理功能，应具备电池活化管理功能，能够自动、就地手动、远方遥控实现对蓄电池的充放电，且充放电间隔时间可进行设置。

6.5.10 供电电源和后备电源独立供电时，应同时满足控制和辅助设备、通信设备正常运行及对开关的正常操作；

6.5.11 电源模块输入电源之间、输出电源之间、输入电源和输出电源之间，绝缘性能应满足 DL/T 721-2013 中 4.6 的要求；

6.5.12 配套无线公网/专网通信设备时，工作电源通信设备稳态负载能力宜不小于 6W，暂态负载能力宜不小于 10W，持续时间 $\geq 50\text{ms}$ ；

6.5.13 配套 xPON 或者其他通信设备时，工作电源通信设备稳态负载能力宜不小于 15W，暂态负载能力宜不小于 20W，持续时间 $\geq 50\text{ms}$ ；

6.5.14 蓄电池组采用铅酸蓄电池或锂电池。蓄电池组容量不小于 38Ah，输出电源 DC48V 与电源模块直流进线电源额定电压一致。

7 试验要求及方法

7.1 结构与配置检查

结构与配置检查符合 6.2 与 6.3 条的规定。

7.2 外观检查

外观检查的要求符合 6.2 条的规定。

外观检查方法：通过目测、卷尺、游标卡尺、色卡等工具按照要求进行检查。

7.3 绝缘电阻试验

绝缘电阻试验参照 GB 50150 中的规定。

7.4 工频电压试验

表 7-1 工频电压试验要求

序号	名称		单位	技术要求		
				断路器单元	负荷开关单元	熔断器组合电器单元
1	1min 工频耐受 电压 (有效值)	隔离断口	kV	48	48	48
2		开关断口	kV	42	42 ^注	42 ^注
3		相间、相对地	kV	42	42	42

注：当负荷开关单元、熔断器组合电器单元的开关断口与隔离断口为同一断口时，开关断口耐压值应按照隔离断口耐压值。

工频电压试验测试方法参照 GB/T 11022 中的规定。

7.5 局部放电试验

成套设备局部放电试验要求：断路器/负荷开关单元局部放电量应 $\leq 20\text{pC}$ ；PT 单元局部放电量应 $\leq 80\text{pC}$ 。

成套设备局部放电试验方法参照 GB/T 7354 中的规定。

7.6 雷电冲击试验

表 7-2 雷电冲击试验要求

序号	名称		单位	技术要求		
				断路器单元	负荷开关单元	熔断器组合电器单元
1	雷电冲击耐受 电压 (峰值)	隔离断口	kV	85	85	85
2		开关断口	kV	75	75 ^注	75 ^注
3		相间、相对地	kV	75	75	75

注：当负荷开关单元、熔断器组合电器单元的开关断口与隔离断口为同一断口时，开关断口耐压值应按照隔离断口耐压值。

雷电冲击试验测试方法参照 GB/T 11022 中的规定。

7.7 雷电冲击抗扰度试验

雷电冲击抗干扰试验使用 GB/T 16927.1 规定的标准雷电冲击电压波形，空载时实际试验波形与标准波形的偏差应符合 GB/T 16927.1 的要求。

试验程序：

a) 试验时试品置于工作状态，投入后备电源，在开关分位和合位两个状态下，按照 GB/T 16927.1 的雷电冲击试验方法对试品三相进线端子施加标准雷电冲击电压波形，每相正负极性各 5 次；

b) 试验后试品能正常执行分闸或合闸指令（若是弹簧操作机构一并完成储能操作）并正确上报分合闸及储能遥信量，进行重复 5 次遥控、遥信试验，要求遥控成功率 100%，遥信量正确上报率 100%；

c) 试验过程中不允许有明显放电现象，试品保护应无动作，遥信应无变位；

d) 试验过程中不能出现关机、死机、复位现象。

7.8 互感器准确度试验

7.8.1 电流互感器准确度

电流互感器准确度试验要求符合 5.5 条规定。

电流互感器准确度试验按照 GB/T 20840.2 和 GB/T 20840.8 规定的方法进行。

7.8.2 电压互感器准确度

电压互感器准确度试验要求符合 5.5 条规定。

电压互感器准确度试验按照 GB/T 20840.3 和 GB/T 20840.7 规定的方法进行。

7.8.3 三相负荷对零序电流测量准确度影响量试验

按照 GB/T 20840.2 和 GB/T 20840.8 规定的准确度试验方法，采用图 1 的接线方式，分别施加 1% I_n 、5% I_n 、20% I_n 、100% I_n 和 120% I_n 的负荷电流，检测零序电流互感器的输出值，其测量值折算到一次侧应小于 1A。

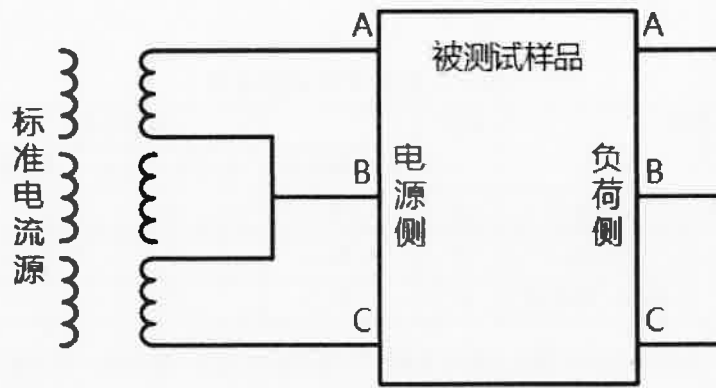


图 7-1 三相负荷对零序电流测量准确度影响量试验接线示意图

试验标准电流源与环网开关柜电源侧 A 相及 C 相正常接线，环网开关柜负荷侧 A 相及 C 相与 B 相短接，电源侧 B 相分别与试验标准电流源 A 相及 C 相接线。

7.9 成套设备动作性能试验

7.9.1 测量精度

在开关一次侧施加额定电流，记录上传至模拟主站的电流，满足 1 级精度要求。

在二次侧施加额定电压、电流，所测的电压、电流满足 0.5 级精度要求，有功功率、无功功率满足 1 级精度要求，频率满足 0.5 级精度要求。

7.9.2 动作精度

终端投入相过流保护功能，保护动作电流整定为 I_n 和 $5I_n$ ，跳闸延时整定为 0s。在一次侧施加 $0.95 \times$ 动作电流的故障电流，持续时间 0.2s，开关应可靠不跳闸，施加 $1.05 \times$ 动作电流的故障电流 0.2s 时，开关应可靠跳闸。

终端投入零序过流保护功能，保护动作电流一次值整定为 50A，延时定值整定值为 0s。在一次侧施加 $0.95 \times$ 动作电流的故障电流，持续时间 0.2s，开关应可靠不跳闸，施加 $1.05 \times$ 动作电流的故障电流 0.2s 时，开关应可靠跳闸。

7.9.3 动作时间

保护动作电流 ($0 \sim 20I_n$ ，步长 0.01A) 和跳闸延时 ($0s \sim 99s$ ，步长 0.01s) 均可由用户平滑设定，保护可设置为“跳闸出口”或“告警发信”两种模式。在一次侧施加 $1.2 \times$ 动作电流的故障电流，连续 5 次测得的开关分闸时间误差小于整定值的 1% 或小于 100ms (弹簧机构) / 70ms (永磁机构)。

7.9.4 状态开关量变化试验

成套设备上改变任何具备遥信上报功能的旋钮、按钮、压板或开关状态时，模拟主站应观察到对应遥信位变化，遥信状态与成套设备实际状态一致。重复试验 10 次以上，遥信响应时间均应小于 1s。

7.9.5 遥控试验

远方/就地把手切换到远方时，通过模拟主站进行 10 次分合闸遥控操作，成套设备应正确动作。远方/就地把手切换到就地时，成套设备应不动作。

7.9.6 事件顺序记录试验

将脉冲信号模拟器的两路输出信号接至终端的任意两路遥信输入端，对两路脉冲信号设置一定的时间间隔，间隔时间不大于 10ms。启动脉冲模拟器工作，应能查出遥信名称、状态及动作时间。重复上述试验 10 次以上，SOE 分辨率应 $\leq 2ms$ 。

7.9.7 录波功能

(1) 录波功能启动条件包括过流故障、线路失压、零序电压、零序电流突变等，可远方及就地设定启动条件参数。支持录波数据循环存储至少 64 组，支持录波数据上传至主站。

(2) 录波应包括故障发生时刻前不少于 4 个周波和故障发生时刻后不少于 8 个周波的波形数据，录波点数为不少于 24 点/周波，录波数据应包含电压、电流、开关位置等；

(3) 录波采用文件传输方式，录波文件格式遵循 GB/T 14598.24-2017 量度继电器和保护装置 第 24 部分：电力系统暂态数据交换(COMTRADE)通用格式，只采用 CFG（配置文件，ASCII 文本）和 DAT（数据文件，二进制格式）两个文件。

7.9.8 指示灯复归试验

具有当地相应馈线故障指示灯和信号复归按钮，故障指示灯自动复归时间可设置，默认 8 小时自动复归。

7.10 成套设备保护逻辑功能试验

7.10.1 集中式 FA 功能试验

当馈线故障发生时可向配电自动化主站正确上送过流告警和零序告警信息，接收并执行配电自动化主站遥控命令。

7.10.2 常规保护功能试验

过流保护动作值整定为 5.0A（二次值）重合闸次数整定为 2 次；一次重合闸延时整定为 5s；二次重合闸延时整定为 60s；重合闸闭锁时间 3s；重合闸复归时间设为 120s。

装置在重合闸闭锁时间内检测到故障时，装置应能闭锁重合闸功能。装置在重合闸闭锁时间外检测到故障时，装置应能重合闸。装置在重合闸复归时间外检测到故障时，应能重新进行重合闸。

7.10.3 就地 FA 功能试验

兼容就地馈线自动化功能，功能包括分段及联络两种工作模式，这两种工作模式相互独立，通过软压板进行灵活投退。分段模式：单侧得电延时合闸功能；双侧失电延时分闸功能；反向闭锁合闸功能；正向闭锁合闸功能；双侧有压禁止合闸功能；合闸至故障失压分闸并闭锁合闸功能；人工分闸（含就地控制器分闸、开关本体拉杆分闸、远方遥控分闸方式，下同）闭锁来压合闸功能；联络模式：双侧失电延时分闸功能，单侧失压延时合闸功能；人工分闸闭锁合闸功能。

7.11 成套设备通讯功能试验

7.11.1 规约试验

配电自动化终端及子站的通信规约应支持 DL/T 634.5101，DL/T 634.5104 规约，宜支持 DL/T 860（IEC 61850）传输协议。可以按照主站要求灵活配置转发点表及 101 规约、104 规约约定的通信协议。

7.11.2 通讯中断续传试验

通信中断或掉电重启时未发送的事件顺序记录 SOE 应在通信恢复时补发，且不重发多发信息。

7.11.3 与两个主站通信试验

远方终端的两个通信口分别与模拟主站相连，通电后在主站屏幕上核对遥测数据、遥信状态、站内分辨率等的正确性，两个主站不能同时遥控同一开关。

7.12 成套设备电源试验

7.12.1 整机功耗试验

要用伏安法测试其整机的功耗，成套设备整机功耗不大于 20W。（不含开关动作、开关储能、外部通信供电）。

7.12.2 电源输出功率

电源额定输入电压交流为 AC220V，输出直流为 DC48V。采用电子负载作为负载进行试验，电源模块额定输出功率不小于 500W；电源模块瞬时输出功率不小于 1000W，最大电流不小于 20A，持续时间不小于 200ms。

7.13 环境试验

7.13.1 低温试验

SF₆ 气体全绝缘环网开关设备，在 -25° C 试验温度下保持时间为 2h 后，进行如下检查和试验：

- (1) 检测基本功能及遥信、遥控功能正常。
- (2) 进行准确度试验（成套），误差不应超限。

7.13.2 高温试验

SF₆ 气体全绝缘环网开关设备，在 55°C 试验温度下，保持时间为 2h 后，进行如下检查和试验：

- (1) 检测基本功能及遥信、遥控功能正常。
- (2) 进行准确度试验（成套），误差不应超限。

7.14 电磁兼容试验

电磁兼容试验内容和方法参照 GB/T 17626 相关规定。

8 试验分类

8.1 试验项目

SF₆ 气体全绝缘环网开关柜和配电自动化终端应分别按照 GB/T 1984、GB/T 16926、GB/T 3804、GB/T 3906、GB/T 11022、GB/T 13729、DL/T403、DL/T404、DL/T593、DL/T 721、DL/T 1529 等有关国家标准和行业标准规定的项目、方法进行单独试验。

SF₆ 气体全绝缘环网开关柜自动化成套设备的各项试验可参考表 8-1。

表 8-1 试验项目清单

序号	试验项目	出厂试验	交接试验	入网专业检测	预防性试验	到货验收
1	结构与配置检查	必选	必选	必选	必选	必选
2	外观检查	必选	必选	必选	必选	必选
3	绝缘电阻试验	必选	必选	必选	可选	必选
4	工频电压试验	必选	必选	必选	可选	必选
5	局部放电试验	可选	--	必选	--	可选
6	雷电冲击试验	可选	--	必选	--	可选
7	雷电冲击抗干扰试验	--	--	必选	--	可选

8	互感器准确度试验	必选	必选	必选	可选	可选
9	成套设备动作性能试验	必选	必选	必选	可选	可选
10	成套设备保护逻辑功能试验	可选	可选	必选	可选	可选
11	成套设备通讯功能试验	--	必选	必选	可选	可选
12	成套设备电源试验	--	--	必选	--	可选
13	环境试验	--	--	必选	--	可选
14	电磁兼容试验	--	--	必选	--	可选

8.2 出厂试验

a) 产品出厂之前，必须进行出厂验收试验。全部出厂试验项目合格后才发放产品合格证；

b) 出厂试验应符合 GB/T 3906、DL/T 404 及 DL/T 593 中的规定，还应符合相应产品标准及本标准的规定。

8.3 交接试验

a) 现场交接试验应按 GB 50150 和 DL/T 404 的要求进行；

b) 试验时投标人应派代表参加，所有试验结果均应符合产品的技术要求。

8.4 入网专业检测

按照使用单位要求，应对自动化成套设备在招标采购前进行入网专业检测，如果整体设备设计结构、元器件、固件等发生变化影响产品性能参数，应重新进行入网专业检测。

8.5 预防性试验

预防性试验是为了发现运行中设备的隐患，预防发生事故或设备损坏，对设备进行的检查、试验或监测。

8.6 到货验收

设备到后，招标方可以根据需要按照比例对批次设备进行到货验收检测。

9 包装、运输、安装、存储及维护要求

成套设备包装、运输、安装、存储及维护应满足的标准 GB/T 11022 中相关规定，如用户有特殊性要求，制造厂在提供的文件中应详细说明。

