



中国南方电网有限责任公司
变电站测控装置送样检测标准
(V3.2 版)

中国南方电网有限责任公司

2023 年 11 月

目 录

1 适用范围	3
2 测试依据	3
3 检测要求	3
3.1 一般规定	3
3.2 合格标准	3
3.3 送检要求	3
3.3.1 厂商资质要求	3
3.3.2 样品配置及包装要求	4
3.3.3 送检设备信息登记要求	4
4 测试项目	1
4.1 测试项目总表	1
4.2 测试项目分类表	6
5 测试方法	9
5.1 送检设备信息检查	9
5.1.1 送检设备检查	9
5.2 功能与性能测试	9
5.2.1 装置电源测试	9
5.2.2 面板功能测试	9
5.2.3 四遥功能测试	10
5.2.4 数据记录功能测试	11
5.2.5 同期功能测试	11
5.2.6 数据处理功能测试	12
5.2.7 链路监视功能测试	13
5.2.8 五防功能测试	13
5.2.9 通信接口测试	14
5.2.10 交流采样测量误差测试	14
5.2.11 模拟量采集死区测试	14
5.2.12 SOE 分辨率测试	14
5.2.13 实时数据扫描周期测试	15
5.2.14 实时数据循环上送周期测试	15
5.2.15 装置对时精度测试	15
5.2.16 网络风暴抵制能力测试	15
5.2.17 装置客户端支撑能力测试	16
5.2.18 测控统一化配置测试	16
5.2.19 结构、外观检查	16
5.2.20 光纤接口发送/接收功率测试	17
5.3 电气安全测试	17
5.3.1 绝缘电阻测试	17
5.3.2 介质强度测试	17
5.3.3 冲击电压测试	18
5.4 气候环境测试	18
5.4.1 高温运行测试	18
5.4.2 低温运行测试	19
5.4.3 高温贮存测试	19

- 5.4.4 低温贮存测试..... 19
 - 5.4.5 恒定湿热测试..... 19
- 5.5 机械性能测试..... 20
 - 5.5.1 振动响应测试..... 20
 - 5.5.2 振动耐久测试..... 20
 - 5.5.3 冲击响应测试..... 20
 - 5.5.4 冲击耐久测试..... 21
 - 5.5.5 碰撞测试..... 21
- 5.6 电磁兼容测试..... 21
- 5.7 长期运行稳定性试验..... 21
- 5.8 可靠性评估试验..... 22
 - 5.8.1 MTBF 评估..... 22
 - 5.8.2 低温步进应力试验..... 22
 - 5.8.3 高温步进应力试验..... 22
 - 5.8.4 快速温变循环试验..... 22
 - 5.8.5 振动步进应力试验..... 22
 - 5.8.6 综合应力循环试验..... 23

变电站测控装置送样检测标准

1 适用范围

本标准适用于公司采购的变电站测控装置的送样检测工作。

2 测试依据

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。

Q/CSG1206003-2017 变电站自动化系统检验技术规范

Q/CSG XXX 变电站自动化系统送样检测标准

GB/T 7261-2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法

GB/T 13729-2019 远动终端设备

DL/T 1512-2016 变电站测控装置技术规范

GB/T 32901-2016 智能变电站继电保护通用技术条件

GB/T 32897-2016 智能变电站多功能保护测控一体化装置通用技术条件

GB/T 29309-2012 电工电子产品加速应力试验规程 高加速寿命试验导则

3 检测要求

3.1 一般规定

- 1) 产品质量检验工作应严格按照相关的国家标准、行业标准、南方电网公司企业标准和技术说明书进行，当产品技术说明书与相关国家标准、行业标准、南方电网公司企业标准有偏离时，应按照从严把关的原则，取用相对严格的技术指标进行检测。
- 2) 检测方应为通过国家实验室认可和计量认证认可的国家或电力行业级检验检测机构（具有CMA和CNAS资质），检测所使用的仪器、仪表应经具备资质的国家法定计量部门或其他法定授权单位检定合格，并在有效期内；所用仪器、仪表准确度等级应满足国家计量量值传递标准要求。
- 3) 产品的质量检测既是南方电网公司委托检测机构开展的针对潜在供应商产品技术监督，也是对产品质量的全面检验，检测机构的检验不能代替用户对产品的质量验收。
- 4) 检测人员应熟悉产品的相关技术标准、技术条件、结构形式和检验方法。
- 5) 检测人员应严格按照相关技术标准和产品使用说明书开展检测工作。

3.2 合格标准

质量检测项的评价分为关键项和考察项，满足所有关键项指标要求的送检样品判定为合格，考察项指标只做参考。

3.3 送检要求

3.3.1 厂商资质要求

- 1) 应具备质检部门的认可文件、ISO-9001 质量认证书或相当的认证文件。
- 2) 应具备 3 年以上相应电压等级的变电站自动化设备的设计、制造经验（相关证明文

件和图文资料)，不允许贴牌。

3.3.2 样品配置及包装要求

- 1) 厂商送检样品按照招标标的要求送检。
- 2) 送检样品同种型号的产品应具有相同的外形尺寸、软件版本号、接口配置，每台设备应具有独立出厂编号，并具有出厂合格证。
- 3) 所送检样品的元器件配置应与该型号实际应用产品配置保持完全一致，发现违反，取消两年内该产品的准入测试资格。
- 4) 送检样品上应标注产品名称、型号、制造厂名、序列号和端子接口标识。
- 5) 送检样品应配有“一书三册”（技术说明书、设计安装手册、测试检修手册、运行操作手册），应与样品功能、性能一致，且应有设备清单（包含设备名称、型号、程序版本号和 时间等信息）。
- 6) 外包装箱应有防尘、防雨、防震措施。包装前应将活动部分加以固定，外部用防水材料包裹，并以硬质泡沫塑料包装件可靠固定于包装盒内，随机文件、附件及易损件等应按制造商企业标准或说明书的规定检查齐全后一并装入。

3.3.3 送检设备信息登记要求

参检厂商应根据本标准测试内容提供产品信息，包括主体部件、主要芯片及其他零部件的情况，登记送检设备信息（见表 3-1）及关键元器件信息（见表 3-2），相关信息可根据实际情况增加。

表 3-1 送检设备信息表

序号	登记项目	信息	备注
1	型号名称	（注明具体型号及名称）	
2	软件版本	（注明软件版本及校验码）	
3	调试软件	（型号/版本）	
4	外观尺寸	（长*宽*高）	
5	整机重量	（kg）	
6	材质	（外壳材质）	
7	防护等级	（防水/防尘）	
8	指示灯	（描述指示灯数量及用途）	
9	告警节点	（告警类型/节点数）	
10	电源配置	（电源兼容电压/电源数量）	
11	出线情况	（前出线、后出线）	
12	百兆光口	（光模块品牌/型号/支持数量）	
13	千兆光口	（光模块品牌/型号/支持数量）	
14	百兆电口	支持数量	
15	千兆电口	支持数量	

序号	登记项目	信息	备注
16	CPU	(品牌/型号/工业级证明/交换容量)	
17	内存	(品牌/型号/标称容量)	
18	交换芯片	(品牌/型号/主频)	
19	电容	(电容类型)	
20	电源模块	(品牌/型号/工作范围)	
21	Console 口	(有无/接口类型)	
22	快速配置接口	(有无/接口类型)	
23	扩展槽位数量	(个数)	

表 3-2 关键元器件信息表

序号	登记项目	信息	备注
1	产品型号名称	(由厂家提供)	
2	CPU	(由厂家提供), 配照片, 如: 生产厂家, 国别, 型号 (包括尾缀), 产品级别, 如有多个供应商可分多行填写	
3	交换芯片	(由厂家提供), 配照片, 如: 生产厂家, 国别, 型号 (包括尾缀), 产品级别, 如有多个供应商可分多行填写	
4	PHY	(由厂家提供), 配照片, 如: 生产厂家, 国别, 型号 (包括尾缀), 产品级别, 如有多个供应商可分多行填写	
5	FGPA	(由厂家提供), 配照片, 如: 生产厂家, 国别, 型号 (包括尾缀), 产品级别, 如有多个供应商可分多行填写	
6	ADC	(由厂家提供), 配照片, 如: 生产厂家, 国别, 型号 (包括尾缀), 产品级别, 如有多个供应商可分多行填写	
7	电源	(由厂家提供), 配照片, 如: 生产厂家, 国别, 型号 (包括尾缀), 产品级别, 如有多个供应商可分多行填写	
8	电容	(由厂家提供), 配照片, 如: 生产厂家, 国别, 型号 (包括	

		尾缀), 产品级别, 如有多个供应商可分多行填写	
9	光模块	(由厂家提供), 配照片, 如: 生产厂家, 国别, 型号 (包括尾缀), 产品级别, 如有多个供应商可分多行填写	
10	接线端子类型	(由厂家提供), 配照片, 如有多个供应商可分多行填写	
11	PCB 板	(由厂家提供), 主要描述 PCB 板工艺, 产品级别	
12	模块化接口配置情况描述	(由厂家提供), 每种模块均提供照片(如:百兆接口 8 个接口一组, 可更换, 接口可为 RJ45、ST、SC 或 LC 其中 1 种)	

注: 每个型号单独填写一张表, 元器件应注明产品级别 (军工级, 工业级, 民品级)。

4 测试项目

4.1 测试项目总表

序号	测试项目		要求	可接受范围	参考依据	备注
1	送检设备信息检查		送检产品的软件和硬件应为新产品	/	/	新增考察
2	功能与性能测试	装置电源测试	装置电源在额定电压80%下能正常工作	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512-2016 GB/T 13729-2019	关键
			装置电源在额定电压115%下能正常工作	/		
3		面板功能测试	具备主接线图显示功能	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
			具备遥控记录功能	/		
			面板操作具有权限闭锁	/		
4		四遥功能测试	具备四遥功能	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
			具备遥测带时标上送功能	/		
			具备遥测带品质上送功能	/		
			具备开入量防抖功能	/		
			具备远方/就地切换功能	/		
5		数据记录功能测试	开入量记录功能：记录开入变位信息和变位时间	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512.-2016	关键
			操作记录功能：记录操作命令来源、操作时间、操作内容、操作结果等	/		
			记录存储可靠性：装置掉电时，数据记录不丢失	/		
6		同期功能测试	具备检无压同期功能	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
			具备检频差同期功能	/		
			具备检压差同期功能	/		
			具备检角差同期功能	/		

序号	测试项目		要求	可接受范围	参考依据	备注
			具备同期信息记录功能	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	
			具备同期功能解除	/		
			具备站控层同期功能	/		
			宜具备同期合闸录波功能	/		一般
			具备软压板或控制字修改功能	/		一般
7	数据处理 功能测试		具备处理 GOOSE 报文的检修品质的功能	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512.-2016	关键
			具备处理冗余的两路数据的功能	/		
8	链路监视 功能测试		具备链路监视功能，链路中断时应告警	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
9	五防功能 测试		具备本间隔五防闭锁功能	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512.-2016	关键
			具备跨间隔五防闭锁功能	/		
			具备五防判据配置功能	/		
			具备五防逻辑闭锁状态上送功能	/		
			具备五防逻辑解锁功能	/		
10	通信接口 测试		装置站控层通信接口应不少于 2 个，功能正常	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512.-2016	关键
			站控层接口类型：RJ45	LC 光口、ST 光口、SC 光口、FC 光口		
			过程层通信接口应不少于 2 个，功能正常	/		
			过程层接口类型：LC	ST 光口、SC 光口、FC 光口		
11	交流采样 测量误差 测试		电流误差 $\leq 0.2\%$	电流误差 $\leq 1.0\%$	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	关键
			电压误差 $\leq 0.2\%$	电压误差 $\leq 1.0\%$		
			有功功率误差 $\leq 0.5\%$	有功功率误差 $\leq 2.0\%$		
			无功功率误差 $\leq 0.5\%$	无功功率误差 $\leq 2.0\%$		

序号	测试项目		要求	可接受范围	参考依据	备注
			功率因数误差 $\leq 0.5\%$	功率因数误差 $\leq 2.0\%$		
			频率误差 $\leq 0.01\text{Hz}$	频率误差 $\leq 0.01\text{Hz}$		
12		模拟量采集死区测试	装置具备采样值死区设置功能，采样值能越死区传送	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
13		SOE 分辨率测试	不大于 1ms	不大于 2ms	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512-2016	关键
14		实时数据扫描周期测试	实时数据扫描周期不大于 2s	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
15		实时数据循环上送周期测试	实时数据循环上送周期应能整定小于 5min	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
16		装置对时精度测试	不大于 0.5ms	不大于 1ms	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512-2016	关键
17		网络风暴抵制能力测试	装置站控层应具备广播风暴抵制能力	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
			装置站控层应具备异常帧风暴抵制能力	/		
			装置站控层应具备重复 MMS 报文风暴抵制能力	/		
18		装置客户端支撑能力测试	装置支持与 16 个客户端建立通信连接	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512-2016 GB/T 32901-2016	关键
			装置支持 12 个客户端使能报告控制块	/		

序号	测试项目		要求	可接受范围	参考依据	备注
19		测控统一化配置测试	装置应支持与测控统一化配置工具通信，实现模型校验、定值/参数整定、配置上传/下装等功能	/	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》	关键
20		结构、外观检查	装置机箱尺寸、标识、外壳处理、外壳防护应满足要求	/	DL/T 1512.-2016	新增关键
21		光纤接口发送/接收功率测试	光纤接口发送功率满足-20dBm~~14dBm	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
			光纤接口接收功率满足-31dBm~~14dBm	/		
22	电气安全测试	绝缘电阻测试	装置无电气联系的回路之间绝缘电阻≥5MΩ	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
23		介质强度测试	额定绝缘电压≤60V的电气回路之间应能承受有效值 500V 的介质强度测试	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
			额定绝缘电压＞60V且≤125V 的电气回路之间应能承受有效值 2000V 的介质强度测试	额定绝缘电压＞60V 且≤125V 的电气回路之间应能承受有效值 1000V 的介质强度测试		
			额定绝缘电压＞125V 且≤250V 的电气回路之间应能承受有效值 2000V 的介质强度测试	额定绝缘电压＞125V 且≤250V 的电气回路之间应能承受有效值 1500V 的介质强度测试		
24		冲击电压测试	额定绝缘电压≤60V的电气回路之间应能承受开路电压 1000V 的标准雷电波短时冲击电压测试	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
			额定绝缘电压＞60V且≤125V 的电气回路之间应能承受开路电压 5000V 的标准雷电波短时冲击电压测试	/		
25	气候环境测试	高温运行测试	装置在+55℃高温环境下运行 2 小时，功能、性能应满足要求	装置在+45℃高温环境下运行 2 小时，功能、性能应	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键

序号	测试项目		要求	可接受范围	参考依据	备注
				满足要求		
26		低温运行测试	装置在-25℃低温环境下运行 2 小时，功能、性能应满足要求	装置在-5℃低温环境下运行 2 小时，功能、性能应满足要求	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
27		高温贮存测试	装置在+70℃高温环境下贮存 16 小时，恢复至正常环境后，装置能正常工作，功能、性能满足要求	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
28		低温贮存测试	装置在-25℃低温环境下贮存 16 小时，恢复至正常环境后，装置能正常工作，功能、性能满足要求	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
29		恒定湿热测试	装置在温度为 40℃，湿度为（93±3）%的湿热环境下放置 48 小时，装置无电气联系的回路之间的绝缘电阻应不小于 1MΩ	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
30	机械性能测试	振动响应测试	装置在严酷等级为 1 级的振动过程功能、性能应满足要求	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
31		振动耐久测试	装置经严酷等级为 1 级的振动耐久后，无机械损坏，功能、性能满足要求	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
32		冲击响应测试	装置在严酷等级为 1 级的冲击过程功能、性能应满足要求	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
33		冲击耐久测试	装置经严酷等级为 1 级的冲击耐久后，无机械损坏，功能、性能满足要求	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
34		碰撞测试	装置在严酷等级为 1 级的碰撞试验后，无机械损坏，功能、性能满足要求	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
35	电磁兼容测试		满足标准要求的限值	/	DL/T 1512-2016	新增关键

序号	测试项目		要求	可接受范围	参考依据	备注
36	长期运行稳定性试验	运行稳定性试验	装置应能在常温下连续正常运行 100 小时，或在 +40℃ 下连续正常运行 72 小时。	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	新增关键
37		测量准确度试验	电流误差≤0.2%	电流误差≤1.0 %	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	关键
			电压误差≤0.2%	电压误差≤1.0%		
			有功功率误差≤0.5%	有功功率误差≤2.0%		
			无功功率误差≤0.5%	无功功率误差≤2.0%		
			功率因数误差≤0.5%	功率因数误差≤2.0%		
			频率误差≤0.01Hz	频率误差≤0.01Hz		
38		遥信正确率试验	100%	/	DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	关键
39		遥控正确率试验	100%	/	DL/T 1512.-2016	
40		SOE 分辨率试验	不大于 1ms	不大于 2ms	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	关键
41		对时精度测试	不大于 0.5ms	不大于 1ms	《中国南方电网有限责任公司变电站自动化系统送样检测标准》 DL/T 1512.-2016 GB/T 13729-2019	关键
42	可靠性评估试验	MTBF 评估	MTBF≥8760 小时	/	GB/T 29309-2012 GB/T 13729-2019	考察
43		低温步进应力试验	低温工作极限宜≤-65℃	/	GB/T 29309-2012	考察
44		高温步进应力试验	高温工作极限宜≥110℃	/	GB/T 29309-2012	考察
45		快速温变循环试验	装置在至少 5 个试验循环中，宜保持正常运行及工作状态	/	GB/T 29309-2012	考察
46		振动步进应力试验	振动工作极限宜≥28Grms	/	GB/T 29309-2012	考察
47		综合应力	装置在至少 5 个试验	/	GB/T 29309-2012	考察

序号	测试项目		要求	可接受范围	参考依据	备注
		循环试验	循环中，宜保持正常运行及工作状态			

4.2 测试项目分类表

序号	测试项目		通用测试	可用性测试	运行稳定性测试	备注
1	送检设备信息检查		√	√		新增关键
2	功能与性能测试	装置电源测试	√			关键
3		面板功能测试	√			关键
4		四遥功能测试	√	√		关键
5		数据记录功能测试	√			关键
6		同期功能测试	√			关键
7		数据处理功能测试	√			关键
8		链路监视功能测试	√			关键
9		五防功能测试	√			关键
10		通信接口测试	√			关键
11		交流采样测量误差测试	√			关键
12		模拟量采集死区测试	√			关键
13		SOE 分辨率测试	√	√		关键
14		实时数据扫描周期测试	√			关键
15		实时数据循环上送周期测试	√			关键
16		装置对时精度测试	√	√		关键
17		网络风暴抵制能力测试	√			关键
18		装置客户端支撑能力测试	√			关键
19		测控统一化配置测试	√			关键

序号	测试项目		通用测试	可用性测试	运行稳定性测试	备注
20		结构、外观检查	√			新增关键
21		光纤接口发送/接收功率测试	√			新增关键
22	电气安全测试	绝缘电阻测试	√	√		新增关键
23		介质强度测试	√	√		新增关键
24		冲击电压测试	√	√		新增关键
25	气候环境测试	高温运行测试	√	√		新增关键
26		低温运行测试	√	√		新增关键
27		高温贮存测试	√			新增关键
28		低温贮存测试	√			新增关键
29		恒定湿热测试	√			新增关键
30	机械性能测试	振动响应测试	√			新增关键
31		振动耐久测试	√			新增关键
32		冲击响应测试	√			新增关键
33		冲击耐久测试	√			新增关键
34		碰撞测试	√			新增关键
35	电磁兼容测试		√			新增关键
36	长期运行稳定性试验	运行稳定性试验	√		√	新增关键
37		测量准确度试验	√		√	新增关键
38		遥信正确率试验	√		√	新增关键
39		遥控正确率试验	√		√	新增关键
40		SOE 分辨率试验	√		√	新增关键

序号	测试项目		通用测试	可用性测试	运行稳定性测试	备注
41		对时精度测试	√		√	新增关键
42	可靠性评估试验	MTBF 评估	√		√	新增考察
43		低温步进应力试验	√		√	新增考察
44		高温步进应力试验	√		√	新增考察
45		快速温变循环试验	√		√	新增考察
46		振动步进应力试验	√		√	新增考察
47		综合应力循环试验	√		√	新增考察
备注：						

5 测试方法

5.1 送检设备信息检查

5.1.1 送检设备检查

5.1.1.1 测试方法

- 1) 记录送检产品的软件和硬件信息。
- 2) 检查送检产品的软件信息，如操作系统、系统组件、数据库、应用软件和链接库等，并与之前的原产品信息进行对比，确认其是否为新产品。
- 3) 检查送检设备的硬件信息，如机箱、板卡、端子排、关键元器件等，并与之前的原产品信息进行对比，确认其是否为新产品。。

5.1.1.2 技术要求

送检产品的软件和硬件应为新产品。

5.2 功能与性能测试

5.2.1 装置电源测试

5.2.1.1 测试方法

- 4) 将装置电源接入程控电源，调节电源电压到 115%额定大小，装置应正确工作，检查装置稳定工作（四遥功能是否正常）并记录。
- 5) 将装置电源接入程控电源，调节电源电压到 80%额定大小，装置应正确工作，检查装置稳定工作（四遥功能是否正常）并记录。

5.2.1.2 技术要求

装置在额定电源电压的 80%~115%范围内，应能正常工作。

5.2.2 面板功能测试

5.2.2.1 测试方法

- 1) 检查测控单元操作面板可监视整个间隔串电气回路的单线模拟接线图，并可实时显示该电气回路的运行状态。
- 2) 检查测控装置具有电压、电流、功率、功率因数、频率、直流、温度、谐波测量量显示功能。
- 3) 检查测控装置具有开关量显示功能。
- 4) 检查测控装置支持对装置进行参数配置和定值整定。
- 5) 检查测控装置具有操作记录、告警、SOE 主动显示功能。
- 6) 检查面板的参数设置、修改和控制操作具有权限闭锁。

5.2.2.2 技术要求

- 1) 应能通过装置面板显示主接线图、测量量、开关量等；
- 2) 应能通过装置面板进行参数配置、定值整定及检查等；
- 3) 应能通过装置面板显示操作记录、告警、SOE 等；
- 4) 面板操作应有权限闭锁。

5.2.3 四遥功能测试

5.2.3.1 测试方法

- 1) 交流量采集
 - a) 向装置施加频率为 50Hz 的三相额定电压、三相额定电流，在装置屏幕和模拟监控后台上读取三相电压和三相电流的有效值、有功功率、无功功率、功率因数和频率数据，核查数据是否正确；
 - b) 向装置施加电压、电流输出调整为 0%、20%、40%、60%、80%、100%、120%倍的额定值，在装置屏幕上读取电压、电流的有效值，核查数据是否满足误差要求；
 - c) 向装置施加功率因数 $\cos \phi = 0.5$ （滞后） $\sim 1 \sim 0.5$ （超前）， $\sin \phi = 0.5$ （滞后） $\sim 1 \sim 0.5$ （超前），在装置屏幕上分别读取计算的有功功率、无功功率、功率因数等显示值，核查数据是否满足误差要求；
 - d) 向装置施加频率调整为 45Hz、47Hz、50Hz、53Hz、55Hz 时，在装置屏幕上读取频率显示值，核查数据是否满足误差要求。
- 2) 直流量测量
 - a) 向装置施加 0V~5V 直流电压或 4mA~20mA 直流电流，在装置屏幕和模拟监控后台上读取数据，核查数据是否正确，是否可计算生成相应的电气量或非电量工程值，例如流量、温度、压力等；
 - b) 向装置施加直流信号：调整为 4mA、8mA、12mA、16mA、20mA 或 0V、+1V、+2V、+3V、+4V、+5V 时，记录装置显示值，核查数据是否满足误差要求。

3) 遥测带时标、品质上送

用网络报文分析仪记录测控装置与监控后台间的 MMS 报文，检查测控装置上送的遥测报文是否带时标、品质信息。

4) 开入量采集

检查测控装置可正常接收智能终端的 GOOSE 开入量状态，以及常规开入量状态。

5) 开入量防抖

设置装置开入消抖时间，改变装置开入状态，检查装置变位信息时标是否正确。大于消抖时间有变位，小于消抖时间无变位。

6) 遥控

在站控层模拟监控后台或装置面板上对控制对象发出遥控命令，检测装置是否能正确接收、选择、返校、执行遥控命令。

连续控制 100 次，检查遥控成功率。

7) 遥调

站控层模拟监控后台或装置面板上对控制对象发出遥调命令，检测装置是否能正确接收、选择、返校、执行遥调命令。

8) 远方/就地切换

检查测控装置有远方/就地切换设置。

5.2.3.2 技术要求

1) 交流量采集功能

测控装置应正确接收交流采样值。

2) 直流量采样功能

测控装置应正确显示直流采集量。

3) 遥测带时标、品质上送功能

测控采集的遥测数据应带时标、品质信息。

4) 开入量采集

测控装置应可配置接收智能终端、合并单元的 GOOSE 信息的接口和功能。

5) 开入量防抖动功能

输入回路应有防抖动的滤波回路，每路开关量输入的防抖时间应能整定，除特殊需求外防抖时间默认设置为 10ms。

6) 遥控

遥控过程应包括选择-返校-执行/撤销，测控装置正确接收、返校并执行遥控命令。应可以通过站控层、远方和就地进行遥控操作；遥控成功率不低于 100%。

7) 遥调命令检查

测控装置正确接收执行遥调命令。

8) 远方/就地切换功能检查

测控装置应具备远方/就地切换功能。

5.2.4 数据记录功能测试

5.2.4.1 测试方法

1) 检查测控装置能记录遥信变位状态和变位时间（SOE）；

2) 对测控装置进行遥控操作，检查测控装置能记录操作命令的源地址、时间信息、控制对象、控制内容、操作结果等信息；

3) 断电重启装置，检查装置记录的信息不丢失。

5.2.4.2 技术要求

1) 开入量记录检查

测控装置应具备记录详细遥信变位和 SOE 的功能，包括值的变位信息和变位时间。

- 2) 操作命令记录检查
测控装置应能记录各种操作命令的源地址、时间信息；遥控操作需记录遥控命令来源、遥控预置和遥控执行。
- 3) 数据记录可靠性检查
装置掉电时，数据记录应可靠存储而不丢失。

5.2.5 同期功能测试

5.2.5.1 测试方法

- 1) 模拟断路器两侧均无压、断路器一侧无压，检无压合闸可出口。无压定值设为 $30\%U_n$ 。
- 2) 模拟断路器两侧频差、压差、角差条件均满足，检同期合闸可出口，不满足频差定值，检同期合闸不可出口。同期频差定值不大于 0.2Hz 。
- 3) 模拟断路器两侧频差、压差、角差条件均满足，检同期合闸可出口；不满足压差定值，检同期合闸不可出口。同期压差定值 110kV 、 220kV 不超过 $20\%U_n$ ， 500kV 不超过 $10\%U_n$ 。
- 4) 模拟断路器两侧频差、压差、角差条件均满足，检同期合闸可出口，不满足相角差定值，检同期合闸不可出口。同期角差定值 110kV 、 220kV 不超过 25° ， 500kV 不超过 20° ，实际可适当降低标准，但不得超过 30° 。
- 5) 模拟 PT 断线，要求此时断路器两侧无压或一侧无压，无法进行同期合闸操作。
- 6) 检查装置具备同期功能信息记录功能，记录内容符合要求；
- 7) 检查装置具备同期功能解除方式，解除方式符合要求；
- 8) 检查装置具备站控层同期功能，站控层同期功能符合要求；
- 9) 检查装置具备合闸录波功能；
- 10) 检查装置具备同期压板或控制字修改功能。

5.2.5.2 技术要求

- 1) 装置应具备检无压同期功能；
- 2) 装置应具备检频差同期功能；
- 3) 装置应具备检压差同期功能；
- 4) 装置应具备检角差同期功能；
- 5) 装置应具备检测 PT 断线的功能，防止有压作无压合闸处理；
- 6) 装置应具备同期功能信息记录，应具有以时间顺序记录的方式记录正常运行及操作过程中的各种信息，如开关量变位、合闸成功、合闸失败、失败原因等；
- 7) 装置应具备同期功能解除方式，应具备同期功能的解锁/投入选择，且必须同时具备软压板（或控制字）和硬压板（或把手）两种解除方式，现场可根据需要选择其中一种解除方式；
- 8) 装置应具备站控层同期功能，站控层应能对需要同期操作的断路器进行“检无压”、“检同期”及“强送”三种功能选择。监控后台对测控装置进行同期遥控时，测控装置应严格按后台下发的检同期模式执行，不判断自身压板投退以及同期功能解锁/投入状态；为了满足主站的同期操作需求，对测控装置进行一般遥控时，测控装置应按自身同期软压板模式执行。在测控装置当地进行手合操作时，如果装置的同期解除压板投入，测控应该执行强合操作，如果装置的同期解除压板退出，测控应该按自身同期软压板模式执行；
- 9) 测控装置宜具备合闸录波功能。
- 10) 装置应具备软压板或控制字修改功能，宜具备检无压、检同期、强合（同期解除）等功能软压板或控制字通过当地监控或远动任一方式修改功能。

5.2.6 数据处理功能测试

5.2.6.1 测试方法

- 1) 记录设置间隔检修的方式，并检查检修状态下，信息处理情况。
- 2) 检查装置可根据冗余 GOOSE 开入的品质状态，选择适用于装置的 GOOSE 通道状态。

5.2.6.2 技术要求

- 1) 置检修功能
采用 DL/T860 标准的测控装置应能设置所测量间隔的检修状态，相关的 GOOSE 信号应置“TEST”位的值为“TRUE”，订阅方需做相应处理确保不误动作。检修状态下除检修遥信本身外，上送站控层信息应置检修品质，同时具备设置检修状态下本间隔所有自动化信息不上送站控层的功能。
- 2) 冗余数据处理
装置接入双套配置智能终端 GOOSE 开入的冗余数据时，应根据双套 GOOSE 开入信息的品质（检修品质、无效品质）实现自动切换或手动切换。

5.2.7 链路监视功能测试

5.2.7.1 测试方法

- 1) 模拟中断测控装置接收光纤，检查测控装置相应告警信号正确。
- 2) 模拟 GOOSE 发送装置光纤中断，检查测控装置相应链路告警信号正确，双网通信时须分别设置双网的网络断链告警。

5.2.7.2 技术要求

- 1) GOOSE 光纤中断告警
宜具备光纤接口光强监视及报警功能，实时监视光纤接口接收及发送光信号强度。
- 2) GOOSE 链路中断告警
装置应能实现对断链链路的准确报警。

5.2.8 五防功能测试

5.2.8.1 测试方法

- 1) 逻辑闭锁检测
 - a) 间隔内闭锁逻辑：闭锁逻辑：防止误操作断路器的闭锁逻辑、防止带负荷拉刀闸的闭锁逻辑、防止带电挂接地线的闭锁逻辑、防止带接地线送电的闭锁逻辑、防止误入带电间隔的闭锁逻辑；模拟上述闭锁逻辑操作，在满足条件时和不满足条件时，检测装置动作的正确性，并应返回正确的告警信息；
 - b) 间隔间逻辑闭锁：依据配置的逻辑闭锁关系（如使用其他间隔开关/刀闸位置信息作为本间隔闭锁条件），通过改变其他间隔的状态信息、遥测量，影响本间隔闭锁条件，判断装置间隔间闭锁功能的正确性，通过网络报文分析仪检测是否有相应的闭锁信息上送；
- 2) 通过数字信号发生器发送 GOOSE/MMS 报文，装置遵循闭锁逻辑产生闭锁信息，通过网络报文分析仪检测装置 GOOSE/MMS 网络传输逻辑闭锁信息功能的正确性；装置闭锁条件应包含状态量、量测量及品质信息；
- 3) 当间隔间由于网络中断、报文无效等原因不能有效获取相关信息时，应判断逻辑校

验不通过；

- 4) 当相关间隔置检修状态且本装置未置检修状态时，应判断逻辑校验不通过；本装置检修，无论相关间隔是否置检修均正常参与逻辑计算；
- 5) 当装置处于闭锁状态时，检查装置应具有解锁功能。

5.2.8.2 技术要求

- 1) 本间隔五防闭锁功能
应支持通过 GOOSE 协议实现间隔层五防功能。满足本间隔五防闭锁条件下遥控应成功，违反本间隔五防闭锁条件下遥控应不成功。
- 2) 跨间隔五防闭锁功能
测控装置之间应具备通信功能，以实现跨间隔的防误闭锁功能。
- 3) 装置可使用 GOOSE 实现开关刀闸位置等跨间隔信息传输；满足跨间隔五防闭锁条件下遥控应成功，违反跨间隔五防闭锁条件下遥控应不成功。
- 4) 五防判据测试
测控装置闭锁逻辑所需的信号应能由相关测控装置快速提供。
- 5) 装置应支持使用开关、刀闸位置作为五防逻辑判据。
- 6) 五防逻辑闭锁状态上送
五防逻辑闭锁状态应以状态量的形式上送，以便实时显示一次设备可操作的状态。
- 7) 五防逻辑解锁功能
应设置解锁压板，用于在紧急情况下解锁五防逻辑，直接对一次设备进行控制。

5.2.9 通信接口测试

5.2.9.1 测试方法

- 1) 检查装置过程层通信端口数量、类型、功能符合要求；
- 2) 检查装置站控层通信端口数量、类型、功能符合要求。

5.2.9.2 技术要求

- 1) 过程层通信端口检查
应具有 2 个独立的 GOOSE 光纤通信端口，当一个通信端口异常或退出时不应影响其他通信端口的正常工作。
- 2) 站控层通信端口检查
应具有两个光或电的 100M 以太网 MMS 通信端口。

5.2.10 交流采样测量误差测试

5.2.10.1 测试方法

- 1) 向装置施加频率为 50Hz 的三相额定电压、三相额定电流，在装置屏幕和模拟监控后台上读取三相电压和三相电流的有效值、有功功率、无功功率、功率因数和频率数据，核查数据是否正确；
- 2) 向装置施加电压、电流输出调整为 0%、20%、40%、60%、80%、100%、120% 倍的额定值，在装置屏幕上读取电压、电流的有效值，核查数据是否满足误差要求；
- 3) 向装置施加频率调整为 45Hz、47Hz、50Hz、53Hz、55Hz 时，在装置屏幕上读取频率显示值，核查数据是否满足误差要求。

5.2.10.2 技术要求

电压电流 $\leq 0.2\%$ (U、I)，功率及功率因数 $\leq 0.5\%$ (P、Q、 $\cos \theta$)，在正常情况下，母线电压 $\leq 0.1\%$ ，频率 (F) 不大于 0.01Hz。

5.2.11 模拟量采集死区测试

5.2.11.1 测试方法

设置遥测量的死区值为 $0.01I_N$ 或 $0.01U_N$ ，设置遥测报告的触发方式为数据变化；调整数字信号源输出量，当超越定值时，在模拟监控后台读取遥测量数据，检测是否有遥测量上送、数值是否准确并且检测定值是否可设置。

5.2.11.2 技术要求

模拟量越死区传送整定最小值应小于额定值 0.1%，并逐点可调。

5.2.12 SOE 分辨率测试

5.2.12.1 测试方法

将状态量信号发生器的两组信号输出端与装置的任意两组遥信输入端(具有 SOE 功能)相连，设置发生器两组时间延时为 1ms，启动信号发生器，记录装置遥信响应时间，记录两组遥信变位时间，检查装置是否正确分辨出遥信变位顺序，SOE 分辨率是否满足要求

5.2.12.2 技术要求

单装置 SOE 分辨率 $\leq 1\text{ms}$ 。

5.2.13 实时数据扫描周期测试

5.2.13.1 测试方法

调整测试仪输出模拟量，变量为 0.5 倍模拟量死区定值，持续 2s，查看装置显示的模拟量是否更新。

5.2.13.2 技术要求

实时数据扫描周期 $\leq 2\text{s}$ 。

5.2.14 实时数据循环上送周期测试

5.2.14.1 测试方法

- 1) 检查装置支持后台设置实时数据循环上送周期，循环上送周期可设置为小于等于 5min 的值；
- 2) 保持测试仪输出模拟量不变，通过网络分析仪监视装置与后台的 MMS 报文，检查装置应按照循环上送周期的时间上送遥测报文。

5.2.14.2 技术要求

实时数据循环上送周期可由后台注册报告控制块设置为小于等于 5min。

5.2.15 装置对时精度测试

5.2.15.1 测试方法

- 1) 装置与时间服务器对时；
- 2) 测试仪与时间服务器对时，定时触发状态变位，检查装置记录状态变位的 SOE 时间是否满足 1ms 的要求；
- 3) 对于支持时间管理的装置，使用时间管理测试仪向装置发送时间管理命令，检查时间管理装置计算的时间误差是否满足 1ms 的要求。

5.2.15.2 技术要求

时间同步误差应不大于 1ms。

5.2.16 网络风暴抵制能力测试

5.2.16.1 测试方法

- 1) 在装置原 MMS 报文流量基础上使用网络测试仪向站控层交换机施加广播报文 (TCP、UDP、ARP 报文各 1/3), 流量为 1Mbps~100Mbps-实测基础流量, 网络压力持续 2 分钟后撤销风暴, 要求装置恢复正常, 包括装置反应 (面板、遥测上送) 正常、通信正常、不死机或重启。如装置不能恢复正常, 记录能恢复正常的最大风暴值。
- 2) 使用网络测试仪向交换机分别施加数据长度为 64 字节的 MMS 报文, 流量为 100Mbps-实测基础流量, 网络压力持续 2 分钟后撤销风暴, 要求装置恢复正常, 包括装置反应 (面板、遥测上送) 正常、通信正常、不死机或重启。如装置不能恢复正常, 记录能恢复正常的最大风暴值。
- 3) 使用网络测试仪向交换机分别施加数据长度为 1518 字节的 MMS 报文, 流量为 100Mbps-实测基础流量, 网络压力持续 2 分钟后撤销风暴, 要求装置恢复正常, 包括装置反应 (面板、遥测上送) 正常、通信正常、不死机或重启。如装置不能恢复正常, 记录能恢复正常的最大风暴值。
- 4) 使用网络测试仪向交换机施加装置订阅的重复 MMS 报文 (计数器不变), 流量为 1Mbps~100Mbps-实测基础流量, 网络压力持续 2 分钟撤销风暴, 要求装置恢复正常, 包括装置反应 (面板、遥测上送) 正常、通信正常、不死机或重启。如装置不能恢复正常, 记录能恢复正常的最大风暴值。

5.2.16.2 技术要求

装置应不受广播报文风暴、超短帧风暴、超长帧风暴、重复 MMS 报文风暴影响。

5.2.17 装置客户端支撑能力测试

5.2.17.1 测试方法

- 1) 装置与 16 个客户端连接, 检查 16 个客户端连接成功, 且均能读取定值、切换定值区、投退软压板等操作。
- 2) 检查装置最大支持的报告控制块使能个数。

5.2.17.2 技术要求

装置应支持不少于 16 个客户端的连接, 装置应支持不少于 12 个客户端的报告控制块使能。

5.2.18 测控统一化配置测试

5.2.18.1 测试方法

- 1) 使用统一化配置工具解析测控的 CID 文件, 检查测控的 CID 文件可被正确解析;
- 2) 通过统一化配置工具进行修改同期参数、遥信参数、遥控参数、遥测参数等操作, 检查操作成功; 且支持单个、部分、全部参数修改;
- 3) 通过统一化配置工具进行装置配置备份及还原操作, 检查操作成功;
- 4) 通过统一化配置工具进行配置参数下装操作, 检查操作成功;
- 5) 核对统一化配置工具显示的参数顺序、名称与装置显示的一致。

5.2.18.2 技术要求

- 1) 统一化配置工具可解析测控的 CID 文件。
- 2) 支持统一化配置工具修改同期参数、遥信参数、遥控参数、遥测参数，且支持单个、部分、全部参数修改。
- 3) 支持统一化配置工具进行备份还原操作。
- 4) 装置与配置工具可基于 DL/T860 系列标准实现配置参数的下装，当装置掉电或通信中断时，装置可正确上送当前运行定值给配置工具进行校核，配置工具校核结果正确。
- 5) 液晶显示 参数顺序、名称与工具显示一致。

5.2.19 结构、外观检查

5.2.19.1 测试方法

- 1) 用尺子测量机箱尺寸符合标准要求；
- 2) 用电阻表测量装置不带电金属部分是否连成一体，且可靠接地；
- 3) 检查装置金属结构件是否有防锈措施；
- 4) 检查机箱的外壳防护等级是否符合标准要求。

5.2.19.2 技术要求

- 1) 机箱尺寸应符合 GB/T 19520.12-2009 的规定；
- 2) 设备应采取必要的电磁兼容措施，设备的不带电金属部分应在电气上连成一体，并具备可靠接地点；
- 3) 金属结构件应有防锈措施；
- 4) 安装的室外的设备外壳防护等级不得低于 GB/T 4208-2008 中 IP55 的规定；安装在防护箱中或安装在室内的设备外壳防护等级不得低于 GB/T 4208-2008 中 IP20 的规定。

5.2.20 光纤接口发送/接收功率测试

5.2.20.1 测试方法

- 1) 光纤接口发送功率：将光功率计接入测控装置的光纤输出口，读取光功率计显示的数值并记录；
- 2) 光纤接口接收功率：将数字继电保护测试仪与光衰耗计连接，并将光衰耗计接入测控装置，通过调整光衰耗计使接收装置出现异常或出现断链告警信息的临界点，停止调节光衰耗计，将待测设备网口尾纤接头拔下，插到光功率计上，读出此时的功率值，即为待测设备网口的最小接收功率。

5.2.20.2 技术要求

- 1) 光波长 1310nm 光接口应满足光发送功率-20dBm~-14dBm；光波长 850nm 光接口应满足光发送功率-19dBm~-10dBm；
- 2) 光波长 1310nm 光接口应满足光接收灵敏度-31dBm~-14dBm；光波长 850nm 光接口应满足光接收灵敏度-24dBm~-10dBm；

5.3 电气安全测试

5.3.1 绝缘电阻测试

5.3.1.1 测试方法

- 1) 试验电压：
250V（额定绝缘电压 $\leq 60V$ ）；
500V（额定绝缘电压 $> 60V$ ）；
- 2) 试验部位：
 - a) 各带电的导电电路对地之间；
 - b) 电气上无联系的各带电的导电电路之间（除通信电路）；
 - c) 施加电压时间不小于 5s。

5.3.1.2 技术要求

在正常试验的大气条件下，绝缘电阻值应不小于 $5M\Omega$ 。

5.3.2 介质强度测试

5.3.2.1 测试方法

- 1) 试验电压：
 - a) 0.5kV、50Hz（额定绝缘电压 $\leq 60V$ 时）；
 - b) 1.0kV、50Hz（ $60V < \text{额定绝缘电压} \leq 125V$ 时）；
 - c) 1.5kV、50Hz（ $125V < \text{额定绝缘电压} \leq 250V$ ，户内场所）；
 - d) 2.5kV、50Hz（ $125V < \text{额定绝缘电压} \leq 250V$ ，户外场所）；
- 2) 试验时间：1min。
- 3) 试验部位：
 - a) 各带电的导电电路对地之间；
 - b) 电气上无联系的各带电的导电电路之间（除通信电路）；
 - c) 同一组触点之间；
- 4) 介质强度检验后，按要求复检。

5.3.2.2 技术要求

在正常试验的大气条件下，试验期间，装置不应发生击穿或闪络现象，装置元器件应无损坏。试验后，装置应满足原技术要求。

5.3.3 冲击电压测试

5.3.3.1 测试方法

- 1) 试验电压：
 - a) 1.0kV（额定绝缘电压 $\leq 60V$ 时）；
 - b) 5.0kV（ $60V < \text{额定绝缘电压} \leq 250V$ 时）。
- 2) 试验部位：
 - a) 各带电的导电电路对地之间；
 - b) 电气上无联系的各带电的导电电路之间（除通信电路）。
- 3) 冲击电压检验后
 - a) 检查装置绝缘电阻应不小于 $5M\Omega$ ；

b) 按要求复检。

5.3.3.2 技术要求

在正常试验的大气条件下，试验期间不应出现破坏性放电（火花、闪络或击穿），装置元器件应无损坏。试验后，装置应满足原技术要求。

5.4 气候环境测试

5.4.1 高温运行测试

5.4.1.1 测试方法

- 1) 装置不通电置于高低温试验箱中，高低温试验箱运行定值控制按照 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的斜率升至试验温度，达到试验温度稳定 2h 后，装置通电并施加额定值持续运行 2 小时；
- 2) 通电暴露 2 小时后，装置在试验箱内进行性能测试
 - a) 检查装置通信应正常，上送事件应正确；
 - b) 量测量的改变量应符合 GB/T 13729-2019 中 5.5.2 f) 的规定，遥信、遥控及 SOE 分辨率应符合原技术条件要求；

5.4.1.2 技术要求

装置在高温环境下，试验持续时间 2 小时，装置应可靠工作。量测量的改变量应符合 GB/T 13729-2019 中 5.5.2 f) 的规定，遥信、遥控及 SOE 分辨率应符合原技术条件要求。

5.4.2 低温运行测试

5.4.2.1 测试方法

- 1) 装置不通电置于高低温试验箱中，高低温试验箱运行定值控制按照 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的斜率降至试验温度，达到试验温度稳定 2h 后，装置通电并施加额定值持续运行 2 小时；
- 2) 通电暴露 2 小时后，装置在试验箱内进行性能测试
 - a) 检查装置通信应正常，上送事件应正确；
 - b) 量测量的改变量应符合 GB/T 13729-2019 中 5.5.2 f) 的规定，遥信、遥控及 SOE 分辨率应符合原技术条件要求。

5.4.2.2 技术要求

装置在低温环境下，试验持续时间 16 小时，装置应可靠工作。量测量的改变量应符合 GB/T 13729-2019 中 5.5.2 f) 的规定，遥信、遥控及 SOE 分辨率应符合原技术条件要求。

5.4.3 高温贮存测试

5.4.3.1 测试方法

- 1) 试验温度： 70°C ；
- 2) 装置不通电置于高低温试验箱中，高低温试验箱运行定值控制按照 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的斜率升至试验温度 70°C ，达到试验温度稳定后持续运行 16 小时；
- 3) 在 20°C 下不带电恢复，在 1~2 小时之间，按要求复检。

5.4.3.2 技术要求

环境温度为 70°C ，试验持续时间 16h，试验后，装置应满足原技术要求。

5.4.4 低温贮存测试

5.4.4.1 测试方法

- 1) 试验温度：-25℃；
- 2) 装置不通电置于高低温试验箱中，高低温试验箱运行定值控制按照 1℃/min 的斜率降至试验温度-25℃，达到试验温度稳定后持续运行 16 小时；
- 3) 在 20℃ 下不带电恢复，在 1~2 小时之间，按要求复检。

5.4.4.2 技术要求

环境温度为-25℃，试验持续时间 16h，试验后，装置应满足原技术要求。

5.4.5 恒定湿热测试

5.4.5.1 测试方法

- 1) 试验室的温度偏差不大于±2℃，相对湿度不大于±2%，设备各表面与相应的室内壁之间最小距离不小于 150mm，凝结水不得滴落到试验样品上，试验室以不超过 1℃/min 的变化率升温，待温度达到 + 40℃并稳定后再加湿到 (93±3)%，保持 48h，在试验过程最后 1h~2h，按规定采用相应电压的绝缘电阻表测量绝缘电阻，测量时间不小于 5s；
- 2) 试验结束后，先把试验室内的相对湿度在半小时内降到 (75±3)%，然后半小时内将试验室内温度恢复到正常温度并稳定后将设备取出试验室进行外观检查。

5.4.5.2 技术要求

在恒定湿热条件下，绝缘电阻值应不小于 1MΩ。

5.5 机械性能测试

5.5.1 振动响应测试

5.5.1.1 测试方法

- 1) 严酷等级：1 级；
- 2) 振动频率范围：10Hz~150Hz；交越频率为 60Hz；
- 3) 扫描速率：1 倍频/min；
- 4) 交越频率以下位移幅值为 0.035mm；交越频率以上加速度为 5m/s²；
- 5) 振动方向：三个轴向，每个轴向扫频循环 1 次；
- 6) 试验时，施加规定的激励量，装置处于运行状态：
 - a) 检查装置通信应正常，上送事件应正确；
 - b) 检验装置工作状态应不发生改变；
- 7) 检验后，检查装置不应发生紧固零件松动及机械损坏现象，贴附的出厂铭牌不应脱落并能正常工作。

5.5.1.2 技术要求

装置应能承受 GB/T 11287-2000 中规定的等级为 1 级的振动响应试验，在试验过程中，不应改变原来的工作状态。试验后，不应发生紧固零件松动及机械损坏现象且装置应满足原技术要求。

5.5.2 振动耐久测试

5.5.2.1 测试方法

- 1) 严酷等级：1 级；

- 2) 振动频率范围：10Hz～150Hz；
- 3) 扫描速率：1 倍频/min；
- 4) 加速度：10m/s²；
- 5) 振动方向：三个轴向，每个轴向扫频循环 20 次；
- 6) 在试验期间，装置不加激励量；
- 7) 检验后
 - a) 检查装置不应发生紧固零件松动及机械损坏现象；
 - b) 检查贴附的出厂铭牌不应脱落并能正常工作。
- 8) 按要求复检。

5.5.2.2 技术要求

装置应能承受 GB/T 11287-2000 中等级为 1 级的振动耐久试验，试验后没有发生紧固零件松动及机械损伤现象且装置应满足原技术要求。

5.5.3 冲击响应测试

5.5.3.1 测试方法

- 1) 严酷等级：1 级；
- 2) 加速度：50m/s²；
- 3) 脉冲持续时间：11ms；
- 4) 上、下、左、右、前、后各 3 次；
- 5) 试验时，施加规定的激励量，装置处于运行状态：
 - a) 检查装置通信应正常，上送事件应正确；
 - b) 检验装置工作状态应不发生改变。
- 6) 检验后，检查装置不应发生紧固零件松动及机械损坏现象，贴附的出厂铭牌不应脱落并能正常工作。

5.5.3.2 技术要求

装置应能承受 GB/T 14537-1993 中等级为 1 级的冲击响应试验，在试验过程中，不应改变原来的工作状态。试验后，不应发生紧固零件松动及机械损坏现象且装置应满足原技术要求。

5.5.4 冲击耐久测试

5.5.4.1 测试方法

- 1) 严酷等级：1 级；
- 2) 加速度：150m/s²；
- 3) 脉冲持续时间：11ms；
- 4) 上、下、左、右、前、后各 3 次；
- 5) 在试验期间，装置不加激励量；
- 6) 检验后
 - a) 检查装置不应发生紧固零件松动及机械损坏现象；
 - b) 检查贴附的出厂铭牌不应脱落并能正常工作；
- 7) 按要求复检。

5.5.4.2 技术要求

装置应能承受 GB/T 14537-1993 中等级为 1 级的冲击耐久试验，试验后，不应发生紧固零件松动及机械损坏现象且装置应满足原技术要求。

5.5.5 碰撞测试

5.5.5.1 测试方法

- 1) 严酷等级：1 级；
- 2) 加速度：100m/s²；
- 3) 脉冲持续时间：16ms；
- 4) 上、下、左、右、前、后各 1000 次；
- 5) 在试验期间，装置不加激励量；
- 6) 检验后
 - a) 检查装置不应发生紧固零件松动及机械损坏现象；
 - b) 检查贴附的出厂铭牌不应脱落并能正常工作；
- 7) 按要求复检。

5.5.5.2 技术要求

装置应能承受 GB/T 14537-1993 中等级为 1 级的碰撞试验，试验后，没有发生紧固零件松动及机械损伤现象且装置应满足原技术要求。

5.6 电磁兼容测试

按照 DL/T 1512-2016 规定的要求和方法进行。

5.7 长期运行稳定性试验

为验证装置运行可靠性及可用性，需进行装置长期运行试验。

装置在常温下连续带电运行 100 小时或在高温 40℃下连续带电运行 72 小时，试验过程中每隔 12 小时抽测以下项目。

序号	项目
1	测量准确度试验
2	遥信正确率试验
3	遥控正确率试验
4	SOE 分辨率试验
5	对时精度测试

5.8 可靠性评估试验

5.8.1 MTBF 评估

根据可靠性试验结果，利用评估模型对产品的平均无故障工作时间 MTBF 进行评估。装置的平均无故障工作时间 MTBF 应满足 GB/T 13729-2019 的要求（MTBF≥8760 小时）。

5.8.2 低温步进应力试验

5.8.2.1 检验方法

按照 GB/T 29309-2012 中第 6.7 节规定的方法进行低温步进应力试验。

5.8.2.2 技术要求

装置的低温工作极限宜 $\leq -65^{\circ}\text{C}$ ，在施加应力高于低温工作极限限值时，装置应保持正常工作状态。

5.8.3 高温步进应力试验

5.8.3.1 检验方法

按照 GB/T 29309-2012 中第 6.8 节规定的方法进行高温步进应力试验。

5.8.3.2 技术要求

装置的高温工作极限宜 $\geq 110^{\circ}\text{C}$ ，在施加应力低于高温工作极限限值时，装置应保持正常工作状态。

5.8.4 快速温变循环试验

5.8.4.1 检验方法

按照 GB/T 29309-2012 中第 6.9 节规定的方法进行快速温变循环试验。

5.8.4.2 技术要求

装置在至少 5 个试验循环中，宜保持正常工作状态。

5.8.5 振动步进应力试验

5.8.5.1 检验方法

按照 GB/T 29309-2012 中第 6.10 节规定的方法进行振动步进应力试验。

5.8.5.2 技术要求

装置的振动工作极限宜 $\geq 28\text{Grms}$ ，在施加应力低于振动工作极限限制时，装置应保持正常工作状态。

5.8.6 综合应力循环试验

5.8.6.1 检验方法

按照 GB/T 29309-2012 中第 6.11 节规定的方法进行综合应力循环试验。

5.8.6.2 技术要求

装置在至少 5 个试验循环中，宜保持正常运行及工作状态。