

T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2025

智能配电网 一二次融合环网箱通信性能 测试指南

Guidelines for communication performance testing of primary and secondary
integrated ring main units in smart distribution networks

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国机电设备工程协会 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	1
4 测试环境	1
5 测试方法	1
5.1 遥测数据传输时延测试	1
5.2 遥控命令响应时延测试	2
5.3 数据采集功能测试	2
5.4 故障恢复能力测试	3
5.5 与外部系统兼容性测试	3
5.6 与内部设备兼容性测试	3
5.7 运行稳定性测试	3
6 测试报告	4

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××××提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：××××。

本文件主要起草人：××××。

智能配电网 一二次融合环网箱通信性能测试指南

1 范围

本文件规定了智能配电网一二次融合环网箱通信性能测试指南的测试环境、测试方法、测试报告。本文件适用于10 kV及以下智能配电网一二次融合环网箱的通信性能测试。

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 11022 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 26218.1 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分：定义、信息和一般原则
- 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 第3部分：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 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- 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

3 术语和定义

GB/T 11022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

通信性能 communication performance

环网箱与外部系统（如配电自动化主站）、内部设备（一次/二次设备）及其他智能设备之间数据传输的实时性、可靠性、兼容性及功能完整性的综合特性。

4 测试环境

应能在下列环境条件下测试：

- a) 环境温度：-25 ℃~40 ℃；
- b) 相对湿度不大于 90%；
- c) 海拔高度不大于 2000 m；
- d) 周围空气不受到尘埃、烟、腐蚀性和/或可燃性气体、蒸汽或盐雾的污染，污秽等级不应超过 GB/T 26218.1 规定的现场污秽严酷度 (SPS) 等级中的“c”；
- e) 覆冰厚度不超过 20 mm；
- f) 风速不超过 34 m/s。

5 测试方法

5.1 遥测数据传输时延测试

应按下列步骤执行：

- a) 设备连接：

- 1) 环网箱接入内部设备模拟装置;
- 2) 主站端部署网络协议分析仪, 环网箱与主站通过光纤/以太网连接, 配置通信协议。
- b) 参数设置:
 - 1) 遥测数据上传周期设为 1 s, 模拟装置输出信号精度不大于 0.2 级;
 - 2) 启动模拟装置, 依次输出额定值 50%、100%、120% 的三相电流/电压信号, 每种工况持续 5 min。
- c) 在主站端通过协议分析仪捕获遥测数据报文, 记录发送时间戳 (环网箱发送时刻 T_1) 和接收时间戳 (主站接收时刻 T_2);
- d) 每种工况重复测试 100 次, 计算单帧时延 $T=T_2-T_1$;
- e) 分别统计不同工况下的平均时延 (T_{avg})、最大时延 (T_{max})、99%分位时延 (T_{99});
- f) 判定标准:
 - 1) 平均时延 (T_{avg}) ≤ 200 ms;
 - 2) 最大时延 (T_{max}) ≤ 500 ms;
 - 3) 99%分位时延 (T_{99}) ≤ 400 ms。

5.2 遥控命令响应时延测试

应按下列步骤执行:

- a) 设备连接:
 - 1) 主站与环网箱建立通信链路, 配置遥控命令优先级为最高;
 - 2) 环网箱接入断路器模拟装置, 模拟一次设备机械动作, 设置动作时间不大于 200 ms。
- b) 参数设置:
 - 1) 遥控命令超时时间设为 3 s, 命令重传次数为 1 次;
 - 2) 主站向环网箱依次下发“合闸”“分闸”命令, 共 50 次循环操作。
- c) 记录命令下发时刻 (T_1)、环网箱执行完成时刻 (T_2 , 以遥信变位为准)、主站接收“执行成功”反馈时刻 (T_3);
- d) 计算命令响应时延 (T_3-T_1) 和执行动作时延 (T_2-T_1);
- e) 判定标准:
 - 1) 命令响应时延 ≤ 1 s (不含一次设备机械动作时间);
 - 2) 执行动作时延 ≤ 800 ms (不含一次设备机械动作时间);
 - 3) 执行成功率 100%, 无拒动、误动现象;
 - 4) 状态反馈报文与实际动作状态一致性 100%。

5.3 数据采集功能测试

应按下列步骤执行:

- a) 设备连接:
 - 1) 环网箱接入模拟量采集装置和开关量模拟装置;
 - 2) 主站端部署数据校验工具, 通过光纤/以太网与环网箱建立通信。
- b) 参数设置:
 - 1) 模拟量采集装置设置: 依次输出额定值的 0%、20%、50%、100%、120% (电流/电压), 每种工况持续 3 min;
 - 2) 开关量模拟装置设置: 以 1 次/秒的频率切换“分闸→合闸”状态, 共 1000 次循环。
- c) 数据采集与记录:
 - 1) 主站实时接收环网箱上传的遥测数据 (电流、电压) 和遥信数据 (开关状态);
 - 2) 记录采集值 (A) 与模拟装置输出标准值 (B), 计算误差: 误差 = $|A-B|/B \times 100\%$;
 - 3) 统计遥信变位响应时间 (从模拟装置状态切换到主站显示变位的时间间隔)。
- d) 判定标准:
 - 1) 遥测数据误差 $\leq 0.5\%$;
 - 2) 遥信变位响应时间 ≤ 100 ms;
 - 3) 数据完整性: 无丢包、错包, 遥测/遥信数据上传成功率 100%。

5.4 故障恢复能力测试

应按下列步骤执行：

- a) 通信中断恢复测试：
 - 1) 环网箱与主站通过光纤连接，正常传输遥测数据（周期 1 s）；
 - 2) 手动断开光纤（模拟链路中断），持续 30 s 后恢复连接；
 - 3) 记录中断期间数据缓存情况，检查是否支持本地存储及恢复后数据补发完整性，中断期间的历史数据是否上传。
- b) 电源故障恢复测试：
 - 1) 环网箱接入备用电源，主站下发“持续上传遥测”命令；
 - 2) 切断主电源，模拟掉电，30 s 后恢复供电；
 - 3) 记录电源切换时间、重启后业务恢复时间及数据丢失量。
- c) 判定标准：
 - 1) 通信中断恢复：恢复后 10 s 内数据传输恢复正常，历史数据补发完整，丢失量不大于 0.1%；
 - 2) 电源故障恢复：切换时间 ≤ 100 ms，业务恢复时间 ≤ 30 s，无数据丢失或配置参数异常。

5.5 与外部系统兼容性测试

应按下列步骤执行：

- a) 协议兼容性测试：
 - 1) 环网箱分别接入 3 家不同厂家的主站系统；
 - 2) 配置相同的遥测上传周期（1 s）和遥控命令优先级，依次进行遥测、遥控功能测试（同 5.1、5.2 步骤）。
- b) 数据交互测试：
 - 1) 主站下发跨协议命令，验证环网箱协议转换能力；
 - 2) 统计不同协议下的通信成功率、数据传输时延。
- c) 判定标准：
 - 1) 协议兼容性：支持至少 2 种主流协议，跨协议命令解析成功率 100%；
 - 2) 性能一致性：不同协议下的遥测时延、遥控响应时间符合 5.1、5.2 判定标准。

5.6 与内部设备兼容性测试

应按下列步骤执行：

- a) 设备连接：
 - 1) 环网箱接入 3 种不同型号的内部设备：保护装置（支持 GOOSE 报文）、合并单元（输出采样值 SV）、智能终端（遥信/遥控接口）；
 - 2) 通过光纤组网，配置采样率 2500 点/秒。
- b) 数据交互测试：
 - 1) 保护装置模拟“过流跳闸”故障，触发 GOOSE 报文上送环网箱；
 - 2) 合并单元输出额定电流 100%、120% 的 SV 采样值；
 - 3) 环网箱转发上述数据至主站，主站验证数据完整性和实时性。
- c) 判定标准：
 - 1) GOOSE 报文传输时延 ≤ 3 ms（从保护装置发送到环网箱接收）；
 - 2) SV 采样值误差 $\leq 0.2\%$ ，数据帧丢失率 $\leq 0.01\%$ ；
 - 3) 多设备并发通信时（3 台设备同时发送数据），环网箱 CPU 占用率 $\leq 70\%$ 。

5.7 运行稳定性测试

5.7.1 耐高温测试

应按下列步骤执行：

- a) 将环网箱放入高温试验箱，设置环境温度：40 ℃，持续 48 h，相对湿度 90%；
- b) 接入模拟装置，主站持续接收遥测数据（周期 1 s）；
- c) 每 2 h 记录一次环网箱外壳温度、CPU 温度及数据传输成功率；

- d) 判定标准：48 h 内无死机、重启，数据传输成功率 $\geq 99.9\%$ ，遥测时延符合 5.1 标准。

5.7.2 耐低温测试

应按下列步骤执行：

- a) 低温试验箱设置：-25 ℃，持续 48 h，环网箱不通电预处理 2 h 后上电；
- b) 模拟装置输出额定电流 50% 信号，主站下发 50 次遥控分合闸命令；
- c) 记录低温下设备启动时间及命令执行成功率；
- d) 判定标准：启动时间 ≤ 60 s，遥控成功率 100%，无数据中断。

5.7.3 温度循环测试

应按下列步骤执行：

- a) 试验准备：将环网箱放入高低温交变试验箱，接入电流/电压模拟装置及主站监控系统，配置遥测数据上传周期为 1 s；
- b) 温度循环设置：
 - 1) 初始温度设置为-25 ℃，保持 2 h；
 - 2) 以 1 ℃/min 的速率升温至 40 ℃，保持 2 h；
 - 3) 以 1 ℃/min 的速率降温至-25 ℃，保持 2 h，完成 1 个循环；
 - 4) 重复上述循环过程，共执行 10 个完整循环。
- c) 功能测试：在每个循环的-25 ℃、0 ℃、40 ℃三个温度节点，分别进行 1 次遥测数据采集（持续 5 min）和 5 次遥控分合闸操作；
- d) 数据记录：记录各温度节点的遥测数据误差、遥控响应时延及设备运行状态（无死机、重启）；
- e) 判定标准：
 - 1) 所有温度节点遥测数据误差 $\leq 0.5\%$ ，遥控响应时延 ≤ 1 s；
 - 2) 10 个循环内设备无机械变形、元器件损坏，数据传输成功率 $\geq 99.9\%$ 。

5.7.4 抗电磁干扰测试

应按下列规定执行：

- a) 静电放电抗扰度：应按 GB/T 17626.2 的规定执行；
- b) 射频电磁场辐射抗扰度：应按 GB/T 17626.3 的规定执行；
- c) 电快速瞬变脉冲群抗扰度：应按 GB/T 17626.4 的规定执行；
- d) 浪涌（冲击）抗扰度：应按 GB/T 17626.5 的规定执行；
- e) 工频磁场抗扰度：应按 GB/T 17626.8 的规定执行；
- f) 脉冲磁场抗扰度：应按 GB/T 17626.9 的规定执行；
- g) 阻尼震荡磁场抗扰度：应按 GB/T 17626.10 的规定执行。

6 测试报告

测试报告应至少包含下列内容：

- a) 测试日期；
- b) 测试环境；
- c) 测试设备；
- d) 测试内容；
- e) 测试结果；
- f) 异常情况记录；
- g) 测试人员签字。