

ICS 29.130.10

CCS K 43



# 团体标准

T/CEATEC XXX—2025

## 智能型一二次融合成套环网箱可靠性 试验方法

Test methods for reliability of integrated ring network boxes with intelligent  
primary and secondary integration

(征求意见稿)

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 试验条件 .....	1
4.1 环境条件 .....	1
4.2 供电条件 .....	2
4.3 场地条件 .....	2
5 设备要求 .....	2
5.1 电气性能试验设备 .....	2
5.2 环境试验设备 .....	2
5.3 机械操作试验设备 .....	3
5.4 电磁兼容试验设备 .....	3
5.5 一二次融合模块测试设备 .....	3
6 试验样品 .....	3
6.1 样品数量 .....	3
6.2 样品预处理 .....	3
6.3 样品安装 .....	4
7 测试方法 .....	4
7.1 环境适应性试验 .....	4
7.2 一二次融合模块可靠性试验 .....	5
7.3 加速寿命试验 .....	5
7.4 电磁兼容性试验 .....	5
8 数据处理 .....	5
8.1 数据核查 .....	5
8.2 核心参数计算 .....	6
8.3 数据验证与修正 .....	6
9 试验报告 .....	6
9.1 试验概况 .....	6
9.2 试验结果与数据 .....	6
9.3 试验结论 .....	7

## 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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

# 智能型一二次融合成套环网箱可靠性试验方法

## 1 范围

本文件规定了智能型一二次融合成套环网箱可靠性试验的试验条件、试验仪器设备要求、试验样品要求、试验项目及方法、数据处理与评定等相关技术要求。

本文件适用于额定电压 3.6kV~40.5kV、额定频率 50Hz 的智能型一二次融合成套环网箱。

## 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 3906 3.6kV~40.5kV交流金属封闭开关设备和控制设备

GB/T 5080.1 可靠性试验 第1部分：试验条件和统计检验原理

DL/T 1529 配电自动化终端设备检测规程

DL/T 2805 12kV一二次融合环网箱

## 3 术语和定义

DL/T 2805规定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**智能型一二次融合成套环网箱** intelligent integrated primary-secondary ring network cabinet

集成一次开关设备、互感器、电缆附件等一次设备，以及数字式传感单元、数字式主控单元、电源模块、通信模块等二次设备，通过标准化接口实现一二次设备信息交互与协同工作，具备数据采集、故障诊断、控制保护、远程通信等智能化功能的成套环网供电设备。

### 3.2

**一二次融合模块** primary-secondary integration module

集成模拟量采集、开关量输入/输出、通信接口、电源转换等功能，用于实现一次设备电参量采集、状态监测、控制指令执行及与后台系统通信的模块化组件，是智能型环网箱的核心智能单元。

### 3.3

**数据漂移量** data drift amount

在恒定输入信号和恒定试验条件下，一二次融合模块采集值随时间变化的最大偏差，反映模块长期工作的稳定性。

## 4 试验条件

### 4.1 环境条件

#### 4.1.1 温度

15℃~35℃。

#### 4.1.2 湿度

45%~75%。

#### 4.1.3 大气压力

86kPa~106kPa。

### 4.2 供电条件

#### 4.2.1 交流电源

试验用交流电源应满足下列要求：

- a) 电压偏差：±1%；
- b) 频率偏差：±0.5Hz；
- c) 波形畸变率：≤2%（正弦波）；
- d) 三相电压不平衡度：≤1%。

#### 4.2.2 直流电源

试验用二次回路的直流电源应满足下列要求：

- a) 电压偏差：±2%；
- b) 纹波系数：≤1%；
- c) 输出电流能力：不小于被试环网箱二次回路额定电流的 1.2 倍。

### 4.3 场地条件

场地条件如下：

- a) 试验场地应平整、干燥、无粉尘、无腐蚀性气体，周围无强电磁干扰源（电磁兼容试验除外）；
- b) 试验场地应配备可靠的接地系统，接地电阻≤4Ω；
- c) 试验场地应配备绝缘防护装备、消防器材等。

## 5 设备要求

### 5.1 电气性能试验设备

#### 5.1.1 绝缘电阻表

测量范围0~10000MΩ，试验电压 500V/1000V/2500V/5000V 可切换，示值误差≤±5%。

#### 5.1.2 工频耐压试验仪

输出电压0~100kV 连续可调，电流 0~5A，电压波形畸变率≤3%，具备过流、过压保护功能。

#### 5.1.3 局部放电检测仪

测量范围0~1000pC，灵敏度≤1pC，频率范围 10kHz~300kHz，背景噪声≤2pC。

#### 5.1.4 温升试验仪

电流输出范围0~3000A，电流稳定度 ±0.5%，测温精度 ±0.5℃，支持多通道测温数据同步采集。

#### 5.1.5 电能质量分析仪

电压测量范围0~400V，电流测量范围 0~5A，频率测量范围 45Hz~55Hz，谐波分析次数≤50 次，精度等级 0.2 级。

### 5.2 环境试验设备

#### 5.2.1 高低温试验箱

温度范围-70℃~150℃，控温精度 ±0.5℃，温度均匀度≤2℃，工作室容积不小于 1m<sup>3</sup>

#### 5.2.2 交变湿热试验箱

温度范围-40℃~150℃，相对湿度范围 20%~98%，控温精度 ±0.5℃，控湿精度±3%，支持12h+12h 湿热循环模式。

#### 5.2.3 盐雾试验箱

工作室容积不小于 0.5m<sup>3</sup>，盐雾沉降量1mL/（80cm<sup>2</sup>·h）~2mL/（80cm<sup>2</sup>·h），可连续喷雾或间歇喷雾，试验温度 35℃±2℃。

#### 5.2.4 振动试验台

频率范围 5Hz~2000Hz，最大加速度  $100\text{m/s}^2$ ，最大位移 50mm，支持正弦振动、随机振动模式，台面尺寸不小于  $500\text{mm}\times 500\text{mm}$ 。

### 5.3 机械操作试验设备

#### 5.3.1 机械操作试验台

可实现分合闸电动 / 手动操作，操作频率 0~10 次 /min 可调，操作力矩测量范围 0~500N·m，测量精度  $\pm 1\%$ 。

#### 5.3.2 位移传感器

测量范围 0~500mm，测量精度  $\pm 0.1\text{mm}$ ，响应频率  $\geq 1\text{kHz}$ 。

#### 5.3.3 计数器

累计计数范围 0~99999 次，计数精度  $\pm 1$  次，支持操作循环自动计数与暂停功能。

### 5.4 电磁兼容试验设备

#### 5.4.1 静电放电发生器

输出电压 0~30kV，电压精度  $\pm 5\%$ ，放电次数 1~999 次可设定，放电间隔 1s~99s 可调。

#### 5.4.2 电快速瞬变脉冲群发生器

输出电压 0~6kV，脉冲频率 1kHz~1MHz 可调，脉冲上升时间 5ns~10ns，输出阻抗  $50\Omega$ 。

#### 5.4.3 浪涌发生器

输出电压 0~10kV，浪涌波形 1.2/50  $\mu\text{s}$ （电压波）、8/20  $\mu\text{s}$ （电流波），能量不小于 2kJ。

#### 5.4.4 射频电磁场辐射抗扰度试验系统

频率范围 80MHz~2.7GHz，场强范围 1V/m~100V/m，场强均匀度  $\pm 3\text{dB}$ ，支持连续波、调制波（AM 80%，1kHz）模式。

### 5.5 一二次融合模块测试设备

#### 5.5.1 模拟量采集测试装置

输出电压 0~10V、电流 0~1A 模拟信号，信号精度  $\pm 0.1\%$ ，支持谐波叠加功能。

#### 5.5.2 通信协议测试仪

支持 DL/T 645 等协议，可模拟主站/从站通信，测量通信延迟、丢包率，通信速率 1200bps~100Mbps 可调。

#### 5.5.3 电源模块测试系统

输入电压范围 85V~265V（交流）、12V~48V（直流），输出电压 0~100V 可调，输出电流 0~50A，测量效率、纹波系数等参数，精度  $\pm 0.5\%$ 。

## 6 试验样品

### 6.1 样品数量

#### 6.1.1 寿命试验样品

加速寿命试验、长期可靠性试验应选取不少于 3 台样品，样品应与型式试验样品同批次、同规格，确保试验结果具有代表性。

#### 6.1.2 专项试验样品

环境适应性试验、电磁兼容试验、机械操作可靠性试验等专项试验，可选取不少于 1 台样品，优先选用型式试验留样；若专项试验可能对样品造成永久性损坏，应单独选取样品。

### 6.2 样品预处理

#### 6.2.1 外观检查

对试验样品进行外观全面检查，要求如下：

- a) 外壳无损伤、变形、锈蚀、裂纹等缺陷；
- b) 部件装配完整、紧固，连接件无松动；
- c) 标识清晰、准确，包括产品型号、规格、生产批号、生产日期、生产厂家等；

d) 观察窗、密封件完好，无渗漏（SF<sub>6</sub>气体绝缘环网箱需检测气体压力是否正常）。

### 6.2.2 性能测试

按照产品技术文件要求进行预处理测试，测试项目包括：

a) 绝缘电阻测试：用 2500V 绝缘电阻表测量，一次回路对地、相间绝缘电阻不小于 1000MΩ，二次回路对地绝缘电阻不小于 100MΩ；

b) 机械操作空载试验：进行 10 次分合闸空载操作，操作灵活、无卡滞，分合闸位置指示正确；

c) 一二次融合模块功能验证：测试数据采集、通信、保护功能，确保模块工作正常；

d) SF<sub>6</sub>气体绝缘环网箱需进行气体密度检测，密度值符合产品技术要求，无泄漏。

### 6.2.3 环境预处理

预处理合格后的样品，应在标准大气条件下放置不少于 24h，使样品温度与环境温度一致，再进行正式试验。

## 6.3 样品安装

样品安装要求如下：

a) 样品应按照产品技术文件规定的运行工况进行安装，固定牢固，安装方式与实际现场安装一致；

b) 一次回路接线应符合 GB/T 3906 的规定，导线截面、连接方式与额定参数匹配，接地可靠；

c) 二次回路接线正确，线束排列整齐，标识清晰，通信链路连接畅通，避免与一次回路强电部分交叉干扰；

d) 试验用辅助设备（如电流源、电压源、负载等）应与样品匹配，连接牢固，接线端子做好绝缘防护；

e) 安装完成后，应再次检查接线正确性、紧固性，确保无短路、断路隐患。

## 7 测试方法

### 7.1 环境适应性试验

#### 7.1.1 低温试验

试验步骤如下：

a) 将样品放入高低温试验箱，关闭箱门，以 1℃/min 的速率降温至 -40℃，保持 16h；

b) 试验期间，对样品施加额定工作电压，监测二次模块通信状态、开关分合闸功能；

c) 试验结束后，以 1℃/min 的速率升温至标准大气温度，静置 2h 后，测试绝缘电阻和机械操作性能。

#### 7.1.2 高温试验

试验步骤如下：

a) 将样品放入高低温试验箱，以 1℃/min 的速率升温至 70℃，保持 16h；

b) 试验期间，接入额定电流负荷，监测温升数据和二次模块工作状态；

c) 试验结束后，降温至标准大气温度，静置 2h，测试机械操作性能，接入绝缘电阻表测试绝缘电阻。

#### 7.1.3 交变湿热试验

试验步骤如下：

a) 样品放入交变湿热试验箱，设置循环参数，温度 25℃→55℃→25℃，循环周期 12h+12h，相对湿度 95%±3%，共进行 10 个循环；

b) 每 2 个循环测试一次绝缘电阻；

c) 试验结束后，检查样品是否出现锈蚀、凝露、绝缘件霉变等现象。

#### 7.1.4 盐雾腐蚀试验

试验步骤如下：

a) 配置盐溶液：浓度 5%±1%，pH 值 6.5~7.2；

b) 将样品放入盐雾试验箱，设定喷雾压力 0.07MPa~0.17MPa，温度 35℃±2℃；

c) 持续喷雾 48h，试验结束后，用清水冲洗样品表面盐分，在标准大气条件下干燥 24h；

d) 检查金属部件锈蚀情况，机械操作性能，接入绝缘电阻表测试绝缘电阻。

## 7.2 一二次融合模块可靠性试验

### 7.2.1 数据采集试验

试验步骤如下：

- a) 用模拟量测试装置输出标准电压（0~10V）、电流（0~1A）信号，接入融合模块采集端口；
- b) 设定信号值每 5min 变化一次，覆盖量程的 0%~100%，持续测试 24h；
- c) 记录标准信号值，每个标准信号值下，至少采集 3 次数据，取算术平均值作为最终采集值；
- d) 计算测量误差和数据漂移量。

### 7.2.2 通信试验

试验步骤如下：

- a) 用通信协议测试仪与融合模块建立通信连接，设定通信速率 100Mbps；
- b) 连续发送 10000 帧数据，监测数据丢包率、通信延迟时间；模拟现场多设备组网环境，测试模块抗干扰通信能力；
- c) 持续通信测试 72h，记录模块是否出现通信中断、死机等现象。

### 7.2.3 保护试验

试验步骤如下：

- a) 用保护校验装置模拟过载、短路故障信号，接入融合模块；
- b) 测试模块保护动作阈值精度、动作响应时间，重复测试 100 次，记录动作正确率；
- c) 模拟故障信号消失后，测试模块自动复位功能是否正常。

## 7.3 加速寿命试验

试验步骤如下：

- a) 选取温度应力（85℃）和电压应力（1.1 倍额定电压）作为加速因子；
- b) 将 3 台试验样品放入试验箱，接入应力条件，保持设备持续运行；
- c) 试验期间，实时监测设备运行状态，记录故障发生时间、故障模式；若样品出现故障，更换同批次样品继续试验，直至达到预定试验时间；
- d) 记录试验中故障数、预定试验时间内的总累积试验时间。

## 7.4 电磁兼容性试验

### 7.4.1 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

试验步骤如下：

- a) 试验等级：电源端口  $\pm 2\text{kV}$ ，信号端口  $\pm 1\text{kV}$ ，脉冲频率 5kHz；
- b) 将脉冲群发生器接入样品的电源端口和通信端口，施加脉冲干扰，持续时间 1min；
- c) 试验期间，监测二次模块是否出现死机、数据错误、通信中断等现象。

### 7.4.2 浪涌（冲击）抗扰度试验：

试验步骤如下：

- a) 试验等级：电源端口  $\pm 4\text{kV}$ ，信号端口  $\pm 2\text{kV}$ ，波形 1.2/50  $\mu\text{s}$ ；
- b) 对样品的电源输入端口、通信端口施加浪涌干扰，每个极性施加 5 次，间隔 1min；
- c) 试验期间，监测设备是否出现跳闸、模块损坏等故障。

### 7.4.3 射频电磁场辐射抗扰度试验

试验步骤如下：

- a) 试验等级：场强 10V/m，频率范围 80MHz~2.7GHz；
- b) 将样品放置在测试暗室中，施加射频电磁场辐射，持续时间 10min；
- c) 试验期间，监测二次模块的通信丢包率。

## 8 数据处理

### 8.1 数据核查

试验数据应真实、完整、准确，记录数据需包含试验时间、试验条件、仪器设备编号、操作人员等信息。

## 8.2 核心参数计算

8.2.1 计数型数据（如故障次数、通信丢包次数等）采用频率统计法计算故障频率，即故障频率=故障次数/总试验次数×100%。

### 8.2.2 数据采集计算

数据误差计算公式见式（1）：

$$\delta = \frac{|\Delta X|}{X_{\text{标}}} \quad (1)$$

其中：

$\delta$ ——相对误差；

$\Delta X$ ——绝对误差，为最终采集值与标准信号值的差值；

$X_{\text{标}}$ ——标准信号值。

### 8.2.3 加速寿命计算

若试验过程中无故障发生，MTBF取值为预定试验时间的1.5倍，具体计算公式见式（2）：

$$\theta = \frac{T_0}{r} \quad (2)$$

其中：

$\theta$ ——平均无故障工作时间（MTBF）；

$T_0$ ——预定试验时间内的总累积试验时间；

$r$ ——试验中实际发生的故障数。

### 8.2.4 可靠度计算

假设环网箱的故障分布服从指数分布，可靠度计算公式见式（3）：

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

其中：

$R(t)$ ——产品在时间t内的可靠度；

$\lambda$ ——失效率，为平均无故障工作时间（MTBF）的倒数；

$t$ ——工作时间。

## 8.3 数据验证与修正

### 8.3.1 数据验证

对关键可靠性指标（绝缘电阻、采集精度、MTBF）进行重复性验证，同一样品在相同试验条件下重复测试 3 次，按GB/T 5080.1的规定计算测试结果的变异系数。

### 8.3.2 数据修正

对计算过程中发现的公式应用错误、数据代入偏差等问题，及时修正并重新计算，同时记录修正原因、修正过程及前后数据对比结果。修正后的结果需再次进行重复性验证，确保准确性。

## 9 试验报告

### 9.1 试验概况

试验概况应包括以下内容：

- a) 报告基本信息：报告编号、试验名称、试验单位、试验日期（起止时间）、试验地点；
- b) 委托与承接信息：委托单位（若有）、委托日期、试验任务书编号；承接试验部门、项目负责人；
- c) 试验目的：明确试验类型及核心目的；
- d) 试品信息：包括基础信息、技术参数、样品预处理记录和样品状态说明；
- e) 试验设备；
- f) 试验依据；
- g) 试验项目。

### 9.2 试验结果与数据

试验结果应包括以下内容：

- a) 原始数据：每台样品的关键测量数据（如操作力矩、绝缘电阻、温升峰值、局部放电量等），附原始记录表；
- b) 试验现象：详细描述试验过程中的异常现象，无异常则注明“无异常”；
- c) 可靠性指标计算：列出 MTBF、失效率、可靠度的计算过程及结果，注明计算依据；
- d) 综合试验结果：汇总所有单项试验结果，明确本次试验样品的整体合格情况。

### 9.3 试验结论

明确样品在试验条件下的可靠性。