

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/CIEP XXXX—XXXX

12 kV 一二次融合柱上开关状态评价技术规范

Technical specification for status evaluation of primary and secondary fusion 12 kV pole-mounted switchgear

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国工业环保促进会 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 总则	2
4.1 评价目的	2
4.2 评价原则	2
4.3 评价基本要求	3
4.4 评价周期	3
5 设备分类及组成	3
5.1 概述	3
5.2 开关本体及操动机构	3
5.3 传感与取能单元	3
5.4 控制与通信单元	4
5.5 连接部件	4
5.6 设备组成与评价单元划分	4
6 信息来源	6
7 状态采集	6
7.1 采集分类	6
7.2 主控模块状态采集	6
7.3 电源模块及后备电源状态评价	8
7.4 无线模块状态评价	9
7.5 一次开关状态评价	10
7.5 通信协议要求	12
8 评价方法	15
8.1 评价体系	15
8.2 主控模块评价方法	15
8.3 电源模块及后备电源评价方法	15
8.4 无线模块评价方法	16
8.5 一次设备评价方法	16
8.6 配电一二次成套设备综合评价方法	16
8.7 评价状态	17

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。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

12 kV 一二次融合柱上开关状态评价技术规范

1 范围

本文件规定了12 kV一二次融合柱上开关状态评价的总体要求、设备分类及组成、信息来源、状态评价、评价方法及通信协议。

本文件适用于12 kV一二次融合柱上开关。

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 13729 远动终端设备
- GB/T 19638.1 固定型阀控式铅酸蓄电池第1部分：技术条件
- GB/T 34870.1 超级电容器第1部分：总则
- GB/T 35732 配电自动化终端技术规范
- GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
- DL/T 721 配电自动化终端技术规范
- DL/T 637 电力用固定型阀控式铅酸蓄电池
- DL/T 860 电力自动化通信网络和系统
- DL/T 1406 配电自动化技术导则
- DL/T 1529 配电自动化终端检测规范
- DL/T 1910 配电网分布式馈线自动化技术规范
- NB/T 42083 电力系统用固定型铅酸蓄电池安全运行使用技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

一二次融合柱上断路器 primary and secondary fusion pole-mounted circuit breaker

一种将柱上断路器、馈线终端、后备电源、预制式航插电缆、互感器等关键部件进行一体化设计，实现在线监控、故障识别及定位、故障就地隔离和电量计算等功能的柱上断路器成套化设备。

3.2

一二次融合柱上负荷开关 primary and secondary fusion pole-mounted load switchgear

一种将柱上负荷开关、馈线终端、后备电源、预制式航插电缆、互感器等关键部件进行一体化设计，实现在线监控、故障识别及定位、故障就地处理和电量计算等功能的柱上负荷开关成套化设备。

3.3

一二次融合柱上开关 primary and secondary fusion pole-mounted switchgear

一二次融合柱上断路器和一二次融合柱上负荷开关的总称。

3.4

开关设备部件 switchgear component

功能相对独立的设备单元，包括但不限于真空断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、套管及连接端子等部件。

3.5

终端设备部件 terminal unit component

功能相对独立的设备单元，包括但不限于核心模块、电源模块、无线模块、后备电源、航空插件等部件。

3.6

设备状态量equipment condition indicators

直接或间接表征设备状态的各类信息，如数据、声音、图像、现象等，通常需通过在线监测获取。

3.7

设备状态equipment condition

对设备持续安全运行能力的一种表述，由12 kV一二次融合柱上开关各部件及其状态量评价确定。分为正常、注意、异常和严重四种状态。

3.8

状态评价Condition Assessment of Key Components

通过对采集状况、绝缘状况进行监测分析等手段得到的表征关键元器件状态的评价方法。

3.9

正常状态normal condition

各状态量处于稳定且在规程规定的警示值、注意值（简称“标准限值”）以内，设备可以正常运行的状态。

3.10

注意状态attentive condition

单项（或多项）状态量变化趋势朝接近标准限值的方向发展，但未超过标准限值，设备仍可以继续运行，但应加强运行中的监视的状态。

3.11

异常状态abnormal condition

单项重要状态量变化较大，已接近或略微超过标准限值，设备应重点监视运行，并适时安排停电检修的状态。

3.12

严重状态serious condition

单项重要状态量严重超过标准限值，设备应尽快安排停电检修的状态。

4 总则

4.1 评价目的

包括以下内容：

- a) 规范 12 kV 一二次融合柱上开关设备的状态评价工作，统一评价原则、内容和方法，提高设备运维检修的针对性和有效性；
- b) 通过量化评估设备的实际运行状态，及时发现潜在缺陷与运行风险，科学判定设备健康水平，为设备全寿命周期管理及配电网安全运行提供技术支撑；
- c) 状态评价结果划分为正常、注意、异常和严重四种等级，作为制定设备巡检周期、检修策略及技改更换计划的主要依据。

4.2 评价原则

包括以下内容：

- a) 科学性：评价体系应基于设备的内在机理和运行规律，采用定性分析与定量计算相结合的方法，客观反映设备的实际状况；
- b) 综合性：评价应全面考虑设备的基础参数、运行环境、历史数据、试验数据及家族缺陷等因素，覆盖开关本体、传感器、终端及电源等所有关键部件；
- c) 层次化：评价采用“部件→单元→整体”三级量化结构，先对基础部件进行评价，再逐级综合形成单元评价和整体评价，确保评价结果的可追溯性；
- d) 动态性：状态评价应实行动态管理，依据设备运行工况、试验数据、缺陷记录等信息的更新，定期或触发式地对设备状态进行重新评估；

- e) 差异性：针对不同应用场景（如电缆网与架空网联络、普通负荷分支、分布式能源接入点等），以及不同类型的开关（断路器或负荷开关），评价重点和权重应有所区别。

4.3 评价基本要求

包括以下内容：

- a) 状态评价应以设备的实际运行工况、历次试验数据、家族质量史和缺陷记录为基础，数据应准确、项目应齐全、结论应明确；
- b) 状态评价依据的主要状态量包括：
 - 1) 巡检记录（日常巡视、特殊巡视、带电检测结果）；
 - 2) 例行试验数据（预防性试验、交接试验、出厂试验）；
 - 3) 诊断性试验数据（专项检测、解体检查等）；
 - 4) 运行信息（动作次数、短路电流冲击记录、负荷情况、故障录波等）；
 - 5) 检修记录（消缺、维护、更换情况）；
 - 6) 家族缺陷信息（同厂家、同批次设备的质量通报及缺陷统计）；
 - 7) 在线监测数据（如有）。
- c) 对于采用整体设计的一二次融合设备，评价时应重点关注一二次设备在运行中的配合度、绝缘协调性以及电磁兼容性能的保持情况，不应将一次设备和二次设备割裂评价；
- d) 评价工作应按照部件、单元、整体三级进行量化评价。各部件状态量按权重加权得出单元评价结果，各单元评价结果按权重加权得出整体评价结果。评价细则及权重划分应符合本规范后续章节的规定；
- e) 状态评价结果应纳入配网设备运检管理体系，并作为设备检修、技改及更换计划制定的核心依据。

4.4 评价周期

包括以下内容：

- a) 定期评价：新建或改造设备投运后1年内应进行一次全面状态评价；之后常规设备宜每年进行一次全面评价，对于运行稳定、状态良好的设备可根据运行经验适当延长周期，但最长不超过2年；
- b) 动态（触发式）评价：当设备发生以下情况之一时，应及时进行动态评价：
 - 1) 设备经历短路故障电流冲击后；
 - 2) 设备在运行中发生异常或动作不正确；
 - 3) 遭遇恶劣天气（如特大暴雨、强风、冰雹）或地质灾害后；
 - 4) 存在严重缺陷或家族性缺陷需重点核查时；
 - 5) 根据在线监测数据或巡检发现异常需进一步评估时。

5 设备分类及组成

5.1 概述

12 kV一二次融合柱上开关是将高压开关本体、嵌入式传感器、馈线终端及连接部件进行深度融合与集约化集成的成套设备，具备测量、保护、控制、通信等智能化功能。其组成涵盖一次设备、二次设备及连接部件，各部分在结构和功能上相互关联，共同构成完整的智能化开关设备。

5.2 开关本体及操动机构

5.2.1 开关本体包括高压开关主体（断路器或负荷开关）、灭弧室（通常为真空灭弧室）、绝缘部件（固体绝缘或气体绝缘）、导电回路及壳体等。

5.2.2 操动机构分为弹簧操动机构、永磁操动机构等类型，用于实现开关的分合闸操作，并具备手动/电动操作功能。

5.3 传感与取能单元

5.3.1 电磁式互感器类：包括电源互感器、线电压互感器、电流互感器等，用于提供设备工作电源及一次侧电气量采样。

5.3.2 电子式互感器类：包括电子式电压互感器（相序电压互感器、零序电压互感器）、电子式电流互感器（相序电流互感器、零序电流互感器）等，用于实现高精度电气量测量。

5.3.3 取能装置：除采用电压互感器取能外，部分设备采用电容取电装置从高压线路直接取能，作为馈线终端的工作电源。

5.4 控制与通信单元

5.4.1 馈线终端：是二次核心单元，内部集成以下功能模块：

- a) 电源管理模块：负责外部取能电源的变换、稳压及后备电源的充放电管理；
- b) 主控模块：完成数据采集、运算处理、保护逻辑判断及控制指令输出；
- c) 无线通信模块：实现与主站系统的远程数据交互；

5.4.2 后备电源：通常采用蓄电池或超级电容，在主电源失电时保证终端短时工作。

5.4.3 采集单元（ADMU）：部分设备将 ADMU（采集与数据合并单元）与开关本体一体化设计，用于汇集开关的遥测、遥信信号，经过处理后通过数字接口传输至馈线终端。

5.4.4 状态监测扩展模块：具备行波故障定位、绝缘在线监测等高级功能的设备，可配置专用监测模块。该模块可集成于馈线终端内部，也可作为独立模块通过航空插头与馈线终端对接。与主站的数据传输应采用加密算法，确保信息安全。

5.5 连接部件

5.5.1 连接电缆及航空插头：采用标准化航空插头（航插）及专用电缆，实现开关本体与馈线终端之间的电气连接，传输内容包括：

- a) 电源（取自互感器或电容取电装置）；
- b) 模拟量信号（电压、电流采样值）；
- c) 状态量信号（开关位置、机构状态等）；
- d) 控制量信号（分合闸指令）。

5.5.2 连接部件应满足户外恶劣环境下的长期运行要求，具备防水、防尘、防腐蚀及抗电磁干扰能力。

5.6 设备组成与评价单元划分

5.6.1 设备组成

为便于状态评价工作的开展，将12 kV一二次融合柱上开关划分为以下评价单元，各单元由若干基础部件构成，具体包含表1中内容：

表 1 12 kV 一二次融合柱上开关单元组成和功能说明

评价单元	主要组成部件	功能说明
开关本体单元	高压开关主体、灭弧室、绝缘件、导电回路	实现主回路通断及绝缘承载
操动机构单元	弹簧/永磁机构、辅助开关、分合闸线圈	提供分合闸操作动力
传感与取能单元	互感器、传感器、电容取电装置	实现电气量采样及设备取能
馈线终端单元	电源管理模块、核心模块、无线模块、后备电源	实现数据采集、保护控制及通信
扩展监测单元	行波定位模块、绝缘监测模块（如配置）	实现高级状态监测功能
连接部件单元	连接电缆、航空插头、接线端子	实现一二次设备电气连接

5.6.2 主控模块

包括以下内容：

- a) 馈线终端核心单元模拟量采集端口应适配一次互感器的配置模式，包含电磁式、电子式、数字式以及其它新型模式。馈线终端模拟量采集端口的输入阻抗、采集范围等要与配套互感器相匹配；
- b) 馈线终端核心单元的控制回路应适配一次开关的操作机构，包含弹簧机构、永磁机构、磁控机构以及其它用于中压开关的操作机构。馈线终端需与配套的一次开关操作机构相匹配；
- c) 馈线终端核心单元应具备数据采集、控制、故障处理和通信等功能。

5.6.3 无线模块

包括以下内容：

- a) 无线模块根据使用需求，与主站传输通道可采用无线公网、无线专网通信等方式中的一种或多种；
- b) 无线模块根据使用需求，采用无线公网时应支持 3G/4G 制式，并可选择兼容 5G。

5.6.4 电源模块

包括以下内容：

- a) 电源模块应分别适配一次取电装置，包括电磁式电压互感器、电容分压式取电装置以及其它新型取电装置。在线路正常工况以及故障工况下对成套设备实现正常供电；
- b) 电源模块输出电压范围和输出功率应与一次操作机构相匹配，实现一次开关的合分闸、储能，同时保证馈线终端、无线模块等用电部分正常工作；
- c) 电源模块应能实现对后备电源的管理，能实现主电源与后备电源之间的切换，实现对后备电池的内阻采集，充电电压的温度补偿。

5.6.5 后备电源

包括以下内容：

- a) 后备电源额定电压应与配套一次开关操作电源电压相匹配，宜采用直流 24V/48V；
- b) 在主供电源停电后，后备电源应保证能够至少完成分-合-分操作 1 次。

5.6.6 开关本体

包括以下内容：

- a) 能接受主控模块指令，进行分合操作；
- b) 可根据用户需求，增加开关设备状态在线监测；
- c) 开关本体与智能组件一体化设计时，对于寿命与开关设备不一致的组件，应模块化设计，且能不停电更换，更换时不应引起馈线终端的误动、误报。

5.6.7 供电电源

包括以下内容：

- a) 供电电源可采用电磁式电压互感器、电容分压式取电装置以及技术发展出现的适用于开关设备供电的设备；
- b) 供电电源宜与开关本体整体设计，若采用拼装方式，安装电源的支架宜与开关本体的支架整体设计；
- c) 供电电源的工作电压、输出电压和输出功率等参数应满足开关在线路正常工况下实现测量与控制。

5.6.8 行波测距组件

包括以下内容：

- a) 行波测距组件应具备高精度北斗授时功能、通讯、行波信号采集及录波等功能；
- b) 行波测距组件的高频模拟量采集端口宜适配电磁式一次互感器；
- c) 行波测距组件可根据用户需求，通过 DL/T634.5101、DL/T634.5104 或 MQTT 协议上传行波录波数据和波头时刻；
- d) 行波测距组件可根据用户需求，配置独立无线通讯模块。

6 信息来源

6.1 投运前信息。主要包括设备技术说明书、出厂试验报告、到货验收记录、交接试验报告、安装验收记录、新（改、扩）建工程有关图纸等纸质和电子版资料信息。

6.2 运行信息。主要包括设备运行属性（如设备归属、运行编号等）、设备巡视记录、维护记录、故障跳闸记录、缺陷和消缺记录、单相接地、在线监测和带电检测数据以及不良工况等信息。

6.3 检修试验信息。主要包括例行试验报告、诊断性试验报告、缺陷及故障记录、检修报告及设备技术改造等信息。

6.4 其他信息。主要包括同型、同厂、同类设备故障的情况，家族缺陷，相关反事故措施未执行情况 and 电网运行环境信息等。

7 状态采集

7.1 采集分类

配电一二次成套设备的状态采集包含 4 类，分别为主控模块状态采集、无线模块状态采集、电源模块及后备电源状态采集和一次开关状态采集。

7.2 主控模块状态采集

7.2.1 采集信息

主控模块状态采集信息见表 2。

表 2 主控模块状态采集信息

编码	状态描述	原因分析	现场处理方案	备注
0001H	FLASH 读写异常	硬件异常	先硬重启，未解决更换功能板卡	更换 FLASH 芯片所在板卡，或更换整个装置
0002H	AD 芯片异常	硬件异常		更换 AD 芯片所在板卡，或更换整个装置
0003H	核心板（CPU）故障	硬件异常		更换 CPU 芯片所在板卡，或更换整个装置
0004H	遥信通道异常	硬件异常		更换
0005H	遥控通道异常	硬件异常		更换
0006H	遥测通道异常	硬件异常		更换

0007H	定值存储单元异常	硬件异常		更换定值存储芯片所在板卡，或更换整个装置
-------	----------	------	--	----------------------

7.2.2 状态采集

包括以下内容：

- a) FLASH 读写异常：具备 FLASH 的读写可靠性、存储稳定性和坏块情况等异常情况检测功能，数据读写异常、数据校验出错和数据区段异常时上送 FLASH 读写报文。对于重点数据 如定值，配置等数据，每次写数据的同时进行回读，确保数据正确性。如果写入的数据与回读数据不一致，则数据异常。上送 FLASH 芯片异常报文的同时闭锁保护功能。具体状态监视项包含但不限于以下项目：
 - 1) 针对 NORFLASH 芯片，采集间隔为每次向 FLASH 写数据时。判断依据为在每次向 FLASH 写数据后，再回读一遍，然后比较回读的数据和写入的数据是否一致，一致则正常，否则产生 FLASH 读写异常告警；
 - 2) 针对 NANDFLASH 芯片，由于 NANDFLASH 使用时需要有文件系统进行管理，文件系统会进行 ECC 校验和坏块管理。运行时定期监视 NANDFLASH 坏块数量，当坏块数量大于 10%时，产生 flash 异常告警。如果没有文件系统进行管理，NANDFLASH 长时间使用必然会出现坏块。当程序和配置所在 FLASH 区域损坏时，装置重启后会不能正常工作；
 - 3) 针对 EMMC 芯片，由于 EMMC 自带控制器，控制器会进行坏块管理，只需要监视 EMMC 的使用率。当 EMMC 空间使用超过 90%时，产生 FLASH 读写异常告警。
- b) AD 芯片异常：采集间隔与保护计算间隔一致。具备 AD 自检功能，设备检测到以下异常情况时上送 AD 异常报文。AD 自身异常、AD 电源电压异常、采样值异常。具体状态监视项包含但不限于以下项目：
 - 1) 每片 AD 芯片均使用一个通道采集 AD 供电电压，作为自检通道。判断该通道的采样值与理论值之间的偏差，如果采样值小于理论值 0.9 倍或大于理论值的 1.1 倍时且持续时间大于 100ms，则判为 AD 芯片异常。当 AD 自检出错时，上送 AD 芯片异常报文，并闭锁保护；
 - 2) 装置定期或者不定期采集 ADC 的 BUSY 信号，确认 BUSY 信号满足时序要求，如果不满足时序要求，上送 AD 芯片异常报文，同时闭锁保护功能；
 - 3) 采样值在 0V 或 参考电压附近卡死、值不动、跳变异常、噪声过大 / 抖动超标、线性度异常 / 明显偏差等
- c) 核心板（CPU）故障：能够检测核心板异常情况并记录，包括但不限于以下情况动作参数自检、运行参数自检、通讯参数自检；
- d) 定值自检，当前定值区的定值越界检查（每项定值最小值和最大值检查，越限为异常），当前定值区的定值 CRC 检查（当前区定值 CRC 计算，与记录不一致为异常）。参数自检为系统参数自检（系统参数的上下限检查，系统参数的 CRC 与记录的 CRC 比较，不一致为异常）。定值区号自检为定值区号越限，超过最大定值区号时，为异常。通信参数自检为通信参数 CRC 校验，（与记录不一致为异常）。通道系数为当通道系数越限，即超出 0.9~1.1 范围时，为异常。措施为上送核心板（CPU）故障，并闭锁保护；
- e) 保护模块在装置正常运行时，定期进行定值的上下限自检。定值和参数出错时立即产生告警，闭锁保护；定值或参数出错消失后，告警返回，开放保护；
- f) 保护模块上每个功能在功能入口处进行对使用到的定值进行正确性判断（正反区异或判断或者 CRC 校验判断），定值异常时退出本保护应用功能，产生告警信号；
- g) 遥信通道异常：识别遥信（开关量、DI 信号）的异常状态并上报遥信通道异常。具体状态监视项包含但不限于以下项目：
 - 1) 抖动异常：短时间内频繁跳变（如 1s 内通断 5 次，多为电磁干扰）；
 - 2) 逻辑冲突：相关遥信状态矛盾（如“断路器合位”和“接地刀闸合位”同时为 1，违反电气逻辑）；
 - 3) 开关位置异常：装置将采集的三遥信息，通过相应的逻辑运算，进而判断获取到的开关位置是否正常。

- h) 遥控通道异常：能识别遥控指令下发后的异常情况并上报遥控通道异常。包括但不限于以下异常场景：
- 1) 执行超时异常：下发指令后，超过规定时间未收到执行反馈；
 - 2) 结果不匹配异常：执行后反馈状态与指令目标状态不一致；
 - 3) 互斥操作异常：违反电气/业务逻辑的互斥操作（如同时合闸+分闸）；
 - 4) 开出回路异常：装置正常开出时，采集分闸、合闸以及储能回路的电流，识别继电器节点击穿或粘连。
- i) 遥测通道异常：能识别遥测数据的超限、突变、漂移、无更新、噪声过大等异常情况并能上报遥测通道异常报文。包括但不限于电压采样值和额定值不符、电流相位与理论不符、相电流合成零流与实采零流不匹配；
- j) 定值存储单元异常：整定值写入存储单元后，需自动从存储单元回读，并与写入值进行比较，如果不一致，则认为定值存储单元异常。

7.3 电源模块及后备电源状态评价

7.3.1 采集信息

电源模块及后备电源状态采集信息见表 3。

表 3 电源模块及后备电源状态采集信息

编码	状态描述	原因分析	现场处理方案	备注
0101H	交流失电告警	外部原因	检查电源模块的输入电源	
0102H	电源模块硬件异常	硬件异常	更换电源模块	
0103H	后备电源异常	硬件异常	更换后备电源	电池欠压告警、电池过压告警、电池容量故障、内阻异常、后备电源健康状态异常
0104H	后备电源接线异常：后备电源反接、断线	硬件异常	检查电源模块的后备电源接线	如果接线正常则更换电源模块
0105H	电源模块软件配置异常：版本校验异常、参数校验异常(参数超范围)	软件异常	检查电源模块的软件配置	本体调试口核实软件版本

7.3.2 状态采集

包括以下内容：

- a) 电源模块软件配置异常，电源模块上传软件版本号。判断依据为 FTU 根据预设版本号与当前版本号比较，不一致则报版本校验异常；参数校验异常，参数范围固化在程序内部，设置参数超出范围，则报参数校验异常。措施为上送电源模块软件配置异常，并使用内部固化参数运行；
- b) 电源模块输入电压故障，采集间隔为 200ms(20ms 采集一次，10 次采样均值)。判断依据为交流电压小于 160Vac 或者大于 280Vac。措施为上送电源模块输入电压故障，关闭输入电源，由后备电源提供供电；
- c) 电源模块硬件异常，采集间隔为活化、修改参数等操作时。判断依据：交流有电，且电池电压高于活化退出点电压，收到手动活化或遥控活化命令，但无法进入活化启动状态，则报活化异常；实时采集充电电压值，若超过设定范围（24V 电池为 30Vdc，48V 电池为 60Vdc），则报充电异常；修改参数后，写入存储芯片（如 EEPROM）失败，或写入后读出校验失败，则报参数存储异常；上电后从存储芯片（如 EEPROM）中读取参数失败或读出的参数检验失败，则报参数执行异常。措施为上送电源模块硬件异常；
- d) 后备电源接线异常，采集间隔为 10 秒。判断依据为电池反接或者断线时。措施为上送后备电源反接和断线信号；

- e) 后备电源内阻异常，采集间隔为定期读取电池内阻值，间隔时间可设置。判断依据为当前内阻值与预设报警阈值比较，若数据高于报警阈值则输出电池内阻异常告警信号，报警阈值可设置。措施为上送后备电源异常；后备电池过压异常，采集间隔为 200ms(20ms 采集一次，10 次采样均值)，判断依据为与预设报警阈值比较，若数据高于报警阈值则输出电池过压信号，报警阈值可设置。措施为上送后备电压异常；后备电源健康状态异常，采集间隔为内阻采样时、完整活化周期完成时、循环次数超过预设阈值时更新。更新后立即上传电池健康度百分比，若数据高于报警阈值则输出电池健康度异常信号，报警阈值可设置。

7.4 无线模块状态评价

7.4.1 采集信息表

无线模块状态采集信息见表 4。

表 4 无线模块状态采集信息

编码	状态描述	原因分析	现场处理方案	备注
0201H	无线模块异常	硬件异常	更换硬件	4G/5G 模组异常
0202H	SIM 卡插接异常	硬件异常	检查 SIM 卡是否准确插接、更换硬件	未插卡、卡和卡槽接触不良、卡芯片损坏、卡槽损坏
0203H	SIM 卡芯片内部信息不全	硬件异常	更换 SIM 卡	SIM 卡自身 pin 锁机制被开启、SIM 卡自身 PUK 被触发、卡被锁死，需要运营商处理
0204H	网络注册异常	硬件异常	检查信号强度、是否欠费、是否超流量、是否被激活且一卡一机的物联网卡、更换卡	
0205H	未连接主站	软件异常	配置异常	TCP keep-alive、DCUDP 和 DCTCP 是否收到登录回应
0206H	无线模块长时间未通信	软件异常	配置异常、主站运行异常	

7.4.2 状态采集

包括以下内容：

- 无线模块异常，采集间隔为定时采集。判断依据为是否能识别到模块，若不能识别，则判定为无线模块异常。措施为上送无线模块异常；
- SIM 卡插接异常，采集间隔为实时采集。判断依据为实时采集 SIM 卡物理插接状态，若不能正常识别 SIM 卡，则判定 SIM 卡插接异常。措施为上送 SIM 卡插接异常；
- SIM 卡芯片内部信息不全，采集间隔为定时采集。判断依据为采集 SIM 卡自身 pin 锁机制以及 SIM 卡自身 PUK 状态是否被开启，若为开启状态，导致卡被锁死，需要运营商处理，则报 SIM 卡信息不全。措施为上送 SIM 卡芯片内部信息不全；
- 网络注册异常，采集间隔为定时采集。判断依据为定时采集网络状态信息，包括注册状态、信号强度、网络制式，若上送信息与实际不一致，则判定为网络注册异常。措施为上送网络注册异常；
- 未连接主站，采集间隔为定时采集。判断依据为 TCP keep-alive、DCUDP 和 DCTCP 是否收到登录回应。若连接主站失败或未收到主站登录回应，则判断为配置异常或主站未工作，措施为上送未连接主站；

- f) 无线模块长时间未通信，采集间隔为定时采集。判断依据为无线模块已连接上主站，若连续15min未进行有效数据通信，则判断为无线模块长时间未通信，措施为上报无线模块长时间未通信。

7.5 一次开关状态评价

7.4.3 采集信息

一次开关状态采集信息见表5。

表5 一次开关状态采集信息

编码	状态描述	原因分析	现场处理方案	备注
0301H	CT断线故障	传感器异常	先排查接线，无异常排查装置三遥，无异常CT异常	检查CT二次线，进行焊接
0302H	控回断线异常故障	控制回路电源异常断开或气箱气压过低		1. 检查操作电源空开是否断开 2. 查看气压表显示气压是否过低
0303H	PT断线故障	传感器异常	先排查接线，无异常排查装置三遥，无异常PT异常	检查PT接线是否有断开的情况，若没有可能需要更换PT
0304H	开关状态异常			合并开关状态所有异常遥信
0305H	分闸动作异常	硬件或接线异常	主站召唤分合闸录波文件分析，开关设备进一步故障分析	分闸簧失效、辅助开关松动、半轴磨损、分闸悬置、回路断线
0306H	合闸动作异常	硬件或接线异常	主站召唤分合闸录波文件分析，开关设备进一步故障分析	储能簧失效、凸轮传动卡滞、半轴磨损、辅助开关松动、合闸回路断线、合闸后分闸
0307H	储能动作异常	硬件或接线异常	主站召唤储能录波文件分析，开关设备进一步故障分析	微动开关失效、单向棘轮失效、储能离合失效、储能回路断线（FTU、DTU分开描述）

7.4.4 状态采集

7.4.4.1 总体要求

采集信息量评价主要依托馈线终端（FTU）实时采集的出口信号、遥信变位及录波数据，通过对动作过程的分阶段逻辑判别和波形特征分析，实现对一次开关状态的精细化诊断。评价时应充分利用FTU的出口信号记录功能及分合闸录波分析功能，对动作异常进行准确定位。

7.4.4.2 合闸动作异常判别

合闸动作异常的判别始于合闸命令发出时刻（ T_0 ），依据出口信号和遥信变位分步展开，评价逻辑如下：

- a) 第一步：储能状态快速检查（ T_0 后 50ms 内），在 T_0 后 50ms 时间窗内监测“未储能”遥信是否发生变位：
 - 1) 若“未储能”遥信在此期间正常变位，表明储能机构已释放，进入下一步判别；
 - 2) 若“未储能”遥信在此期间未变位，可初步判定为储能微动开关异常，但仍需继续执行后续合闸判别以确认故障范围。
- b) 第二步：合闸动作核心判别（ T_0 后 100ms 内），在 T_0 后 100ms 时间窗内监测“合位”遥信是否发生变位：
 - 1) 若“合位”遥信在此期间变位，表明合闸动作成功；
 - 2) 若“合位”遥信在此期间未变位，则判定为拒合。
- c) 第三步：故障指向综合分析，综合第一步与第二步的判别结果，形成以下故障指向结论：
 - 1) 若第一步提示储能异常（未储能不变位）但第二步合位正常变位：表明仅储能微动开关失效，合闸回路及机构本体正常；
 - 2) 若第一步提示储能异常（未储能不变位）且第二步拒合：故障可能指向合闸回路微动开关失效、操作电压缺失或控制回路断线；
 - 3) 若第一步储能正常（未储能已变位）但第二步拒合：故障可能指向合闸机构本体（如储能簧失效、传动卡滞）。
- d) 第四步：拒合类型精细判别（ T_0 后 15s 内），对于第二步判定的“拒合”情况，继续在 T_0 后 15s 内监测“合位”遥信的最终状态：
 - 1) 若在 15s 内合位最终变位：表明机构存在传动卡滞或储能释放迟缓，但仍能完成合闸；
 - 2) 若在 15s 内合位仍未变位：表明存在储能簧失效、半轴脱落等严重机械故障。

7.4.4.3 录波辅助分析（适用于具备录波功能的 FTU）

结合合闸线圈电流录波和合位状态录波，进行精细化诊断：

- a) 储能簧失效/凸轮传动卡滞：合闸时间超过 100ms，合闸后开始储能一段时间后遥信合闸才变位；
- b) 半轴磨损：脱扣器接触半轴板时间延长，总体合闸时间延长，合闸电流波形存在异常拖尾；
- c) 辅助开关松动（合位触点不接触）：出现一次电流信号（开关已合），但因合位遥信不变位，FTU 持续输出合闸信号直至终止，合闸时间很长；
- d) 辅助开关松动（分位触点不接触）：合闸无法启动，合闸回路无电流；
- e) 合闸回路断线：合闸命令发出后，合闸回路无电流波形；
- f) 合闸后立即分闸：合闸电流波形正常，但合位遥信变位后快速切换为分位遥信变位，表明存在防跳或机构保持不良。

7.4.4.4 分闸动作异常判别

分闸动作异常的判别始于分闸命令发出时刻（ T_1 ），评价逻辑如下：

- a) 核心判别（ T_1 后 100ms 内），在 T_1 后 100ms 时间窗内监测“分位”遥信是否发生变位：
 - 1) 若在此期间分位变位，判定为分闸正常；
 - 2) 若在此期间分位未变位，判定为分闸异常。
- b) 录波辅助分析（适用于具备录波功能的 FTU），结合分闸线圈电流录波和分位状态录波，进行精细化诊断：
 - 1) 分闸簧失效：分闸时间超过 60ms，分位变位延迟；
 - 2) 辅助开关松动（合位触点不接触）：分闸无法启动，分闸回路无电流，遥信不变位；
 - 3) 辅助开关松动（分位触点不接触）：一次电流已断开（开关已分），但因分位遥信不变位，FTU 持续输出分闸信号直至终止，分闸时间很长；
 - 4) 半轴磨损：脱扣器接触半轴板时间延长，总体分闸时间延长；
 - 5) 分闸悬置：分闸电流持续存在，机构半轴未完全脱扣；
 - 6) 回路断线：分闸回路无电流波形。

7.4.4.5 储能动作异常判别

储能动作异常的判别通常作为合闸过程的前置检查，也可独立进行评价：

- a) 合闸前置判别（T0 后 50ms 内），在合闸命令发出后 50ms 内监测“未储能”遥信状态：若“未储能”信号在此期间未能正常变位，直接判定为储能动作异常，无需等待合闸最终结果。
- b) 独立储能异常判别，在储能启动信号发出后，监测储能完成信号及储能时间：
 - 1) 统计储能启动后规定时间内未收到储能完成信号的次数；
 - 2) 分析储能周期是否异常（频繁储能或长期不储能）。
- c) 录波辅助分析（适用于具备录波功能的 FTU），结合储能电机电流录波和未储能遥信状态，进行精细化诊断：
 - 1) 微动开关失效：未储能位一直不变位，储能电流持续存在但幅值较小；
 - 2) 单向棘轮失效：储能过程中出现打滑，储能电流变大；
 - 3) 储能离合失效：电机空转，无法驱动储能机构，储能电流变大；
 - 4) 储能回路断线：储能启动后无储能电流波形。
- d) 电流互感器断线故障（CT 断线），采集三相及零序电流瞬时值、历史数据对比、自检告警信号，评价要点如下：
 - 1) 识别单相或多相电流缺失（近乎为零）而其他相电流正常的工况；
 - 2) 分析三相电流和零序电流的平衡关系；
 - 3) 记录 CT 断线告警发生频次及持续时间。
- e) 电压互感器断线故障（PT 断线），采集三相及零序电压瞬时值、电压相序、自检告警信号，评价要点如下：
 - 1) 识别单相或多相电压缺失而其他相电压正常的工况；
 - 2) 分析电压幅值异常跌落与开关分合闸状态的逻辑关系；
 - 3) 记录 PT 断线告警发生频次及持续时间。
- f) 控制回路断线异常，采集控制回路电压监视信号、跳合闸回路完整性监视信号、自检告警信号，评价要点如下：
 - 1) 识别控制回路失压、跳闸回路或合闸回路监视信号异常状态；
 - 2) 分析控制回路断线与机构辅助触点状态的关联性；
 - 3) 记录控回断线告警发生频次及持续时间。
- g) 评价结果应用：基于采集信息量的状态评价结果应与录波数据一并归档，作为设备状态评价的基础数据。对于判定为异常的动作事件，应结合录波波形特征形成初步故障诊断结论，指导后续状态采集评价的重点关注方向和现场检修工作。

7.5 通信协议要求

7.5.1 基本要求

包括以下内容：

- a) 用 1 个“自检故障”遥信点表示终端自检状态，0 至多个故障码表示异常状态（通常单独报文传送）；
- b) 支持一次传送多个故障大类故障码；
- c) 终端自检或运行中发现异常后，延时确认后主动上报故障码，每次应上送已产生的全量故障码；
- d) 终端维护软件和液晶应支持当前故障码的查询和故障内容解释。

7.5.2 信息交互

设备故障码信息采用 104 协议的故障事件信息上送的方式传递给主站系统，报文格式见表 6。

表 6 故障码信息上送 104 报文格式

报文内容	长度	备注
68H	1 字节	
报文长度 L	1 字节	

控制域 C	4 字节	
类型标识符 TI	1 字节	
可变帧长限定词 VSQ (I 无效)	1 字节	
传送原因 COT	2 字节	
ASDU 公共地址	2 字节	
带时标遥信个数	1 字节	遥信个数: 1
遥信类型	1 字节	遥信类型: 0x1 (单点遥信)
故障遥信点号	2 字节	根据主站定义, 含义为: 设备自检故障
遥信值	1 字节	遥信值: 1 (有故障码), 0 (无故障码)
故障时刻时标 CP56Time2a	7 字节	最后一个故障码发生时刻
故障码个数	1 字节	故障码个数: n
遥测类型	1 字节	整形
故障码遥测信息体地址 1	3 字节	
故障码数据 1	4 字节	

标识类型 TI 见表 7。

表 7 故障码信息上送 104 标识类型

编号	标识类型	标识
<42>	故障值信息	M_FT_NA_1

传送原因见表 8。

表 8 故障码信息上送 104 传送原因

编号	传送原因 COT	标识
<3>	突发 (自发)	spont

设备故障码信息采用 101 协议的故障事件信息上送的方式传递给主站系统, 报文格式见表 9。

表 9 故障码信息上送 101 报文格式

报文内容	长度	备注
68H	1 字节	
报文长度 L	1 字节	
报文长度 L	1 字节	
68H	1 字节	
控制域 C	1 字节	
地址域 A	2 字节	
类型标识符 TI	1 字节	
可变帧长限定词 VSQ (I 无效)	1 字节	
传送原因 COT	2 字节	
ASDU 公共地址	2 字节	
带时标遥信个数	1 字节	遥信个数: 1
遥信类型	1 字节	遥信类型: 0x1 (单点遥信)
故障遥信点号	2 字节	根据主站定义, 含义为: 设备自检故障
遥信值	1 字节	遥信值: 1 (有故障码), 0 (无故障码)
故障时刻时标 CP56Time2a	7 字节	最后一个故障码发生时刻
故障码个数	1 字节	故障码个数: n
遥测类型	1 字节	整形
故障码遥测信息体地址 1	2 字节	
故障码数据 1	4 字节	

故障码遥测信息体地址 2	2 字节	
故障码数据 2	4 字节	
.....		
故障码遥测信息体地址 n	2 字节	
故障码数据 n	4 字节	
校验码 CS	1 字节	
16H	1 字节	

标识类型 TI 见表 10:

表 10 故障码信息上送 101 报文标识类型

编号	标识类型	标识
<42>	故障值信息	M_FT_NA_1

传送原因 COT 见表 11:

表 11 故障码信息上送 101 报文传送原因 COT

编号	传送原因 COT	标识
<3>	突发(自发)	spont

7.5.3 信息存储

设备故障自检信息通过故障事件信息上传的方式上传给主站的同时,也将此信息按照终端日志的方式存储在设备中,支持 msg 格式及 xml 格式,具体如下:

- a) 存储文件名: ulog;
- b) 日志信息类型名称: 04;
- c) 信息值: 1;
- d) LOG 信息内容: 设备故障自检信息码(大类): 大类描述---设备故障自检信息码(细分): 信息存储要求见表 12。

表 12 信息存储要求

信息含义	字节数	备注
LOG 类型	2	LOG 信息分类
时间信息	23	YYYY-MM-DD HH:mm:ss.XXX
LOG 信息内容	≤128	ASCII 字符串
信息值	1	1 或 0

MSG 文件格式见图 1。

a	文件头: 终端ID(24字节)+逗号分隔符(,)+LOG记录条数(4字节)+<CR/LF>
b	第1条LOG: LOG类型("04")+逗号分隔符(,)+时间信息+逗号分隔符(,)+LOG信息内容("01: 电源系统--03: 后备电源反接异常")+逗号分隔符(,)+信息值+<CR/LF>
c	第N条LOG: 结构同第一条
d	文件尾:

图 1 MSG 文件格式

XML 文件格式见图 2:

<pre><?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <DataFile> <Header fileType="Ulog" fileVer="1.00" devID="XXXXXXXXXXXX"/> <DataRec num="1024"> <DI logType="04" tm="160813_180000_011" text="01: 电源系统--03: 后备电源反接异常" val="1"/> </DataRec> </DataFile></pre>
--

图 2 XML 文件格式

8 评价方法

8.1 评价体系

配电一二次成套设备按照分层、分类的原则开展状态评价，具体分为评价状态量层、评价指标层、评价对象层和评价单元层，各层之间的关系如图 3 所示：

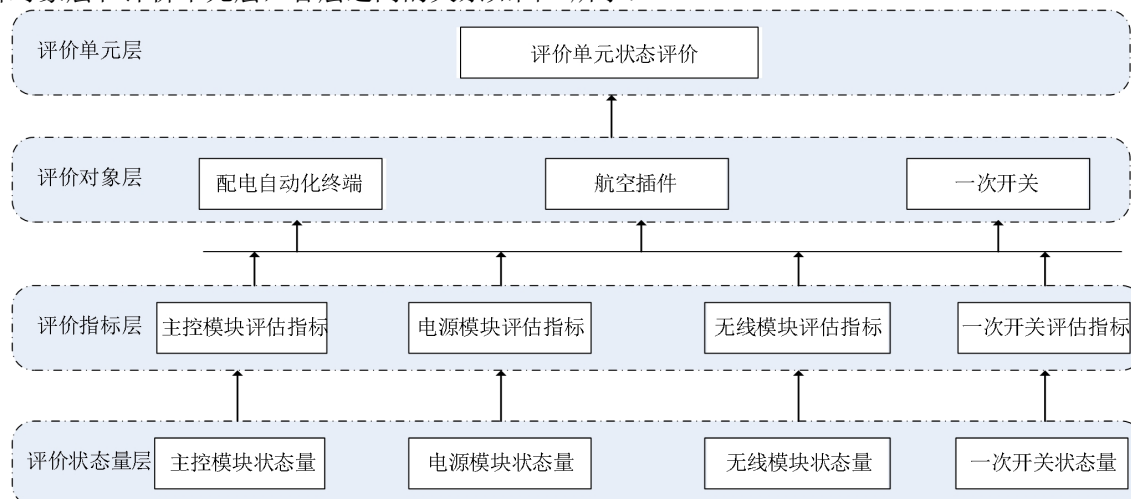


图 3 配电一二次成套设备状态评价体系

8.2 主控模块评价方法

不同的功能板卡自检状态量评价方法有所不同，所占权重也不同。主控模块状态量具体评价方法详见表 13。

表 13 功能板卡状态量具体评价方法

评价对象	状态量	权重 (%)
主控模块	FLASH 读写异常	20
	AD 芯片异常	20
	核心板 (CPU) 故障	20
	遥信通道异常	10
	遥控通道异常	10
	遥测通道异常	10
	定值存储单元异常	10

8.3 电源模块及后备电源评价方法

不同的电源模块及后备电源自检状态量评价方法有所不同，所占权重也不同。电源模块及后备电源状态量具体评价方法详见表 14。

表 14 电源模块及后备电源状态量具体评价方法

评价对象	状态量	权重 (%)
电源模块及后备电源	交流失电告警	20
	电源模块硬件异常	20
	后备电源异常	20

评价对象	状态量	权重 (%)
	后备电源接线异常：后备电源反接、断线	20
	电源模块软件配置异常：版本校验异常、参数校核异常(参数超范围)	20

8.4 无线模块评价方法

不同的无线模块自检状态量评价方法有所不同，所占权重也不同。无线模块状态量具体评价方法详见表 15。

表 15 无线模块状态量具体评价方法

评价对象	状态量	权重 (%)
无线模块	无线模块异常	20
	SIM 卡插接异常	20
	SIM 卡芯片内部信息不全	20
	网络注册异常	20
	未连接主站	10
	无线模块长时间未通信	10

8.5 一次设备评价方法

不同的一次设备状态评价方法有所不同，所占权重也不同。一次设备状态具体评价方法详见表 16。

表 16 一次设备状态具体评价方法

评价对象	状态量	权重 (%)
一次设备	分闸动作异常	20
	合闸动作异常	20
	储能动作异常	20
	CT 断线故障	20
	控回断线异常故障	10
	PT 断线故障	10

8.6 配电一二次成套设备综合评价方法

配电一二次成套设备评价得分计算方法见式：

$$K_p = K_M \times A_1 + K_R \times A_2 + K_I \times A_3 + K_U \times A_4$$

式中：

K_p —健康状态评价综合得分；

K_M —功能板卡评价得分；

K_R —电源模块及后备电源评价得分；

K_I —无线模块评价得分；

K_U —一次设备评价得分；

A_1 —功能板卡加权因子， $A_1=0.5$ ；

A_2 —电源模块及后备电源加权因子， $A_2=0.2$ ；

A_3 —无线模块加权因子， $A_3=0.1$ ；

A_4 —一次设备加权因子， $A_4=0.2$ 。

8.7 评价状态

配电一二次成套设备的评价得分与设备状态之间的对应关系见表17。

表 17 分值与状态的关系

评价项目	正常	注意	异常	严重
分值	85<得分≤100	70<得分≤85	60<得分≤70	得分≤60

除设备本体自检状态外，配电主站通过设备操作结果、故障处置结果等信息进行一二次成套设备状态的事后评价，具体评价见表18。

表 18 故障或操作事后评价方法

评价对象	评级结果
一二次成套设备主站操作、巡视或故障动作结果	保护拒动
	保护误动
	遥控失败
	其他主站巡检缺陷

配电主站对一二次成套设备运维缺陷定级，一方面分析设备状态严重程度，另一方面还应参考一次设备的重要程度，通过两方面信息确定设备缺陷等级并开展差异化运维。

其中缺陷等级分类见表19，设备重要程度见表20，缺陷对应关系见表21。

表 19 缺陷等级分类方法

缺陷等级	消缺时限
危急	1 天
严重	7 天
I 类一般	15 天
II 类一般	30 天

表 20 设备重要程度分类方法

设备分类	标注
联络开关	A
主干开关	B

设备分类	标注
其他开关	C

表 21 设备重要程度与异常类型的缺陷定级对应表

异常类型	缺陷等级-危急	缺陷等级-严重	缺陷等级-I类 一般	缺陷等级-I类 一般
保护拒动		ABC		
保护误动	ABC			
遥控失败		AB	C	
终端自检评价状态 为严重		AB	C	
终端自检评价状态 为异常			AB	C
其他主站巡检缺陷		A	B	C