ICS 17.220.20

CCS N 20

**团体标准**

T/CIMA 0155-202X

拆回电能表失效分析评价导则

Evaluation guideline for failure analysis

of retrieved electricity meter

（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。

20250911

**xxxx­xx­xx** 发布 **xxxx­xx­xx**  实施

中国仪器仪表行业协会 发布 I

**目 次**

[前 言 3](#_Toc202026427)

[1范围 4](#_Toc202026429)

[2规范性引用文件 4](#_Toc202026430)

[3术语和定义 4](#_Toc202026431)

[4缩略语 5](#_Toc202026432)

[5总体要求 5](#_Toc202026433)

[5.1通用要求 5](#_Toc202026438)

[5.2输贮存要求 5](#_Toc202026439)

[6评价指标体系及取值原则 6](#_Toc202026440)

[6.1评价指标 6](#_Toc202026441)

[6.2取值原则 6](#_Toc202026444)

[6.3评价指标流程 6](#_Toc202026445)

[7评价结果形成规则 30](#_Toc202026458)

[7.1失效分析报告编写原则 30](#_Toc202026461)

[7.2失效分析报告编写要求 30](#_Toc202026462)

[附录A 32](#_Toc202026463)

**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这些专利的责任。

本文件由中国仪器仪表行业协会电工仪器仪表分会提出。

本文件由中国仪器仪表行业协会归口。

本文件主要起草单位：国网河南省电力公司营销服务中心，主要起草单位有哈尔滨电工仪表研究所有限公司、成都长城开发科技股份有限公司、河南许继仪表有限公司、青岛鼎信通讯股份有限公司等。

本文件主要起草人：侯慧娟、郭营、李冉、刘献成、何珊、牛彦彬、刘祥波、皇甫军伟等。

拆回电能表失效分析评价导则

1. **范围**

本文件确立了拆回电能表失效分析的总体要求，规定了评价体系指标、取值原则及评价结果形成规则。

本文件适用于对拆回电能表的失效分析。

本文件不适用于拆回电能表元器件的失效分析。

1. **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 2900.99-2016 电工术语 可信性

[GB/T 7826-2012](https://www.antpedia.com/standard/6590746.html" \t "_blank)  系统可靠性分析技术 失效模式和影响分析（FMEA）程序

GB/T 17215.211-2021 电测量设备（交流）通用要求、试验和试验条件 第11部分：测量设备

GB/T 25480-2010 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

DL/T 645-2007 多功能电能表通信协议

DL/T 698.45-2017 电能信息采集与管理系统 第4-5部分：通信协议—面向对象的数据交换协议

DL/T 1485-2024 三相智能电能表技术规范

DL/T 1487-2024 单相智能电能表技术规范

DL/T 1490-2024 智能电能表功能规范

IPC-A-610J 电子组件的可接受性

1. **术语和定义**

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**拆回电能表 retrieved electricity meter**

因各种原因从用户处拆除并回收的电能表。

注：各种原因指更新换代、损坏、校验等。

3.2

**故障 fault**

产品不能执行规定功能的状态。

注：故障通常是产品自身失效后的状态，但也可能在失效前就存在，预防性维修或其他计划性活动或缺乏外部资源的情况除外。

[来源：GB/T 7826-2012，3.3,有修改]

3.3

**故障现象 fault phenomenon**

电能表发生故障时呈现出的非正常运行状态。

3.4

**失效分析 failure analysis**

按照一定的工作程序，采用必要的检测分析方法对失效产品进行综合分析，找到失效原因的技术活动和管理活动。

[来源：GB/T 38803-2020，3.2]

3.5

**围堵措施 containment action**

防止问题进一步扩散而采取的临时控制措施。

3.6

**纠正措施 corrective action**

消除不合格的原因并防止再发生所采取的措施。

注1：一个不合格可以有若干个原因。

注2：采取纠正措施是为了防止再发生，而采取预防措施是为了防止发生。

[来源：GB/T 19000-2016，3.12.2，有修改]

3.7

**预防措施 preventive action**

消除潜在不合格或其他潜在不期望情况的原因所采取的措施。

注：一个潜在不合格可以有若干个原因。

[来源：GB/T 19000-2016，3.12.1，有修改]

1. **缩略语**

下列缩略语适用于本文件。

CT：电流互感器（Current Transformer）

MCU：微控制单元（Microcontroller Unit）

PCB：印制电路板（Printed Circuit Board）

VCC：电路供电电压（Volt Circuit）

RTC：实时时钟（Real-Time Clock）

1. **总体要求**

## 通用要求

要求如下：

* + 1. 失效分析流程应包括失效背景信息调查、失效现象确认、围堵措施制定、原因分析、纠正措施制定、纠正措施验证、预防措施制定和输出失效分析报告。
    2. 针对拆回电能表的7种典型故障类型，分别制定失效分析的方法和流程。
    3. 建立电能表失效分析报告模板，报告模板见附录A。

## 运输贮存要求

失效电能表在包装、运输、贮存过程中应满足如下要求：

* + 1. 在运输过程中应有可靠有效的防震、防尘、防水等措施；
    2. 包装、装卸、交接过程应轻拿轻放，避免碰撞和抛掷，宜采用自动化或专用机械设备；
    3. 库房应保持干燥、整洁，空气中不含有腐蚀性的气体。

1. **评价指标体系及取值原则**
2. **评价指标**

评价指标包括失效背景信息调查、失效现象确认、围堵措施制定、原因分析、纠正措施制定、纠正措施验证、预防措施制定和编写失效分析报告。

3. **取值原则**

拆回电能表的典型故障类型有7种，分别是：事件记录异常、电池欠压、电源供给异常、模块类通信失败、时钟错误、测量误差超差和RS485通信失败。针对这7种典型故障类型的原因分析，应按照6.3.4.1至6.3.4.7的要求开展。

注：这7种典型故障类型的失效分析流程图聚焦于失效原因的分析，不包含失效背景信息调查、失效现象确认、围堵措施制定、纠正措施制定、纠正措施验证和预防措施制定等通用流程。

1. **评价指标流程**

评价指标流程如图1所示：



图1 评价指标流程

1. **失效背景信息调查**

在开展失效分析之前，应对故障电能表的失效背景信息进行调查，包括但不限于以下内容：

1. 客户对失效现象的具体描述；
2. 失效数量；
3. 失效比例；
4. 失效表区域分布；
5. 首次发现失效的时间；
6. 安装时间；
7. 安装环境；
8. 版本（如13版，20版等）；
9. 已造成/潜在的影响；
10. 客户已采取的紧急措施。
11. **失效现象确认**

根据6.1失效背景信息调查情况，应对故障电能表的失效现象进行确认，确认方法见T/CIM 0156基于拆回电能表故障现象分析的电能表质量评价第4.2章。

失效现象确认的原则如下：

1. 在失效现象确认的过程中应不对电能表造成物理破坏或二次损坏，避免影响后续的分析；
2. 在失效现象确认的过程中，应通过拍照、录像等方式保留确认结果。

注：本文件的分析对象为经电力公司分拣检测判断为有故障的电能表，针对失效现象确认时失效现象不能复现的情况，需要考虑施加温度、湿度等特殊环境因素进行复现。

1. **围堵措施制定**

在开展失效分析之前，根据客户反馈的失效数量、失效比例，以及对客户的影响程度，制定围堵措施以防止问题进一步扩散，降低对客户的影响，直到该问题风险解除或纠正措施实施。围堵措施应包含但不限于以下内容：

1. 暂停同型号产品的生产及出货；
2. 暂停客户仓库同型号、同批次产品的测试；
3. 暂停同型号、同批次产品现场安装等。
4. **原因分析**

根据失效现象确认结果，应对失效表开展原因分析，以确定故障产生的原因。

注：本章节7种典型故障类型的原因分析中提及的与元器件相关的故障，分析过程中均应将失效表与正常电能表进行对应位置元器件的互换操作，如果失效现象跟随元器件且更换故障元器件后，失效表恢复正常工作才能认为是元器件原因。

1. **事件记录异常**

电能表事件记录异常主要包含掉电事件记录异常、清零事件记录异常、开盖事件记录异常。



##### 掉电事件记录异常

读取电能表的掉电总次数，掉电总次数大于等于500次（500次为参考值），判定为掉电事件记录异常。掉电事件记录异常的失效分析流程如下：

1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在表盖、表座、端子盖破损/变形、接线端子变形/烧毁等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

1. 开盖后检查

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则可定位故障原因为现场应用问题，并进行相应的修复处理。如外观检查无异常，则应开展以下的分析。

1. **功能检查**

功能检查的步骤如下：

1. 在电能表检定台体上给电表施加标称电压，进行重复上掉电试验（上电时间及掉电时间均不低于60s），读取试验前、后电能表的掉电次数，掉电次数增加值应与实际操作次数一致，且掉电累计时间应正确，掉电记录的开始和结束时间格式应正确。
2. 电能表在专用工装上施加标称电压，在工装前端接外置断路器，对断路器进行反复上掉电试验，读取试验前、后电能表的掉电次数，掉电次数增加值应与实际操作次数一致，且掉电累计时间应正确，掉电记录的开始和结束时间格式应正确。
3. 若上述任一项测试掉电事件记录与实际操作次数不一致，则判定为掉电事件记录功能存在缺陷。若掉电事件记录与实际操作次数一致，则进行以下的测试。
4. 在电能表检定台体上给电表施加临界工作电压，进行重复上掉电试验，读取试验前、后电能表的掉电次数，掉电次数增加值应与实际操作次数一致，且掉电累计时间应正确，掉电记录的开始和结束时间格式应正确。如一致，则需要分析现场应用环境。如掉电事件记录与实际操作次数不一致，则进行以下的测试。
5. 检查电能表实际电压与台体施加的电压是否一致，如电能表实际电压与台体施加的电压不一致，则判定为电能表电压采样回路问题或其他问题。
6. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题。如功能检查存在异常，则可根据具体分析情况判定为掉电事件记录功能存在缺陷或电能表电压采样回路问题。

掉电事件记录异常的失效分析流程图如图2所示：



图2 掉电事件记录异常失效分析流程图

##### 清零事件记录异常

读取电能表的最近一次清零事件记录，与最近一次检定记录时间不一致，判定为清零事件记录异常。清零事件记录异常的失效分析流程如下：

1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在表盖、表座、端子盖破损/变形、接线端子变形/烧毁等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

1. 开盖后检查

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则可定位故障原因为现场应用问题，并进行相应的修复处理。如外观检查无异常，则应开展以下的分析。

1. **功能检查**

功能检查的步骤如下：

1. 根据电能表清零事件记录，核实对应时间现场运行中是否存在清零操作。如存在，则可确定故障原因。如不存在清零操作，则应开展以下的分析。
2. 在电能表检定台体上对电能表重复进行清零操作，每次清零间隔10s，抄读电能表清零事件记录，如果清零事件记录与实际清零次数不一致，则判定为清零事件记录软件功能存在缺陷；如果清零事件记录与实际清零次数一致，则判定为电能表存在非法清零操作。
3. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题。如功能检查存在异常，则可根据具体分析情况判定为清零事件记录软件功能存在缺陷或现场存在非法清零操作。

清零事件记录异常的失效分析流程如图3所示：



图3 清零事件记录异常失效分析流程图

##### 开盖事件记录异常

读取电能表的开盖总次数大于0次，判定为开盖事件记录异常。开盖事件记录异常的失效分析流程如下：

1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在表盖、表座、端子盖破损/变形、接线端子变形/烧毁等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

1. 开盖后检查

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则可定位故障原因为现场应用问题，并进行相应的修复处理。如外观检查无异常，则应开展以下的分析。

1. **功能检查**

功能检查的步骤如下：

1. 给电能表施加标称电压，抄读电能表开盖次数并记录。
2. 重复打开/关闭电能表表盖，每次的开表盖时间和关表盖时间至少5s，读取电能表开盖次数与实际操作次数是否一致。如开盖次数与操作次数不一致，则判定为开盖按键器件问题。如开盖次数与操作次数一致，则继续进行下一步测试。
3. 使用高阻抗电压表测试按键两端电压，改变开合盖状态，按键两端电压应在高低电平间转换（高低电平参考：高电平不低于VCC-0.3V，低电平不高于0.3V）。若不满足高低电平条件，可判定为开盖按键器件或开盖检测电路硬件故障；若满足高低电平条件，则继续进行下一步测试。
4. 对电能表进行外部干扰试验，如振动试验、冲击试验等，按照GB/T 17215.211-2021 电测量设备(交流) 通用要求、试验和试验条件 第11部分：测量设备要求，试验后读取电能表开盖次数，如开盖次数有增加，表明电能表易受外部干扰影响而产生开盖，可判定为电能表抗外部干扰能力差。如开盖次数没有增加，则可能为软件逻辑问题或其他问题。
5. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题。如功能检查存在异常，则可根据具体分析情况判定为开盖检测电路硬件故障、开盖按键器件问题或电能表抗外部干扰能力差。

开盖事件记录异常的失效分析流程如图4所示：



图4 开盖事件记录异常失效分析流程图

1. **电池欠压**

电池欠压包括时钟电池欠压和停电抄表电池欠压。

抄读电能表的状态字1，并对状态字1中的bit-2和bit-3位进行判断，bit-2位为1则时钟电池欠压，bit-3位为1则停电抄表电池欠压。电池欠压的失效分析流程如下：

注：停电抄表电池欠压的失效分析流程参考时钟电池欠压的失效分析流程。

* + - 1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在表盖、表座、端子盖破损/变形、接线端子变形/烧毁等现象，检查电池插头是否存在松动、腐蚀等异常现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

1. 开盖后检查

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则可定位故障原因为现场应用问题，并进行相应的修复处理。如外观检查无异常，则应开展以下的分析。

* + - 1. **电池电压检查**

将电能表开盖，使用万用表测试时钟电池电压或停电抄表电池电压。

1. 如时钟电池电压小于3.0V或停电抄表电池电压小于4.8V，则应更换新的时钟电池或抄表电池，然后测试时钟电池回路或停电抄表电池回路平均电流。

如电池回路平均电流正常，则应对电表的运行时间或库存时间进行检查。如果运行时间或库存时间超过5年时，可判定电池欠压为正常现象。如未超过5年，则可判定为电池本身问题或其他问题。

如时钟电池回路平均电流超过设计阈值（参考值：20μA，为理论计算值）或停电抄表电池回路平均电流超过设计阈值（参考值：50μA，为理论计算值），则可判定为时钟电池电路或停电抄表电池电路存在问题，需要进一步分析问题原因，然后进行修复处理后复测电池回路平均电流，如电池回路平均电流恢复正常则可定位故障原因为时钟电池电路或停电抄表电池电路问题。

1. 如时钟电池电压或停电抄表电池电压正常，则读取电池电压寄存器的值，并与实测电池电压值进行对比，如电池电压寄存器读取值与实测值不一致，则可判定为电池检测回路问题；如电池电压寄存器读取值与实测值一致，则可判定为软件问题。
   * + 1. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题。如电池电压检查存在异常，则可根据具体分析情况判定为电池自身问题、电池电路问题或电池检测回路问题。

电池欠压的失效分析流程如图5所示：



图5 电池欠压失效分析流程图

1. **电源供给异常**

给拆回电能表施加标称电压，电能表RS485通信失败、液晶黑屏且无秒脉冲输出，则判定为电源供给异常。电源供给异常的失效分析流程如下：

* + - 1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查：

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在表盖、表座、端子盖破损/变形、接线端子变形/烧毁等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

1. 开盖后检查：

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则可定位故障原因为现场应用问题，并进行相应的修复处理。如外观检查无异常，则应开展以下的分析。

* + - 1. **PCB阻抗测试**

电能表掉电状态下，用万用表测试电能表电源模块的输入、输出阻抗，与正常表对比确认阻抗是否正常。如阻抗异常或短路，则应逐级断开后级负载电路进行排查，定位异常位置，并修复处理。如后级负载阻抗正常，则可判定为电源电路异常，需要开展以下的分析。

* + - 1. **上电检查**

上电检查的步骤如下：

1. 功耗检查

给电能表施加标称电压，检查电能表整机功耗是否超出设计范围；

1. 发热点检查

给电能表施加标称电压，使用仪器探测表内器件是否有异常发热现象（温升超过设计范围），若有，需检查其相关电路功能是否异常；

1. 输入电压检查

检查电源模块初级电压是否正常，若初级电压异常，则需针对电源模块初级回路进行分析，定位异常原因；

1. 输出电压检查

检查电源模块次级各输出回路电压是否正常，包括系统供电回路电压、RS485供电回路电压、计量供电回路电压等，如输出回路电压异常，需分析并定位异常原因，修复后再检查电能表的工作情况。

上电检查确定异常原因后，应对失效表进行修复，修复后上电测试，确认电能表是否恢复正常工作。

* + - 1. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题。如PCB阻抗测试或上电检查存在异常，则可根据具体分析情况判定为硬件电路问题、元器件问题（如变压器、电源模块等）或环境问题。

电源供给异常失效分析流程如图6所示：



图6 电源供给异常失效分析流程图

1. **模块类通信失败**

通过模块类信道发送通信命令至电能表，识别电能表应答指令，无应答指令返回，则判定为模块类通信失败。模块类通信失败的失效分析流程如下：

* + - 1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查

检查电能表外壳、端子等是否存在破损、变形或凹痕等异常现象。打开模块仓检查电能表模块接口有无变形、断裂等异常现象。

1. 开盖后检查

给电能表上电，如果模块运行指示灯正常亮起，则需要开盖检查模块接口信号线路是否存在断开、虚焊、焊盘脱落等异常。如果模块运行指示灯不亮，则需要排查模块供电线路是否存在短路、断开、虚焊、焊盘脱落等异常。

模块运行指示灯正常：

检查模块通信信号线是否存在断开、虚焊、焊盘脱落等异常；

检查信号线防护器件是否存在烧毁、腐蚀、虚焊、连锡短路等异常。

模块运行指示灯不亮：

检查模块供电线路是否存在短路、断开、虚焊、焊盘脱落等异常；

检查模块供电线路防护器件是否存在烧毁、腐蚀、虚焊、连锡短路等异常；

检查模块供电电源芯片是否存在烧毁、腐蚀、虚焊、连锡短路等异常。

如外观检查存在异常，则应进行相应的修复处理后复检模块通信功能。如模块通信功能恢复正常，则可定位故障原因。如模块通信功能仍然不正常或外观检查无异常，则应开展以下的分析。

* + - 1. **上电检查**

上电检查的步骤如下：

1. 给电能表（带模块）上电，观察模块运行指示灯是否亮起、闪烁，同时观察电能表液晶是否显示模块通信符号。
2. 更换正常模块进行通信，如模块通信恢复正常，则判定可能为模块问题，需要与模块厂家配合进一步分析问题。如更换正常模块后仍然存在模块通信失败，则需要进一步排查电能表模块接口问题。
   * + 1. **模块接口电路分析**

给电能表上电后，在接口处施加阻性负载条件下测试模块接口电源输出是否满足设计阈值，如果接口无电压输出或输出电压不满足设计阈值，则需要排查模块接口电路电源线路。如果接口电压满足设计阈值，则需要进一步分析模块接口信号线路。模块接口电路分析的步骤如下：

1. 电源线路分析

检查模块电源接口是否对地短路，如果存在短路，则需要依次排查电源线路的元器件，确定短路源（如电源防护电容，电源芯片等），确定短路源后进行元器件更换处理，并在元器件更换后再次测试电源接口是否正常输出。

如电源接口可以正常输出，则需要测试其带载能力是否满足要求，如不满足，则需要进行修复处理，并在修复后再次测试电源带载能力是否满足要求。

1. 信号线路分析

对电能表进行模块通信的同时，使用示波器监测模块接口各个管脚的波形，重点观察信息传输接口的通信速率、波形的幅值、上升沿、下降沿，以及其他管脚的波形。如果存在波形异常，则需要对电能表信号线路管脚进一步排查并进行修复，在修复完成后再次进行模块通信测试。

如通信速率与信号波形正常，则需要对电能表软件进行排查。

* + - 1. **模块通信功能软件分析**

监控模块接口通信报文或者进入电能表调试模式等方式，分析电能表串口收发模块、软件处理逻辑是否存在异常，若存在异常则需要进行修复处理后，再次测试模块通信功能是否正常。

* + - 1. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题、制造工艺问题或其他问题。如模块接口电路分析或模块通信功能软件分析存在异常，则可根据具体分析情况判定为硬件电路问题、软件问题或元器件问题（如电源芯片、电源防护电容等）。

模块类通信失败的失效分析流程如图7所示：



图7 模块类通信失败失效分析流程图

1. **时钟错误**

时钟错误包含三类故障现象：时钟示值误差超差、日计时误差超差、时钟乱码。

##### 时钟示值误差超差

读取电能表日期时间与系统时间进行比对，误差时间大于10分钟，判定为时钟示值误差超差。时钟示值误差超差的失效分析流程如下：

1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

* 1. 开盖前检查：

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在接线端子腐蚀、变形等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

* 1. 开盖后检查：

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则可定位故障原因为现场应用问题，并进行相应的修复处理。如外观检查无异常，则应开展以下的分析。

1. **时钟电池检查**

给电能表施加标称电压，读取电能表内电池电压并观察电能表显示屏是否有电池欠压符号。若电池电压低或显示电池欠压符号，则判定为电池欠压，并参照6.3.4.2章节电池欠压失效分析流程进行分析。若无异常，则应开展以下的分析。

1. **日计时误差检查**

在参比温度下对电能表进行日计时误差检查，确认日计时误差是否超出规范要求的范围。若日计时误差超差，应按照6.3.4.5.2章节日计时误差超差的失效分析流程进行分析；若日计时误差正常，则应开展以下的分析。

1. **软件及校时记录分析**

软件及校时记录分析的步骤如下：

1. 读取电能表内部校时记录和广播校时记录，确认是否有异常内部校时记录和广播校时记录。
2. 确认是否能每天进行广播校时，进行时钟的微小修正，若无法进行广播校时，进行日计时误差检测，确认电能表累积时钟误差与当前时钟是否一致。
3. 软件逻辑检查：检查软件对时机制是否存在异常。
4. 温度补偿参数检查：检查温度补偿参数及温度补偿算法是否正常。
5. **时钟电路检查**

时钟电路检查的步骤如下：

1. 掉电检查

掉电过程中，主芯片以及时钟电路供电电压切换为备用电源供电，使用示波器监控备用电源电压是否正常供给，电源切换过程中主芯片以及时钟回路电压是否存在异常跌落等现象。如果存在波形异常，则需要对电能表信号线路管脚进行进一步排查并进行修复，修复完成后再次进行测试。

1. 通信检查

测试电能表主芯片和时钟电路的工作状态，通过示波器测试波形是否正常。若工作异常，则应检查时钟电路是否工作正常，若更换时钟芯片（或时钟晶振）后复测波形恢复正常，可判定为时钟芯片（或时钟晶振）问题。若工作依然异常，则进一步更换通信线路上其他器件或MCU，若更换后复测波形恢复正常，可判定为被更换器件故障。

1. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题。如软件及校时记录或时钟电路存在异常，则可根据具体分析情况判定为硬件电路问题、软件问题或元器件问题（如时钟芯片、时钟晶振等）。

电能表时钟示值误差超差的失效分析流程如图8所示：



图8 时钟示值误差超差失效分析流程图

##### 日计时误差超差

按照GB/T 17215.211-2021标准检测日计时误差，计时准确度超出±0.5s/24h，判定为日计时误差超差。日计时误差超差的失效分析流程如下：

1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

* 1. 开盖前检查：

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在接线端子腐蚀、变形等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

* 1. 开盖后检查：

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则可定位故障原因为现场应用问题，并进行相应的修复处理。如外观检查无异常，则应开展以下的分析。

1. **温度参数检查**

温度参数检查的步骤如下：

1. 温度准确性检查

对于时钟内置MCU的方案，需进行电能表温度准确度检查。在参比温度条件下，给电能表施加标称电压，读取电能表当前温度，电能表当前温度应在设计误差范围内，如温度超过此范围，则更换MCU，确认日计时误差是否正常。如电能表温度正常，则应开展以下的分析。

1. 温度补偿参数检查

读取电能表内存储的温度补偿参数，并与生产系统中保存的温度补偿参数进行比较，确认温度补偿参数是否发生变化。如温度补偿参数发生变化，则重新进行RTC校准，确认日计时误差是否正常。如温度补偿参数没有变化，则应开展以下的分析。

1. **电路检查**

电路检查的步骤如下：

1. 时钟电路检查

对电能表时钟电路进行检查，测量时钟芯片或时钟晶振及周边元器件是否存在外观或信号等异常。如有异常，则应进行更换处理并确认日计时误差是否恢复正常。若更换后日计时误差恢复正常，则可定位故障原因。若日计时误差仍然超差，则应开展以下的分析。

1. 时钟脉冲输出电路检查

检查秒脉冲输出管脚和隔离器件及周边元件是否存在外观、输入/输出信号等异常。如果隔离器件输入正常但输出异常，则需更换隔离器件或周边元件，若更换后日计时误差恢复正常，则可定位故障原因。

1. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，且修复后日计时误差恢复正常，则可判定为现场应用问题或其他问题。如温度参数检查或电路检查存在异常，则可根据具体分析情况判定为硬件电路问题、软件问题或元器件问题（如时钟芯片、时钟晶振等）。

日计时误差超差异常失效分析流程如图9所示：



图9 日计时误差超差异常失效分析流程图

##### 时钟乱码

读取电能表运行状态字1，bit15为1，则判定为时钟乱码。时钟乱码的失效分析流程如下：

1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查：

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在接线端子腐蚀、变形等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

1. 开盖后检查：

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则可定位故障原因为现场应用问题，并进行相应的修复处理。如外观检查无异常，则应开展以下的分析。

1. **时钟电池检查**

给电能表施加标称电压，读取电能表内电池电压并观察电能表显示屏是否有电池欠压符号。若电池电压低或显示电池欠压符号，则判定为电池欠压，并参照6.3.4.2章节电池欠压失效分析流程进行分析。若电池电压无异常，则应开展以下的分析。

1. **时钟电路检查**

时钟电路检查的步骤如下：

1. 通过万用表检查时钟电路各器件对地压降或阻抗是否正常，若压降或阻抗异常，则应进行相应的修复处理。若正常，则应开展以下的分析；
2. 检查时钟电路的供电电压是否正常，若供电电压异常，则参照6.3.4.3章节电源供给异常失效分析流程进行分析。若供电电压正常，则应开展以下的分析；
3. 检查电能表主芯片和时钟电路的工作状态，通过示波器测试波形是否正常。若测试波形异常，则应检查时钟电路是否工作正常，若更换时钟芯片或时钟晶振后复测波形恢复正常，可判定为时钟芯片或时钟晶振问题。若更换后工作仍然不正常，则进一步检查通信线路上其他器件或MCU，若更换后复测波形恢复正常，则可定位故障原因。若测试波形正常，则应开展以下的分析。
4. **软件检查**

软件检查的步骤如下：

1. 读取电能表内部RTC寄存器值，判断是否与电表显示时间一致。如一致，则可判定为时钟模块故障。如不一致，则应开展以下的分析；
2. 检查时钟驱动软件代码是否存在缺陷,如异常则可判定为时钟驱动软件问题。
3. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，且修复后时钟乱码恢复正常，则可判定为现场应用问题。如时钟电池检查、时钟电路检查或软件检查存在异常，则可根据具体分析情况判定为元器件问题（如时钟芯片、时钟晶振等）或软件问题

电能表时钟乱码失效分析流程如图10所示：



图10 时钟乱码失效分析流程图

1. **测量误差超差**

测量误差超差包含两种故障现象：电能基本误差超差和电参量示值误差超差。测量误差超差的失效分析流程如下：

注：电能基本误差超差和电参量示值误差超差这两种故障现象的分析流程基本一样，本文件以电能基本误差超差的失效分析流程展开，电参量示值误差超差的失效分析流程参考电能基本误差超差。

1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查：

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在表盖、表座、端子盖破损/变形、接线端子变形/烧毁等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，外观检查结果应拍照保存。

1. 开盖后检查：

对失效表开盖后应进行以下检查：

电压采样：

检查电压采样线是否存在断开、虚焊、焊盘脱落等异常；

检查电压采样电阻是否存在烧毁、腐蚀、虚焊、连锡短路等异常；

检查计量芯片是否存在虚焊、连锡短路、腐蚀等异常。

电流采样：

检查锰铜是否存在开路、变色、氧化或腐蚀等异常；

检查锰铜引脚焊接是否存在虚焊、冷焊、焊盘脱落、焊点氧化等异常；

检查CT采样线是否存在断开、焊接等异常；

检查电流采样电阻是否存在烧毁、腐蚀、虚焊、连锡短路等异常。

计量电路：

检查PCB板上计量电路相关元器件（如计量芯片、计量晶振、电阻、电容、隔离器件等）是否存在烧毁、腐蚀、虚焊、连锡短路等异常。

PCB：

如电压采样、电流采样和计量电路外观均无异常，则应对PCB进行检查，确认是否存在脏污、腐蚀等可能导致离子污染的异常情况。

存储器件电路：

检查存储器件电路是否存在烧毁、腐蚀、虚焊、连锡短路等异常。

如外观检查存在异常，则应进行相应的修复处理后复检电能基本误差，如电能基本误差恢复正常，则可定位故障原因。如电能基本误差仍然不正常或外观检查无异常，则应开展以下的分析。

1. **软件检查**

给电能表施加标称电压，读取电能表存储的校表数据，确认是否有异常。校表数据检查结果分为以下两种情况：

1. 校表数据未变化：

检查校表数据是否正确写入到计量芯片，如未正确写入，则应进行c）电路分析。如正确写入，则应开展以下的分析；

检查计量芯片的初始化流程是否正常，如初始化流程异常，则可判定为计量芯片初始化流程问题。如初始化流程正常，则应进行c）电路分析。

1. 校表数据变化：

检查程序对存储器的操作流程是否有异常，如异常，则可判定为存储器的操作流程问题。如正常，则应开展以下的分析；

检查存储器读写操作的地址参数、长度参数是否有异常，如异常，则可判定为存储器读写操作的参数问题。如正常，则应开展以下的分析。

如果软件检查发现异常，则应进行软件修复后复检电能基本误差。如软件修复后电能基本误差恢复正常，则可定位故障原因。如软件修复后电能基本误差仍然不正常或软件检查未发现异常，则应开展以下的分析。

1. **电路分析**

电路分析的步骤如下：

1. 计量电路：

测量锰铜阻值是否超出规格范围，如超出范围，则可判定为锰铜问题；

测量CT参数是否超出规格范围，如超出范围，则可判定为CT问题；

测量采样电阻是否存在开路、阻值变化等异常，如存在异常，则可判定为采样电阻问题；

测量计量芯片供电电压是否存在异常，则应测量计量芯片供电电路是否异常，如有异常，则可判定为计量芯片供电电路问题。如正常，则应开展以下的分析；

测量计量芯片各管脚的阻抗及信号是否存在异常，如有异常，则可判定为计量芯片问题。如正常，则应开展以下的分析；

测量计量晶振振荡频率和输出波形幅值是否存在异常，如有异常，则可判定为计量晶振问题。如正常，则应开展以下的分析；

测量MCU和计量芯片之间的通信信号是否存在异常，如有异常，则可判定为MCU和计量芯片之间通信电路问题；

如上述分析均正常，则应更换计量芯片，如电能基本误差恢复正常，则可判定为计量芯片问题。如未恢复正常，则应开展以下的分析。

1. 存储电路：

测试存储器电路参数、通信信号是否异常，如有异常，则可判定为存储电路问题。如正常，则应测试存储器读写是否异常。如读写异常，则可判定为存储器元件问题。

如电路分析发现异常，则应进行相应的更换处理后复检电能基本误差。如电能基本误差恢复正常，则可定位故障原因。如异常处理后电能基本误差仍然超差或电路分析未发现异常，则需根据具体情况增加特殊场景的分析，如高低温环境、施加特殊负载等。

1. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题。如软件检查或电路分析存在异常，则可根据具体分析情况判定为硬件电路问题、软件问题或元器件问题（锰铜、CT、采样电阻等）。

电能基本误差超差失效分析流程如图11所示：



图11 电能基本误差超差失效分析流程图

1. **RS485通信失败**

通过RS485信道发送通信命令至电能表，识别电能表应答指令，无应答指令返回，判定为RS485通信失败。RS485通信失败的失效分析流程如下：

1. **外观检查**

外观检查包括开盖前检查和开盖后检查，外观检查的方式如下：

1. 开盖前检查：

开盖前对电能表外观进行检查，确认是否存在表盖、表座、端子盖破损/变形、接线端子变形/烧毁等现象。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，外观检查结果应拍照保存。

1. 开盖后检查：

开盖后对电能表内部进行检查，确认电能表内部是否存在进水、进虫等异常，PCB板上是否存在元器件腐蚀、线路污染等异常。可采用目视检查、光学显微镜检查等方式进行，检查结果应拍照保存。

如外观检查存在异常，则应进行相应的修复处理后复测RS485通信，如RS485通信恢复正常，则可定位故障原因。如RS485通信仍然失败或外观检查无异常，则应开展以下的分析。

在开展以下分析之前，应先通过局方技术协议要求或者丝印判断RS485是否为有极性485。

1. **RS485电路电源电压检查**

给电能表加标称电压，测试RS485电路的电源电压是否正常。RS485电路电源电压异常时判定为RS485电路供电电路异常，应检查供电电路并进行修复处理。如RS485电路电源电压正常，则应进行下一步分析。

1. **RS485的A、B输出电压检查**

未通信状态下，测试RS485的输出A和B之间的电压，如A、B之间电压小于设计阈值，则判定为RS485电路异常或RS485芯片失效。如A、B之间电压大于设计阈值，则应进行下一步分析。

注：若为无极性RS485，则跳过此项检查。

1. **RS485芯片接收器输出信号检查**

通过测试软件发送通信指令，同时用示波器测试RS485芯片接收器输出信号是否正常，信号异常时检查RS485芯片及外围是否存在虚焊、短路、断线等异常，如RS485芯片及外围无异常时判断为RS485芯片失效。如RS485芯片的接收器输出信号正常，则应进行下一步分析。

1. **隔离耦合器件检查**

测试RS485芯片的接收信号隔离耦合器件（光耦或容耦等）的输出信号是否异常，如无信号或者信号畸变则判定为耦合器件失效。如有信号，则应进行下一步分析。

1. **MCU应答信号检查**

测试MCU的应答信号是否正常，若不正常，可判定为MCU的通信接口回路失效。若正常，应测试MCU应答信号经过隔离耦合器后是否正常，信号异常时判定为隔离耦合器件失效，信号正常时可判定为RS485芯片失效。

1. **确定原因**

根据上述分析结果，如外观检查存在异常，则可判定为现场应用问题。如按照上述步骤开展分析过程中存在异常，则可根据具体分析情况判定为硬件电路问题或元器件问题（RS485芯片、光耦、隔离器件等）。

RS485通信失败失效分析流程如图12所示：



图12 RS485通信失败失效分析流程图

1. **纠正措施制定**

根据上述拆回电能表7种典型故障类型的分析结果，失效原因可能为硬件电路问题、软件问题、元器件问题、生产制造工艺问题、现场应用问题等，根据失效分析结果制定与之相对应的纠正措施，纠正措施应包括但不限于设计优化、元器件品质控制、制造工艺改进、检定检验加强、包装运输改善等。

如纠正措施不能立即执行，需要制定纠正措施实施的时间计划。纠正措施应包括短期措施（临时控制措施）和长期措施（永久有效的措施）。

注：是否需要制定纠正措施应根据具体问题的失效分析结果而定，本文件不做强制要求。

1. **纠正措施验证**

根据制定的纠正措施实施计划，开展纠正措施的验证。验证数量根据实际情况而定，并跟踪、记录验证结果，验证结果包括纠正措施实施前、实施后的效果对比，如故障数量、故障率的变化等。纠正措施验证可能不止进行一次验证，根据验证效果，可加大验证次数。

注：是否需要进行纠正措施验证应根据具体情况而定，本文件不做强制要求。

1. **预防措施**

纠正措施经验证有效后，该纠正措施应在其他同类项目或产品上水平推广，从设计、元器件、生产制造流程等源头上进行控制，杜绝相同问题发生。

注：是否需要制定预防措施应根据具体情况而定，本文件不做强制要求。

1. **编写失效分析报告**

整理失效分析过程中的测试数据、试验记录、验证结果等，编写失效分析报告，失效分析报告模板见附录A。

1. **评价结果形成规则**

评价结果以失效分析报告的方式呈现。失效分析工作完成后，应按照如下原则和要求编写失效分析报告。

2. 1. **失效分析报告编写原则**

失效分析报告是对故障电能表失效分析的整个过程进行系统化总结，失效分析报告的编写应遵循实事求是、严谨认真的原则。

* 1. **失效分析报告编写要求**

失效分析报告应包含标题、失效分析报告版本号、失效分析报告编号、失效表基本信息、失效背景信息、失效现象确认、围堵措施、失效分析、失效原因、纠正措施和预防措施。

* + 1. **标题**

失效分析报告标题应简洁、清晰。

* + 1. **版本号**

应包括失效分析报告版本号，用于对失效分析报告进行版本管理。版本号管理规则，年月日+版本号，示例：20250701V01

* + 1. **报告编号**

应包括失效分析报告编号，用于失效分析报告归档和追溯。——统一报告编号规则，供应商编号（国网10位，南网4位）+网省编号（01,02,03---31）+年月日（20250701）+4位预留编号（0001）

* + 1. **失效表基本信息**

包括失效电能表型号、规格、资产编号、客户名称、生产厂家、生产日期等基本信息。

* + 1. **失效背景信息**

包括但不限于失效现象描述、失效数量、失效比例、失效发生时间、安装时间、失效表版本等（如：13版、20版等）。

注：失效现象描述应与7类典型故障现象保持一致，采用勾选方式。如有不一致，备注为其他。

* + 1. **失效现象确认**

包括失效现象确认的步骤和结果，以及用以佐证的图片、视频等。

* + 1. **围堵措施**

为防止问题进一步扩散而采取的临时控制措施。本文件不做强制要求，如没有或不需要采取围堵措施，可不写。

* + 1. **原因分析**
       1. 针对故障原因展开分析的过程，包括但不限于外观检查、开盖检查、电表数据分析、电路分析、软件分析和试验验证等分析步骤。
       2. 针对电能表7种典型故障类型的原因分析，应参考本文件中第6章的失效分析流程进行。
    2. **失效原因**

根据7.2.8原因分析的结果，明确导致电能表失效的根本原因。

* + 1. **纠正措施**

根据失效原因，制定与之相对应的纠正措施，并制定纠正措施实施的时间计划。本文件不做强制要求，如没有或不需要采取纠正措施，可不写。

* + 1. **预防措施**

从产品设计、生产工艺、元器件等源头上进行控制，杜绝相同问题再次发生而采取的措施。本文件不做强制要求，如没有或不需要采取预防措施，可不写。

* + 1. **失效分析报告拟制、核对、审批人及时间**

应注明失效分析报告的拟制人、核对人、审批人及对应时间。

**附录A**

（资料性）

**失效分析报告模板**

**A.1失效分析报告模板**

失效分析报告模板见表A.1。

表A.1 失效分析报告模板

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **失效分析报告**  版本号: 报告编号: | | | |
| **失效表**  **基本信息** | 型号： | 规格： | 资产编号： |
| 客户名称： | 生产厂家： | 生产日期： |
| **失效背景信息** |  | | |
| **失效现象确认** |  | | |
| **围堵措施** |  | | |
| **原因分析** |  | | |
| **失效原因** |  | | |
| **纠正措施** |  | | |
| **预防措施** |  | | |
| **签批** | 拟制：  日期： | 核对：  日期： | 审批：  日期： |