

拆回智能电能表烧表故障分析及对策研究

黄红桥¹, 谈丛¹, 汪凤娇¹, 骆冰祥¹, 温和²

(1. 国网湖南省电力有限公司供电服务中心(计量中心), 长沙 410001;

2. 湖南大学 电气与信息工程学院, 长沙 410082)

摘要: 电能表轮回、换装、故障、拆迁等导致的拆回智能电能表数量急剧增加, 分析拆回智能电能表的故障, 对于拆回智能电能表利用旧有资源(利旧)和可靠性提升具有重要意义。文中以某省拆回智能电能表故障数据为基础, 分析总结出拆回智能电能表故障的内外部影响因素, 采用相关分析模型进行故障历史数据的关联分析, 结合气象、历史和再次检定数据等, 分析明确接线工艺不符合要求和接线材料不符合要求是造成烧表的主要原因, 提出采用提高现场装接质量、增加铜铝过渡接头作为提升智能电能表可靠性的对策, 并对实测数据进行了对比分析。研究结果表明, 运用文中提出的对策后, 智能电能表的烧表率从 82.73% 下降到了 34.55%, 火线端子烧坏率从 81.44% 下降到了 35.01%, 不但直接降低了全省低压台区烧表率, 还有效提升了计量资产的安装和运维规范性。

关键词: 拆回智能电能表; 故障; 烧表; 器件; 对策

DOI: 10.19753/j.issn1001-1390.2026.03.019

中图分类号: TM933

文献标识码: B

文章编号: 1001-1390(2026)03-0185-08

Research on burnout fault analysis of disassembly smart electricity meter and corresponding strategy

HUANG Hongqiao¹, TAN Cong¹, WANG Fengjiao¹, LUO Bingxiang¹, WEN He²

(1. Power Supply Service Center (Metrology Center), State Grid Hunan Electric Power Company, Changsha 410001, China. 2. School of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The number of disassembly smart electricity meters caused by the reincarnation, replacement, failure, and demolition of electricity meters has increased dramatically, and it is of great significance to analyze the faults of disassembly smart electricity meters to reuse and improve the reliability of disassembly smart electricity meter. Based on the fault data of disassembly smart electricity meter in a province, this paper analyzes and summarizes the internal and external influencing factors of disassembly smart electricity meter faults. The correlation analysis is used to carry out the correlation analysis of fault historical data. Combined with meteorological, historical calibration and re-calibration data, it is analyzed and clear that the non-compliance of the wire process and the non-compliance of the wiring material are the main reasons for the burnout meters. The strategy of improving the reliability of smart electricity meters is proposed to improve the quality of on-site assembly and copper-aluminum transition joints, and the measured data are compared and analyzed. The results show that after applying the proposed strategy, the burnout rate of smart electricity meters decreases from 82.73% to 34.55%, and the burnout rate of live wire terminals decreases from 81.44% to 35.01%, which not only directly reduces the burnout rate of low-voltage stations in the province, but also effectively improves the installation and operation and maintenance standardization of metering assets.

Keywords: disassembly smart electricity meter, fault, burnout meter, component, corresponding strategy

0 引言

智能电能表是实现电能表信息全采集、全覆

盖、全费控的基础, 是建设智能电网的重要组成部分^[1-2]。近年来, 智能电能表换装数量快速增加, 每年因轮回、换装、故障、拆迁等导致的拆回智能电能表数量也急剧增加^[3-4], 据不完全统计, 每年拆回表

基金项目: 国家电网公司科技项目(5216AG22000T)

数量约占全国安装总量的 1/10 ~ 1/5。另外,智能电能表供应商超过 60 家,品牌众多,智能电能表配置的复杂性和分布的分散性给电网企业电能表资产管理带来巨大挑战^[5-6]。因此,通过分析拆回智能电能表的故障,研讨提升智能电能表可靠性的对策,对于减少资源浪费,节约成本、提质增效,助力电力行业可持续发展具有重要意义。

智能电能表现场运行环境复杂多样,导致其故障和计量误差超差的因素很多,大致可以分为内部因素和外部因素^[7-8]:内部因素一般是指智能电能表的原材料缺陷或设计加工缺陷等;外部因素不仅包括智能电能表的工作环境,如湿度、气压、温度、风速、气压、磁场,还包括输入的电流、电压等。特别是在分布式新能源和非线性负荷大量接入,以及极端气象工作条件下,智能电能表的运行可靠性和计量准确性受到严重影响^[9-12]。

很多学者对拆回智能电能表的检测、故障分析等开展了较为深入的研究^[13-19]。文献[13]利用电网的拆回表数据,分析已发生故障的表计与正常表计之间的差别,构建智能电能表故障发生的预测模型。文献[14]针对当前智能电能表故障类型多样、可靠性评价单一的问题,提出基于 Bayes 和 Bootstrap 方法的智能电表可靠性评估。文献[15]针对环境应力与雷击影响,建立基于维纳模型的智能电能表环境应力退化过程。虽然现有研究对于智能电能表的故障因素和可靠性设计有较好的指导意义,但均局限于智能电能表本身,一方面尚未综合考虑智能电能表从设计、生产到安装、运行的全寿命周期故障成因,另一方面缺乏大规模的实际运行数据分析。导致现有研究成果对于智能电能表生产、运维全过程可靠性的工程实践指导意义有限。

新型电力系统建设对电能计量资产全寿命周期管理提出了新的要求。针对低压户表损坏率高、拆回表难以复用的问题,本文对拆回智能电能表烧表故障进行统计分析,梳理导致智能电能表烧表故障的若干因素,结合天气、检定数据等分析确定造成智能电能表烧表故障的主要原因,提出降低低压户表损坏率的工作策略。

1 拆回智能电能表故障

某电网公司 2022 年拆回智能电能表 64 782 只,其中损坏的智能电能表为 34 466 只。根据统计分析,智能电能表损坏可以分为五类:烧表、密封防水失效、黑屏、外观损坏、液晶破裂,损坏类别频次统计如表 1 所示。

表 1 损坏类别频次统计表

Tab. 1 Damage category frequency statistics table

序号	损坏大类	频数	累计频数	累计百分比/%
1	烧表	28 515	28 515	82.73
2	外观损坏	2 102	30 617	88.83
3	黑屏	1 890	32 507	94.32
4	液晶破裂	1 381	33 888	98.32
5	密封防水失效	578	34 466	100.00

进一步对 28 515 只烧表损坏的智能电能表进行研究,主要可归结为以下 5 类:火线端子烧坏、零线端子烧坏、模块底座烧坏、外观烧坏和内部烧坏,如图 1 所示。烧表损坏的智能电能表分类统计结果如表 2 所示。



图 1 烧表损坏的智能电能表实物照片

Fig. 1 Photos of burnout smart electricity meter

表 2 烧表损坏的智能电能表类别占比统计

Tab. 2 Statistics on the proportion of categories of smart electricity meters damaged by meter burning

序号	烧表大类	频数	累计频数	累计百分比/%
1	火线端子烧坏	23 223	23 223	81.44
2	零线端子烧坏	2 295	25 518	89.49
3	模块底座烧坏	1 592	27 110	95.07
4	外观烧坏	1 059	28 169	98.79
5	内部烧坏	346	28 515	100.00

如表 2 所示,火线端子烧坏占比超过 81.44%,是影响烧表率的主要情形。

2 拆回智能电能表烧表因素

智能电能表在运行的过程中受到多种因素影响,导致其发生故障的原因较多。本文梳理出环境

温度过高、电能表接线工艺不合格、电能表接线方法不正确、火线端子本身易氧化生锈、火线端子材料本身耐高温能力差、人员业务培训水平不够等因素,得到图 2 所示的拆回智能电能表烧表故障原因分析关联图。



图 2 拆回智能电能表烧表故障原因分析图

Fig. 2 Analysis of the causes of the burnout fault of the smart electricity meter

1) 环境因素(环境温度过高)

电能表的现场安装环境非常复杂,部分电能表由于安装条件受限,在周围环境温度升高的时候,不能通风散热,造成热量聚集,火线端子处本身就是产热区域,所以温度增加更快,最终造成火线端子烧坏;

2) 方法因素(接线工艺不符合要求)

电能表火线接线端子烧坏与接线工艺不符合要求也有紧密联系,部分电能表安装后,螺丝没有拧紧,或者出现压皮和漏铜的现象,长年累月的使用过程中,会导致接线端子处产生氧化,电阻增大,在通过电流的同时,产生大量热量,从而导致烧表;

3) 材料因素(接线材料不符合要求)

电能表接线材料是指电能表与下户线之间的连接线的材质,电能表火线接线端子烧坏与接线材料不符合要求也有紧密联系,部分电能表火线端子直接接入了铝质多股导线,铝质多股导线在空气中更容易形成化学腐蚀,从而导致火线端子处电阻增大,在通过电流的同时,产生大量热量,从而导致烧表。

特别地,火线端子易氧化生锈,在使用的过程中会接触环境中的水分和灰尘,容易形成化学腐蚀,导致端子电阻增大,通电时会产生较多的热量,

引起烧表。火线端子本身的耐高温能力差也是导致火线端子容易烧坏的一个原因,电能表经过初次检定合格后,安装到户,随着时间的推移,火线端子的耐高温能力逐渐降低,在电能表通过大电流时,火线端子热量聚集,温度升高较快,最终导致烧表;

4) 人员因素(业务培训水平不够)

电能表火线接线端子烧坏与人员培训水平也有着比较紧密的联系。经现场调查,某些单位安装在现场的电能表接线工艺较差,这种现象直接导致电能表火线端子处电阻较大,在通过的电流较大的时候,容易导致端子烧坏。

3 拆回智能电能表烧表数据分析

结合天气、历史检定数据、再次检定数据等分析确定造成智能电能表烧表故障的主要原因。

1) 环境温度影响

通过查询该省 2022 年 12 个月的平均气温,统计每月的全省烧表数量,得到图 3 所示的趋势图。

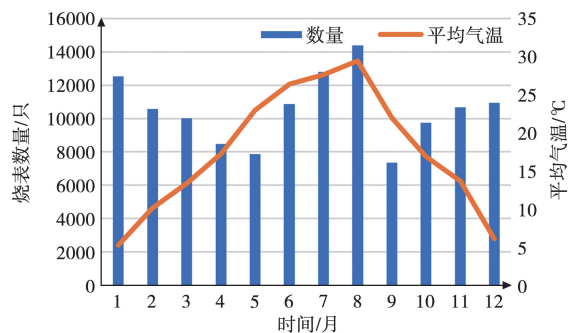


图 3 全省每月烧表数量和平均气温趋势图

Fig. 3 Number of burned meters and average temperature of the province every month

参见图 3,全省每月烧表数量与全省月平均气温的变化并无较大关系,在温度高的月份和温度低的月份,烧表的数量变化比较大,计算得到其相关系数仅为 0.08。表明全省每月烧表数量和全省月平均气温并无较大的相关性。因此,环境温度影响并非导致烧表的主要因素;

2) 电能表接线工艺不符合要求

针对接线工艺对于烧表率的影响,按台区进行了烧表率统计,对每个市州公司挑选出 2 个户数在 150 户左右的台区,其中 1 个台区的年烧表率要求为 2% 左右,另一个台区的年烧表率要求为 0%。对抽取的 28 个台区的接线工艺进行了现场调查,在调查过程中,将接线端子处出现螺丝松动、压皮、漏铜的现象进行记录,并将其定义为接线工艺不合格,统计调查结果如表 3 所示。

表 3 接线工艺不合格率统计调查结果
Tab. 3 Statistical survey results on the unqualified rate of wiring technology

市州 序号	烧表率 2% 台区			烧表率 0% 台区			平均不 合格率 /%
	表计 总量	接线工 艺不合 格数量	不合 格率 /%	表计 总量	接线工 艺不合 格数量	不合 格率 /%	
1	148	5	3.38	152	3	2.05	2.68
2	152	8	5.26	152	3	2.03	3.62
3	146	15	10.27	153	8	5.23	7.75
4	146	11	7.53	149	4	2.68	5.11
5	153	8	5.23	149	5	3.36	4.29
6	152	12	7.89	152	6	3.95	5.92
7	148	10	6.76	148	4	2.70	4.73
8	149	11	7.38	152	5	3.29	5.34
9	150	10	6.67	149	5	3.36	5.01
10	151	13	8.61	148	6	4.05	6.33
11	152	9	5.92	150	4	2.67	4.29
12	150	10	6.67	148	5	3.38	5.02
13	150	9	6.00	149	3	2.01	4.01
14	151	8	5.30	153	2	2.31	3.30
平均不 合格率 /%		6.6			3.0		

通过表 3 数据可分析,烧表率高的台区,接线工艺不合格率明显高于烧表率低的台区;接线工艺不合格率与烧表率的相关系数为 0.92:

$$r(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var[X] \cdot Var[Y]}} = 0.92 \quad (1)$$

式中: X 为接线工艺不合格率; Y 为烧表率(数据在表 4 中第 2 列中给出)。接线工艺不合格率的方差为 $Var[X] = 0.0286\%$, $N = 14$, 烧表率方差为 $Var[Y] = 0.000735\%$, 协方差为 $Cov(X, Y) = 0.00134\%$, 由此计算得到相关系数为 0.92。因此,接线工艺不合格率与烧表率具有明显的相关性,接线工艺不合格是导致烧表的主要因素;

3) 电能表接线材料不符合要求

经调查,该省内农村地区电网下户线多采用铝质多股导线,电能表压接螺丝直径仅为 5 mm。由于多股铝质导线的强度较差,直接接入电能表大力压接时容易断股,同时铝质导线容易氧化。这些因素都会导致电能表接线端子处电阻增大,从而容易引发烧表。为分析接线材料不合格对于烧表率的影响程度,首先将下户线为多股铝线,并且其户数超过台区总户数一半定义为铝线台区,统计了全省各

市州铝线台区占全市州台区总数的占比。同时,在每个市州公司的铝线台区中随机挑选 5 个台区作为调查对象,现场调查其接线材料的情况,将多股铝线直接入表的情况定义为不合格。调查情况如表 4 所示。

表 4 市州烧表率与接线材料不合格率统计结果
Tab. 4 Statistical survey results on the proportion of burnout rate and the unqualified rate of wiring materials of different cities

市州序号	烧表率/%	铝线台区占比/%	接线材料不合格率/%
1	0.21	13.24	18.75
2	0.22	13.58	21.31
3	0.48	19.46	31.45
4	0.38	21.24	31.02
5	0.31	18.52	23.14
6	0.46	20.35	25.68
7	0.33	12.05	18.02
8	0.41	18.52	27.85
9	0.38	16.41	24.62
10	0.46	17.53	27.68
11	0.30	16.85	21.04
12	0.38	15.46	28.56
13	0.29	12.78	18.41
14	0.29	12.41	17.46

根据表 4 数据可分析:烧表率高的市州公司,铝线台区占比更大;烧表率高的市州公司,接线材料不合格率更高;接线材料不合格率与烧表率相关系数为 0.78,具有明显的相关性。因此,电能表接线材料不符合要求是导致烧表的主要因素;

4) 火线端子本身易氧化生锈

对近 3 年拆回智能电能表接线端子的生锈情况进行数据统计,对 14 个市州公司的表计运行时间在 1~10 年的表计分别随机挑选 100 只,火线端子出现较锈蚀的数量和各市州年烧表率的对比如图 4 所示。

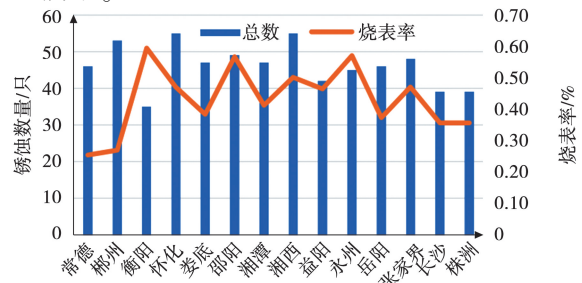


图 4 电能表火线端子锈蚀数量与烧表率组合图
Fig. 4 Combination diagram between the number of corroded wires of electricity meters and the burnout

计算得到电能表火线端子锈蚀数量与年烧表率的相关系数为 -0.09, 这表明电能表的火线端子锈蚀数量和各市州的烧表率并无较大的相关性。因此, 电能表的火线端子锈蚀并非导致烧表的主要因素。

5) 火线端子本身耐高温能力差

根据 Q/GDW 1355 - 2013《单相智能电能表型式规范》中对于端子座以及接线端子的要求:“端子座热变形温度不低于 200 ℃; 接线端子的截面积和载流量应满足 1.2 倍最大电流长期使用而温升不超过限定值。”本文对近 3 年来已安装电能表的耐高温能力进行了调查统计, 随机抽取了每个市州公司 1 000 只正在运行的电能表, 调取了其初次检定的数据。初次检定中火线端子耐高温能力的数据如表 5 所示。在此基础上, 随机抽取了每个市州公司 1 000 只已拆回分拣的智能电能表(运行年份为 1 - 10 年), 其中每年抽取 100 只, 再次进行火线端子耐高温试验, 试验结果如表 5 所示。

表 5 初次和再次检定的耐高温合格率

Tab. 5 High temperature resistance qualification rate for initial and re-calibration

市州序号	初次检定耐高温合格率/%	市州序号	再次检定耐高温合格率/%
1	100	1	98.50
2	100	2	97.60
3	100	3	96.50
4	100	4	95.40
5	100	5	97.10
6	100	6	97.80
7	100	7	98.90
8	100	8	97.10
9	100	9	96.90
10	100	10	96.10
11	100	11	97.20
12	100	12	95.80
13	100	13	96.30
14	100	14	98.80
极差/%	0	极差/%	3.50
平均值/%	100	平均值/%	97.14

从表 5 格数据中可以发现, 智能电能表在初次检定时, 耐高温合格率都为 100%, 经过多年的运行后, 耐高温合格率仍能够保持在 97.14%, 极差也只有 3.5%。因此, 表计材料耐高温能力差对烧表率影响很小, 并非导致烧表的主要因素;

6) 人员业务培训水平不够

为了解全省现场运维人员和库房管理人员对规程的熟悉程度, 随机抽取了 14 个市州公司的计量人员共 56 名开展采集运维培训和竞赛, 其中理

论考试内容涉及国网(营销/4)866 - 2017《国家电网公司低压计量箱质量监督管理办法(试行)》和湘电公司营销[2012]759 号《装表接电工作规程》的内容, 共有 21 分, 各市州公司得分率如图 5 所示。

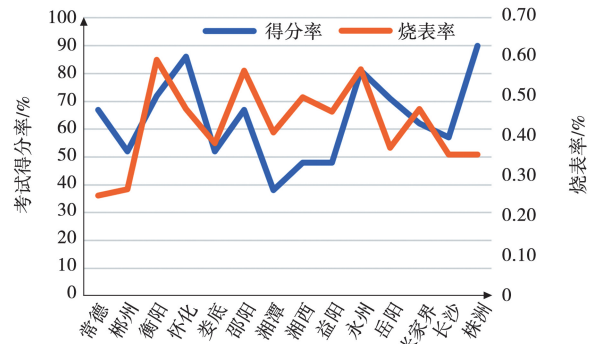


图 5 全省各市州考试得分率与烧表率组合图
Fig. 5 Combination diagram of the test score rate and the burnout rate of each city and state in the province

计算得到各市州公司培训考试成绩与各市州公司烧表率的相关系数仅为 0.09, 可知计量人员的培训成绩的高低与烧表率并无较为直接的关系。因此, 人员业务培训水平不够并非导致烧表的主要因素。

根据以上要因确认分析, 导致电能表接线端子烧表率高的主要原因是: 电能表接线工艺不符合要求以及电能表接线材料不符合要求。

4 降低烧表率的对策及效果

针对电能表接线材料不符合要求, 可以采用以下两种措施: 1) 将下户线更改为铜线; 2) 增加铜铝过渡接头。

“将下户线更改为铜线”的措施, 可靠性较高, 可保证一次施工, 终身受用。改造过程中可能会涉及登高作业, 有一定的安全风险, 改造成本约为 100 元/户, 现场改造作业时间一般为 1 天, 但考虑到基层供电所班组作业任务重等因素, 改造时间一般按 10 天/户估算, 能够从根本上降低接头处电阻, 从而有效降低烧表率, 但因为涉及的改造工程量较大, 可实施性一般。

“增加铜铝过渡接头”的措施, 能够最大程度上改善接线质量, 从而有效降低烧表率, 可靠性较高。改造过程工程量较小, 可实施性较强, 安全风险低, 改造成本约为 10 元/户, 改造时间约为 1 天/户。

经上述对比分析, 建议以采用提高现场装接质量、增加铜铝过渡接头作为解决方案: 针对电能表

接线工艺不合格的问题,提高电能表现场装接质量,要求所有烧表台区装接工艺不合格率 < 2%;对于电能表接线材料不合格的问题,增加铜铝过渡接头,要求其导线截面为 16 mm²,长度为 46.5 mm,穿线深度为 22 mm,管内径 6.3 mm,外径 10 mm,铝线台区装表材料不合格率 < 1%。

2023 年对烧表率较高的台区进行了接线工艺现场核查,每个市州公司核查 3 个台区,对接线工艺不合格率进行了统计,如表 6 所示,达到装接工艺不合格率 < 2% 的目标。

表 6 核查台区接线工艺不合格统计表

Tab. 6 Statistical table of unqualified wiring process in the verification station area

市州序号	工艺不合格数	表计总数	不合格率/%	市州序号	工艺不合格数	表计总数	不合格率/%
1	3	434	0.69	8	6	387	1.55
2	5	412	1.21	9	8	392	2.04
3	6	456	1.32	10	7	413	1.69
4	7	487	1.44	11	6	459	1.31
5	3	402	0.75	12	6	365	1.64
6	5	452	1.11	13	7	471	1.49
7	7	456	1.54	14	4	408	0.98
平均不合格率/%				1.34			

2023 年对全省的铝线台区进行了现场核查,每个市州公司核查 3 个台区,对接线材料不合格率进行了统计,如表 7 所示。通过加装铜铝过渡接头,全省接线材料不合格率低于 1%。

表 7 核查台区接线材料不合格统计表

Tab. 7 Statistical table of unqualified wiring materials in the verification station area

市州序号	材料不合格数	表计总数	不合格率/%	市州序号	材料不合格数	表计总数	不合格率/%
1	3	427	0.70	8	6	409	1.47
2	2	430	0.47	9	4	383	1.04
3	4	455	0.88	10	3	401	0.75
4	3	453	0.66	11	2	438	0.46
5	3	406	0.74	12	3	376	0.80
6	4	448	0.89	13	2	486	0.41
7	6	443	1.35	14	3	402	0.75
平均值不合格率/%				0.81			

对 2023 年 4 月至 8 月(对策实施后)全省智能电能表损坏率情况进行统计,如表 8 所示。

2022 年公司智能电能表平均损坏率为 0.55%。由表 8 可知,对策实施后公司智能电能表的年损坏率下降到 0.25%。2023 年 4 月 - 8 月全省 5 类烧表类型烧表数量如表 9 所示。

表 8 2023 年 4 月 - 8 月全省损坏率统计表

Tab. 8 Statistical table of damage rate in the province from April to August 2023

市州序号	4 月损坏率/%	5 月损坏率/%	6 月损坏率/%	7 月损坏率/%	8 月损坏率/%	月平均值/%	折算年损坏率/%
1	0.017 3	0.015 0	0.014 9	0.014 7	0.014 9	0.015 4	0.184 2
2	0.016 7	0.014 0	0.013 9	0.013 9	0.013 4	0.014 4	0.172 6
3	0.030 9	0.028 4	0.027 8	0.027 7	0.027 1	0.028 4	0.340 6
4	0.028 3	0.025 7	0.025 9	0.025 5	0.025 3	0.026 1	0.313 6
5	0.026 2	0.023 8	0.023 8	0.023 3	0.022 8	0.024 0	0.288 1
6	0.028 5	0.026 2	0.025 6	0.025 0	0.024 5	0.026 0	0.311 9
7	0.015 4	0.012 7	0.012 2	0.012 1	0.011 7	0.012 8	0.153 8
8	0.029 5	0.026 8	0.026 6	0.026 5	0.026 6	0.027 2	0.326 4
9	0.020 1	0.017 0	0.017 2	0.016 6	0.016 6	0.017 5	0.209 7
10	0.028 4	0.025 9	0.025 5	0.025 3	0.024 9	0.026 0	0.311 9
11	0.018 9	0.016 3	0.016 3	0.016 1	0.016 1	0.016 7	0.200 7
12	0.025 9	0.023 0	0.022 7	0.022 6	0.022 4	0.023 3	0.279 7
13	0.021 3	0.018 9	0.018 4	0.018 0	0.017 9	0.018 9	0.226 6
14	0.015 5	0.012 6	0.012 1	0.011 5	0.011 6	0.012 6	0.151 7
平均损坏率/%				0.25			

表9 2023年4月—8月湖南公司烧表类型统计表
Tab. 9 Statistical table of burning types for Hunan company from April to August 2023

烧表类型	频次	累计百分比/%
火线端子烧坏	3 255	35.01
零线端子烧坏	2 253	59.24
模块底座烧坏	2 073	81.54
外观烧坏	1 257	95.06
内部烧坏	459	100.00

通过对比表2和表9,智能电能表的火线端子烧坏率从81.44%下降到了35.01%。可以看出,对策实施后火线端子烧坏已经不再是造成烧表率高的主要原因。

2023年4月—8月电能表损坏类型统计表如表10所示。通过对比表1和表10,对策实施后智能电能表的烧表率从82.73%下降到了34.55%,烧表已经不再是智能电能表损坏率高的症结所在。

表10 2023年4月—8月电能表损坏类型统计表
Tab. 10 Statistical table of types of electricity meter damage from April to August 2023

损坏类型	频次	累计频次	累计百分比/%
烧表	9 297	9 297	34.55
外观损坏	6 105	15 402	57.24
黑屏	5 890	21 292	79.13
液晶破裂	4 353	25 645	95.31
密封防水失效	1 263	26 908	100.00

5 结 论

针对充分利用拆回智能电能表旧资源和智能电能表可靠性提升的迫切需求,以某省拆回智能电能表故障数据为基础,分析拆回智能电能表的故障原因,采用相关分析模型进行故障历史数据的分析,深入研究造成智能电能表烧表的主要因素,提出提升智能电能表可靠性的对策,对比分析对策实施后智能电能表的烧表率 and 损坏率。研究结果表明,采用提高现场装接质量、增加铜铝过渡接头作为提升智能电能表可靠性的对策后,智能电能表的烧表率从82.73%下降到了34.55%,烧表已经不再是智能电能表损坏率高的症结所在;火线端子烧坏率从81.44%下降到了35.01%,火线端子烧坏已经不再是造成烧表率高的主要原因。文章的研究工作从计量资产的拆回分拣出发,不但直接降低了全省低压台区烧表率,还有效推动计量资产的安装和运维的规范性的提升。

参 考 文 献

- [1] 寇亮. 智能电表计量中的故障原因与对策分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(9): 208-209.
KOU Liang. Analysis of fault causes and countermeasures in smart meter measurement[J]. Application of IC, 2023, 40(9): 208-209.
- [2] 李晶, 赵宏伟, 叶萌, 等. 智能电网低频振荡均匀阻尼控制研究[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(1): 9-13.
LI Jing, ZHAO Hongwei, YE Meng, et al. Research on uniform damping control of low frequency oscillation in smart grid[J]. Techniques of Automation and Applications, 2024, 43(1): 9-13.
- [3] 谈丛, 黄红桥, 陈石东, 等. 广域级电网在运智能电能表的烧损故障关联分析和预测方法[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2022, 49(10): 175-182.
TAN Cong, HUANG Hongqiao, CHEN Shidong, et al. Correlation analysis and prediction method of burn-out fault of smart watt-hour meter in wide-area power grid[J]. Journal of Hunan University (Natural Science Edition), 2022, 49(10): 175-182.
- [4] 陈昊, 杜新纲, 葛得辉, 等. 基于期望最大化算法的电能表误差估计技术[J]. 中国测试, 2023, 49(3): 47-52.
CHEN Hao, DU Xinguan, GE Dehui, et al. Error estimation technique of watt-hour meter based on expectation maximization algorithm[J]. China Test & Measurement, 2023, 49(3): 47-52.
- [5] 罗锋, 郑淞, 王少启, 等. 某款智能电能表静电放电测试案例整改研究[J]. 中国测试, 2020, 46(S2): 119-122.
LUO Feng, ZHENG Song, WANG Shaoqi, et al. Rectification of electrostatic discharge test case of a smart watt-hour meter[J]. China Test & Measurement, 2020, 46(S2): 119-122.
- [6] 张敏慧, 李晓露, 柳劲松, 等. 计及有限理性的多微电网电能交易策略[J]. 浙江电力, 2024, 43(1): 45-56.
ZHANG Minhui, LI Xiaolu, LIU Jinsong, et al. A strategy for electricity trading among multiple microgrids considering bounded rationality[J]. Zhejiang Electric Power, 2024, 43(1): 45-56.
- [7] 蔡慧, 乔适苏, 袁健, 等. 基于信息融合的低压智能电能表动态评价模型[J]. 电力系统自动化, 2020, 44(11): 206-214.
CAI Hui, QIAO Shisu, YUAN Jian, et al. Dynamic evaluation model of low-voltage smart watt-hour meter based on information fusion[J]. Automation of Electric Power Systems, 2020, 44(11): 206-214.
- [8] 张安安, 周奇, 李茜, 等. “双碳”目标下火电厂CO₂计量技术研究现状与展望[J]. 发电技术, 2024, 45(1): 51-61.

- ZHANG Anan, ZHOU Qi, LI Qian, et al. Research Status and Prospect of CO₂ Accounting Technology in Thermal Power Plants Under the Goal of Dual Carbon[J]. Power Generation Technology, 2024, 45(1): 51-61.
- [9] 裴林, 黄成, 杨啸, 等. 考虑隐私保护和去中心化的分布式能源交易模式研究[J]. 电力系统保护与控制, 2024, 52(2): 143-154.
- PEI Lin, HUANG Cheng, YANG Xiao, et al. A distributed energy trading model considering privacy protection and decentralization[J]. Power System Protection and Control, 2024, 52(2): 143-154.
- [10] 朱永清, 林佳宁, 李庆生, 等. 冰灾下考虑多重不确定性的负荷聚合商市场力评估方法[J]. 浙江电力, 2024, 43(1): 64-71.
- ZHU Yongqing, LIN Jianing, LI Qingsheng, et al. A market power assessment method for load aggregators considering multiple uncertainties under ice disasters[J]. Zhejiang Electric Power, 2024, 43(1): 64-71.
- [11] 郑波坤, 魏韡, 于骏, 等. 基于参数规划的电网侧储能容量价值评估方法[J]. 电力工程技术, 2024, 43(1): 21-31.
- ZHENG Boshen, WEI Wei, YU Jun, et al. Evaluation method for energy storage capacity value based on the multi-parametric programming[J]. Electric Power Engineering Technology, 2024, 43(1): 21-31.
- [12] 刘达, 何万强, 李金孟, 等. 考虑用户碳配额的售电公司新能源电力购售策略研究[J]. 智慧电力, 2024, 52(1): 14-22.
- LIU Da, HE Wanqiang, LI Jinmeng, et al. Renewable energy electricity purchasing and selling strategy for power selling company considering carbon allowance for users [J]. Smart Power, 2024, 52(1): 14-22.
- [13] 程诗尧, 武赫, 朱锦山, 等. 批量智能电能表故障率预测方法的研究[J]. 仪器仪表与分析监测, 2022(2): 11-16.
- CHENG Shiyao, WU He, ZHU Jinshan, et al. Research on failure rate prediction method of batch smart energy meters [J]. Instrumentation Analysis Monitoring, 2022(2): 11-16.
- [14] 黄瑞, 刘小平, 刘谋海, 等. 基于混合威布尔模型的智能电能表可靠性评价方法[J]. 电测与仪表, 2024, 61(4): 198-205.
- HUANG Rui, LIU Xiaoping, LIU Mohai, et al. Reliability evaluation method of smart watt-hour meter based on hybrid Weibull model[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2024, 61(4): 198-205.
- [15] XU D, XIAO X Q, YU H B. Reliability evaluation of smart meters under degradation-shock loads based on phase-type distributions[J]. IEEE Access, 2020, 8: 39734-39746.
- [16] 姜建武, 王博. 高维数据组合关联关系挖掘方法[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(4): 1615-1624.
- JIANG Jianwu, WANG Bo. High dimensional data combination association mining method[J]. Science Technology and Engineering, 2023, 23(4): 1615-1624.
- [17] 王凯明, 李荣鹏, 肖玉柱, 等. 多模态高维数据关联分析的联合协同回归模型[J]. 计算机应用与软件, 2022, 39(8): 28-33.
- WANG Kaiming, LI Rongpeng, XIAO Yuzhu, et al. Joint co-regression model for multi-modal high-dimensional data association Analysis[J]. Computer Applications and Software, 2022, 39(8): 28-33.
- [18] 江永鑫, 陈丽安, 郭梦倩, 等. 基于改进CEEMD和RF的低压串联故障电弧识别方法[J]. 电力系统保护与控制, 2024, 52(1): 97-108.
- JIANG Yongxin, CHEN Lian, GUO Mengqian, et al. Identification method of low voltage series fault arc based on improved CEEMD decomposition and RF[J]. Power System Protection and Control, 2024, 52(1): 97-108.
- [19] CHEN S, ZHANG P H, XUE Y, et al. Analysis and Application on performance testing system for magnetic Latching Relay Used in Smart Meter[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 568: 448-451.
-
- 收稿日期: 2024-01-30; 修回日期: 2024-05-26
- 作者简介:
- 黄红桥(1986—),男,硕士,高级工程师,研究方向为电能计量及计量器具故障分析。E-mail:283952789@qq.com
- 谈丛(1992—),男,硕士,工程师,研究方向为电能计量及电力大数据应用。
- 汪凤娇(1990—),女,硕士,工程师,研究方向为电能计量资产管理。
- 骆冰祥(1995—),女,硕士,工程师,研究方向为电能计量资产管理与自动检测技术。
- 温和(1982—),男,通信作者,博士,教授,博士生导师,研究方向为电气测量理论及应用。
E-mail:he_wen82@126.com

(编辑 杜景飞)