

基于广州北部地区配电线路故障跳闸原因分析及对策的研究

方泽钦

广东电网有限责任公司广州供电局, 广东 广州

收稿日期: 2023年10月5日; 录用日期: 2023年11月6日; 发布日期: 2023年11月15日

摘要

为提高广州北部地区配电线路供电可靠性, 通过分析总结广州市从化区配电线路的运行情况, 系统介绍了从化区10 kV配电线路常见的故障跳闸类型, 重点分析了温泉供电所配电网的基本情况和故障跳闸成因等内容。同时, 结合10 kV配电线路日常工作的运维经验和现有国内主要研究资料, 找准配电线路故障跳闸急需解决的主要问题, 制定了符合研究区域实际情况的改善10 kV配电线路故障跳闸率措施和方法。尤其是研制和应用了一种架空线路快速移动小物体探测驱赶装置, 通过一整年的时间对照主要问题逐一落实整改措施, 并最终取得了一定成效。2022年度研究区域的中压线路故障跳闸率和客户平均停电时间大幅降低。另外, 针对实施措施过程中暴露的问题和不足提出了后续整改提升建议。

关键词

广州北部地区, 配电线路, 故障跳闸率, 供电可靠性

Research on Distribution Lines Fault Tripping Cause Analysis and Countermeasures Based on the Northern Part of Guangzhou Area

Zeqin Fang

Guangzhou Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

Received: Oct. 5th, 2023; accepted: Nov. 6th, 2023; published: Nov. 15th, 2023

Abstract

To improve the reliability of distribution lines in the northern part of the Guangzhou Area, the operation of distribution lines in the Conghua District of Guangzhou City was analyzed and summarized, the common fault trip types of 10kV distribution lines in Conghua District are introduced systematically, the basic situation of distribution network and the cause of fault trip in Wenquan Power supply station are emphatically analyzed. At the same time, combined with the daily operation experience and the existing domestic main research data of 10 kV distribution lines, find out the main problems that need to be solved urgently, the measures and methods to improve the failure trip rate of 10 kV distribution lines according to the actual conditions of the study area are formulated. In particular, a device for detecting and driving small fast-moving objects on overhead lines has been developed and applied, through a whole year against the main problems one by one to implement rectification measures, and finally achieved some results. In 2022, the failure trip rate of medium voltage lines and the average power cut time of customers in the study area have been greatly reduced. In addition, this article proposes suggestions for subsequent rectification and improvement in response to the problems exposed during the implementation of measures.

Keywords

The Northern Part of Guangzhou Area, Distribution Lines, Failure Trip Rate, Reliability of Power Supply

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

10 kV 配电线路是整个电力系统运行的重要组成部分, 随着国内经济迅速发展和社会用电需求的不断提高, 对配电线路稳定性的要求越来越高[1]。而广州北部地区(以广州市从化区为例)配电网网架基础薄弱, 以架空线路为主(架空与电缆线路比例约为 7:3), 且架空线路大多运行在荒山野岭外, 覆盖面广, 沿线长的配电线路通常跨越高山、公路、农田等, 线路安全运行受地理环境和气候影响较大, 极易遭受雷击自然灾害和各种竹木树障等外力的伤害[2] [3]。

近年来, 广州市逐步将电网投资往 10 kV 配电网倾斜, 尤其是加大了对落后的广州北部地区农村配电网的升级改造力度, 一定程度上改善了广州北部地区 10 kV 农村配电网的供电质量。虽然广州市从化区线路故障跳闸率和供电可靠率指标均得到了明显提升, 但和广州市中心城区相比仍然存在较大的差距。2021 年广州市从化区配电线路故障跳闸率为 4.118 次/百公里·年, 在广州 11 个区中排名倒数第一。配电线路的不稳定、不可靠运行依然严重影响了广州北部地区广大人民的正常生产和生活用电。

为降低配电线路故障跳闸率和提高供电可靠率, 国内学者做出了大量分析并提出了很多解决方案和措施。文献[4] [5]指出防范配电线路外力破坏是降低线路故障跳闸的重要途径, 需从政企联动、加强巡视监督、加大打击力度等方面采取有效措施, 但未详细分析如何开展外力破坏事前、事中、事后闭环处置工作要求。文献[6]提出从加强设备运维管理、防止用户故障出门、推进防雷改进等三个方面降低故障跳闸, 但未详细介绍防雷改进的具体方法。文献[7]提出加大架空线路绝缘化改造, 但未提及绝缘改造的场

景和条件,一般架空绝缘导线在空旷的山区极易在雷雨等恶劣天气中造成断线跳闸,且断线后易引起人身触电事故。文献[8]从制度管理、技术层面提出多项降低跳闸措施,虽然文献分析较全面但没有实际案例和数据作为支撑依据,无法验证措施的有效性。论文[9]对 10 kV 农村配电线路故障类型、故障原因分析等方面进行了系统的论述,提出了防范配网故障的合理建议和有效提升措施,并详细阐述了改善研究辖区内的故障跳闸率的实施效果,为解决山区农村配电网故障跳闸问题提供了较全面的思路 and 方案,不足之处是缺少新技术措施和数字化手段。

本文通过分析总结广州市从化区和温泉镇配电线路的运行情况,结合日常运行维护工作经验和查阅相关文献资料,对 10 kV 配电线路常见故障跳闸原因进行系统分析,同时提出减少配电线路故障跳闸率和提高供电可靠性的举措及对实施效果进行论证,并从网架可靠、系统可靠、设备可靠、管理可靠四个方面改善了辖区内的故障跳闸率和供电可靠性,对今后做好 10 kV 农村配电线路运维工作具有一定的指导意义。

2. 配电线路常见故障跳闸原因分析

2.1. 从化区配电线路故障跳闸的常见类型

10 kV 配电网线路的故障跳闸类型从性质上分,主要有接地和短路两种[4];从保护动作类型上分,主要有速断、过流、零序三种;按产生故障原因上分,主要有绝缘损坏、外力破坏、自然灾害、用户出门和其他因素[10][11]等。从化区 2021 年 10 kV 配电线路永久故障跳闸占比前三的故障原因分别是外力破坏-树木触碰(22.30%)、自然灾害-雷击(10.79%)、外力破坏-施工作业(8.63%),具体分布见表 1。

Table 1. Classification of causes of feeders permanent failure trip in the 2021 of Conghua District
表 1. 从化区 2021 年馈线永久故障跳闸原因分类统计

故障类型	故障原因	2021 年数量	占比
绝缘损坏	设备绝缘老化	5	3.60%
	施工质量	5	3.60%
	设备质量	9	6.47%
	运维不足	2	1.44%
	过载运行	0	0
	受潮、凝露	0	0
	其他	0	0
	外力破坏	施工作业	12
非施工碰撞		9	6.47%
树木触碰		31	22.30%
飘挂物		5	3.60%
被盗		0	0
小动物		9	6.47%
其他		0	0
自然灾害		雷击	15
	大风大雨(台风)	0	0
	洪涝	0	0
	其他	0	0

Continued

用户出门	绝缘损坏	11	7.91%
	外力破坏	2	1.44%
	自然灾害	2	1.44%
	其他(树木、小动物)	8	5.76%
其他	/	6	4.32%
原因不明	/	8	5.76%

2.2. 温泉供电所配电线路故障跳闸情况分析

温泉供电所 2021 年用户平均停电时间(中压) 0.718 小时/户, 其中用户平均预安排停电时间为 0 小时/户, 用户平均故障停电时间为 0.718 小时/户。因此 10 千伏配电线路故障跳闸是引起温泉镇区域停电的主要原因, 只有有效减少线路故障跳闸才能进一步提高区域供电可靠性。下面将结合研究区域温泉镇当地的实际情况, 着重从线路故障跳闸情况及原因进行分析和说明。

2.2.1. 温泉供电所 2021 年配电网故障跳闸情况

温泉供电所 2021 年所有开关故障跳闸中, 除去原因不明, 占比前三的故障原因分别是自然灾害 - 雷击(28.78%)、外力破坏 - 小动物(10.79%)、绝缘损坏 - 施工质量(6.47%)、用户出门 - 绝缘损坏(6.47%), 具体分布见表 2。

Table 2. Statistics on the causes of all feeders switch failure tripping in the 2021 of Wenquan Power Supply Station

表 2. 温泉供电所 2021 年馈线所有开关故障跳闸原因分类统计

故障类型	故障原因	2021 年数量	占比
外力破坏	施工作业	1	0.72%
	树木触碰	7	5.04%
	飘挂物	2	1.44%
	小动物	15	10.79%
	其他	1	0.72%
自然灾害	雷击	40	28.78%
绝缘损坏	设备绝缘老化	1	0.72%
	施工质量	9	6.47%
	设备质量	6	4.32%
	其他	1	0.72%
用户出门	绝缘损坏	9	6.47%
	外力破坏	5	3.60%
	自然灾害	6	4.32%
原因不明	/	36	25.90%
合计	/	139	100%

温泉供电所 2021 年永久故障跳闸中, 占比前三的故障原因分别是外力破坏 - 小动物(18.75%)、自然灾害 - 雷击(18.75%)、用户出门 - 绝缘损坏(18.75%), 具体分布见表 3。

Table 3. Statistics on the causes of feeders permanent fault trip in the 2021 of Wenquan Power Supply Station
表 3. 温泉供电所 2021 年馈线永久故障跳闸原因分类统计

故障类型	故障原因	2021 年数量	占比
外力破坏	施工作业	1	6.25%
	树木触碰	2	12.50%
	飘挂物	0	0.00%
	小动物	3	18.75%
	其他	0	0.00%
自然灾害	雷击	3	18.75%
绝缘损坏	设备绝缘老化	1	6.25%
	施工质量	1	6.25%
	设备质量	0	0.00%
	其他	0	0.00%
用户出门	绝缘损坏	3	18.75%
	外力破坏	1	6.25%
	自然灾害	2	12.50%
原因不明	/	0	0.00%
合计	/	16	100%

2.2.2. 温泉供电所 2021 年配电网故障跳闸原因分析

一、从 10 kV 配电网架结构现状问题分析

温泉供电所配网分布面积大、负荷密度小，10 kV 馈线平均长度过长。现有 110 kV 变电站 4 座，其中 110 kV 温泉站、灌村站均不满足 N-1 要求，区域变电站建设用地紧张、电源缺口较大，局部区域电力供应能力不足。基础网架发展不充分，山区配网典型特征突出。由于变电站布点数量不足，造成中压线路组网、站间联络困难，10 kV 馈线典型接线率仅 80%，站间联络率仅 48.5%，远低于广州平均水平，且存在较多单辐射、大分支末端无联络线路，实际转供电能力不足，极易引起大范围停电。

二、从 10 kV 配电网运行环境影响问题分析

广州北部山区自动化通信信号差，山地林区对信号的阻隔影响大，终端掉线、配网自愈判断错误等问题频繁发生。配网安全受制于运行环境影响，山地面积超过 70%，架空线路占 65%，线路绝缘化率仅 43%；线路多跨越山区、林地等复杂地形，强对流天气雷击问题突出，从化地区年平均落雷数超 2.4 万个（温泉地区约占 1/4），占全广州市比例 24%；小动物活动频繁，2021 年 10 kV 线路因小动物诱发开关动作跳闸 15 次、永久故障开关分闸 3 次，现存线路杆塔上鸟巢较多，严重影响线路安全运行；树障隐患问题突出，运维难度极大，2021 年有 7 次树木触碰导致的馈线开关跳闸，其中 2 次造成开关永久分闸停电。详见图 1、图 2。

三、从防雷措施落实情况分析

通过对研究区域近年来防雷装置改造建设的情况进行深入分析，发现近年来对于电网的防雷设计、改善等工作开展相对滞后，且存在绝缘子质量不过关、避雷器不满足防雷要求、接地装置安装不合格等问题；加上近年来广州地区频繁遭受或者间接受台风等恶劣天气影响，雷雨天气次数明显增多；另外随着防雷设备运行年限增加，设备运行工况也在逐年下降，因此雷击跳闸的次数逐年呈增加趋势。详见图 3。

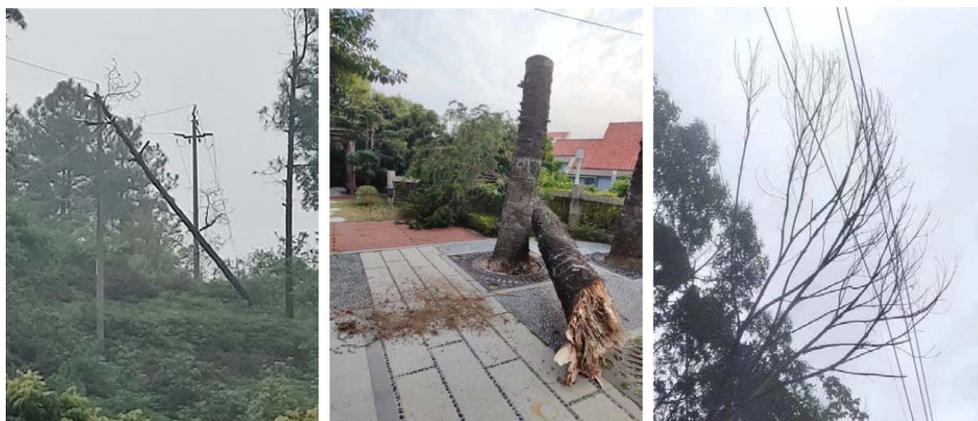


Figure 1. Feeder switch trip caused by tree touch
图 1. 树木触碰导致的馈线开关跳闸



Figure 2. Feeder switch trip caused by small animal touch
图 2. 小动物触碰导致的馈线开关跳闸

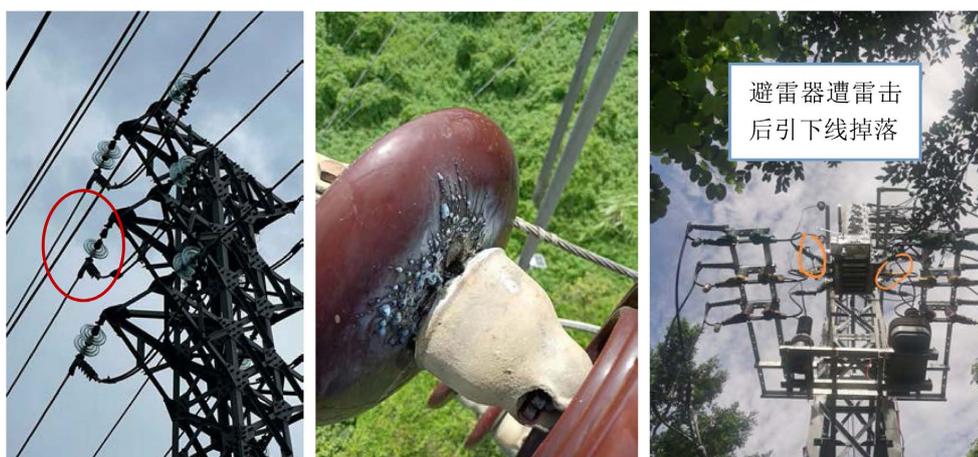


Figure 3. Feeder switch trip caused by insufficient lightning protection measures
图 3. 防雷措施不到位导致的馈线开关跳闸

四、从运维管理基础方面分析

跳闸管控闭环机制还不够完善，2021 年跳闸线路记录中，原因不明的占 25.9%，体现了设备主人履

职不到位，故障查找、判别能力有待提升，也反映依靠传统人工巡线，不易发现设备隐形缺陷，需转变生产运行模式。跳闸原因分析更多关注外部原因，缺少对自身管理水平还不到位的主观原因分析，对跳闸反映出来的施工外力破坏、工程验收质量、巡视质量等关键问题整改未形成闭环管控机制。另外，低压负荷管理不到位是降低低压故障感知准确率、引起客户停电的重要原因，配电网数字化转型、提升配网低压故障态势感知能力越凸显重要。

五、从用户设备隐患方面分析

温泉区域主要以旅游、餐饮、服务业为主，近年来由于疫情影响旅游和餐饮等服务行业不景气，很多用户不愿意投资维护和改造电力设备，导致用户设备长期维护不到位、残旧，且难以有效整改，严重影响线路安全运行。2021年温泉辖区因用户设备影响线路永久故障跳闸5次，占比高达31%。

3. 改善配网故障跳闸率和供电可靠性的措施

结合广州北部山区配电线路日常运维经验和查阅国内相关研究文献资料，以及在温泉供电所配电线路故障跳闸情况和原因分析的基础上，系统提出了减少配电线路故障跳闸率和提高供电可靠性的举措，主要包括网架可靠、系统可靠、设备可靠、管理可靠等四个方面11条重点措施。

3.1. 网架可靠方面

3.1.1. 推动规划源头治理，优化线路联络分段

分析网架风险、大分段大分支、不满足有效覆盖、分段用户较多等问题，制定网架、自动化和运维等综合整治措施，重点加快“末端联络、关键路径分段、大分支首端三遥”等项目改造，按A类地区标准5户一段的管控要求加密自动化开关布点，改造非自动化或小众厂家开关，拆除线路冗余开关，实现可转供电率100%，逐步消除基础网架、三遥网架风险线路、大分支线路数量持续下降。

3.1.2. 优化发电车接口布局，补齐线路不可转供短板

全面梳理公用馈线，针对 ≥ 5 户、后端无联络的分段、分支，加装中压发电车接口，补齐线路不可转供短板，提升线路供电能力。针对大时户数馈线、重复跳闸馈线、长时间故障用户所在馈线、供电能力分析风险等级较高等四类问题馈线，通过加装刀闸、中压发电车接口等措施对线路进行分段改造。

3.2. 系统可靠方面

提升配网自动化遥控及自愈成功率

应用遥控晨操功能对“三遥”开关进行分合闸试验，对晨操发现的开关遥控缺陷、对故障跳闸自愈或遥控不成功的开关进行跟踪闭环管理。有序开展老旧终端立项改造，对符合报废条件的终端开展可研立项改造。综合利用公网信号延伸技术、有线公网等手段，消除无线公网信号问题，减少因信号问题造成的遥控和自愈失败。

3.3. 设备可靠方面

3.3.1. 精准绝缘化改造

坚持问题导向、结果导向，结合绝缘化改造工作优化架空网架，完成架空密集通道清单梳理及优化方案，实现架空密集通道风险点清零；同时重点将树障、涉电公共隐患风险纳入绝缘化改造计划。

3.3.2. 提升线路防雷水平

重点整治近3年雷击跳闸风险馈线整改。针对雷击跳闸频繁线路，持续推进多腔吹弧式线路防雷装置安装布点，以及安装防直击雷装置。逐步安排停电对运行年限5年及以上的避雷器进行更换。

3.3.3. 大力推进树障清理

重点梳理近三年来导致线路发生跳闸的树障隐患,对有频繁树木触碰隐患的线路段进行绝缘化改造,不满足绝缘涂敷条件的采用加装套管、更换绝缘导线等方式进行改造。以保供电、森林火险隐患排查治理、涉电公共安全隐患专项行动、防风防汛等为契机,推动树障清理。

3.3.4. 全力做好小动物防范工作

利用修理项目首要完成电房的封堵,实现防小动物措施电房的全覆盖。对户外台架、杆塔、低压配电箱,结合日常巡视和现场作业,安装防鼠挡板、加装绝缘隔板、横担绝缘化等装置,做到“逢停必装”。研究应用智能高压导线悬挂感应式警示驱鸟器,研究清除鸟巢有效方法,减少鸟害“增量”和“存量”。

3.4. 管理可靠方面

3.4.1. 提高巡视消缺质量

提高“巡视及检测-缺陷记录-消缺”闭环管控质量。大力推广应用无人机配网智能巡检,逐步实现“运检分离、机巡为主、人巡为辅”的智能化运维模式,避免“原因不明”隐患造成的重复跳闸事件。严格执行设备主人制及管理人员带队监察性巡视,由供电所所长带队开展监察性巡视,巡视结束一周内提交监察性巡视报告并形成问题台账,两个月内完成闭环销号。

3.4.2. 强化度夏问题管控,提升低压态势感知能力

重点对度夏、度冬、国庆期间重过载、低电压台区落实新增布点、换大容量等立项改造措施。加大重点关注台区的营配 2.0 建设。提升供电所值班人员的监盘技能,主动收集、研判故障信息。开发应用低压态势主动感知功能,结合报障工单等作综合研判,将故障信息及时传递处理,提升低压故障处理效率。

3.4.3. 严格落实防施工外力破坏

严格开展外力破坏事前防范、事中处置、事后总结工作。结合外力破坏防护“一本通”,制定《供电所电力设施防外力破坏工作指引》,规范现场交底流程。联合政府建立电力设施防外力破坏防控联动工作机制。加大固定施工点的盯防和流动施工点的排查力度,做好外破隐患点巡视、安全交底和技防物防工作,杜绝施工外力破坏。持续研究应用配电线路防施工外力破坏视频监控、声光警示器、电杆防撞智能警示装置。

3.4.4. 加强用户事故出门管控

加强营配协同开展用电检查,主动排查用户设备隐患、下发通知书督促整改,减少专变用户设备故障越级跳闸。对无分界开关的专变用户重点关注、加密巡视和用检。对新装用户严把验收流程,严防“带病”入网。对发生事故出门的用户实行闭环管理(成立“专变快速复电工作群”、严把送电关)。加强与属地政府安委会等联动沟通协调,进一步督促专变用户开展消缺工作,对无法督办整改的用户进行提级处理(紧急的停电处理),设备残旧的且难以落实整改的,采取“新增用户分界开关”(小水电、凡发生出门事故专变实现全覆盖)措施。

4. 改善配网故障跳闸率和供电可靠性的效果

4.1. 主要指标完成情况

4.1.1. 供电可靠性提升明显

2022 年温泉供电所用户平均停电时间(中压) 0.461 小时/户,同比下降 35.8%,在从化各供电所指标中排名第一。

4.1.2. 中压线路故障率下降明显

2022 年温泉供电所 10 kV 馈线所有开关故障跳闸次数累计 69 起，同比下降 50.4%，见表 4；10 kV 馈线所有开关永久分闸次数累计 11 起，同比下降 31.3%，在从化各供电所中压线路故障率指标中排名第一，见表 5。

Table 4. Classification statistics of all feeder switch fault trip reasons in the 2022 of Wenquan Power Supply Station
表 4. 温泉供电所 2022 年馈线所有开关故障跳闸原因分类统计

故障类型	故障原因	2022 年数量	同比 2021 年
外力破坏	施工作业	1	0.0%
	树木触碰	3	-57.1%
	飘挂物	1	-50.0%
	小动物	8	-46.5%
	其他	1	0.0%
自然灾害	雷击	13	-67.5%
绝缘损坏	设备绝缘老化	3	200.0%
	施工质量	5	-44.4%
	设备质量	3	-50.0%
	其他	2	100.0%
用户出门	绝缘损坏	5	-44.4%
	外力破坏	6	20.0%
	自然灾害	4	-33.3%
原因不明	/	14	-61.1%
合计	/	69	-50.4%

Table 5. Classification statistics of feeder permanent fault trip cause in the 2022 of Wenquan Power Supply Station
表 5. 温泉供电所 2022 年馈线永久故障跳闸原因分类统计

故障类型	故障原因	2022 年数量	同比 2021 年
外力破坏	施工作业	0	-100.0%
	树木触碰	2	0.0%
	飘挂物	0	0.0%
	小动物	2	-33.3%
	其他	0	0.0%
自然灾害	雷击	2	-33.3%
绝缘损坏	设备绝缘老化	1	0.0%
	施工质量	1	0.0%
	设备质量	1	100%
	其他	0	0.0%
用户出门	绝缘损坏	1	-66.7%
	外力破坏	0	-100.0%
	自然灾害	1	-50.0%
合计	/	11	-31.3%

4.2. 主要提升措施落实情况

4.2.1. 做好小动物防范措施

针对小动物故障频发问题，试点加装新型驱鸟器和防鼠罩。其中，研制了一种架空线路快速移动小物体探测驱赶装置(如图 4)，解决了四个问题：① 鸟类在电杆筑巢或触碰安全距离不足的线路设备导致跳闸停电的问题；② 大部分驱鸟器方式单一、导致鸟类适应后无法有效驱赶；③ 风筝型驱鸟器夜间无反光无法发挥作用；④ 大部分驱鸟器无法带电安装。该成果有五大优势：① 可驱赶鸟类，同时具备闪光+定制警示语音仿真驱鸟声音(或超声波)驱赶鸟类功能；② 根据现场环境需要可通过遥控器设置音量，选择多种仿真驱鸟语音避免鸟类适应，在民居附近可降低音量或关闭声音避免扰民；③ 装置通过太阳能电源管理模块进行取电，并内置大容量锂电池进行储存电能，达到夜间阴雨天不停运的目的；④ 可带电安装、拆卸；⑤ 具有探测范围远、精度高、能耗低、抗干扰强等优点。该装置应用于从化区温泉镇灌村、桃莲片区等鸟类小动物频繁出入的配电架空线路区域，目前已带电安装近 300 套，应用后上述区域因鸟类触碰配网线路设备引起故障跳闸停电事件几乎为 0，温泉供电所 2022 年因小动物引起线路跳闸次数同比下降 46.5%，其中引起永久分闸次数同比下降 33.3%。



Figure 4. A device for detecting and driving small fast-moving objects on overhead lines

图 4. 一种架空线路快速移动小物体探测驱赶装置

4.2.2. 有序开展外力破坏管控

组织相关镇府、村委、施工方等单位开展防外力破坏专题会议 1 次，教育吊车钩机司机、施工人员 48 次，派发隐患通知书 45 份，树立相关安全警示标志 18 处，加装防外破监控摄像头 30 余处(如图 5)。2022 年全年没有发生因外力破坏原因的故障跳闸，同比下降 100%。



Figure 5. Installation of anti-external damage video monitoring

图 5. 加装防外力破坏视频监控

4.2.3. 加大用户设备隐患整改力度

通过督促用户设备隐患整改、加装“用户分界开关”和“专变改低压接入”等措施，2022年用户事故出门事故(永久分闸)同比下降4次。

4.2.4. 落实好线路巡视和运维工作

持续开展影响电网线路安全运行的树木清理工作，2022年竹木原因引起的线路跳闸事件共3宗，占比总跳闸次数的4.3%，同比下降57.1%。充分发挥无人机特殊巡视作用(如图6)，实现线路大档距、黑点的巡视全覆盖，全年未发生因黑点巡视不到位引起的线路故障跳闸。



Figure 6. The efficiency of defect detection is improved by UAV patrol

图 6. 通过无人机巡视提高了发现缺陷效率

4.2.5. 做好防雷和施工质量整改

针对相间、保护间隙安全距离不足和雷击跳闸高风险馈线，加快距离调整、线路防雷(如图7)、残旧设备和绝缘化改造，雷击、施工质量引起跳闸分别同比下降67.5%、44.4%。



Figure 7. Multi-cavity surge arrester, surge line and common surge arrester are added

图 7. 加装多腔式避雷器、避雷线和常见避雷器

4.3. 改善中压线路故障跳闸率的不足之处

一是线路巡视工作仍需加强。由于过去线路运行维护单位将工作重心放在配电网升级改造上，停电检修计划增多导致运行维护单位人员没有充足的时间开展线路巡视工作，从而致使线路巡视运维不到位，超高竹木触碰线路跳闸事件仍时有发生。因此，需加快培养飞手，开展作业实战演练、大力推广无人机运用，提升配网智能巡检水平。

二是线路防雷水平仍有待提高。在实际运行中发现，在频繁的雷击天气下，在线路安装了避雷线、避雷器的情况下，仍然存在跳闸较为频繁现象。通过技术力量对现场情况进行分析，发现几个问题：

(1) 避雷线引下线设置不合理。由于加装了避雷线，本来可以有效的防范直击雷的情况，但是发现避雷线的引下线设置不科学。有的部分线路段有避雷线但是避雷线未设置引下线未有效接地，导致防雷设备无法正常工作。因此需结合线路停电、大修项目等开展，对避雷线合理的设置引下线，有效的将雷电导入地下，从而保护配电路径和设备。接地引下线设置情况如图 8 所示。



Figure 8. The setting of grounding lead
图 8. 接地引下线设置情况

(2) 防雷设施能否正确动作，跟地网接地电阻的情况有较大的相关性。按照《配电网防雷技术导则》要求，容量 100 kVA 及以上变压器接地电阻不应超过 4Ω 。在 2022 年对辖区内 85 台配变台架的接地电阻进行了测试，测试表明，接地电阻均不符合要求，因此初步估测防雷设施无法起到应有的效果。需要对地网接地的情况进行修复，在配变台架附近敷设圆铁、角铁等材料重新修复接地网，接地极处换填电阻率低的土壤或采用降阻剂，或采用打地针的方式来降低接地电阻，使地网接地电阻符合要求。通过修复后，地网电阻均实现低于 4Ω ，有效保障防雷设置的正常运行要求。如图 9 所示：



Figure 9. Repair construction of grounding grid
图 9. 台架接地电网修复施工

(3) 对薄弱设备进行更换。对部分线路还存在使用针瓶绝缘子情况进行排查，由于此类设备的耐压水平低，一旦产生雷击过电压，很容易造成线路故障。因此对本地区电网还留存的针瓶绝缘子进行排查，

安排工作计划更换掉此类设备。由于电网建设年代久远且电网在不断的向前发展，不断引入新设备，但对部分旧防雷设备能否有效性工作预估不足，导致一些失效的设备更换不及时，产生了较大的风险。因此在日常运维中，对线路氧化锌避雷器、放电间隙、过电压保护器等设备进行重点排查，并结合工作计划有序更换，提升电网设备运行的安全性。

三是配网自动化建设和维护有待进一步加强。为提高广州北部山区供电可靠性，需进一步加密自动化开关布点和用户分界开关，缩小故障停电范围，有效减少停电时户数。基层班组员工的配电自动化设备运维水平和专业技术能力仍无法满足配网自动化设备的快速投运要求，维护不到位致使自动化设备无法正常动作问题时有发生，需对基层班组员工的自动化维护技术进行系统培训，提高员工单兵作战能力。

5. 结论

本文主要陈述了温泉供电所利用了 2022 年整整一年时间，从网架可靠、系统可靠、设备可靠、管理可靠四个方面落实改善中压线路故障跳闸率的研究措施和方法，并取得了一定的成效。同时在实施整改的过程中，也发现了一些问题和不足，包括线路巡视工作仍需加强、线路防雷水平仍有待提高、配网自动化建设和维护有待进一步加强等，也给后续的提升工作提出了明确的改善建议。

参考文献

- [1] 田涛. 10 KV 线路故障原因及预防措施[J]. 中国集体经济, 2011(31): 175.
- [2] 李明水. 配电网故障分析及管控[J]. 自动化应用, 2017(8): 107, 141.
- [3] 张红. 农村配电线路除树障面临问题及对策探析[J]. 现代国企研究, 2015(22): 184-185.
- [4] 汪继刚, 汤勇. 外力破坏引起配电线路跳闸的分析及防范措施[J]. 农电管理, 2017(9): 38-39.
- [5] 方英其. 10 kV 配电线路故障跳闸原因及解决措施[J]. 低碳世界, 2017(33): 164-165.
- [6] 马伟东. 10 kV 农村配电线路故障跳闸率的降低措施[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(12): 230-231.
- [7] 安畅. 配电线路故障跳闸原因及其对策分析[J]. 科技展望, 2016, 26(29): 97.
- [8] 彭晓红. 10 kV 配电线路故障原因跳闸分析[J]. 通讯世界, 2017(8): 193-194.
- [9] 刘定坚. 基于龙门地区改善 10 kV 农村配电线路故障跳闸率的研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广东工业大学, 2019.
- [10] 刘鹏祥, 周金萍, 潘颖瑜. 10 kV 配网故障停电原因分析及解决对策研究[J]. 中国高新技术企业, 2012(26): 85-86.
- [11] 周庆春. 关于配电线路故障问题的思考[J]. 低碳世界, 2017(20): 75-76.