

# 一种用于电缆破损的不断电快速修复装置

陈本富, 蔡 权, 吴洪学, 常 强, 刘修理, 王 勇, 唐海鑫

贵州电网有限责任公司, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年2月21日; 录用日期: 2024年3月27日; 发布日期: 2024年6月24日

## 摘 要

为满足居民日益增长的对美好生活的电量需求, 企业需进一步完善电力工程建设, 在新建配网线路时, 需拆除或改造老旧配网线路。企业在安装、巡检与维修等工作中, 为避免造成停电现象, 需科学开展配网不停电作业, 在保障用户用电质量的基础上, 不断提升保供电要求下的配网不停电作业技术水平。本文从理论出发, 结合实际讨论了不停电作业法在配网检修中的应用, 对其优越性和实用性进行了详细的分析。实际研发的快速修复装置不仅可以极大地提高配网检修工作的效率和安全性, 而且可以减少因检修而造成的各种损失, 为电力用户的日常生活、出行提供保障, 具有广阔的应用前景。

## 关键词

不断电作业, 电缆维修, 装置研发

# A Continuous Power Fast Repair Device for Cable Damage

Benfu Chen, Quan Cai, Hongxue Wu, Qiang Chang, Xiuli Liu, Yong Wang, Haixin Tang

Guizhou Power Grid Co., Ltd., Guiyang Guizhou

Received: Feb. 21<sup>st</sup>, 2024; accepted: Mar. 27<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 24<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In order to better meet the growing electricity demand of residents for a better life, enterprises need to continuously carry out power engineering construction. While building new distribution network lines, old distribution network lines should be dismantled or repaired. In the work of installation, inspection and maintenance, in order to avoid the phenomenon of power outage, it is necessary to carry out the non-stop operation of distribution network scientifically. On the basis of ensuring the quality of power consumption of users, the technical level of non-stop operation of distribution network under the requirements of power supply protection should be continuously improved.

文章引用: 陈本富, 蔡权, 吴洪学, 常强, 刘修理, 王勇, 唐海鑫. 一种用于电缆破损的不断电快速修复装置[J]. 仪器与设备, 2024, 12(2): 159-166. DOI: 10.12677/iae.2024.122023

Based on the theory, this paper discusses the application of non-stop operation method in distribution network maintenance, and analyzes its superiority and practicability in detail. The rapid repair device developed in practice can not only greatly improve the efficiency and safety of distribution network maintenance work, but also reduce various losses caused by maintenance, provide guarantee for the daily life and travel of power users, and have broad application prospects.

## Keywords

Continuous Power Operation, Cable Maintenance, Research and Development of Device

Copyright © 2024 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/>



## 1. 引言

采用不停电作业方式对配电网线路进行检修或者更换配电设备,是贯彻落实国家电网有限公司新型电力系统建设及国际领先城市配电网建设工作要求。近年来,供电公司大力开展供电可靠性提升专项工程,配电网不停电作业已作为提升供电可靠性的主要技术手段[1]。因配电网不停电作业具有技术含量高、作业难度大、危险性高等特点,所以不停电作业仍存在技术人员短缺、方案审核时间长、工程配合不紧密等难点。

目前配电网不停电作业方式统一划分为以下3种作业方式:绝缘杆作业法、绝缘手套作业法和综合不停电作业法。其中,绝缘手套作业法又可分为绝缘斗臂车作业法和绝缘平台作业法。本文结合配电网不停电作业现场要求对3种不停电作业现场条件及作业方法进行探讨总结,为不停电作业方案的制定提供参考。

需要解决的核心问题:运行10 kV绝缘线破损如何修复问题,在电力绝缘线路运行时被外力因素导致10 kV绝缘线破损失去绝缘作用,在线路破损处接触时对地放电,导致电量流失、生产安全隐患。解决:研制一种用于电缆破损的不断电快速修复装置工具,应用该工具将解决带电修复破损绝缘线的问题。

## 2. 概念与理论

### 2.1. 作业流程

配网不停电作业期间,需要提前配置不停电作业工具,做好对旁路开关柜和绝缘斗臂车等装置的合理安排。

### 2.2. 配网不停电作业要点

#### 1) 带电作业

① 绝缘操作杆作业,这种作业方法的适应性较强,但危险程度偏大[2]。② 绝缘平台法,采用人字梯搭建具有绝缘性的操作平台,利用绝缘杆与绝缘手套接触故障线路,提高工作效率。③ 机器人作业法,作业人员使用远程设备对机器人动作进行操控,期间人员无需靠近配电网[3]。

#### 2) 移动电源作业

该作业方式主要是对设备进行检修时应用的,为保障供电持续性,应用电源车来发电,让故障设备从线路中被隔离出来,再由电源车供电[4]。

#### 3) 旁路作业

旁路作业就是对故障线路进行跨接处理，将旁路电缆接入故障线路，完成对支路的临时性供电，随后进行故障电路的维修[5]。

#### 4) 配网不停电作业

配网不停电作业能从根本上有效降低停电检修维护造成的基本经济损失，极大地影响企业的基本收益。

### 3. 机构原理分析

#### 3.1. 实施例 1

本发明的第一个实施例，该实施例提供了一种用于电缆破损的不断电快速修复方法，其能够解决难以在通电状态下对破损处修复的问题。具体地，将绝缘修复材料安装在修复工具单元 100 上；移动修复工具单元 100 使绝缘修复材料对准电缆破损处；通过修复工具单元 100 使绝缘修复材料保持扩张并与电缆破损处接触贴合；当绝缘修复材料包裹电缆破损处后解除扩张使绝缘修复材料与电缆破损处卡扣贴合；通过调整修复工具单元 100 使其部分平稳抽离绝缘修复材料，接着取走修复工具单元 100，完成修复。

综上，通过本方法可快速使用修复工具单元 100，无需断电处理，通过控制修复工具单元可快速将绝缘修复材料安装在电缆破损点，有利于及时止损。

#### 3.2. 实施例 2

参照图 1、图 2，为本发明的第二个实施例，该实施例提供了修复工具单元 100 和具体结构以及绝缘弹簧片 103a 的材料构成，通过修复工具单元 100 能够在不断电的情况下对破损后的绝缘线进行处理修复并便于存取新的绝缘弹簧片。

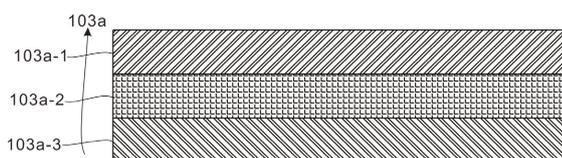
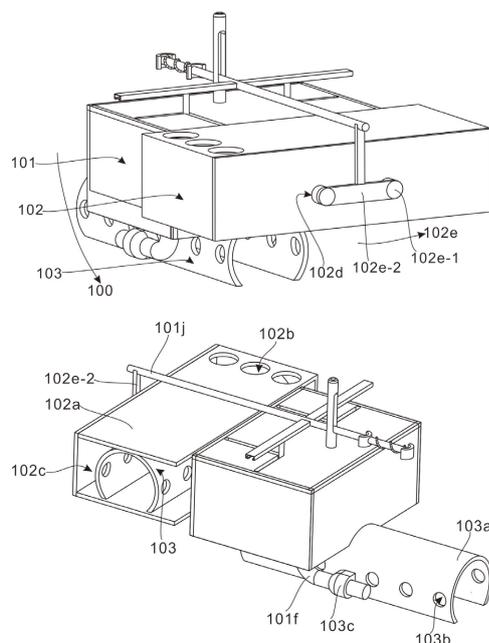
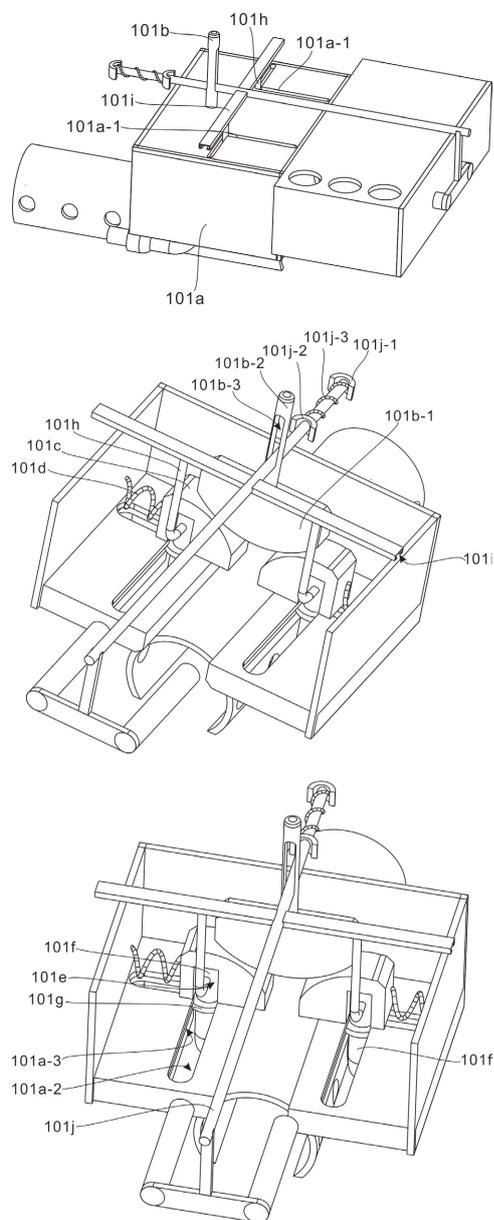


Figure 1. Schematic diagram of insulating spring sheet

图 1. 绝缘弹簧片示意图





**Figure 2.** Structural diagram

**图 2.** 结构示意图

具体地, 修复工具单元 100, 包括操作修复组件 101、与所述操作修复组件 101 一侧连接的手持移动组件 102, 以及与所述操作修复组件 101 连接的一组绝缘修复材料 103。

所述绝缘修复材料 103 包括 U 型开口的绝缘弹簧片 103a、对称设置于所述绝缘弹簧片 103a 两侧的多组散热口 103b, 以及对称设置于所述绝缘弹簧片 103a 两侧的两组插口块 103c。

较佳地, 所述绝缘弹簧片 103a 包括设置于其外侧的顶部绝缘层 103a-1、设置于所述顶部绝缘层 103a-1 下方的中部弹簧钢片 103a-2, 以及设置于所述中部弹簧钢片 103a-2 下方的底部绝缘层 103a-3。底部绝缘层 103a-3 和顶部绝缘层 103a-1 均可采用现有的绝缘材料。

进一步地, 所述手持移动组件 102 包括中空抓取壳体 102a、设置于所述中空抓取壳体 102a 顶部的手持抓口 102b、设置于所述中空抓取壳体 102a 一侧的倾倒口 102c、设置于所述中空抓取壳体 102a 外侧的

两组锁止口 102d, 以及与两组所述锁止口 102d 插接的锁止件 102e。

一组所述绝缘修复材料 103 设置于所述中空抓取壳体 102a 内, 用于备用起到保险作用。

所述锁止件 102e 与所述手持移动组件 102 连接, 所述锁止件 102e 包括与两组所述散热口 103b 直径适配的多接插头 102e-1, 以及与所述多接插头 102e-1 连接的协同板 102e-2。

进一步地, 所述操作修复组件 101 包括内弧底壳体 101a、与所述内弧底壳体 101a 插接的弧底按压件 101b、对称设置于所述弧底按压件 101b 底部的两组弧顶从动块 101c、分别与所述弧顶从动块 101c 一侧和所述内弧底壳体 101a 内壁连接的第一弹簧 101d、设置于所述弧顶从动块 101c 中部的从动槽 101e、顶部部分设置于所述从动槽 101e 内的 L 型拨片杆 101f、设置于所述 L 型拨片杆 101f 中部的环形限位盘 101g、设置于所述 L 型拨片杆 101f 一侧的 T 型头从动杆 101h、与所述 T 型头从动杆 101h 顶部插接的 T 型槽板 101i, 以及与所述 T 型槽板 101i 中部连接的主动杆 101j。

所述主动杆 101j 一端与所述弧底按压件 101b 插接, 另一端与所述锁止件 102e 连接。

进一步地, 所述内弧底壳体 101a 包括对称设置于所述内弧底壳体 101a 顶部的两组第一 7 型贯通槽 101a-1、对称设置于所述内弧底壳体 101a 底部的两组第二 7 型贯通槽 101a-2, 以及设置于所述第二 7 型贯通槽 101a-2 内壁的限位卡槽 101a-3。

所述第一 7 型贯通槽 101a-1 的槽宽与所述 T 型头从动杆 101h 直径适配; 所述第二 7 型贯通槽 101a-2 的槽宽与所述 L 型拨片杆 101f 直径适配; 所述限位卡槽 101a-3 与所述环形限位盘 101g 卡合。

应说明的是, 通过升降贯通槽 101b-3 可在按动按压杆 101b-2 升降时不影响 T 型槽板 101i 的高度。L 型拨片杆 101f 通过环形限位盘 101g 与第二 7 型贯通槽 101a-2 内壁的限位卡槽 101a-3 插接, 因此被限位支撑并且可沿第二 7 型贯通槽 101a-2 的横向槽或纵向槽移动。

进一步地, 所述弧底按压件 101b 包括半圆底块 101b-1、设置于所述半圆底块 101b-1 顶部的按压杆 101b-2, 以及设置于所述按压杆 101b-2 中部的升降贯通槽 101b-3。

进一步地, 所述主动杆 101j 包括固定设置于其末端的第一定位头 101j-1、活动设置于所述主动杆 101j 中部的第二定位头 101j-2, 以及分别与所述第一定位头 101j-1 和所述第二定位头 101j-2 连接的第二弹簧 101j-3。

较佳地, 所述手持抓口 102b 设置为三组。所述插口块 103c 的口径与所述 L 型拨片杆 101f 口径适配。所述第一定位头 101j-1 和所述第二定位头 101j-2 的宽度大于所述按压杆 101b-2 的直径。

应说明的是, 绝缘弹簧片 103a 为全面附着包裹绝缘材料的弹簧钢片, 通过其两侧的多组散热口 103b 具备散热功能并防止热胀冷缩。中空抓取壳体 102a 的宽度与绝缘弹簧片 103a 的长度适配, 中空抓取壳体 102a 一侧的倾倒口 102c 的开口大小与绝缘弹簧片 103a 的宽度适配。当按动按压杆 101b-2 时, 两组 T 型头从动杆 101h 可沿 T 型槽板 101i 的长度相反方向分别在两组第一 7 型贯通槽 101a-1 的横向槽内滑动, 当移动 T 型槽板 101i 时, 两组 T 型头从动杆 101h 可跟随 T 型槽板 101i 移动。

在使用时, 工作人员只需携带修复工具单元 100 前往工作地点即可。当到达绝缘线破损处时, 通过修复工具单元 100 只需一只手掌便可便捷修复, 因此在高空作业时可空出一只手进行防护, 避免发生危险; 在正常环境下可便于取用工具, 提高工作效率。使用过程分为修复解锁过程和出料装填过程。

在修复解锁过程中时, 无需工作人员直接动手将绝缘弹簧片 103a 张开, 工作人员只需将部分手指套入手持移动组件 102 上的手持抓口 102b 内, 将修复工具单元 100 整体抓起, 接着将操作修复组件 101 底部的绝缘弹簧片 103a 底部开口处对准绝缘线破损处, 此时未套入手持抓口 102b 内的手指可直接向下按动按压杆 101b-2, 使绝缘弹簧片 103a 底部开口两侧被拉大成 U 型, 接着保持按压状态控制修复工具单元 100 下降使绝缘弹簧片 103a 与破损处贴合, 接着松开按压杆 101b-2, 按压杆 101b-2 弹回使绝缘弹簧

片 103a 将线路破损点卡扣包裹,接着手指拨动 T 型槽板 101i,使 T 型头从动杆 101h 带动 L 型拨片杆 101f 脱离绝缘弹簧片 103a 两侧的插口块 103c,接着便可将修复工具单元 100 取下,实现修复。整体过程中只需简单按压和抽出两个动作便可完成,并且无需与绝缘修复材料 103 和破损点接触,从而在通电情况下便可实现快速修复。

在修复时,工作人员向下按动按压杆 101b-2,将使半圆底块 101b-1 挤压两组弧顶从动块 101c,迫使两组弧顶从动块 101c 向相反方向移动,由于两组 L 型拨片杆 101f 上半部分分别设置于两组弧顶从动块 101c 的从动槽 101e 内,两组 L 型拨片杆 101f 上半部分分别被两组第二 7 型贯通槽 101a-2 限位,因此两组弧顶从动块 101c 被限位分别带动两组 L 型拨片杆 101f 沿第二 7 型贯通槽 101a-2 横向槽的直线相反方向移动,使两组第一弹簧 101d 被压缩具有回弹的趋势。由于两组 L 型拨片杆 101f 分别与绝缘弹簧片 103a 两侧的两组插口块 103c 插接,两组 L 型拨片杆 101f 在沿直线相反方向移动时将张开绝缘弹簧片 103a 使绝缘弹簧片 103a 底部开口能够与绝缘线插接贴合。当两者贴合后便可松开按压杆 101b-2,绝缘弹簧片 103a 与绝缘线破损处卡扣包裹并抱紧,按压杆 101b-2 在第一弹簧 101d 的作用下回弹至最初高度,L 型拨片杆 101f 回到第二 7 型贯通槽 101a-2 的端点处,T 型头从动杆 101h 同样回到第一 7 型贯通槽 101a-1 的端点处。

在解锁时,拨动 T 型槽板 101i 带动两组 T 型头从动杆 101h 沿第一 7 型贯通槽 101a-1 纵向槽移动,从而使与 T 型头从动杆 101h 连接的 L 型拨片杆 101f 脱离弧顶从动块 101c 的从动槽 101e 并沿第二 7 型贯通槽 101a-2 的纵向槽移动,当第二定位头 101j-2 与按压杆 101b-2 外侧接触时,表明 L 型拨片杆 101f 脱离绝缘弹簧片 103a 两侧的两组插口块 103c,此时便与绝缘弹簧片 103a 解锁并可修复工具单元 100 取出,完成修复工作,通过操控 T 型槽板 101i 使 L 型拨片杆 101f 可以平稳的脱离绝缘弹簧片 103a,避免工作人员直接通过修复工具单元 100 抽离时因角度的偏离使绝缘弹簧片 103a 再次翘起,脱离或远离破损点,降低修复效果。无需继续修复时,可直接携带修复工具单元 100 离开,避免遗漏绝缘修复材料 103。

当存在多个破损点需要修复时,需要出料装填。在出料装填过程中时,在上述基础上,只需继续拉动 T 型槽板 101i,使主动杆 101j 继续进入按压杆 101b-2 中部的升降贯通槽 101b-3,当第一定位头 101j-1 即将与第二定位头 101j-2 接触,第二弹簧 101j-3 被压缩至最小时,多接插头 102e-1 将脱离手持移动组件 102 一侧的锁止口 102d 并脱离绝缘弹簧片 103a 的散热口 103b,绝缘弹簧片 103a 解除限位,接着将手持移动组件 102 内的绝缘修复材料 103 从倾倒口 102c 倒出,然后将主动杆 101j 复位并将绝缘修复材料 103 两侧的插口块 103c 与两组 L 型拨片杆 101f 的底部插接便可实现再次装填。

综上,通过修复工具单元可在不断电的情况下保护工作人员对破损处进行修复,并且在修复时无需手动直接抓取绝缘弹簧片与破损处接触,避免刮蹭和触电风险,提高工作效率。通过手持移动组件在修复后一处破损位置后可自主选择快速取用下一组绝缘弹簧片再次装夹,便于对多处破损位置快速修复。

#### 4. 技术方案

1) 研究(一种用于电缆破损的不断电快速修复装置)工具,并且在运行带电情况下将(一种 10 kV 绝缘线破损带电修复装置)材料,在运行破损线路处进行带电将破损绝缘线处修复。

2) 研究通过人工操作绝缘杆与一种用于电缆破损的不断电快速修复装置(工具)相配合,在 10 kV 绝缘线破损增加一层新型绝缘层材料进行修复。

3) 通过一种 10 kV 绝缘线破损带电修复装置材料包裹电缆破损处后解除扩张后与电缆破损处卡扣贴合。

4) 明确电缆破损修复部位。

a) 电缆破损修复部位,分别是 1:10 kV 绝缘线路单线破损处,通过研发《一种用于电缆破损的不断电快速修复装置》进行破损绝缘线路修复。修复部位为破损点。

b) 电缆破损修复部位, 分别是 2:0.4 kV 绝缘线路单线破损处, 通过研发《一种用于电缆破损的不断电快速修复装置》进行破损绝缘线路修复。修复部位为破损点。

c) 由于研发的 10 kV 绝缘线路单线与 0.4 kV 绝缘线路单线有同样的修复功能, 主要创新点为方便、快捷、一次永久修复破损点, 所以未特别明确指定某一种电压等级的绝缘线路。

5) 研究修复工具应用。

a) 人工操作完成:

在安全距离满足的情况下可以通过修复工具与绝缘拉杆对接完成。

b) 操作无人机完成:

在安全距离不满足的情况下可以通过修复工具与无人机对接完成。

操作无人机完成的功能: 通过无人机将修复材料通过无人机推送至绝缘线路破损, 无人机可视化首先在地面上由操作人员将修复材料装到修复工具上, 修复工具可以通过电机撑开(不同型号的修复材料撑开不同的宽度); 然后由地面操作人员操作无人机升空, 由无人机上的摄像头捕捉到线缆破损处, 地面操作人员根据实时画面 38M 破损线缆处, 控制电机松开, 从而实现修复, 修复完成后控制电机撑开, 原路返回。

同时, 保证无人机安全距离实现止飞功能, 无人机将测试与绝缘线路安全距离, 并进行固定距离停止飞近功能, 并且满足修复工具与破损点可修复距离的机构之间的长度。

## 5. 创新点与效益分析

### 5.1. 创新点分析

研发的装置具有不需要使用特殊工具、在不停电状态条件下维护、操作简单、修复点永久绝缘等基本特点。

将电力系统的检修模式从传统的断电检修模式转变为带电检修、旁路替代运行模式, 既能有效检修故障线路和设备, 又不会造成完全断电, 也能保障用户的正常用电。通过对故障的及时处理, 可以使电网的工作效率和工作质量得到改善。

不停电作业法为电力系统的供电和设备、线路的检修提供了更加广阔的运行和管理思路, 从而提高了电力系统的整体工作水平, 推动了电力行业的可持续发展。

缩小停电区域, 减少停电对周边居民的影响, 提高供电可靠性, 特别是在重要活动地区和敏感地区。应用不停电作业法提升供电公司的服务质量, 是改善企业形象、增强企业核心能力的重要途径。因此, 企业应根据目前的用电需求, 采取合理的故障检修措施, 减少断电的影响, 提高人们的生活品质。

### 5.2. 效益分析

1) 效益: 保障电网绝缘线路安全运行, 提高供电可靠性, 减少停电频率, 减少因停电处理破损绝缘线路导致的电量损失, 减少运维人员的工作量, 增加供电量。

2) 应用前景: 可推广全电网绝缘线路修复工作, 本工具可提高销售生产经济效益。

## 6. 结束语

本文详细介绍了基于保供电要求下的配网不停电作业技术, 综合现场抢修资源, 遵循“先复电后抢修”的基本原则, 加强对旁路作业技术与微网供电模式的应用, 综合应急发电车的装备优势, 全方位保障用户正常供电。采用旁路作业发电完成对架空线路与电缆线路的检修分析, 完善不停电作业电气接线方式, 优化作业流程, 提高供电质量。

## 参考文献

- [1] 陈泰霖. 10 kV 旁路不停电作业在配网实践中的运用研究[J]. 光源与照明, 2020(9): 49-50.
- [2] 张玮亚, 陈中, 宫衍平, 等. 基于多模态深度学习的不停电作业风险评估[J]. 高压电器, 2022, 58(11): 138-150.
- [3] 陈胜科, 石膏峰, 金涛, 等. 移动箱变车不停电作业电能质量分析[J]. 武汉大学学报(工学版), 2021, 54(7): 644-652.
- [4] 翁吕周. 配网检修中不停电作业法的应用[J]. 光源与照明, 2023(3): 209-211.
- [5] 刘聪汉. 多种旁路作业方法在配网不停电作业中的应用[J]. 广西电力, 2018, 41(6): 59-61.