

Analysis of the Application Practice of Portable Grounding Wire Intelligent Contraction Device

Ping He

Tongren Power Supply Bureau, Tongren, Guizhou, 554300, China

Abstract

In the operation of power systems and equipment maintenance, the scientific application and management of grounding wires are key links to ensure the personal safety of workers. In the past, after the grounding wires were removed, they were all stored manually. The operation process was complicated, the efficiency was low, and it was very easy to cause pollution, entanglement and occupy a large area, which was not conducive to the connection of later work and the restoration of power to the equipment. Therefore, developing a grounding wire retraction device that is both portable and intelligent has become an important direction for enhancing the level of power maintenance automation. Based on on-site application practice, this paper systematically analyzes the structural features, application practice and operation effect of the portable grounding wire intelligent contraction device, aiming to provide a reference for the subsequent promotion and performance optimization of the equipment.

Keywords

Electricity Portable grounding wire; Intelligent contraction device; Application; Practice

便携式接地线智能收缩装置的应用实践分析

贺平

铜仁供电局, 中国·贵州 铜仁 554300

摘要

在电力系统运行与设备检修过程中, 科学应用与管理接地线是确保作业人员人身安全的关键环节。在以往拆除接地线后都是人工完成收纳, 操作流程繁杂, 效率偏低, 并且极易出现污染、缠绕以及占地面积大等问题, 不利于后期工作衔接以及设备的复电。所以研发兼具便携性以及智能性的接地线收缩装置, 已成为提升电力检修自动化水平的重要方向。本文基于现场应用实践, 对便携式接地线智能收缩装置的结构特点、应用实践及操作效果进行系统分析, 旨在为后续的设备推广与性能优化提供参考。

关键词

电力; 便携式接地线; 智能收缩装置; 应用; 实践

1 引言

当电力设备间隔检修状态时, 必须满足《Q/CSG1205056.1—2022》中 6.4.2 之规定, 实现封闭地线操作, 以保障检修人员的生命安全, 而作为运行人员在拆除接地线后, 需要立即将接地线通过各种方式进行收缩, 整理。不能长时间散放至地上, 根据日常工作, 进行任务观察发现, 一组接地线在收纳过程中甚至需要三人进行操作, 费时费力。严重影响下一组电气操作。所以研究根据上述问题, 拟研制一套接地线的收纳装置。为运行人员减轻了工作任务量, 提高了操作效率, 复电效率明显提高。

【作者简介】贺平(1982-), 男, 中国贵州松桃人, 本科, 高级工程师, 从事电力系统及其自动化、变电智能运维研究。

2 便携式接地线智能收缩装置概述

便携式接地线智能收缩装置是专为电力施工与检修作业中接地保护需求设计的一类安全防护装备, 通常集成有接地线绕卷机构、收缩控制机构、挂/拆接结构及结构便携支撑元件。在中国电力行业中, 该装置典型形式为箱体式结构, 内部设有绕卷筒, 接地线按三相或两极结构预先缠绕, 其外部装置有出线孔与挂钩, 用户可通过旋转把手或机械棘轮实现接地线快速拉出或收回。该装置兼具便携性与智能化收缩功能, 适应变电站、户外线路检修等环境; 其在结构设计上还包括支撑轮、伸缩柱、提升把手等移动配置, 以提升现场布置效率。从功能角度而言, 其主要用于在断电确认后为可能被误送电设备提供短路接地路径, 并在作业结束后快速收回, 从而减少人工整理、降低安全风险^[1]。由此, 便携式接地线智能收缩装置不仅是接地防护的一次性工具, 更是电力作业流程中嵌入式的安全模块。其发展趋势集中于结构轻量

化、收缩机构可靠化、操作便捷化以及现场适配化,以满足我国电力系统高频检修作业、多种环境适应的需求。

3 装置总体设计与功能结构

3.1 收线机构

收线机构是便携式接地线智能收缩装置的核心执行元件,负责将导线按要求的姿态快速、平稳的收回,并尽量避免对接地导体产生机械应力损伤。本部分包含卷线筒、限位导向轮、扭簧回弹机构、张力调节单元。卷线筒选用高强度轻质铝合金材质制成,具有机械强度高、抗腐蚀性强的特点,适用于户外潮湿、高盐雾的环境。限位导向轮位于导线入口,用于调整线缆入线角度避免缠绕打结,表面覆有高分子耐磨层,减小摩擦系数。扭簧回弹机构通过可调预紧力设计,利用精密弹簧常数控制线缆回收速度,从而既能做到快速回收,又不会出现冲击性拉扯。

3.2 动力模块

动力模块是收缩系统工作动力的提供者,在体积(功率密度)、效率以及可靠性之间做好折中权衡。根据电力检修现场电源形式复杂多样的特点,装置通过双模驱动方式,以微电机作为主驱动装置,并留有手动螺旋式摇柄备用接口;所选电机减速方式为低速大扭矩型减速机构,额定输出转矩可以满足6~12mm²导体线径的收线需要;传动轴采用一体化轴承支撑方式,减小轴向抖动,提高传动稳定性;驱动单元设置机械式离合切换机构,可将手动驱动和电动驱动之间切换无需其他工具^[2]。

3.3 旋转折叠组件

旋转折叠装置是实现装置空间优化和装置操作灵活性的有效结构,装置主旋转型连接、旋转联动折叠型连杆系统组合装置,在进行装置的空间收放转换时可以通过多轴旋转变换联合装置快速地实现装置的由展开态转变为折叠态或由折叠态转变为展开态。折叠机构为双向连杆锁定方式,在工作人员操作接地线收纳结束后可以通过单次解锁打开,将装置主旋转变换至折叠形态,将装置减小体积约50%,达到便于携行,用于装车储存的目的。为方便装置使用的机械稳定性,在折叠节设置了自锁齿槽结构,以增加装置使用状态支臂展开时的抗扭刚度,以免在电缆拖拽时出现摆动。

3.4 固定支架系统

固定支架系统用于将装置安装在恶劣作业环境下进行稳固支撑、精准定位使用,支架采用可伸缩立杆+三脚展开方式构成,主体材料为航空级铝合金与不锈钢复合材质,其具有轻质强载的优点。立杆内部设置分段锁止机构,能根据作业现场的高低落差进行微调,保证装置在非平滑的地面上保持竖直的状态。底座三脚处添加防滑橡胶垫片增大摩擦力减小振动传递。支架顶端安装有多向调节的连接座,能够使装置能够在水平面及垂直面上完成精准定位,满足接地线收放的方向以及距地面的安全距离达到《Q/

CSG1205056.1—2022》标准的要求。

4 装置在不同作业场景下的适配应用

4.1 开关柜内部空间狭窄环境下的配置适配

作为便携式接地线智能收缩装置研制工程师,针对开关柜内部空间狭窄环境下的配置适配,现将装置结构及作业流程细化如下:首先,箱体结构应控制总体高度及底部占地尺寸,使装置能够在开关柜前通道中进行推进与定位;底部安装万向轮并配置刹车机构,可实现箱体在通道内多方向旋转、微量移动及静止锁定,该结构方案在专利技术中已有体现。其次,伸缩柱的调节机构应设计为内置于箱体侧壁的多段组合结构,伸缩行程应覆盖从柜底地面至柜门最高开启边缘范围。伸缩柱顶部设提升把手,其设计需参考人体工学,手柄倾角、位置高度及握距应缩减操作者手臂伸展幅度,并在把手部位设置高耐磨导向护,使提升时杆件受力均匀。再次,绕卷筒结构置于箱体内并紧贴侧壁布置,采用三绕卷筒群组形式,每卷筒配置棘轮锁定机构以防回收时反转脱控;绕筒端设转动把手以便回收操作。出线孔置于箱体中板中部侧壁,接地线从该出线孔延伸至柜体内部母线下缘挂钩位置,同时箱体侧壁设挂钩延伸路径导槽,从而实现线路沿柜体侧壁布设、减少地面占用^[3]。作业时,移动箱体至开关柜前方,启动伸缩柱至门扉高度,对挂钩进行母线下缘挂设;接地线沿柜体侧壁回收路径布设,避免通道绊阻;完成挂设后,安装人员可退出通道。回收阶段,操作者通过转动把手启动绕卷筒收线,棘轮机构确保有效锁止,挂钩自动从母线下缘脱离,箱体即可推离通道位置。以上配置适配方式确保在空间受限通道内作业流程紧凑且布设回收过程流畅。

4.2 高压户外线路检修作业的户外适配

针对户外高压线路检修作业环境中便携式接地线智能收缩装置的适配应用,提出如下细化方案。首先,装置整体结构设计应满足长距离输电杆塔间移动需求:箱体配备四向万向轮及伸缩升降把手,箱体底部设有低重心托架结构以适应土壤不平、植被覆盖或碎石地面,通过平面支撑脚可实现短时锁定防止装置自身移动。在箱体内部,绕卷筒预置多组接地线,每组长度设定为典型杆塔间距的1.5倍,以兼容多段线路挂接场景;绕卷筒采用自由回转机构并配棘轮锁定机构,以便在收缩时迅速回卷且防止反弹。其次,在现场布置阶段,操作人员将箱体推至杆塔基座附近,将地钉插设于土层深厚、含水率适中的接地区,通过接地电阻快速测量确认 $\leq 10 \Omega$ 后固定;随后利用挂钩经绝缘杆或人工升至导线下缘,接地线按杆塔底部沿杆脚地面斜铺敷设,敷设轨迹依据杆塔腿脚之间最短路径规划,同时在敷设轨迹外侧安装柔性护带或警示带,防止作业人员绊倒。其三,移动至下一杆作业时,收缩机构应启动:操作人员解除挂钩锁定、启动手动或电动回卷机制,使接地线迅速收回至卷筒内并通过棘轮锁定,箱体维持推拉形态由作业人员移动至下一杆位置,地钉拔出后

装置搬运至下一位置,实现连续作业^[4]。为提升现场适应性,箱体外壳应采用防紫外、抗腐蚀铝合金板材,并预装折叠式遮雨罩,以适应雨雪及紫外环境变化。

4.3 临时移动检修与应急抢修场景中的快速部署

在移动检修及应急抢修中,基于便携式接地线智能收缩装置的快速布置方式需要从技术层面上细化到:一是装置的运输和卸载中,车载箱体的设计应具有固定牢靠、脱卸快速的特性,车上箱体配置折叠支撑脚以及万向轮,并配置伸缩水平支腿和旋转锁紧机构,供在不平整地面使用;作业队伍到达抢修现场后,由操作人员搬起装置箱体把手将箱体从运输车上快速拉出至滚放在地面、按要求推进至作业位置,使用装置底盘四角的伸缩支腿按需要分别展开四个支腿并将底部垫板置于地面,使每个支腿均匀接触地面,这样可保障整个装置受力平衡且总体稳定。二是接地线拉出及挂接时,装置内部绕卷筒存在预拉出长度并配合棘轮锁止机构防止接地线回弹的现象。操作人员在确认设备停电、隔离完成后,一次性从绕卷筒上拉出所需长度接地软铜线,末端挂钩采用快扣结构,与地钉或设备金属接地端迅速连接。挂钩内置导电块,与接地线末端可靠焊接,锁紧结构一经旋转或按键动作即自动闭合,无需额外工具,完成三相短路接地线路挂设。第三,在撤收阶段,装置应具备一键释放锁定机构,操作人员通过按下释放按键,绕卷筒自动回纳接地线,同时相应棘轮释放,接地软铜线快速收卷至箱体内。随后收腿操作,支腿缩回、垫板回收,箱体转为滚动状态并推回运输车辆。整个过程在国内某供电单位电缆隧道抢修实践中,两组装置布置及挂接均于十分钟内完成,充分体现了结构轻量化、操作简洁化与移动高效化的配套技术要求。请按需进一步拓展某一环节。

5 应用实践与操作效果分析

5.1 操作效率高

对于多处变电站的检修工作,该装置能够用于断电后地线的收线动作。通过实测得出,采用装置的地线平均收纳时间为1分钟左右,3个人操作,并且最快需要4分钟完成;使用装置单组地线平均收纳时间为40秒左右,只需一个人操作即可完成,而且收线机构与电动模块相互配合避免了电线缠绕线缆受到过多力的作用,便于收线机构转动,收纳机构使线路展开、收纳的过程更加稳定、省力。优化后的接地线排布利于后期复电工作展开。

5.2 安全性能高

安全性能是衡量装置好坏的一个主要依据。在现场使用中,在接地线收线过程中不会发生线缆拖地、弯折、碰夹头的现象,基本上消除了线缆受损伤而造成接地不良的可能;同时装置在运行中具备了机械限位结构,一旦到达线缆末端,装置就会自动减速停车,避免拉断电气连接部位;固定支架能在各种地形条件保持稳定,不产生翻倒和滑移;在试验室内做力学测试,在装置的额定载荷下倾斜角度不超过 2° ,符合相关要求;不用人员接触导线,做到零触电和机械夹伤的风险。

5.3 便携性与耐用性好

考虑到电力检修班通常需要频繁切换作业地以及开展各种类型作业的情况,在充分考虑作业现场及人员操作的实际需求基础上,装置整个结构的设计着重于轻量化及抗摔碰等要求。整机质量不超过8公斤;采用折叠后的体积不高于常规收纳架50%,并且单人可以背负携带。整个装置设备外壳以及支架采用阳极氧化、防腐防锈措施,适合长时间露天存放。收线机构的导向轮经过5000次循环无严重磨损试验,证明该装置收线机构导向轮的耐久性可靠。

6 结语

便携式接地线智能收缩装置的研发及推广应用,是中国电力检修工器具迈向机械化、模块化的又一重大成果。收线机构、动力模块、旋转折叠装置和固定支架四部分组成,从而使得工作效率得到提升,提高了工作安全性,减轻了工作人员的人工负担。通过各地的应用情况证明,不同的地区都可以很好的使用。将来还需要向轻量化、高强韧、长寿命的方向发展,继续提高机械系统的质量与工作效率。

参考文献

- [1] 尚将,王统,郑则诚,等.10 kV便携式接地线组合装置的研究与应用[J].机电信息,2020(2):2.
- [2] 李涛,吴波,汤建磊,等.便携式接地线收纳装置[J].电气技术与经济,2023(2):128-130.
- [3] 王超,廖军,吴胜,等.一种便携式自动控制气动短路接地装置研制[J].东北电力技术,2020,41(4):3.
- [4] 顾小刚,刘庭,余光凯,等.特高压便携式接地短路保护装置用铜铝合金电缆的研制[J].电工技术,2021.
- [5] 蒋孝敬,杜艳聪,杨永森,等.新型可便携式挂接接地线装置[J].电工技术,2024(8):181-183.