

电缆管道远程修复装置研究及应用

轩景刚 李家乐 轩澳 秦浩然

国网冀北电力有限公司唐山市丰润区供电分公司

【摘要】本文介绍了一款创新的电缆管道远程修复装置的设计概念及其在变形电缆管道内进行扩张修复的实际应用。对于变形电缆管道的抢修，传统的解决方式是开挖地面进行修复或者重新选址，钻孔拉管铺设新的电缆管道，这些方式存在着成本高、耗时长等问题。为解决这些问题，研究引入了一种电缆管道远程修复装置。该装置设计革新，可高效、安全地修复塌陷变形的电缆管道，加快了停电施工的进度，降低了安全风险。文章详述了该装置的结构设计，并深入探讨了其工作原理和操作流程。通过现场案例分析，展示了该装置在修复变形电缆管道中的卓越性能，以及对控制成本和提升效率的重要贡献。

【关键词】电缆管道；远程修复；扩张系统；塌陷变形

Research and application of remote repair device for cable conduit

Xuan Jinggang Li Jiale Xuan Ao Qin Haoran

State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Tangshan Fengrun District Power Supply Branch

【Abstract】 This article introduces the design concept of an innovative cable conduit remote repair device and its practical application in expanding and repairing deformed cable conduits. The traditional solution for repairing deformed cable conduits is to excavate the ground for repair or relocate the site, drill holes and pull pipes to lay new cable conduits. These methods have problems such as high cost and long time consumption. To address these issues, a remote repair device for cable conduits has been introduced. The innovative design of this device enables efficient and safe repair of collapsed and deformed cable conduits, accelerating the progress of power outage construction and reducing safety risks. The article elaborates on the structural design of the device and delves into its working principle and operational process. Through on-site case analysis, the outstanding performance of the device in repairing deformed cable conduits was demonstrated, as well as its important contribution to cost control and efficiency improvement.

【Key words】 cable conduit; Remote repair; Expansion system; Collapse deformation

引言：

近年来，由于道路施工、房屋修建等原因，会使位于地下的电缆管道塌陷变形，进而会使电缆出现故障，给电网的安全稳定运行带来不可控的风险。对于变形电缆管道的抢修，传统的解决方式是开挖地面进行修复或者需要重新钻孔铺设新的电缆管道，用时高达数十小时之久，且随着电缆线路的推广应用，电缆抢修工作日益繁重，现有抢修手段无法满足国网公司对供电可靠性的需求。

因此，本文详细介绍了电缆管道远程修复装置的研发成果。该装置利用行走模块将扩张系统送至管道变形处并进行修复处理。装置采取远程控制系统，以全方位可视化的方式进行装置动态监测，将监测到的装置运行状态及管道修复的动态实时远程传递到操控平台，确定该变形点的位置及角度，实现扩张系统在管道内精准位置升降以及一键升高至预

定位置等功能及操作。

一、电缆管道远程修复装置的设计

1.1 设计背景与需求

随着道路施工、房屋修建等原因，位于地下的电缆管道会出现不同程度的塌陷和变形，从而电缆不能正常穿越管道，抢修人员只能开挖地面进行管道修复或者将原有管道废弃然后重新人工拉管。然而，这样传统的方法存在效率低下、成本高以及施工人员的安全隐患等问题。因此，迫切需要开发一种高效、安全、准确的电缆管道远程修复装置，以满足快速城市化进程中的电力施工需求。

1.2 结构与组成

电缆管道远程修复装置主要由行走模块、可视化模块、角度调节系统和扩张系统四个主要组成部分构成。

行走模块采用的是履带设计,它可以进行正常的前后左右行走,操作人员通过远程控制系统控制行走模块到达电缆管道的塌陷或变形处,利用可视化模块进行全方位的动态监测。

角度调节系统安装在行走模块与扩张系统之间,用于驱动扩张系统左右 360° 旋转和上下摆动,目的是为了应对电缆管道内不同程度和不同角度的塌陷和变形。

扩张系统是利用行星齿轮减速机与丝杆组成行星齿轮丝杆扩张机,在扩张系统框架上安装两个扩张臂,操作人员可以通过可视化模块确认变形处的变形点,通过控制扩张系统来对变形点处进行扩张。

1.3 工作原理及特点

电缆管道远程修复装置的工作原理基于扩张性原理,通过行星齿轮丝杆扩张机使扩张臂在变形点处进行扩张。操作人员只需在地面上操作无线遥控,控制电缆管道远程修复装置准确到达变形点处,调整角度调节系统,最后利用扩张系统进行扩张修复。

该装置的主要特点包括低成本性、高效性和减少破坏:

(1) 低成本性: 使用电缆管道远程修复装置以后,降低了原材料与人工成本,并且避免了施工过程中的安全隐患问题。

(2) 高效性: 与传统重新拉管的方式相比,该修复装置显著提高了工作效率,能够在短时间内使变形管道恢复正常使用。

(2) 减少破坏: 不用对地面大面积开挖,最大限度地减少了对周围环境(如道路、建筑物基础等)的破坏。

二、电缆管道远程修复装置的应用

2.1 应用场景与条件

电缆管道远程修复装置广泛应用于变形电缆管道的紧急修复工作中,包括新的电缆管道铺设时遇到碎石块时造成管道内部空间小等情况的迅速处理。此装置的应用能避免铺设新的管道或者大规模挖掘城市道路,减少对交通和城市基础设施的影响。这些应用场景对电缆管道变形点处的精确修复提出了要求,以确保电缆能够顺利通过管道。

为确保装置的有效应用,必须满足以下条件: 首先,电源供应必须稳定且符合电压规格(24V),以保障设备正常运行。其次,应考虑气候条件的影响,虽然装置具备一定的环境适应性,但在极端天气条件下(如高温、低温、强风、暴雨等),可能会影响装置的正常运行,因此需采取相应的预防措施。最后,装置在运行过程不能收到外界信号的干扰,并且要保障信号传输的稳定性,避免在修复过程中失去控制。

2.2 操作流程与注意事项

电缆管道远程修复装置的操作流程如下: 首先,检查装置的各个部件,包括扩张臂、可视化模块、角度调节系统、扩张系统等是否正常工作,确保动力系统(如电机、液压系统等)能稳定运行;确认远程控制系统连接良好,信号传输稳定,通过测试信号来检查操作指令是否能准确无误地传达到修复装置。其次检查工作完成以后,将修复装置小心地放置在电缆管道的入口处,确保装置的行进方向正确。开启装置的行进功能,通过远程控制让装置以适当的速度进入管道,同时密切关注可视化模块传回的画面,观察管道内部情况。最后,操作人员通过可视化模块精确地找到电缆管道塌陷变形的位置,操控扩张臂进行修复操作。在操作过程中,注意控制好力度和角度,确保修复质量。

在修复后的检查过程中,需要再次利用可视化模块检查修复部位的情况,查看修复是否达到预期效果,并对修复后的管道进行整体检测,检查管道的其他部位是否在修复过程中受到影响,确保整个电缆管道系统正常运行。完成修复和检查后,操作人员控制修复装置沿管道返回入口处。在回收过程中,同样要注意装置的行进状态,防止装置在管道内卡住或损坏。

电缆管道远程修复装置的注意事项如下:(1)安全方面。远程控制系统要保证安全可靠,防止信号干扰或被恶意入侵,操作前要对系统进行安全检查。(2)设备维护。定期对修复装置进行维护保养,检查机械部件的磨损情况,及时更换易损件。注意保护装置上的电子设备,避免受潮、过热等情况。在不使用时,要将装置存放在干燥、通风的环境中。(3)操作人员要经过专业培训,熟练掌握远程控制技术和修复装置的操作方法,在操作过程中要保持专注,严格按照操作流程进行。当传输信号延迟时,操作人员要提前做出预判,避免因延迟导致操作失误。

2.3 应用效果与案例分析

电缆管道远程修复装置在实际应用中表现出卓越性能。在提高修复效率方面,可快速定位故障点并进行修复,能在长距离管道内快速移动检测,相比传统方式大大缩短了修复时间;在降低成本方面,减少了人力投入和相关设备的使用,降低了人工成本和设备租赁成本等;在增强安全性方面,避免了人工进入复杂、危险环境作业的风险,保障了人员安全;在实现远程控制方面,工作人员可在地面实时了解修复情况,及时调整修复策略。在应用过程中,电缆管道远程修复装置单次巡检最长可爬行300米,通过远程控制系统进行操作控制,能在管道内长距离移动并将图像实时传输,完成了塌陷变形管道内部情况的有效检测,为后续修复提供了准确

依据。

三、电缆管道远程修复装置的优势与改进

3.1 相比传统方式的优势

- 高效便捷: 无需大量开挖地面或者重新放管, 可快速定位和修复故障, 大大缩短修复时间, 提高工作效率, 减少对电力供应的影响。

- 安全可靠: 避免了人工在狭小、危险空间作业的风险, 降低安全事故发生率, 保障人员生命安全。

- 精准度高: 配备先进可视化模块和角度调节系统, 能精确定位故障位置、类型和程度, 实现针对性修复, 提高修复质量。

- 实时监控: 通过远程控制系统, 工作人员可实时掌握修复装置的工作状态和电缆管道内部情况, 及时调整修复策略。

- 适应性强: 可根据不同管道尺寸、形状和环境进行定制化设计, 能适应多种复杂工况, 如不同材质、坡度的电缆管道。

3.2 实际应用中的问题及解决方案

- 定位效率不高: 修复装置在管道是人工通过可视化模块找到故障点, 导致定位效率不高。为解决这一问题, 在装置上采用高精度的定位系统, 如结合陀螺仪、加速度计等惯性测量单元和电磁定位技术, 同时在管道内设置定位标识或信标, 帮助修复装置实时确定自身位置。

- 动力不足或续航问题: 修复装置在管道内运行时, 可能因动力不足而无法完成修复任务, 或因电池续航能力有限, 需要频繁更换电池或充电, 增加了修复成本和时间。为解决这一问题, 在装置上配备高效的动力系统, 如采用高性能的电机和电池, 或研究使用新型的能源供应方式, 如小型燃料电池等。优化修复装置的能源管理系统, 根据任务需求合理分配动力, 降低能耗。

- 修复效果不佳: 修复后的管道可能存在修复不牢固导致再次塌陷变形的可能, 影响电缆管道的使用寿命和性能。

为解决这一问题, 在电缆管道远程修复装置上安装智能辅助支撑系统, 修复完成后, 利用智能辅助支撑系统对修复处进行辅助支撑。

3.3 未来的改进方向与展望

- 技术创新: 持续研究和开发更高效、更精确的修复技术, 当管道出现非变形的损坏(如裂缝或者局部破损)时, 可以根据损坏情况采取不同的修复方式。如果是裂缝, 装置可以利用自身携带的密封材料, 像环氧树脂等, 通过喷射或者填充设备, 将裂缝密封。对于局部破损的情况, 修复装置可以展开修补片, 通过焊接或者粘结的方式覆盖在破损处进行修复。

- 导航定位更准: 结合超宽带定位技术、地磁定位技术等, 实现厘米级甚至更高精度的定位。利用深度学习算法对管道环境图像进行分析, 实时规划最优路径, 在修复过程中避开障碍物和复杂地形。

- 拓展应用领域: 从传统的电力电缆管道修复, 拓展到通信电缆管道、石油天然气管道等领域。在城市地下综合管廊环境中, 与其他智能监测和维护系统深度融合, 形成一体化的管廊运维解决方案。

四、结语

综上所述, 本文介绍了一款电缆管道远程修复装置的设计、应用和未来发展方向。通过深入分析结构设计、操作流程和应用场景, 揭示了该装置在提高工作效率、降低成本和增强作业安全方面的显著优势。同时, 通过识别并解决实际应用中的挑战, 为该装置的不断改进和技术革新提供了有价值的见解。展望未来, 随着技术进步和智能化应用的不断推进, 电缆管道远程修复装置的性能将进一步提升, 为电力行业的发展做出重要贡献, 实现更高效、更安全的电力施工和维护, 并且该装置应用领域将从电力电缆管道拓展至多领域, 市场前景广阔, 尤其在城市化推进和基础设施建设中需求持续增长。

参考文献

- [1]基于机器视觉的地下电缆管道故障精准定位智能修复技术及应用[J]. 郝立今.陈艳波.孙阔, 2022
- [2]管道内电缆外护套故障精确定位及修复技术[J]. 王长胜, 2015
- [3]无开挖电缆保护管道支护装置设计与仿真[J]. 刘秀杰.王可可.梁焘, 2024
- [4]一种水下电缆巡检无人系统的制作方法[P]. 陈奕航.李晓骏.朱德高.庞钰, 2024
- [5]极限环境下电缆管道智能巡检机器人自动化控制系统[J]. 李乾.郭康.任树贞.王天义, 2024