

# Development of Wire Relaxation Instrument for Transmission Line Installation and Construction

Hongyi Ru<sup>1</sup> Hui Jin<sup>1</sup> Mengnan Peng<sup>2</sup> Yang Jia<sup>2</sup>

1. Henan Power Transmission and Transformation Construction Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

2. Zhengzhou Dongchen Technology Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450007, China

## Abstract

The inclination angle of transmission cables is an important reference indicator for the sag of transmission lines, so it is necessary to measure the inclination angle of transmission cables through inclination measurement devices. To this end, high-precision, portable, and adaptable measuring equipment is needed. According to the on-site usage process and relevant regulations, a new generation of measuring equipment, the wire sag meter, has been developed. In environments where other measuring instruments cannot be used, this equipment has great advantages. Firstly, the equipment is small and easy to carry. A small toolbox can accommodate it, and a single person can move it with one hand; The equipment is fully functional and has convenient operations such as data transmission, data processing, data backup, and data visualization, making the measurement data more intuitive and without the need for professional data analysis; The equipment has strong adaptability and can operate normally in complex environments such as high humidity, disregarding weather conditions and terrain. At the same time, the equipment is easy to operate and can be measured and data extracted by one person.

## Keywords

wire slack tester; portable; high precision

# 输电线路架设施工用导线弛度仪的研制

茹红艺<sup>1</sup> 金辉<sup>1</sup> 彭梦南<sup>2</sup> 贾洋<sup>2</sup>

1. 河南送变电建设有限公司, 中国·河南 郑州 450000

2. 郑州东辰科技有限公司, 中国·河南 郑州 450007

## 摘要

输电线路的倾角是输电线路弧垂的一个重要参考指标, 因此就需要通过倾角测量装置来测量输电线路的倾角。为此, 需要高精度、便携、适应能力强的测量设备, 根据现场使用流程, 以及相关规程, 研制出新一代的测量设备导线弛度仪, 在其他测量仪器无法使用的环境下, 该设备具有很大的优势, 首先设备小巧, 便于携带, 小巧的工具箱即可容纳, 单人可以单手移动; 设备功能完善, 具备数据传输, 数据处理, 数据备份, 数据可视化等便捷操作, 使测量数据更加直观的展示, 不需要专业的数据分析; 设备适应能力强, 对于高湿度等的复杂环境都可正常操作, 无视天气状态, 无视地形, 同时, 设备操作简单, 一人即可完成测量, 数据提取等工作。

## 关键词

导线弛度仪; 便携; 高精度

## 1 引言

现有的弧垂测量方法, 受到的最大影响就是气温和空气湿度, 在不同温度下, 线缆的自身会存在伸缩和拉紧, 导线在不同功率状态下以及不同温度下, 弧垂都会产生较大的变化<sup>[1]</sup>, 针对这种变化, 现有的测量方式只能采用计算以及多组采样的方式进行测量, 然后通过计算得到最终数值, 现有观测的办法需要选择导线上不同的观测点作为观测档进行观测<sup>[1]</sup>, 观测环境局限性大, 无法进行全地形电缆的观测,

根据以上特点, 在线缆和塔杆悬挂点处进行测量, 然后得到的数据结合当时环境进行自动计算, 得到弧垂数据, 这样就能排除线缆在测量过程中的各种外界干扰; 从导线的基本方程式推导出线缆张力、倾角或者温度, 然后通过计算公式计算出导线弧垂, 架空导线在工程计算上常忽略它的刚度而视为柔索, 这样导线就可用悬链或抛物线方程来计算, 根据公式, 在悬挂点测量得到的倾角是数据计算的基础数据; 这种测量方法很好地避开了其他测量方法的缺点, 使测量变得更为简单, 适应能力大幅提升, 在任何工况环境下都能进行测量。本篇针对该设备的使用、远离进行介绍分析, 导线弛度仪装置设置有线缆连接结构的支架, 支架上设置有倾角测量器, 倾角测量器包括测量器支架和倾角测量单元, 测量器支

【作者简介】茹红艺(1974-), 男, 中国河南郑州人, 工程师, 从事输电线路工程研究。

架上转动轴线沿左右方向延伸的摆锤,倾角测量单元包括用于检测摆锤倾斜角度的光栅传感器和用于计算测量结果的微型计算模块以及联网模块。使用时,线缆连接结构夹紧被测的线缆,通过测量摆锤相对测量器支架的摆动角度来测量线缆的倾角。

## 2 设备研制背景

随着中国电力系统的不断发展,输出形式也多种多样,架空线路就是最常见的一种,在整个电力系统中,电缆弧垂作为电力安全评判的一个重要指标<sup>[1]</sup>,对电缆弧垂的测量,成为相关部门所面临的一项重大课题,现有的测量方案笼统地分为两种,一种是激光测量,一种是图像测量。

激光测量需要合适的温度以及合适的湿度环境下才能进行准确测量,温度、湿度对测量结果的影响无法通过计算方式消除,只能选择合适的时间进行测量,而且需要选择合适的测量场地,保证场地的宽阔无遮挡,使用要求相对严格。

图像测量,使用图片分析技术,对图像拍摄角度进行还原,通过算法,还原图像视角,逆向透视进行计算实际线缆角度,或者直接得到弧垂。但是,在图像采集终端获取到的图像都是带有大幅度形变的,或者是带有干扰的,这类图片都要先纠正图像错误,然后进行图片降噪处理,才能得到想要的图片。另外,成像器的质量决定了图像的清晰程度,但是好的成像器意味着更高的价格,这样就加大了测量设备的成本,而且图片成像过程中,存在不可避免的热噪声和其他干扰源,都会给图像的质量造成一定程度的影响;在山区等复杂环境下,雾、植被,都会对电缆有所遮挡,不能对电缆进行完整的成像,也就无法完成弧垂的测量,这种情况无法避免。

结合以上情况,导线弛度仪无疑是最优选择,导线弛度仪可以无视地形、天气、温度、环境的影响,完成对线缆角度的测量,进而完成对弧垂的计算,无论从制造成本,还是使用方面,导线弛度仪都具有绝对的优势。

## 3 设备使用前景

导线弛度仪是一种提高电力输电线路安全、可靠性的重要工具,其在电力行业的使用前景广阔。以下是导线弛度仪使用前景的几个方面。

首先,导线弛度仪可以有效地评估电力输电线路的强度和稳定性。通过测量导线的倾角,进而计算出弧垂,导线弛度仪能够检测出导线是否处于正常工作状态。这对于及时发现和解决导线松弛、振动或过度弯曲等问题非常重要,可以避免导线发生松脱、折断或短路等故障,提高电力输送的可靠性。

其次,导线弛度仪还可以帮助电力公司实现对电力输电线路的远程监控和管理。传统上,电力输电线路的巡检需要人工上杆塔进行观察和记录,工作量且不够及时。而采用导线弛度仪可以实现对线路的实时远程监测,对导线的倾

角和弧垂参数进行记录和分析,以便及时发现问题和进行维护。这样不仅可以大大减少对人力的依赖,还可以提高工作效率和线路的安全性。

最后,导线弛度仪还可以用于电力输电线路的规划和设计。通过获取导线的弧垂数据,可以更准确地评估线路的负载能力和可靠性,从而为新建线路或改造升级线路提供参考。此外,导线弛度仪还可以用于制定导线安装与维护的方案,确定适当的拉力和间隔距离,以确保导线在长期使用过程中的稳定性和可靠性。

综上所述,导线弛度仪在电力行业的使用前景广泛。它可以提高电力输电线路的安全性和可靠性,实现对线路的远程监控和管理,同时也可以用于线路的规划和设计。随着电力行业的不断发展,导线弛度仪的需求将会得到进一步的增长<sup>[2]</sup>。

## 4 设备介绍

设备分为三部分,一部分为夹紧装置,也就是设备和线缆之间的固定连接部分;另外一部分为测量部分,这部分主要负责处理设备数据,测量数据;还有一部分就是设备的摆锤部分,这部分的作用就是把线缆的角度同步到设备内部。夹紧装置的主要构成为上下夹紧固定块,和提供升降动力的压紧电机,压紧电机,上下固定块上设置有缓冲压垫,可以有效防止夹紧电机用力过大对线缆造成损伤,同时,夹紧装置可以自适应不同线径的线缆,可以有效改变压紧力度。升降机构采用一键式升降压紧,手提着设备的同时也可控制升降。测量部分采用光栅测量,高精度,高响应,快速得到测量结果,减少等待。同时,测量部分和夹紧部分采用双向交叉轴方式连接,能自动适应角度误差,自动摆正测量装置位置,确保测量的精度。各向角度都有大范围的限制,很大的角度设置能适应不同的位置误差,直接扩大了设备的适用范围,简化了操作方法。摆锤部分采用铜制构成,同时底部设置均布式磁力装置,能有效形成磁力线,摆锤在摆动过程中,能进行磁力线切割,起到阻尼作用,同时能有效减少线缆在风力作用下产生的高频振动带来的摆锤颤动。另外,由于摆锤摆幅大小决定了摆锤运动范围,若常规的外壳设计,会因为摆锤运动范围来决定外壳的大小,这样的设计不利于减小设备体积,所以为了减小设备体积同时兼顾摆锤的运动范围,设备采用了浮动式自适应外壳设计,小型外壳可以根据摆锤进行摆动,而且摆动不会对内部摆锤造成影响<sup>[3]</sup>。

导线弛度仪包括支架,支架上设置有水平方向左右的夹持机构,夹持机构包括线缆下夹持和与线缆下夹持体相连的线缆上夹持体,两者通过夹持电机提供动力,实现对线缆的夹持固定,线缆连接结构包括线缆上夹持体、线缆下夹持体的相对侧面上的线缆夹持孔,线缆夹持孔的轴线构成线缆连接结构的轴线,在轴线孔内,有对线缆起到保护作用的防

护衬套,防护衬套可以根据不同的线缆直径进行更换,也可以使用不同线缆直径通用的衬套。装置支架还装配有光栅测量装置的光源发射源和读头,两者固定在支架上,转动连接结构的轴线与线缆连接结构的轴线并列布置,转动连接结构的轴线位于线缆连接结构的轴线下侧,其中码盘和摆锤的旋转中心轴进行固定连接。转动连接结构包括线缆下夹持体上的轴线沿前后方向延伸的轴承孔,转动连接结构包括设置于轴承孔内的转动轴承和穿装于转动轴承的轴承孔中的转动轴,码盘与转动轴固定相连。摆锤的外侧设置有摆锤防护套,摆锤与摆锤防护套之间设置有摆锤阻尼结构,摆锤阻尼结构为非接触式磁力阻尼结构,摆锤套由铜质材料制成,非接触式磁力阻尼结构包括固定于摆锤底部的永磁体<sup>[4]</sup>。摆锤防护套与摆锤同轴线设置,摆锤防护套和支架主体采用轴承连接,可以实现摆锤防护套的自由摆动,减小设备体积,提高摆锤活动范围。

以上设计,使测量设备完全避开了常规设备的设计问题,能使设备有效地完成测量工作。

## 5 设备使用介绍

导线弛度仪设备在使用时,需要先确定被测线缆两端的塔杆位置,当确定位置之后,操作人员前往塔杆位置,在导线悬挂点处进行测量,设备由于其体积小,重量轻,单人单手即可完成操作,在悬挂点处,操作人员需要把设备的夹紧装置完全打开,然后把线缆卡入到被测线缆上,然后调整设备位置至目测垂直地面状态,启动开关,设备进行自动测量<sup>[5]</sup>。

设备具有角度自动调整的特性,得具与设备的交叉式双轴设计,该设计能使得设备在操作过程中,由于人工放置位置的偏差导致的设备偏斜问题自动修正,保证设备处于合适的使用状态,所以,对于操作工人的使用要求进一步降低。

## 6 结语

线缆弧垂测量在电力线路建设和运维中起着至关重要

的作用,它不仅能够确保电力线路的安全运行,还可以提高线路的稳定性、传输效率和维护成本的降低。

现有的测量方式,虽然能达到高精度,但是无法全面覆盖全区域,全地形的线缆弧垂测量,其测量成本相对较高,测量环境要求较高,而导线弛度仪能弥补其他测量设备在此方面的不足,导线弛度仪的高精度,广泛适用性,都是优于其他测量设备的,使用成本低,操作简单。

导线弛度仪自身拥有多项改进特征,光栅测量角度、交叉式双轴、超小阻尼轴承结构体、随动式外壳设计体,多项组合而成,造就了设备的高精度,广适应面,体积小巧等特点。

光栅测量角度,通过摆锤带动测量码盘,读取实时的角度偏差,通过计算得到被测角度,响应速度快,精度高,设备自身的高防护等级,能确保故障率最低,而且,设备无须保养更是从根本上降低了设备的使用和维护成本;交叉式双轴设计,能赋予设备自适应调节功能,对设备的操作更能进一步降低难度;超小阻尼轴承结构体,能降低摆锤摆动所受阻力,该结构的加成,能减小传统高精度轴承20%阻尼性,使得设备精度更高,响应速度更快;随动式外壳设计,从根本上减小了设备的体积,其特征在于能在提供适合摆锤运动的活动空间的同时,最大程度减小对摆锤的防护面积,使得设备体积更小,大大提高了设备的便携性。

## 参考文献

- [1] 曾庆禹.特高压输电线路地面最大工频电场强度和导线最大弧垂特性[J].电网技术,2008(6):1-7+18.
- [2] 黄伟源.输电线路施工弧垂观测心得[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2010(4):228-229.
- [3] 郑州东辰科技有限公司.一种输电线路弧垂测量用倾角测量装置[P].中国.专利号[112577469 B].2022.10.18.
- [4] 刘振亚.国家电网公司输变电工程典型设计[M].北京:中国电力出版社,2005.
- [5] 刘苑辉.磁流变阻尼器—转子系统的有限元分析[D].广州:华南理工大学,2011.