

集成式电杆拉线自动化辅助制作工具的研制与应用

罗良根, 邱 焯, 方渝渝

(国网江西省电力有限公司德兴市供电分公司, 江西 德兴 334200)

摘要 传统制作拉线受作业员工的技能及力气影响, 制作出的拉线楔舌与镀锌钢绞线间隙过大, 合格率低。在组装线夹敲打时, 容易发生偏位而击伤自身或者损伤线夹表面的防腐涂层, 影响线夹的安装质量。本文以电力架空线路的拉线在供电系统中所起的作用以及制作拉线存在的难点、痛点展开研究, 研制出集成式电杆拉线自动化辅助制作工具, 使得拉线制作达到自动化、标准化、专业化, 摆脱了传统手工制作对人力和技术熟练度的高度依赖。经过作业现场的使用, 该工具有效降低了作业员工的劳动强度和制作拉线的门槛。

关键词 电杆拉线; 钢绞线弯曲; 线夹套入; 电动缸; 伺服电机

基金项目: 国网江西省电力有限公司科技项目资助《一种钢绞拉线弯曲及线夹拉紧作业装置的研制》(项目编号: ERP: 5218K0240004)。

中图分类号: TM75

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0013-03

1 研究背景

电力架空电杆拉线由抱箍、钢绞线、线夹、拉线棒和地拉盘等组成, 用于拉住电杆, 平衡导线的不平衡张力, 防止电杆受力不均而倾倒。拉线作为架空线路电杆主要承力部件之一, 拉线的合格与否直接关系到电杆是否发生倾斜、倾倒、断裂等故障, 进而直接关系到电力能否正常供电, 影响优质服务工作。

受镀锌钢绞线的屈服强度影响, 人工制作拉线受技能及力气影响, 弯曲弧度大小不一, 太大或太小都会引起楔舌与镀锌钢绞线间隙过大的情况, 在长期风摆动的情况下, 会出现拉线松弛或断股、电杆倾斜。人工制作拉线弯头时需要有一定的臂力与腰力及技巧, 弯曲不当就会造成作业人员手臂、腿腹部受伤, 而且制作时间长。在锤打线夹套紧的过程中, 也存在锤子发生偏位而击伤自身或者损伤线夹表面的防腐涂层的现象, 影响线夹的安装质量。另外, 新员工由于力量不足, 无法掌握技巧, 常常无法完成弯曲钢绞线, 后续工作无法完成。因此, 研制一种电杆拉线把制作辅助工具是十分必要的, 以解决传统制作存在的不足, 促进作业效率及质量的改善。

2 拉线制作工艺现状

架空电力线路施工技术规定: 在电力架空线路中, 凡承受固定性不平衡荷载比较显著的电杆, 都需要安装相应的拉线增加稳定性, 例如终端杆、转角杆以及

跨越杆等, 都需要进行拉线的安装^[1], 并在土质松软地区、风大地区增加拉线增强电杆的平衡性。随着社会用电量的增长, 架空输电线路线径增大, 用于拉线的镀锌钢绞线的线径也相应增大, 拉线线径的制作也越来越难。

一般而言, 输电线路的拉线塔由 2 根、4 根或者多根拉线来支撑, 以保证整个杆塔在运行过程中的安全性和稳定性^[2], 拉线制作工艺过程具备较高的规范性, 尤其是镀锌钢绞拉线 U 形弯曲及线夹套紧, 是判断拉线是否合格的重要环节, 一根电力拉线的制作一般需要多次重复操作^[3]。镀锌钢绞拉线 U 形弯曲制作环节, 对制作工艺提出了非常高的要求。

由于钢绞线硬度弹力较高, 手工弯曲不仅难度大、弯曲角度难以精确控制, 而且极其耗费体力。将弯折好的钢绞线及楔舌一同插入线夹槽后, 还需要借助锤击的方式使其与线夹槽壁紧密贴合, 这种方式不仅容易损伤线夹表面的防腐涂层, 影响线夹使用寿命和安装质量, 并且对作业员工的制作技能和力气均有较高的要求, 增加了作业的劳动强度。我们结合 2 年、5 年、8 年三种不同工龄的员工制作拉线把, 平均合格率只有 57.5%, 随着钢绞线线径增加, 用时会越长, 合格率越低。2 年工龄与 8 年工龄制作拉线把用时最高相差 18 分钟, 说明制作拉线把的工序过度依赖员工的技能水平。并且制作下把拉线不合格时, 会导致整根拉线不合格,

需要重新裁剪拉线重新制作,造成极大的浪费。

3 电力线路拉线制作工艺标准

电力线路拉线制作有明确的工艺标准及要求,具体如下:避免镀锌铁丝的镀锌层有锈蚀,或是断裂、破损等问题;合理控制钢绞线,避免出现交叉、断裂、折叠等问题;对于UT线夹、楔形线夹的应用,线夹楔舌要紧密接触拉线,防止受力打滑等问题,且安装时要确保线股良好,不可出现损伤等缺陷。

传统的制作拉线步骤:

1. 准备工器具与材料。应准备钢绞线、UT线夹、NX线夹、老虎钳、断线钳、活动扳手、卷尺、木锤等。
2. 制作拉线的上把。首先在钢绞线尾端42~43 cm处用记号笔标注,再将NX线夹穿入钢绞线。
3. 弯曲钢绞线。作业员工用左脚踩住钢绞线,右手握住钢绞线头,左手握住钢绞线标注,臂力、腰力同时发力,顺时针方向用力折弯,将钢绞线弯成“水滴”的形状。

4. 钢绞线套入线夹。作业员工把钢绞线头穿入线夹,放入楔舌并拉紧钢绞线,用木锤敲打,使得钢绞线和楔舌的尾部之间无明显的缝隙,拉线收紧后受力不能有滑动,弯曲的尾部不能有明显散股。

5. 绑扎拉线。作业员工用右手抓住用于绑扎的铁丝,左手扶住钢绞线,将铁丝的回勾置入钢绞线的两股之间,然后进行缠绕。

传统制作拉线的弊端:在制作拉线整个过程中,第三个步骤弯曲钢绞线及第四个步骤套入线夹对施工要求很严格,因作业员工制作技能水平及力气有所差异,会引起线夹与楔舌之间存在很明显的缝隙,与楔舌之间间隙大于2 mm;同时也会有散股现象,人工弯曲钢绞线也存在反弹伤人的安全隐患。若施工时未按要求用木锤或橡胶锤敲打,而是用U型螺杆或铁器敲打,就会伤及线夹表面的热镀锌层,失去防腐能力。使用“U”形棒敲击线夹也属于违章行为。上述问题均会降低施工质量及工程进度,故需引起重视。

4 拉线自动化辅助制作工具研制构思

按照工具的通用性强,集弯曲拉线和套入拉紧功能综合一起的需求,经分析反复推敲,确定电杆拉线把制作辅助工具分为往复式动力源、弯曲拉线部分、套入线夹推挤部分、电气控制部分。

4.1 往复式动力源

为满足钢绞线弯折弯曲力矩需求,机械输出推拉力至少为4 kN,往复式直线行程不小于20 mm。电动缸控制精度高、使用方便,防护等级高,是把伺服电

机与传动丝杠设计成为一体的模块产品,可以实现平移、旋转、压紧等运动^[4]。可精准地实现推(拉)力、位置、速度的精确控制,是气压与液压传动不能完成的精密控制。我们选择了推拉5 kN、速度35 mm/s、行程250 mm的电动缸作为动力源。

4.2 弯曲拉线部分

弯曲拉线部分由挂钩、压紧杠、滑轮、压弹块组成,利用电动缸拉动挂钩,把线夹的楔舌装入挂钩位置,拉线放入挂钩与两滑轮之间,与两滑轮形成二支点一点作用力实现物体发生弯曲,然后套入线夹,以楔舌尾部弧度为参数进行弯曲,实现拉线曲度与楔舌完美一致,力度的平衡输出,确保弯曲处不出现散股现象。

4.3 套入线夹推挤部分

套入线夹推挤部分由弹性反顶块、U形叉臂组成,利用电动缸推动U形叉臂,楔舌装入线夹,U形叉臂推动拉线逐渐进入线夹,与弹性反顶块形成相互作用力,线夹、楔舌、拉线完美套入,实现线夹、楔舌、拉线间隙最小化,不需要人工锤打,保护工件的镀锌层完整性。

4.4 电气控制部分

在自动控制系统选择方面,现在的伺服电机则具备尺寸小巧、质量轻盈、控制精度高和节能环保的优势^[5]。反应快速、位置精准,与电动缸完美配合,可实现装置的往复式运行的力度与长度,我们选择了电压为AC220 V、功率200 W、转速3 000 r/min的伺服电机,其PLC控制器作为电气控制,通过力矩、速度、位置三种优势组合下对伺服电机进行指令发送、执行。

5 拉线自动化辅助制作工具工作原理描述

5.1 拉线预处理

将待折弯的拉线置于工具的两根导轴之间,确保拉线居中设置;接着,利用楔舌块的一个端部紧贴拉线中部,同时将楔舌块的另一端通过拉杆顶端的挂钩进行稳定悬挂;随后,将压板锁定在导轴上,并利用压板上的压紧滚轮将拉杆稳固压紧,以确保拉杆挂钩能够可靠勾住楔舌块。

5.2 拉线折弯阶段

启动拉紧动力装置,通过拉紧动力装置与运动杆的联动,带动楔舌块沿拉紧方向运动,由此迫使拉线沿着导轴形成的通道拉伸并通过,进而实现拉线被一次性弯折成预设的“U”形结构。

5.3 穿线装配

预先将待安装的线夹分别接入拉线的两端,再将线夹的一端准确抵靠在工具底板远离拉紧动力装置一

端设置的台阶上；接着，解除压板的固定状态，抬起拉杆；最后，再次启动拉紧动力装置，操纵推杆将已弯折好的拉线及楔舌块整体推送至线夹内部，直至拉线和楔舌块完全嵌入线夹槽口，以此完成穿线装配工序。

6 拉线自动化辅助制作工具技术特点

6.1 自动化操作

通过集成拉紧动力装置、推杆、拉杆、挂钩块等组件，实现了拉线的自动化折弯和穿线过程，摆脱了传统手工操作对人力和技术熟练度的高度依赖，显著降低作业员工的劳动强度和制作拉线的门槛。

6.2 精确弯折

拉线在两根导轴间被准确引导，由于拉线被楔舌块推着被动弯曲，从而弯折成与楔舌块适配的“U”型结构，确保了拉线弯折角度和形状与楔舌块的高度一致性，提高了拉线终端安装的标准化水平。

6.3 广泛适用性

通过可调节的拉紧动力装置和压紧滚轮设计，该工具能够适应不同规格和类型的线夹，满足不同应用场景下的拉线折弯和穿线需求，提高了工具的通用性。

6.4 保护线夹及防腐层

与传统手工敲击方式相比，该工具采用机械方式将拉线推入线夹，避免了敲击过程对线夹及防腐层可能造成的损伤，延长了线夹使用寿命，保障了电力线路的整体安全性能。

6.5 操作简便快捷

整个拉线折弯和穿线过程分为明确的两个步骤，操作简单易行，即使非专业技术人员也能快速掌握，有利于缩短施工周期，提升拉线制作的合格率。

7 应用效果及成果

工具经过实验测试合格后投入现场使用，累计使用电杆拉线自动化辅助制作工具进行 325 次拉线制作。作业人员只需操作辅助装置的开关，观察电动缸运行杆的长度与力度，当拉线弯曲到位后及推入线夹到位后即可停止，无需人工运用力气与技巧去制弯和敲打。其次，让三种不同工龄的员工使用拉线自动化辅助制作工具制作拉线，制作拉线把的平均用时相差不大，由原来的平均用时 25 分钟降至 9 分钟，合格率由原来的 57.5% 提升至 100%，说明降低了制作拉线的门槛，同时降低了劳动强度，制作钢绞拉线把的工序不再依赖员工的技能水平。

根据数据及制作过程统计表明，使用电杆拉线自动化辅助制作工具可达到以下效果：

1. 集成式电杆拉线自动化辅助制作工具由“人工制弯为主”转变为“人工操作，机械制弯、套入”模式，制作出的拉线把一次成型且标准统一，钢绞线与楔舌贴合度高，提高了拉线制弯、套入的效率。

2. 集成式电杆拉线自动化辅助制作工具可根据不同型号的钢绞线调整滑轮的间距，以楔舌水滴尾部弧度为准进行控制 U 形弯，可以使镀锌钢绞线与楔舌更为贴合，弯头间隙平均值从活动前的 3.6 mm 降低至 1.35 mm，有效提升了拉线制作质量。

3. 使用集成式电杆拉线自动化辅助制作工具可以避免拉线在制弯过程中操作不当造成回弹伤人的安全隐患，杜绝使用 U 型螺杆或铁器敲打，损伤线夹镀锌防腐层的违章行为，通过工具的压弹块，可以有效地防止制弯的过程中出现因回拉力产生的反弹情况。由于电动缸驱动行程杆的平稳性，有效提升线夹的安装质量。

8 结束语

电杆拉线自动化辅助制作工具由机械装置代替人工弯曲钢绞线及套入线夹的工作，解决人工弯曲难度大、工艺不达标、易受伤的问题。经过作业现场的使用，能够快速完成钢绞线的精准弯曲及装配套入线夹的工作，提高了作业效率，采用电动缸的行程杆往复直线与滑轮组合弯曲拉线，线夹、楔舌、钢绞线通过电动缸的行程杆推动，克服了传统拉线制作过程中因弯曲制作不当或力气小造成钢绞线回弹，造成作业员工受伤的安全问题，避免了使用 U 型螺杆或铁器敲打损伤线夹防腐层，确保了安装质量，具有良好的推广价值。

新工具不仅提高了拆装效率和操作便捷性，还显著改善了线路检修工作的安全性和可靠性。通过集成拉紧动力装置、运动杆、挂钩、楔形块等组件，实现了拉线的自动化折弯和穿线过程，摆脱了传统手工操作对人力和技术熟练度的高度依赖，显著降低了作业员工的劳动强度。

参考文献：

- [1] 周云林, 电力线路拉线的设计及安装研究 [J]. 风景名胜, 2021(01):42.
- [2] 马俭, 王祥祥, 卢华增, 输电线路拉线塔拉线装置腐蚀原因与处理 [J]. 红水河, 2021(06):84-87.
- [3] 陈石科, 廖志斌, 李毛根, 等. 电力线路拉线制作工艺技术提升 [J]. 电气技术与经济, 2022(04):62-64.
- [4] 丁大江, 何焱, 王培, 等. 电动缸试验过程梯形螺母咬死的解决方案 [J]. 液压气动与密封, 2023(02):52-54, 60.
- [5] 陶静, 栗昌鹏, 薛寒, 等. 基于伺服电机的 PE 管全自动热熔焊机控制系统研制 [J]. 焊接, 2024(06):9-16, 25.