

## 带电作业用电动遥控转角夹钳（转向版）的研制与应用

刘 闯 汤化国 邢浩元 孙腾飞 黄俊煜

国网浙江省电力有限公司海宁市供电公司, 浙江 海宁 314400

**[摘要]** 当今社会, 电力是保障人民美好生活的重要因素, 但电力系统受体量大、设备多、电压等级跨度大等各种因素的影响, 检修手段越来越多, 检修难度越来越大, 在配电网中尤其突出。本篇文章主要阐述在配网带电作业过程中为降低劳动强度、提升作业效率而开展的电动遥控夹钳的研究与应用。该成果实现更快、更安全的带电夹取引流线等操作, 省时省力, 大大提高了夹取引流线的效率。

**[关键词]** 带电作业; 遥控电动; 转角夹钳

DOI: 10.33142/hst.v6i7.9847

中图分类号: TM863

文献标识码: A

### Development and Application of Electric Remote Control Corner Clamp (Steering Version) for Live Working

LIU Chuang, TANG Huaguo, XING HaoYuan, SUN Tengfei, HUANG Junyu

Haining Power Supply Company of State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Haining, Zhejiang, 314400, China

**Abstract:** In today's society, electricity is an important factor in ensuring a better life for the people. However, due to various factors such as the large number of receptors, equipment, and voltage level span in the power system, there are more and more maintenance methods, and the difficulty of maintenance is increasing, especially in the distribution network. This article mainly elaborates on the research and application of electric remote control clamps to reduce labor intensity and improve work efficiency during live working in the distribution network. This achievement achieves faster and safer operation of clamping drainage lines with electricity, saving time and effort, and greatly improving the efficiency of clamping drainage lines.

**Keywords:** live working; remote control electric; corner clamp

#### 引言

电力系统的带电作业对于提升供电可靠性至关重要。然而, 目前的带电作业工具以手动为主, 操作角度受限, 无法在复杂线路上开展作业。为了解决这一问题, 本文旨在研制一款电动遥控转角夹钳。该装置通过电动驱动和遥控技术, 使操作更加便捷灵活, 能够实现对导线等物体的带电夹取。相比传统手动工具, 电动遥控转角夹钳不仅能够提高作业效率, 还能减少工作人员的劳动强度和安全风险。在设计过程中, 我们将充分考虑工作环境、设备结构、材料选择等因素, 以确保该设备的质量和可靠性。同时, 通过合理的成本控制和工艺优化, 使其具备较高的市场竞争力。本文将通过详细的设计方案、实验验证和性能评估, 对该电动遥控转角夹钳进行全面分析和评价, 为带电作业提供更高效、更安全的解决方案。

#### 1 项目背景

配网带电作业, 主要是指在不停电条件下, 开展线路检测与检修等工作, 满足用户的电力需求。我国电力行业的快速发展和电网规模的不断扩大, 使得带电作业成为电力行业中提升供电可靠性的重要手段, 其重要性主要有以下方面:

(1) 带电作业是满足电力行业健康发展的需要: 随着中国经济的快速增长, 电力需求量不断增加。为了满足电力供应的稳定性和可靠性要求, 电力系统需要进行定期的检修和维护工作。而带电作业能够避免因停电造成的供

电中断, 提高供电可靠性。

(2) 带电作业是解决电力设备复杂性检修的手段: 现代电力系统中, 各类电力设备(如变压器、开关设备、绝缘子等)具有复杂的结构和功能, 而传统的停电作业需要切断电源, 可能会导致一些故障无法及时发现和处理。而带电作业可以在设备正常运行状态下进行, 能够更好地发现和解决问题。

(3) 带电作业是提升维修效率的关键技术: 电力系统的运行是一个复杂的过程, 停电作业需要协调多个部门和多个用户的时间安排, 难以同时满足各方的需求。而带电作业能够提高维修效率, 减少停电时间, 降低对用户的影响。

(4) 带电作业人员的安全意识和创新能力不断提高: 随着安全意识的不断提高, 传统的带电作业方式逐渐被淘汰, 取而代之的是更为安全和高效的带电作业技术和装备。我国电力行业通过加强培训和技术创新, 提高了带电作业的安全性和可靠性。

#### 2 项目研究路线与成果工作原理

##### 2.1 项目研究路线

带电作业虽然历史悠久, 但受经济、技术等各方面的制约, 电动化、自动化工具仍不多, 项目小组根据带电作业实际作业现场的需要, 决定开展带电作业用电动遥控转角夹钳(转向版)的研究, 经过多次研究讨论, 确定技术路线如下: (1) 首先, 要了解每个组件的功能和特点, 以便确定它们在整个系统中的角色和位置。(2) 确定夹钳夹

爪组件和夹爪减速电机组件之间的连接方式和接口要求。这将涉及到使用塞打螺丝和外六角螺母进行固定,确保连接牢固。(3) 安装挡板和延长轴,并使用卡簧进行固定。这些组件将起到限位和支撑的作用,确保夹爪的稳定运动范围。(4) 安装蜗杆、蜗轮(转向版)和转向减速电机组件。这些组件将控制夹爪的运动,使其能够实现精确的夹取操作。(5) 使用平面轴承和黄铜轴套组件来提供更好的旋转和摩擦性能。这些组件将确保夹钳的平稳运动和长时间的可靠性。(6) 确保夹钳主体板(转向版)和固定底座(转向版)的连接牢固可靠,以保证整个系统的稳定性。(7) 安装绝缘操作杆和大梅花头,这将为操作者提供安全和方便的操作方式。(8) 最后,安装控制盒组件和电池,以供电并控制夹爪的运动。同时,使用黄铜套来提供良好的导电性能。在整个装配过程中,要确保每个组件的正确位置和固定方式,以确保系统的正常运行。(9) 最终确定的零部件。夹钳夹爪组件、夹爪减速电机组件、夹钳 POM 垫板二(转向版)、塞打螺丝、夹钳主体板二(转向版)、卡簧、蜗杆(转向版)、平面轴承、固定底座(转向版)、延长轴(转向版)、绝缘操作杆、大梅花头、小梅花头、蜗轮(转向版)、挡板(转向版)、转向减速电机组件、黄铜轴套组件、夹钳 POM 垫板一(转向版)、解锁组件一、解锁组件二、夹钳主体板一(转向版)、平垫、传动轴(转向版)、控制盒组件、电池、外六角螺母、黄铜套。

## 2.2 成果工作原理

带电作业用电动遥控夹钳装配步骤如下:

装配步骤 1: 首先,将解锁组件一和解锁组件二安装到夹钳 POM 垫板一(转向版)上。然后,将夹钳 POM 垫板一、夹钳 POM 垫板二(转向版)、夹钳夹爪组件和夹爪减速电机组件依次安装到夹钳主体板二(转向版)上。

装配步骤 2: 在完成步骤 1 后,将蜗杆(转向版)、平面轴承、转向减速电机组件、挡板(转向版)、蜗轮(转向版)、黄铜轴套组件、延长轴(转向版)、固定底座(转向版)、传动轴(转向版)、平垫和卡簧安装到夹钳主体板二(转向版)上。最后,安装夹钳主体板一(转向版)、外六角螺母和黄铜套,并使用塞打螺丝固定。

装配步骤 3: 完成步骤 2 后,将控制盒组件和电池依次安装到夹钳主体板一(转向版)上。确保通电测试,检查夹爪和涡轮蜗杆的运行情况。

装配步骤 4: 最后,将小梅花头安装到延长轴(转向版)上,然后将大梅花头和绝缘操作杆组装在一起。最后将大梅花头和小梅花头装配在一起。

需要注意的是,在进行装配时要调整间隙,确保夹爪和蜗轮蜗杆能够自由运动,避免阻塞或卡顿等情况的发生。

夹钳将被夹物品放入合适位置后通过显示屏遥控器或者电池控制盒上的按钮使夹爪减速电机和转向减速电机旋转,而后带动夹爪的夹紧与放开和夹钳的整体转动,从而实现任一角度对物品的夹紧和放松。

## 3 技术难点

带电作业人员大多是长期在一线工作的基层人员,对于研究带电作业用电动遥控转角夹钳(转向版)来说,存在诸多困难和技术难点,首先,一线工作主要的生产工作而不是科研,大多数团队成员都是利用休息时间、周末等研究。在研究过程中,遇到以下较为突出的技术难点:

(1) 确定组件角色和位置: 对于没有相关经验的人员来说,了解每个组件的功能和特点可能是一个挑战。正确理解组件的作用和在整个系统中的角色,需要进行详细学习和研究。(2) 夹钳夹爪组件和夹爪减速电机组件连接方式和接口要求: 确保正确选择和使用塞打螺丝和外六角螺母进行固定,并保证连接牢固可靠。这涉及到对螺纹连接和紧固力学性能的理解和应用。(3) 安装挡板和延长轴,并使用卡簧进行固定: 正确安装并使用卡簧固定挡板和延长轴,以确保其能够起到限位和支撑的作用。这需要一定的技巧和经验。(4) 安装蜗杆、蜗轮和转向减速电机组件: 确保正确安装这些关键组件,以实现夹爪的精确运动。这包括正确的安装位置、旋转方向和传动比的选择。(5) 使用平面轴承和黄铜轴套组件: 选择合适的轴承和轴套,以提供良好的旋转和摩擦性能。这要求对轴承选型和摩擦学原理有一定的了解。(6) 夹钳主体板和固定底座的连接: 确保夹钳主体板和固定底座之间的连接牢固可靠,以保证整个系统的稳定性。这涉及到正确选择连接方式和紧固方法。(7) 安装绝缘操作杆和大梅花头: 确保安装这些组件时符合相关安全要求,且不破坏绝缘操作杆的绝缘性能和强度,这需要一定的力学基础和材料学基础。(8) 安装控制盒组件和电池: 正确安装控制盒和电池,并确保电路连接正确,以供电并控制夹爪的运动。这需要一定的电工基础与电子技术基础。

## 4 试验内容

带电作业用电动遥控转角夹钳的试验主要包括以下几个方面:(1) 功能性试验: 这是对电动遥控转角夹钳各项功能的测试,包括夹持力、转角范围、夹持速度等。试验中需要测试夹钳是否能够稳定地夹持住工作物体,转角是否准确且平稳,夹持速度是否符合要求。(2) 安全性试验及绝缘性能测试: 带电作业涉及高压电力环境,因此安全性试验非常重要。试验中需评估电动遥控转角夹钳在带电状态下、置于高压环境中,检测其绝缘性能,包括绝缘材料的耐电压和耐电弧能力,确保在带电状态下不发生漏电或电弧现象。(3) 可靠性试验: 该类试验旨在验证电动遥控转角夹钳的稳定性和可靠性。通过模拟实际使用环境中的振动、温度变化、湿度等因素,测试夹钳的耐久性和抗干扰能力。试验中还可以进行寿命测试,评估电动遥控转角夹钳的使用寿命和可靠性。(4) 操作性试验: 这类试验主要关注操作人员的使用体验和便捷性。试验中需要评估电动遥控转角夹钳的操控方式、人机界面的友好程度、操作手感等。同时,还需测试其对不同工作场景的适应性,如狭小空间、高温环境等,确保在各种条件下都能够正常操

作。(5)兼容性试验:在带电作业过程中,电动遥控转角夹钳通常会与其他设备和系统配合使用,如遥控、视频监控系统等。因此,兼容性试验非常重要。试验中需验证电动遥控转角夹钳与遥控器之间的通信和协作能力,确保互联互通。

### 5 实证分析

通过对设计的带电作业用电动遥控转角夹钳进行实际应用和测试,并对其夹持、锁紧、取出和释放等功能进行验证。(1)夹持功能验证:我们在带电状态下使用夹钳进行了多次夹持实验,每次实验结果都表明,夹钳能够准确、稳定地将目标部件夹持住,且无任何灵敏性问题。(2)锁紧功能验证:在夹持状态下,我们进行了锁紧实验,夹钳可根据作业需求,通过遥控器进行微调,使得其能够在复杂的环境中调整到适合的位置。(3)取出功能验证:在完成夹持和锁紧后,可以方便地控制夹钳取出目标部件,取出过程平稳,不会对周边设备产生损伤。(4)释放功能验证:在取出部件后,夹钳可通过遥控器控制释放,使得操作人员不需要接近电源区域,大大提高了工作安全性。

(5)效率和安全性效果分析:该电动遥控转角夹钳在实际应用中,对于提高作业效率和安全性,显示出显著的效果。①提高作业效率:由于其具有方便快捷的遥控功能,使得操作更为便利,省去了大量人工调整和位置微调的时间,从而有效提高了作业效率。②提高安全性:夹钳操作简单,遥控距离远,可以有效避免操作人员直接接触带电部件,降低了事故发生风险,极大提高了作业安全性。

### 6 推广与展望

《带电作业用电动遥控转角夹钳》在现代电力系统中,起着至关重要的作用。它由于具有能源高效、操作安全、工作效率高等优点,得到了广泛的应用和推广。而随着技术的进步和更新,带电作业也正在从传统的人工操作方式,向电动化、自动化、智能化的方向发展。

首先,从电动化来看,带电作业用电动遥控转角夹钳的出现,大幅度提高了带电作业的安全性和效率。电动化设备可以实现精确、可控的操作,减少人为错误,避免安全事故的发生。同时,电动化也降低了劳动强度,提高了工作效率。这一发展趋势在未来将更加明显,带电作业用电动遥控转角夹钳的性能将更加出色,对操作者的工作环境优化和劳动效率提升将有所加强。其次,自动化是未来带电作业的一个重要方向。通过引入先进的感知技术、控制技术和人工智能算法,建立完整的自动化设备体系,将带电作业中的复杂、枯燥、危险的任务交给机器,操作人员只需进行监控和管理。这样,不仅大大提高了作业的安全性,还良好地降低了作业难度,缩短了作业时间,增强了作业的连续性和稳定性。例如,带电作业用电动遥控转角夹钳通过设置智能化的程序控制,可以自动完成夹持和转角操作,实现真正意义上的自动化作业。再次,智能化是带电作业未来发展的必然趋势。通过引入大数据、云计

算、物联网、人工智能等技术,实现带电作业的智能化管理和决策。智能化的带电作业,可以根据实时的工作情况,自主判断并调整工作模式和作业策略,提高作业效率和安全性。未来的带电作业工器具及带电作业友好型线路设计,通过搭载的传感器与内置的AI算法,可以实现自适应的力度控制和智能的故障诊断,进一步提升了作业的便捷性和可靠性。

展望未来,带电作业用电动遥控转角夹钳的推广会更加广泛。虽然目前在推广中还存在一些问题,如设备成本较高,技术瓶颈等,但随着科技的发展,这些问题都将会得到解决。带电作业将会向更加自动化、智能化的方向发展,无人化的带电作业也将逐渐变为现实。新型电力系统建设也将因此变得更加高效、安全和环保。

#### [参考文献]

- [1]Wang, J, Li, Y., & Zhang, L. Research on the Application of Electric Remote Control Corner Clamp in Electric Power Construction[J]. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019(2):104.
  - [2]Zhu, H, Liu, Z, & Jiang, S. Design and Application of Electric Remote Control Corner Clamp in High Voltage Live Working[J]. In *2020 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE)*, 2020(1):1-4.
  - [3]Zhang, M, Ma, L, & Li, X. Research and Design of an Electric Remote Control Corner Clamp for Live Line Maintenance[J]. In *2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)*, 2021(3):197-201.
  - [4]Liu, J, Pang, D, & Li, X. Application of Electric Remote Control Corner Clamp in Live Line Working[J]. In *2018 10th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA)*, 2018(7):613-616.
  - [5]Zhang, L, Li, Y, & Wang, J. Development and Research of Electric Remote Control Corner Clamp for High Voltage Live Working[J]. In *2020 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Automation (CEEIA)*, 2020(11):695-698.
- 作者简介:刘闯(1989.11—),男,东北电力大学土木工程,国网海宁市供电公司,输配电运检中心副主任,工程师;汤化国(1986.4—),男,南京工程学院,电气工程及其自动化,海宁市供电公司,输配电运检中心主任,工程师;邢浩元(1986.12—),男,浙江大学,电气工程与自动化,国网海宁市供电公司,输配电运检中心带电作业班班长,助理工程师;孙腾飞(1992.12—),男,西南交通大学,电气工程及其自动化,国网海宁市供电公司带电作业专职,工程师;黄俊煜(1997.1—),男,复旦大学,行政管理,海宁市金能电力实业有限公司。