

科研成果

10KV 带电作业中带电更换设备的技术挑战与解决方法

陈浩 叶扬帆

(丽水正好电力实业集团有限公司 浙江省丽水市 323000)

摘要: 电网作为现代社会赖以生存的重要基础设施,其稳定供电的可靠性至关重要。在电网运维和升级过程中,10KV 带电作业因其关键性和危险性而备受关注。在高压带电环境下顺利完成设备更换作业,不仅要确保作业人员的人身安全,还需要避免对电网运行的干扰,这无疑是一项技术性很强的挑战。本文将通过探讨 10KV 带电作业中带电更换设备的主要技术难点,以及有效解决措施,进一步提高电网设备维护的安全性和可靠性做出贡献,同时为电力行业的可持续发展提供有益参考。

关键词: 电网维护; 带电作业; 设备更换

前言

10KV 带电作业作为电网维护和升级的重要组成部分,其技术难度和安全要求可谓较高。最主要的挑战在于如何在高压带电的情况下安全有效地完成设备更换作业。一方面,必须考虑作业人员的防护措施,确保他们的人身安全;另一方面,还需要确保在带电操作过程中不会造成供电中断或设备损坏,这对于电网的正常运行至关重要。解决这一难题的关键在于先进的带电作业技术。比如采用绝缘工艺和遥控操作等措施,能够大幅降低作业人员的接触风险。同时,配合智能监控系统和紧急预案,还能提高整个作业的安全性和操作效率。另外,完善的培训和认证制度也是保障带电作业安全的重要环节。

1. 现存解决方法。

在 10KV 带电作业中,作业人员必须穿戴绝缘防护服、手套等专业防护装备,并要接受系统的安全培训,掌握各种应急处理技能。同时,还要采取隔离带电部位、设置警示标志等手段,最大限度降低人员触电风险。近年来,一些电力企业已经开始采用远程遥控操作技术,将作业人员置于安全距离之外,大幅减少了人员直接接触带电设备的情况。;此外,一些新型绝缘材料的应用也大大提高了作业的安全性,如使用硅橡胶绝缘子代替传统瓷瓶绝缘子等。在 10KV 带电作业过程中,配备实时监测和预警功能的监控系统显得尤为重要。这些系统能够随时监控作业现场的各项关键参数,一旦发现异常情况立即发出预警,为应急处置争取宝贵时间;这些监控数据也为后续事故分析提供了有力支撑。最后是完善

的应急预案。尽管各项防护措施做得再周密,但在高压带电作业中始终存在一定的安全隐患。因此,电力企业必须制定详细的应急响应计划,明确各类事故情况下的处置流程和措施。定期开展演练训练,确保一旦发生紧急情况能够快速高效地组织救援,将损失降到最低。

2. 作业人员的安全保护

2.1 作业人员的安全培训与技能提升

作业人员的专业技能水平是确保 10KV 带电作业安全的首要前提。在高压带电环境下进行设备维护和更换操作,对作业人员的专业素质和安全意识要求极高。因此,电力企业必须建立健全的安全培训体系,确保所有参与带电作业的人员都能掌握必备的专业知识和操作技能;技术挑战在于,如何通过培训使作业人员真正意识到高压带电作业的巨大风险,并养成良好的安全习惯。单一的理论培训往往难以达到预期效果,需要以实操演练为主,让作业人员在模拟环境中亲身体验各种安全隐患及应对措施,从而形成牢固的安全意识;同时,还要定期组织回顾总结,及时发现问题并进行针对性培训,使安全技能始终保持在最佳状态。

2.2 个人防护装备的选用与管理

在 10KV 带电作业中,个人防护装备(PPE)的正确使用是确保作业人员安全的关键所在。电力企业必须为作业人员配备符合国家标准各类绝缘防护服、手套、绝缘鞋靴等 PPE 装备,并对其使用情况进行严格管理。技术挑战在于,如何确保 PPE 始终保持良好的绝缘性能和使用状态。PPE 在长期使用过程中容易受到磨损、老化等因素的影响,绝缘性能会逐步降低,一旦在高压带

电作业中失效将会造成严重后果。因此，电力企业必须建立完善的 PPE 管理制度，定期检查、维护、更换设备，确保其始终处于安全可靠的状态。同时，还要加强对作业人员使用 PPE 的监督和考核，确保其真正做到规范操作，切实发挥防护作用。

2.3 作业现场的隔离与警示

在 10KV 带电作业现场，除了要求作业人员配备合格的 PPE 装备外，还需要采取隔离带电部位、设置醒目警示标志等措施，切实营造一个安全可靠的作业环境。技术挑战在于，如何既能有效隔离带电设备，又不会影响作业人员的正常活动。简单的隔离措施可能会对作业活动造成不便，甚至产生新的安全隐患。因此，电力企业需要在充分评估现场条件的基础上，采用可移动、可调节的隔离装置，既能牢固隔离带电部位，又不会影响作业人员的活动半径。同时，还要在作业现场的显著位置设置电压等级标识、危险警示牌等，提醒作业人员时刻保持高度警惕，切实增强安全防范意识。

3. 智能化监控系统

实时监测和分析作业现场的各项关键参数，是确保作业安全的关键所在。除了常规的电流、电压、温度等参数外，还需要监测绝缘电阻、接地电阻等更加专业的指标，才能全面掌握作业现场的安全状况。这就要求监控系统具备强大的感知能力和数据采集功能。在高压带电环境下，各类测量指标极易受到电磁干扰、温度变化等因素的影响而产生误差或失真。监控系统必须具备优异的抗干扰能力，确保各项参数的监测数据准确无误。作业安全事故具有极强的时效性，一旦发生异常必须立即做出预警和应急处置。因此，监控系统的实时监测和预警功能必须高度可靠，绝不能出现延迟或失灵。

为了克服上述技术挑战，电力企业需要配备具备智能分析和预警功能的高性能监控系统。这种系统不仅能够全面采集作业现场的各项关键参数，还能基于大数据分析算法对这些数据进行智能化处理，及时发现异常情况并发出预警。系统应采用先进的传感技术，能够稳定、准确地采集电流、电压、温度、绝缘电阻等各类参数数据，为后续的分析处理提供可靠的基础。基于海量历史数据的机器学习算法，系统能够自动识别各项参数的正常波动范围，一旦发现超出阈值的异常情况，立即触发声光报警，为现场作业人员争取处置时间。监控系统应具备远程监控功能，可以将采集的实时数据传输到集中

控制中心，由专业人员进行实时监控和分析。同时还要与现场应急设备实现联动，在发出预警后能够自动启动相关保护措施。

要想发挥智能监控系统的全部功能，离不开电力企业在安全管理体系、运维制度等方面的配套建设。首先，企业要健全安全管理制度，明确监控系统在安全防控中的地位和作用，要求所有参与 10KV 带电作业的人员严格遵守监控预警措施，确保现场指挥调度与系统预警信息的及时响应和处置；要建立完善的监控系统运维机制，包括定期检查维护、软硬件升级、数据备份等措施，确保系统始终保持高度的稳定性和可靠性；同时，还要加强对作业人员的培训，提高他们对监控系统功能和使用方法的熟悉程度，进一步增强安全防范意识；要加强监控系统数据的分析应用，根据历史监测数据挖掘作业隐患，不断优化预警阈值和应急措施，提升整个安全管控水平。只有这样，才能最大限度降低 10KV 带电作业的人身伤害风险，为电网安全运行保驾护航。

4. 带电作业技术

在高压带电状态下进行设备更换操作，是一项极具挑战性的工作。作业人员必须具备丰富的专业知识和熟练的操作技能，任何一个失误都可能造成严重的后果。首先，高压电流会对作业人员构成巨大安全隐患，一旦触电后果不堪设想。其次，在狭小的工作空间内高空作业，也给作业人员的人身安全带来巨大压力。再者，如果在不当的操作下，还可能会导致设备损坏，影响整个电力系统的正常运行。可以说，这项作业对参与人员的专业素质要求非常高。

为了确保作业人员的人身安全，电力行业已经开发出一系列先进的带电作业技术。其中最为关键的是远程遥控操作技术。通过将作业机械臂等关键设备与控制中心进行远程连接，作业人员无需直接接触带电设备，就能在安全距离外完成各项操作。这不仅大幅降低了触电风险，也为作业人员创造了更加舒适的作业环境。与此同时，电力企业还广泛应用新型绝缘材料，如硅橡胶绝缘子等，进一步提高了作业安全性。这些绝缘材料不仅绝缘性能出色，而且抗老化、耐腐蚀，能够有效防止电击事故的发生。

除此之外，作业机械臂采用多关节设计，能够灵活进入狭小的作业空间，提高了作业的精准度；配备有先进的感应设备，能够实时监测作业环境，为作业人员提

供可靠的安全保障；再者，操作界面采用人机交互设计，直观简洁，大大降低了作业人员的操作难度。总的来说，先进的带电作业技术不仅保障了作业人员的生命安全，也提高了电力系统的运行效率，在电力行业发挥着不可替代的作用。

5. 应急预案

在电力行业，制定周密的应急预案对确保作业安全至关重要，它能够最大限度地减少因事故而造成的损失。即便采取再完善的防护措施，在 10KV 带电作业中仍存在一定的安全隐患，一旦发生事故后果严重。首先，高压电流具有极强的破坏性，一旦发生触电事故，伤害将是毁灭性的，可能导致人员伤亡；带电作业通常需要在狭小的空间内进行，一旦发生火灾或爆炸等事故，现场救援工作将变得异常困难；一旦出现设备损坏或线路故障等事故，还可能导致整个电力系统瘫痪，造成大范围停电，给当地居民和企业的生产生活带来严重影响。可以说，即便采取了再完善的安全防护措施，在高压带电作业中始终存在着难以完全消除的安全隐患。

为最大限度地降低事故发生后的损失，电力企业必须制定详细周密的应急预案。首先，需要建立健全的应急响应机制，明确各类事故情况下的具体处置流程和措施。无论是人员伤亡、设备故障还是线路故障，都要制定相应的应急预案，为现场救援人员提供清晰的作业指引；要配备足够数量的应急救援力量，包括专业的医疗救护人员、维修技术人员以及消防人员等，并确保他们随时待命；还需要提前储备好所需的各类应急装备和物资，以便在事故发生后迅速投入救援；除此之外，电力企业还需要定期组织应急演练培训，确保一旦发生紧急事故，各部门和人员能够快速反应、协同配合，将损失降到最低。演练内容不仅要涵盖事故处置流程，还要包括现场急救、灾后重建等环节，确保应急预案切实可行。同时，企业还要不断总结评估演练情况，及时完善应急预案，确保其始终与实际情况相适应。

6. 完善安全操作标准

电力企业应当制定更加严格的安全操作规程，从作业准备、现场作业、事故处理等各个环节进行标准化管理。首先，在作业准备阶段，企业需要明确安全检查和风险评估的具体要求。作业人员必须在正式开始作业前，仔细检查作业环境是否存在任何安全隐患，如断路器、绝缘装置是否完好，现场是否存在易燃易爆物品等；同

时，还要对可能出现的各类事故风险进行全面评估，并制定相应的应急预案。在现场作业阶段，企业需要对安全距离、作业步骤、停电或送电程序等进行标准化规范。安全距离是保证作业人员安全的关键因素，企业必须根据作业电压等具体情况，明确规定各类设备和导线之间的最小安全距离；作业步骤方面，则需要细化每一个操作环节的标准动作，以确保整个作业流程的严格规范性。停电或送电时的程序也要严格遵循，确保在开关断电或合闸送电时不会造成意外触电；在事故处理环节，企业应当细化应急救援的标准流程和责任分工。一旦发生触电或其他安全事故，现场应急人员必须能够根据预先制定的标准流程，快速启动应急救援，及时转移伤员、隔离现场、切断电源等。同时，还要明确各岗位人员在事故处置中的具体职责，确保各方能够密切配合，有序开展应急处理。

结语

10KV 带电作业中带电更换设备涉及的技术挑战是多方面的，需要从作业人员防护、操作技术、监控系统等方面综合施策。只有不断完善带电作业的各项防护措施，切实将安全隐患降到最低，电网运维和升级工作才能真正称得上安全高效。电力行业应继续加大相关技术研发和标准建设的投入，为电网设备更新维护保驾护航，为社会提供稳定可靠的电力供给。

参考文献：

- [1]探究特高压线路工程物资供应计划的科学管理. 宋涛；李丹；路宁.中国新通信,2021(14)
- [2]特高压线路跨越长江施工技术.赵永锋.中国科技投资,2021(24)
- [3]10kV 配电线路带电作业导线遮蔽罩温升特性分析[J].黎鹏；黄银；苏慧芳；方蓓贝；李慧慧；吴田；普子恒.水电能源科学,2021(04)
- [4]10kV 配电网地电位带电拆搭引线遮蔽用具及操作工具的应用[J].张捷华；陈晓青；李慧峰；李明浩；周兴.电工技术,2020(12)
- [5]硬质绝缘遮蔽罩的研发与应用[J].张卫东；李涛；孙玉诚；严月玲；王有德；马洪林；薛顺海；王成亮；陈占奎；赵剑波.科技创新导报,2019(10)
- [6]基于 ISSA-BPNN 算法的配电线路绝缘跳线夹过热感知方法[J].王南极；吴田；江全才；徐勇；梁加凯；蔡豪.南方电网技术,2023(12)