

配电带电作业相关技术及发展探析

胡 通

浙江大有实业有限公司带电作业分公司 浙江 杭州 310000

摘 要：本文深入探讨了配电带电作业技术，作为现代配电网维护的关键手段，其在提高供电可靠性和减少停电时间方面具有显著优势。文章概述了配电带电作业的定义、分类及要求，分析了绝缘工具、直升机应用、智能化技术及带电水冲洗等关键技术。同时，强调了特高压线路带电作业技术研发、新型绝缘材料与防护器具开发以及智能化技术应用的趋势。提出了加强技术管理、提升人员技能、优化装备配置及推动技术创新等策略，为配电带电作业技术发展提供参考。

关键词：配电带电作业；相关技术；发展策略

1 配电带电作业技术基础

1.1 配电带电作业的定义及分类

配电带电作业，是指在配电系统不停电的状态下，对高压电气设备进行检修、测试、更换部件或进行其他相关作业的过程。这种作业方式在提高供电可靠性、减少停电时间、保障用户用电需求等方面具有显著优势，是现代配电网维护管理的重要技术手段。配电带电作业可以根据作业人员的电位状态进行分类，主要包括地电位作业、中间电位作业和等电位作业三种类型。地电位作业是指作业人员处于地电位（或零电位），通过绝缘工具对带电体进行作业。这种方式下，作业人员与带电体之间保持一定的安全距离，利用绝缘工具的绝缘性能来保障安全。中间电位作业则是指作业人员处于地电位与带电体电位之间的某一电位上，通过绝缘工具或绝缘服装进行作业；这种方式下，作业人员需要穿戴专门的绝缘装备，以确保其在作业过程中不会接触到高电位区域。等电位作业则是指作业人员处于与带电体相同的电位上，直接对带电体进行作业。这种方式下，作业人员需要穿戴等电位服装，并通过专门的绝缘通道进入作业区域，以实现与带电体的等电位连接。

1.2 配电带电作业的基本条件与要求

配电带电作业的实施需要满足一系列基本条件与要求，以确保作业安全、高效进行。首先，配电带电作业必须确保作业人员的人身安全。这要求作业人员必须经过专业培训，掌握带电作业的基本技能和安全知识，并具备相应的资格证书。同时，作业人员还需要穿戴专门的防护装备，如绝缘手套、绝缘鞋、绝缘服等，以提供必要的绝缘保护。在作业过程中，作业人员需要严格遵守安全操作规程，确保不接触或靠近高压带电体，并保持安全距离。其次，配电带电作业需要确保作业设备

的安全可靠。作业前，必须对所使用的绝缘工具、测试仪器等设备进行检查和维护，确保其处于良好的工作状态。同时，还需要对作业区域进行清理和隔离，防止杂物干扰作业或造成安全隐患；在作业过程中，作业人员需要密切关注设备的工作状态，及时发现并处理异常情况；配电带电作业还需要考虑环境因素的影响。例如，在恶劣天气条件下（如大风、暴雨、雷电等），应暂停带电作业，以确保作业人员和设备的安全^[1]。在作业过程中，还需要根据现场实际情况，采取适当的措施来应对环境变化带来的挑战。

2 配电带电作业的关键技术

2.1 绝缘工具与防护用具的应用

绝缘工具与防护用具的应用是实现这一目标的关键。绝缘工具，如绝缘棒、绝缘钳、绝缘剪等，具有高强度、高绝缘性能的特点，能够在带电作业中有效隔离高压电场，保护作业人员免受电击伤害。同时，这些工具设计合理，便于操作，能够满足不同类型作业的需求。防护用具，如绝缘手套、绝缘鞋、绝缘服、绝缘头盔等，为作业人员提供了全方位的保护。这些用具采用特殊材料制成，具有良好的电气绝缘性和机械强度，能够有效抵御高压电场和机械冲击，确保作业人员在带电作业中的安全。

2.2 直升机在配电带电作业中的应用

直升机在配电带电作业中的应用是一种高效、灵活的作业方式。直升机搭载作业人员和设备，能够快速到达作业现场，不受地形限制。在作业过程中，直升机可以通过悬停或缓慢飞行的方式，为作业人员提供稳定的作业平台。这使得作业人员能够在不中断供电的情况下，对高压线路和设备进行检修、更换或维护。直升机带电作业不仅提高了作业效率，还降低了作业风险，是

现代配电网维护管理的重要手段之一。同时,直升机还可以搭载先进的检测设备和仪器,对配电线路进行实时监测和诊断,为带电作业提供更加精准的数据支持。

2.3 智能化带电作业技术

随着智能化技术的不断发展,智能化带电作业技术逐渐成为配电带电作业的新趋势。智能化带电作业技术利用机器人、无人机、人工智能等技术手段,实现了对带电作业的自动化、智能化控制。机器人可以代替人工进行复杂、危险的带电作业,如高压线路巡检、设备更换等。无人机则可以在空中进行带电作业,如线路巡检、故障定位等。人工智能技术的应用,使得带电作业过程更加智能、高效。通过大数据分析、机器学习等技术手段,可以对带电作业过程进行实时监测、预警和决策支持,提高作业的安全性和可靠性^[2]。

2.4 带电水冲洗技术

带电水冲洗技术是一种用于清洁高压电气设备表面的污秽和绝缘子表面附着物的有效方法。在配电带电作业中,带电水冲洗技术可以实现对高压线路和设备的不停电清洗。该技术采用高压水枪或水雾喷头,将清洁水以一定的压力和流量喷射到设备表面,通过水流的冲刷作用去除污秽和附着物。同时,由于水是良好的绝缘体,因此带电水冲洗不会对高压线路和设备造成电击伤害。带电水冲洗技术具有清洁效果好、作业效率高、对设备无损伤等优点,在配电带电作业中得到了广泛应用。

3 配电带电作业技术的发展趋势

3.1 特高压、超高压配电线路带电作业技术的研发

随着电力工业的飞速发展,特高压、超高压电网的建设和运行已成为国家能源战略的重要组成部分。然而,特高压、超高压电网的运行维护也面临着前所未有的挑战,特别是在保证供电可靠性和减少停电损失方面,配电带电作业技术的重要性愈发凸显;在特高压、超高压配电线路带电作业技术研发方面,国内外电力企业都在积极探索和创新。一方面,需要解决高电压等级下作业人员的安全防护问题,这涉及到绝缘材料、防护器具、作业方法等多个层面。例如,研发能够承受更高电压等级的绝缘服装、手套、头盔等防护用具,确保作业人员在带电作业过程中的安全。另一方面,针对特高压、超高压线路的特殊结构,研发适用于此类线路的带电作业工器具和作业平台,如绝缘斗臂车、带电检修机器人等,以提高作业效率和安全性;在技术研发过程中,还需要深入研究高电压等级下线路和设备的电气特性,以及带电作业对电网稳定运行的影响。通过理论计算、模拟实验和现场实践相结合的方法,不断优化带电

作业技术和工艺,确保作业过程对电网的干扰降到最低。随着新材料、新工艺的不断涌现,特高压、超高压配电线路带电作业技术也需要不断革新和升级,以适应电网发展的新需求。

3.2 新型绝缘材料与防护器具的开发

随着科技的进步和材料科学的发展,新型绝缘材料和防护器具的开发和应用已成为带电作业技术发展的重要趋势。新型绝缘材料具有更高的绝缘性能和机械强度,能够承受更高的电压等级和更复杂的作业环境。这些材料不仅提高了作业人员的安全防护水平,还降低了带电作业过程中的能耗和损耗。例如,纳米复合绝缘材料、陶瓷纤维绝缘材料等新型绝缘材料的应用,使得带电作业工具更加轻便、耐用、安全;在防护器具方面,新型防护服装、手套、头盔等的设计更加注重人体工程学和舒适性,提高了作业人员的作业效率和舒适度。同时,这些防护器具还采用了先进的智能监测技术,能够实时监测作业人员的生命体征和环境参数,为作业安全提供全方位保障^[3]。随着材料科学和智能技术的不断发展,新型绝缘材料和防护器具的开发和应用将更加广泛和深入。例如,利用智能材料和传感技术开发的自适应绝缘服装和防护器具,能够根据作业环境的变化自动调节绝缘性能和防护等级,为作业人员提供更加精准和全面的保护。

3.3 智能化、自动化带电作业技术的广泛应用

通过引入机器人、无人机、人工智能等先进技术,带电作业过程可以实现远程监控、精准定位、自动操作等功能,极大地提高了作业效率和安全性。智能化带电作业技术的发展主要体现在两个方面:一是作业过程的智能化控制,二是作业设备的智能化升级。在作业过程智能化控制方面,通过引入人工智能算法和大数据技术,可以对带电作业过程进行实时监测、分析和预警,及时发现潜在的安全隐患,为作业人员提供精准的操作指导。例如,利用机器视觉技术开发的智能巡检系统,可以自动识别线路和设备的缺陷和故障,为带电作业提供准确的目标定位。同时,通过引入自动化控制技术,可以实现带电作业的远程操控和自动执行,减少人员直接接触高压电场的风险。在作业设备智能化升级方面,机器人和无人机等智能化设备的广泛应用为带电作业带来了革命性的变化。机器人可以代替人工进行复杂、危险的带电作业任务,如高压线路巡检、设备更换等。它们具有高精度、高稳定性、高适应性等特点,能够在复杂环境中自主导航、识别目标、执行操作。无人机则可以在空中进行带电作业,如线路巡检、故障定位、紧急抢修

等。它们具有机动性强、覆盖范围广、作业效率高等优势,能够快速响应电网故障,减少停电时间和损失。

4 提升配电带电作业技术水平的策略与建议

4.1 加强专业技术管理

提升配电带电作业技术水平,首先需要加强专业技术管理,电力企业应制定详细的带电作业操作规程和安全管理制 度,明确作业流程、安全措施、应急处理等关键环节,为作业人员提供清晰的操作指南。同时,加强作业过程中的质量监督和安全监管,定期对带电作业项目进行检查和评估,及时发现和纠正问题,确保作业质量和安全。为了加强专业技术管理,还需要建立专业化的带电作业技术团队,负责技术标准的制定、作业方法的研发、新技术的应用等工作。团队成员应具备丰富的带电作业经验和深厚的技术功底,能够持续跟踪国内外带电作业技术的发展动态,不断引入新技术、新材料和新设备,推动带电作业技术的不断创新和升级。

4.2 提升作业人员技能水平

作业人员的技能水平直接影响到带电作业的质量和安 全,提升作业人员的技能水平是提升配电带电作业技术水平的关键环节。电力企业应加强对作业人员的培训和教育,定期组织技能培训和安 全培训,提高作业人员的专业知识和技能水平。培训内容应包括带电作业的基本原理、操作规程、安全防护、应急处理等方面,确保作业人员能够熟练掌握各项带电作业技能。同时,鼓励作业人员参加各类技能竞赛和交流活动,通过实践锻炼和交 流学习,不断提升自身的技能水平和综合素质。建立作业人员技能考核机制,将技能水平与绩效考核挂钩,激励作业人员积极学习新知识、新技能,提高作业效率和质量。

4.3 优化装备配置与作业环境

电力企业应根据带电作业的实际需求,合理配置各类带电作业装备,如绝缘斗臂车、带电检修机器人、智能巡检系统等。这些装备应具有高性能、高可靠性、高适应性等特点,能够满足不同类型带电作业的需求。加强对作业环境的改善和管理,确保作业现场安全、整洁、有序。例如,合理设置作业区域和警示标识,防止非作业人员进入作业区域;加强作业现场的通风和照

明,提高作业环境的舒适性和安全性^[4]。定期对作业装备进行检 查和维护,确保其处于良好的工作状态,避免因装备故障导致的作业事故。

4.4 推动技术创新与应用创新

技术创新和应用创新是推动配电带电作业技术发展的重要动力。电力企业应加大技术创新投入,鼓励科研人员开展带电作业关键技术和装备的研发,如新型绝缘材料、智能防护器具、远程监控技术等。通过技术创新,不断提高带电作业的安全性和效率。同时,推动应用创新,将新技术、新材料和新设备广泛应用于带电作业实践中。例如,利用无人机进行线路巡检和故障定位,利用机器人进行复杂带电作业任务的执行等;通过应用创新,不断拓展带电作业的应用领域和场景,提高带电作业的智能化和自动化水平。加强与高校、科研院所等机构的合作与交流,共同推动带电作业技术的研发和应用;通过产学研用合作,形成技术创新和应用创新的良性循环,为配电带电作业技术的持续发展提供源源不断的动力。

结束语

随着科技的进步和材料科学的发展,配电带电作业技术将不断迎来新的突破和创新。电力企业应紧跟时代步伐,加强技术研发和应用创新,不断提升作业人员的技能水平和装备配置水平,以确保配电带电作业的安全、高效进行。同时,加强与高校、科研院所的合作与交流,形成产学研用紧密结合的创新体系,为配电带电作业技术的持续发展注入新的活力。未来,配电带电作业技术将在保障国家能源安全、促进经济社会发展方面发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]王武双,李杰,陈效等.配电带电作业和停电检修配合的研究与应用[J].电工技术,2021,{4}(03):69-72+76.
- [2]方崇志.输配电线路带电作业技术[J].黑龙江科学,2020,11(24):122-123.
- [3]赵东明,李华,闫国宏等.带电检测技术在配电线路设备运检中的应用[J].电工技术,2020,{4}(03):116-118.
- [4]刘东庭,鲁林军,刘聪汉等.配电带电作业绝缘遮蔽工具的设计和应用[J].电网与清洁能源,2020,36(01):36-40+45.