

高压输电线路带电作业风险与优化方法研究

靳 杨

中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 云南 昆明 650200

摘 要: 本文聚焦于高压输电线路带电作业,深入剖析其面临的风险类型,涵盖电气风险、机械风险以及环境风险等多个方面。通过对大量实际作业案例与相关数据的分析,详细阐述了各类风险产生的原因及可能造成的严重后果。同时,针对性地提出一系列优化方法,包括作业人员培训与技能提升、安全防护装备的改进与创新、作业流程的优化以及智能化技术的应用等。旨在为高压输电线路带电作业提供更科学、有效的安全保障,降低作业风险,提高作业效率与质量,推动电力行业带电作业技术的持续发展。

关键词: 高压输电线路; 带电作业; 风险分析; 优化方法

1 引言

随着社会经济的快速发展,电力需求持续增长,对电网供电可靠性的要求也日益提高。高压输电线路作为电力传输的重要通道,其稳定运行直接关系到整个电力系统的安全与可靠。传统的停电检修方式不仅会造成大面积停电,给社会生产生活带来诸多不便,还会导致巨大的经济损失。因此,高压输电线路带电作业技术应运而生,并得到了广泛应用。带电作业能够在不中断电力供应的情况下对输电线路进行检修、维护和改造,有效提高了供电可靠性,减少了停电时间和次数。然而,高压输电线路带电作业具有高风险性,作业人员在强电场、高电压的环境中工作,面临着电气伤害、机械损伤以及恶劣环境影响等诸多危险。一旦发生事故,不仅会危及作业人员的生命安全,还可能对电网设备造成严重损坏,影响电力系统的正常运行。因此,深入研究高压输电线路带电作业的风险,并探索有效的优化方法,具有重要的现实意义。

2 高压输电线路带电作业风险分析

2.1 电气风险

2.1.1 电击伤害

在高压输电线路带电作业中,电击是最为严重的电气风险之一。作业人员在与带电体接触或接近带电体时,电流可能通过人体,造成电击伤害。导致电击伤害的原因主要有以下几个方面:一是作业人员与带电体的安全距离不足,当作业人员进入危险距离范围内时,空气间隙可能被击穿,形成放电通道,使电流通过人体;二是绝缘工具失效,绝缘工具在长期使用过程中,可能会因受潮、老化、磨损等原因导致绝缘性能下降,无法有效隔离电流,从而使作业人员触电;三是误操作,作业人员在操作过程中,可能会因疏忽或错误操作,使身

体接触到带电部位,引发触电事故。

2.1.2 静电感应电击

高压输电线路周围存在强电场,当作业人员进入电场区域时,人体会感应出电荷。如果作业人员此时接触接地物体或与其他人员接触,感应电荷会迅速释放,形成静电感应电击。静电感应电击虽然一般不会对人体造成致命伤害,但会使作业人员产生恐惧心理,影响作业的正常进行,甚至可能导致作业人员从高处坠落等二次事故。

2.1.3 电磁感应风险

在交流输电线路中,电流的变化会在周围空间产生交变磁场。当作业人员携带金属工具或设备在带电线路附近作业时,金属物体中会感应出电动势,如果作业人员接触到这些金属物体,可能会受到电击^[1]。此外,电磁感应还可能对作业人员身上的电子设备产生干扰,影响设备的正常运行,甚至导致设备损坏。

2.2 机械风险

2.2.1 高空坠落

高压输电线路带电作业大多在高空进行,作业人员需要攀爬杆塔、坐在绝缘子串上或悬挂在导线上进行操作。在这个过程中,如果安全带、安全绳等防护装备使用不当或出现故障,或者作业人员操作失误,都可能导致高空坠落事故的发生。高空坠落往往会造成严重的身体损伤,甚至危及生命。

2.2.2 物体打击

在带电作业现场,可能会有工具、材料等物体从高处坠落,对下方的作业人员造成物体打击伤害。此外,作业人员在传递工具或材料时,如果操作不当,也可能导致工具或材料掉落,砸伤自己或他人。物体打击事故的发生不仅与作业人员的操作行为有关,还与作业现场

的管理和安全防护措施是否到位密切相关。

2.2.3 机械故障

带电作业中使用的机械设备,如起重机、绞磨等,在长时间使用后可能会出现故障。如果这些机械设备在作业过程中突然发生故障,可能会导致作业人员被困在高空或受到机械挤压等伤害。机械故障的原因可能包括设备老化、维护不当、操作错误等。

2.3 环境风险

2.3.1 恶劣天气影响

高压输电线路带电作业对天气条件要求较高,恶劣天气如暴雨、雷电、大风、冰雪等都会增加作业风险。在暴雨天气中,作业人员的绝缘工具可能会受潮,导致绝缘性能下降,增加触电风险;雷电天气下,作业人员在高空作业容易遭受雷击;大风天气会使作业人员操作困难,增加高空坠落和物体打击的风险;冰雪天气会导致杆塔和导线覆冰,增加杆塔的负荷,可能导致杆塔倒塌,同时也会影响作业人员的行动和操作。

2.3.2 地理环境复杂

高压输电线路往往跨越不同的地理区域,包括山区、河流、森林等。在不同的地理环境中进行带电作业,会面临不同的困难和风险^[2]。例如,在山区作业时,地形复杂,交通不便,给作业设备和人员的运输带来困难;在河流附近作业时,需要考虑水流的影响,防止作业人员落水;在森林中作业时,要注意防范树木倒塌、蚊虫叮咬等问题。

2.3.3 生物危害

在带电作业现场,作业人员可能会遇到各种生物危害,如毒蛇、毒虫叮咬等。这些生物危害不仅会对作业人员的身体健康造成损害,还可能引起作业人员的恐慌,影响作业的安全进行。

3 高压输电线路带电作业风险优化方法

3.1 作业人员培训与技能提升

3.1.1 强化安全意识培训

安全意识是作业人员保障自身安全的重要前提。通过开展定期的安全培训课程、案例分析会、安全演练等活动,向作业人员详细讲解高压输电线路带电作业的各项安全规定、操作规程以及事故案例,使作业人员深刻认识到带电作业的风险性和安全的重要性,从而增强安全意识,自觉遵守安全规章制度。

3.1.2 专业理论知识培训

高压输电线路带电作业涉及到电气、机械、高空作业等多方面的专业知识。对作业人员进行系统的专业理论知识培训,包括电学基础、电力系统运行、带电作业

原理、绝缘工具的使用与维护等内容,使作业人员掌握扎实的理论基础,为实际操作提供科学依据。

3.1.3 实际操作技能培训

实际操作技能是作业人员完成带电作业任务的关键。通过建立模拟训练场地,模拟各种实际的带电作业场景,让作业人员进行反复的操作训练,熟练掌握带电作业的各项操作技能,如安全距离的控制、绝缘工具的正确使用、高空作业的技巧等。同时,安排经验丰富的师傅进行现场指导,及时纠正作业人员的操作错误,提高操作技能水平。

3.1.4 应急处理能力培训

在带电作业过程中,可能会遇到各种突发情况,如设备故障、天气突变等。为了提高作业人员的应急处理能力,应开展针对性的应急培训,制定详细的应急预案,并组织作业人员进行应急演练。通过演练,使作业人员熟悉应急处理流程和方法,在遇到突发情况时能够迅速、准确地采取应对措施,降低事故损失。

3.2 安全防护装备的改进与创新

3.2.1 绝缘工具的优化

绝缘工具是带电作业中保障作业人员安全的重要装备。对绝缘工具进行优化,采用新型的绝缘材料,提高绝缘工具的绝缘性能和机械强度。同时,加强对绝缘工具的检测和维护,建立完善的绝缘工具管理制度,定期对绝缘工具进行电气性能试验和机械性能试验,确保绝缘工具始终处于良好的状态。

3.2.2 个人安全防护用品的改进

研发和改进个人安全防护用品,如安全帽、安全带、绝缘手套、绝缘鞋等,提高其防护性能和舒适性。例如,采用新型材料制作安全帽,提高安全帽的抗冲击性能和绝缘性能;设计更加符合人体工程学的安全带,减轻作业人员在高空作业时的疲劳感;开发具有更好绝缘性能和灵活性的绝缘手套和绝缘鞋,方便作业人员进行操作。

3.2.3 智能安全防护装备的应用

随着科技的发展,智能安全防护装备逐渐应用于带电作业领域。例如,智能安全帽可以实时监测作业人员的生命体征、作业环境参数等信息,并将数据传输到监控中心,一旦发现异常情况及时发出警报。智能安全帽内置了心率传感器、温度传感器、气体传感器等,能够实时监测作业人员的心率、体温以及作业环境中的有害气体浓度等参数。当心率超过正常范围、体温过高或有害气体浓度超标时,安全帽会立即发出警报信号^[3]。智能安全带可以自动检测作业人员的安全状态,如是否

系好安全带、是否发生坠落等，并及时向相关人员发送信息。智能安全带采用了高精度的传感器和无线通信技术，能够在作业人员发生坠落的瞬间发出警报，并将坠落位置等信息发送到监控中心，为救援工作提供及时准确的信息。智能安全防护装备的应用能够提高安全防护的及时性和准确性，有效保障作业人员的安全。

3.3 作业流程的优化

3.3.1 作业前准备工作的细化

在作业前，对作业现场进行详细的勘察，了解线路的运行状况、周围环境、气象条件等信息，制定科学的作业方案。对某条220kV输电线路进行带电作业前，勘察人员对线路的杆塔型号、导线规格、绝缘子类型等信息进行了详细记录，同时对周围的地形、地貌、交通状况等进行了评估。根据勘察结果，制定了包含作业步骤、安全措施、人员分工等内容的详细作业方案。对作业所需的设备、工具和材料进行全面检查和准备，确保其性能良好、数量充足。对绝缘工具进行电气性能试验和外观检查，对机械设备进行试运行，确保设备正常运行。组织作业人员进行作业前交底，明确作业任务、安全注意事项和操作流程，使每个作业人员都清楚自己的职责和任务。作业前交底的时间不少于1小时，确保作业人员对作业内容和安全要求有充分的理解。

3.3.2 作业过程中的规范管理

在作业过程中，严格按照作业方案和操作规程进行操作，加强现场监督和管理。设置专人负责安全监护，及时发现和纠正作业人员的违规行为。安全监护人员应具备丰富的带电作业经验和较强的安全意识，能够及时发现作业现场的安全隐患。合理安排作业顺序和时间，避免作业人员长时间在高风险环境下作业。例如，在高温天气下，合理安排作业人员的休息时间，避免作业人员因过度疲劳而发生安全事故。同时，加强与调度部门的沟通协调，确保作业过程中电网的安全稳定运行。在作业过程中，作业负责人应每隔30分钟与调度部门进行一次沟通，及时汇报作业进展情况和电网运行状态。

3.3.3 作业后的总结与评估

作业完成后，组织作业人员进行总结和评估，对作业过程中出现的问题和不足之处进行分析和总结，提出改进措施和建议。对作业效果进行评估，检查作业是否达到预期目标，为今后的带电作业提供经验参考。通过不断的总结和评估，逐步优化作业流程，提高作业效率和质量。

3.4 智能化技术的应用

3.4.1 无人机巡检技术

利用无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备，对高压输电线路进行巡检。无人机可以快速、全面地检查线路的运行状况，及时发现线路缺陷和隐患，如绝缘子破损、导线断股、金具松动等^[4]。同时，无人机巡检不受地形和环境的限制，能够到达人工难以到达的区域，提高了巡检效率和准确性，为带电作业提供了准确的依据。

3.4.2 机器人带电作业技术

研发和应用机器人进行高压输电线路带电作业，如机器人进行导线修补、绝缘子更换等作业。机器人具有操作精准、不受恶劣环境影响等优点，能够代替作业人员完成一些危险、繁重的作业任务，降低作业人员的劳动强度和安全风险。同时，机器人作业可以实现远程操控，提高了作业的安全性和可控性。

3.4.3 大数据与人工智能技术

通过收集和分析高压输电线路的运行数据、带电作业的历史数据等，利用大数据和人工智能技术建立风险预警模型。该模型可以根据线路的运行状况、环境因素等实时数据，预测可能出现的风险，并及时发出预警信息。同时，人工智能技术还可以对带电作业方案进行优化，提高作业方案的科学性和合理性。

结语

高压输电线路带电作业是保障电网安全的重要手段，但存在电气、机械、环境等风险。本文分析了这些危险因素，并提出优化方法：加强作业人员培训，提升其应对风险能力；改进安全防护装备；优化作业流程，提高效率质量；应用智能化技术降低风险。实际工作中，应将优化方法结合，形成完整安全保障体系，并持续关注技术发展动态，改进完善方法，以降低作业风险，确保人员安全和电网稳定，推动电力行业带电作业技术发展。

参考文献

- [1] 万广雷. 高压输电线路带电作业风险与优化方法研究[J]. 石子科技, 2022, (05): 23-25.
- [2] 夏嘉鹏, 王海亮, 白朴. 特高压输电线路的带电作业维护技术分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(12): 364-365.
- [3] 方玉群. 超/特高压输电线路特殊工况下带电作业关键技术及智能装备. 浙江省, 国网浙江省电力有限公司金华供电公司, 2022-11-19.
- [4] 罗刚, 张灿, 胡龙江, 等. 1000kV特高压输电线路的运行维护与带电作业思考[J]. 现代工业经济和信息化, 2020, 10(12): 134-135.