

10 kV 配电线路带电作业技术研究

唐青宁

(湖南星电集团有限公司长沙带电作业分公司, 湖南 长沙 410000)

摘要 本文聚焦10 kV配电线路运检中的带电作业技术,从技术类型、应用要点、难点及解决策略等方面展开深入研究,阐述了绝缘杆作业法、绝缘手套作业法等主要技术类型的操作流程、特点与适用场景,探讨了安全距离控制、作业工具管理及环境要求等应用要点,剖析了线路结构复杂、人员安全风险及设备故障等技术难点,并提出解决策略,以期提升10 kV配电线路带电作业的安全性与效率提供理论参考。

关键词 10 kV 配电线路; 运检; 带电作业技术

中图分类号: TM72

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.28.036

0 引言

10 kV 配电线路作为电力系统与用户连接的关键环节,其运行的稳定性与可靠性直接影响着社会生产生活的正常运行。随着现阶段国民经济不断发展、用电负荷不断上升,对供电可靠性要求日益提高。带电作业作为一种在不停电的前提下对配电线路实施检修、维护和改造的重要技术手段,能够有效减少停电时间,提升供电效率和质量,最大限度减少由于停电所带来的负面影响^[1]。因此,深入探讨10 kV 配电线路运检中的带电作业技术应用具有重要的现实意义。

1 10 kV 配电线路带电作业技术类型

1.1 绝缘杆作业法

1.1.1 操作流程

绝缘杆作业法的操作需遵循既定流程,以保障作业安全、顺利展开。作业人员首先要做好作业前的准备工作,认真检查登杆工具的安全性,如脚扣、安全带等,保证其没有任何损坏且可以正常使用;对绝缘杆的绝缘性能进行测试,应用专业检测设备测量其绝缘电阻等参数,保证绝缘杆满足安全作业要求。

准备工作就绪后,作业人员使用脚扣等登杆工具攀登到合适的工作位置。在登杆期间一定要系好安全带以确保自身安全,安全带要固定在一个牢固稳定的位置且随时检查其状态。到达作业位置后与带电体保持《电业安全工作规程》规定的安全距离,通常情况下,10 kV 配电线路带电作业时,人体与带电体的最小安全距离要大于0.4 m,这一距离不包括人体活动范围,如果无法满足该距离要求,那么就一定要采取绝缘隔离方法。接着作业人员应戴上绝缘手套、穿上绝缘靴,通过端部装配有不同工具附件的绝缘杆进行作业,绝

缘杆的有效长度应大于0.7 m,从而保证作业期间的绝缘性能。在作业过程中,如果作业范围窄小或线路多回架设,作业人员有可能触及不同电位的电力设施时,还需穿戴全套绝缘防护用具,如绝缘服、绝缘安全帽等并对带电体进行绝缘遮蔽^[2]。例如:在进行断、接线路分支线引流线作业时使用绝缘杆安装或拆除引流线夹,操作过程中要平稳、准确,防止由于动作幅度过大带来安全事故。

1.1.2 适用场景

绝缘杆作业法适用于多种特定场景。在高空绝缘斗臂车无法到达的杆位,如山区地形复杂、道路崎岖,绝缘斗臂车难以通行,或者在城市中一些狭窄的小巷、老旧小区等空间受限的区域,绝缘杆作业法成为主要的作业方式^[3]。当进行简单的带电作业任务时,如清除导线异物作业、装拆线路故障指示器作业等,使用绝缘杆作业法可以快速完成任务,不必动用大型设备,提高作业效率。

1.2 绝缘手套作业法

1.2.1 操作流程

绝缘手套作业法借助绝缘斗臂车或其他绝缘设施(如人字梯、靠梯、操作平台等)与大地绝缘并直接接近带电体。在作业前,作业人员需对绝缘斗臂车等设备做好检查,确保其绝缘性能良好且不同部件运行正常,检查绝缘斗臂车的绝缘臂有没有出现破损、老化等情况,测试其绝缘电阻是不是满足要求。在穿戴绝缘手套时要按照标准流程进行。先检查手套表面有没有破损、裂纹或孔洞问题,进行充气测试,捏紧手套口,挤压检查是否漏气。清洁双手,摘除手表、戒指等金属物品,防止划伤手套,用干布擦净手部汗液或油污。将手套袖口覆盖工作服袖口,确保无裸露皮肤,

缓慢展开手套，避免过度拉扯导致变形。在高空作业时还需在绝缘手套外加戴皮革防护手套，避免出现机械损伤^[4]。

作业人员通过绝缘斗臂车的工作斗或其他绝缘设施上升至带电体附近，和附近物体形成一种绝缘的状态。值得注意的是，无论作业人员与接地体及相邻空气间隙的距离有没有达到《电业安全工作规程》所规定的作业标准，在作业开始前，都必须对作业区域内的带电体和接地体实施绝缘措施，使用绝缘遮蔽罩、绝缘毯等对带电体、接地体进行覆盖，避免意外触电^[5]。然后，作业人员通过绝缘手套对带电体进行检修和维护作业，如带电断、接空载电缆引（流）线时，作业人员在绝缘斗臂车的工作斗内，穿戴好防护用具，使用专业工具进行操作。在此过程中，必须留意与周围带电体及接地体保持距离，严格禁止人体一瞬间接触两种不一样的电位。

1.2.2 适用场景

绝缘手套作业法适用于电气设备密集、作业空间相对较大且平坦的场景。在城市电网的变电站内，电气设备众多且布局紧凑，使用绝缘手套作业法能够在不影响其他设备运行的前提下对特定设备展开带电检修工作。在部分新建的工业园区，配电设施布局规范，有足够的空间停放绝缘斗臂车，当需要进行线路改造、设备更换等带电作业时，绝缘手套作业法可以圆满完成任务。在对供电可靠性要求极高的场所，如医院、数据中心等，一旦停电将会带来非常严重的后果，绝缘手套作业法能在不停电的情况下紧急抢修，保障供电的连续性^[6]。

1.3 旁路作业法

旁路作业法的原理是通过搭建旁路系统将待检修设备从电网中隔离出来，使电力通过旁路系统继续传输，实现在不中断供电的情况下对设备进行检修。在对 10 kV 配电线路中的开关设备进行检修时，先搭建旁路电缆以及旁路开关等组成的旁路系统，将负荷电流转移到旁路系统上，然后就可以对原开关设备进行检修、更换等操作；检修完成后再将负荷电流切换回原线路，拆除旁路系统。

2 10 kV 配电线路带电作业技术应用要点

2.1 安全距离控制

根据相关安全规程，人体和带电体二者间一定要保持规定的安全距离，通常情况下，这一距离要大于 0.4 m，这是基于人体在正常作业活动范围内，防止由于意外靠近带电体而遭受电击风险所设定的安全界限。

这一数值是经过大量的理论与实践验证得出的，考虑了 10 kV 电压等级下的电场强度、放电特性以及人体的安全耐受范围^[7]。在作业中，如果人体活动范围超出了正常范围，如进行复杂的操作动作或在特殊的作业环境下，安全距离的要求则更严格。绝缘工具与带电体之间同样存在安全距离要求，绝缘操作杆的最小有效绝缘长度通常不得小于 0.7 m，这是确保绝缘工具在作业过程中能够有效隔离带电体，防止电流通过绝缘工具传导至人体，从而保障作业人员安全的重要指标。

不同的作业方法对安全距离有着不同的要求。在绝缘杆作业法中，作业人员应用绝缘杆实施操作，其不仅要满足最小有效绝缘长度的要求，而且作业人员还需确保自身与带电体之间的距离始终符合安全标准，避免因操作不当导致安全距离缩短。在绝缘手套作业法中，虽然作业人员可直接接触带电体，但对作业范围内的接地体和相邻带电体的安全距离同样不容忽视，作业前必须进行绝缘遮蔽，以保证作业人员在操作过程中的安全。在进行带电断、接空载线路时，作业人员与带电体的安全距离需严格控制，同时要确保线路另一端的断路器和隔离开关已断开，防止在断、接过程中出现意外的电流冲击，危及作业人员安全。

2.2 作业工具试验与检测

电气试验是检测工具绝缘性能的关键方法，主要包括工频耐压试验等。对于绝缘操作杆，在进行工频耐压试验时往往以直径小于 30 mm 的单导线作模拟导线，模拟导线两端设置均压球（或均压环），其直径大于 200 mm，均压球距试品大于 1.5 m，从而最大限度保证试验电场的均匀性。对不同试品在同一时间展开试验时，它们的距离要大于 500 mm，避免试品之间的电场相互干扰。在 10 kV 电压等级下，绝缘操作杆的工频耐压试验电压一般为 45 kV，持续时间 1 min，试验过程中以无击穿、无闪络及过热为合格，通过精确的试验设备和严格的试验流程，确保绝缘操作杆的绝缘性能符合安全要求^[8]。

机械试验则是检验工具机械强度的关键环节，不同的工具其机械试验项目和要求也有所不同。对于绝缘支杆应进行压缩试验，以测试其在承受压力时的机械性能；对拉（吊）杆应进行拉伸试验，检验其抗拉强度。如 1 kN 级的绝缘支杆压缩试验载荷通常是 2.5 kN，施加力至规定值或直至破坏，以此来判断其机械强度是否满足作业要求。对于试验周期来说，不管是电气试验，抑或是机械试验，均为每年一次，通过定期试验第一时间发现工具在使用期间存在的性能劣化问题，

确保工具一直处于良好的工作状态。在每次使用前,作业人员还应该对工具进行细致的检测,主要进行外观检查,查看工具表面有没有出现破损、裂纹、变形等异常情况。对于绝缘手套要检查是否有发粘、破损等现象,还需进行充气试验,检查是否存在漏气问题,确保手套的绝缘性能良好;对于绝缘绳索,要检查其是否有磨损、断股等情况,如有异常就严禁使用,防止在作业期间出现安全隐患。

2.3 作业环境要求

作业环境对 10 kV 配电线路带电作业的安全性和可行性有着重要影响,不同的天气条件和地理环境需要采取相应的应对措施。在天气条件方面,雨、雪、雾等恶劣天气会显著降低绝缘工具的绝缘性能,增加作业风险。在雨天,雨水会附着在绝缘工具表面形成导电通路,导致绝缘性能下降甚至引发闪络放电。在这种情况下,应严禁进行带电作业,待天气好转、绝缘工具充分干燥后,再进行作业;雷电天气更是绝对禁止带电作业,雷电产生的强大电磁脉冲和高电压往往会对作业人员以及设备造成严重损害。地理环境因素也不容忽视。在山区等地形复杂的区域会有很大概率出现交通不便、作业场地狭窄等问题,从而给带电作业带来困难。基于此,要提前对作业现场进行勘察,选择合适的作业方法和工具。对于绝缘杆作业法,要确保登杆工具的可靠性,并且要注意避免由于地形陡峭导致作业人员滑倒。在城市中,配电线路与建筑物、树木等障碍物距离较近,作业时要特别注意保持安全距离,防止与障碍物发生碰撞。在进行线路检修时,要对周围的建筑物和树木进行绝缘隔离,避免因意外接触导致触电事故。

3 10 kV 配电线路带电作业技术发展趋势

3.1 智能化技术应用

随着科技的飞速发展,人工智能、大数据等智能化技术在 10 kV 配电线路带电作业领域展现出广阔的应用前景。在智能监测方面,通过在配电线路上部署大量的传感器采集线路的运行数据,包括电流、电压、温湿度等参数,数据被传输到智能监测系统中并借助大数据分析技术对其展开深层次挖掘。通过建立数据分析模型,系统能够快速准确地判断线路的运行状态,及时发现潜在的故障隐患。当监测到线路温度异常升高时,系统可以通过分析历史数据和实时数据,判断是否由于过载、接触不良等原因导致,从而提前发出预警信号,通知作业人员进行检查和处理,避免故障的发生^[9]。

3.2 新型绝缘材料研发

现阶段,研发方向主要集中在高性能、轻量化的绝缘材料上。在高性能方面,研发具有更高绝缘性能的材料,能够承受更高的电压和更复杂的电场环境,有效降低绝缘击穿的风险。研究新型的纳米复合材料,通过将纳米粒子与传统绝缘材料相结合,利用纳米粒子的小尺寸效应和表面效应,提高材料的绝缘性能、机械强度和耐热性能。研发具有自修复功能的绝缘材料,当材料受到轻微损伤时,能够自动进行修复,恢复其绝缘性能,延长材料的使用寿命。

4 结束语

带电作业技术在保障 10 kV 配电线路可靠运行方面发挥着不可替代的作用。其中,电气绝缘、屏蔽电场等原理是技术应用的基础,不同技术类型各有其适用场景,而严格控制安全距离、加强作业工具管理及关注作业环境等是确保作业安全高效进行的关键。未来研究可进一步聚焦智能化作业设备的研发与应用,加强新型绝缘材料的性能优化与成本控制,深入探索复杂环境下带电作业的创新方法,以不断提升 10 kV 配电线路带电作业的水平,为电力系统的稳定运行提供强有力的保障。

参考文献:

- [1] 官麒麟,李伟明.10kV 配电线路带电作业的危险点与预控策略分析[J].科技资讯,2025,23(07):64-66.
- [2] 倪玮铭,祝文坤,杨帆,等.电力工程 10kV 配电线路的带电作业技术探讨[J].电气技术与经济,2024(03):284-286.
- [3] 方继红.10kV 配电线路带电作业方式及安全防护策略研究[J].现代职业安全,2024(11):81-83.
- [4] 阿布都吉利力·艾海提,袁莉,陈孟.10kV 配电线路带电作业危险点及预控措施分析[J].科技资讯,2024,22(15):196-198.
- [5] 刘潇.10kV 配电线路运检中的带电作业技术研究[J].光源与照明,2024(06):78-80.
- [6] 谷赛特,刘策.10kV 配电线路带电作业对供电可靠性的影响研究[C]//中国电力设备管理协会.全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(七).国网河北省电力有限公司新乐市供电分公司,2024.
- [7] 郑韬,曹光锋.10kV 配电线路带电作业临界安全距离实时监测方法研究[J].电器工业,2024(06):36-39,74.
- [8] 刘亮泽,徐伟星,朱志坚,等.10kV 配电线路带电作业的安全问题[J].科技风,2023(23):93-95.
- [9] 王月鹏.10 kV 配电线路带电作业安全综合评价的应用与研究[J].自动化应用,2023(22):104-106.