

电力工程高空作业安全防护 技术应用与管理探讨

张又伟

(江苏天九机电安装集团有限公司, 江苏 盐城 224000)

摘要 高空作业是电力工程建设与维护运行的关键环节, 高空作业安全防护技术关系到作业人员的生命财产安全以及电网运行安全。电力工程高空作业环境比较恶劣、危险性较大, 安全防护难度较高, 将技术手段与管理手段相结合可以降低事故发生率、提高高空作业的安全度。本文从电力工程高空作业角度出发, 以系统性、智能化技术和管理模式创新为基础, 提出加强对电力工程高空作业安全防护技术的应用模式和管理体系建设的研究、不断完善相应的行业安全标准并加以实践等建议, 以期为相关人员提供参考。

关键词 电力工程; 高空作业; 安全防护技术

中图分类号: TU27; TU714

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.03.034

0 引言

随着电力系统不断扩容增容, 输电线路架线、变电站电气设备安装与检修等高处作业频率日益增加。高处作业通常在数十米乃至百米以上的高空进行, 作业人员可能由于各种意外因素诱发失稳、坠落、触电以及物体打击等安全风险。由于强电、复杂地貌及高空作业施工等因素叠加, 电力行业高处作业难度大, 传统依靠人工管理的模式对各种突发状况和系统性风险无法起到根本性的预防作用, 导致电力工程高空作业事故频发。提高电力工程高空作业安全防护水平, 建立健全安全防护技术及体系, 是确保电力工程建设的重要保证, 研究电力工程高空作业安全防护技术的应用和管理具有重要的现实意义。

1 高空作业概述

高空作业又称高处作业, 是指人在以一定位置为基准的高处进行的作业。根据国家标准《高处作业分级》(GB/T 3608-2008)规定: 高处作业为“在距坠落高度基准面 2 m 或 2 m 以上有可能坠落的高处进行的作业”。根据这一规定, 在电力工程中涉及高处作业的范围是相当广泛的。在电力工程作业时, 若在 2 m 以上的架子上进行操作, 即为高处作业。电力工程施工中的高处作业主要包括临边、洞口、攀登、悬空、交叉这五种类型, 这些高处作业是伤亡事故可能发生的主要风险点。

2 电力工程高空作业的特点

电力工程高空作业因其特殊的工作性质和外部条件, 呈现出一系列区别于一般施工作业显著特征。这些特征不仅增加了安全管理的复杂度, 也对防护技术提出了更高要求。

2.1 作业环境动态性

电力工程高空作业的场所环境复杂, 经常会在露天或者城郊地带, 高低起伏, 植被、水体、交通等外在因素经常会对作业空间产生影响。输电线路通常要穿越山区、河流、公路等地貌地形多样复杂的环境, 电力工程施工就会出现作业平台不稳定的情况, 需要做临时支撑。由于高空作业过程中受外界环境影响较大, 时常会有风速、湿度、温度等的变化影响作业人员和设备性能, 一旦遇有暴雨、降雪的情况, 很容易引发作业人员坠落事故^[1]。除此之外, 电力设施处于带电或者调试状态, 其电压等级和电流大小也有可能发生变化, 所以需要工人及时了解带电区域的情况, 这种动态性使得安全评估难以静态固化, 防护措施需具备快速响应与灵活调整能力。传统固定式防护设施因缺乏环境适应性, 难以满足动态作业场景下的安全需求, 亟需引入可移动、模块化并集成智能感知功能的防护系统, 实现对环境参数变化的快速响应与精准防控。

2.2 施工过程交叉复杂性

电力工程高空作业通常与其他工种同步开展, 多工种、多工序交叉作业是其常见特点。不同施工阶段

作者简介: 张又伟 (1987-), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 电力工程。

的塔基施工、电缆敷设、设备吊装和电气调试等工作均在同一空间内有序交叉进行，且人员众多，作业通道交叉。高空作业人员会在一些位置上做杆塔组装工作，在另一个位置下做基础浇筑或者设备搬运工作，很容易导致物体坠落而危及人员生命安全。不同的专业分别使用不同的机械和工具，容易造成各单位间沟通协调较为困难。此外，工作计划的变动很容易造成原有安全隔离措施失效的问题。在复杂的交叉作业环境下，单一防护措施不能够满足现场所有的安全风险点防护需要，需要建立统一调度以及协同防护的体系，保证整个施工过程顺利进行。通过合理划分各作业面、尽量错开作业时间、利用共享平台实现有效的信息共享，将每个系统的防护技术相互融合，确保各个施工环节都能实现实时的风险联防联控。

2.3 安全风险累积性

电力工程高空作业风险的累加效应，作业中细小的问题，如安全带稍有破损、锚固点存在异动、突发天气状况没有及时撤离等隐患点，如果未得到妥善的处置，将存在累加风险，在后面连续作业中强化或激发后，进而引发事故。高空作业人员长期从事重复性作业会产生疲劳堆积，反应缓慢，容易出现操作失误。设备频繁应用的过程中会产生隐性的损坏，如钢丝绳内存在断丝、链接件出现锈蚀等，多起低概率风险叠加偶合会产生连锁反应，共同作用下导致安全事故。

3 电力工程高空作业危险因素分析

基于系统工程风险传导理论，电力工程高空作业风险的形成受多重因素交互作用，针对电力工程高空作业中存在的安全隐患，本文重点从人为因素、环境因素及设备设施因素三个维度展开系统性研究。

3.1 人为因素

作业人员行为和精神状态是影响安全的关键因素，安全意识不足会导致不符合安全规范的操作行为，如未系好安全带、攀爬错误、工具乱放等。作业人员情绪上的波动，如紧张、焦虑、过于自信会降低判断力及应急反应能力。疲劳作业会减弱作业人员的协调性及注意力，增加人的失误概率。企业的安全培训不到位容易造成作业人员对新设备、新工艺、新技术、新环境没有足够的应对经验。管理人员若缺乏必要的专业素养与沟通能力，其指令易出现模糊或偏差，进而影响作业人员对安全规程的准确理解和有效执行^[2]。电力工程行业人员流动性较大，部分企业临时用工多，无形之中加大了培训和管理的难度，所以就要重视人的行为因素，完善规范化、标准化的作业，从人为因素上降低安全风险概率。

3.2 环境因素

自然环境是电力工程高空作业的一个主要威胁。例如：大风容易使作业人员失去平衡、吊装设备产生晃动和偏移，增加坠落的风险，造成身体伤害；大雨、雪会使作业面变得湿滑，降低了摩擦系数，进一步增加了攀爬以及行走时的意外伤害风险。人在高处被闪电击中的概率更大，在雷电频发地区作业时，在雷电作用下出现直接雷击和感应过电压的情况会对人身以及设备带来很大的危害。夏天气温高，作业人员在户外工作更容易出现中暑、脱水等现象，影响生理机能。而在寒冷的冬季，作业人员的四肢容易变僵硬，妨碍正常作业。高空作业时外界环境可能突变，在工作前要进行气象预报以及现场勘探，提前做好准备预案以及应急方案。

3.3 设备设施因素

防护设备和作业设施的可靠性决定着整个电力工程高空作业的安全水平，一旦安全带、安全绳、自锁器等防坠落装置存在制造缺陷、陈旧老化或者保养不到位等问题，在发生高处坠落时极有可能失效。高空作业时锚固点的设置不合理或未按要求进行固定，不能承受坠落冲击力，容易造成坠落施工。施工过程中脚手架、作业平台的承载力不足或者连接件没有拧紧，可能导致倒塌事故。升降设备的控制失灵会造成平台失控，电气设备的绝缘不好，增加触电的可能性，工作场所的工器具及物品堆放不牢固，可能发生高处坠物现象。若设备设施未按规范要求进行严格检测，将埋下长期安全隐患。合理的设备布局应基于全面的安全考量，确保作业通道畅通、逃生路线无任何障碍物。同时，应强化设备全寿命周期管理，将其选型、安装、使用、定期检测直至报废等各环节纳入统一管控体系，确保所有组成部件性能可靠，为系统安全稳定运行提供根本保障。

4 电力工程高空作业安全防护技术应用与管理

面对复杂多变的风险场景，单一防护手段已难以满足现代电力工程的安全需求。因此，亟需构建覆盖人员、设备、环境与管理的多维技术体系。

4.1 多重防坠落协同控制技术

高空作业是电力工程施工过程中的重要施工环节之一，多重防坠落协同控制技术可形成多层次、立体化防护，有助于提高对高空作业人员的安全防护作用。多重防坠落协同控制技术可以摆脱传统的单一防护理念，将个人防护、临时防护以及作业管控等有机结合在一起，其不仅能相互配合、互相支持、互为补充，而且能够形成具有较强保护作用的防护网络。具体而

言,在电力工程高空作业施工过程中,应按标准的规定佩戴安全带、速差自控器或全身式安全吊带,在失稳后能够及时防止坠落。电力施工企业要选用强度高的安全绳索,计算锚固点的受力情况,确保能够有效防止坠落事故。现场人员作业周围要设置牢固可靠的防护栏杆和密目式安全网进行防护,以防高处坠物造成人员伤亡^[3]。脚手架及升降平台等登高用具需有严格的验收手续,并且要保证结构稳固,防滑效果良好。高空作业前,作业人员需双人互检,查看防护装置佩带、连接是否正确。

4.2 全过程安全防护智能监管技术

相较于传统人工监管难以实现对高空作业全过程的连续、精准安全防护,全过程安全防护智能监管技术可依托现代信息技术有效弥补这一不足。电力工程高空作业全过程安全防护智能监管是通过在作业区域安装高清摄像头、智能传感器等,采集人员行为、设备状态、环境参数等信息,并将采集的信息通过视频分析算法自动识别未系安全带、跨越警戒区、违规攀爬等危险行为,并及时给予声光报警。智能安全带中设置有姿态感应模块,在出现异常倾斜和自由落体现象时会触发报警并定位出危险位置,数据信息经过无线网络发送到中央监控平台,管理人员可以通过远程终端随时观察到现场情况^[4]。后台智能监管系统还支持多画面同屏显示、重点区域轮巡等功能,提高监管效率,系统不受时间空间限制,即使是在夜间的高空作业也能进行有效的监管,不仅可以强化对作业人员的监管作用,还可以对人员产生一定的震慑作用,促使作业人员自觉遵守安全规定。平台可以生成周期性安全报告,反映风险趋势与管理成效,以及管理效果的数据,从而为企业管理人员提供管理数据支撑。

4.3 高空作业区域智能隔离控制技术

电力工程高空作业区与其他区域交叉在一起,可能发生物件打击作业人员或者有作业人员误进此区域的事。智能隔离控制技术通过自动化手段实现作业空间的有效封闭与管控。在电力工程施工作业区域的边界,通过设立电子围栏或红外感应装置,当未经授权的人员、车辆靠近警戒线的时候,装置就会发出报警,提醒管理人员及时介入现场管理。对于作业现场通道的出入口,可以设置智能门禁系统,管理人员实时记录并保存进出时间和人员数据,作业人员使用身份证、感应卡或者人脸识别的方法通过,在出现闯入和突发情况时会自动播出语音提示,避免非作业人员误入作业区域^[5]。高空临近带电体的作业,隔离范围根据电压等级科学划定,以保证足够的安全距离。在高空作

业区域,智能隔离控制技术的应用要根据现场作业情况动态调整,根据移动的作业面,及时移动隔离区域,通过管理人员使用移动终端对隔离情况进行实时监控,发现异常状况及时处理。

4.4 特殊环境下的综合防护管理

电力工程高空作业一般处于相对恶劣复杂的工作环境,在特殊环境下综合防护技术是对一些特殊情况所提供的系统性措施。当进入强风或台风季节,对于高空作业要依据当时当地的气象情况,风速大于规范要求要立即停止作业,并且设备应采取保护措施防止倾覆^[6]。在雨雪天气作业,作业面太滑,必须采取相应的防滑措施。在靠近高压线作业时要确保作业人员正确佩戴绝缘用品,确保作业人员与高压线的安全距离,必要时进行停电作业或者挂绝缘挡板。夜间作业时需要有足够的照明,防止有阴影区或盲区,针对不同环境特点,制定专项防护措施。

5 结束语

电力工程高空作业的安全防护是一项涉及技术、管理、人员以及环境的综合难题,也是一个长期存在的问题,传统的防护方法已无法解决一些较高风险的施工环节,必须依托技术创新与管理升级实现根本性突破。未来,随着物联网、人工智能、新材料等技术的进一步应用,高空作业安全防护将会向着更加智能化、自动化的方向发展。

参考文献:

- [1] 王庆林. 电力建筑工程中的高空作业安全管理与技术创新[J]. 城市建设理论研究(电子版),2024(24):1-3.
- [2] 江志平,仇吕佳,仇斌斌,等. 新型电力高空作业安全工具包[J]. 农村电工,2024,32(04):37.
- [3] 曹捷,郭志彬,潘立志,等. 高空作业场景下的安全带穿戴检测[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2022,37(01):92-99.
- [4] 杨美军. 基于电力高处作业防坠安全装置的应用研究[J]. 江西电力,2020,44(02):40-42.
- [5] 王琨,巩锐. 智能安全带在电力高空作业安全保障中的创新应用研究[C]//中国电力技术市场协会城市电网专业委员会,国网(苏州)城市能源研究院. 2025年(第三届)城市电网技术创新会议论文集. 新疆信息产业有限责任公司,2025.
- [6] 赵志刚. 高空作业安全智能监测与警示系统的设计与应用[C]//中国电力技术市场协会城市电网专业委员会,国网(苏州)城市能源研究院. 2025年(第三届)城市电网技术创新会议论文集. 广东电网有限责任公司湛江供电局,2025.