

输变电工程线路施工技术研究

贺建立

辽宁锦兴电力金具科技股份有限公司 辽宁 锦州 121116

摘要：输变电工程线路施工技术是保障电力系统安全稳定运行的关键支撑。本文围绕输变电线路施工展开研究，分析其施工特点，深入探讨基础施工、杆塔组立、架线施工、防雷接地等关键技术，包括基础类型选择、基坑开挖、杆塔起立调整、导线展放紧线、防雷接地等具体工艺。同时，结合张力架线、冷喷锌、无人机技术等新型应用，阐述技术创新对施工效率与质量的提升作用。最后，从机械化、智能化、环保化及全流程数字化管理等方面，展望输变电线路施工技术的发展趋势，为工程实践提供理论参考与技术导向。

关键词：输变电；工程线路；施工技术；研究

引言：随着社会经济的快速发展，电力需求日益增长，输变电工程作为电力传输的关键环节，其线路施工质量至关重要。输变电工程线路施工往往面临复杂的地形地貌、恶劣的气候条件等诸多挑战，施工难度较大。同时，为保障电力供应的稳定性与安全性，对线路施工技术提出了更高要求。深入研究输变电工程线路施工技术，不仅能提高施工效率与质量，降低施工成本，还能推动输变电工程行业的技术进步与创新发展，满足不断增长的电力需求，促进社会经济的可持续发展。

1 输变电工程线路施工特点

输变电工程线路施工具有显著特点。从施工环境来看，输变电线路通常需要跨越广袤区域，途经山地、丘陵、河流、沙漠等复杂地形，部分线路甚至需穿越无人区，面临交通不便、自然条件恶劣等问题。如在高山峻岭间施工，材料运输与设备搬运极为困难；在沼泽地带，地基处理复杂，施工安全风险高。从施工技术角度，其专业性与综合性强。线路施工涵盖基础施工、杆塔组立、架线、防雷接地等多道工序，各环节紧密相连，任一环节出现问题都可能影响整体工程质量与安全。例如基础施工质量直接关系到杆塔的稳定性，进而影响线路的长期安全运行；架线过程中导线的展放与紧线技术，会对电力传输损耗和线路使用寿命产生影响^[1]。

2 输变电工程线路施工关键技术研究

2.1 基础施工技术

2.1.1 基础类型选择

输变电工程线路基础类型的选择需综合考虑地质条件、杆塔荷载、环境因素等。在软土地基区域，通常采用桩基础，通过将桩基深入持力层，增强基础承载能力，防止杆塔沉降；而在岩石地基，掏挖基础凭借其对于原状土的保护优势，能有效减少土石方开挖量，提升基

础稳定性。对于承受较大上拔力的转角塔、终端塔，可选用重力式基础，依靠自身重量抵抗外力；在季节性冻土地区，需采用特殊防冻胀基础，避免因土壤冻融循环破坏基础结构。

2.1.2 基坑开挖与浇筑

基坑开挖是基础施工的关键环节，需依据设计要求精准控制尺寸、深度与坡度。机械开挖适用于地质条件较好的区域，可提高施工效率，但在接近设计标高时需转为人工开挖，防止扰动基底土。开挖过程中要做好排水措施，避免基坑积水影响地基承载力。浇筑环节则需严格把控混凝土配合比，选用合格的水泥、砂石等原材料，确保强度达标。浇筑时采用分层振捣方式，避免出现蜂窝、麻面等缺陷，同时做好养护工作，通过覆盖保湿材料、定期洒水等措施，保证混凝土在适宜环境中硬化，提升基础整体强度与耐久性。

2.1.3 接地装置安装

接地装置作为输变电线路防雷、防漏电的重要设施，其安装质量直接影响系统安全性。安装时，水平接地体通常采用热镀锌扁钢或圆钢，埋深需满足设计要求，一般不小于0.6米，且应尽量与土壤紧密接触，以降低接地电阻。垂直接地体可选用角钢或钢管，与水平接地体可靠焊接，形成完整的接地网。焊接处需进行防腐处理，如涂刷防腐漆，防止锈蚀影响导电性能。

2.2 杆塔组立施工技术

2.2.1 杆塔类型选择

杆塔类型的合理选择需综合考量线路电压等级、地形地貌、气象条件及功能需求。在高压输电线路中，耐张杆塔凭借其强大的机械强度，能够承受导线张力，有效限制事故范围；直线杆塔则用于线路直线段，主要起支撑导线作用，结构相对简洁，成本较低。在山区等地

形复杂区域,常选用自立式铁塔,其稳固性好,可适应多种地质条件;而在人口密集的城市或农田区域,钢管杆因占地面积小、美观度高,成为优先选择。

2.2.2 杆塔运输与组装

杆塔运输需兼顾设备安全与运输效率。对于大型杆塔构件,常采用专用平板运输车进行长距离运输,并通过固定装置防止构件在运输途中发生碰撞、变形。到达施工现场后,需根据组装图对杆塔构件进行清点与检查,确保规格、数量无误。组装过程中,采用螺栓连接的杆塔,需严格控制螺栓的扭矩,保证连接紧密;焊接组装则要确保焊缝质量,避免出现气孔、夹渣等缺陷。同时,为提升组装效率,可利用模块化组装技术,将部分构件在工厂预制成整体模块,减少现场作业时间与难度,保障施工进度。

2.2.3 杆塔起立与调整

杆塔起立是施工的关键危险环节,常用整体组立和分解组立两种方式。整体组立适用于地形开阔、重量较轻的杆塔,借助抱杆、牵引设备将杆塔一次性竖立;分解组立则用于大型铁塔,通过吊装设备逐段安装。在起立过程中,需实时监测杆塔倾斜度与受力情况,利用经纬仪等仪器控制垂直度,偏差需控制在规定范围内。杆塔起立后,还需进行细致调整,通过调整拉线松紧度,确保杆塔位置、垂直度符合设计要求,同时检查各连接部位是否牢固,消除安全隐患,为后续架线施工奠定坚实基础。

2.3 架线施工技术

2.3.1 导线展放与紧线

导线展放与紧线是架线施工的核心工序。展放时,张力架线技术通过张力机、牵引机等设备控制导线张力,避免导线与地面、杆塔摩擦损伤,尤其适用于跨越河流、公路等复杂场景。对于短距离线路,也可采用拖地展放,但需铺设隔离垫层减少磨损。紧线环节需严格控制张力,利用紧线器、滑轮组等工具逐步收紧导线,通过弧垂观测确保导线悬挂高度符合设计标准。

2.3.2 附件安装与调试

附件安装直接关系线路运行的稳定性与安全性。悬垂线夹、耐张线夹需精准安装于指定位置,通过连接金具与杆塔牢固连接,确保导线固定可靠。防振锤、间隔棒等防护装置的安装间距需严格符合设计要求,以抑制导线振动、舞动对线路的损害。绝缘子串安装前需进行绝缘检测,确保其电气性能达标,串接时注意金具连接方向与角度。

2.3.3 架线施工中的安全措施

架线施工涉及高空、带电等高危作业,安全措施至关重要。施工人员必须佩戴全套防护装备,包括安全帽、安全带、防滑鞋等,并设置安全网、防坠器等防护设施。在跨越公路、铁路等区域作业时,需提前申请封锁时段,设置警示标识与专人监护,防止意外发生。使用牵引机、张力机等大型设备前,需进行全面性能检测,确保制动、限位装置可靠。施工过程中需严格执行工作票制度,落实安全技术交底,实时监测风速、雷电等气象条件,遇恶劣天气立即停止作业,最大限度降低施工风险。

2.4 防雷接地施工技术

2.4.1 避雷线设置

避雷线(架空地线)是输变电工程中重要的防雷保护设施,主要作用是防止雷电直击导线,减少线路雷击故障。避雷线设计与安装质量直接影响线路的安全运行。施工时,500kV及以上送电线路,需全线装设双避雷线,且电压等级愈高,保护角设置愈小(山区高雷区,甚至采用负保护角)。220~330kV线路,全线装设双避雷线,杆塔上避雷线对导线的保护角为 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。110kV线路沿全线装设避雷线,在雷电特别强烈地区采用双避雷线。在少雷区或雷电活动轻微的地区,可不沿线架设避雷线,但杆塔需随基础可靠接地。

2.4.2 避雷器安装

避雷器作为输变电路防雷的关键设备,其安装质量直接影响防护效果。安装前需对避雷器进行外观检查与电气性能测试,确保无破损、受潮及参数异常。安装过程中,避雷器应垂直固定于杆塔合适位置,与被保护设备的电气距离需符合设计要求,避免因距离过长降低保护灵敏度。连接引线应采用截面足够、柔韧性良好的导线,确保电气连接可靠且接触电阻小,同时避免引线对避雷器产生额外应力。安装后需检查避雷器的密封性能,防止雨水、潮气侵入内部,影响绝缘性能,从而有效拦截雷击过电压,保护线路与设备安全。

2.4.3 接地电阻测试与调整

接地电阻是衡量防雷接地系统有效性的关键指标。测试时,需使用专业接地电阻测试仪,选择合适的测试方法(如三极法、钳表法),在土壤湿度稳定的时段进行测量,确保数据准确性。若实测电阻值不达标,可通过增加接地极数量、延长水平接地体长度扩大接地网面积,或采用降阻剂、离子接地极等新型材料改善土壤导电性能。调整过程中需注意避免接地体过度密集引发屏蔽效应,同时做好接地体连接部位的防腐处理。

2.4.4 防雷接地系统的维护与管理

防雷接地系统需长期维护管理以保持有效性。定期巡检中,需检查避雷器外观是否完好、连接引线有无断股锈蚀,接地体是否因外力破坏或土壤沉降外露。每年雷雨季节前,对避雷器进行绝缘电阻、泄漏电流等电气性能检测,及时发现老化、劣化隐患。对于接地电阻,按周期复测并记录数据,分析变化趋势,对阻值异常升高的区域重点排查修复。

2.5 新型技术在输变电工程线路施工中的应用

2.5.1 张力架线技术

张力架线技术借助张力机、牵引机,在展放导线时保持张力,使导线悬空,避免与障碍物摩擦,减少磨损,延长导线寿命。施工中可精准控制弧垂和线间距,降低误差。在跨越复杂地形时,无需大量临时跨越设施,能显著提升施工效率,降低成本与环境影响,是现代架线施工的重要技术。

2.5.2 冷喷锌技术

冷喷锌作为新型防腐工艺,利用高速气流将锌粉喷涂于金属构件表面,形成致密锌涂层。相比热镀锌,其常温施工不损伤材质,且锌层与基体结合紧密,能有效隔绝空气和水分。该技术防腐性能优异,使用寿命长、维护周期久,施工环保,可增强输变电设备耐久性,降低维护成本。

2.5.3 高压直流柔性技术

高压直流柔性技术基于电压源换流器,实现电力高效灵活传输。其具备快速功率调节能力,可精准控制有功、无功功率,提升电网稳定性与电能质量。在新能源并网、海岛供电等场景中,能减少潮流阻塞,提高电网对分布式能源的接纳能力。模块化设计与快速响应,也让工程建设更适应多变的电力需求。

2.5.4 无人机施工技术

随着无人机技术的发展,在输变电线路施工中凭借高精度、高效率、低风险的优势,已成为智能化施工的重要技术手段。采用无人机航测,获取地形、地貌数据,精度可达厘米级,辅助路径规划。无人机牵引引绳跨越河流、铁路等障碍物,替代传统人工布线。无人机实时巡查施工现场,识别未佩戴安全帽、高空作业未系安全带等违规行为。无人机配备红外热像仪,捕捉金具过热故障等。

3 输变电线路施工技术的发展趋势

3.1 机械化、智能化与自动化施工

机械化、智能化与自动化施工是未来输变电线路建设的核心方向。大型自动化施工设备,如智能张力机、

自动焊接机器人等,可替代人工完成高空、高危作业,降低劳动强度与安全风险。人工智能与物联网技术的融合,能实现设备运行状态实时监测、故障自动预警,提升施工效率与精准度。

3.2 新型材料与技术的应用

新型材料与技术将持续革新输变电施工。高性能复合材料如碳纤维复合芯导线,兼具高强度与低重量优势,可减少杆塔负载、提升输电容量。纳米防腐涂料、超导材料的应用,能延长设备寿命、降低输电损耗。同时,3D打印技术用于定制化构件制造,缩短生产周期;量子通信技术保障施工数据传输安全,这些创新技术与材料的深度应用,将为行业发展注入新动能。

3.3 环保与可持续发展

环保与可持续发展成为施工技术的重要目标。低噪音、低能耗的施工设备和工艺将广泛应用,减少对周边生态与居民的影响。生态友好型基础施工技术,如微型桩基础、装配式基础,可降低土石方开挖量,保护植被与水土。废旧材料回收再利用体系逐步完善,施工废弃物实现资源化处理。同时,清洁能源供电的施工设备推广,助力实现“双碳”目标,推动行业绿色转型。

3.4 全流程数字化与信息化管理

全流程数字化与信息化管理重塑施工模式。通过BIM技术构建三维施工模型,实现设计、施工、运维全生命周期可视化管理,提前模拟施工流程,优化资源配置。物联网与大数据技术实时采集施工数据,分析进度、质量、安全等指标,为决策提供依据。区块链技术确保数据不可篡改,保障施工信息安全可靠。数字化转型提升管理效率,推动输变电工程向精细化、智能化方向发展^[2]。

结束语

输变电工程线路施工技术作为电力基础设施建设的核心支撑,其创新与发展直接关系到国家能源输送的安全与效率。从基础施工到杆塔组立,从架线工艺到新型技术应用,每个环节的技术突破都推动着行业进步。未来,随着机械化、智能化、环保化及数字化趋势的深入,施工技术将在保障质量与安全的同时,进一步提升效率、降低成本,并积极响应可持续发展需求。

参考文献

- [1]王元.配电线路运维检修技术浅析[J].农村电工,2023,31(2):141-142.
- [2]张忠昊.输变电线路施工技术及施工管护措施[J].光源与照明,2022(8):201-203.