

停电跨越施工中环氧树脂玻璃钢管的应用与施工效率提升研究

金士敬

中国电建集团河南工程有限公司 河南 郑州 450000

摘要：本文以环氧树脂玻璃钢管为研究对象，剖析其材料组成、结构特性及关键性能优势，明确其在跨越架搭建、导线防护等核心场景的应用定位，设计不同电压等级及特殊工况的适配方案，提出基于该管材的施工工艺优化路径与效率提升技术。研究表明，环氧树脂玻璃钢管可显著提升施工效率、降低安全风险，为停电跨越施工的高效、安全推进提供技术支撑与实践参考。

关键词：停电跨越施工；环氧树脂玻璃钢管；材料特性；应用场景；施工效率；适配方案

引言：在停电跨越施工中，停电窗口期短、施工任务繁重、环境工况复杂等对跨越施工材料与工艺提出更高要求。传统金属与绝缘材料存在强度与绝缘性失衡、安装繁琐等问题，导致施工效率低下、安全隐患突出。环氧树脂玻璃钢管凭借轻质高强、绝缘耐蚀等优势，成为破解施工难题的优选材料。基于此，本文聚焦该管材在停电跨越施工中的应用，探索施工安全与效率提升路径，为电力工程施工技术升级提供理论与实践依据。

1 停电跨越施工的技术需求与挑战剖析

1.1 特殊工况下的严苛施工要求

停电跨越施工面临复杂且极端的工况挑战。施工环境涵盖高空作业、水上作业、悬崖陡坡、孤石尖峰、交通枢纽与高速公路、等级公路、不同电压等级线路的同时交跨、不同等级铁路等特殊工况、复杂地形与多变气象、极端天气。

复杂地形限制设备进场与搭建，高处坠落、物体打击、触电等风险，强风、极端降雨、山洪、泥石流等天气状况，这些特殊工况叠加，不仅直接影响施工安全和施工进度，还对跨越施工材料的强度、绝缘性、环境适应性，以及施工工艺的精确性、适用性、时效性，都提出了严苛要求，成为施工中亟需解决的难题。

1.2 传统材料与工艺的现实短板

传统施工材料与工艺难以适配停电跨越施工的高标准要求。传统金属材料虽具备一定强度，但绝缘性不足、耐腐蚀性差，在潮湿、高腐蚀环境中易失效；常规绝缘材料则强度欠缺，无法承受高空荷载，且安装流程繁琐，需大量人工辅助，耗时耗力，存在材料损耗与返工，造成成本增加，严重制约施工效率与安全。

1.3 效率提升的核心目标与方向

立足电力企业施工、运维降本、社会用电保障的迫切诉求，停电跨越施工效率提升的核心目标清晰明确。一方面，需通过技术创新缩短停电时间，最大限度减少对生产生活用电的影响；另一方面，要降低人力依赖、控制施工成本，同时保障施工质量的稳定性，杜绝因质量问题引发的返工。这要求从材料升级、工艺优化双向突破，为施工效率提升找准关键发力点^[1]。

2 环氧树脂玻璃钢管的材料特性与性能优势

2.1 材料组成与结构特性

环氧树脂玻璃钢管以环氧树脂为基体，无碱玻璃纤维为增强相，辅以固化剂与偶联剂，经纤维缠绕工艺成型，构建起层次分明的多层复合结构。其微观结构由内而外分为防腐内层、纤维增强层及绝缘外层，通过精准调控纤维缠绕角度与密度，形成各向均匀的受力体系。基体树脂负责粘结、绝缘与防护，增强纤维则承担主要荷载，二者在界面处通过化学键紧密结合，实现了结构强度与功能属性的协同优化。该结构设计从根本上解决了传统材料力学性能与绝缘耐蚀性能难以兼顾的技术痛点，为电力施工提供了高强度、高可靠性的管材选择。

2.2 关键性能指标测试与验证

实验室标准检测数据显示，环氧树脂玻璃钢管综合性能显著优于传统钢管与PVC管。力学性能方面，其拉伸强度介于320-380MPa，弯曲强度介于450-520MPa，分别为普通钢管的1.5-2倍、PVC管的3-4倍，具备轻质高强的核心优势。绝缘性能上，体积电阻 $\geq 10^{12}\Omega \cdot m$ ，介电损耗角正切值 < 0.01 ，完全满足电力施工严苛的绝缘隔离要求。耐蚀与耐候性测试表明，管材在5%酸碱溶液中浸泡72小时后性能衰减率 $< 5\%$ ，经-40℃至80℃高温循环及千小时紫外照射后，强度衰减 $< 8\%$ ，远优于传统

管材,其使用寿命可延长2~3倍,量化验证了其在复杂环境下的长期稳定性。

2.3 适配停电跨越施工的性能适配性分析

针对停电跨越施工高空作业、工期紧张、环境复杂的工况特征,环氧树脂玻璃钢管展现出高度适配性。(1)绝缘安全性,优异的电绝缘性能可有效隔离带电区域,杜绝漏电短路风险,保障作业零隐患。(2)承载与吊装效率方面,其密度仅为钢管的1/4,大幅降低架体自重与吊装负荷,减小了对支撑塔架的要求,尤其适配大跨度、高净空场景。(3)环境适应性上,管材自带耐酸碱、耐潮湿及抗紫外线特性,无需额外防腐处理,即可在沿海、化工园区等恶劣环境中稳定作业。(4)安装便捷性方面,管材轻质易切割,连接工序简便,无需大型吊装设备即可快速组装,完美契合停电窗口期短、效率要求高的施工需求,为其规模化应用奠定了坚实的工程基础^[2]。

3 环氧树脂玻璃钢管在停电跨越施工中的应用场景与适配方案

3.1 核心应用场景界定

结合停电跨越施工的全流程,梳理其核心环节,明确环氧树脂玻璃钢管的应用定位,聚焦以下三大核心场景。(1)跨越架搭建场景:主要应用于跨越高等级公路、铁路、河流及既有带电线路的场景,作为跨越架的主支撑构件和横杆、斜杆。相较于传统金属跨越架,环氧树脂玻璃钢管轻质高强、绝缘性好,可避免跨越架与带电线路接触产生短路隐患,同时降低高空吊装难度,适配高空跨越作业的安全要求,尤其适用于既有带电线路周边的停电跨越施工。(2)导线绝缘防护场景:针对停电跨越施工中导线临时固定、转折及穿越危险区域的环节,采用环氧树脂玻璃钢管对导线进行包裹防护。其优异的绝缘性能可防止导线与跨越架、周边物体接触产生漏电,同时避免导线磨损、腐蚀,保障施工过程中导、地线的完整性,适配不同规格导、地线的防护需求。(3)施工通道搭建场景:在复杂地形(如山地、沟壑)的停电跨越施工中,用于搭建临时施工通道的支撑结构和防护围栏。管材耐候性强、安装便捷,可快速组装形成临时通道,保障施工人员、设备的通行安全,同时适配户外复杂环境,无需复杂的后期维护。

3.2 不同电压等级施工的适配方案设计

结合不同电压等级停电跨越施工对绝缘性能、承载能力的要求,针对性设计环氧树脂玻璃钢管的规格选型、结构设计及施工工艺适配方案。(1)低压停电跨越施工($\leq 1\text{kV}$):适配要求较低,选用直径 $\phi 50\sim\phi 80\text{mm}$ 、壁厚5~8mm的环氧树脂玻璃钢管。结构设计采用单排架体,

无需复杂加固,安装工艺采用承插连接,可现场快速组装;重点保障基础绝缘性能,无需额外绝缘处理,满足低压施工的安全要求,兼顾施工效率。(2)高压停电跨越施工(10~110kV):对绝缘、承载要求中等,选用直径 $\phi 80\sim\phi 120\text{mm}$ 、壁厚8~12mm的管材,纤维缠绕密度提升至80%以上,增强承载能力。结构设计采用双排架体,增设斜撑加固,提升架体稳定性;安装工艺采用法兰连接,确保连接牢固,同时对管材表面进行绝缘涂层处理,进一步提升绝缘性能,适配高压施工的安全规范。(3)超高压停电跨越施工(220kV及以上):对绝缘、承载要求极高,选用直径 $\phi 120\sim\phi 160\text{mm}$ 、壁厚12~15mm的高强度环氧树脂玻璃钢管,采用高纯度无碱玻璃纤维增强,提升力学性能。结构设计采用三角桁架式架体,多排布置,重点强化节点连接强度;安装工艺采用螺栓连接与粘接结合,配合专用密封件,确保绝缘密封性,同时对架体进行整体绝缘检测,适配超高压施工的严苛要求^[3]。

3.3 特殊工况下的应急应用策略

针对恶劣气象、复杂地形等特殊工况,制定环氧树脂玻璃钢管应急应用策略。(1)恶劣气象应急:暴雨天气用防水密封件加固管材连接部位,缩短高空作业时间,采用预制组件快速组装;风力 ≥ 6 级时,增设临时拉索加固架体,选用高强度管材减小迎风面积;高温、严寒天气选用耐高低温改性管材,施工前做好预热或防冻处理。(2)复杂地形应急:山地、陡坡场景采用可调节长度管材,搭建阶梯式架体并增设防滑底座;沼泽、软土地形在管材底部增设混凝土基础或钢板垫板,分散受力防下沉;高空陡坡场景用轻量化管材配合小型吊装设备,简化安装并设置安全防护网。(3)应急绝缘防护:突发带电隐患时,用该管材快速搭建临时绝缘屏障;管材破损时,用专用绝缘修补剂现场修补,暂停施工排查隐患后再恢复作业,保障极端条件下施工安全^[4]。

4 基于环氧树脂玻璃钢管应用的停电跨越施工效率提升技术与路径

4.1 环氧树脂玻璃钢管施工工艺优化与效率提升路径

结合停电跨越施工的工期限制、高空作业特点及环氧树脂玻璃钢管的材料特性,聚焦施工全流程工艺优化,明确效率提升核心路径,通过简化工序、规范操作、优化流程,最大限度缩短施工时长,提升施工效率,同时保障施工质量与安全。(1)管材预处理工艺优化:传统管材预处理需单独进行切割、打磨、防腐处理,工序繁琐且耗时较长。优化后采用工厂预制预处理模式,根据施工场景精准定制管材长度、连接接口,提前完成打磨、绝缘涂层处理,现场仅需进行简单调试即可安装,大幅

减少现场预处理时间,每批次管材可节省施工时间2~3小时,同时避免现场预处理造成的材料损耗,提升施工效率。(2)安装连接工艺优化:针对传统连接工艺繁琐、耗时久的问题,优化环氧树脂玻璃钢管的连接方式,低压施工采用快速承插连接,高压、超高压施工采用预制法兰连接,配套专用密封件与紧固工具,简化连接工序。相较于传统焊接、螺栓连接,优化后单根管材安装时间缩短至15~20分钟,连接效率提升,同时确保连接部位的绝缘性与牢固性,避免后期返工。(3)施工流程优化:梳理停电跨越施工全流程,整合环氧树脂玻璃钢管的运输、吊装、安装、检测等环节,采用“分区作业、平行施工”模式。将施工区域划分为管材堆放区、吊装作业区、安装作业区,同步开展管材吊装与架体安装,减少工序衔接等待时间;优化检测流程,采用便携式绝缘检测仪、力学性能快速检测设备,现场实时完成检测,避免检测环节脱节导致的工期延误,整体施工流程效率提升。

4.2 施工效率提升的关键技术与配套措施

依托环氧树脂玻璃钢管的应用特性,明确施工效率提升的关键技术,配套完善相关保障措施,实现施工效率、质量与安全的协同提升,为停电跨越施工高效推进提供支撑。(1)关键技术应用:一是轻量化吊装技术,针对环氧树脂玻璃钢管轻质特性,采用小型便携式吊装设备替代传统大型吊装机械,适配高空、复杂地形作业,减少设备进场、调试时间,同时降低设备使用成本,吊装效率提升;二是模块化组装技术,将跨越架、绝缘防护结构拆解为标准化模块,采用环氧树脂玻璃钢管预制模块,现场快速拼接组装,无需现场焊接、浇筑,大幅缩短架体搭建时间,尤其适用于紧急停电跨越施工;三是智能化检测技术,引入智能绝缘检测、结构受力监测设备,实时监测施工过程中管材的绝缘性能、架体受力情况,及时排查隐患,避免因隐患整改导致的工期延误,提升施工连续性。(2)配套保障措施:一是人员保障,开展环氧树脂玻璃钢管施工专项培训,重点培训管材特性、优化后工艺操作、应急处置等内容,提升施工人员专业技

能,减少操作失误导致的效率损耗;二是材料保障,建立管材专项储备机制,根据施工进度提前储备不同规格的环氧树脂玻璃钢管及配套配件,避免材料短缺导致的施工停滞;三是管理保障,制定精细化施工管理制度,明确各工序施工时限、责任分工,加强现场调度,及时协调解决施工过程中的设备、人员、材料问题;四是安全保障,优化安全防护措施,采用环氧树脂玻璃钢管搭建临时安全防护围栏、绝缘屏障,简化安全防护搭建流程,同时保障施工安全,避免安全事故导致的工期延误,确保施工高效有序推进^[5]。

结束语: 本文围绕停电跨越施工中环氧树脂玻璃钢管的应用与效率提升展开系统研究,明确了管材的性能优势与适配场景,提出了针对性的工艺优化方案、效率提升技术及配套保障措施,有效解决了传统施工中效率与安全的核心痛点。研究成果验证了环氧树脂玻璃钢管在停电跨越施工中的可行性与优越性,为同类工程提供了可借鉴的实践经验。后续可进一步优化管材改性技术与智能化施工模式,持续提升施工效率与工程质量,助力电力工程高质量发展。

参考文献:

- [1]廖文龙,杨玥坪,魏华超,等.饱和电抗器用环氧树脂性能提升研究[J].绝缘材料,2024,05:42-48.
- [2]谢珂,卢森微,邵春,等.等离子体梯度氟化提升非均匀电场下环氧树脂沿面闪络性能的研究[J].绝缘材料,2023,10:75-83.
- [3]郭贤珊,陈力,陕华平,廖文锋,王坤涵,王鑫,张韵萱.换流变压器网侧1100kV环氧树脂浸纸电容式套管绝缘结构设计及校核[J].绝缘材料,2026,59(2):135-141.
- [4]白广明.绝缘环氧树脂材料在铁路电力设备中的应用[J].塑料助剂,2025(3):102-104.
- [5]乔井彦,李金柱,张羲黄,姚志彦,申仕良.环氧树脂玻璃钢的动静态拉伸力学特性[J].高压物理学报,2023,37(3):27-36.