

铁路通信光缆工程施工技术创新与应用研究

高鑫瑞

国能甘泉铁路有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 铁路通信光缆是保障铁路运输信号稳定传输的核心基础设施,传统人工主导的施工模式,逐渐难以适配现代铁路工程的精细化建设标准与复杂工况需求。本文结合铁路光缆施工的独有场景特征,梳理传统施工体系存在的各类技术短板,围绕光缆敷设、接续成端、环境适配及智能辅助施工多个维度,开展施工技术革新优化,结合不同铁路区段工况落实差异化技术应用模式,构建多技术协同的施工体系,同时完善技术细节优化方式与行业推广路径,能够有效提升铁路光缆施工质量与作业规范性,强化通信线路运行稳定性。

关键词: 铁路通信; 光缆工程; 施工技术; 技术创新; 工程应用

引言: 铁路通信系统承担着信号传输、调度指挥、行车保障的重要职能,光缆工程的施工质量直接影响铁路运输体系的安全稳定运行。铁路沿线复杂的地形环境、电磁干扰及严苛的施工管控条件,对光缆布设、防护及接续施工提出较高的技术要求。传统粗放型施工方式存在精度不足、损耗偏高、适配性差等诸多问题,容易引发线路传输不稳、后期故障频发等施工隐患。通过迭代优化施工工艺、引入智能化施工手段、适配多元施工场景,可持续提升光缆工程施工水准,助力铁路通信体系高质量建设发展。

1 铁路通信光缆工程施工技术现状与施工特征

1.1 铁路通信光缆传统施工技术体系

铁路通信光缆传统施工模式依托成熟的基础施工流程搭建整体作业体系,长期应用于铁路沿线光缆铺设与架设作业。前期施工依靠人工完成线路勘测、点位标记与路径规划,依靠基础测量工具完成沿线数据采集。光缆敷设以人工拖拽、简易机具辅助为主,按照既定线路完成光缆布放与走线规整。熔接施工沿用常规熔接工艺,通过端面清理、对位熔接、热缩加固的固定流程完成光缆接续作业。施工后期开展人工外观检查、通断测试与故障排查,依靠基础检测手段完成施工验收工作。整套作业流程工序固定,技术门槛偏低,适配早期铁路通信线路建设的基础施工需求,是国内铁路光缆施工长期沿用的主流技术模式^[1]。

1.2 铁路场景下光缆施工专属特征

铁路通信光缆施工场景区别于普通市政光缆施工,具备较强的行业专属属性。施工区域多沿铁路线路延伸,途经路基、桥梁、隧道及野外空旷区域,作业环境跨度大、地形条件复杂。施工活动会对铁路正常行车秩序产生干扰,作业时段、作业范围存在严格限制,施工

开展需要匹配铁路运输调度安排。沿线电磁设备密集分布,牵引供电系统会产生电磁干扰,对光缆铺设精度、屏蔽性能提出更高标准。线路布设紧贴铁路基础设施,施工空间狭窄,大型机械设备难以进场作业,整体施工对精细化操作的要求更高。

1.3 传统施工技术存在的技术短板

传统施工技术依托人工主导作业模式,整体施工精度与作业效率存在明显局限。人工勘测布线容易产生测量偏差,线路规整度不足,极易造成光缆走线扭曲、受力不均等问题。粗放式敷设方式容易对光缆保护层造成磨损、拉伸,埋下线路损耗隐患。常规熔接工艺稳定性有限,端面处理精度不足会增大熔接损耗,影响通信传输质量。人工检测排查存在覆盖不全、排查不细致的问题,隐蔽性线路缺陷难以及时发现。老旧技术模式难以适配复杂铁路场景的施工要求,无法满足现代铁路高速化、高密度的通信传输标准,制约铁路通信工程建设质量提升。

2 铁路通信光缆工程关键施工技术创新方向

2.1 光缆敷设施工工艺创新

传统光缆敷设工艺多依靠人力拖拽作业,施工过程容易造成线缆挤压、拉伸损伤,难以适配长距离、复杂路段的铁路施工场景。工艺创新围绕精细化、低损耗敷设核心目标展开,优化原有粗放式作业模式。新式敷设工艺引入分段匀速布放思路,根据铁路路基、隧道、桥梁等不同路段调整布放力度与作业节奏。通过改良牵引布设方式,弱化线缆摩擦损耗,控制光缆弯曲弧度,规避过度弯折、牵拉导致的线路性能衰减^[2]。针对长距离干线施工,优化布放路径规划方式,减少多余盘绕与线路重叠问题。全新敷设工艺能够降低外力对光缆结构的破坏,提升线路布设规整度,从施工源头保障铁路通信线

路的传输稳定性与使用寿命。

2.2 光缆接续与成端技术创新

光缆接续与成端是铁路通信施工的核心工序，施工精细度直接决定信号传输质量。传统接续作业流程繁琐，端面处理精度有限，容易产生传输损耗超标、接头稳定性不足等问题。技术创新聚焦作业精度与接头耐久度提升，优化端面打磨、清洁、熔接整套作业流程。引入高精度自动化熔接设备，替代人工对位操作，缩小熔接偏差，严控接头损耗数值。创新成端处理方式，优化接头密封、防水、抗压处理工艺，强化接头部位的环境适配能力。改良后的接续和成端技术可以有效应对铁路沿线温差变化、振动冲击等外界影响，提升光缆接头结构牢固性，减少后期线路故障发生概率。

2.3 复杂线路环境适配技术创新

铁路光缆施工覆盖野外开阔地带、深山路段、隧道封闭空间等多元复杂环境，常规施工技术很难适配不同场地的特殊建设要求。环境适配技术创新针对各类特殊工况制定专项施工方案。隧道内部施工优化密闭空间作业工艺，改善通风、防尘施工条件，规避粉尘、潮湿环境对熔接、敷设工序的干扰。野外露天路段创新抗干扰、抗侵蚀施工工艺，强化光缆布设后的防护处理，抵御风雨、温差、地质变动带来的环境影响。临近铁路供电设备的强电磁区域，升级屏蔽施工工艺，优化线路排布方式，削弱电磁干扰对通信信号的影响。针对性的技术改良可以大幅提升施工工艺对复杂场景的适配能力，保障各类工况下的施工质量达标。

2.4 施工辅助智能化技术创新

智能化技术融入施工辅助环节，能够打破传统人工施工的效率与精度局限，推动铁路光缆施工转型升级。智能化勘测技术替代传统人工测量模式，依托智能检测设备完成线路路径勘测、点位定位、数据采集等工作，提升线路规划的精准度。智能监测设备应用于施工全过程，实时捕捉敷设、熔接作业中的参数异常，及时排查施工隐患。数字化台账管理模式替代纸质记录，归集施工数据、工序信息与质量检测内容，实现施工过程可追溯。各类智能化辅助手段精简人工操作流程，降低人为失误概率，提升整体施工效率与标准化程度，适配现代铁路通信工程高质量建设的发展需求。

3 创新施工技术在铁路光缆工程中的应用

3.1 创新技术的标准化应用流程

新型铁路光缆施工技术的落地应用，需要依托规范完整的作业流程，规避技术应用随意性带来的施工问题。正式施工前，结合项目建设标准梳理创新技术的操

作规范，明确各道工序的操作步骤、技术参数与质量标准。完成施工人员专项技术交底，细化创新工艺的操作重点与注意内容，让作业人员熟练掌握全新施工手法^[3]。施工中期严格按照既定流程分步落实技术操作，依次完成线路勘测、光缆敷设、熔接成端、防护处理等核心工序。每一道工序完成后开展专项质量核查，确认施工效果符合技术规范，再推进后续作业。施工后期依托数字化手段整理施工数据，规范技术应用档案。标准化的落地流程能够充分发挥创新技术的性能优势，统一施工执行标准，规避人为操作偏差带来的质量问题。

3.2 不同铁路区段光缆施工应用方式

铁路线路覆盖多种地形区段，不同区域的施工条件存在明显差异，创新技术需要结合区段特征灵活调整应用方式。路基区段场地开阔、地形平整，重点应用低损耗敷设工艺，优化光缆布放节奏，做好线路规整与基础防护工作，提升干线光缆铺设的整体质量。桥梁区段振动频繁、风力影响显著，侧重采用高强度成端与密封防护技术，加固光缆接头与固定点位，降低振动、风力对线路结构的损伤。隧道区段空间封闭、湿度粉尘含量偏高，适配密闭环境专用施工工艺，优化内部敷设与熔接作业模式，强化防尘防潮处理。电磁密集的站场区段，重点落地电磁屏蔽优化技术，调整线路布设布局，削弱外部干扰对通信传输的影响。差异化的应用方式可以让创新技术适配各类施工场景，最大化发挥技术实用价值。

3.3 施工全过程精细化应用管控

精细化管理是保障创新技术落地效果的重要手段，贯穿光缆工程施工的全部阶段。施工前期针对创新工艺参数开展提前核验，核对设备性能、材料状态与施工方案匹配度，从源头规避技术应用隐患。施工过程聚焦核心工艺落实情况，重点管控光缆布放弧度、熔接精度、密封防护效果等关键内容。及时纠正不规范操作行为，杜绝粗放式作业影响新技术落地质量。针对容易出现损耗、故障的关键部位，增加检查频次，把控细节施工质量。施工收尾阶段全面核查线路传输性能、结构牢固性与防护完整性，排查细微施工缺陷。精细化的管控模式可以充分挖掘创新技术的提质优势，稳定工程施工质量，延长光缆线路运维周期。

3.4 多技术协同融合应用模式

单一施工技术难以满足复杂铁路光缆工程的建设需求，多技术融合成为现代化施工的主流应用模式。将新型敷设工艺、高精度熔接成端技术、复杂环境适配技术与智能辅助施工手段相互结合，搭建一体化施工技术体系。线路勘测阶段依托智能设备完成精准定位与数据采

集,为工艺应用提供精准数据支撑。敷设施工阶段搭配环境适配技术,根据现场工况调整施工工艺,适配特殊场地施工条件。熔接成端环节借助高精度设备优化施工精度,配合密封防护技术强化线路稳定性。质量核查阶段利用智能监测技术完成全程隐患排查,弥补人工检查的短板。多技术相互搭配、互补赋能,能够解决传统施工的多项短板,全面提升铁路光缆工程的施工精度、作业效率与线路运行稳定性。

4 铁路通信光缆创新施工技术的优化与推广路径

4.1 创新施工技术的细节优化举措

新型光缆施工技术在实际应用中仍存在可优化的细节漏洞,持续细化工艺内容能够进一步提升施工落地质量。结合铁路各类施工场景的作业反馈,梳理创新工艺落地过程中暴露的操作短板。针对光缆熔接损耗控制、敷设弧度管控、密封防护处理等关键工序,细化操作步骤与参数标准。修正原有创新工艺中适配性较弱的操作环节,简化繁琐作业流程,降低现场操作难度^[4]。结合现场施工环境的动态变化,微调工艺执行标准,弥补固定技术流程的局限性。针对高频出现的细微施工缺陷,增设专项防控工艺,从细节层面压缩施工误差空间,让新技术的应用效果更加稳定可靠。

4.2 施工适配性与兼容性优化方式

各类铁路工程项目建设标准、场地环境、设备配置存在差异,创新技术需要持续优化适配与兼容能力。针对新旧线路交替施工场景,调整技术应用模式,适配老旧线路结构参数与布设特点,减少新旧设备、线路衔接产生的施工冲突。结合不同地域的气候、地质条件,优化工艺参数与防护标准,提升技术对多元施工场景的容纳能力。对接铁路通信行业全新设备体系,优化智能施工技术的对接逻辑,保障施工设备与通信设备可以正常匹配运行。弱化技术应用的场景局限性,打破单一工况适配的固化模式,拓宽新技术的适用范围,满足不同类型铁路光缆工程的建设需求。

4.3 技术落地普及的实施路径

创新技术的规模化应用,需要搭建科学可行的落地实施路径。施工单位可依托试点工程项目,完成创新技术的实操打磨,积累不同场景的施工经验。组织一线施

工人员、技术人员开展专项技能培训,讲解新型工艺的操作要点与优化细节,提升全员技术实操水平。梳理标准化、规范化的技术应用手册,为后续大规模落地提供统一参考依据。结合项目施工反馈持续修正技术漏洞,逐步完善技术体系。依托成熟的项目实践经验,逐步扩大新技术的应用范围,完成从试点应用到全域落地的平稳过渡。

4.4 行业常态化推广实施策略

实现新技术的行业普及,需要搭建长效、常态化的推广机制。行业内部可整合优质施工案例,总结可复制的技术经验,形成统一的行业施工参考标准。搭建技术交流共享平台,推动各施工单位互通技术经验,解决技术落地过程中的共性难题。鼓励施工单位结合自身作业特点,对创新工艺进行二次优化改良,形成适配自身施工体系的特色技术模式。依托行业技术升级导向,引导工程项目优先采用新型施工技术,逐步替代传统老旧工艺。长效化的推广模式能够推动铁路光缆施工技术持续迭代,助力行业整体施工水平稳步提升。

结束语

铁路通信光缆施工技术的革新升级是适配现代铁路建设发展的必然趋势,各类改良工艺与智能施工手段可有效弥补传统施工模式的不足。结合铁路不同施工区段的环境特点与作业要求,差异化落实创新施工技术,依托精细化管控与多技术协同应用模式,能够切实提升光缆布设精度与线路耐久性能。持续优化技术适配性与实操细节,搭建完善的技术落地与行业推广机制,可有效规范现场施工作业流程,持续提升铁路通信光缆工程的整体建设品质。

参考文献

- [1]杨德臣.铁路通信光缆工程施工技术创新与应用研究[J].智能城市,2026,12(3):144-148.
- [2]崔华伟.铁路通信工程施工技术要点及质控管理分析[J].运输经理世界,2022(25):37-39.
- [3]郭浩.铁路通信工程施工技术要点及质控管理分析[J].大科技,2022(16):130-132.
- [4]张艳.铁路通信中光缆传输技术的应用研究[J].中国新通信,2023,22(15):56-57.