

铁路工程施工技术与安全管理分析

陈 晨

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 264000

摘 要：本文围绕铁路工程施工技术应用与安全管理两大核心议题展开研究。首先，系统阐述路基、桥梁、隧道、轨道四大板块核心施工技术及实操要点，明确各工序关键控制参数与质量标准。其次，深入剖析当前施工中存在的作业人员安全素养参差不齐、现场安全管控存在漏洞、安全管理体系落地不到位三大突出问题。在此基础上，提出规范技术标准落地、强化人员综合素养管控、细化现场安全精细化管理三项优化措施，引入 AI 智能监控等技术手段赋能现场管理，构建隐患排查整改闭环机制，为提升铁路工程施工质量与安全管控水平提供系统解决方案。

关键词：铁路工程；施工技术；安全管理；隐患防控；智能管控

引言：铁路工程作为国家重大线性基础设施，施工体系涵盖路基、桥梁、隧道、轨道等多个专业板块，技术专业性强、工序衔接紧密、安全管控要求高。施工技术的规范应用与安全管理的有效落实，直接决定工程结构稳定性、运营安全性与使用寿命。当前，铁路施工领域仍存在技术操作不规范、人员安全素养不足、现场管控漏洞多、管理体系落地不到位等突出问题，制约工程质量与施工安全水平提升。本文系统梳理铁路工程核心施工技术及实操要点，深入剖析安全管理现存问题，并从技术标准化、人员素养管控、现场精细化管理三个维度提出优化措施，为铁路工程高质量建设提供系统性技术参考。

1 铁路工程核心施工技术应用要点

铁路工程属于线性基础设施，施工体系庞大且复杂，涵盖路基、桥梁、隧道、轨道、站房、四电等多个专业分项，各分项工程均对应专属施工技术。技术应用的规范性与精准性直接决定工程整体结构稳定性、运营安全性与设计使用寿命，任何环节的技术偏差均可能引发质量隐患或安全事故。施工过程中须严格遵循国家铁路工程技术标准与施工规范，确保各工序衔接有序、质量可控^[1]。

现阶段铁路工程主流施工技术主要集中在路基、桥梁、隧道、轨道四大核心板块。（1）路基施工技术要点包括软基换填、CFG 桩复合地基处理、分层填筑压实、边坡防护与排水系统布设等，须严格控制填料级配、含水率与压实度指标，确保路基承载能力与工后沉降满足设计要求。（2）桥梁施工技术涵盖钻孔灌注桩桩基施工、大体积混凝土浇筑温控、预制 T 梁架设、连续梁悬

臂浇筑等关键工艺，须重点把控结构受力性能与线形精度。（3）隧道施工技术涉及钻爆法、盾构法、TBM 全断面掘进等多种工法，须根据地质条件与围岩等级合理选择施工方案，同时做好初期支护、二次衬砌与防排水处理。（4）轨道施工技术包括无砟轨道板铺设、长钢轨焊接与应力放散、轨道精调等核心工序，须确保轨道几何尺寸精度与平顺性达标。各板块技术应用要点均具有较强的专业性与实操性，须在施工全过程中严格落实技术交底与过程管控措施。

2 铁路工程主要施工技术及实操要点

2.1 路基施工技术

路基是铁路工程的基础承载结构，承担着轨道传递的静荷载与动荷载压力，其平整度、密实度与长期稳定性直接决定铁路行车安全与运营品质。（1）路基施工核心技术涵盖基底处理、填料摊铺、分层压实、边坡修整四大关键工序，各工序须严格执行技术规范，确保路基整体工程质量达标。（2）基底施工阶段，须彻底清除作业区域内的杂草、淤泥、腐殖土及软弱土层，对凹凸不平地面进行挖填平整处理，确保基底承载力均匀，避免因基底存在空洞、松软层导致后期路基不均匀沉降。填料选择须结合施工现场地质勘察条件，优先选用级配合理、稳定性强、透水性良好的砂石类填料，严格杜绝使用淤泥、冻土、膨胀土、有机质土等劣质填料。（3）摊铺作业须控制填料均匀度与摊铺厚度，避免因厚薄不均导致局部压实度差异。分层压实是路基施工的核心控制环节，须根据填料类型选用匹配的压实设备，按照先轻后重、先慢后快、先边缘后中间的碾压原则反复作业，确保路基整体密实度均匀一致，压实度指标满足设计要

求。施工完成后须及时开展边坡修整,合理设置排水坡度与截水沟,避免雨水冲刷造成路基塌陷、边坡滑坡等病害^[2]。

2.2 桥梁施工技术

铁路桥梁多用于跨越河流、沟壑、道路等障碍,施工场景复杂多变,对结构稳定性与承重能力要求极高。核心施工技术涵盖桩基施工、墩台施工、箱梁架设、桥面铺装四大关键工序,各工序须严格执行技术规范与质量验收标准,确保桥梁整体工程质量达标。(1)桩基施工前须精准定位桩位,核对地质勘探数据,根据土层条件与桩基设计要求选择钻孔方式。钻孔过程中须实时监测孔深、孔径、垂直度等关键参数,避免出现塌孔、偏孔等质量问题。成孔后须及时清理孔底沉渣,确保桩基底部密实,随后规范完成钢筋笼安装与混凝土浇筑作业,严格把控混凝土浇筑速度与振捣质量,杜绝断桩、夹渣等质量缺陷。(2)墩台施工须严格控制模板安装精度,保证墩台垂直度与平整度满足设计要求,模板加固须牢固可靠,防止混凝土浇筑过程中出现跑模、胀模现象。(3)箱梁架设须依托专业架梁设备,精准把控架设位置、标高与轴线偏差,确保箱梁衔接紧密、受力均匀。(4)桥面铺装阶段须做好基面清理、防水层铺设与保护层浇筑,严控铺装平整度与厚度,为后续轨道铺设提供良好结构基础。

2.3 隧道施工技术

铁路隧道属于地下工程,施工空间狭小、地质条件复杂多变,施工过程中易出现围岩变形、坍塌、涌水等问题。核心施工技术以开挖、支护、衬砌、通风排水四大工序为主,各工序须严格按照技术规范执行,确保施工安全与结构质量。(1)隧道开挖须遵循“短进尺、弱爆破、勤支护”的实操原则,根据围岩等级与地质条件选择全断面开挖法、台阶开挖法或CD法等适宜工法,严格控制开挖进尺与断面尺寸,最大限度减少对周边围岩的扰动。爆破作业须精准计算单段药量与装药结构,采用光面爆破或预裂爆破技术,避免过量爆破破坏围岩自承能力。(2)开挖完成后须第一时间开展初期支护,采用锚杆、喷射混凝土、钢拱架、钢筋网组合支护方式,快速封闭围岩表面,抑制围岩收敛变形,防止松散岩体脱落。衬砌施工须在围岩变形趋于稳定后开展,严格把控钢筋绑扎间距、模板支护精度与混凝土浇筑振捣质量,确保衬砌结构密实、无裂缝,提升隧道整体防渗与抗压性能。同时,须全程落实机械通风与排水技术措施,及时排出洞内粉尘、有害气体,疏导围岩涌水与施工积水,保障地下作业环境安全^[3]。

3 铁路工程施工安全管理现存问题

3.1 作业人员安全素养参差不齐

铁路工程施工现场一线作业人员多为临时务工人员,整体专业水平和安全素养偏低。大部分作业人员缺乏系统的安全培训,对高空作业、爆破作业、吊装作业等高危工序的安全风险认知不足,不熟悉规范的操作流程。施工过程中普遍存在侥幸心理,习惯性出现违规操作、简化作业流程、不佩戴安全防护用具等行为。同时,部分技术人员和现场管理人员安全责任意识薄弱,重施工进度、轻安全管控,对现场违规作业行为视而不见,未能及时纠正不规范操作,人为增加了安全事故发生概率。

3.2 施工现场安全管控存在漏洞

铁路工程施工点位分散、作业线路长、交叉工序多,现场安全管控难度极大。一方面,施工现场安全防护设施布设不规范,高空作业区域防护栏杆、安全网搭设不牢固,基坑、沟槽、隧道洞口等危险区域警示标识缺失、防护围挡不到位,临时用电线路铺设混乱,易引发坠落、坍塌、触电等安全事故。另一方面,现场机械设备管理混乱,大型架梁设备、挖掘机、压路机等设备长期高强度作业,日常检修、保养不到位,设备老化、零部件磨损等问题无法及时发现,设备带故障作业极易引发机械安全事故。此外,施工现场物料堆放杂乱,危险品、施工建材未分区分类存放,进一步加剧了现场安全隐患^[4]。

3.3 安全管理体系落地不到位

多数施工单位已建立基础的的安全管理制度,但制度落地执行力度不足,流于形式化。安全管理工作缺乏精细化、常态化管控,日常安全排查流于表面,仅针对显性隐患进行整改,对隐蔽性、长期性安全隐患排查不彻底,隐患整改闭环不完整。同时,安全管理责任划分不清晰,各岗位安全职责模糊,出现安全问题后无法精准追责,导致全员安全管控积极性不足。此外,施工过程中安全应急管理不完善,应急预案针对性不强,现场应急物资储备不足,作业人员应急处置能力薄弱,突发安全问题时无法快速有效处置,易造成事故扩大化。

4 铁路工程施工技术与安全管理优化措施

4.1 规范施工技术标准化落地

为解决施工技术操作不规范、工艺落实不到位等突出问题,须建立覆盖全工序的技术标准化管控机制。(1)施工前,技术人员须结合工程施工方案与现场地质条件,对各分项施工技术、工艺要点及质量控制

标准进行逐层细化交底,确保每一位作业人员熟练掌握操作规范、技术参数与验收要求,从源头消除技术理解偏差。(2)施工过程中,须安排专业技术人员对路基压实、桥梁混凝土浇筑、隧道开挖支护等关键工序实施全程旁站监督,实时监测施工参数与操作流程,及时纠正不规范操作行为。同时,建立技术复核与质量检测机制,每道工序施工完成后,严格开展质量检测与技术复核,逐项核对施工参数、结构尺寸与成型质量是否符合设计及规范标准,杜绝质量缺陷遗留至下道工序。针对特殊地质条件、复杂施工场景,须提前编制专项技术预案,优化施工工艺参数,保障技术应用与现场条件的适配性与规范性。

4.2 强化作业人员综合素养管控

人员是施工技术落实与安全管控的核心主体,作业人员综合素养直接影响施工质量与现场安全水平。提升人员综合素养是降低施工风险、保障工程品质的关键举措。(1)施工单位须建立常态化培训机制,施工前针对一线作业人员与现场管理人员开展专项培训,培训内容涵盖各工序规范操作流程、安全风险识别与评估、个人防护用具正确使用、突发事件应急处置方法等核心模块,确保全员具备基本安全操作能力。(2)针对爆破作业、桥梁架梁、高空作业、有限空间作业等高危岗位,须严格实行持证上岗制度,相关人员须取得对应岗位资格证书后方可参与作业,无资质人员严禁进入高危作业区域。同时,建立现场考核与奖惩机制,对严格执行规范操作、主动落实安全要求的人员予以正向激励,对违规作业、忽视安全规程的人员实施处罚,强化全员安全责任意识与规范作业意识。(3)须定期组织岗位实操演练与安全警示教育,使作业人员直观认识违规操作可能导致的后果,从源头上减少人为因素引发的安全风险。

4.3 细化施工现场安全精细化管理

聚焦施工现场各类安全隐患,须推行精细化、常态化现场管控机制,引入 AI 智能分析摄像头、智能监测设备等科技手段赋能现场管理,从防护设施、机械设备、物料管理、隐患排查四个角度落实安全管理责任。(1)完善现场安全防护设施,标准化搭设高空作业防护栏、临边防护网及危险区域硬质围挡,在关键部位配齐安全警示标识与夜间警示灯,规范临时用电线路铺设与接地保护,实现施工现场全区域、全时段防护覆盖;在全线

布设搭载 AI 智能分析功能的摄像头,实时识别未佩戴防护用具、越界作业、违规操作等行为,自动预警并推送提醒,弥补人工巡查盲区。(2)强化机械设备管理,建立设备台账与运行档案,落实日常检修与定期保养制度,作业前对设备性能、安全装置、零部件进行全面检查,杜绝设备带病运行,作业后及时清洁、养护设备,保障设备运行安全。(3)规范施工现场物料与危险品存放管理,分区分类整齐堆放,严格做好防潮、防火、防爆防护,危险品须设置专用存放区域并安排专人看管。(4)结合智能监测数据建立常态化安全隐患排查机制,每日开展现场巡查,全面排查显性与隐性安全隐患,建立隐患台账,明确整改责任人与整改时限,跟踪落实整改情况并组织复查验收,实现隐患排查、整改、复查全闭环管理^[5]。

结束语

铁路工程施工技术与安全管理是保障工程质量与运营安全的核心环节。本文系统阐述了路基、桥梁、隧道、轨道四大板块的核心施工技术要点,深入剖析了人员素养、现场管控、管理体系三方面现存问题,并提出了技术标准化落地、人员综合素养管控、融合智能科技推进现场安全精细化管理三项优化措施。铁路工程施工须持续强化全工序技术交底与过程管控,严格落实高危岗位持证上岗与常态化培训,依托智能设备推行隐患排查整改全闭环机制,切实提升施工质量与安全管理水平。各参建单位应将技术规范、智能管控与安全管理深度融合,从源头消除质量隐患与安全风险,为铁路工程高质量建设提供坚实保障。

参考文献

- [1] 张维洋. 浅析铁路工程施工安全管理要点 [J]. 中国设备工程,2022,(19):69-71.
- [2] 郭琳琳. 关于铁路工程施工中既有光电缆防护优化措施的探讨 [J]. 哈尔滨铁道科技,2025,(01):8-11.
- [3] 郝志军. 铁路施工中工程机械设备安全管理方法分析 [J]. 价值工程,2025,44(07):146-149.
- [4] 姬彬波,谭成伟,刘恒,等. 铁路隧道工程建设施工安全现状及应对策略 [J]. 交通节能环保,2024,20(S2):215-220.
- [5] 桑亮亮. 铁路隧道施工安全管理与控制措施探讨 [J]. 工程建设与设计,2024,(14):245-247.