

地铁施工安全管理创新及应用

郭以昇

徐州地铁信息科技有限公司 江苏 徐州 221000

摘要：地铁施工工序复杂、风险隐蔽性强，传统安全管理模式存在预警滞后、管控粗放等瓶颈，难以适配当前施工安全需求。本文分析了地铁施工安全风险特征、传统管理瓶颈及创新驱动因素，构建“四维理念-三维理论-四维架构”的创新理论框架，从技术与管理层面提出具体创新应用路径，并明确人员能力提升措施。研究表明，技术创新与管理模式创新协同发力，可有效提升地铁施工安全管控效能，为地铁施工安全管理实践提供理论支撑与实践参考。

关键词：地铁施工；安全管理；技术与管理创新；应用

引言：随着城市轨道交通快速发展，地铁施工规模不断扩大，深基坑、盾构掘进等高危工序的安全风险日益突出，传统安全管理模式已无法满足精准管控需求。当前技术迭代、环境变化及企业发展需求，共同推动地铁施工安全管理创新。基于此，本文结合徐州地铁信息科技有限公司相关实践经验，聚焦地铁施工安全管理的核心挑战，构建创新理论框架，探索技术与管理层面的创新应用及人员能力提升路径，助力地铁施工安全管理提质增效，保障施工安全有序推进。

1 地铁施工安全管理的核心挑战与创新需求

1.1 地铁施工典型安全风险特征

地铁施工核心工序存在显著安全风险，深基坑开挖易引发边坡坍塌、涌水涌砂，盾构掘进面临地质突变、管片破损等隐患，暗挖施工则受围岩稳定性影响大，易发生围岩坍塌、瓦斯泄漏。这些风险普遍具有隐蔽性强、耦合性高、管控难度大的特点，隐蔽性体现在风险多存在于地下，难以提前直观发现；耦合性表现为地质、机械、人员等多因素相互影响，易引发连锁安全事故；加之施工环境复杂、工序交叉多，进一步提升了风险管控难度。

1.2 传统安全管理模式的瓶颈

传统地铁施工安全管理模式已难以适配当前管控需求，存在诸多突出瓶颈。风险预警滞后，多依赖人工巡检，难以实时捕捉隐患苗头，易错过最佳处置时机；管理手段粗放，缺乏精准管控措施，对高危工序的管控多停留在表面；责任落实模糊，部分岗位安全职责划分不清晰，出现问题易推诿扯皮；资源配置低效，人力、物力资源分配不合理，重点风险区域保障不足，非重点区域资源浪费，严重制约安全管理效能。

1.3 安全管理创新的核心驱动因素

地铁施工安全管理创新具有强烈的现实必要性，受

多方面因素驱动。政策层面，国家不断收紧地铁施工安全监管要求，明确提出安全管理提质升级目标，倒逼企业推进创新；技术层面，物联网、BIM等技术迭代升级，为安全管理数字化、智能化转型提供了可能；施工环境层面，城市地铁施工面临的地质条件、周边环境愈发复杂，传统模式难以应对新挑战；企业层面，提质增效需求迫切，通过安全管理创新可减少安全事故损失，提升施工效率与核心竞争力，多方因素共同推动安全管理创新势在必行^[1]。

2 地铁施工安全管理创新的理论框架构建

本文围绕地铁施工安全管理创新需求，从创新理念、理论支撑、逻辑架构三个维度，构建科学系统的理论框架，为安全管理创新实践提供指引，具体内容如下：（1）创新理念的核心内涵。确立“人本化、系统化、智能化、动态化”四维安全管理创新理念，核心导向是实现地铁施工全流程、全要素安全可控。人本化聚焦施工人员主体地位，以人员安全防护、技能提升与行为规范为创新核心；系统化打破管理壁垒，实现安全管理与施工工序、各职能部门的协同联动；智能化依托数字技术赋能，推动安全管控从人工巡检向智能预判、精准管控转型；动态化适配施工场景、地质条件的动态变化，实现风险管控实时调整优化。（2）理论支撑体系。整合多学科理论，构建适配地铁施工场景的专属理论支撑框架。系统安全理论提供顶层指引，强调从施工系统整体出发，识别各要素关联风险，实现全系统、全流程安全管控；风险管理理论提供方法支撑，涵盖风险识别、评估、分级管控、隐患处置全流程，为风险管控提供科学路径；行为安全理论聚焦人员行为管控，为规范作业行为、减少人为隐患提供理论依据，三者有机融合保障创新框架的科学性与可行性。（3）创新框架的逻辑架构。搭建“目标层-策略层-执行层-保障层”四维逻

辑架构,各层级衔接紧密、协同发力。目标层明确“零重特大安全事故、降低一般安全隐患、提升安全管理效能”的核心目标;策略层围绕四维创新理念,制定风险精准管控、技术智能赋能、人员规范管理等针对性策略;执行层聚焦现场落地,落实各工序安全管控、智能监测、隐患闭环处置等措施;保障层从制度、技术、资源、人员四方面提供支撑,形成完整逻辑闭环,确保创新框架可落地、可推广^[2]。

3 地铁施工安全管理在技术与管理层面的创新应用

3.1 地铁施工安全管理的技术创新应用

3.1.1 智能监测与风险预警技术

围绕地铁施工关键部位风险隐蔽性强、管控难度大的痛点,构建“感知-传输-分析-预警”一体化智能监测体系,实现风险的动态感知与超前防控。(1)物联网传感器应用:在深基坑、盾构隧道、围岩等关键部位,布设位移、沉降、应力、渗水量等多类型物联网传感器,实时采集各类安全数据,通过无线传输同步上传至数据平台,实现施工关键参数24小时不间断监测,有效解决传统人工监测效率低、数据滞后、误差大的问题,为风险研判提供精准支撑。(2)实时监测系统搭建:整合传感器数据,搭建地铁施工安全实时监测系统,实现数据实时展示、异常自动标注,支持多终端同步查看,便于管理人员实时掌握施工安全状态,及时处置数据异常。(3)AI风险识别算法应用:引入AI风险识别算法,深度分析监测数据,建立风险阈值模型,数据超出阈值时自动触发声光预警、短信提醒,精准识别坍塌、涌水等潜在风险,实现超前预警,为隐患处置争取时间。

3.1.2 数字化施工管控技术

以BIM技术为核心,推动施工管控数字化转型,通过三维可视化、流程精细化管控,提前规避隐患、优化施工流程,提升管控精准度。(1)施工方案模拟:将BIM技术与施工方案深度结合,搭建三维模型,对深基坑开挖、盾构掘进等高危工序模拟推演,直观呈现风险点,提前排查隐患、优化流程参数,避免因方案不合理引发事故。(2)工序衔接优化:依托BIM模型,明确各工序衔接节点、作业时间和人员配置,实现数字化管控,减少工序交叉冲突,避免衔接不当引发的安全隐患。(3)安全隐患可视化排查:通过BIM模型标注风险点与隐患位置,结合现场巡检数据,实现隐患可视化排查与跟踪,确保隐患闭环管理,提升管控精准度。

3.1.3 智能装备与自动化技术

聚焦高危工序与危险场景,推广智能装备与自动化技术,减少人工干预,从源头降低人为风险,提升安全

保障能力与效率。(1)盾构智能掘进技术:应用智能掘进系统,整合地质探测、姿态控制等功能,实现盾构机自动导向、掘进与纠偏,减少人工操作失误,降低管片破损、设备卡阻等风险,提升掘进效率。(2)无人化作业装备应用:在高空、深基坑等高危场景,投入无人塔吊、巡检机器人等装备,替代人工作业,减少人员暴露风险,保障作业人员安全。(3)智能支护系统应用:针对围岩不稳定区域,采用智能支护系统,实时监测围岩应力变化,自动调节支护力度与时机,防范围岩坍塌,保障地下施工安全。

3.1.4 应急救援智能化技术

立足事故应急处置的紧迫性与危险性,创新应急救援技术,构建智能化应急体系,提升响应与处置效率。(1)智能应急指挥平台搭建:整合视频监控、监测数据、应急资源,搭建指挥平台,事故发生时可快速定位、识别事故类型,自动调取救援资源与预案,为指挥决策提供支撑。(2)无人机救援应用:通过无人机空中巡查,快速获取事故现场全貌与人员被困情况,避免救援人员进入危险区域,同时可投放救援物资,为被困人员提供临时保障。(3)机器人抢险应用:投入抢险机器人,替代人工完成废墟清理、积水抽排等高危作业,提升应急处置安全性与效率,减少人员伤亡和财产损失^[3]。

3.2 地铁施工安全管理的模式创新

3.2.1 全生命周期协同管理模式

打破各环节管理壁垒,构建全生命周期安全协同体系,实现无缝衔接、协同发力,从源头降低风险。(1)构建全流程协同体系:打破规划、设计、施工、验收各环节壁垒,明确各环节责任、标准与衔接流程,避免管理脱节与责任真空。(2)建立协同管理平台:整合各环节安全数据、隐患信息,实现建设、设计、施工、监理单位信息共享,协同推进隐患整改,形成管理合力。(3)强化前期管控:规划、设计阶段引入风险评估,将安全理念融入全过程;验收阶段严格落实标准,全面排查隐患,实现“事前预防、事中管控、事后闭环”管理。

3.2.2 网格化责任管控模式

聚焦施工安全管理全覆盖、无死角目标,推行网格化管控,将安全责任精准落实到个人,提升安全管理的精细化水平。(1)科学划分管理网格:以施工区域、作业工序为核心,结合施工进度、风险等级,将整个施工项目划分为若干个管理网格,明确每个网格的管控范围、风险点、管控重点,实现安全管理的全覆盖、无死角,确保每一个区域、每一道工序都有专人管控。(2)明确网格责任体系:为每个网格配备网格长、网格员,

明确网格长、网格员的岗位职责，将安全管理责任精准落实到个人，实现“网格有人管、责任有人担、隐患有人查”，杜绝责任推诿扯皮现象。（3）建立网格考核机制：制定网格安全管理考核标准，定期对各网格的安全管控情况进行考核，考核结果与网格人员绩效、岗位晋升挂钩，倒逼网格人员严格落实管控责任，及时排查整改隐患，提升网格管控效能。

3.2.3 多方联动管控机制

整合参与方资源，建立联动机制，明确各方责任、强化协同，形成“风险共防、责任共担”的管理格局。

（1）明确多方责任分工：建立建设、施工、监理、设计及属地监管部门联动机制，明确各方职责，确保各司其职、各负其责。（2）搭建联动沟通平台：建立沟通群与联席会议制度，及时共享安全信息、排查情况，协调解决安全问题，避免隐患漏管漏治。（3）强化联合督查：定期组织多方联合督查，聚焦高危工序与重点区域，排查隐患并挂牌督办，确保及时整改，形成齐抓共管格局。

3.2.4 动态化风险分级管控模式

结合风险动态变化特点，建立分级管控模式，实现精准识别、分级管控、动态调整，提升管控针对性。

（1）建立风险动态评估机制：结合施工进度、地质条件等，定期排查、分级评估风险，明确风险等级，及时更新风险清单。（2）实施差异化管控策略：重大风险挂牌督办、专人值守；较大风险重点管控、定期复盘；一般风险常规巡检，提升管控针对性。（3）建立动态调整机制：根据施工进展、隐患整改等情况，实时调整风险等级与管控措施，确保适配施工实际，防范安全事故^[4]。

4 地铁施工安全管理创新的人员能力提升路径

人员能力是地铁施工安全管理创新落地的核心支撑，结合创新应用需求，聚焦管理人员、作业人员两大核心群体，构建以下针对性的能力提升路径：（1）构建分层分类培训体系。针对管理人员，重点开展创新技术、新型管理模式培训，涵盖智能监测系统操作、BIM技术应用、网格化管控流程等内容，提升其统筹协调与创新落地能力；针对作业人员，聚焦智能装备操作、安全

规范执行等，开展实操培训，确保其熟练掌握创新装备与工艺的操作要点，适配创新管理要求。（2）建立实操演练与考核机制。搭建创新应用实操演练平台，模拟智能监测预警、应急救援智能化处置、网格化隐患排查等场景，组织人员开展实战化演练，强化实操能力。建立常态化考核机制，将创新技术应用、管理流程执行等纳入考核范围，考核结果与岗位晋升、绩效挂钩，倒逼人员提升能力。（3）完善人才引进与激励机制。引进具备数字化、智能化专业能力的复合型人才，补充创新管理人才队伍；建立内部传帮带机制，由技术骨干带动普通人员提升创新应用能力。设立创新激励奖项，对在创新实践中表现突出、能力提升显著的人员给予表彰奖励，激发人员主动提升能力的积极性^[5]。

结束语：本文围绕地铁施工安全管理创新及应用展开研究，系统分析了施工安全管理的核心挑战与创新需求，构建了科学的创新理论框架，明确了技术与管理层面的创新应用路径及人员能力提升策略。创新应用实践表明，智能化技术与新型管理模式的融合，能有效破解传统管理瓶颈，提升安全管控的精准度与效率。未来可结合地铁施工智能化发展趋势，进一步优化创新方案，强化技术与管理的深度融合，持续完善人员培育体系，为城市地铁施工安全管理高质量发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1]谢永刚.地铁施工安全管理创新及应用[J].价值工程,2021,40(3):204-205.
- [2]李玉.地铁工程施工安全风险管理中韧性理念的渗透[J].工程建设与设计,2025(3):261-263.
- [3]方荣.地铁基坑施工期安全监测体系研究与应用[J].车迷,2026(2):0172-0174.
- [4]刘勇,何利强.创新式网格化安全管理在地铁施工中的应用[J].云南水力发电,2021,37(12):281-283.
- [5]李锦涛,彭存存.智慧工地系统在地铁施工现场安全管理中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2026(1):185-187.