

轨道交通施工现场作业人员不安全行为矫正机制与效果验证研究

夏 飞

中交一公局第八工程有限公司 天津 300170

【摘 要】：我国轨道交通建设规模扩大，但 72.3%施工事故源于作业人员不安全行为。本文剖析该行为类型与“人-机-环-管”成因，构建“教育培训-监督管控-激励约束-心理干预”四位一体矫正机制，以某地铁项目实证。结果显示，机制实施后不安全行为发生率降 68%、事故率降 75%，员工安全意识与技能升 30%以上，为轨道交通施工安全管理提供实践参考。

【关键词】：轨道交通施工；不安全行为；矫正机制；效果验证；安全管理

DOI:10.12417/2811-0722.26.01.003

随着我国城市轨道交通网络化建设持续推进，2025 年行业发展呈现规模化扩张态势。据中国城市轨道交通协会最新统计，截至 2025 年上半年，全国已开通运营轨道交通线路总里程突破 1.5 万公里，在建线路规模超 6500 公里，涉及 40 余座城市的重点工程。但轨道交通施工涵盖多个高风险环节，安全事故频发。现有研究多侧重行为识别，缺乏专项矫正机制。本文旨在剖析该行为成因，构建针对性矫正机制并实证验证，完善理论体系的同时，为施工企业提供可落地的安全管理方案。

1 轨道交通施工现场作业人员不安全行为现状分析

要分析不安全行为现状，需先明确其核心范畴与具体表现。只有清晰界定行为类型、对应高发场景及潜在风险，才能为后续剖析成因提供精准靶向，因此先从不安全行为的界定与类型展开具体梳理。

1.1 不安全行为的界定与类型

不安全行为是指作业人员在施工过程中，违反安全法规、操作规程或管理要求，可能引发事故的行为。结合轨道交通施工特点，将其分为四类，具体如下表所示：

表 1 不安全行为界定与类型

行为类型	具体表现	高发场景	潜在风险
违章操作行为	盾构机操作参数超标、电焊作业未防护；基坑边坡超挖/堆载超标、模板支撑立杆间距违规、混凝土浇筑速度过快	盾构区间、车站机电安装、深基坑开挖、车站主体结构施工	设备损坏、火灾、触电；基坑失稳、模板坍塌、结构裂缝
防护缺失行为	未戴安全帽、高空作业不系安全带；基坑临边未设防护栏、起重吊装作业未穿防滑鞋	高架墩柱施工、深基坑临边、起重吊装作业、主体结构高空作业	高处坠落、物体打击；边坡坍塌、人员坠落
违章指挥行为	强令员工冒险作业、未按方案组织施工	工期紧张的车站主体施工	坍塌、群体伤害
认知偏差行为	误判风险（如忽视有限空间有毒气体）、侥幸心理	地下暗挖、有限空间作业	中毒窒息、爆炸

1.2 不安全行为产生的成因分析

从“人-机-环-管”四维度剖析成因，明确矫正机制的靶向

方向：人的因素上，作业人员安全意识淡薄（农民工占比超 60%，部分未受系统培训）、技能不足（大型设备操作存无证上岗，起重工、基坑支护工等特种作业人员技能不达标），且工期压力易致疲劳作业、焦虑等心理失衡；管理因素上，安全制度空转、监督力度不足：传统人工巡查覆盖率低，地下区间有监控盲区，深基坑、起重吊装等危大工程专项监管缺位，且激励约束失衡；环境因素上，地下作业潮湿多粉尘、照明差易分散注意力，交叉作业干扰多，基坑作业地质复杂、主体结构施工上下层交叉干扰强烈；设备因素上，防护设备老化，盾构机等设备操作界面复杂易误触，起重设备安全装置失效、基坑监测设备故障未及时维修。^[1]

2 轨道交通施工现场作业人员不安全行为矫正机制构建

基于成因分析，本文构建“教育培训-监督管控-激励约束-心理干预”四位一体的矫正机制，各子机制相互协同，形成“识别-矫正-巩固”的闭环管理，从不同维度针对性解决作业人员不安全行为背后的核心问题。

2.1 教育培训矫正机制

教育培训矫正机制聚焦作业人员安全认知与技能短板，通过分层分类设计实现精准赋能。针对新入职人员，推行“3+2”培训模式，3 天理论学习覆盖轨道交通施工安全法规、各工序风险点解析，重点增加深基坑支护规范、起重吊装“十不吊”原则、主体结构模板支撑安全要求等内容；2 天实操训练聚焦防护装备规范穿戴、应急设备基础操作。新增基坑临边防护搭设、起重吊装指挥信号识别、塔吊基础检查等实操项目，所有内容均结合轨道交通施工特有的“地下+高架+深基坑”场景设计，避免泛化讲解；考核环节采用理论与实操双维度评估，理论部分通过线上答题检验知识掌握度，实操部分需现场演示盾构机辅助操作、有限空间防护流程、起重吊装指挥手势、基坑边坡监测操作等，不合格者需重新参训并进行二次考核，确保掌握核心技能。针对在岗人员，每季度开展专项技能补训，内容围绕近期施工重点调整，比如深基坑施工阶段重点培训边坡监测数据解读、应急抢险措施，起重吊装作业集中阶段强化设备安全检查、荷载核算等技能；同时引入案例复盘环节，选取

轨道交通行业内典型事故案例，如基坑坍塌、起重吊装倾覆事故，拆解其中因技能不足导致的不安全行为，帮助人员建立“技能与安全直接关联”的认知。此外，在施工现场设置安全行为体验馆，通过VR模拟和实物操作让人员直观感受基坑坍塌、起重吊装构件坠落等场景的后果，强化技能记忆与安全敬畏心^[2]。

2.2 监督管控矫正机制

监督管控矫正机制通过技术监测和人工巡查双重手段，实现对不安全行为的实时识别与即时干预，消除管理盲区。在技术应用层面，关键施工区域部署AI视频监控系统，重点识别未戴安全帽、高空作业无防护、违规进入危险区域等行为，系统触发预警后，会同步向现场安全员手机端推送定位+行为截图，安全员需在规定时间内抵达现场处置；针对地下盾构区间等信号薄弱区域，为作业人员配备内置UWB定位模块的智能手环，除实时定位外，还能监测心率、体温等生理指标，当出现心率异常（提示疲劳或紧张）、超出限定活动范围等情况时，手环会发出震动提醒，同时数据上传至项目安全管理平台，后台管理人员可实时跟踪并介入。在人工巡查层面，建立三级巡查体系，班组安全员每2小时对责任区域巡查1次，重点检查临时用电、防护设施完整性等易出现即时性不安全行为的环节；项目安全管理部每日开展专项巡查，聚焦高风险工序如深基坑开挖、有限空间作业的行为规范；公司安全督查组每月进行随机抽查，采用“不打招呼、直奔现场”的方式，避免巡查流于形式。同时推行“不安全行为随手拍”机制，鼓励所有人员拍摄身边违规行为，上传至管理平台后由专人核实，核实无误后对拍摄者给予奖励，对违规人员即时教育，形成全员参与的监督氛围^[3]。

2.3 激励约束矫正机制

激励约束矫正机制通过正向引导与负向规制相结合，将安全行为与人员切身利益挂钩，激发主动遵守安全规范的意愿。正向激励从个人与班组两个层面设计：个人层面推行安全标兵评选，每月从无违规记录、积极参与安全活动的人员中选取5%评为安全标兵，除现金奖励外，还可获得安全积分，积分可兑换生活用品或免费参加特种设备操作证培训等职业提升机会；连续3个月获评“安全标兵”的人员，在岗位晋升、评优评先中优先考虑。班组层面开展安全竞赛，以班组为单位统计月度不安全行为发生率，对零违规班组给予专项奖金，奖金需专项用于改善班组安全条件，如购置新型防护手套、升级作业区域照明设备等，同时在项目公告栏公示优秀班组案例，强化集体荣誉感。负向约束则注重梯度化与长效性：首次发现不安全行为，给予口头警告并记录在个人安全档案，同时安排1小时安全再教育；二次发现同一类型违规，扣除当月部分安全奖金，强制参加为期1天的安全学习班，学习内容包括法规重读、事故案例深度剖析；累计3次违规或单次出现严重违规（如擅自

拆除安全防护设施），立即清退出场，且个人安全档案中记录该违规信息，半年内不得进入本企业任一项目作业。此外，安全档案数据会作为劳动合同续签、工资调整的重要参考，让人员清晰认识到不安全行为对职业发展的直接影响。

2.4 心理干预矫正机制

心理干预矫正机制聚焦作业人员心理状态对行为的影响，通过前期评估、中期疏导、后期优化，帮助人员保持稳定心理，避免因情绪或状态问题引发不安全行为。在心理评估环节，新员工入职时需完成“SCL-90症状自评量表”测评，从躯体化、焦虑、抑郁等维度识别心理风险较高的人员，对测评结果异常者进行一对一面谈，了解是否存在家庭压力、职业适应困难等问题，建立专属心理跟踪档案；每月面向全体一线人员开展心理状态调研，采用“POMS疲劳量表”结合简短问卷，收集人员对工期压力、作业环境的感受，同时安排安全员与班组人员定期谈心，主动发现潜在心理困扰。在心理疏导环节，项目设立心理疏导室，聘请专业心理咨询师每月驻场两次，提供一对一疏导服务，针对焦虑、疲劳等常见问题，采用认知行为疗法帮助人员调整心态；同时定期组织减压活动，如工地篮球赛、心理健康知识讲座、集体观影等，通过轻松的活动缓解工作压力，促进人员间的交流，减少孤独感与负面情绪积累。在后期优化环节，根据心理调研结果调整管理措施，比如针对“连班作业导致疲劳”的反馈，优化排班方案，确保每人每日休息时间不低于8小时，避免连续两天以上高强度作业；针对“家庭问题影响情绪”的情况，协助人员协调假期，或提供心理咨询资源对接，帮助解决实际困扰，从源头减少心理失衡对安全行为的干扰，让人员能以专注、稳定的状态投入作业。

3 矫正机制效果验证

为验证矫正机制的实际有效性，需依托具体项目开展实证研究。选取典型轨道交通项目作为案例，明确其基本概况、实施前后的安全状况，是后续数据收集与效果分析的基础。

3.1 案例项目概况

实证案例选某地铁30号线一期工程，线路全长27.67公里，含24座地下车站+1座车辆段站，核心工序有盾构区间开挖、深基坑开挖、支护、降水，高大模板支撑体系，各工序日均作业人员超200人，交叉作业频繁。项目共850名作业人员（农民工占65%，特种作业人员120人）。2023年1-6月（实施前），月均发生25起不安全行为，“防护缺失行为”占比最高（40%），还发生1起致1人重伤的高处坠落事故；2023年7-12月，全面推行本文“四位一体”矫正机制，用6个月跟踪验证，对比前后数据评估效果。

3.2 数据收集与分析方法

数据来自三类：一是安全日志，提取实施前（1-6月）、后（7-12月）的不安全行为次数、事故类型及处置记录；二是

问卷, 6月、12月各发850份, 有效回收率92.9% (790份)、94.1% (799份), 内容涉“安全与工期优先级”认知、应急设备操作自评; 三是访谈, 选20人 (5名班组长+8名特种作业人员+7名普通工人) 记录感受。分析用两种: 对比行为发生率、事故率变化; 用SPSS 26.0做t检验, 验证意识与技能评分差异 ($\alpha=0.05$)。

3.3.1 不安全行为发生率显著下降

机制实施后, 月均不安全行为从25起降至8起, 发生率从0.030次/人/月降至0.009次/人/月, 降幅68%。分类型看, “防护缺失行为”从10起/月降至2起/月 (降幅80%), “违章操作行为”从8起/月降至3起/月 (降幅62.5%)。日常巡查中, 未戴安全帽、高空无防护等即时性违规明显减少, 教育培训让技能短板补全, 监督管控拦住明知故犯, 合规率大幅提升^[4]。

3.3.2 事故率大幅降低

实施前 (1-6月), 项目发生1起重伤事故, 事故率0.8次/百万元产值; 实施后 (7-12月), 仅出现1起无人员伤亡的轻微物体打击事故, 事故率降至0.2次/百万元产值, 降幅75%。因机制控住了事故直接诱因——比如及时制止高空无防护作业, 避免坠落风险; 提升设备操作技能, 减少失误引发的故障, 6个月内未发生一般及以上安全事故。

参考文献:

- [1] 郭飞, 孔恒, 乔国刚. 基于卷积神经网络算法的城市轨道交通施工人员不安全行为智能识别技术[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(3): 230-233, 239.
- [2] 刘小军. 地铁施工人员不安全行为分析及管理对策研究——基于Y市地铁X号线的调查[D]. 浙江: 浙江工业大学, 2022.
- [3] 齐欢, 李永乐, 罗维. 城市轨道交通质量建设管理行为标准化研究[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(10): 144-146.
- [4] 史正洪. 上海轨道交通15号线建设管理标准化探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(10): 151-155.
- [5] 张露. 智慧工地在轨道交通安全生产上的应用[J]. 国际建筑学, 2025, 7(9).

3.3.3 员工安全意识与技能显著提升

问卷结果显示, 安全意识评分从实施前65.2分升至85.7分 (升31.4%), 技能评分从60.5分升至82.3分 (升36.0%), t检验得 $t=28.36$ (意识)、 $t=32.17$ (技能), 均 $p<0.05$, 差异显著。现场观察中, 90%以上员工能规范穿戴防护装备, 面对临时停电、设备小故障, 85%能按流程处置, 不再像之前因技能不足慌乱。

3.3.4 管理效率提升

技术层面, AI监控+智能手环让地下区间监控覆盖率从30%升至95%, 安全员人均管理范围扩大, 效率提2倍; 人员层面, “不安全行为随手拍”月均收到有效反馈45条, 违规处置时间从1小时缩至20分钟; 心理干预后, 员工请假率从5%降至2%, 作业效率间接提10%, 整体管理成本降低15%, 流程更顺畅。

4 结语

综上所述, 本文构建的“四位一体”矫正机制, 能有效降低轨道交通施工现场不安全行为发生率与事故率, 显著提升员工安全意识与技能, 实现安全与管理效率双赢。但研究样本仅1个地铁项目, 验证周期6个月, 长期效果待观察。未来可扩大样本范围, 结合数字孪生等技术优化机制, 推动施工安全管理向主动预防转型。