

地铁工程施工技术管理与工程风险管理策略探究

鲁振华

中铁华铁工程设计集团有限公司广州分公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/ADA.2024050010

摘 要： 地铁工程施工技术管理与风险管理至关重要。需精确控制明挖、盾构、暗挖法等技术参数，完善标准化管理体系。构建三维风险识别模型及定量评估模型，做好软弱地层加固与邻近建构筑物防护，制定盾构专项方案，完善应急管理体系。融合 BIM、智能监测等技术，建立风险预警、保险、培训等机制，提升管理水平。

关 键 词： 地铁工程；施工技术管理；工程风险管理

Exploration of Construction Technology Management and Engineering Risk Management Strategies for Subway Engineering Construction

Lu Zhenhua

China Railway Huatie Engineering Design Group Co., Ltd. Guangzhou Branch, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The construction technology management and risk management of subway engineering are crucial. Accurate control of technical parameters such as open excavation, shield tunneling, and underground excavation methods is required to improve the standardized management system. Construct a three-dimensional risk identification model and quantitative evaluation model, strengthen weak strata and protect adjacent buildings, develop a special shield tunneling plan, and improve the emergency management system. Integrating BIM, intelligent monitoring and other technologies, establishing risk warning, insurance, training and other mechanisms to enhance management level.

Keywords： subway engineering; construction technology management; engineering risk management

引言

2023年颁布的《城市轨道交通工程建设标准规范》旨在进一步提升地铁工程建设质量与安全水平。地铁工程施工涉及明挖法、盾构法等多种技术，各技术参数控制、施工工艺管理以及风险防控至关重要。从施工技术标准化管理，到构建风险识别模型、进行风险量化评估，再到软弱地层加固、邻近建构筑物防护等多方面工作，都需要科学的方法与体系。引入相关政策，能更好地规范施工流程，强化风险管理，确保地铁工程建设符合高标准要求，为城市轨道交通事业稳健发展提供保障。

一、地铁工程施工技术管理体系建设

（一）地铁工程特殊施工技术要点

地铁工程中，明挖法、盾构法及暗挖法各具特点，其技术参数控制至关重要。明挖法施工时，要精确控制基坑的开挖深度、宽度以及边坡坡度，确保基坑稳定性，同时关注支撑体系的参数设定，防止变形过大影响周边环境^[1]。盾构法需重点把握盾构机的掘进速度、土仓压力、注浆量等参数，以保障隧道成型质量，避免地表沉降。暗挖法对围岩的预支护参数和开挖进尺控制要求高，依据不同地质条件合理选择支护方式和确定进尺大小，确保施工安全。在深基坑支护体系设计与施工精度管理方面，要综合考虑地质条件、周边建筑物等因素，精确计算支护结构的强度、

刚度与稳定性，施工中严格控制各环节精度，确保支护体系发挥应有作用，保障地铁工程安全推进。

（二）施工技术标准化管理体系

地铁工程施工技术标准化管理体系涵盖多方面关键内容。从图纸会审环节起，便需严格把关，确保施工图纸准确无误、符合实际施工要求，各专业间相互协调，为后续施工奠定坚实基础。施工过程中，新技术应用评审机制至关重要。对于拟采用的新技术，应组织专业技术人员进行全面评审，评估其在本地地铁工程中的可行性、适用性与经济性^[2]。要考量新技术对工程质量、进度、安全的影响，权衡利弊。评审通过后，制定详细的新技术应用方案，明确操作流程、质量标准与验收要求等。在竣工验收阶段，依据既定的施工技术标准和验收规范，对工程实体及技术资

料进行全面细致验收，确保地铁工程质量达到标准化要求。

二、地铁工程风险识别与评估体系

（一）工程风险源三维识别模型

构建地质条件－施工工艺－周边环境的三维风险识别模型^[3]。地质条件方面，涵盖土体性质、地下水状况、地质构造等因素，不同的地质特性会对地铁工程产生不同风险，如软土地层易引发沉降。施工工艺维度，涉及明挖法、暗挖法、盾构法等各类施工方法，每种工艺在操作流程、技术要求上存在差异，风险点也各不相同，像盾构法可能面临刀具磨损、掘进偏差风险。周边环境则包含建筑物、地下管线、交通状况等，临近重要建筑物可能因施工振动导致结构受损，复杂地下管线可能因施工被破坏。通过整合这三个维度，能够全面、系统地识别地铁工程风险源，并结合动态风险清单更新机制，及时捕捉工程推进过程中出现的新风险，为后续风险管理提供准确依据。

（二）定量风险评估模型构建

在地铁工程风险识别与评估体系中，定量风险评估模型构建极为关键。采用模糊层次分析法建立地铁工程风险等级评估矩阵。此方法将复杂的风险问题分解为多个层次，通过构造判断矩阵确定各风险因素权重，能有效处理风险评估中的模糊性与不确定性^[4]。在此基础上，制定不同风险等级的应对阈值标准，根据计算出的风险水平，与预先设定的阈值对比，清晰划分风险等级。如此一来，便可以对地铁工程各类风险进行量化评估，为后续针对性制定风险管理策略提供精准依据，让工程管理人员明确不同风险程度下应采取的措施，降低风险对工程造成的不利影响，确保地铁工程顺利推进。

三、工程风险防控技术措施

（一）地质风险防控技术

1. 软弱地层加固技术

在地铁工程中，软弱地层加固极为关键。研究注浆加固参数优化，能有效提升软弱地层的承载能力与稳定性。通过精准确定注浆材料、注浆压力、注浆量等参数，可确保浆液均匀扩散并充分填充地层空隙，增强土体的粘结力与强度^[5]。例如，对于不同类型的软弱土层，需根据其颗粒组成、渗透系数等特性选择合适的注浆材料，如水泥浆、化学浆液等。同时，施工监测技术也不可或缺，借助实时监测地层位移、变形以及孔隙水压力等指标，可及时发现潜在风险并调整施工参数。此外，提出地下水控制标准，避免因地下水水位变化引发地层沉降或突水等问题，维持软弱地层的稳定，为地铁工程施工创造安全可靠的地质条件。

2. 邻近建构筑物防护

在地铁工程施工中，邻近建构筑物防护至关重要。对于受施工影响的建构筑物，需先开展详细的现状评估，掌握其结构特点、基础形式等^[6]。可采用隔离桩、连续墙等进行隔离防护，有效阻止施工对建构筑物的不利影响。在开挖过程中，合理控制开

挖尺寸与速度，减少地层扰动。微震动爆破技术的运用能精准控制爆破能量与震动幅度，将对邻近建构筑物的震动影响降至最低。同时，部署自动化监测系统，实时监测建构筑物的沉降、位移等变形数据，一旦数据接近预警值，立即采取相应措施，如调整施工参数、对建构筑物进行加固等，保障邻近建构筑物在地铁工程施工期间的安全与稳定。

（二）施工过程风险管理

1. 盾构施工风险控制

在地铁工程盾构施工过程中，需制定盾构始发/接收专项方案。始发前，要精确勘查地质条件，对端头土体合理加固，确保洞口土体稳定^[7]。接收时，提前做好接收井准备工作，保证盾构准确就位。对于土仓压力动态平衡控制，需实时监测土仓压力变化，依据地质状况、推进速度等调整螺旋输送机出土量与盾构机推力。当遇到软土地层，适当降低土仓压力，避免地面隆起；在硬岩地层，则适当提高压力，保证开挖面稳定。通过这些技术措施，有效防控盾构施工风险，保障地铁工程施工安全与质量，实现土仓压力动态平衡，确保盾构施工顺利进行。

2. 应急管理体系建设

应急管理体系建设需构建分级响应机制，依据事故的严重程度、影响范围等因素，明确不同级别响应的启动条件、负责主体和处置流程，确保在各类事故发生时能迅速、有序地做出反应。同时，编制典型事故应急预案操作流程^[8]，针对地铁工程可能出现的如坍塌、透水、火灾等典型事故，制定详细、具体且具有可操作性的预案流程。涵盖事故发生时的报警程序、初期应急处置措施、救援力量调配、人员疏散路径以及后期恢复等各环节内容，为现场人员在紧急状况下提供清晰、明确的行动指南，使应急处置工作得以高效、科学地开展，最大程度降低事故造成的损失和影响，保障地铁工程施工安全。

四、工程管理优化策略

（一）信息化管理平台构建

1. BIM技术融合应用

在地铁工程施工中，BIM技术融合应用对工程管理优化意义重大。开发基于BIM的施工模拟系统，能通过构建精确的三维模型，全方位展示工程各部分结构。利用该模型，可有效实现碰撞检测，提前发现如管道与结构构件、不同专业设备之间潜在的碰撞问题，避免施工过程中的返工与延误，大幅节省成本与时间。同时，此系统还能实现进度协同管理，将施工进度计划与BIM模型关联，实时反映工程进展，各参与方可以直观了解工程状态，及时发现进度偏差。借助系统的分析功能，可快速制定调整措施，确保工程按计划推进，提升整体施工效率与管理水平^[9]。

2. 智能监测系统集成

在地铁工程施工中，智能监测系统集成至关重要。通过研究物联网传感器网络布局方案，能精准地在地铁工程的关键部位，如隧道壁、轨道基础等合理布设传感器，实现对工程结构应力、变形、振动等关键数据的实时采集。借助大数据分析模型^[10]，

对采集到的海量数据进行深度挖掘与分析，可快速识别潜在风险因素及异常趋势。比如，通过分析盾构施工时的各类数据，提前预警可能出现的土体坍塌、管片破裂等风险，以便及时采取针对性措施。这一智能监测系统集成，将物联网与大数据技术有机结合，实现对地铁工程全方位、动态化的监测与管理，有效提升工程管理效率，降低工程风险，为地铁工程的顺利推进提供有力技术支撑。

（二）全过程风险管理机制

1. 风险预警指标体系

建立地铁工程风险预警指标体系，需筛选能精准反映工程潜在风险的核心指标。这50项核心指标涵盖地质条件、施工工艺、周边环境等多方面。比如，地质方面关注土体强度、地下水位等指标，因为土体强度变化可能影响隧道稳定性，地下水位异常上升会增加涌水风险。施工工艺上，重视盾构推进速度、注浆压力等，推进速度过快或注浆压力不当，易造成管片变形、地表沉降。周边环境指标包含临近建筑物沉降、地下管线位移等，其变化关乎周边设施安全。同时，依据这些指标制定详细预警响应流程，当指标超出正常范围，迅速启动相应等级的预警，明确各层级响应措施，以便及时处理风险，保障地铁工程顺利推进。

2. 保险转移策略优化

分析地铁工程一切险投保方案时，需综合考虑工程特点、潜在风险因素等。可根据不同施工阶段面临的风险差异，调整保险范围与保额。对于前期场地勘察与准备阶段，侧重于地质风险相关的保障；施工建设阶段，着重对施工事故、设备损坏等方面的保险覆盖。同时，设计风险共担机制，促使保险公司深度参与工程风险管理。保险公司可凭借专业风险评估能力，为施工方提供风险防控建议。施工方若积极落实防控措施降低风险发生概率，出险后保险公司可给予一定保费折扣或其他优惠。如此，双方形成合力，有效转移地铁工程风险，减少事故发生可能与损失程度，确保工程顺利推进。

（三）管理团队能力建设

1. 技术人员专项培训体系

针对地铁工程建筑施工技术人员的专项培训体系，首先要设计分级培训课程。结合技术人员的不同层次和实际工作需求，开

发基础、中级和高级课程。基础课程侧重于施工技术规范、安全标准等基础知识讲解，确保新入职或基础薄弱的技术人员掌握必备技能。中级课程聚焦于常见施工技术难点及解决方案，提升技术人员处理实际问题的能力。高级课程则关注行业前沿技术、新技术在地铁工程中的应用等，为资深技术人员拓宽视野。同时，建立基于PDCA的培训效果评估机制。培训前做好需求分析（Plan），根据分析结果设计培训内容；培训过程中严格执行（Do）既定方案；培训结束后，通过理论考核、实操检验等方式进行效果检查（Check）；根据检查结果，总结经验教训，对培训课程和方法进行调整与优化（Act），持续提升培训效果。

2. 专家咨询机制创新

为提升地铁工程管理水平，创新专家咨询机制十分关键。一方面，构建跨学科专家库。地铁工程涉及土建、电气、通信等多学科领域，广泛吸纳不同学科背景的专家，涵盖设计、施工、运营等各阶段专业人才，形成完备的专家储备体系，确保遇到复杂问题时能从多角度分析。另一方面，制定重大技术问题会诊制度。当工程面临重大技术难题，如特殊地质条件下的隧道挖掘、复杂结构的车站建造等，迅速启动会诊机制。组织库内相关专家，深入施工现场调研，共同研讨，综合考量技术可行性、成本效益、安全风险等因素，制定科学合理的解决方案，为地铁工程顺利推进提供有力技术支撑。

五、总结

地铁工程作为城市基础设施建设的重要组成部分，其施工技术与工程风险管理至关重要。提炼出的系统方法为地铁工程的有序推进提供了有力支撑。建立智能化、标准化、全员参与的新型工程管理体系，不仅能提升技术管理水平，精准把控施工环节，还能有效识别、评估与应对各类风险。通过智能化手段，实现实时监测与数据分析，为决策提供科学依据；标准化确保各项流程规范统一；全员参与则凝聚各方力量。而未来地下工程管理的数字化发展方向，更是顺应时代潮流，借助数字化技术整合信息资源，提升管理效率与质量，降低风险发生概率，为地铁工程的长期稳定运行筑牢根基，推动城市轨道交通事业持续健康发展。

参考文献

- [1] 贾倩. 基于 WSR 的地铁工程施工安全风险分析与研究 [D]. 辽宁工程技术大学, 2023.
- [2] 王禹适. 地铁工程盾构法施工风险管理研究 [D]. 北京交通大学, 2021.
- [3] 赖将杰. 基于模糊 BNs 的地铁盾构施工坍塌事故风险管理研究 [D]. 四川师范大学, 2023.
- [4] 冯克勤. 地铁轨道工程施工风险管理策略研究——以 N 项目为例 [D]. 南昌大学, 2022.
- [5] 黄威. 关于地铁上盖项目施工风险管理研究——以陈头岗项目为例 [D]. 华南理工大学, 2021.
- [6] 林裕彬. 建筑工程施工技术管理水平有效提升策略探究 [J]. 房地产世界, 2021, (16): 98-100.
- [7] 张玉宏. 建筑工程施工技术管理水平有效提升策略 [J]. 居业, 2022, (06): 155-157.
- [8] 王禹适. 地铁工程盾构法施工风险管理研究 [D]. 北京交通大学, 2021.
- [9] 孙芳芳, 侯倩倩. 工程施工安全风险研究——以地铁项目为例 [J]. 居舍, 2021, (24): 103-104.
- [10] 马睿. 建筑工程施工中深基坑支护施工技术应用 [J]. 四川建材, 2022, 48(10): 89-90.