 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i2.9313

Risk Management and Coping Strategies of Subway Construction Project

Qihui Wei

China Railway Beijing Engineering Bureau Group Urban Rail Transit Engineering Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230088, China

Abstract

With the acceleration of urbanization, subways have become a key solution for alleviating urban traffic congestion as an efficient and low-carbon public transport mode. However, subway construction projects are predominantly located in urban core areas, where complex construction environments, high technical challenges, and prominent risks coexist. Among these, construction technical risks and geological/natural environmental risks are the primary factors affecting project progress. This paper, based on practical subway construction experiences, focuses on analyzing the specific manifestations of these two major risk categories, examining their root causes, and proposing targeted countermeasures. The study aims to provide theoretical references and practical insights for risk management in subway construction projects, ensuring their safe, efficient, and orderly implementation.

Keywords

subway construction; technical risks; countermeasures

地铁施工项目风险管理与应对策略

未其辉

中铁北京工程局集团城市轨道交通工程有限公司，中国·安徽 合肥 230088

摘　要

随着城市化进程的加快，地铁作为高效、低碳的公共交通方式，在缓解城市交通压力中发挥着关键作用。但地铁施工多处于城市核心区域，施工环境复杂、技术难度高，风险隐患突出，其中施工技术风险与地质与自然环境风险是影响项目顺利推进的核心因素。本文结合地铁施工实际，重点分析这两大类风险的具体表现形式，剖析风险产生的根源，提出针对性的应对策略，为地铁施工项目风险管控提供理论参考与实践借鉴，保障项目安全、高效、有序实施。

关键词

地铁施工；技术风险；应对策略

1 引言

地铁施工项目具有投资规模大、施工周期长、作业环境复杂、技术要求高、影响范围广等特点，施工过程中面临多种不确定因素，极易引发安全事故、工期延误、成本超支等问题，严重影响项目效益与社会公共安全。风险管理作为地铁施工项目管控的核心环节，其核心是识别风险、分析风险、规避与控制风险。在众多施工风险中，施工技术风险与地质与自然环境风险关联性强、防控难度大，是地铁施工过程中需重点关注和管控的内容。本文聚焦这两大类风险，结合地铁施工的特殊性，梳理风险类型、分析风险成因、制定应对措施，旨在提升地铁施工项目风险管控水平，推动地铁施工项目高质量推进。

【作者简介】未其辉（1992–），男，中国甘肃白银人，本科，工程师，从事市政工程技术管理研究。

2 地铁施工项目主要风险分析

2.1 施工技术风险

施工技术风险是指由于施工工艺选择不合理、技术应用不规范、施工人员技术水平不足、设备运维不到位等因素，导致施工过程中出现技术故障、质量隐患或安全事故的风险，主要表现为以下几方面：

2.1.1 盾构施工技术风险

盾构法是当前地铁区间施工的主流工艺，具有施工效率高、对周边环境干扰小等优势，但受技术操作、设备状态等因素影响，风险隐患突出[1]。一是盾构机选型不合理，若未结合施工地质条件等因素选择适配的盾构机，易出现盾构机卡顿等问题，甚至导致盾构机损坏；二是盾构掘进参数控制不当，掘进速度、注浆量等参数与地质条件不匹配，会引发地表沉降、管片破损等隐患，严重时可能导致周边建筑物开裂、地下管线破损；三是管片安装技术不规范，管片拼接间隙过大、螺栓紧固不到位，易引发管片错位、渗漏，影响

隧道结构稳定性。

2.1.2 支护结构施工技术风险

地铁车站、区间明挖段及暗挖段均需设置支护结构，支护结构的施工质量直接关系到施工安全。一是支护材料质量不达标，钢筋、混凝土等材料强度、耐久性不符合设计要求，导致支护结构承载力不足，易出现坍塌风险；二是支护施工工艺不规范，如锚杆（索）植入深度不足、注浆不饱满，喷射混凝土厚度不均、强度不够，钢支撑安装偏差过大、连接不牢固等，都会降低支护结构的防护效果；三是支护结构拆除时机不合理，过早拆除支护会导致围岩失稳，引发坍塌事故，过晚拆除则会影响施工进度，增加施工成本。

2.1.3 降水施工技术风险

地铁施工多涉及地下水作业，降水施工的目的是降低地下水位，保障施工工作面干燥，但降水技术应用不当会引发一系列风险[2]。一是降水方案不合理，未结合地下水类型、地质条件等因素制定科学的降水方案，易出现降水效果不佳，影响施工进度和质量；二是降水过程中水位控制不当，降水过快、过深会引发周边地面沉降，导致周边建筑物、地下管线变形；三是降水设备故障，，出现漏水、停机等问题，会导致地下水位回升，引发施工安全隐患。

2.1.4 施工人员技术风险

地铁施工技术专业性强，对施工人员的技术水平、操作规范度要求较高。若施工人员未经过专业培训，缺乏相应的技术知识和操作经验，易出现违规操作，如盾构掘进参数调整不当、管片安装不规范等；技术管理人员专业能力不足，无法及时发现施工中的技术隐患，或对突发技术问题处置不当，会导致风险扩大，引发安全事故或质量问题。

2.2 地质与自然环境风险

地铁施工多在城市地下进行，地质条件复杂多变，且受自然气象环境影响较大，地质与自然环境风险具有突发性、不可预见性强、影响范围广等特点，主要表现为以下几方面：

2.2.1 不良地质风险

城市地下地质条件复杂，不良地质现象频发，是影响地铁施工安全的重要因素[3]。一是软土地质风险，软土具有含水量高、强度低、压缩性高的特点，在施工过程中易出现基坑坍塌、地表沉降过大等问题，且沉降持续时间长，难以控制；二是岩溶地质风险，岩溶地区地下溶洞、溶蚀裂隙发育，若施工前未查明岩溶分布情况，盾构掘进或基坑开挖过程中易出现突水、突泥事故，严重威胁施工人员安全；三是破碎岩层地质风险，破碎岩层稳定性差、易坍塌，施工过程中若支护不及时、不到位，会引发围岩坍塌，导致施工中断；四是地下障碍物风险，城市地下分布有老旧管线、废弃构筑物等障碍物，若施工前未全面排查，易导致盾构机卡阻、管线破损，引发安全事故和纠纷。

2.2.2 地下水风险

地下水是地铁施工中不可回避的环境因素，其水位、水压、水质等指标直接影响施工安全与质量。一是突水突泥风险，在富水地层、岩溶地层或地下水位较高的区域，施工过程中若支护结构存在薄弱环节，或降水措施不到位，易出现地下水突涌，引发基坑坍塌、隧道淹没等事故；二是地下水腐蚀风险，地下水中的酸性物质、盐分等会对钢筋、混凝土等支护材料产生腐蚀作用，降低支护结构的耐久性，影响隧道使用寿命；三是地下水位回升风险，降水施工结束后，若未及时采取回填、封堵措施，地下水位会快速回升，导致已施工的结构出现渗漏水、变形等问题。

2.2.3 自然气象环境风险

自然气象环境的变化会对地铁施工产生直接影响，尤其是露天施工和地下暗挖施工。一是暴雨、台风风险，暴雨会导致基坑积水、边坡坍塌，台风会破坏施工设备、临时设施，影响施工安全；二是高温、严寒风险，高温天气会影响施工人员作业效率，易引发中暑事故，且会加速混凝土强度增长，影响施工质量；严寒天气会导致混凝土冻结、施工设备故障，降水管道堵塞，影响施工进度；三是雷电风险，露天施工过程中，雷电易击中施工设备和施工人员，引发安全事故。

3 地铁施工项目风险应对策略

针对上述施工技术风险与地质与自然环境风险，结合地铁施工项目的特点，应坚持“预防为主、防治结合、全程管控”的原则，从风险识别、风险防控、应急处置等方面制定针对性的应对策略，实现风险的有效管控。

3.1 施工技术风险应对策略

3.1.1 优化施工技术方案，规范技术应用

施工前，结合项目地质条件、施工难度、周边环境等因素，组织专业技术人员编制科学、合理的施工技术方案，明确施工工艺、技术参数、质量标准和安全要求。对于盾构施工、支护施工、降水施工等关键工序，应进行多方案比选，选择适配性强、风险可控的施工方案；施工过程中，严格按照施工技术方案执行，规范施工操作，严禁违规作业，重点管控盾构掘进参数、管片安装、支护施工、降水控制等关键环节，确保施工技术应用规范、到位。

3.1.2 加强施工设备运维与管理

施工设备是保障施工技术顺利实施的基础，应建立完善的设备管理制度。一是严格设备选型与采购，选择质量可靠、性能适配的施工设备，尤其是盾构机、降水设备等关键设备，需进行全面检测验收后投入使用；二是建立设备定期检修、维护制度，安排专业运维人员对设备进行日常检查、定期检修，及时发现并排除设备故障，确保设备正常运行；三是加强设备操作管理，要求施工人员严格按照设备操作规程操作，严禁违规操作，避免因设备操作不当引发技术风险。

3.1.3 强化施工人员技术培训与管理

提升施工人员的技术水平和安全意识，是防控施工技术风险的关键。一是建立完善的培训体系，对施工人员进行

岗前专业培训、岗位技能培训和安全培训，重点培训施工技术规范、操作流程、风险识别方法和应急处置技能，经考核合格后方可上岗作业；二是加强技术管理人员队伍建设，定期组织技术交流与培训，提升技术管理人员的风险判断能力和应急处置能力；三是建立奖惩机制，提高施工人员的责任意识。

3.1.4 加强施工过程质量与安全管控

建立健全施工质量与安全管控体系，实行全程管控。一是加强施工原材料质量管控，严格检验钢筋、混凝土等原材料的质量，不合格材料严禁进场使用；二是加强施工工序质量检验，对每道施工工序进行质量检测，不合格工序严禁进入下一道工序；三是建立安全巡查制度，安排专人对施工现场进行日常巡查，及时发现并排除技术隐患，对重点工序、关键部位实行旁站监理，确保施工安全。

3.2 地质与自然环境风险应对策略

3.2.1 加强地质勘察与地下障碍物排查

施工前，开展全面、细致的地质勘察工作，委托专业勘察单位对施工区域的地质条件、地下水情况进行详细勘察，编制地质勘察报告，明确不良地质分布范围、特点及风险等级，为施工技术方案的制定提供科学依据；同时，联合市政、电力、通信等部门，对施工区域的地下管线、废弃构筑物等障碍物进行全面排查，明确障碍物的位置、类型、尺寸，制定针对性的避让或拆除方案，避免施工过程中触碰障碍物引发风险。

3.2.2 制定针对性的不良地质与地下水防控措施

针对不同类型的不良地质和地下水风险，制定差异化的防控措施。一是针对软土地质，采用换填垫层、CFG 桩复合地基等方式加固地基，优化支护结构设计，控制施工速度，减少地表沉降；二是针对岩溶、富水地层，采用超前注浆、帷幕注浆等方式加固围岩，封堵地下水通道，加强降水施工管控，控制地下水位，防止突水突泥事故；三是针对破碎岩层，采用超前锚杆、钢拱架等超前支护措施，及时进行支护，缩短围岩暴露时间，防止围岩坍塌；四是针对地下水腐蚀，选用耐腐蚀的支护材料，在混凝土表面涂刷防腐涂层，加强地下水水质监测，及时采取防腐措施。

3.2.3 加强自然气象环境监测与预警

建立自然气象环境监测与预警机制，及时应对气象变化带来的风险。一是与气象部门建立联动机制，及时获取暴雨、台风、高温、严寒等极端气象信息，提前发布预警通知；二是在施工现场设置气象监测设备，实时监测气温、降水、风速等气象指标，一旦达到预警阈值，立即启动预警措施；三是针对不同的极端气象，制定针对性的防控方案，如暴雨天气提前做好基坑排水准备，加固边坡和临时设施；台风天气停止露天施工，拆除易被风吹动的临时设施，加固施工设备；高温天气合理安排作业时间，做好施工人员防暑降温工作；严寒天气做好混凝土防冻、施工设备防寒保暖工作。

3.2.4 完善应急处置体系，提升应急处置能力

建立健全应急处置体系，针对地质与自然环境风险可能引发的突发事件，制定完善的应急预案，明确应急组织机构、应急响应流程、应急处置措施和应急物资保障；配备充足的应急物资，如抽水设备、注浆设备、急救器材、应急照明等，定期对急救物资进行检查、维护，确保应急物资完好可用；定期组织应急演练，模拟突水突泥、基坑坍塌、暴雨洪涝等突发事件的应急处置过程，提升施工人员的应急反应能力和协同处置能力，确保突发事件发生后能够及时、有效处置，减少风险损失。

4 结论

地铁施工项目施工技术风险与地质与自然环境风险贯穿施工全过程，风险因素复杂多样，若管控不当，极易引发安全事故、工期延误和成本超支等问题，严重影响项目的顺利推进和社会公共安全。本文通过分析施工技术风险（盾构施工、支护结构、降水施工、人员技术等方面）和地质与自然环境风险（不良地质、地下水、自然气象等方面）的具体表现与成因，提出了针对性的应对策略：施工技术风险应从优化技术方案、加强设备运维、强化人员培训、全程质量安全管控入手；地质与自然环境风险应从加强地质勘察、制定差异化防控措施、强化气象监测预警、完善应急处置体系入手。地铁施工项目风险管理是一项系统性、长期性的工作，在实际项目中不断优化风险管控措施，加强全程管控，提升风险识别、分析和处置能力，才能有效规避和控制风险，保障地铁施工项目安全、高效、有序实施，推动城市轨道交通事业高质量发展。

参考文献

[1] 王梦恕.地铁盾构施工风险防控技术 [M]. 北京：中国铁道出版社，2020.

[2] 李启明.地铁施工项目风险评估与应对策略研究 [J]. 施工技术，2022, 51 (8): 123-127.

[3] 李振丽.地铁项目进度管理存在的风险及应对策略[J].中国设备工程 . 2020 (12)：25-27