

城市轨道交通地下工程造价影响因素探析

刘 备

中铁路安工程咨询有限公司 天津 300171

摘 要：城市轨道交通地下工程作为缓解拥堵、拓展城市空间的核心设施，因造价高、投资大、回收周期长，对造价管控要求严苛。当下我国地下工程建设中造价超支频发，制约建设规模与投资效益。本文以全生命周期为脉络，梳理造价构成与管理现状，从地质环境、设计技术、经济管理、社会风险四维度剖析核心影响因素。结合实际，提出前期规划、设计、施工等阶段造价优化对策及全生命周期管理路径，为精准管控造价提供理论与实操指引，提升投资效益与可持续发展能力。

关键词：城市轨道交通；地下工程；造价；影响因素

引言：城市轨道交通地下工程作为支撑城市高效运转的主动脉，其建设与投资规模对地方财政与社会经济影响深远。然而，工程深处地下的高度不确定性、复杂的技术接口以及漫长的建设周期，使得造价管控面临地质、技术、经济与管理等多重变量的交织挑战。在建设规模快速扩张的背景下，如何科学辨识并量化其全生命周期内主要造价动因，从而构建起系统、精准、动态的管控体系，已成为提升投资效益、保障工程可持续发展的关键命题。本文旨在系统性地梳理与分析其影响因素，并探索相应的管理优化路径。

1 城市轨道交通地下工程造价概述

1.1 地下工程造价构成

城市轨道交通地下工程造价全生命周期多维度，按建设阶段分前期、施工建设、运营维护三大板块，占比因工程规模与技术标准而异。前期费用含可行性研究、地质勘察等费，占10%-15%，地质勘察费虽不足3%，却影响后续施工成本。施工建设费是核心，占70%-80%，含土建、设备购置、安装工程费，盾构施工、基坑支护费占比高，设备购置费受技术升级影响大。运营维护费占5%-10%，含设备养护等费，长期累积金额可观。预备费用用于应对不确定性支出，按前三项费用总和的5%-8%计取。

1.2 造价特点分析

城市轨道交通地下工程造价具有显著的行业特殊性，核心特点体现在不确定性高、关联性强、专业性突出三个方面。不确定性高源于地质条件的复杂性，地下工程施工前的勘察无法完全覆盖所有地质细节，软土地基、岩溶发育、地下管线密集等突发情况，易导致施工方案调整，引发造价追加；政策调整与材料价格波动也会加剧造价不确定性，如钢筋、混凝土等主材价格上涨

10%，将直接导致土建工程费增加3%-5%。关联性强体现为各阶段造价相互影响，前期设计阶段对总造价的影响度达70%以上，设计方案中隧道工法选择、车站结构形式等决策，直接决定后续施工成本；施工阶段的工艺优化或返工，也会反向影响造价总额。专业性突出则因地下工程涉及地质勘察、隧道工程、机电安装等多领域技术，不同专业的技术标准与施工要求差异大，造价计算需结合专业特性精准核算，增加了造价管理的复杂度。

1.3 造价管理现状

我国城市轨道交通地下工程造价管理形成“政府主导、企业实施、专业机构参与”模式，但问题不少。管理模式上，多数城市分阶段管理，前期规划、设计与施工、运营维护分别由不同主体负责，各阶段衔接不畅，有“重前期投资、轻后期运维”倾向。管控精度上，造价估算与概算依赖经验指标，对地质、技术方案细化不够，概算与实际偏差大；施工阶段以签证变更审核为主，缺乏动态监控，部分施工单位借此追加造价^[1]。技术支撑方面，BIM等数字化工具应用刚起步，仅在大型枢纽工程推广，多数项目靠传统软件，难实现全流程精准管控。此外，不同城市造价管理标准不统一，缺全国性信息共享平台，区域间造价数据难借鉴。

2 城市轨道交通地下工程造价影响因素分析

2.1 地质与环境因素

地质与环境因素是影响地下工程造价最直接的客观条件，其复杂程度直接决定施工难度与成本投入。地质条件方面，软土地基区域施工需采用深层搅拌桩、地下连续墙等加固措施，加固费用占土建工程费的15%-20%；岩溶发育区域需增加溶洞填充、桩基跨越等专项处理，单公里造价可提升2000-3000万元；富水地层施工需强化降水与防渗处理，降水设备租赁与运行费用将显

著增加。水文条件同样关键，地下水位高于基坑底时，需采用管井降水或轻型井点降水，单车站降水费用可达数百万元；承压水地层施工需警惕突水风险，需增设减压井等措施，进一步推高造价。周边环境因素中，穿越城市核心商圈时，需采用低振动、低噪音的盾构施工设备，设备租赁费用比常规设备高30%以上；临近既有建筑物或文物古迹时，需缩小施工步距、加强监测，导致施工效率降低，工期延长10%-15%，间接增加人工与设备租赁成本。

2.2 设计与技术因素

设计与技术因素是造价控制的核心环节，设计方案的合理性与技术应用的适配性直接决定造价水平。设计阶段，线路走向与车站选址对造价影响显著，沿城市主干道敷设可减少拆迁量，拆迁费用可降低40%以上；车站埋深每增加1米，基坑开挖与支护费用将增加5%-8%，且提升电梯等设备的投资与运维成本。隧道工法选择是造价关键，盾构法施工速度快、安全性高，但盾构机购置或租赁费用高昂，单台盾构机租赁费用每月达80-120万元；矿山法适用于硬岩地层，设备投入较低，但施工周期长，人工成本占比更高。技术标准选择也影响造价，采用全自动运行系统的线路，信号与通信设备投资比半自动系统高25%-30%；车站装修标准从简装到精装，每平方米造价可相差1000-2000元。设计变更管理不当会导致造价追加，设计变更发生率每增加1%，总造价将上升0.3%-0.5%。

2.3 经济与管理因素

经济与管理因素通过市场波动与管理效能间接影响地下工程造价，是造价管控的重要变量。经济因素中，人工与材料价格波动是主要诱因，建筑工人工资每年上涨5%-8%，将导致人工成本占比逐年提升；钢筋、混凝土等主材价格受市场供需影响，波动幅度可达10%-20%，以单公里地下工程需消耗5000吨钢筋计算，钢筋价格每上涨1000元/吨，将增加造价500万元。设备租赁价格受工程建设周期影响，施工高峰期盾构机、起重机等设备租赁价格可上浮20%以上。管理因素方面，项目管理模式影响造价控制效果，EPC总承包模式通过设计与施工一体化管控，可减少设计与施工的衔接矛盾，造价降低5%-10%；传统平行发包模式易出现各参建方责任推诿，增加协调成本^[2]。招投标管理不规范会导致中标价格虚高，规避招标、虚假招标等行为将直接推高造价；合同管理漏洞则会引发结算争议，增加造价追加风险。

2.4 社会与风险因素

社会与风险因素虽不直接计入造价，但通过工期延

长、方案调整等方式间接影响造价总额，且管控难度较大。社会因素中，征地拆迁是主要制约，城市核心区域拆迁补偿标准高，每平方米补偿费用可达数万元，拆迁费用占总造价的比例最高可达20%；拆迁进度滞后会导工期延误，工期每延长一个月，将增加人工、设备租赁等费用100-200万元。公共关系协调成本也不容忽视，施工扰民引发的投诉需投入额外资金用于降噪、防尘处理，以及居民补偿，单项目协调费用可达数百万元。风险因素方面，安全风险是核心，基坑坍塌、盾构机卡盾等安全事故会导致停工整改，不仅产生抢险费用，还会延长工期，单次安全事故造成的造价损失可达千万元级别；政策风险如环保标准提升，需增加污染治理设备投入，直接推高施工成本。另外，不可抗力如暴雨、地震等自然灾害，会导致施工设备损坏、工程返工，产生额外造价支出。

3 优化地下工程造价管理的对策建议

3.1 前期规划阶段

前期规划阶段是造价控制的源头，需通过精准勘察与科学决策奠定造价管控基础。强化地质勘察工作，采用“钻孔勘察+地质雷达+物探”的综合勘察技术，扩大勘察范围与深度，确保勘察数据全面反映地质条件，为设计方案提供精准依据；建立地质勘察数据共享平台，实现不同项目勘察数据的复用，降低勘察成本。科学规划线路与车站，结合城市总体规划与交通流量预测，优先选择地质条件较好、拆迁量小的线路走向；车站选址尽量避开核心商圈与文物保护区，减少征地拆迁费用；合理控制车站数量与规模，采用“大站距+换乘枢纽”模式，避免车站过度密集导致的投资浪费。开展多方案比选与投资估算，对线路走向、车站结构等方案进行技术经济评价，选择性价比最优的方案；采用动态估算方法，充分考虑人工、材料价格波动风险，提高估算精度，将估算与实际造价偏差控制在10%以内。

3.2 设计阶段

设计阶段是造价控制的关键，需通过优化设计与技术创新降低造价。推行限额设计制度，以批准的投资概算为依据，将造价控制目标分解到各专业设计环节，明确设计人员的造价责任，对超出限额的设计方案进行优化调整。优化设计方案，隧道施工优先采用盾构法等高效工法，在硬岩地层合理选用矿山法，平衡施工效率与成本；车站结构采用标准化设计，复用成熟的结构形式与构件，减少设计工作量与施工难度；合理控制车站埋深，在满足功能需求的前提下，尽量减小埋深，降低基坑开挖与支护成本^[3]。推广BIM技术应用，构建三维设计

模型,进行碰撞检查与施工模拟,提前发现设计漏洞,减少设计变更;利用BIM模型进行造价精细化计算,实现设计与造价数据的联动,提高造价计算精度。建立设计方案评审机制,组织建设、施工、造价等多方专家对设计方案进行评审,重点审核方案的经济性与可行性。

3.3 施工阶段

施工阶段是造价执行的核心,需通过动态管控与技术优化确保造价控制在概算范围内。加强施工过程动态监控,建立“造价-进度-质量”一体化管控平台,实时采集施工进度、材料消耗、签证变更等数据,对比分析实际造价与计划造价的偏差,及时采取调整措施;严格控制签证变更,建立“先审批、后施工”的变更管理流程,对变更方案进行技术经济论证,避免不合理变更。优化施工工艺与资源配置,推广装配式施工技术,采用预制管片、预制车站构件等,减少现场作业量,缩短施工周期;推行绿色施工技术,采用节能设备、循环利用水资源,降低能耗与材料浪费。加强材料与设备管理,建立合格供应商名录,实行集中采购与批量采购,获取价格优惠;对施工机械进行统一调度,提高设备利用率,减少闲置成本。强化安全与质量管理,落实安全防护措施,加强施工现场监测,避免安全事故导致的造价损失;严格执行质量验收标准,减少返工成本。

3.4 政策与制度层面

政策与制度层面需通过完善法规与强化监管,为造价管理提供制度保障。完善造价管理法规体系,制定全国统一的城市轨道交通地下工程造价管理办法,明确各参建方的造价责任与权利;建立造价信息共享机制,由政府主管部门定期发布人工、材料、设备价格信息,以及典型工程的造价指标,为造价估算与结算提供依据。强化招投标与合同管理,规范招投标流程,推行电子招投标,增加招投标透明度,防止围标串标导致的价格虚高;完善合同条款,明确造价调整范围与方式,细化签证变更、索赔等条款,减少结算争议。加大监管力度,政府主管部门定期开展造价专项检查,重点查处虚假招标、不合理变更等行为;建立参建方信用评价体系,将造价管理履约情况纳入信用评价,对信用优良的企业给

予政策倾斜,对失信企业限制市场准入^[4]。

3.5 全生命周期管理

推行全生命周期造价管理,实现从前期规划到运营维护的全过程造价管控。构建全生命周期造价管理体系,打破各阶段管理壁垒,建立建设单位主导、设计、施工、运营企业协同参与的管理机制,将造价管控贯穿工程全生命周期。重视运营阶段造价管控,在设计阶段充分考虑运营维护需求,选择可靠性高、运维成本低的设备与材料;运营阶段建立设备全生命周期管理档案,定期开展设备维护与性能检测,延长设备使用寿命,降低更新改造成本。利用数字化技术提升管理效能,构建基于BIM的全生命周期造价管理平台,整合各阶段的设计、施工、运维数据,实现造价数据的全程追溯与动态更新;运用大数据分析技术,挖掘造价影响因素的关联规律,为造价决策提供数据支撑。建立全生命周期造价评价机制,对工程建设与运营的全过程造价进行综合评价,总结经验教训,为后续项目提供参考。

结束语

城市轨道交通地下工程造价管理是贯穿全生命周期的系统工程,受地质、设计等多维度因素影响,管控难度与责任重大。当下造价管理存在碎片化、精度不够等问题,根源在于阶段衔接差、技术支撑弱、制度保障缺,需全流程协同、创新技术、优化制度来系统性解决。本文提出的前期精准勘察、设计限额管控等对策提供实操路径。随着建设推进与数字化技术应用,其将向精准化、智能化发展。未来要深化产学研融合,推动技术创新,完善法规标准,提升造价管理水平。

参考文献

- [1]弋理,何星莹,袁春林.城市轨道交通工程交易阶段造价控制研究[J].工程造价管理,2021(06):15-19.
- [2]董玉英.道路交通工程造价超预算的因素以及控制策略[J].运输经理世界,2021,(25):55-57.
- [3]吴增平.浅谈城市轨道交通地下工程施工技术[J].工程技术研究,2023,5(7):118-120.
- [4]孙会会.城市轨道交通地下工程的施工技术[J].中华传奇,2023(13):224-226.