

城市轨道交通项目设计阶段造价控制

文 / 杨蕙泽 深圳市市政设计研究院有限公司

摘要：以城市轨道交通建设项目为研究对象，运用价值工程、限额设计理论，结合BIM技术应用，构建覆盖方案设计、初步设计、施工图设计的全过程造价控制体系。通过深圳地铁12号线等案例验证，论证设计阶段采取系统化控制措施可降低工程造价，为轨道交通项目成本管控提供理论依据和参考。

关键词：城市轨道交通；设计阶段；造价控制；价值工程；BIM技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.099

引言

（一）研究背景

当下城市化进程不断加速，城市人口数量攀升，交通拥堵问题严重。城市轨道交通凭借运量大、速度快、准点率高、节能环保等优势，成为缓解城市交通压力的关键举措。截至2023年，全国有45个城市投身于轨道交通项目建设，在建项目总投资规模突破3.6万亿元。庞大的投资规模，使得轨道交通项目的造价控制成为社会各界关注焦点。

工程造价控制贯穿于项目建设全生命周期，涵盖决策、设计、施工、竣工各个阶段。设计阶段对工程造价的影响程度显著。根据住建部相关统计数据显示，设计阶段影响工程造价的概率高达75%-95%。这意味着在设计阶段若采取科学有效的造价控制措施，将对项目成本控制起到事半功倍的效果。

当前城市轨道交通项目在设计阶段的造价控制仍面临诸多挑战，如设计方案经济性考量不足、设计变更频繁、限额设计执行不到位等问题，均一定程度上导致了工程造价增加。因此，深入研究项目设计阶段的造价控制策略，具有重要的现实意义。

（二）研究意义

城市轨道交通项目建设过程中，“三超”现象（概算超估算、预算超概算、决算超预算）时有发生，严重影响了项目的投资效益和可持续发展。通过强化设计阶段的造价控制，能够从源头上对工程造价进行有效把控，减少不必要的设计变更和费用增加，从而破解“三超”难题。

城市轨道交通项目的全生命周期包括规划、设计、建设、运营、维护以及最终的拆除多个阶段。在设计阶段，充分考虑项目在运营、维护等阶段的成本，能够实现全生命周期成本的最优。合理选择建材和设备，虽然可能在采购结算增加成本，但从长期运维角度来看，能够降低能耗、减少维修，从而降低全生命周期成本。

（三）研究现状

在国内，深圳地铁6号线二期工程积极践行限额设计理念。通过制定详细的限额设计指标，对工程各分项的造价进行严格控制。在初步设计阶段，依据项目可行

性研究报告中的投资估算，将总造价分解到各个单项工程和单位工程，确定相应的限额。在施工图设计阶段，进一步细化限额，确保设计图纸工程量和造价不突破限额。建立了动态调整机制，根据项目实际进展情况和市场变化，适时对限额进行调整，保障了限额设计有效实施。

一、设计阶段造价控制理论体系

（一）价值工程理论应用

价值工程理论以提高产品价值为核心目标，通过对功能、成本的系统分析，寻求以最低的寿命周期成本实现必要功能的途径。在城市轨道交通项目设计阶段，功能系数法可应用于车站结构选型。对不同结构形式的车站进行功能分析，确定诸如空间利用率、乘客通行便利性、结构安全性等功能指标，并赋予各指标相应权重。通过计算各结构形式车站的功能系数，结合其建造成本，得出价值系数。价值系数越高，表明该结构形式在满足功能需求的前提下，成本效益越优。

（二）限额设计实施路径

构建分项工程限额指标库是实施限额设计的重要基础。在城市轨道交通项目中，将工程划分为土建、设备安装等多个分项，针对每个分项，依据以往类似项目的造价数据、当前市场价格信息以及相关技术标准，制定详细的限额指标。对于土建工程中的车站主体结构，规定每平方米的混凝土用量、钢材用量以及造价限额；对于安装工程中的电气系统，明确每公里电缆的用量和造价限额等。

建立动态调整机制能够确保限额设计的科学性和合理性。以土建和安装工程为例，通常设定7:3的基准比例。在项目实施过程中，若因地质条件变化、设计方案优化等原因导致土建工程成本增加，可根据实际情况，在合理范围内适当调整安装工程的限额指标，维持总造价限额不变。定期对限额指标库进行更新，根据市场价格波动、新技术应用等因素，及时调整分项工程的限额指标，使其与实际情况相契合。

（三）BIM技术集成应用

BIM（建筑信息模型）技术在轨道交通项目设计阶段具有显著优势。三维协同设计碰撞检查功能能够在虚拟环境中对各专业设计模型进行整合，全面检查专业间的

设计冲突。在车站设计中,通过BIM技术可提前发现建筑、结构、给排水、电气等专业之间管线碰撞问题。据相关数据统计,应用BIM技术进行碰撞检查,能够减少设计变更,有效避免因设计变更导致的造价增加和工期延误。

5D成本模拟是将BIM模型与时间、成本信息相结合,实现对项目成本的动态模拟和分析。以广州地铁18号线为例,在项目设计阶段,利用BIM技术构建包含详细工程量和成本信息的5D模型。通过模拟不同阶段的资源投入和成本消耗,提前发现成本超支风险点。在区间隧道施工模拟中,发现由于施工顺序不合理导致设备闲置时间过长,增加了成本。通过调整施工顺序,优化资源配置,有效降低了成本。

二、设计阶段造价失控因素分析

(一) 技术层面

地质勘察精度不足是导致设计阶段造价失控的重要技术因素之一。城市轨道交通项目线路长,穿越的地质条件复杂多样。若地质勘察工作不细致,未能查明地下溶洞、断层、软弱土层不良地质情况,在基础设计时就可能出现偏差。以成都地铁区间为例,由于前期地质勘察未发现一处大型溶洞,在施工过程中,隧道掘进至该区域时发生坍塌,不得不对基础设计进行变更。采用回填、加固等处理措施,不仅增加了大量工程费用,还导致工期延误,给项目造价带来了严重影响。

专业接口管理缺失也易引发设计阶段的造价问题。轨道交通项目涉及多专业领域,各专业间存在大量接口。在车站与区间隧道的衔接处,建筑、结构、轨道、电气等专业设计需要紧密配合。若专业接口管理不到位,不同专业设计人员间缺乏有效沟通协调,可能出现设计不一致情况。如车站站台层的结构设计未充分考虑轨道专业的道床厚度,导致施工时需要对接台结构进行返工处理,造成了人力、物力、财力的浪费,增加造价。

(二) 管理层面

在设计过程中,部分因工期要求高,承包商进场后为控制成本要求加快出图,导致设计周期大幅压缩。设计单位为满足业主、承包商工期要求,会在设计过程中简化流程,导致质量下降。对一些关键技术方案论证不充分,图纸深度不足,在施工过程中容易引发设计变更,增加工程造价。

设计监理制度执行不到位也是导致造价失控的重要管理因素。设计监理的主要职责是对设计过程进行监督、管理,确保设计质量、进度符合要求,控制设计变更。在实际项目中,部分设计监理单位未充分履行职责。一些监理人员专业水平不足,对设计文件中的问题无法发现和纠正;部分监理单位为了降本,减少现场监理人员配置,对设计过程的监督流于形式。使得一些不合理的设计变更未能得到有效控制,最终导致工程造价增加。

(三) 经济层面

材料设备选型经济性论证不足是常见的问题。在城

市轨道交通项目设计阶段,材料设备费用占总造价的比重较大。若设计人员在选型时,过于注重材料设备的性能和质量,忽视其经济性,可能导致项目成本大幅增加。在选择车站照明灯具时,选用了价格昂贵的高端产品,虽然照明效果好,但从全生命周期成本考虑,其采购成本、安装成本以及维护成本过高,增加了整体造价。

过度追求新技术应用也可能导致造价失控。随着科技进步,城市轨道交通领域涌现出许多新技术,如全自动运行系统等。虽然新技术的应用能够提升运营效率和服务水平,但伴随较高的增量成本。在设计阶段,如果对新技术的适用性和经济性缺乏充分论证,盲目采用,就可能造成造价超支。城市轨道交通项目在沒有充分考虑运营需求和成本承受能力的情况下,采用了全自动运行系统,该系统的建设成本和后期运维成本均大幅高于传统运行系统,给项目带来了沉重的经济负担。

三、造价控制优化策略

(一) 标准化设计体系构建

模块化车站设计是标准化设计体系的重要组成部分。以深圳地铁为例,通过对车站功能进行分析,将车站划分为若干个功能模块,如站台模块、站厅模块、设备用房模块等。针对每个模块,设计出标准化的结构形式和尺寸,形成模块化设计库。在新的车站设计项目中,根据实际需求,从模块化设计库中选取合适的模块进行组合,实现车站的快速设计。这种设计方式不仅提高了设计效率,还降低了设计成本。由于模块的标准化,使得施工过程更加规范化,减少了施工误差,提高了施工质量,进而降低了工程建设成本。据统计,深圳地铁通过推行模块化车站设计,标准化率已提升至65%,有效控制了工程造价。

指标	传统设计	模块化设计
设计周期(月)	18	12
土建成本(亿元/站)	2.8	2.5

表1 标准化设计对成本的影响

通用图集应用能够进一步提升标准化设计水平。在城市轨道交通项目中,管片、轨道扣件等构件具有通用性强的特点。编制统一的通用图集,明确这些构件的设计标准、尺寸规格、材料要求等,在不同项目中均可直接选用。避免了每个项目都进行单独设计,减少设计工作量和设计周期。由于采用通用图集,构件的生产可以实现规模化,降低生产成本。城市轨道交通项目通过应用通用图集,对管片进行标准化生产,生产成本降低了10%左右。

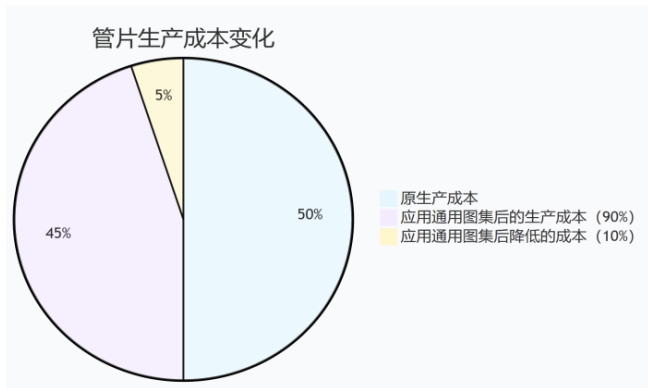


图1 通用图集应用降低生产成本饼状图

(二) 全过程造价协同机制

造价咨询单位早期介入能够为项目造价控制提供专业支持。以上海的城市轨道交通项目建设经验为例，造价咨询单位在项目前期的可行性研究阶段就参与进来，协助建设单位进行投资估算编制，对项目的建设规模、技术方案等进行经济分析和论证。在设计阶段，造价咨询单位对设计方案进行造价评估，根据限额设计要求，提出优化建议。在地铁线路设计方案评估中，造价咨询单位发现部分区间隧道的衬砌厚度设计过大，存在优化空间。经过与设计单位沟通，对衬砌厚度进行了合理调整，在保证结构安全的前提下，降低了工程造价。

(三) 数字化管控平台

建设轨道交通造价数据库是实现数字化管控的基础。数据库涵盖12大类356子项的造价数据，包括不同地区、不同时期的城市轨道交通项目的工程数量、材料价格、设备价格、人工费用等详细信息。通过对这些数据收集、整理和分析，能够为新项目的估算、预算编制以及设计方案的经济评价提供参考依据。在城市轨道交通项目初步设计阶段，利用造价数据库中的类似项目数据，对各分项工程的造价进行估算，与设计方案中的造价进行对比分析，及时发现造价偏差较大的部分，进行优化调整。

四、实证分析——以深圳地铁12号线为例

(一) 项目概况

深圳地铁12号线是深圳市轨道交通四期工程重点项目，线路长约40.56公里，南起左炮台站，北至海上田园东站，共设33座车站（含18座换乘站），采用全地下敷设方式。项目总投资约428.4亿元（A部分土建工程325.5亿元，B部分设备及铺轨工程102.9亿元），平均每公里造价约10.56亿元。

主要造价控制措施：

在冷水机房施工、常规机电安装等环节全面应用BIM技术，通过虚拟建造指导实体施工，减少返工成本。灵芝公园站通过BIM碰撞检查提前发现管线冲突23处，优化施工方案。轨道工程采用预制板道床技术，实现工厂化生产与机械化安装，同时降低现场污染；7个冷水机房采用全装配式施工，实现“零焊接”安装。应用盾构渣土资源化处理技术，渣土综合利用率达70%，减少

外运量40%；全线设置光伏发电系统和再生制动能量回收装置，降低运营能耗。

(二) 经验总结

技术创新驱动降本增效：

超大断面矩形顶管技术：在朗下站采用世界最大断面组合式矩形顶管机“大禹掘进号”，降低对周边环境影响。永磁牵引系统：列车搭载永磁电机，能耗较传统系统降低，全生命周期成本节约显著。全生命周期管理：通过应用BIM技术、装配式、渣土分离、光伏发电、智能环控等新技术工艺，助力提质增效。引入AI数字客服和视觉通行系统，提升乘客服务效率；智能检测系统实现轨道设施实时监测。复杂环境应对能力：攻克穿海隧道、硬岩地层等施工难题。左炮台东至太子湾区间采用泥水盾构机，成功穿越77米海域破碎带，为国内地铁穿海工程提供范例。

结语

(一) 主要结论

通过对城市轨道交通项目设计阶段造价控制的研究，建立了“标准先行、限额控制、数字赋能”三位一体的控制体系。标准化设计体系构建为项目设计提供统一标准和规范，减少设计变更，降低工程成本；限额设计实施路径明确各分项工程的造价限额，通过动态调整机制确保限额设计有效性；数字化管控平台利用造价数据库，为项目造价控制提供了数据支持和科学决策依据。

在设计决策过程中，实现了技术经济最优平衡的设计决策机制。通过价值工程理论应用以及BIM技术集成应用，综合考虑设计方案的功能需求、建造成本和全生命周期成本，选择最优设计方案，使项目在满足功能要求的前提下，实现造价的有效控制。

(二) 发展展望

随着人工智能技术不断发展，其在城市轨道交通项目设计阶段的应用前景广阔。未来，人工智能有望实现辅助设计方案。通过对大量已建项目数据的学习，人工智能系统能根据项目需求快速生成多种设计，并对方案进行初步成本估算和评估。设计人员在此基础上进行优化调整，能够提高设计效率、质量，为造价控制提供更多选择。

参考文献

- [1] 岳新晖. 城市轨道交通建设项目的全过程造价控制措施[J]. 港口经济, 2019, 000(002): 118-119.
- [2] 郑玲玲. 城市轨道交通工程造价控制[J]. 名城绘, 2019.
- [3] 黄祎敏. 城市轨道交通工程造价的原则及控制措施[J]. 河南建材, 2022(1): 3.
- [4] 甘军霞. 城市轨道交通项目设计阶段造价控制措施[J]. [2025-05-12].
- [5] 吴建群. 城市轨道交通工程造价控制措施[J]. 铁路工程造价管理(4): 32-34 [2025-05-12].
- [6] 盘原利. 城市轨道交通工程造价控制分析[J]. 现代交通与路桥建设, 2023.