

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2025.03.002

基于可持续发展的城市轨道交通 经济费用效益多维度研究

刘丽琴, 邢燕婷, 于松伟, 李明阳, 刘 巍

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京 100037)

摘要: 城市轨道交通的正外部性决定了在判断项目经济性时应开展全面的经济费用效益分析, 为响应项目可研报告编写大纲及说明的最新要求, 进行城市轨道交通经济费用效益的多维度研究。首先, 从政府、企业和民众 3 个维度识别经济费用和效益, 建立 3 级定量+定性指标体系, 将定量指标由 5 项扩展至 13 项, 新增 14 项定性指标; 其次, 开展关键指标分析方法研究, 提出拉动 GDP、促进财政收入和增加就业机会的量化方法, 突破当前城市轨道交通对宏观经济贡献评价难点, 并改进节约时间效益、减少疲劳效益和减少交通事故效益的计算方法; 最后, 明确可纳入和不纳入经济费用效益分析流量表的指标分别为 9 项和 4 项, 并结合案例全面评价项目经济费用效益, 为项目前期决策提供支持, 推动行业可持续发展。

关键词: 城市轨道交通; 经济费用效益; 社会效益; 可持续发展; 多维度研究

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2025)03-0011-09

Multi-Dimensional Research on the Economic Cost-benefit Analysis of Urban Rail Transit Based on Sustainable Development

LIU Liqin, XING Yanting, YU Songwei, LI Mingyang, LIU Wei

(Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., Beijing 100037)

Abstract: The positive externalities of urban rail transit necessitate a comprehensive economic cost-benefit analysis when evaluating project economic feasibility. In response to the latest requirements for preparing the outline and explanation of the project feasibility report, this study conducted a multidimensional study on the economic cost-benefit of urban rail transit. Firstly, identify economic costs and benefits from three dimensions: government, enterprises, and the public, establish a three-level quantitative+qualitative indicator system, expand quantitative indicators from 5 to 13, and add 14 qualitative indicators; Secondly, conduct research on key indicator analysis methods, propose quantitative methods for driving GDP, fiscal revenue, and increasing employment, break through the current difficulties in evaluating the macroeconomic contribution of urban rail transit, and improve the calculation methods for time saving benefits, fatigue reduction benefits, and traffic accident reduction benefits; Finally, it is clarified that there are 9 indicators that can be included and 4 indicators that cannot be included in the economic cost-benefit analysis flow table, and a comprehensive evaluation of the project's economic cost-benefit is conducted through case studies to provide support for early-stage decision-making and promote sustainable development of the industry.

Keywords: urban rail transit; economic cost-effectiveness; social benefits; sustainable development; multidimensional research

收稿日期: 2024-11-28 修回日期: 2025-02-11

第一作者: 刘丽琴, 女, 硕士, 高级经济师, 从事轨道交通投融资咨询与研究, liuliqin@bjucd.com

基金项目: 2023 年度北京市国资委支持企业科技创新项目(202311011025)

引用格式: 刘丽琴, 邢燕婷, 于松伟, 等. 基于可持续发展的城市轨道交通经济费用效益多维度研究[J]. 都市轨道交通, 2025, 38(3): 11-19.

LIU Liqin, XING Yanting, YU Songwei, et al. Multi-dimensional research on the economic cost-benefit analysis of urban rail transit based on sustainable development[J]. Urban rapid rail transit, 2025, 38(3): 11-19.

0 引言

经济费用效益分析随着经济社会发展和行业功能定位的变化不断演化。我国对工程项目的经济费用效益分析最初称为“国民经济评价”，源自工程经济学，其内容和方法逐步扩展，推动了我国投资项目可行性研究的发展。回顾其在城市轨道交通领域的应用和发展历程，主要经历了3个发展阶段，逐步适应了行业不同历史时期的功能定位和政策需求。

第1阶段(20世纪80—90年代)为国民经济评价学习推广阶段，城市轨道交通的功能定位由战备为主逐渐转向交通服务，强调社会效益优先；主要依据国家投资建设主管部门1987年、1993先后发布的《建设项目经济评价方法与参数》(简称《方法和参数》)第一版、第二版，国民经济评价核心方法是CBA法，主要是对国际上经济分析影子价格方法的实践应用^[1]。第2阶段(2000—2022年)为经济费用效益分析推广普及阶段，城市轨道交通功能逐步多元化，除交通服务外，还发挥了投资拉动、促进产业集聚和城市空间拓展等功能；主要依据国家发展改革委和住建部2006年发布的《方法和参数》(第三版)、住建部2008年发布的《市政公用设施建设项目经济评价方法与参数》，国民经济评价更名为“经济费用效益分析”，内容更加丰富、体系更加完善^[1]，城轨项目作为准公益性基础设施项目经济评价结论以经济费用效益分析为主、财务分析为辅。第3阶段(2023年至今)为经济影响分析改进完善阶段，城市轨道交通功能进一步扩展，增添了绿色减碳和提升品质生活等功能；主要依据国家发展改革委2023年印发的《投资项目可行性研究报告编写大纲及说明》，经济费用效益分析改称为“经济影响分析”，强调应突出经济社会综合效益^[2]，对于具有明显经济外部效应的政府投资项目，计算项目对经济资源的耗费和实际贡献，以及重大投资项目对宏观经济、产业经济、区域经济等所产生的影响^[3]，并将经济影响、社会影响、生态环境影响、资源和能源利用及碳达峰碳中和等多维影响整合为“项目影响效果分析”篇，实现经济、社会、环境效益的统一；目前实际应用中，财务费用效益分析已按照新大纲要求进行了大幅细化完善，而经济费用效益分析尚待完善。

综上所述，经济费用效益分析引入国内30余年来，其内涵和外部经济社会环境已发生了巨大变化。课题组基于可持续发展理念，提出了经济、社会和环境三维度交错概念模型，构建由评价要素体系和评价业务体

系构成的综合评价体系^[4]，其中的经济类评价业务体系包含“经济费用效益分析(国民经济评价)”。

目前，城市轨道交通经济费用效益分析主要存在指标体系不完善、部分指标计算方法有待改进等问题。在指标体系完善方面，随着新时代高质量发展要求，地方政府投资决策关注的宏观经济和社会环境等效益未纳入指标体系，如拉动GDP、促进财政收入、增加就业机会、降低能源消耗等。在指标计算方法方面，当前直接效益计算基于轨道交通客流的划分，但客流划分相对粗放，无项目情况下其他交通出行方式分析不全，计算方法有待完善。近年来，随着城轨持续受到社会关注，行业普遍反映经济费用效益分析指标体系和计算方法亟待革新。研究从政府、企业和民众三个维度全面识别经济费用和效益，提出3级定量+定性指标体系，明确可纳入和不纳入经济费用效益分析流量表的定量指标，创新提出政府投资决策关注的拉动GDP、促进财政收入和增加就业机会的量化方法，并改进节约时间效益、减少疲劳效益和减少交通事故效益的计算方法。研究为高质量发展阶段的城市轨道交通项目，提供从国民经济角度分析项目投资效率和社会福利贡献的科学方法，帮助各城市合理把握城轨建设规模，提高政府投资项目的经济效益、社会效益和环境效益，为实现可持续发展提供重要支撑。

1 研究方法和指标体系

1.1 研究思路

按照经济费用效益分析的步骤^[1]，首先识别经济费用和效益，其次重点对原经济费用效益分析进行指标体系完善和分析方法革新。研究思路具体如图1所示。

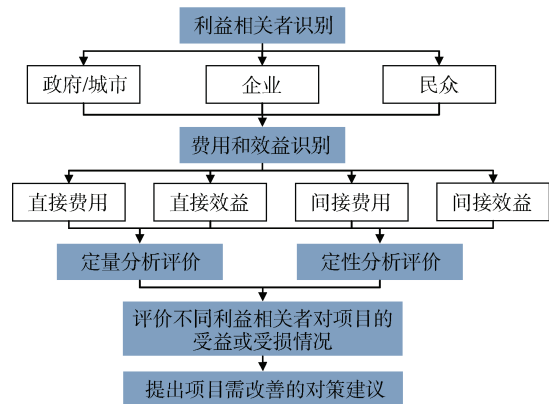


图1 经济费用效益分析革新研究思路

Figure 1 Innovative research ideas for economic cost-benefit analysis

1.2 分析原则

城市轨道交通项目经济费用效益分析主要遵循以下原则：

- 1) 定量分析和定性分析相结合，以定量分析为主，定性分析为辅；
- 2) 采用“有无对比法”，“有”指建设城市轨道交通项目的情况，“无”指不建设城市轨道交通项目，而采用其他方式承担同样客运量的情况；
- 3) 采用影子价格计算；
- 4) 费用和效益计算口径对应一致。

1.3 费用与效益的识别及指标体系

鉴于城市轨道交通是一个“开放的技术-社会复杂巨系统”^[4]，涉及利益相关者众多、影响面广，本次将城市轨道交通项目投资建设及运营活动所涉及的主要利益相关者概括为：政府/城市、企业和民众。针对不同利益相关者的关注重点，将城市轨道交通对国民经济发展带来的影响归纳为定量及定性指标2大类。具体指标体系见表1和表2。

表1 城市轨道交通经济费用效益分析定量指标体系

Table 1 Quantitative indicator system for economic cost-benefit analysis of urban rail transit

序号	一级指标	二级指标	三级指标	
			直接经济费用效益指标	间接经济费用效益指标
1	政府/城市	经济		拉动城市 GDP
		社会		拉动财政收入
		环境		增加就业机会
				节约土地资源
2	企业	城轨企业	工程建设费用	
		公共交通企业(同业竞争)	运营成本	减少公共投资(公共汽(电)车、出租车替代效益)
		沿线相关企业	维持运营投资	沿线资产增值
3	民众	乘客	节约时间效益	
			减少疲劳效益	
			减少交通事故效益	

2 政府层面经济费用与效益分析(定量)

2.1 经济效益

城市轨道交通属于准公益性基础设施项目，正外部性明显，不以追求财务效益最大化为目标，但在城

市层面对宏观经济拉动作用很大，以下从拉动 GDP 增长、拉动财政收入 2 个方面进行经济效益量化分析。

表2 城市轨道交通经济费用效益分析定性指标体系

Table 2 Qualitative indicator system for economic cost-benefit analysis of urban rail transit

序号	一级指标	二级指标	三级指标 (间接经济费用效益指标)
1	政府/城市	社会	缓解城市交通拥堵
			促进沿线人口集聚
			优化城市空间布局
		环境	支持城市重大项目
			提高城市营商环境(提高城市形象)
			促进科技水平提升
2	企业	城轨企业及上下游企业	对环境造成的噪声振动损害
			带动城市绿色发展
		沿线相关企业	企业能力提升效益，产业链延伸及效益、品牌提升效益
			建设期商业价值受损
3	民众	沿线民众	建设期沿线资产受损
		其他民众	受拆迁影响居民保障程度
			公共服务均等性、公平
			人性化设计、关怀

2.1.1 拉动 GDP 增长

城市轨道交通作为城市基础设施，其建设投资作为固定资产投资中的重要组成部分，对拉动 GDP 增长发挥了非常重要的作用，除了对轨道交通产业链带动作用以外，对带动沿线其他产业和房地产增值也产生很大影响。结合国内研究^[5]和统计局数据情况，采用 GDP 核算的支出法计算其对产业链 GDP 增长的拉动。城市轨道交通对产业链 GDP 增长拉动的综合贡献包括直接贡献和间接贡献。

1) 建设期对 GDP 直接贡献。建设期轨道交通投资属于支出法中“资本形成总额”，根据统计年鉴或统计局公布的“资本形成总额对国内生产总值增长的贡献率”计算对 GDP 直接贡献。

城市轨道交通建设期对GDP直接贡献

$$= \frac{\text{轨道交通固定资本形成总额}}{\text{资本形成总额对国内生产总值增长的贡献率}} = \frac{\text{轨道交通项目总投资} - \text{铺底流动资金} - \text{土地购置费}}{\text{资本形成总额对国内生产总值增长的贡献率}} \quad (1)$$

2) 运营期对 GDP 直接贡献。运营期轨道交通支出主要包括运营成本、财务费用和维持运营投资(车辆增

购及设备设施更新改造费用),其中,运营成本(等于运营收入和运营补亏之和,分别对应居民消费支出和政府消费支出)和财务费用属于支出法中的“最终消费支出”,根据“最终消费支出对国内生产总值增长的贡献率”计算其对GDP直接贡献;维持运营投资属于支出法中“资本形成总额”,根据“资本形成总额对国内生产总值增长的贡献率”计算其对GDP直接贡献。

城市轨道交通运营期对GDP直接贡献

$$= \frac{\text{轨道交通运营收入} + \text{运营补亏} + \text{财务费用}}{\text{最终消费支出对国内生产总值增长的贡献率}} + \frac{\text{维持运营投资}}{\text{资本形成总额对国内生产总值增长的贡献率}} \quad (2)$$

3) 间接贡献。城市轨道交通对GDP间接贡献主要是对站点周边房地产开发收益的带动,包括站点周边新建商品房销售增值和二手房交易的中介服务费,暂按定性分析。

2.1.2 拉动财政收入

城市轨道交通通过对GDP的贡献,拉动城市政府财政收入增长。

城市轨道交通对一般公共预算收入综合贡献

$$= \text{城市轨道交通对GDP综合贡献} \times f \quad (3)$$

式中, f 为城市近5~10年一般公共预算收入占GDP的平均比例。

2.2 社会效益

城市轨道交通投资的增加除了对经济增长的直接贡献外,在社会板块主要表现为间接增加就业机会。国内外相关研究^[6]主要有2种方法:回归分析法和投入产出法,本研究采用投入产出法。

城市轨道交通投资和消费增加带动各行业增加的就业机会计算方法如下:

$$\Delta L_j = \sum (\Delta C_j P_j F_j / S_j) \quad (4)$$

式中, ΔL_j 为城市轨道交通投资和消费增加带动第 j 部门增加的就业机会, 个; ΔC_j 为城市轨道交通投资和消费对第 j 部门的增加值, 亿元; P_j 为第 j 部门劳动者报酬占增加值的比例; F_j 为第 j 部门城镇非私营单位就业人员工资总额占该行业劳动者报酬比例; S_j 为第 j 部门城镇非私营单位就业人员平均工资水平, 元/a。

根据行业分类,城市轨道交通在建设期纳入“制造业”和“建筑业”部门,运营期纳入“交通运输、仓储和邮政业”和“制造业”部门。根据国家统计局公布的投入产出表计算得出 P_j , 并构建投入产出模型,计算出制造业、建筑业和交通运输、仓储和邮政业对于

各部门的完全需求系数^[7],进而计算得出 ΔC_j , 其余数据通过国家统计局年鉴查询。就业人员工资总额和平均工资应采用全行业口径数据,但考虑到一方面国家统计局年鉴中,目前最新数据仅公布按行业划分城镇非私营单位就业人员工资总额和平均工资、城镇私营单位就业人员平均工资,未公布按行业划分城镇私营单位就业人员工资总额、就业人员数;另一方面,根据行业经验,在城市轨道交通产业链中,工程施工、装备制造等环节竞争相对充分,私营企业参与度较高,但在规划、投资、运营等环节,国有企业仍占据主导地位。因此,为保持数据口径一致性,暂采用按行业划分城镇非私营单位就业人员工资总额和平均工资测算。若后续国家公布相关数据,则按全行业口径测算。

2.3 环境效益

2.3.1 节约土地资源

城市轨道交通节约土地资源效益主要包括载客带来的土地资源节约、减少公共停车场面积的土地资源节约以及创造地下商业空间、人防空间效益等。考虑到难以准确计算各交通方式的土地复用次数和地下空间面积的不确定性,暂仅考虑节约停车场土地资源效益,不考虑高架站、地面站、地面“四小件”(出入口、冷却塔、风亭、垂直电梯)节约土地资源效益。

节约停车场土地资源效益=“有项目”情况下土地机会成本-“无项目”情况下土地机会成本=(拟建项目车辆基地和停车场面积+“有项目”情况下各路面出行方式停车位面积合计值)×土地价格-“无项目”情况下各路面出行方式停车位面积合计值×土地价格。计算中,首先根据各年客流计算当年节约土地在其整个使用年限内的总价值(如50年),再按照年金函数得出当年节约土地资源效益。计算方法如下:

$$B_n = \sum_i (S_{\text{轨}} + S_{2i} - S_{1i}) \times p_{\text{土地}} = \sum_i (S_{\text{轨}} + N_{\text{停车位}2i} \times s_{\text{停车位}i} - N_{\text{停车位}1i} \times s_{\text{停车位}i}) \times p_{\text{土地}} \quad (5) = \sum_i \left(S_{\text{轨}} + \frac{(Q_{2ni} - Q_{1ni})}{\lambda_i M_i f_i} \varphi s_{\text{停车位}i} \right) \times p_{\text{土地}}$$

式中, B_n 为第 n 年节约停车场土地资源效益, 元; $S_{\text{轨}}$ 为拟建项目轨道交通车辆基地和停车场占用的土地面积, m^2 ; S_{2i} 为“有项目”情况下各路面出行方式停车位面积合计值; S_{1i} 为“无项目”情况下各路面出行方式停车位面积合计值; $p_{\text{土地}}$ 为单位土地价格, 元/ m^2 ; $N_{\text{停车位}2i}$ 为“有项目”情况下第 i 种路面交通工具的停车位数量, 个; $s_{\text{停车位}i}$ 为第 i 种路面交通工具的车均停车位

面积, m^2 ; $N_{\text{停车位 } i}$ 为“无项目”情况下第 i 种路面交通工具的停车位数量, 个; Q_{2ni} 为“有项目”情况下第 n 年第 i 种出行方式的预测出行量, 人次/d, 其中 $i=1、2、\dots、7$, 分别代表公交、小汽车、摩托车、电动自行车、自行车、步行和其他; Q_{1ni} 为“无项目”情况下第 n 年第 i 种出行方式的预测出行量, 人次/d, 根据客流预测提供的“无项目”情况下全市或区域出行总量和各方面出行结构估算; λ_i 为第 i 种出行方式的实载率; M_i 为第 i 种出行方式的荷载人数, 人/车; f_i 为第 i 种出行方式的日周转次数, 次; φ 为车均泊位供给数, 个/车。

2.3.2 降低能源消耗

按照“有无对比”原则, 考虑全社会出行全方式, 计算“有项目”和“无项目”情况下各交通方式所需的能耗。将其单位载客能耗折算成标煤^[8], 按照标煤价格计算降低能源消耗效益。

降低能源消耗效益=“有项目”情况下能源消耗费用-“无项目”情况下能源消耗费用=“有项目”情况下各出行方式消耗的能源量合计值×能源价格-“无项目”情况下各出行方式消耗的能源量合计值×能源价格。计算方法如下:

$$C_n = \sum (E_{2ni} - E_{1ni}) \times p_{\text{煤}} = \sum \left[(Q_{2ni} \times d_{2i} - Q_{1ni} \times d_{1i}) \times \theta_{\text{电}} \times e_{\text{电}} + (Q_{2ni} \times d_{2i} - Q_{1ni} \times d_{1i}) \times (1 - \theta_{\text{电}}) \times e_{\text{油}} \right] \times 365 \times p_{\text{煤}} = \sum \left[(Q_{2ni} \times d_{2i} - Q_{1ni} \times d_{1i}) \times (\theta_{\text{电}} \times e_{\text{电}} + (1 - \theta_{\text{电}}) \times e_{\text{油}}) \right] \times 365 \times p_{\text{煤}} \quad (6)$$

式中, C_n 为第 n 年的节约能源效益, 元; E_{2ni} 为“有项目”情况下第 n 年各出行方式消耗的能源量合计值; E_{1ni} 为“无项目”情况下第 n 年各出行方式消耗的能源量合计值; $p_{\text{煤}}$ 为标煤价格, 元/t; d_{2i} 为“有项目”情况下第 i 种出行方式的平均运距, km; d_{1i} 为“无项目”情况下第 i 种出行方式的平均运距, km; $\theta_{\text{电}}$ 为第 i 种出行方式中电动车的占比, %; $e_{\text{电}}$ 为第 i 种出行方式中电动车的单位能耗, 吨标煤/人公里; $e_{\text{油}}$ 为第 i 种出行方式中燃油车的单位能耗, 吨标煤/人公里。

2.3.3 减少大气污染

城市轨道交通采用电力牵引, 减少了尾气排放污染, 缓解大气污染效益为各种交通方式污染成本之和。通过预测公交、小汽车和摩托车 3 种出行方式的运营里程数, 计算其产生的污染成本, 通过“有无对比”原则计算减少大气污染的效益。

第 i 种交通工具的污染成本=在客流预测的“有项

目”情况和“无项目”情况下第 i 种交通工具的运营里程数的差异×第 i 种交通工具燃油车占比×综合基准排放系数×治理 a 污染物的单位标准费用。计算方法如下:

$$D_n = \sum_i \left(\frac{Q_{2ni} d_{2i}}{\lambda_i M_i} - \frac{Q_{1ni} d_{1i}}{\lambda_i M_i} \right) f_i E F_{ia} P_a \quad (7)$$

式中, D_n 为第 n 年的减少大气污染效益, 元; f_i 为第 i 种交通工具中燃油车占比, %; $E F_{ia}$ 为第 i 种车辆对 a 污染物的综合基准排放系数, g/km; P_a 为治理 a 污染物的单位标准费用, 元/吨, 其中 $a=1、2、3、4$, 分别代表污染物 CO、HC、NO_x、PM_{2.5}。

3 企业层面经济费用与效益分析(定量)

在企业层面, 城市轨道交通企业的相关指标是研究“有项目”情况下工程建设费用、运营成本和维持运营投资; 公共交通企业(同业竞争)的相关指标是研究“无项目”情况下建设投资、运营成本和维持运营投资。城市轨道交通增加的公共投资指标是前述“有无”情况的对比。

3.1 城市轨道交通企业

3.1.1 工程建设费用

“有项目”情况下的工程建设费用以项目投资估算为基础, 主要做以下调整: ①剔除属于国民经济内部转移支付的部分, 包括引进设备及材料的关税和增值税、土地使用税、建设期国内借款利息; ②调整引进设备及材料价格; ③调整国内设备价格、建筑费用、安装费用和工程建设其他费用, 影子价格调整系数均按 1 计算。

3.1.2 运营成本、维持运营投资

1) 运营成本。“有项目”情况下的城市轨道交通运营成本以财务评价为基础进行调整, 主要包括: ①剔除国内贷款利息和计入成本的税金; ②依据影子工资、影子电价及货物影子价格等参数调整各项运营费用要素。

2) 维持运营投资。“有项目”情况下的城市轨道交通维持运营投资(含车辆增购及设备设施更新改造费用)以财务评价为基础进行调整, 剔除属于国内贷款利息和计入成本的税金。

3.2 公共交通企业(同业竞争)—减少公共投资

“无项目”情况下经济费用估算包括初始投资、运营期费用和维持运营投资。

1) 初始投资。以不改变目前地面交通方式的饱和程度为标准, 需对现有的公共交通运输系统的规模进

行扩大,包括新增公共交通工具(公共汽车、出租车)的车辆投资、新增道路(用于公共汽车、出租车、私家车等)的初始投资以及新增停车场(用于公共汽车、出租车)的初始投资。

2) 运营期费用。“无项目”情况下,运营期费用包含公共汽车和出租车运营成本、道路日常修理费和大修费用。

3) 维持运营投资。计算期内公共汽车、出租车和停车场按上述年限进行重置更新。同时,考虑到客流量逐年递增,车辆、道路和停车场还需追加投资。

3.3 城轨增加的公共投资

城轨增加的公共投资即城市轨道交通相对公共汽车和出租车等增加的公共投资,通过3.1节“有项目”情况下的公共投资与3.2节“无项目”情况下的公共投资比较得出。

3.4 沿线相关企业——沿线资产增值

城市轨道交通是影响沿线房价的因素之一,但不是决定性因素。沿线资产包含住宅、商业、写字楼等多种业态,本研究以住宅为例,结合国内研究成果,将轨道交通开发利益的影响范围设定为2 km^[9],遵循“有无对比”原则计算资产增值效益。计算方法如下:

$$A = \Delta PQ = (P_2 - P_1)Q \quad (8)$$

式中, A 为沿线资产增值效益,万元; ΔP 为受轨道交通项目影响,住宅业态的房价增值幅度,万元/m²; P_1 为类比线路沿线2 km范围内住宅业态房价均值,万元/m²; P_2 为类比线路沿线2~4 km范围内住宅业态房价均值,万元/m²。以类比线路建成运营后首年为研究时点,利用数据平台统计功能,筛选类比线路沿线2~4 km范围内住宅业态的房价均值,以此作为“无项目”情况下住宅业态的平均房价; Q 为拟建项目沿线2 km范围内住宅业态的总建筑面积,m²。

4 民众层面经济费用与效益分析(定量)

民众包括乘客、沿线民众和其他民众,本研究对乘客产生的节约时间效益、减少疲劳效益和减少交通事故效益进行定量分析,对沿线民众、其他民众产生的效益进行定性分析。

4.1 节约时间效益

城市轨道交通具有准点、节时的特点,快捷的运输优势产生了节约出行时间效益。结合国内外研究、调研访谈等,提出以下几方面改进:①客流出行目的,原可研仅考虑工作客流系数,本研究细分为工作客流、

上下班通勤客流和其他客流3类;②乘客出行方式,原可研仅考虑城市轨道交通、公共汽车2种,本研究扩展为城市轨道交通、公交、小汽车、摩托车、电动自行车、自行车、步行和其他等8种;③乘客出行时间,原可研未考虑必要等候时间,本研究提出应增加各种交通方式的必要等候时间,本次暂未纳入指标计算,后续将借助信息化、大数据发展进一步深入研究。

改进后,节约出行时间效益计算方法如下:

$$B_{1n} = \sum_i (Q_{2ni}T_{2i} - Q_{1ni}T_{1i}) \times \left(\sum_p \mu_p \rho_p \right) H_n \quad (9)$$

式中, B_{1n} 为第 n 年的节约时间效益,元; μ_p 为第 p 种出行目的客流占比系数,其中 $p=1、2、3$,分别代表工作出行、上下班通勤和其他出行; ρ_p 为第 p 种出行目的客流节约时间价值系数, $\rho_1=100\%、\rho_2=50\%、\rho_3=10\%$; T_{1i} 为“无项目”情况下第 i 种出行方式的乘客平均出行时间,h; T_{2i} 为“有项目”情况下第 i 种出行方式的乘客平均出行时间,h; H_n 为第 n 年的时间价值,元/人·h,按当地政府公布的年人均GDP和近五年人均GDP平均涨幅计算。

4.2 减少疲劳效益

城市轨道交通缩短乘客在途时间,有助于减缓出行疲劳,从而提升乘客劳动生产率。结合国内外研究^[10]、调研访谈等,提出以下几方面改进:①客流出行目的,原可研仅考虑工作客流系数,本研究细分为工作客流、上下班通勤客流和其他客流3类;②乘客出行方式,原可研仅考虑城市轨道交通、公共汽车2种,本研究扩展为城市轨道交通、公交、小汽车、摩托车、电动自行车、自行车、步行和其他等8种;③劳动生产率,原可研仅考虑城市轨道交通比公共汽车提高的劳动生产率,本研究细化8种交通方式降低劳动生产率的幅度;④疲劳程度,原可研未考虑拥挤度的差异,本研究考虑初近远期、高峰平峰拥挤度对乘客疲劳程度的影响。

改进后,减少疲劳效益计算方法如下:

$$B_{2n} = \sum_i (Q_{2ni} - Q_{1ni}) WE_i H_n h \quad (10)$$

式中, B_{2n} 为第 n 年减少疲劳效益,元; W 为综合考量客流出行目的和各出行目的下的减少疲劳价值比例因素后的经济价值系数,分别赋予100%、50%和0%的系数; E_i 为第 i 种交通工具降低乘客劳动生产率的幅度; h 为市民一天工作时间,h,按每天8 h计算。

4.3 减少交通事故效益

大运力城市轨道交通是独立路权系统，运输基本不受其他车辆、行人、天气、道路等因素的干扰，发生交通事故的概率明显低于其他地面交通方式。结合国内相关研究^[6]、调研访谈等，提出以下几方面改进：①乘客出行方式，原可研仅考虑城市轨道交通、公共汽车 2 种，本研究扩展为城市轨道交通、公交、小汽车、摩托车、电动自行车、自行车、步行和其他等 8 种；②交通事故损失费率，原可研仅考虑公共汽车的交通事故损失费率，本研究更新 7 种出行方式的交通事故损失费率。

改进后，减少交通事故效益计算方法如下：

$$B_{3n} = \sum_i (M_{ni} - M_{n6})(N_{2ni} - N_{1ni}) \quad (11)$$

式中， B_{3n} 为第 n 年减少交通事故的效益，元； M_{ni} 为第 n 年第 i 种交通工具的平均每车公里事故损失费用，元/车公里。数据采用国家和城市统计数据，个别没有统计数据的采用暂估值； N_{2ni} 为“有项目”情况下，全市第 n 年第 i 种交通工具的走行公里数，车公里/年； N_{1ni} 为“无项目”情况下，全市第 n 年第 i 种交通工具的走行公里数，车公里/年。

5 经济费用效益尚存难以量化的指标(定性)

5.1 政府层面

从政府层面来看，社会效益主要包括缓解道路交

通拥堵、促进沿线人口集聚、优化城市空间布局、支持城市重大项目、提高城市营商环境(城市形象)、提升科技水平等；环境影响主要包括对环境造成的噪声振动损害、带动城市绿色发展等。

5.2 企业层面

从企业层面来看，城轨企业经济效益主要包括企业建设运营能力提升、产业链延伸及产业链效益、企业品牌提升效益等；沿线相关企业的影响主要包括建设期商业价值受损、沿线资产受损等。

5.3 民众层面

从民众层面来看，对沿线居民的影响主要是受拆迁影响居民保障程度；其他民众(弱势群体)的经济效益主要包括公共服务均等性和公平、人性化设计和关怀等。

目前，城市轨道交通带来的上述效益暂难以定量分析，未来随着信息化、大数据、人工智能、计算社会学的发展，课题组会逐步开展定量分析，以更加直观地呈现城市轨道交通项目带来的巨大正外部效益。

6 城市轨道交通项目综合评价效果

基于经济费用效益分析步骤，将 13 项定量分析指标分类，明确可纳入经济费用效益分析流量表的指标 9 项，用于测算经济指标；不纳入经济费用效益分析流量表的指标 4 项，用于评价项目对区域及宏观经济的影响，详见表 3。

表 3 经济费用效益分析定量指标体系及计算方法革新内容

Table 3 Quantitative indicator system and innovative content for economic cost-benefit analysis

序号	一级指标	二级指标	三级指标		是否本研究新增指标	本研究指标计算方法革新内容		是否纳入流量分析	北方某城市线路 A 纳入流量分析的数值/万元	
			直接经济费用效益指标	间接经济费用效益指标		共性	特有		原可研	本研究
1	政府/城市	经济		拉动城市 GDP	新增			×		
2				拉动财政收入	新增			×		
3		社会		增加就业机会	新增			×		
4				节约土地资源	新增			√		621 291
5		环境		降低能源消耗	新增			√		-2 731*
6				减少大气污染	新增			√		1 624
7	企业	城轨企业	工程建设费用		沿用既有			√		
8			运营成本、维持运营投资		沿用既有			√	2 225 976	1 990 531#
9		公共交通企业(同业竞争)		减少公共投资	新增			√		
10			沿线相关企业		沿线资产增值	新增			×	

续表

序号	一级指标	二级指标	三级指标		是否本研究新增指标	本研究指标计算方法革新内容		是否纳入流量分析	北方某城市线路A纳入流量分析的数值/万元	
			直接经济费用效益指标	间接经济费用效益指标		共性	特有		原可研	本研究
			11			节约时间效益			既有完善	完善乘客出行目的:由原仅考虑工作客流系数细分为3类客流。
12	民众	乘客	减少疲劳效益		既有完善	完善乘客出行方式,由原2种扩展为8种。	①细化劳动生产率,由原2种细化为8种方式;②完善疲劳程度,考虑初近远期、高峰平峰拥挤度差异影响。	√	4 950 260	105 881
13			减少交通事故效益		既有完善	-	完善交通事故损失费率,1种细化为7种 ⁺ 。	√	2 897	100 378

注：“*”表示降低能源消耗为负值，主要原因是线路A客流量较低，若客流量达到一定水平可转正。“#”表示企业层面费用值为指标7、8之和减去指标9所得。“+”表示测算交通事故损失率为7种交通方式，不含轨道交通。

6.1 纳入经济费用效益分析流量表的指标

纳入经济费用效益分析流量表的指标9项，分别为工程建设费用、运营成本和更新改造、节约时间效益、减少疲劳效益、减少交通事故效益、减少公共投资、节约土地资源、降低能源消耗、减少大气污染，用于测算经济指标，如经济内部收益率、经济净现值、经济投资回收期等。

为更好检验研究的实践效果，对经济费用效益研究结果开展案例分析，详见表3最后两列。以北方某城市轨道交通线路A为例，项目总投资172.50亿元，运营期25年，项目节约时间效益、减少疲劳效益及减少交通事故效益等直接效益约49.38亿元，节约土地资源、降低能源消耗、减少大气污染等间接效益约62.01亿元，项目直接和间接效益合计111.40亿元。与原可研计算方法相比，本研究测算的直接效益对客流出行目的、乘客出行方式、劳动生产率、疲劳程度、交通事故损失费率等指标计算方法进行了细化和改进，直接效益较原可研更加准确、真实；同时增加了间接效益的量化分析，更加全面地呈现城市轨道交通项目带来的综合经济效益。

6.2 不纳入经济费用效益分析流量表的指标

不纳入经济费用效益分析流量表的指标4项，分别为拉动城市GDP、拉动财政收入、增加就业机会和沿线资产增值(暂不计)。

以北方某城市轨道交通线路A为例，项目建设运营期(建设期5年+运营期25年)对GDP综合贡献为878.16亿元，对GDP的综合贡献率(综合贡献/项目总投资)为5.09。按该城市近五年一般公共预算收入占GDP平均比例10.07%匡算，建设运营期30年可为政府带

来约88.44亿元财政收入。建设期年均增加就业机会7 595个，运营期年均增加就业机会1 828个，详见表4。

表4 北方某城市轨道交通线路A对区域宏观经济影响
Table 4 The impact of rail transit line A in a northern city on regional macroeconomics

量化指标名称	阶段	按国家统计局数据测算		按省统计数据测算	
		合计	年均	合计	年均
拉动城市GDP/亿元	建设期	385.24	77.05	297.91	59.58
	运营期	492.93	19.72	417.57	16.70
	合计	878.16		715.49	
拉动财政收入/亿元	建设期	38.80	7.76	30.00	6.00
	运营期	49.64	1.99	42.05	1.68
	合计	88.44		72.06	
增加就业机会/个	建设期		7 595		
	运营期		1 828		
	合计		9 423		

注：1. 国家口径采用国家统计局公布的近五年(2019年至2023年)平均值，最终消费支出对国内生产总值贡献率、资本形成总额对国内生产总值增长贡献率分别为45.08%和41.84%。

2. 省口径采用该省统计局公布的近五年(2017年至2021年)平均值，最终消费支出对国内生产总值贡献率、资本形成总额对国内生产总值增长贡献率分别为50.67%和54.10%。

7 结论

本研究从政府、企业和民众3个维度分析，重点对城市轨道交通原经济费用效益分析进行指标体系完善和分析方法革新，更加突出其对区域经济和生态环境的影响，以期更全面地评价项目经济和社会效益，帮助做好项目前期决策，推动行业可持续发展。研究主要革新内容包括以下内容。

1) 从政府、企业和民众3个维度识别经济费用和效益，构建定量和定性分析相结合的3级指标体系。

将定量指标由原可研 5 项扩展至 13 项(扩展的 8 项定量指标包括拉动城市 GDP、拉动财政收入、增加就业机会、节约土地资源、降低能源消耗、减少大气污染、减少公共投资、沿线资产增值),新增 14 项定性指标(包括缓解城市交通拥堵、促进沿线人口集聚、优化城市空间布局、支持城市重大项目、提高城市营商环境、促进科技水平提升、对环境造成的噪声振动损害、带动城市绿色发展、企业能力提升及产业链延伸效益、建设期商业价值受损、建设期沿线资产的受损、受拆迁影响居民保障程度、公共服务均等性及公平、人性化设计及关怀),使城轨项目经济费用效益分析指标体系更加全面、系统。

2) 改进节约时间效益、减少疲劳效益和减少交通事故效益的计算方法。改进内容包括将计算采用的乘客出行方式由原 2 种扩展为 8 种;将客流出行目的由原仅考虑工作客流系数细分为 3 类客流;将乘客出行时间增加各交通方式的必要等候时间;根据乘客出行方式细化劳动生产率,由原 2 种细化为 8 种;完善疲劳程度,在原可研基础上考虑初近远期、高峰平峰拥挤度对疲劳程度的差异影响;完善交通事故损失费率,由 1 种细化为 7 种。近年来,随着新能源汽车、电动自行车、共享单车等多样化交通方式的普及,原可研仅考虑城市轨道交通和公共汽车 2 种交通方式测算的项目节约时间效益和减少疲劳效益相对偏高、减少交通事故效益偏低,本研究改进计算方法后测算的项目节约时间效益、减少疲劳效益、减少交通事故效益更加符合实际情况和行业经验。

3) 提出政府投资决策关注的拉动 GDP 增长、促进财政收入和增加就业机会的量化计算方法。首先,采用支出法根据统计局公布的“三大需求对国内生产总值增长的贡献率”数据测算城市轨道交通建设运营期对 GDP 增长的拉动作用,其次,根据城市 GDP 和政府财政收入之间的转化关系测算城市轨道交通对一般公共预算收入的拉动作用。再者,采用投入产出法测算城市轨道交通增加就业机会。采用本研究提出的量化方法,能够准确量化城市轨道交通项目拉动 GDP 增长、拉动财政收入、增加就业机会等宏观经济和社会效益,更有利于城市政府投资决策,提高项目投资效益。

因篇幅限制,个别指标未实现定量分析,且只选取了 1 个项目进行案例分析,在后续仍需结合更多项目实际情况进行实践和完善。另外,对于社会折现率和影子票价调整的合理性、利益相关者的划分等,也有

待继续深化研究。期望行业共同推动城市轨道交通项目经济评价研究不断革新和完善,促进行业可持续发展。

参考文献

- [1] 李开孟. 工程项目经济分析理论方法及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2020.
LI Kaimeng. Theoretical method and application of economic analysis of engineering projects[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2020.
- [2] 李开孟. 投资项目可行性研究的基本逻辑及核心关切[EB/OL]. [2022-06-27]. https://mp.weixin.qq.com/s/IPrFWZTF_Oyc1w18k4mmw.
- [3] 发展改革委. 国家发展改革委关于印发投资项目可行性研究报告编写大纲及说明的通知(发改投资规〔2023〕304号)[EB/OL]. (2023-03-23)[2024-05-08]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-04/11/content_5750844.htm.
- [4] 于松伟, 刘巍, 仲莹莹. 基于复杂巨系统理论的城市轨道交通可持续发展综合评价[J]. 都市快轨交通, 2023, 36(5): 1-10.
YU Songwei, LIU Wei, ZHONG Yingying. Comprehensive evaluation of sustainable development of urban rail transit based on open complex giant system theory[J]. Urban rapid rail transit, 2023, 36(5): 1-10.
- [5] 王光彩. 如何计算固定资产投资对 GDP 增长的贡献率[J]. 四川省情, 2002(7): 30-32.
WANG Guangcai. How to calculate the contribution rate of fixed assets investment to GDP growth[J]. Sichuan provincial conditions, 2002(7): 30-32.
- [6] 澳门基建办公室. 澳门轻轨系统一期及二期社会及经济效益评估研究报告[R]. 澳门, 2010.
- [7] 徐宗祥. 湖南城市轨道交通产业投资的产业关联效应研究[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
XU Zongxiang. Study on industrial correlation effect of urban rail transit industrial investment in Hunan Province[D]. Changsha: Central South University, 2012.
- [8] 王云. 城市轨道交通项目国民经济效益计算方法研究[D]. 苏州: 苏州科技学院, 2015.
WANG Yun. Research on calculation method of national economic benefit of urban rail transit project[D]. Suzhou: Suzhou University of Science and Technology, 2015.
- [9] 陶泓. 城市轨道交通建设对沿线房地产价格的影响: 以成都地铁 4 号线为例[D]. 重庆: 重庆大学, 2019.
TAO Hong. Influence of urban rail transit construction on real estate prices along the line: taking Chengdu metro line 4 as an example[D]. Chongqing: Chongqing University, 2019.
- [10] 陆明. 城市轨道交通系统综合效益研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2012.
LU Ming. Study on comprehensive benefits of urban rail transit system[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2012.

(编辑: 王艳菊)