

摘要

城市轨道交通(URT)是一种快捷高效、安全舒适、节能环保的大运量交通方式，它是解决城市交通拥挤的最有效的途径之一，因此，对城市轨道交通进行经济效益分析的重要性也越来越突出。

城市轨道交通的经济效益分析综合考虑了轨道交通运营企业的经济效益和它给社会带来的宏观经济效益。由于国内外对城市轨道交通微观经济效益分析的比较多，本论文重点分析了城市轨道交通的宏观经济效益。

宏观经济效益内容广而杂，给其分析计算工作带来了一定的难度，对其推广和应用也带来了阻碍。本文针对城市轨道交通所带来的宏观经济效益进行了深入的分析，做了探索性的研究工作，重点分析了城市轨道交通的诱导效益，尤其对于土地增值效益，传统的国民经济评价在土地增值这一部分没有定量的计算公式，通常是根据经验估算，本论文采用了定量的计算模型。

论文首先分析城市轨道交通运营企业的财务状况，分项计算其费用与收入。

然后，论文分析了城市轨道交通的宏观经济效益，按城市轨道交通效益产生的几个阶段，用时间阶段法，对城市轨道交通的效益分别进行了分析，建立了计算模型。在计算投入效益时，采用投入产出法，并对传统的投入产出模型进行了改进；在计算产出效益时，采用了分项计算方法，对产出效益各个方面进行了分析；在分析其诱导效益时，抓住了诱导效益的重点，即城市轨道交通对沿线土地增值的影响。通过分析城市轨道交通对土地增值的影响机理，以及土地增值的影响因素，建立了价格函数——交通成本模型，并在此基础上，求出总的诱导效益。

由于土地增值并不完全是由城市轨道交通的建设引起的，本论文的在分析诱导效益时，通过建立交通成本模型把城市轨道交通对土地增值的影响从土地总增值中分离出来。

最后，论文在经济效益分析的基础上，按不同的目标，采用定性与定量相结合的方法，对其经济效益进行了综合评价。

关键词：城市轨道交通；经济效益；评价；投入产出

Abstract

URT is one of the most effective way to settle the traffic congestions in urban, which is a safe, comfortable, convenient, fast, effective and environment-friendly urban infrastructure system, and is adopted by more and more cities, at the same time the importance of the economic benefit analysis becomes more and more obviously.

The economic profit analysis of URT concerns about the economic benefit of rail transit enterprise and the macroscopic economic benefit that it brings to the society. The microscopic economic benefit is stressed on this thesis because there are much study on the microcosmic economic benefit.

Given the wideness and the complexity of the macroscopic economic benefit, there exists the difficulty in its analysis, promotion and application. In this thesis, the economic benefit of URT is analyzed deeply and the groping works on this file is done. The inducement economic benefit is stressed, especially on the ground's increased value. There are few measurable method on the ground's increased value when calculate the macroscopic economic benefit, we usually value it through experience, in this thesis, we used the measurable method.

Firstly, the finance of the urban rail transit enterprise is analyzed, and the expenditure and revenue are calculated.

Secondly, the macroscopic economic benefit of URT is analyzed. According to the steps by which the URT benefit is generated, the URT economic benefit is respectively analyzed by time-phase method and a calculating model is built. As the investment benefit calculating, the input-output method is adopted and the tradition model is improved. As the output benefit, the itemizing calculation is used for every aspects of the output benefit. As the inducement economic benefit, giving the keystone of inducement economic benefit, which is the influence of the ground's increased value that the urban rail transit promotes, the price function, traffic cost model, is established by analyzing the influence theory that the URT acts on the ground's increased value, and based on the above, the total economic benefit is calculated.

Because the ground's increased value is not only caused by the URT, but also by

others, so we separate the total increment through building traffic cost model when annals the inducement economic benefit.

Finally, based on the economic benefit analysis and according to different objectives, the economic benefit is assessed by quantitative and qualitative method.

Key words: urban rail transit; economic benefit; evaluation; input-output.

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

1.1.1.1 轨道交通是我国大城市发展的必然选择

由于城市化进程不断加快，汽车的数量急剧增多，交通基础设施建设缓慢，导致了交通供给远远不能跟上交通需求增长的速度，出现了交通拥挤阻塞。大城市的的城市人口密度、建筑密度、交通密度大多比较高，城市道路特别是市中心区的道路一般都比较狭窄，容量严重不足，而基本交通方式主要是自行车和步行，大约是整个出行量的 65—90%^[1]。在一些大城市已经到了非常严重的地步，出现了交通效率下降，汽车废气污染严重等城市发展问题，这些问题不仅给我们生活和工作带来了不便，而且制约了城市经济与社会的发展。随着城市经济的高速发展，交通问题逐渐上升为城市第一位问题了。如果不加控制任其发展，那么不久的将来自行车就会向摩托车发展、摩托车就会向小汽车发展，最后将造成小汽车、摩托车泛滥，使得城市无法承受。进入 21 世纪，城市化已经作为我国社会经济发展的目标，城市人口密度将进一步增加，在城市土地资源缺乏的条件下，交通问题势必日趋严重。

道路建设不可能提供车辆数目激增所需要的空间，也不可能从其他交通项目当中提出更多的资金去建设道路。现在，城市交通规划人员担心不适当的和效率低的交通系统会抵制和妨碍社会和经济的发展。因此，发展城市轨道交通是中国解决城市长期交通堵塞的唯一选择。实践证明，城市轨道交通是解决这一问题的最佳方案，甚至可以说是解决大城市交通矛盾的必由之路。一般达到或超过100万人口的城市就具备构筑地铁的条件。

快速轨道交通具有容量大、准点、快捷、安全舒适，人均占地道路少，能根据路段的地面交通和土地供应状况，从地面、高架、地下三种通行方式中选择一种，可以减少与其它建筑物和运输方式争夺用地，因此特别适合我国大城

市人口密度高、高峰对交通需求量大、污染已较严重的特点。

我们要吸取工业化国家盲目发展小汽车的教训，应确定以公共交通为主，抑制自行车的发展，严格限制摩托车发展和少量发展小汽车(指私人小轿车)的方针，在大城市建立以快速轨道交通为骨干的综合运输体系。要实现城市土地集约化利用，发展城市轨道交通势在必行，而且迫在眉睫。

1.1.1.2 资金约束问题要考虑先建设重点项目

我国是一个发展中国家，各种基础设施都有待于我们去建设，但是，由于建设资金有限，必须考虑如何把有限的资源分配到合理的用途中去。在资金使用上，必须根据国家发展战略目标，选择当前急需的、具有挑战意义的及其对国家发展具有重大贡献的项目或方案进行资源配置，实现资源的优化配置。

城市轨道交通是一个城市最大型的基础设施，是资本密集型产业。即使在发达国家，发展城市轨道交通仍然会面临建设资金不足的问题。我国还是一个发展中国家，资金约束将成为城市轨道交通发展的主要障碍。

城市轨道交通建设项目作为交通基础设施，是为全社会服务的公益事业，其经济效益除了表现为在轨道交通直接使用者身上的那一部分外，还表现为促进和带动其他相关产业部门的发展而产生的直接或间接效益，即社会效益部分，也称外溢效益^[2-6]。城市轨道交通的社会效益，与普通道路相比，无论在效益的产生方式、相关性或显著程度等方面更具有特殊性。在对我国城市轨道交通建设项目进行经济效益分析与评价时，宏观经济效益分析是必不可少的组成部分。在以往的经济效益分析及评价中，比较重视从微观上，对项目财务等直接效益进行分析和评价，忽视了从宏观社会经济发展的角度，对项目的间接效益和影响的分析评价。城市轨道交通建设项目对沿线经济发展的诱导效应、连锁反应以及无形效果等方面有巨大的影响力，如果忽视了这部分效益的评估，将会影响人们对城市轨道交通的重要性缺乏全面的、正确的认识。因此运用现代系统观点和交通经济学的理论方法，对城市轨道交通的宏观社会效益进行科学的分析与评价是十分必要的。

1.1.2 研究的意义

1.有利于投资项目取得良好的经济效益，实现经济发展的良性循环

取得良好的经济效益，是企业真正成为市场竞争的主体、从而实现良性循

环的基础。而科学的经济评价，可以确保投资项目的投资方向的准确，并保证在预期的回收期内收回投资，实现良好的经济效益。对城市轨道交通进行经济效益分析，可以看出影响城市轨道交通效益的重要因素，从而为企业的良好运营提供依据。

2. 为城市轨道交通与沿线土地一体化开发提供解决方案

由于资金的约束，在发展中国家建设城市轨道交通必须实现市场化和商业化。通过分析城市轨道交通对沿线土地开发的作用，可以促进城市轨道交通与沿线土地开发的一体化，充分发挥综合效应，不但提高土地的开发效益，增加政府的收入，而且还能将城市轨道交通引起的土地增值的外部效益部分地转化为城市轨道交通的内部效益。

3. 有利于推动交通经济学发展

西方对交通经济学的研究，在理论和实践上已经取得了显著的成果。西方采用微观经济学的方法，在对有关交通需求与供给等方面进行边际分析。他们关心交通系统的环境和分布效果，在制定重大决策时，重要的是弄清楚交通运输所花费的各种源费用，而不是简单地计算账面上的成本。我国对城市轨道交通的经济分析多停留在定性阶段，尚未有人对城市轨道交通的经济利益和社会代价等进行全面地、系统地理论研究，城市轨道交通经济效益的分析及评价能够推动我国交通经济学的发展，有助于全面评估城市轨道交通的效益和成本，为城市轨道交通的可行性分析提供理论依据。

4. 有利于国家宏观经济调控

对城市轨道交通经济效益进行分析和评价，可以调整和控制宏观投资结构和规模，有助于理顺国民经济的各种经济关系，从而创造一个良好的经济投资环境，有助于以后的宏观和微观投资调控，有助于合理配置和利用国家优先的资源。

1.2 国内外研究现状

自从 1884 年法国工程师杜比(Jules Depuit)提出消费者剩余的概念，并将其作为衡量项目经济效益的基础以来，在实践中项目经济效益的确定一般都以消费者剩余的变化作为依据，城市轨道交通建设项目也不例外。

目前各国在对城市轨道交通建设项目效益计算采取的方法中，如英国的

COBA、美国的 AASHTO 都是以消费者剩余的概念作为基础。不仅发达国家如此，许多由世界银行采用或推荐的广泛使用的建设项目经济分析方法，如 Blet(1997); Quineteltal(1982); Suard&Walrave(1970); Winfrey(1969)等人编制的方法。这些普遍适用于发展中国家的评价方法，都从交通使用者(消费者)的角度衡量效益。ASCE 成员 Jean_MichelBaryla 在对加蓬的 Bitam_Okok 建设项目进行经济效益计算中，成功地运用了消费者剩余的概念^[3]。

日本交通运输项目建设的效益主要包括利用者效益、供给者效益和社会费用的增加和减少，其中利用者效益的计算内容与常规的 3 部分效益相同。在实际应用中，一般只对利用者效益进行量化计算以用于费用-效益分析。

目前，国外在公路建设项目国民经济效益计算方面的研究主要在于效益范围的界定，包括如下几个方面：

- 1.城市轨道交通建设对国民经济的影响是否存在；
- 2.这种影响是否该计入国民经济效益；
- 3.如何计量这种影响。

对第三个方面，国外也做了较多的研究工作，比较普遍的方法是采用投入-产出法，如 Richardson, H.W 提出的区位份额模型、Trezz, G 和 Ehrlich, D. 提出的投入产出预测模型、James T.Jarzab 提出的投入产出影响模型。另外，Michael W.Babcock、M.JarvinEmerson 和 MarvinPrater 还基于投入-产出法建立了一个系统的模型程序，以评交通建设项目对经济发展的影响^[3]。

我国运输建设项目的经济评价工作始于 20 世纪 50 年代，当时是在学习苏联交通运输建设的基础上，制定了运输建设项目的评价方法。该方法中不包括国民经济效益计算。50 年代至 70 年代末，由于一直采用的是前苏联的经济评价方法，故不进行国民经济效益的计算。

70 年代后期，中国实行了对外开放、对内搞活的经济政策，中国与发达国家加强了经济联系和交流，以及同世界银行和日本协力基金会等开展贷款和技术援助合作。在运输建设项目的经济评价工作方面也进行了改进，吸收了西方和世界银行以及日本等国的经验和方法。从 70 年代末起，国民经济效益计算才纳入经济评价的范围。至今，效益计算的理论基础一直是消费者剩余。

1983 年交通部制定《水运建设投资效益计算试行办法》，并对公路项目也制定了经济评价方法。1983 年由公路规划院制定了京津塘公路建设项目经济评价方法，公路研究所在此基础上研究了公路工程直接经济效益评价方法。1985 年《运输项目经济评估》出版。80 年代前期的工作对我国公路建设项目国民经济

效益的计算进行了有益的尝试。

1988 年交通部颁发的《水运、公路建设项目经济评价方法》是我国第一次对公路建设项目国民经济效益计算的理论与方法作出明确规定，并实施至今。

从理论体系、效益范围和计算方法来看，由于我国城市轨道交通建设项目可行性研究开展较晚，因而更多的是从国外直接引进，除计算参数的选取及一些经验公式的选定外，我国现行的国民经济效益计算理论与方法和国际上常规的理论方法基本相同。

如何尽量量化城市轨道交通建设项目的间接效益和间接费用，是目前我国城市轨道交通建设项目国民经济效益计算研究的重心。如新乡市公路管理总段的吴立正、张成祥提出的《公路项目间接效益评价模型研究》，考虑用投入产出理论计算公路建设项目对社会各部门所起的推动作用；清华大学杨忻提出的《交通运输建设项目综合评价方法及其投入产出模型》，考虑交通运输建设项目所带来的经济效益等^[3]。

衡量城市轨道交通建设促进经济发展的效益，是当前国内外研究的热点。这个问题，既涉及效益计算范围，又是量化间接效益的重点。在我国大力城市发展城市轨道交通建设时期，研究这个问题具有更为重要的意义。

由于我国大城市交通拥挤现象比较严重，为了有效缓解交通拥挤，我国部分大城市采取了发展大运量的城市轨道交通。城市轨道交通建设不仅可以缓解城市交通拥挤，它还可以带动沿线经济的快速发展。但是，由于这一效益量化计算的难度较大，目前一般都按间接效益处理，不须进行量化计算。事实上，如果按照传统的效益计算方法，其国民经济效益一般都较差。因此，无法准确量化城市轨道交通建设促进经济发展的效益，在一定程度上影响了城市轨道交通建设项目决策的合理性^[3]。

1.3 主要研究内容

本论文在研究过程中，通过文献资料查阅了本研究领域国内外的最新研究动态，在已有理论的基础上对轨道交通经济效益进行了定性与定量的分析，建立的评价模型。主要研究内容如下：

- (1) 城市轨道交通经济效益分析及评价的背景及意义；
- (2) 城市轨道交通经济效益分析及评价的基本理论；

- (3) 城市轨道交通运营企业的财务状况，即企业本身的经济效益；
- (4) 城市轨道交通的宏观经济效益，主要分析在不同阶段轨道交通所产生的效益；
- (5) 对城市轨道交通的经济效益进行评价。

第 2 章 经济效益分析的基本概念

2.1 交通运输与区域经济的关系

交通运输与区域经济的发展密切相关。随着时代的发展，交通运输与经济将逐步融为一体。同时，人们对交通运输与区域经济关系的认识也不断深化和完善。这种相互关系具有以下两个特点^[2]：

- (1) 高度发达的社会经济社会，需要与之相适应的发达和完善的交通运输系统(包括现代化的交通设施和交通工具)；
- (2) 现代化的交通运输系统，为社会经济的进一步发展奠基了重要的物质基础。

不同特点和水平的区域经济会对区域交通运输结构和布局产生重大的影响，甚至是决定性的影响。

2.1.1 区域经济的特征分析

(1) 区域经济的特征分析

区域经济是在一定的地域范围内，具有特定结构和功能的经济系统。它与一定的空间范围有关，由各经济单元相互联系构成一个有机整体，具有经济特性和空间特性双重属性，需要具有发达的交通运输联系^[2-5]。

区域经济特性是在区域主导产业的基础上形成的，具有鲜明的地域性。这种特点来源于区域的比较优势，称为优势资源。此处所指的“资源”是广义的，包括自然资源、劳动力资源、技术资源等各种有形和无形的资源。

(2) 区域经济的系统结构分析

产业结构是区域经济系统特性的重要体现。由于地域条件的不同和范围的限制，区域经济的产业结构成为具有某种特征，一般会因为在某种自然资源、技术或劳动等方面相对优势而具有少数一项或几项优势产业，并以此为主导产业和其配合的辅助产业一起形成具有一定层次的区域产业结构。合理的产业布局会提高区域经济的运行效率和产出效果。现代社会经济发展历史表明，区域

内交通条件的改善能够在一定程度上消除和克服地区和城镇间由于空间分布造成的经济联系的阻碍，从而达到调整和改善区域经济产业结构的目的^[2-3]。

2.1.2 城市轨道交通与城市经济相互作用分析

城市的交通系统的空间分布上是由“点”(客运站、点)、“线”(城市道路、轨道交通等)相互连接而形成的网络状结构。一个国家或地区生产的社会化程度越高，社会分工越细，对交通运输的依赖性越强。

城市轨道交通作为城市交通运输系统的一个子系统，其结构和功能对城市经济系统的结构和功能都有影响。城市轨道交通线网对城市经济的作用外在表现为城市生产布局的改善和居住密度的重新分布。城市轨道交通的建设，扩大了企业生产或商业贸易活动发展的空间，企业将生产经营的地点选在交通便利的地方，在其它有利因素的吸引下，城市轨道交通线路两侧往往形成相对集中的产业带^[2-5]。

2.2 经济效益的分类

城市轨道交通建设项目的经济效益一般是指建设项目在其投资修建过程中对轨道交通企业本身以及区域社会经济所带来的直接或间接效益，以及项目建成通车之后，在一定时期内，对区域社会、经济等方面产生的影响和作用。按照不同的分类方法，它分为直接经济效益和间接经济效益，宏观经济效益和微观经济效益，眼前经济效益和长远经济效益，静态经济效益和动态经济效益等^[6,7]。

(1) 宏观效益与微观效益(还可分为中观效益)

所谓宏观效益，是指国民经济整体的经济效益，也就是从国民经济全局来考察的整体效益。所谓微观效益，是指个别部门、个别单位、个别企业和个别项目的经济效益。

(2) 直接效益与间接效益

许多经济事业，不仅能够获得直接的经济效益，而且还有间接的效益。有些经济事业，间接的经济效益往往大于直接经济效益。有的可能只有间接效益。例如，植树造林，不仅可以直接为人们提供大量木材和林副产品，更重要的是，它能够维持和保护自然生态系统的良性循环，从而给整个国民经济的发展和人

类的生存条件的改善带来巨大的实际利益。又如，教育投资和其他智力投资，能够直接造就大批人才，而其本身并没有取得直接的经济效益，但是对整个国民经济来说，它为各个经济部门和企业的科技进步及管理水平的提高创造了客观条件，从而带来了巨大的经济效益。

(3) 眼前效益与长远效益

有些经济活动，从眼前和近期看来，能够取得较好的或者很好的经济效益，可以带来不少经济利益，但从长远来看，确实负效益，甚至还可能是一种破坏。例如“掠夺式”开采。有些经济活动，从眼前和近期来看，是没有多少效益，甚至没有效益，但从长远来说，是有很大效益的，非进行不可。例如国家重点建设的一些大型项目，需要投资多，建设工期长，近期不能产出，因此没有什么眼前效益。

(4) 静态效益和动态效益

经济效益从其投入与产出的对比方式看，可分为静态经济效益和动态经济效益。

静态经济效益是指用一定时期的投入与产出直接对比来评价经济效益的静态水平。如以某企业的当期收入与当期成本费用对比，就可说明经济效益的静态水平。当收入与成本的比率大于 1 时，说明有经济效益；等于和低于 1 时说明无经济效益；将企业收入与成本的比率与同行业平均比率对比，还可说明企业经济效益在同行业中的地位。

动态经济效益是指用某一时期的投入产出与另一时期的投入产出对比来评价经济效益的动态水平。仍以收入与成本的比率为例，如果用某一时期与另一时期对比的收入增长率与成本费用增长率对比，则反映的就是动态经济效益。当收入增长率大于成本费用增长率时说明动态有经济效益；当收入增长率小于成本费用增长率时，说明动态无经济效益；当二者相等时，说明两个时期的经济效益相同。

2.3 需求分析

由于近几年机动车发展速度过快，很快就占用了增加的城市道路资源，使原本就不充分的道路资源更加紧张。同时，由于交通管理的不完善，使得资源利用效率最高的公共电汽车无法保持良好的服务水平，而居民随着生活水平的

提高对交通服务提出了更高的要求，于是小客车、摩托车、出租车等资源利用效率极低的交通方式以较快的方式增长，使得城市交通的结构不合理，城市交通系统面临着更加严峻的考验。

随着城市化进程的加强，市辖各县(市)城镇化水平将大幅度提高，将周围地区的卫星城镇与中心城区的联系更加密切，城区内外来的车辆将大大增加城市的交通压力。

根据我国二十多个城市居民的出行调查，城市居民和流动人口的人均出行次数分别为 1.72 到 3.02 次不等，其中部分城市的调查结果如下表：

表 2-1 城市居民出行强度表

城市名	人口 (万人)	居民出行强度 (次/人·日)	流动人口出行强度 (次/人·日)	调查年份 (年)
天津	467	2.02	1.98	1993
武汉	346	1.80		1993
北京	582	1.61		1986
广州	244	2.28	3.22	1984
福州	930	2.40	4.00	1993
南宁	802	2.53		1993
湖州	229	2.12		1993
徐州	50	2.46		1982

资料来源：济南市城市轨道交通一号线预可行性研究客流预测报告，2001.7

表 2-2 大城市各交通方式出行分担率预测表

交通方式	出行量分担率	
	2010 年分担率%	2020 年分担率%
公共交通	25~30	35~45
自行车	30~35	25~30
步行	25~30	20~25
小汽车	5~8	8~10
摩托车	4~6	4~6
其他	3	3
合计	100	100

资料来源：济南市城市轨道交通一号线预可行性研究客流预测报告，2001.7

城市轨道交通占城市公交出行量的比重，与城市的路网状况、常规公交网密度、常规公交服务水平、轨道交通线网密度、运送速度及车站分布有关。实际上，从本质上讲，城市轨道交通的发展战略影响着城市轨道交通所承担的客运量。在本论文中，以城市轨道交通占全市公交出行的 20%估算。

在 200 万人口以上的城市，以公交出行占总出行的 25%计，以人均日出行 2.5 次计，同时，以轨道交通占城市公交出行的 20%计，粗略估算，每年大概有多少人次乘坐城市轨道交通。

$$200 \times 2.5 \times 0.25 \times 0.2 \times 365 = 9125 \text{ (万次/年)}$$

由此可见，人口在 200 万以上的城市确有建立轨道交通的需求。

第 3 章 城市轨道交通微观经济效益分析

所谓微观效益，是指个别部门、个别单位、个别企业和个别项目的经济效益。在本论文中，主要指城市轨道交通企运营业本身的经济效益。城市轨道交通投资的构成，主要由基础设施和运营设施投资两个部分组成。这种投资结构是城市轨道交通建设项目投资区别于其他工业项目投资的重要特点。基础设施所形成的固定资产不仅可以为城市轨道交通营运业务服务，而且也为相关的许多企事业单位服务。基础设施投资在项目总投资中占有很大的比重，这反映为城市轨道交通建设项目的资金投入大，项目建设周期长，项目建成投产后，其主要经济效益体现在对国家和地区的社会经济发展做出较大的贡献。对于城市轨道交通运营企业来说，财务盈利能力和清偿能力通常比一般工业项目要弱一些。

3.1 城市轨道交通财务分析的步骤及内容

城市轨道交通的费用及效益分析主要通过分析它的财务状况，财务分析的步骤如下^[8]：

1. 收集各项基础资料，分析轨道交通企业运营情况

城市轨道交通运营企业组织机构情况，各类人员的编制与工资构成；相似企业的运营收入、成本核算、利润和分配情况；企业缴纳税金的种类、缴纳标准和办法；债务构成，借款条件、利率和还款方式；主要生产设备的配置，各种机械、车辆和其他设备等的数量、完好率、利用率，固定资产的种类、原值、净值、分类折旧率，大修理提存率。

2. 根据城市轨道交通的设计能力，预测财务分析所需要的各项参数和确定计算条件

财务评价预测的运营收入、运营费用、各项费收以及企业留利，应以现行财务制度为基础。依据已经发生的近年相似项目运营收支报表综合详细测算，既要考虑到各项收支的上涨系数，又要考虑经济发展速度，不要过高测算各项收入，也不要过低测算各项费用，以避免造成计算效益指标的失真，影响经济

评价的质量。

3. 确定资金来源、借款条件、偿还方式

在社会主义市场经济体制下，城市轨道交通建设项目的资金来源渠道形式应该多元化，主要来源可以有：

- (1) 资本金；
- (2) 通过国内专业银行以贷款形式借入资金；
- (3) 借入国外金融组织(如世界银行、亚洲开发银行)的资金；
- (4) 吸引国外投资，接受国外技术和经济援助；
- (5) 政府或国内企业法人的投资；
- (6) 发行股票、债券、产业基金等。

上述各项资金来源，除自有资金、政府、法人投资和股票外均涉及借款条件、利率及偿还方式。因此，使用借款要慎重，必须要和企业的财务效益密切结合，项目本身一般应具备如期归还借款本息的偿还能力。

4. 编制财务报表，计算各项效益指标

基本财务报表有：现金流量表、损益表、资金来源和运用表、资产负债表、财务平衡表。

辅助报表主要有：固定资产投资估算表、投资计划与资金筹措表、固定资产折旧费用估算表、五星级递延资产摊销估算表、总成本费用估算表、借款还本付息计算表。

3.2 城市轨道交通的费用及收入

3.2.1 城市轨道交通的费用

城市轨道交通投入的总费用视之为完成方案中规划方案的建设、管理、运营所付出的经济代价，即所投入的全部物质资源和人力资源，它是可以以货币形式计量的^[8, 9, 37-40]。

一、城市轨道交通建设费(C_1)

城市轨道交通建设费就是项目的基建投资，它包括建筑工程费、设备及工具器具购置费、其他基本建设费和预留费等几项。由于轨道交通有不同的形式，各形式的建设费用不一致，因此把城市轨道交通划分成不同的路段，每

路段的形式及单位造价相同，则总建设费用采用如下公式：

$$C_1 = \sum_{k=1}^{n_1} (L_k \cdot CA_k)$$

式中 C_1 ——城市轨道交通的总建设费用；

CA_k ——第 k 段城市轨道交通的单位造价；

L_k ——第 k 段城市轨道交通的建设里程；

n_1 ——总路段个数。

在参考文献【8】中提到，城市轨道交通建设费用细分可分为如下部分：

- (1) 主体工程：主要指线路各种特殊结构建设，如地下铁道的隧道工程、轻轨的高架工程、单轨和导轨交通的特殊结构建筑等。
- (2) 轨道：不同轨道交通形式有着不同的轨道型式和结构，地铁与轻轨的轨道与一般铁道相同，单轨和导轨交通的轨道为水泥轨道梁。
- (3) 车站和地面辅助设备：车站包括站台形式、尺寸、布局及站内设施，包括售票大厅、候车大厅、信号、锅炉、生活等用房。
- (4) 通信信号系统：为了确保行车安全，指挥列车运行、提高运营效率，不同轨道交通对通信信号要求不同，各种轨道交通均有有线、无线通信、广播系统、自动停车、自动闭塞、自动运行、自动监视系统等。
- (5) 供电系统：供电系统提供安全、可靠、经济的电能，保证列车牵引和动力照明正常工作，一般的变电所具有将城市电网交流电降压整流的能力。
- (6) 车辆购置：车辆是固定资产的重要组成部分，车辆购置费用因采用国产车货进口车、车辆型式、技术参数等不同而有较大的差异。
- (7) 车辆段及其设施：经常保持车辆及沿线设备技术状态完好，为轨道交通提供技术良好的车辆及设施，确保行车安全，提高运输效率是车辆段和维修基地的根本任务。
- (8) 环境和通讯设备：是地铁工程的重要组成部分，特别是通风和消声设备的合理选型和布置，将直接影响系统运行的环境控制效果和评价。
- (9) 防灾报警系统：防灾报警系统用以减轻轨道交通系统在各种灾害下的损失，包括防震、防洪、防风、防火等而在地下隧道、高架桥及站舍等采取的各类措施。
- (10) 其他费用：包括工程前期施工准备费用(土地征用费、线路改造费、研究费用、实验费及职工培训费等)和建设期内管理费，此外，还有建设期利息、流动资金等。

工程投资费用计算通常依据概算书进行，计算时并用影子价格对费用进行调整。由于实际上有效的费用没有统一影子价格，也可用市场价格进行调整。

二、城市轨道交通使用费(C_2)

城市轨道交通使用费是指城市轨道交通寿命年限内的养护及交通管理费。

$$C_2 = \sum_{k=1}^{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} (L_k \cdot CM_{kt})$$

式中 C_2 ——城市轨道交通的使用费；

CM_{kt} ——第 k 段城市轨道交通第 t 年的使用费；

L_k ——第 k 段城市轨道交通的建设里程；

n_2 ——城市轨道交通的使用年限。

城市轨道交通使用费具体可细分为以下部分：

(1) 生产人员劳动工资和福利费用

职工工资及福利由职工定员和人均工资及福利相乘得到。

(2) 运营电力费用

电费包括牵引动力用电、照明用电、其他用点三部分，由每一部分电耗和单位电价相乘得到：运营费用行车量乘以运营费参数得到。

(3) 材料消耗费用

(4) 车辆修理费及大修提存

修理费用行车量乘以修理费参数得到。

(5) 企业管理费(管理人员工资及福利费、办公费)

三、城市轨道交通大修费(C_3)

城市轨道交通大修费是指在城市轨道交通使用一段时间后进行大修的费用。

$$C_3 = \sum_{k=1}^{n_3} (L_k \cdot CR_k)$$

式中 C_3 ——城市轨道交通的大修费；

L_k ——第 k 段城市轨道交通的建设里程；

n_3 ——需要大修的路段数；

CR_k ——第 k 段城市轨道交通的单位大修费用。

四、残值(C_4)

所谓残值是指评价期末城市轨道交通残留下来的价值。残值通常是在项目评价期末以负值计入费用。

五、其它费用(C_5)

城市轨道交通投资项目应缴纳的税金及附加税金包括营业税、城市维护建设税和教育附加费。目前综合税率取 3.24%。

关于所得税，如无政策性优惠豁免，一般按利润的 33%计征所得税，若得到政策性优惠予以豁免或部分豁免时，则按实际所得税征收。

3. 2. 2 城市轨道交通的收入

运营收入指系统获得各种资金的回报，可用运输收入、利润率和其它收入来反映；运输收入主要为系统收取的运费，以货币形式表现，反映了系统是否满足运输需求；利润率指纯利润与运营收入的比值，反映系统的财务状况；其它收入指通过系统获得的其他收益^[8, 9, 37-40]。

客票收入是指对乘客收取的票价，即收费收入，它是城市轨道交通收入的主要形式。收费年收入(R)的测算公式为：

$$R = \sum_{v=1}^n (T_v \times TR_v \times L) \times 365$$

式中 T_v ——不同的轨道交通形式（如地铁、轻轨等）的年平均日交通量(人/日)；

TR_v ——不同的轨道交通形式的收费标准(元/人公里)；

L ——城市轨道交通收费里程(km)；

R ——收费年收入。

第 4 章 城市轨道交通宏观效益分析及其评估

所谓宏观效益，是指国民经济整体的经济效益，也就是从国民经济全局来考察的整体效益。城市轨道交通建设项目的宏观经济效益一般是指建设项目在其投资修建过程中对区域社会经济所带来的直接或间接效益，以及项目建成通车之后，在一定时期内，对区域社会、经济等方面产生的影响和作用。

由于宏观经济效益涉及的因素众多，如相关产业、投资环境、交通条件等，涉及到区域交通和区域经济的相互作用的演进过程，因而具有因果反馈机制；又因为城市轨道交通存在着传递效益以及经济学中的乘数效益原理，它所产生的宏观经济效益具有随时间渐进的滚动性特点(见图 4-1)^[10]，需要长期动态的评估，因此，对于宏观经济效益，本论文采用时间阶段法分析。

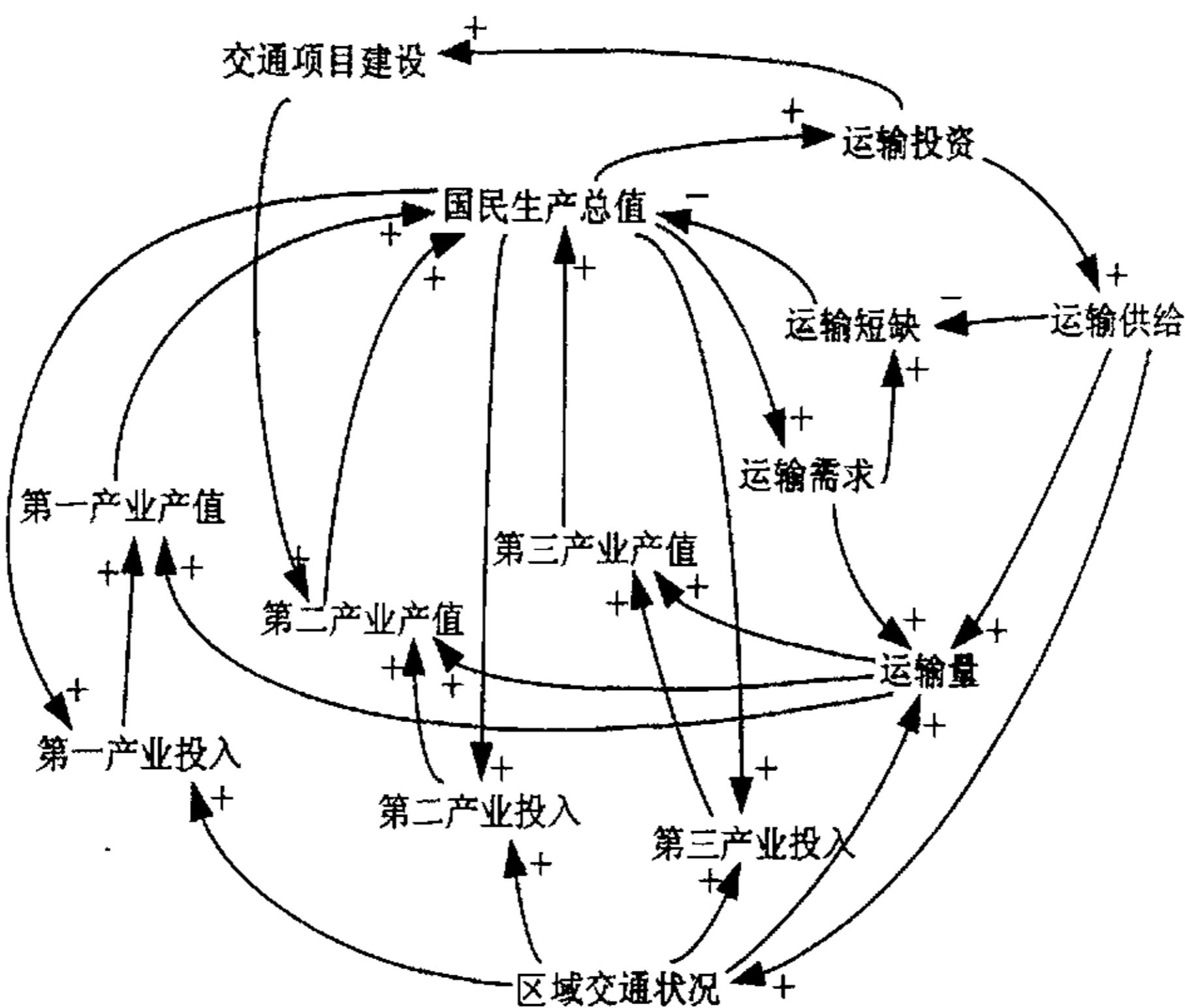


图 4-1 区域经济—交通发展因果关系

时间阶段法是按城市轨道交通项目建设、投资、运营时间阶段不同，将效益分为投入效益(B_1)、产出效益(B_2)及诱导效益(B_3)三个部分^[11-14]。即：

$$\text{总效益}(B)=\text{投入效益}(B_1)+\text{产出效益}(B_2)+\text{诱导效益}(B_3)$$

1. 投入效益：投入效益是建设项目社会效益的一种特殊表现形式。它是城市轨道交通项目投资兴建过程中，该项目的建设对区域内各有关部门、行业所产出的效益。同时项目的投资实施所带来的投入效益还包括就业机会及就业人员增加等方面。

2. 产出效益：产出效益是指城市轨道交通项目建成通车以后，由于运输能力的增加，改善了城市交通条件，刺激了城市客流的增加，缓解了交通拥挤。

3. 诱导效益：诱导效益是在现代社会条件下，交通运输等基础设施建设项目，对其影响区域社会经济发展变化的一种日益突出和增强的作用形式，也是项目社会效益或效应的重要表现形式之一。城市轨道交通建设项目的诱导效益往往主要体现在以下两个方面^[2]：

(1) 城市轨道交通建成通车后，由于地区道路交通条件的改善，在有利的宏观经济形势和环境下，轨道交通沿线地区成为投资发展的热点，诱发了沿线影响区内潜在的资源开发和利用，从而为一些以往不具备发展条件或未开发的地区提供了新的发展机会和条件，促进了区域经济超常增长，形成一些产业结构及布局的变化，如城市轨道交通沿线产业经济开发、土地增值、高新技术产业带的形成等产生的效益。这种效益也可称之为“开发效益”。

(2) 对于经济基础较好，经济比较发达的地区，由于城市轨道交通的修建，地区道路交通条件的改善，促进了大城市人口和生产力空间布局结构的调整和改变，为城市原有因土地和交通紧张状况已趋于饱和的经济带来新的发展空间和机遇，从而促进社会经济发展进入一个新的阶段。这种效益可看作是“发展效益”或“诱增效益”。此外诱导效益还包括由于国民收入的提高从而引起消费增长所诱导出的效益，及由于区域内城市轨道交通项目的修建，改善了投资环境，通过区域内外资金的引入而产生的社会效益部分。

4.1 城市轨道交通投入效益分析

4.1.1 投入产出模型

投入产出分析的本质是从一种数量上系统研究一个复杂经济系统不同部门(或产品)之间相互依存的经济数学方法,它是经济学与数学相结合的产物,属于交叉科学。它主要由两部分构成:投入产出表和投入产出模型。人们在进行任何一种物质生产活动时,都必须有物质上的必要准备,要投入原材料、辅佐材料、燃料、动力等为内容的劳动对象,要投入以机器、设备、厂房、工具等为内容的劳动手段,还要投入作为生产力第一要素并能推动生产资料进行实际生产活动的劳动力,这些都称之为投入物。由于投入了劳动对象、劳动手段和劳动本身,并将它们按一定的形式组织和运用起来进行生产活动的结果,必然有某种使用价值被生产出来,即所谓产出。产出的产品,要么在物质生产领域内供给别的部门当作投入用,要么以最终的需求形式,脱离本期生产过程,用在消费、积累、储备、出口等方面。投入产出模型的基本前提是每一产业把它的产出物作为投入物,依次进行另一货物或服务的生产,所有产出物都在区域经济中销售,每一产业的行为由货物与服务的最终需求同其他产业的关系变化所决定^[2]。

这些关系用一张棋盘式的数学关系来表示,它能够概括所有部门的投入来源和产出去向,被称为一个投入产出表,它是投入产出法研究的对象。考虑到该表特定的结构、经济内容、数学形式和运算关系便是一个投入产出模型。(见表 4-1)^[2]

从表 4-1 可以看出,一个投入产出表包括四个象限(部分):

第一象限:部门间交易象限,它由国民经济的 n 个部门纵横交叉而成,反映了国民经济各部门间的生产技术联系。其行数等于列数,行代表产出,列代表投入,每个部门既是投入的消费者,又是产出的生产者。其中 X_{ij} 既表示第 i 部门总产品 X_i 中用作劳动对象消耗的数额,又表示生产第 j 部门总产品 X_j 的过程中对第 i 部门产品的消耗量。所以,第一象限反映了国民经济各部门间的生产技术联系,特别反映了各部门相互提供劳动对象的情况。

表 4-1 投入产出表

消耗部门 (产出) 生产部门 (投入)	中间需要			最终需要			总产 出 X		
	部 门 1	部 门 2	部 门 N	小计	消 费 W	积 累 K	净 出 口 E	小 计 Y	
劳动 对象 消耗	部门 1	$X_{11} \ X_{12} \ \dots \ X_{1n}$		$\sum_{j=1}^n X_{1j}$	W_1	K_1	E_1	Y_1	X_1
	部门 2	$X_{21} \ X_{22} \ \dots \ X_{2n}$		$\sum_{j=1}^n X_{2j}$	W_2	K_2	E_2	Y_2	X_2

	...	(I) 部门交易象限			...	(II) 最终用途 象限			...
	部门 n	$X_{n1} \ X_{n2} \ \dots \ X_{nn}$		$\sum_{j=1}^n X_{nj}$	W_n	K_n	E_n	Y_n	X_n
	小计	$\sum_{i=1}^n X_{i1} \ \dots \ \sum_{i=1}^n X_{in}$		-					
活 动 消 耗	固定资产 折旧 D	$D_1 \ D_2 \ \dots \ D_n$		$\sum_{j=1}^n D_j$					
	劳动报 酬 R	$R_1 \ R_2 \ \dots \ R_n$		$\sum_{j=1}^n R_j$					
	社会纯 收入 M	$M_1 \ M_2 \ \dots \ M_n$		$\sum_{j=1}^n M_j$					
	小计								
	总投入 X	$X_1 \ X_2 \ \dots \ X_n$							

第二象限：最终用途象限。这部分反映了最终产品的实物构成及使用，通常包括三个部分：消费基金、积累基金和净出口。所有部门最终产品的总和为社会最终产值或国民生产总值。

第三象限：增加价值象限。这部分是第一象限在垂直方向的延伸，其中的数据主要反映了各部门的折旧、新创造的价值以及必要劳动(劳动报酬)和剩余劳动(社会纯收入)的比例，这一部分显示了国民收入的初次分配。

表 4-1 中各符号含义：

X_i ——表示第 i 部门的总产出量或总投入量；

X_{ij} ——表示第 i 部门的产品用作第 j 部门生产消耗的数量，或者说，第 j 部门在生产过程中消耗掉的第 i 部门产品的数量。

Y_j ——表示第 j 部门最终产品的产量。即在第 j 部门的产品 X_j 中可供社会最终消费需求的产品；

D_j ——表示第 j 部门生产过程中所消耗的固定资产价值，即固定资产折旧额；

R_j ——表示第 j 部门在生产过程中所支付的劳动报酬的数额，如工资、奖金、津贴等；

M_j ——表示第 j 部门生产工作者所创造的社会纯收入的数额，如利润、税金等；

投入产出模型的建立，是基于以下两个基本假设

一方面，一切部门生产的总产品，不是用于生产性消耗(中间需要)，就是用于最终消耗(最终需求)。也就是说，从投入产出表的水平方向来看，应该有如下的关系成立：

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i = X_i \quad (4-1)$$

另一方面，国民生产总值应等于中间产品的转移价值加上新创造价值的总和。也就是说，从投入产出表的垂直方向来看，应该有如下的关系式成立：

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + D_j + R_j + M_j = X_j \quad (4-2)$$

方程(4-1)为产出方程或分配方程，方程(4-2)为投入方程或生产方程。

除上述两个行和列的基本平衡关系以外，在投入产出表中还有以下一些平衡关系^[1]：

(1) 纵列各部门的生产总量分别等于横向各同名部门的分配使用总量，即：

$$\sum_{j=1}^n X_{ip} + D_p + R_p + M_p = \sum_{j=1}^n X_{pj} + Y_p \quad (4-3)$$

(2) 从整个国民经济看，社会产品总量应等于分配使用总量，即：

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{j=1}^n (D_j + R_j + M_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{i=1}^n Y_i \quad (4-4)$$

(3) 折旧和新创造价值的总量与最终产品的总量相等, 即:

$$\sum_{j=1}^n (D_j + R_j + M_j) = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (4-5)$$

(4) 固定资产折旧总额和固定资产更新大修理总额相等, 即:

$$\sum_{j=1}^n D_j = \sum_{i=1}^n Y_i^{(1)} \quad (4-6)$$

其中 $Y_i^{(1)}$ 表示第 i 部门产品中用于固定资产更新大修理的数量。

若令 $a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}$, $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$, i 、 j 分别为行、列序号, 则方程 4-1 可写

成如下式子:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1n}X_n + Y_1 = X_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{2n}X_n + Y_2 = X_2 \\ \vdots \\ a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \cdots + a_{nn}X_n + Y_n = X_n \end{array} \right.$$

即:

$$X = AX + Y \quad (4-7)$$

其中, A 为如下矩阵:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4-8)$$

由 4-7 得:

$$(I - A)X = Y \quad (4-9)$$

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (4-10)$$

投入产出表建立以后, 即可求出直接消耗系数矩阵 A , 净产值系数 V , 以及里昂惕夫逆系数矩阵 $(I - A)^{-1}$:

式中 X —— 各部门的总产出向量;

Y —— 各部门提供的最终产品向量;

A —— 各部门间的直接消耗系数矩阵;

I ——单位阵。

$$V = [V_1, V_2, \dots, V_n] \quad (4-11)$$

$$V_j = \frac{R_j + M_j}{X_j} \quad (4-12)$$

$$(I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{pmatrix} \quad (4-13)$$

投入效益是基础设施项目社会效益的一种特殊表现形式。它是在项目投资新建过程中，由于项目建设对区域内各有关部门、行业所产生的效益。如：城市轨道交通项目的投资兴建，必然会增加区域内建筑部门的净产值。同时，在建设过程中，需要大量的建筑材料中间投入(如钢材、水泥等)，这又必然会引起这些建筑部门净产值的增加，再进一步由于建材部门生产的扩大，这些部门对自身的中间投入需求也相应增加(如生产钢材，水泥所需要的铁、煤炭、机械、电力等)，从而促进生产这些中间投入的部门扩大生产，增加净产值等。

在这样的一个连锁反应过程当中，投入效益的范围越来越大，从一个部门扩大到几个部门，最后波及整个区域经济。

设最终产品增量：

$$\Delta Y = [0 \cdots \Delta Y_i \cdots 0]^T \quad (4-14)$$

其中， ΔY_i 为建筑行业最终产品增量，则建筑行业最终产品增量伴随的各部门社会总产量增量 ΔX 为：

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \times \Delta Y \quad (4-15)$$

式中 $\Delta X = [\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_i, \dots, \Delta X_n]^T$ 表示n个产业部门社会总产值增量矩阵，则各部门社会净产值增量 B_1 为：

$$B_1 = V \times \Delta X = V \times (I - A)^{-1} \times \Delta Y \quad (4-16)$$

4.1.2 模型的改进

投入产出模型的关键步骤是通过引入直接消耗系数矩阵来表达部门之间的平衡联系，通过解线性方程组求出所需的未知数。我们可以把投入产出模型看

作是线性规划方法的一种特例，它的可行解域只有一点，或者说是可行解与最优解一致的线性规划模型，甚至可以看成是没有目标函数的线性规划问题^[11-16]。然而，在实际的投入产出分析中，由于受生产条件、资金等方面的限制，产出水平应该有上下限约束。且部分劳动对象不可以无限使用。因此，改进的投入产出模型应该有约束条件。

约束条件可能有以下几条^[13]：

(1) 关于劳动对象的约束：在投入产出模型中，没有包括这一部分，但在实际中有一部分劳动对象，例如：原料、燃料、电力并不是可以无限使用。

(2) 关于劳动手段的约束条件：在投入产出模型中，各部门本期可供使用的最终产品数量和它们的需要量之间是平衡的，在此基础上所决定的各部门的产量，可能由于生产能力的限制而无法生产出来。因此在进行综合平衡时必须考虑各部门生产能力的限制。各部门的生产能力可以通过所拥有的固定基金数量或固定基金占用量系数来计算 $K_j = \frac{\phi_j}{X_j}$ ($j = 1, 2, 3, \dots, n$ ， ϕ_j 表示第 j 部门的固定基金数量， X_j 表示第 j 部门的产值)。在技术进步比较慢，设备更新变化不大，又能充分利用的情况下，也用上一时期的固定基金占用量系数。

(3) 关于劳动力的约束：这一部门可利用直接劳动报酬系数 $a_{Rj} = \frac{R_j}{X_j}$ ($j = 1, 2, 3, \dots, n$)，在一定时期内所有部门的报酬率不得超过某一定值 E ，这样，可有 $R_1 + R_2 + \dots + R_n \leq E$ ，即

$$a_{R1}X_1 + a_{R2}X_2 + \dots + a_{Rn}X_n \leq E \quad (4-17)$$

在建立有约束的投入产出模型时，目标函数可以取以下几个之一：

- (1) 国民收入达到最大；
- (2) 社会最终产值达到最大；
- (3) 社会总产品达到最大；
- (4) 生产的消费品数量达到最大。

在此建立以国民收入最大为目标函数的模型：

$$\max V X \quad (4-18)$$

$$s.t. \begin{cases} (I - A)X \leq Y_1 \\ (I - A)X \geq Y_2 \\ a_{r1}X_1 + a_{r2}X_2 + \dots + a_{rn}X_n \leq E \end{cases}$$

式中 Y_1 ——最终需求上限;

Y_2 ——最终需求下限;

E ——劳动报酬率。

4.1.3 案例分析

本论文针对某城市交通运输建设绘制投入产出表，投入产出表的规模包括 100 多个产业部门，为计算方便，本文将简化为四大产业部门，即：农业、工业、建筑业、第三产业，四大产业投入产出表如下：

表 4-2 四大部门投入产出表 1^[12]

	农业	工业	建筑业	第三产业	总消耗
农业	762126.21	12419964.10	1183.18	313659.47	17999773.8
工业	11283731.43	83994472.53	14931000.98	13321756.86	23032422.86
建筑业	34958.62	267744.99	30930.86	1569299.01	0.00
第三产业	2741212.54	17553327.50	2741885.11	10308206.44	25531212.85
中间投入合计	21681164.80	114235509.12	17705000.13	25512921.78	66563410.51
固定资产折旧	915967.30	9004926.72	645864.71	858579.00	
劳动者报酬	32759142.30	17448871.03	3915767.33	16673477.00	
生产税净额	499426.50	9743379.50	590002.59	16673477.00	
营业盈余	1509296.23	13469024.23	1258365.24	9164005.00	
活劳动消耗小计	34767865.03	40661274.76	5764135.16	29476387.00	
增加值合计	35683832.33	49666201.48	6409999.87	38062177.00	
总投入	57364997.13	163901710.6	24115000.0	63575098.78	

表 4-3 四大部门投入产出表 2

	总投资	出口	最终使用合计	进口	总产出
农业	11342761.26	10896497.41	40239023.47	3230104.30	57364997.13
工业	22240114.89	44798782.17	90071319.92	4970057.12	163901710.60
建筑业	2212542.72	0.00	2212542.72	476.20	24115000.00
第三产业	2159806.98	2867231.74	30558252.57	327785.38	63575098.78
中间投入合计	57955225.98	58562511.32	183081147.68	53258937.00	308956806.51
固定资产折旧					
劳动者报酬					
生产税净额					
营业盈余					
总投入					

表 4-4 净产值系数(V)

部门	净产值系数
农业	0.60608
工业	0.24808
建筑业	0.23903
第三产业	0.46365

表 4-5 直接消耗系数

	农业	工业	建筑业	第三产业
农业	0.1329	0.0758	0.0001	0.0049
工业	0.1967	0.5125	0.6191	0.2095
建筑业	0.0006	0.0016	0.0013	0.0247
第三产业	0.4779	0.1071	0.1137	0.1621

表 4-6 列昂惕夫逆系数矩阵(I-A)⁻¹

	农业	工业	建筑业	第三产业
农业	1.2022	0.2007	0.1315	0.0612
工业	0.5516	2.2773	1.4820	0.6164
建筑业	0.0051	0.0114	1.0121	0.0327
第三产业	0.1398	0.3041	0.3343	1.2802

由此：

$$B_1 = V \times (I - A)^{-1} \times Y = 22.29 \text{ (亿元)}$$

4.2 城市轨道交通产出效益分析

产出效益是指城市轨道交通项目建成通车以后，由于运输能力的增加，缓解了城市内由于交通紧张的状况，改善了城市交通条件，方便了乘客的出行，刺激了城市客流的增加，缓解了交通拥挤，节约了土地。它是指相对于无项目时给国民经济带来的各种运输费用的节约，对各个相关部门净产值的增长所做出的贡献。在参考文献【8】中提到，具体可分为：

- 节约旅客在途时间的效益
- 减少交通事故而产生的效益
- 减少疲劳，提高劳动效率的效益
- 减少交通拥挤产生的效益
- 改善了城市环境
- 取代常规公共电汽车节约运营投资的效益
- 节约土地效益

◆ 节约时间效益(ΔT)

城市轨道交通是一种快速、准时、安全的运输系统，旅行速度在 30km/h 左右，较公共电汽车具有节约时间的优势，按下式计算：

$$\Delta T = Q \left(\frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_A} \right) L \cdot P_r$$

式中 Q ——为线路年客运量，人次/年；

V_A ——公共电汽车平均运行速度, km/h;

V_B ——轨道交通平均运行速度, km/h;

L ——线路长度, km;

P_t ——计算年份的时间价值, 元/人·时。

◆ 减少交通事故的效益(ΔA_c)

城市轨道交通系统不管是地下、高架和地面运行, 基本上是在一个封闭的专用行车道上运行的, 不受其他交通方式干扰, 也不受行人和天气的影响, 很少发生交通事故, 减少了交通事故造成的直接和间接损失, 减少交通事故的效益按下式计算^[15-18]:

$$\Delta A_c = B_s \cdot n \quad \text{或} \quad \Delta A_c = A_s \cdot L \cdot n$$

式中 B_s ——每台公共电汽车保险事故支付额, 包括车辆保险、乘客人身保险等各项保险, 元/台;

n ——为由于城市轨道交通减少的公共电汽车的数量, 辆;

A_s ——每台公共电汽车平均损失费, 元/车公里;

L ——每台公共电汽车年均运营里程, km。

◆ 减少疲劳、提高劳动生产率的效益(ΔL_A)

城市轨道交通是一种现代交通工具, 有良好的服务质量和服务环境, 乘车时间短、乘车舒适。减少了乘客的疲劳, 从而提高了劳动生产率, 可产生巨大的社会效益。根据苏联文献, 乘客在不舒适条件下每乘车 10min 就会使劳动生产率降低 3%~4%, 减少疲劳产生的效益可按下式计算:

$$\Delta L_A = Q \cdot H \cdot L_p \cdot P_t$$

式中 Q ——为线路年客运量, 人·次/年;

H ——每天工作时间, 小时;

L_p ——轨道交通比公共电汽车提高的劳动生产率, %;

P_t ——计算年份的时间价值, 元/人时。

◆ 减少交通拥挤的效益($\Delta B_k Y$)

无此项目时, 原有城市道路的交通量不断增加, 平均行车技术相对降低, 单位运输成本不断提高。有此项目后, 使原有城市道路部分交通量发生转移从而减少拥挤, 原应提高的单位运输成本不再提高, 此项金额的节约即为经济效益^[15-18]。其计算公式为:

$$\Delta B_k Y = (C_k W - C_k Y) Q_k K$$

式中 $\Delta B_k Y$ ——由于城市轨道交通新建使原有城市道路减少拥挤的旅客运输

效益(万元)。

C_kW ——无此项目时，原有城市道路旅客运输的单位成本(元/千 t·km、元/千人·km)

C_kYY ——有此项目时，使原有城市道路减少拥挤相应的旅客运输单位成本(元/千 t·km、元/千人·km)

Q_kK ——原有城市道路转移到新建城市轨道交通后，剩余的旅客周转量(千万 t·km、千万人·km)。

◆ 改善了城市环境

城市轨道交通采用电力牵引，并对车辆、线路采取多种降噪防振措施，因此较公共汽车减少了排放污染和噪声振动。据测试，汽车每消耗一吨油料，能产生一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化合物、烟微粒等有害物质 40~70kg。对城市轨道交通减少污染公害的效益，用下式计算：

$$P_0 = W \cdot n_1 n_2$$

式中 W ——环境公害防治费，元/年；

n_1 ——公共汽车占环境防治费比例，%。根据日本研究用于大气污染为 70%，用于噪声振动的为 53.9%；

n_2 ——城市轨道交通线路所占比例，%。

◆ 取代常规公共电汽车节约运营投资的效益

城市轨道交通取代常规公共电汽车，可节省道路建设费，车辆和设备购置费，系统配套设施如车辆检修基地建设费用，此外道路拓宽费、维修费、车辆运营费等均能降低，从而得到效益。

◆ 节约土地效益(A_s)

城市轨道交通在采用地下高架运行时，节约了城市用地。即使仍在地面上运行，由于运输能力大，单位人公里占用土地面积减少，也节约了城市用地，其效益按下式计算：

$$A_s = (a_s - a_q) P_s$$

式中 a_s ——公共电汽车单位人公里占用土地面积， $m^2/\text{人公里}$ ；

a_q ——轨道交通单位人公里占用土地面积， $m^2/\text{人公里}$ ；

P_s ——城市土地机会成本，元/ m^2 。

由分项计算出各产出效益以后，在把分项效益相加，得产出效益为：

$$B_2 = \sum_{i=1}^n B_{2i}$$

式中 B_{2i} ——统一单位后各分项效益;

B_2 ——产出效益总量;

4.3 城市轨道交通诱导效益分析

诱导效益是在现代社会条件下，交通运输等基础设施建设项目，对其影响区域社会经济发展变化的一种日益突出和增强的作用形式，也是项目社会效益或效应的重要表现形式之一。城市轨道交通建成通车后，由于地区道路交通条件的改善，在有利的宏观经济形势和环境下，轨道交通沿线地区成为投资发展的热点，诱发了沿线影响区内潜在的资源开发和利用，从而为一些以往不具备发展条件或未开发的地区提供了新的发展机会和条件，促进了区域经济超常增长，形成一些产业结构及布局的变化，如城市轨道交通沿线产业经济开发、土地增值、高新技术产业带的形成等产生的效益。这种效益也可称之为“开发效益”。在本论文中，我们主要计算由于土地增值而产生的效益，在此基础上再计算其余的效益。

4.3.1 土地价值影响因素

影响土地价值的因素多而复杂，需要进行归纳、分类。鉴于影响土地价值因素的认识角度不同，可以有不同的归纳、分类方法，如有的把影响因素归纳为自然因素、社会经济因素和行政因素；也有的划分为总体影响因素和具体影响因素，在本论文里，把影响因素分区位因素、邻里因素、消费者心理特征因素^[21]。

◆ 区位因素

区位因素是指土地所在地区在城市中相对位置的特殊性。也就是说，土地所在的地区的自然条件与社会经济、行政因素相结合所形成的地区特点所影响的地价因素。这里主要包括土地供求状况、相对区位和交通便捷性三个方面。

◆ 邻里因素

邻里因素主要指土地所在区域的经济、社会、自然环境与配套设施特征。这里的环境因素是指在一定区域范围内的微观环境。影响房地产价值的邻里因素主要有：(1)经济繁荣程度；(2)街道因素；(3)交通方便程度因素；(4)商业区的大环境因素；(5)社区人文环境因素；(6)公共设施和基础设施配套情况；(7)居住

环境因素，包括噪音污染、空气污染、视觉印象和清洁度的差别等。

◆ 消费者特征因素

从经济学上分析，不同的消费者的消费能力和消费偏好是不一样的。消费者特征是指消费者的收入、年龄、家庭人口构成、受教育的程度等，严格来讲还应该包括种族、性别、婚姻状况等。

4.3.2 城市轨道交通对沿线土地增值效益的影响机理

一、改善周边物业的可达性

现代交通的发展改变了传统的时空观念，距离的远近已经不再是影响生产、生活的唯一因素。节约生产流通过程的时间，提高生产效率和生活质量已经变得日益重要。土地区位的可达性就是把通行距离和时间作为一个有机的整体，既要求通行距离短以节约费用，又要求有快速的交通网络，把出行时间减少到最低限度。轨道交通从根本上提高了运输效率，从而改变了土地的区位特性。也就是说，通达性的变化源于交通系统的改善，交通系统改变了土地的区位，而轨道交通是对区位影响最大的交通方式之一^[21, 39-41]。

二、提高土地开发强度^[21-23]

城市轨道交通方式与城市土地利用形态有着非常密切的关系。城市主要交通方式的运量大，所形成的城市内聚力就越强，城市常常呈紧凑发展的形态。

城市轨道交通可以促进周边土地的高密度开发与再开发。站点 200m 半径以内为高强度开发，200~500 米为中高强度开发。

以下两表格分别是日本、香港地铁站点周围用地性质与最大容积率的关系，可见容积率随着节点等级及用地性质的不同而变化。一般来讲，商业用地最高容积率可达 15，住宅用地为 10-12。容积率提高，相应带来了土地开发收益的增加。

表 4-7 香港地铁站位周边土地上最大容积率关系分析

地段	用途 (香港)		C	CDA	CR	R(A)	R(B)	R(C)	R(D)	R(E)	1
	用途 (深圳)	商业 C	无	商住 R3	住宅 R22	住 R22	住 R21	住 R21	住 R22/R21	工业 M1	
	中环	12-15	10-12			8-10	6-8				
一级商务中心	尖沙嘴	12				6/7.5	5				
	湾仔	10-12			10	8	6-8				
零售商业中心	中心				12-15	7.5	5	2			
	铜锣湾										
新市镇中心	荃湾	9.5	9.5/5	7	6-6.5	5			9.5/5	9.5	
住宅区中心	九龙湾	12		6/6.5	5						
	奥运/九龙	8	9/6.5		1/6.5-7.5					2.5	
一般住宅	西湾河		5	6	5					5	
	荔枝角		5		6/7.5						
无地铁地区最大容积率								R(D)	村屋		
中心附近	坚尼地城	5					2.5	1.5	1		
新市镇	新界/西贡	3					0.5	0.5	0.3		

注：a.非住宅/住宅，下同。b.CR-5F 以下为商业，R(A)-3F 以下为商业，R(B)-1F 可为商业。

资料来源：深圳市规划与国土资源局.深圳市地铁二期工程综合规划策略研究——土地利用评估分报告.2004.4:1-20

表 4-8 日本东京地铁站与容积率的关系分析

地段	地区	站位周围土地用途	C(商业)
一级中心	银座	娱乐、零售、商业为主	10-15
	新宿	商业、饮食、文化、娱乐为主	10-15
	涉谷	商业、饮食、文化、娱乐为主	9.5-12
	池袋	商业、饮食、文化、娱乐为主	10.5-12
二级中心	上野	商业、饮食为主	8-10
	浅草	商业、饮食为主	8-10
三级中心	中草	商业、饮食为主	5-8

资料来源：深圳市规划与国土资源局.深圳市地铁二期工程综合规划策略研究——土地利用评估分报告.2004,4:1-20

三、促进社会经济繁荣发展^[21]

随着城市轨道交通的兴建，沿线区域的可达性大大提高，对居民产生巨大的吸引力，促进城市沿线居民密度的提高。同时，在线路两侧形成住宅、职业场所以及社会资本的带状分布区域。这种带状区域具有开发机能，它将中心地带和其他区域连接起来，也将人口聚集地区连接起来。与此同时，开发商对沿线的土地进行开发，大量的设施和居民在线路两侧集聚，而密集的设施又会吸引居民到该地区的出行，包括物业、购物和娱乐等。更多的客流会刺激更多的设施聚集，但为了保持交通便利的优势，这种聚集都是尽可能地靠近线路。

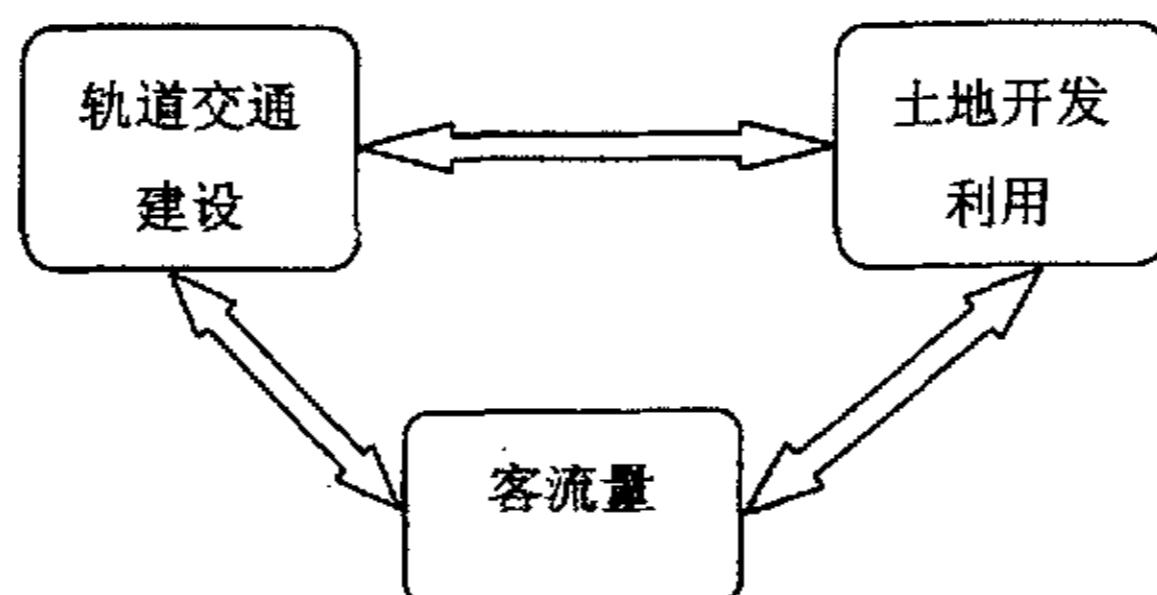


图 4-2 轨道交通、土地开发及客流量相互关系图

四、用轨道交通带来的超额收益来解释对地价的影响

从城市轨道交通所带来的超额收益即级差地租可进一步说明轨道交通对地

价的影响。城市轨道交通作为现代化交通工具，相对于传统的交通方式具有舒适、快速的特点，降低了人们在出行中的摩擦成本(出行途中的拥挤、噪音带来的损耗)和时间的损失。一方面，那些在轨道交通设施沿线周围土地上居住、工作和消费的居民，因此获得比没有轨道交通设施的土地上的居民较少的转移成本支出，这部分减少的转移成本使得经济主体获得了较多的外在收益^[21-23, 42-46]。另一方面，轨道交通可以吸引大量的人流，轨道交通沿线周围也因此产生了人口的聚集，进而吸引其他经济要素的聚集，形成聚集效应，产生的聚集经济效益为其上的经济主体又带来了更多的超额利润。可见，轨道交通设施降低了经济主体在生产和生活中的转移成本和运营成本，为经济主体带来了大量的超额纯收益。这部分超额纯收益使得土地级差地租上升，土地资产增值，进而促进土地价格上升。

4.3.3 城市轨道交通影响范围的确定

所有利用城市轨道交通出行而节约成本、带动经济发展的区域都属于影响区域的范围。处于城市轨道交通周围任意地区 A 的人们认为城市轨道交通所带来的出行时间、成本等比没有修建城市轨道交通而乘公共汽车的出行时间，成本低时，人们才会改乘城市轨道交通，这时则认为城市轨道交通影响了该地区 A，或多或少促进了该地区的发展。反之，某地区 B 的人们发觉乘坐城市轨道交通并不比其他方式节约，则认为城市轨道交通将不会影响这一区域。那么地区 A 属于城市轨道交通影响区，地区 B 不属于城市轨道交通影响区，影响区与非影响区的边界线即为影响区的外边界^[25-28, 47-49]。

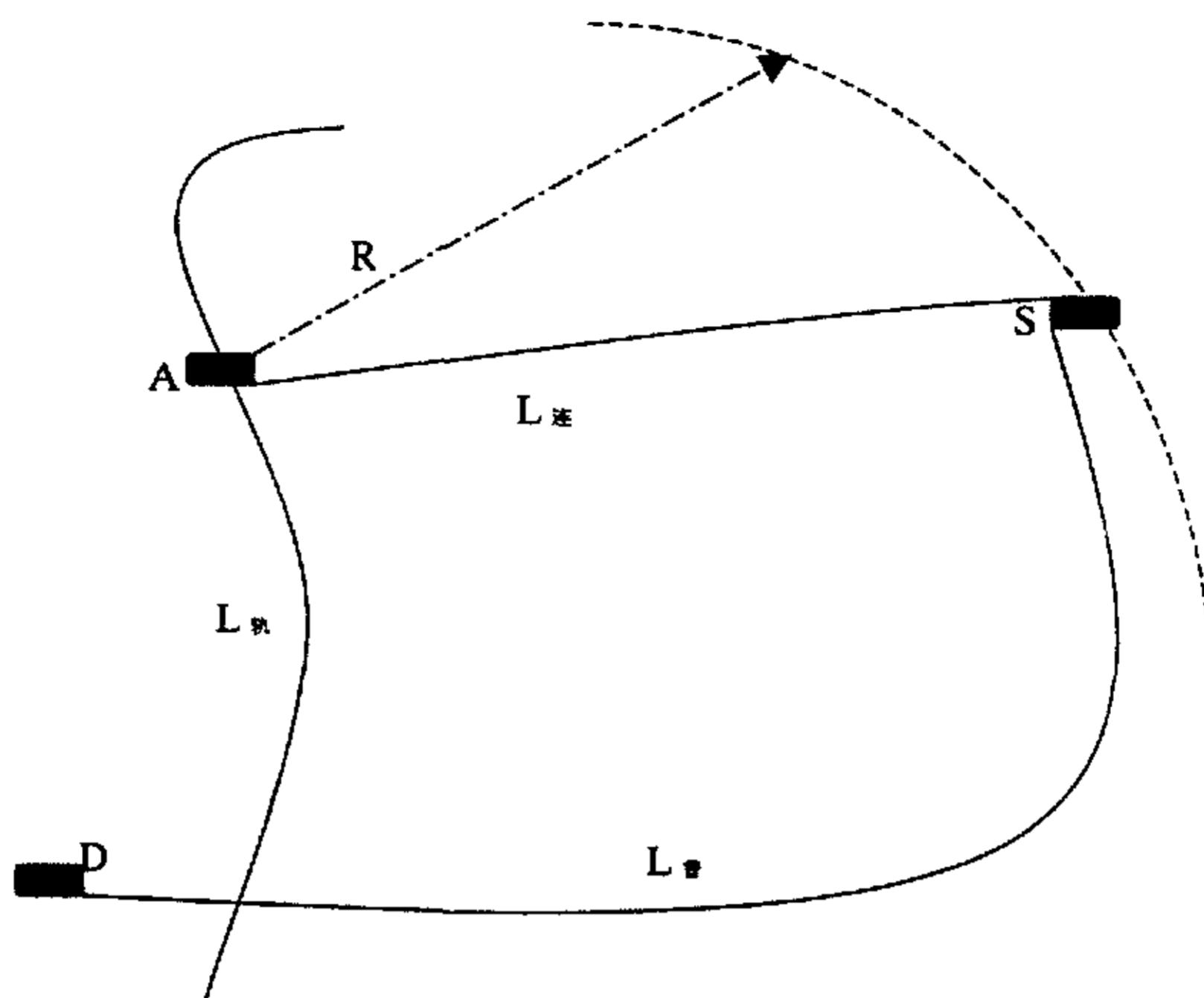


图 4-3 城市轨道交通吸引范围图

设在影响区外边界上任意一点 S , 影响区外边界距城市轨道交通最近车站 A 的距离为 R , 在没有建城市轨道交通时, 必须走 $L_{\text{普}}$ 的距离才能由原普通线路到达目的地 D ; 现在修建了城市轨道交通后, 可由 S 到 A 再上城市轨道交通行驶 $L_{\text{轨}}$ 的距离后到达目的地 D 点。设 $L_{\text{普}}$ 、 $L_{\text{连}}$ 及 $L_{\text{轨}}$ 上车辆的行驶速度 V_1 、 V_2 、 V_3 。本论文把路途时间最少作为吸引乘客乘坐轨道交通的主要标准, 因此有:

$$\frac{L_{\text{轨}}}{V_3} + \frac{L_{\text{连}}}{V_2} \leq \frac{L_{\text{普}}}{V_1}$$

即:

$$L_{\text{连}} \leq V_2 \left(\frac{L_{\text{普}}}{V_1} - \frac{L_{\text{轨}}}{V_3} \right) \quad (4-19)$$

$$L_{\text{连}} = R \quad (4-20)$$

由式 4-19 和 4-20 得:

$$R \leq V_2 \left(\frac{L_{\text{普}}}{V_1} - \frac{L_{\text{轨}}}{V_3} \right)$$

轨道交通的影响范围确定也可以依据空间相互作用理论。即城市轨道交通站点的影响范围与轨道交通站点的规模成正比, 与距轨道交通站点的距离成反

比。将城市轨道交通站点与距离城市轨道交通站点距离最近的另一站点间的吸引力达到平衡的点定义为断裂点，则有如下计算公式：

$$d_A = \frac{D_{AB}}{\left(1 + \sqrt{P_B / P_A}\right)}$$

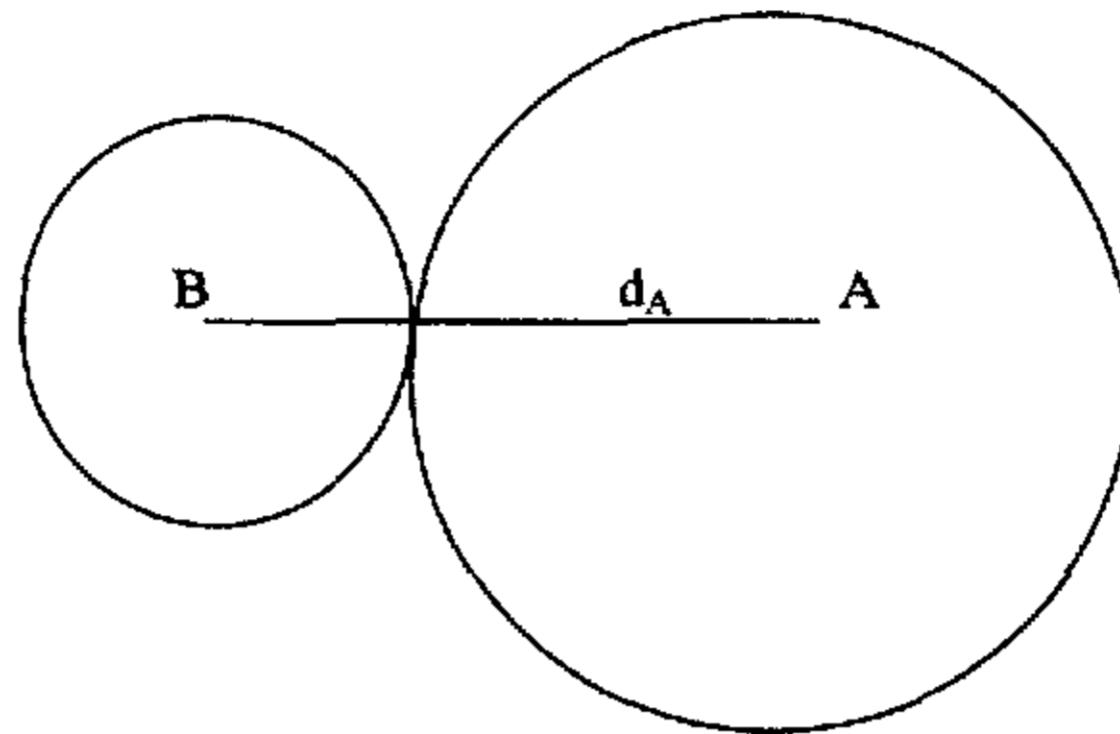


图 4-4 两交通站点的位置及吸引范围

式中 d_A —— 断裂点距城市轨道交通站点的距离；

D_{AB} —— 两站点间的直线距离；

P_B 、 P_A —— 两站点 B、A 的规模。

由此可算出城市轨道交通对客流的影响区域。有了城市轨道交通影响区域的范围后，可以预测影响范围内的长期经济效益。

通常，确定轨道交通影响范围的还有烟羽模型法^[25]。

对于吸引范围模型，前一模型比后一模型使用范围更广。后一模型简单易计算，但是对于城市轨道交通还没有形成规模的地区，计算会有很大的误差，前一模型稍稍复杂一些，但是可以适用于任何城市轨道交通。

4.3.4 沿线土地开发效益的计算模型

4.3.4.1 土地增值分析的困难

对于任意一特定地块，由于使用者投入引起的增值和公共增值(不劳而获)最后都在土地收益中体现。从经济学与社会学角度来讲，公共增值部分应该征收返还给社会，由政府征收，但国内研究表明，公共增值很难分离出来原因有以下几点：

(1) 公共投资成本因地区不同而迥异。就某一地区的成本作出一些估计，究竟应包括哪些成本，则众说纷纭，莫衷一是。举例来说，若把敷设新污水管的成本计算在内，是否应将兴建污水处理厂的部分成本也包括在内，数额为多少。

(2) 假设计算出可以接纳的数字，那么更须估计该地区的地价升幅。或许可以计算出可以接纳的数字，仍有待解决的问题是，由于土地价值的影响因素众多，土地增值在多大程度上是由政府投资城市轨道交通所致，也就是说要把城市轨道交通影响土地价值的部分分离出来是一件非常困难的事。

(3) 虽然明显地在许多也许是绝大多数的情况下，在基础建设和设备方面的公共投资显著地导致地价的提高，但要把这些影响量化，即使在个别情况下也十分困难。

尽管要定量分析土地增值是一件很困难的事，在本论文中将作一些假设，建立一些模型，期望能为城市轨道交通对沿线土地增值效益分析提供依据。

4.3.4.2 地价函数——交通成本模型

该法的基本思路是，在轨道交通新线沿线区域，选定若干个地点，分析影响地价的各种因素，并假设地价与各影响因素间的关系不会伴随轨道交通设施的建设而发生变化。从而，据此来推定沿线区域的地价函数。最后通过计算某一地块在轨道交通建设前后的地价差，来确定该地块由轨道交通带来的开发利益^[30]。即：

$$\Delta P = P_1(Z) - P_2(Z)$$

式中 ΔP —— 地块单位面积的开发利益，元·m²；

$P_1(Z)$ —— 轨道交通建设后地块的地价，元·m²；

$P_2(Z)$ —— 轨道交通建设前地块的地价，元·m²；

Z —— 土地属性，即地价的影响因素。地价函数通常取多元函数，通过自变量取值反映轨道交通建设前后的土地属性。

对于地价函数来说，最重要的是如何选取自变量，自变量取值是土地属性的反映，通常包括到城市中心的出行时间、距离最近轨道交通车站的步行距离或徒步时间、该地块城市建设水平等。值得注意的是，距离城市中心的出行时间是说明土地属性的重要变量，交通成本法就是只考虑交通成本对地价的影响。通过构造地价函数 P 来求算开发利益的方法成立的前提是假设地价函数关系伴随着轨道交通建设并不发生变化^[30]。

交通成本模型，是针对城市轨道交通线路的特点，根据交通成本和土地价

值理论上的关系，构建土地价值与交通成本函数关系的一种理论模型。交通成本的概念是从广义上描述居民到市中心的可达性。广义的交通成本费用概念，不是简单的以金钱衡量的费用，除了交通费用和交通时间等机会成本外，还包括身体疲劳和精神心理压力的效果作用^[21, 30]。

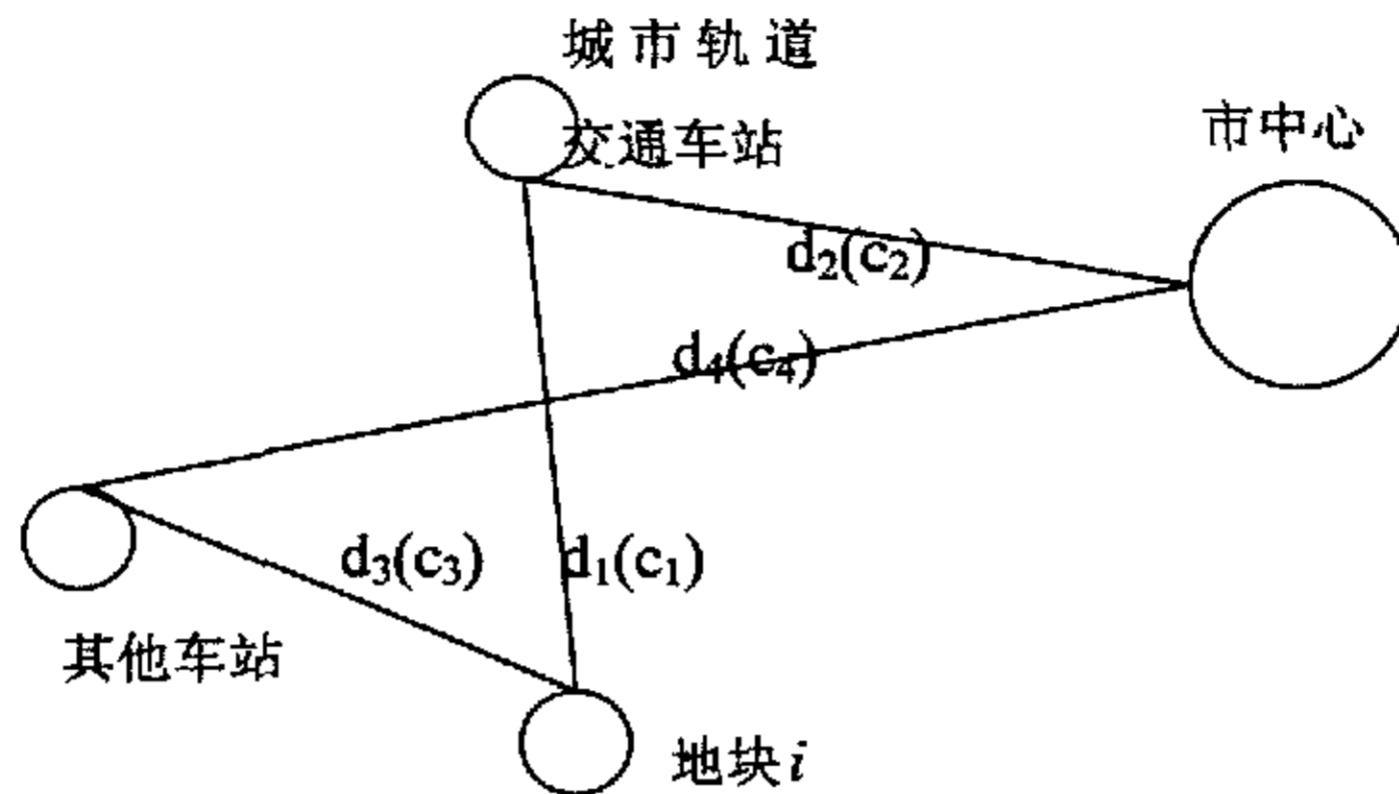


图 4-5 土地的交通位置

如果出行方式依赖于城市轨道交通方式与线路，则交通成本是指以城市轨道交通的时空距离为函数的费用。假定从家出行到单位(或上学购物)，有两种出行方式可以选择，即乘坐最近的轨道交通或从最近的其他车站乘车到目的地，则其出行时间-距离和单位交通成本如图 4-5：

- (1) 从地块 i 到最近的轨道交通车站，出行时间-距离为 d_1 ，单位交通成本为 c_1 ；
- (2) 从轨道交通车站到市中心，出行时间-距离为 d_2 ，单位交通成本为 c_2 ；
- (3) 从地块 i 到其他车站，出行时间-距离为 d_3 ，单位交通成本为 c_3 ；
- (4) 从其他车站到市中心，出行时间-距离 d_4 ，单位交通成本为 c_4 。

每种出行方式的活动频率 $F = f_k$ ，($k=1, 2$)，假设每种出行形式的交通成本为 TC_k ，分别表达如下：

$$\begin{cases} TC_1 = f_1(c_1 d_1 + c_2 d_2) \\ TC_2 = f_2(c_3 d_3 + c_4 d_4) \end{cases} \quad (4-21)$$

总和表达式为：

$$TC = TC_1 + TC_2 = f_1(c_1 d_1 + c_2 d_2) + f_2(c_3 d_3 + c_4 d_4)$$

从家到轨道交通车站的距离 d_1 表示微观可达性，从轨道交通车站到市中心

CBD 的 d_2 表示宏观可达性，因此， d_1 、 d_2 是重要的可达性指标。因为 d_3 、 d_4 的大小与城市轨道交通无关，并令 $d_1 = x_i$ ， $d_2 = y_i$ ，则：

$$TC = a_0 + a_1 x_i + a_2 y_i \quad (4-22)$$

其中：

$$\begin{cases} a_0 = f_2(c_3 d_3 + c_4 d_4) \\ a_1 = f_1 c_1 \\ a_2 = f_1 c_2 \end{cases} \quad (4-23)$$

f_1 、 f_2 ，是与时空距离有关的函数，可通过多概率路径选择方法中的Logit 模型求解，

$$f_j = e^{\left[\frac{-\theta TC_j}{TC} \right]} / \sum_{j=1}^2 e^{\left[\frac{-\theta TC_j}{TC} \right]} \quad (4-24)$$

联立4-21至4-24，求得

$$\begin{cases} f_1 = \varphi_1(x_i, y_i) \\ f_2 = \varphi_2(x_i, y_i) \end{cases}$$

由此求得

$$TC = a_0 + \varphi_1(x_i, y_i)x_i + \varphi_2(x_i, y_i)y_i$$

根据Taylor级数展开成多项式：

$$TC = a_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 x^2 + b_4 xy + b_5 y^2 + b_6 x^3 + b_7 x^2 y + \dots$$

其中： a_0, b_1, b_2, \dots 为常数。

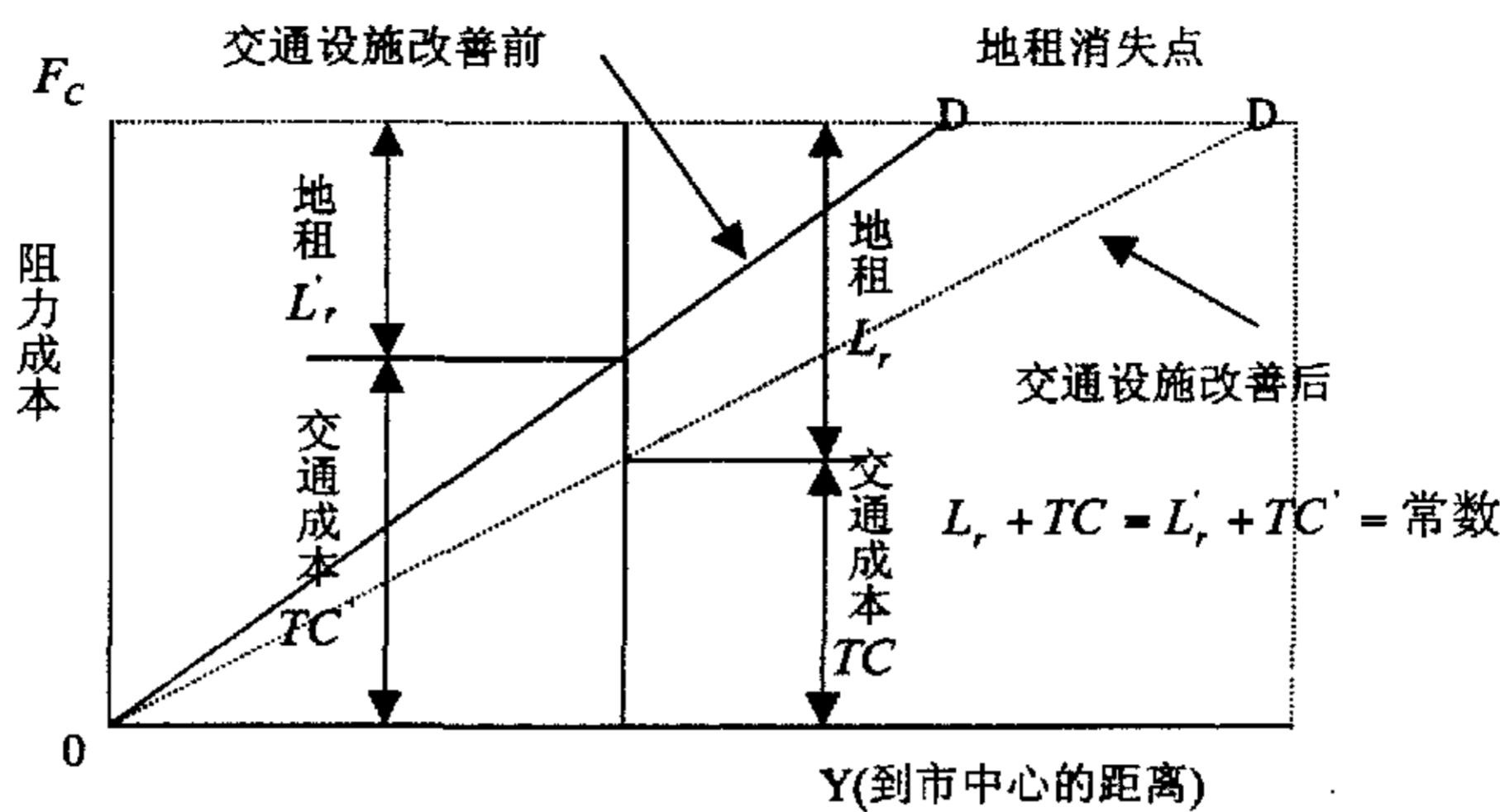
为了模型的简化，设 f_1, f_2, c_1, c_2 为常数，即 TC 采用4-22式。

下面，根据不同的假设，建立不同的模型。

模型一：

根据区位理论和地租理论，土地相对位置不同会产生不同的地租，而达到不同区位的时间成本和经济成本不同(即可达性不同)也会产生不同的地租。城市交通和土地使用间联系的本质就在于交通成本与地点租金(或土地价值)间的互补。

假设：城市某地块的地价与另一地块地价的差价全部用于补偿出行的交通成本，也就是说地价与交通设施(以交通费用表示)具有某种代替性，两者的和称为阻力成本(参见图 4-6)。

图 4-6 交通设施改善前后地租与交通成本的关系^[21]

交通改善表示交通速度的提高和交通费用的减少，减低了机会成本。地租 L_r 与交通成本 TC 之和为常数，当运输设施改善后，交通成本降低至 TC' ，显示地价相对提高至 L_r' 。

由此可见，城市轨道交通建设以后，地租的增量在数值上就等于交通成本的减少量，即：

$$\Delta P = -\Delta TC = \beta_0 - a_1 x_i - a_2 y_i$$

式中 ΔP —— 地租增量；

ΔTC —— 城市轨道交通建设后与建设前的交通成本改变量；

β_0 —— 参数。

模型二：

由于城市轨道交通沿线土地增值是由很多因素引起的，在本论文中，要把由于城市轨道交通的建设而引起的增值从总增值效益中分离出来。土地的增值主要由交通成本、经济集聚因素、以及市场供需状况等因素决定。

设经济集聚因素为 z ，市场供需状况为 m 。

假定1：土地增值的大小随着交通成本、经济集聚、市场供需的变化而变化。交通成本越低，土地增值越低；经济集聚越小，土地增值越低，市场需求越小，土地增值越低。即：

$$\begin{cases} \frac{\partial \Delta P_i}{\partial x_i} < 0 \\ \frac{\partial \Delta P_i}{\partial y_i} < 0 \\ \frac{\partial \Delta P_i}{\partial z_i} < 0 \\ \frac{\partial \Delta P_i}{\partial m_i} < 0 \end{cases} \quad (4-25)$$

式中 ΔP_i ——沿线土地地块*i*单位面积的增值。

事实上，由于距离车站太近会产生很大的噪音、环境污染等，对土地环境有很大影响，所以在某一距离a以内，土地增值是距离的增函数，同时，轨道交通的吸引范围不能无限大，它的吸引范围受规模效益和边际成本的影响，所以距离r为影响范围。在a-r范围内土地增值为距离的减函数，土地增值与车站距离关系如下图所示。

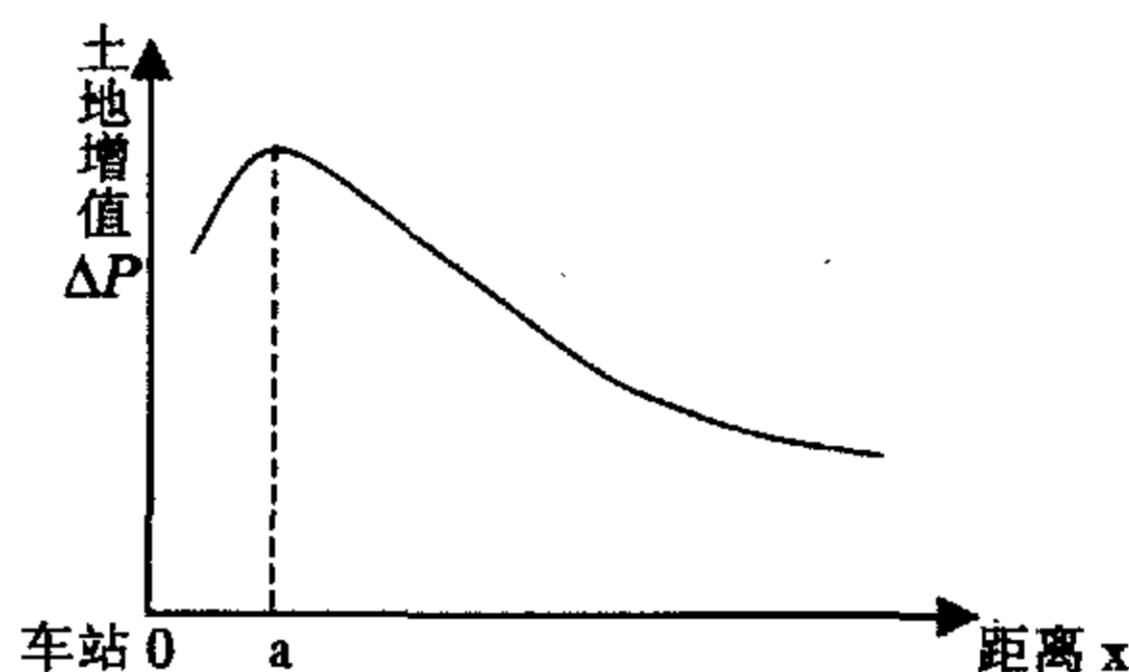


图 4-7 土地增值与车站距离关系

即：

$$\frac{\partial \Delta P_i}{\partial x_i} \begin{cases} < 0 & \text{当 } a \leq x_i \\ \geq 0 & \text{当 } 0 < x_i < a \end{cases} \quad (4-26)$$

事实上，a是一个较小的数值，且在此范围内地价不会变化很大，为了使模型简化，在本论文中还是使用4-25式。

假定2：交通成本变化越大，或者市场供需变化越大，或者是经济集聚差异越大，土地增值变化越大，即：

$$\begin{cases} d^2 \Delta P_i / dx_i^2 > 0 \\ d^2 \Delta P_i / dy_i^2 > 0 \\ d^2 \Delta P_i / dz_i^2 > 0 \\ d^2 \Delta P_i / dm_i^2 > 0 \end{cases}$$

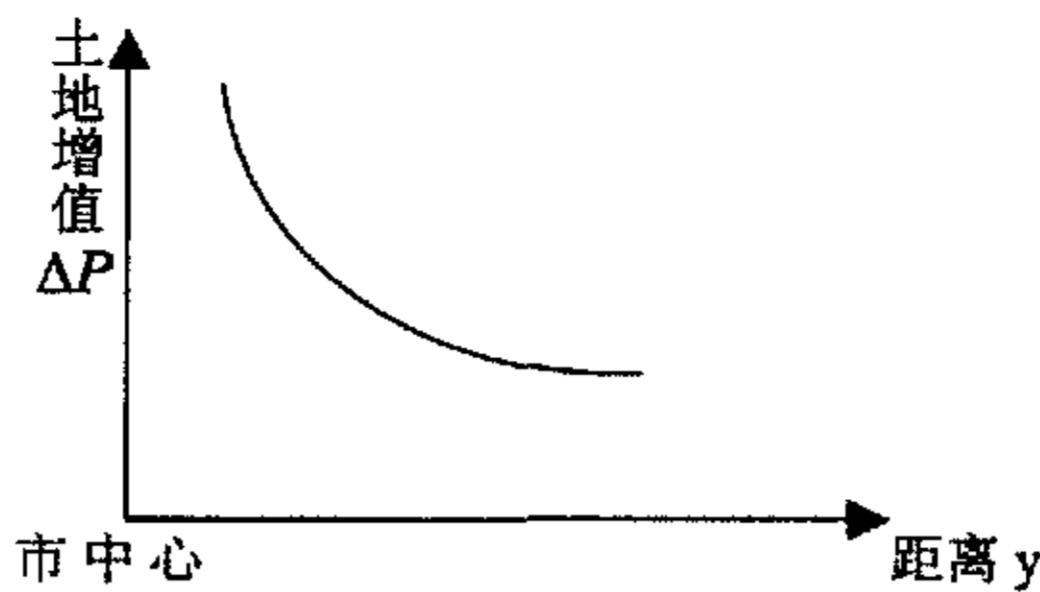


图 4-8 土地增值与市中心距离关系

根据上面2个假设，可以采用对数回归模型推导出如下的广义土地增值公式，即：

$$\Delta P_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_i + \beta_2 \ln y_i + \beta_3 \ln z_i + \beta_4 \ln m_i \quad (4-27)$$

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 为参数，且满足上述两个假设条件，可用四元线性回归标定，式4-27可化为如下公式：

$$\Delta P = XA \quad (4-28)$$

式中 $\Delta P = \begin{pmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_n \end{pmatrix}$ ，为 $n \times 1$ 观测矢量， $X = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & m_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & m_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n & m_n & 1 \end{pmatrix}$ ，为 $n \times 5$ 观测矩阵， $A = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \end{pmatrix}$ ，为 5×1 参数向量， n 为地块的样本个数，式4-28可用下式求解：

$$A = (X^T X)^{-1} X^T \Delta P \quad (4-29)$$

土地总增值公式推导出来后，本论文把由于城市轨道交通引起的土地增值认为是由于交通成本的改善而是土地价格上涨的部分，即：

$$\Delta P'_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_i + \beta_2 \ln y_i$$

式中： $\Delta P'_i$ —— 由于城市轨道交通而引起的土地 i 单位面积的增值效益。

令 $\Delta P' = z(x, y)$, 则 $\Delta P' - z(x, y) = 0$, 即 $g(x, y, z) = 0$

则土地总增值 C 为:

$$C = \iint_{D_{xy}} g[x, y, z(x, y)] \sqrt{1 + z_x^2(x, y) + z_y^2(x, y)} dx dy \quad (4-30)$$

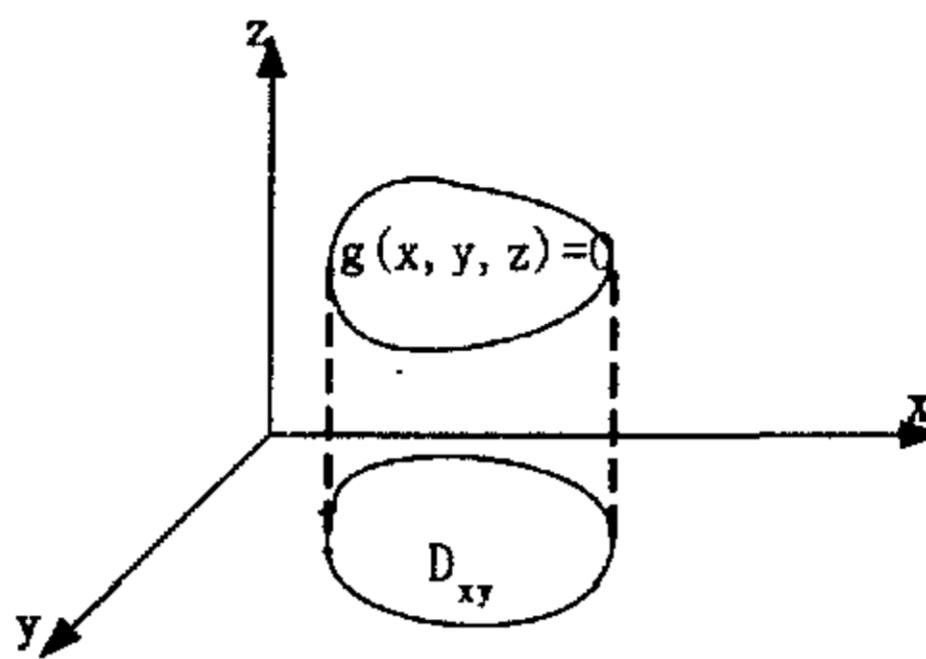


图 4-9 积分图

式中, D_{xy} 为曲面 $g(x, y, z) = 0$ 在 xoy 平面上的投影, x 的范围由城市轨道交通影响范围模型确定。

由于城市轨道交通最明显的, 也是最主要的诱导经济效益是沿线土地的增值。根据以往的历史统计数据, 算出总的诱导经济效益与土地增值效益的比值, 再用这个比值乘以土地增值效益, 即得诱导总效益。

$$B_3 = kC$$

式中 B_3 ——诱导总效益;

k ——诱导总效益与土地增值效益的比率;

C ——由于城市轨道引起的土地效益总增值。

4.3.4.3 模型比较

模型一形式简单, 它是关于 x, y 的二元线性回归函数, 它对于居民住房有比较强的实用性, 但是, 对于商用房, 用此模型误差会很大, 因为商用房的房价影响主要因素不是距离; 而且, 由于采集的数据是土地总增值, 它不能分离出由于城市轨道交通建设而引起的土地增值。

模型二是对数回归模型, 它的适用范围比模型一广, 而且它明显地摒弃了非轨道交通影响因素。就土地增值效益而言, 它考虑的因素也比模型一全面。

4.3.5 案例分析

为了标定模型的参数，通过对上海市某地铁线沿线地价的调查，整理数据代入式 4-29 的模型，算得两模型的参数分别如下：

$$\Delta P_i = 5130 - 65x_i - 180y_i$$

$$\Delta P_i = 2190 - 167.2 \ln x_i - 203.2 \ln y_i$$

表 4-9 某地铁站周边土地价值单位面值增值试算

离地铁站距离 /100m	距 CBD 距离/km	模型一 ΔP_i (元)	模型二 ΔP_i (元)
1	18	1825	1603
2	18	1760	1487
3	18	1695	1419
4	18	1630	1371
5	18	1565	1334
6	18	1500	1303
7	18	1435	1277
8	18	1370	1255

由此例看出，两模型在估算地价增值时估算结果差异很大。

用此模型预测某地铁站三个花园的总增值，如下表所示：

表 4-10 上海某地铁站土地增值试算

案例名称	建筑面 积/万 m ²	离地铁站 距离/100m	距人 CBD 距离/km	模型一	模型二	模型一	模型二
				ΔP_i	ΔP_i	C(亿元)	C(亿元)
南国花园	8.2	560	18.816	1526	1315	1.251	1.078
茂盛花园	8.0	600	18.816	1500	1303	1.20	1.042
银厦花园	2.8	800	18.816	1370	1255	0.384	0.351
合计						2.835	2.471

由此可见，城市轨道交通的建设给沿线土地带来的增值效益是非常巨大的，进而可知城市轨道交通的诱导效益非常可观。

第 5 章 城市轨道交通经济效益综合评价

5.1 经济效益综合评价的基本概念

一、经济效益综合评价的含义^[7]

“经济效益”是一个综合的概念，它有多个方面的数量表现：既表现为活劳动的节约，也表现为物化劳动的节约；既表现为资金占用的节约，也表现为劳动时间的节约。在经济效益统计评价中，由于经济效益的优劣状态表现在多个统计指标中，传统的单一指标比较分析方法是无法全面测定与评判企业或部门地区或国家的经济效益高低好坏的。特别是对若干不同单位(或地区、部门)的经济效益进行优劣排序时，传统的单一指标比较法就更显得力不从心了。这时就必须采用综合评价技术进行综合统计分析。

所谓经济效益综合评价，就是通过对评价客体的人、财、物、时等方面经营活动效益进行全面、系统、综合的测定，以比较判定某一个或一些客体经济效益的状态及次序的一种定量分析技术或分析活动。

二、经济效益综合评价的种类^[7, 48-52]

1. 从范围来看，有单项评价与综合评价：

本论文采用综合评价，从城市轨道交通的几个方面综合考虑，如城市轨道交通企业本身的投入与回收资金，以及为社会创造的资金等。

2. 从时间来看，有纵向评价(动态评价)与横向评价(静态评价)；

本论文采用纵向评价，即动态评价，从城市轨道交通规划设计时起，到建成若干年止的这一段时间。

3. 从目标来看，有实绩评价与预期评价；

4. 从结果来看，有考核评价(绝对评价)与排序评价(相对评价)；

5. 从方法来看，有核心指标法、组合指标法、初级平均合成法、系统合成法。

本论文采用多种方法综合运用。

三、经济效益综合评价的作用

首先，经济效益指标体系中的每个指标在计量单位与数量级别上是有差异

的，在说明经济效益优劣水平及程度上是“分散”的，不是集中的，因此，很难据以得出一个综合而明确的评价结论。特别是当我们要对经济效益状态作纵向(动态)比较或横向(排序)比较时，众多的指标更是让人抓不住重点，得不到一个明确的总结论，而综合评价恰恰可以解决这种分散性。通过对指标体系中各分项指标的综合处理，最后可得到一个对评价对象经济效益总状态进行描述的定量指标：综合评价值。因此，对效益进行综合评价，可以克服经济效益指标体系在评判过程中的“分散性”，为我们全面而明确地判断评价对象经济效益优劣与次序提供了科学的手段。

其次，通过综合评价，我们一方面可以发现评价对象经济效益总水平、另一方面可以分析各分项指标对总评价值的贡献份额，从而找出经济效益状态欠佳的原因，确立提高经济效益的有效途径。

四、经济效益综合评价的原则与要求^[7]

建立经济效益综合评价统计体系，是宏观经济管理的重要手段，对于提高全社会的经济效益是大有益处的。在建立一个行业或全社会的经济效益综合评价体系时必须遵循以下一些基本原则或指导思想：

1. 目的性

经济效益综合评价的总的目的固然是研究分析评价对象经济效益状态的好坏并寻求提高经济效益的途径，但在具体的时间、地点、行业等情况之下，评价目的会有所区别。在进行建设项目的可行性研究时，经济效益评价的重点是财务效益(当然不能撇开国民经济效益)，且以其中的内含报酬率为中心，效益指标的计算要考虑货币的时间价值，价格的计算要用影子价格，因此，这是一种预评价。而对一个企业或部门或地区的经济效益进行考核评比时，财务效益与社会效益并重，评价指标的而就相对要广泛一些，不必考虑货币的时间价值，也不必用影子价格(必要时可用不变价格)计算，是一种实绩评价。

2. 科学性

经济效益综合评价的结论必须科学准确，这是毋用置疑的。为此，整个评价方法必须科学，包括指标体系、同度量化方法、权数体系、合成方法等方面都要尽量科学合理。

3. 简易性

统计评价结论的科学性或准确性的程度与评价方法的复杂性之间并非正相关，可是在实践中，总有些人有意无意地认为，方法越复杂，所得的评价结论也越科学准确。这是错误的，选择综合评价方法，必须追求简单实用，易操作。

4. 可测性

其中包含两个方面的含义：一是评价可根据一定的方法和手段求得；二是所用的基础资料比较可靠和易取得。

5. 可比性

在开展经济效益综合评价时，无论是综合评价方法的选择还是评价对象的确定，都应注意可比性。所谓“方法的可比性”，是指当时评价目的是为了说明经济效益状态所达到的程度或有无提高时，而不是为了简单的排序时，为了使总评价值具有动态比较的作用，所选评价方法应该可比，特别是据以评价的“标准值”必须可比。所谓“对象的可比性”，是指在排序评价时，由于各个评价对象本身性质或条件的限制，不同行业、不同部门之间的经济效益不具有直接的可比性，为此，在进行同度量化时，就必须注意如何实现最终的强比。

5.2 经济效益综合评价工作流程

1. 明确评价前提

首先明确评价立场，即明确评价主体是系统使用者还是开发者还是二者兼而有之或其他受影响者，这与评价目标的确定、评价指标的选取等有直接的关系。其次要明白评价的范围和时期，即评价对象设计哪些地区和部门，评价处于系统开发的那个时期。

2. 研制评价指标体系^[58]

综合评价指标体系通常有多层结构，首先要确定评价的目标，这是评价的依据。目标也是分层次的，可分为总目标与具体目标。目标结构确定后，就要建立评价指标体系，评价指标体系和标准可以说是目标的具体化，根据具体的目标设立相应的评价指标。

3. 定量各项评价指标

要定量评价各项指标，需要确定相应的量化标准。每项评价指标都有详细的评价标准。对每项评价指标，均需规定计算方法，并对评价标准作恰当的说明。评价标准确定后，就可根据该标准对评价指标评分。在确定评价指标时，可采用直接定量，模糊定量或等级定量等方法，视具体指标的特点分别加以应用。

4. 备选方案综合评价^[58]

首先，需确定综合评价方法，即根据各指标间的相互关系及其对总目标的贡献确定各项指标的并合计算方法。下层指标复合成上层指标需要借助于一定的合并规则，常用的有加法规则、乘法规则、指数运算规则、取大取小规则等，各规则还可以和“权”配合使用。然后，根据各指标的重要性确定并合过程中相应的权重系数值。最后，按选定的并合方法计算上层指标的值。

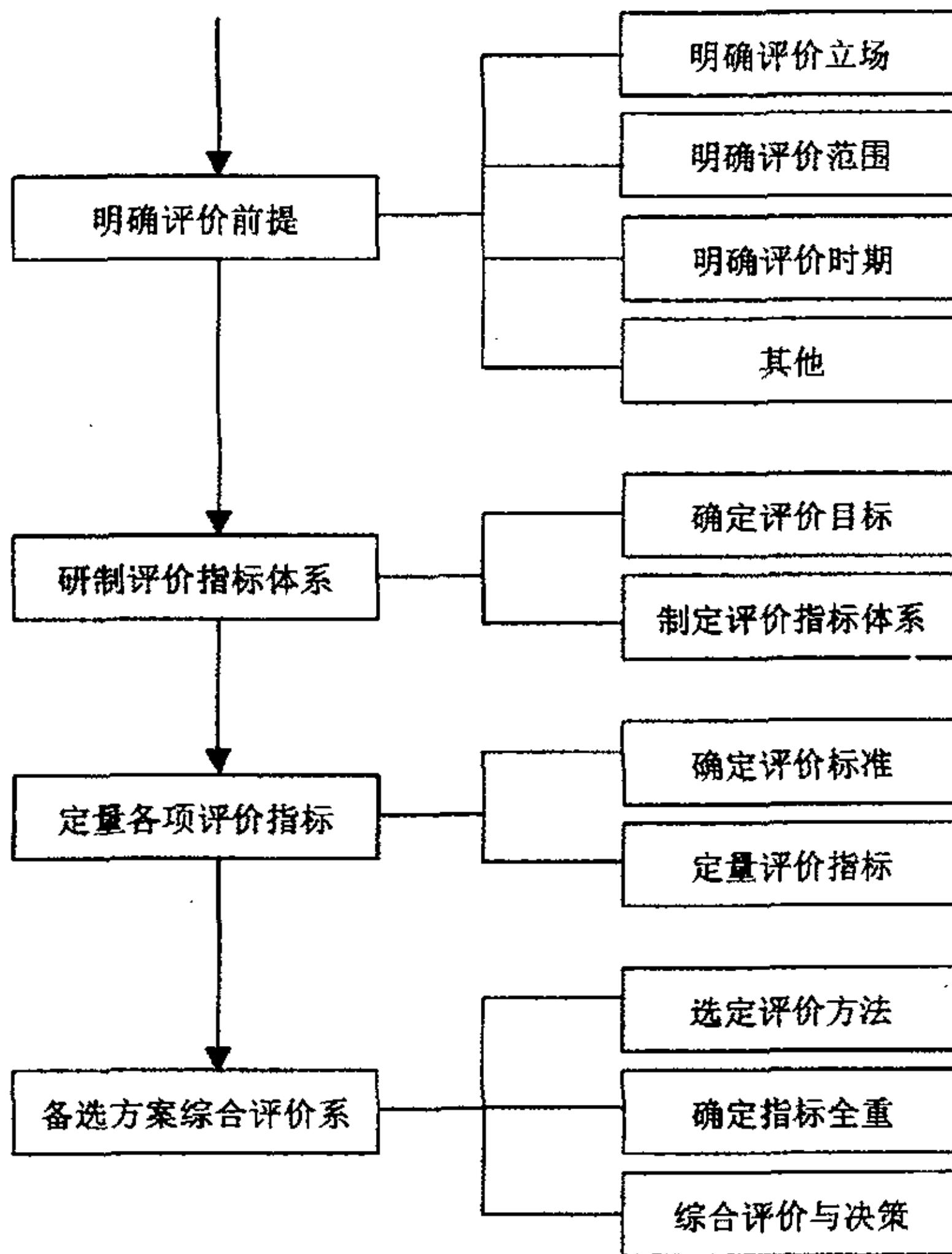


图 5-1 综合评价流程图

5.3 经济效益综合评价指标体系的建立

5.3.1 财务评价指标

一、盈利能力分析^[54-60]

1. 净现值

净现值是指投资项目(含建设期和运营期)各年现金流人的现值总和与现金流出的现值代数和。其计算公式为:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

式中 C_t ——投资项目第 t 年的净现金流量;

n ——计算期(年);

i ——贴现率。

若工程项目只有初始投资 C_0 , 以后各年均获得相等的净收益 R , 则此时上式可简化为:

$$NPV = R[A \rightarrow P]_i^n - C_0$$

式中 $[A \rightarrow P]_i^n$ ——年金现值系数。

2. 投资利润率

投资利润率是投资项目投产后, 在运营正常年可获得的年净收益与项目总投资之比。计算公式如下:

$$E = R/C_0$$

式中 E ——投资利润率;

C_0 ——投资项目的总投资;

R ——年净收益。

3. 投资现值率

投资现值率也称为现值指数或净现值比。计算公式如下:

$$\text{投资现值率} = \frac{NPV}{\text{投资的现值}}$$

式中分子是项目整个寿命期内的净现值, 分母是项目初始投资或各年投资的现值之和。

投资现值率的经济含义是: 项目除确保有基准贴现率的收益外, 每元投资

可获得的额外收益。因此，投资现值率越大，表明投资方案的经济性越好。

4. 内部收益率

内部收益率是指在项目周期内(或计算期内)一系列收入和支出的现金流量净现值等于零的折现率。其基本计算公式如下：

$$\sum_{j=1}^n (R_j - C_j)(1+i^*)^{-j} = 0$$

式中 i^* ——内部收益率；

R_j ——第 j 年的收入；

C_j ——第 j 年的支出； $j=1, 2, \dots, n$ 。

在项目评价中，测算内部收益率分为三个步骤：一是正确估算项目的成本和收益，编制项目成本收益表；二是多次选择适当的贴现率试算出接近于零的正负两个净现值；三是用插值法求得内部收益率。

5. 投资利税率

投资利税率是指投资项目投产后，在运营年正常获得的年净收益及当年税金之和与项目总投资之比。计算公式如下：

$$E = \frac{(R + X)}{C_0}$$

式中 X ——年税金。

6. 投资回收期

投资回收期是指投资项目的净收益收回全部投资所需要的时间，其单位通常用“年”表示。投资回收期通常从建设年算起，如果从投入运营年算起，则应注明。计算投资回收期时，根据是否考虑资金的时间因素，可分为静态投资回收期(不考虑时间因素)和动态投资回收期(考虑时间因素)。

(1) 静态投资回收期。初始投资为 C_0 ，每年净收益为 R_j ($j=1, 2, \dots, n$)，则静态投资回收期为满足下式的 T 。

$$\sum_{j=1}^T (R_j - C_j) = 0$$

可采用如下式子计算：

静态投资回收期 = 累计净现金流量开始出现正值的年份 - 1

$$+ \frac{\text{上年累计净现金流量绝对值}}{\text{当年现金流量}}$$

(2) 动态投资回收期。设基准贴现率为 i , 第 j 年支出 C_j , 每年净收益为 R_j ($j=1, 2, \dots, n$), 则动态投资回收期为下列式子中的 T 。

$$\sum_{j=1}^T (R_j - C_j)(1+i)^{-j} = 0$$

由于整数年的累计净现值很少等于零, 为此, 采用如下计算式:

$$T = \text{累计净现值开始出现正值的年份} - 1 + \frac{\text{上一年累计净现值绝对值}}{\text{当年净现值}}$$

若有 $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$, 则有:

$$R[A \rightarrow P]_i^T = C_0$$

$$\left[\frac{(1+i)^T - 1}{i(1+i)^T} \right] = \frac{R}{C}$$

这里, $\left[\frac{(1+i)^T - 1}{i(1+i)^T} \right]$ 为年现金值系数, 通过年现金值系数表可直接求 T 。

二、清债能力分析指标

1. 流动比率

流动比率是反映投资项目的短期负债, 对项目的清债压力较大。流动资产是项目资产中变现能力较强的资产, 包括速动资产和存货。因此, 流动比率比资产负债率更能反映轨道交通建设项目的清债能力。

2. 资产负债率

资产负债率是反映投资项目债权人各年所面临的财务风险程度以及投资项目清债能力指标^[30, 53-59]。计算公式如下:

$$\text{资产负债率} = \frac{\text{负债合计}}{\text{资产合计}} \times 100\%$$

资产负债率越小, 说明该项目中负债数额越小, 债权人的风险也越小, 投资项目的清债能力越强。但如果过小, 也说明该项目利用财务杠杆的能力越差。

3. 借款偿还期

(1) 国外借款偿还期

投资项目如果能利用外资, 其外币借款的还本付息, 应按已经明确的或预计可能的借款条件计算。借款偿还条件包括要求的偿还方式和偿还期限。

如果经过计算, 投资项目的国外借款偿还期能够满足国外借款机构的还款要求, 则认为该项目具备清偿能力。

(2) 国内借款偿还期

国内借款偿还期是指在国家财政规定和投资项目具体财政条件下，以项目投产后可用于还款的资金偿还固定资产投资国内借款本金和建设期利息所用的时间。

国内借款偿还期反映投资项目的借款偿还能力，与银行贷款条件规定的还款期不同。计算公式如下：

$$I_d = \sum_{t=1}^{P_d} R_t$$

式中 I_d —— 固定资产投资国内借款本金和建设利息之和；

P_d —— 固定资产投资国内借款还款期(从借款开始年算起)；

R_t —— 第 t 年可用于还款的资金，包括利润、折旧等。

或者：

借款偿还期 = 借款偿还后开始出现盈余年份 - 开始借款年份

$$+ \frac{\text{当年偿还借款额}}{\text{当年可用于还款的资金金额}}$$

5.3.2 国民经济评价指标

国民经济评价指标包括两个方面，一是国民经济盈利能力分析指标，二是外汇效果分析指标^[36, 58]。

一、国民经济盈利能力分析指标

投资项目国民经济盈利能力的指标主要有经济内部收益率和经济净现值。

1. 经济净现值

ENPV 是反映投资项目国民经济净贡献能力的绝对指标，是投资项目按照社会折现率将计算期内各年的经济净效益流量折现到建设期初的现值之和。计算公式如下：

$$ENPV = \sum_{t=1}^n (B - C)_t (1 + i_s)^{-t}$$

式中 i_s —— 社会折现率。

在评价投资项目国民经济贡献能力时，如果经济净现值等于或者大于零，说明投资项目可以达到符合社会折现率的国民经济净贡献，认为项目从国民经济角度考虑是可以被接受的。

2. 经济内部收益率

EIRR 是反映投资项目对国民经济净贡献的相对指标，是投资项目在计算期内各年经济效益流量的现值累计等于零时的折现率。计算公式如下。

$$\sum_{t=1}^n (B - C)_t (1 + EIRR)^{-t} = 0$$

式中 B ——投资项目经济效益流入量；

C ——投资项目经济费用流出量；

$(B - C)_t$ ——投资项目第 t 年的经济净效益量；

n ——计算期；

$EIRR$ ——投资项目经济内部收益率。

在评价投资项目对国民经济净贡献能力时，如果经济内部收益率等于或大于社会折现率，表明投资项目对于国民经济的净贡献达到或超过了国民经济要求的水平，认为投资项目从国民经济角度考虑是可以被接受的。

二、国民经济评价外汇效果分析指标

投资项目外汇效果指标主要有经济外汇净现值($ENPV_F$)，经济外汇净现值是用以衡量投资项目对国家经济外汇的真正净贡献(创汇)或净消耗(用汇)的指标。计算公式如下：

$$ENPV_F = \sum_{t=1}^n (I - O)(1 + t_s)^{-t}$$

式中 I ——投资项目外汇流入量；

O ——投资项目的外汇流出量；

$(I - O)_t$ ——投资项目第 t 年的净外汇流量；

n ——计算期。

当投资项目的经济外汇净现值等于零，说明该项目对国家外汇收支没有损耗；大于零则说明该项目对于国家经济外汇收支有净贡献。

5.4 经济效益评价的不确定性分析

在城市轨道交通经济效益分析及评价过程中，由于许多数据来自预测与估算，由于客观上缺乏足够的信息，或者是没有全面考虑所有的情况，因此，对未来的情况无做出精确无误的预测。正因为如此，建设项目的实施情况难免会与预测情况有差异，这种差异可能会带来风险，为了分析不确定性对项目综合

评价的影响，需要进行不确定性分析。

不确定性分析主要是对不确定性因素影响项目评价结果的分析，主要包括盈亏平衡分析、敏感性分析和风险分析。

敏感性分析的目的研究由于未来客观条件变化对不确定因素变化所产生的影响，以及项目经济指标发生变动的程度。通过改变建设项目主要不确定性因素的取值，来观察项目经济效益所发生的变化，以判断这些因素对项目经济效益的影响程度，从而找出项目的敏感因素，并确定其敏感程度，以预测项目承担的风险。

敏感性分析不仅可以使决策者了解不确定因素对项目评价指标的影响，从而提高决策的准确性，而且还可以启发评价者对较为敏感的因素重新进行分析研究，以提高预测的可靠性；此外，敏感性分析还可以用于区别项目建设方案敏感性大或小，以便在经济效益相似的情况下，选者敏感性小的方案，即风险性小的方案。

对于城市轨道交通运营企业来说，它的净收益的影响因素主要如下：

- (1) 投资额，包括固定资产投资和流动资金，主要是固定资产的投资；
- (2) 营运收入，主要表现为客票收入的变化，即交通量或收费标准的变化；
- (3) 营运费用(不包括折旧)，即城市轨道交通经营成本的变化。一般来说，由于城市轨道交通的经营成本相对较小，因此它的变化不会造成评价结果的偏差很大。

5.4.1 单因素敏感性分析

单因素敏感性分析时就单个不确定因素的变动而其他因素不变对项目财务评价指标的影响作用分析。设定要分析的每一个因素均从原始取值开始变动，且每次变动幅度相同，如 $\pm 10\%$ ， $\pm 20\%$ 等，比较在同变动幅度下每一因素变动对评价指标的影响，以判断评价指标对各因素变动的敏感程度。

通过对某城市轨道交通运营企业的财务状况进行分析，对敏感因素进单因素测算，得如下结果。

表 5-1 财务敏感性分析

财务 NPV	-20%	-10%	0%	10%	20%
客运量	2.76%	3.91%	4.93%	5.84%	6.67%
固定资产投资	6.27%	5.56%	4.93%	4.37%	3.86%
经营成本	5.35%	5.14%	4.93%	4.72%	4.50%

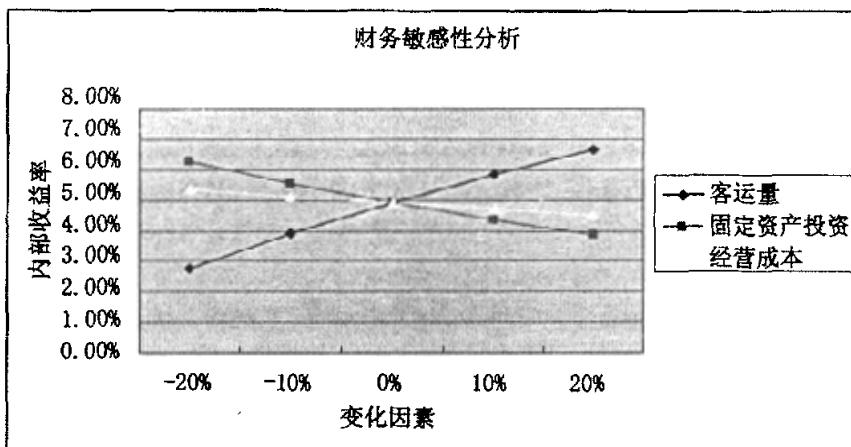


图 5-2 财务敏感性分析图

从以上分析可见，这些敏感因素变动时，财务内部收益率的变化较为平稳，在可以接受的范围内，表明项目具有一定的财务抗风险能力，其中客运量减少时，对收益的影响较大。

5.4.2 多因素敏感性分析

多因素敏感性分析是考察可能发生的各种因素同时以不同的变化幅度的多种组合变动对评价指标的影响程度。在城市轨道交通中，对评价指标影响最大的指标由投资额、营运收入、营运费用等。多因素敏感性分析可采用解析法和作图法相结合，如以净现值为分析对象，来说明这种分析方法。

设：投资额（I）的变化率为 x ，

营运费用（Y）的变化率为 y ，

营运收入（R）的变化率为 z ，

净现值（NPV）敏感性分析的表达式为：

$$NPV = \sum_{t=0}^n [(R - T_A)(1+z) - I_t(1+x) - y_t(1+y) - S_w - W_t](P/F, i, t)$$

将相应数值代入上式后，净现值可得下列形式：

$$NPV = a - bx - cy - dz$$

5.5 经济效益综合评价模型的建立

我们在前面几章具体分析了城市轨道交通产生的经济效益，根据评价的目标及评价方法的不同，可建立不同的评价模型。

5.5.1 价值分析法

价值分析法是考虑各单项指标对系统总体的影响程度，确定各单项指标在系统综合评价中的权重，通过加权得综合评价结果。

由前述评价指标建立评价层次如图 5-3：

由于前面的指标都是定量指标，在进行综合评价时，要把定量指标无量纲化。对于轨道交通建设项目的经济评价指标大致有三种类型，即成本型(越小越好)，效益型(越大越好)，适中型(即不能太小也不能太大)。本论文采用的国民经济评价指标及财务指标都是效益型指标，指标无量纲化采用如下方法：

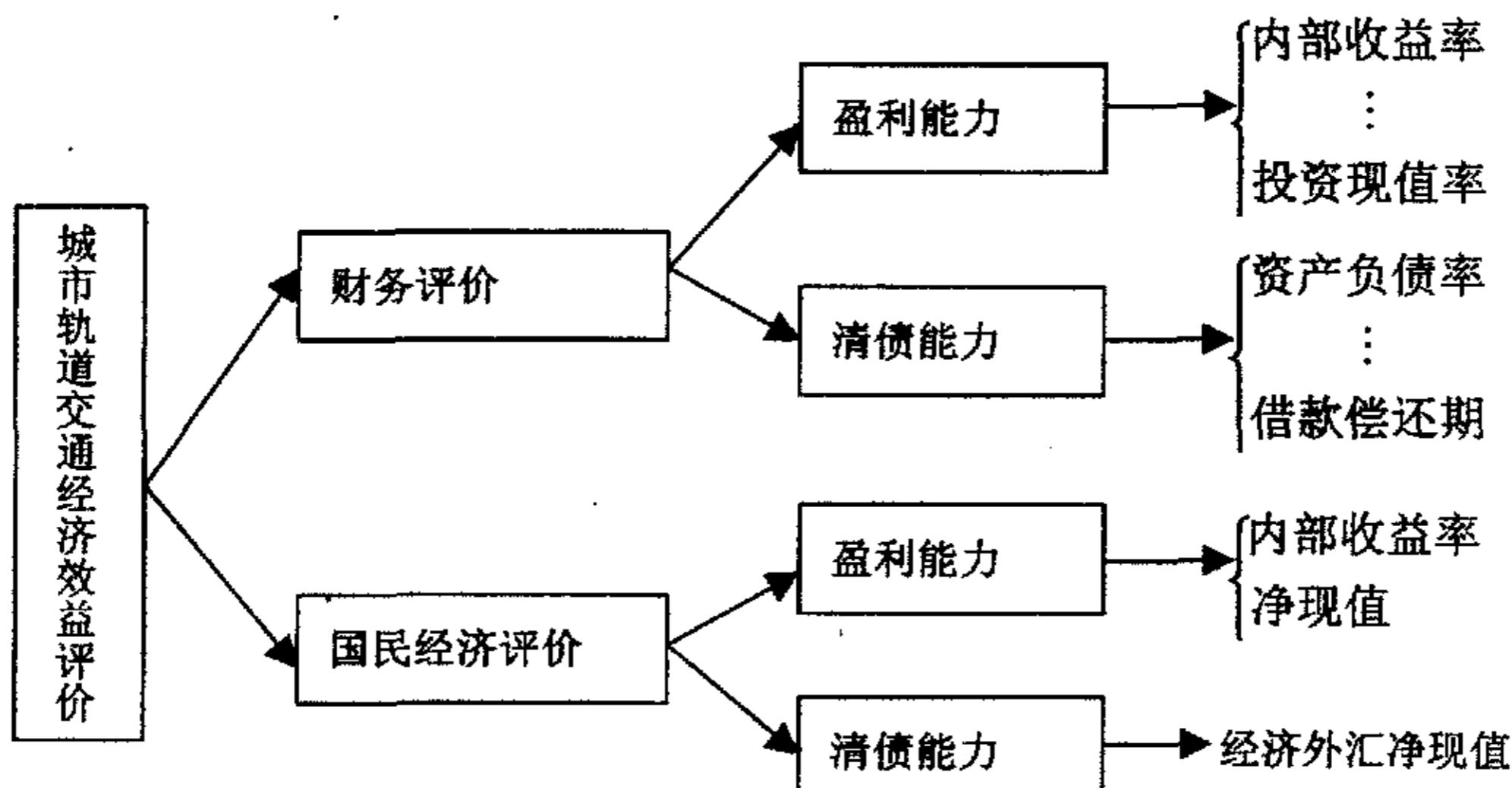


图 5-3 评价层次图

表 5-2 城市轨道交通建设项目经济效益评价

评价指标 W_1	财务评价 W_{11}	内部收益率 w_1	u_1	w_1u_1	s_1 $s_1 = W_{11} \cdot \sum_{i=1}^6 w_i u_i$	$S_1 = W_{11}s_1 + W_{12}s_2$	
		净现值 w_2	u_2	w_2u_2			
		投资回收期 w_3	u_3	w_3u_3			
		投资利润率 w_4	u_4	w_4u_4			
		投资利税率 w_5	u_5	w_5u_5			
		投资现值率 w_6	u_6	w_6u_6			
	清债能力 W_{12}	资产负债率 w_7	u_7	w_7u_7	s_2 $s_2 = W_{12} \cdot \sum_{i=7}^9 w_i u_i$		
		流动比率 w_8	u_8	w_8u_8			
		借款偿还期 w_9	u_9	w_9u_9			
	国民经济评价 W_{21}	内部收益率 w_{10}	u_{10}	$w_{10}u_{10}$	s_3 $s_3 = W_{21} \cdot \sum_{i=10}^{11} w_i u_i$	$S_2 = W_{21}s_3 + W_{22}s_4$	
		净现值 w_{11}	u_{11}	$w_{11}u_{11}$			
	清债能力 W_{22}	经济外汇净现值 w_{12}	u_{12}	$w_{12}u_{12}$	s_4 $s_4 = W_{22} \cdot \sum_{i=12}^{12} w_i u_i$		
评价值			$U = W_1 S_1 + W_2 S_2$				

对于评价指标 f_i , 设其论域为 $d_i = [m_i, M_i]$, 其中 m_i 和 M_i 分别表示评价指标 f_i 的最大、最小值, 定义:

$$u_i = f_{di}(x_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

为决策者对评价指标的属性值 x_i 的无量纲化值(满意度), 且 $u_i \in [0,1]$, 其中

$f_{di}(x_i)$ 是定义在论域 d_i 上的指标无量纲化的标准函数。

$$u_i = f_{di}(x_i) = \begin{cases} 0 & x_i \leq m_i \\ \frac{x_i - m_i}{M_i - m_i} & x_i \in d_i \\ 1 & x_i \geq M_i \end{cases}$$

于是建立评价模型如下：

$$U = W_1 S_1 + W_2 S_2$$

即

$$U = W_1 (W_{11} \sum_{i=1}^6 w_i u_i + W_{12} \sum_{i=7}^9 w_i u_i) + W_2 (W_{21} \sum_{i=10}^{11} w_i u_i + W_{22} \sum_{i=12}^{12} w_i u_i)$$

具体评价如表 5-2 所示：

式中 U —— 评价结果；

W_1, W_2 —— 财务评价和国民经济评价的权重值；

w_i —— 各分项指标的权重值， $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ ；

S_1 —— 财务评价指标评价值；

S_2 —— 国民经济评价指标评价值。

5.5.2 模糊评价法评价城市轨道交通的经济效益

一、模糊综合评价的基本方法

1. 模糊评价的因素集的确定

模糊综合评价的第一步骤是要确定被评价对象的影响因素。因素集以 U 表示：

$$U = \{U_1, U_2, \dots, U_i, \dots, U_n\}$$

2. 各因素权重的确定

由于各个因素影响的程度不同，因此不同的因素有不同的权重。权重系数集表示如下^[31-34]：

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$$

3. 确定备选集

备选集是人们的评判对象的集合。备选集表示如下：

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_m\}$$

4. 单因素模糊评价

给出模糊值映射

$$f: U \rightarrow \wp(V),$$

$$f(u_i) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}) \in \wp(V), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

其中, f 表示规则, U 与 V 是两个非空集, $\wp(V)$ 是 V 的幂集, 表示 V 的所有子集组成的集合, $f(u_i)$ 是关于因素 u_i 的评语模糊向量, r_{ij} 表示关于 u_i 具有评语 v_j 的程度。各单因素评判可组成一个矩阵 R , $R = R(r_{ij})$ 。

5. 模糊综合评价

对于因素集 U 上的模糊向量 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_s, \dots, a_n\}$, 通过 R 变换为评语集 V 上的模糊集。 $B = A \circ R = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ 。

式中 $A \circ R$ 表示模糊集 A 与 R 的合成, “ \circ ” 的运算法则如下:

$$B(b_{ij})_{m \times n} = A(a_{ij})_{m \times s} \circ R(r_{ij})_{s \times n} \Leftrightarrow b_{ij} = \bigvee_{k=1}^s (a_{ik} \wedge r_{kj}), \quad " \wedge " \text{ 表示取小, } " \vee " \text{ 表示取大。}$$

二、方法运用

城市轨道交通经济效益好坏可采用以下因素评价, 如轨道交通运营企业的经济效益, 投入效益, 产出效益, 诱导效益。即:

$$U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\} = \{\text{运营企业的效益, 投入效益, 产出效益, 诱导效益}\};$$

评语集为:

$$V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\} = \{\text{较差, 一般, 较好, 好}\};$$

对广州大学城快速轨道交通进行评价, 通过专家评分, 确定权重为:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\} = \{0.3, 0.15, 0.15, 0.4\};$$

由评价人员对各因素打分, 得单因素模糊评价矩阵 R 如表 5-3 所示:

表 5-3 单因素模糊评价矩阵

		较差	一般	较好	好
		V	U		
运营企业	0.5	0.3	0.15	0.15	
投入效益	0.1	0.2	0.3	0.4	
产出效益	0.1	0.1	0.4	0.4	
诱导效益	0.0	0.1	0.3	0.6	

$$B = A \circ R = (0.3, 0.15, 0.15, 0.4) \circ \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.15 & 0.15 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 \\ 0.1 & 0.1 & 0.4 & 0.4 \\ 0.0 & 0.1 & 0.3 & 0.6 \end{pmatrix}$$

算得：

$$\begin{aligned} B &= \{v[(0.3 \wedge 0.5), (0.15 \wedge 0.1), (0.15 \wedge 0.1), (0.4 \wedge 0.0)], \\ &\quad v[(0.3 \wedge 0.5), (0.15 \wedge 0.2), (0.15 \wedge 0.1), (0.4 \wedge 0.1)], \\ &\quad v[(0.3 \wedge 0.15), (0.15 \wedge 0.3), (0.15 \wedge 0.4), (0.4 \wedge 0.3)], \\ &\quad v[(0.3 \wedge 0.15), (0.15 \wedge 0.4), (0.15 \wedge 0.4), (0.4 \wedge 0.6)]\} \\ &= \{v(0.3, 0.1, 0.1, 0.0), v(0.3, 0.15, 0.1, 0.1), \\ &\quad v(0.15, 0.15, 0.15, 0.3), v(0.15, 0.15, 0.15, 0.4)\} \\ &= \{0.3, 0.3, 0.3, 0.4\} \end{aligned}$$

采用模糊分布法，将上述指标归一化，即用各评价指标之和：

$$0.3+0.3+0.3+0.4=1.3$$

遍除每一指标，得归一化的模糊综合评价集为：

$$B = \left\{ \frac{0.3}{1.3}, \frac{0.3}{1.3}, \frac{0.3}{1.3}, \frac{0.4}{1.3} \right\} = \{0.23, 0.23, 0.23, 0.31\}$$

其对应的评价为：V = {较差，一般，较好，好}

给出综合评判结论得到模糊综合评判指标 b_4 之后，按最大隶属度原则确定评判结果，即取与最大的评判指标 b_4 ($b_4 = \max b_j$) 相对应的评判抉择评语集合中的元素 V_4 作为评判的结论。依据最大隶属度的原则，0.31 最大且对应 V 中的“好”，即大学城的城市轨道交通的经济效益好。

5.5.3 以政府补贴最少为目标

城市轨道交通是城市最大型的基础设施投资项目。其初期投资非常巨大，呈现成本高度集聚状态，且涉及众多专业技术领域，项目的组织和管理都相当复杂和困难；建成之初也往往无法保本运营，收回投资成本更需要漫长的岁月。北京从 20 世纪 60 年代到现在，平均每年修建轨道不足 1.5km；深圳市地铁一期 20km 修 4 年，每年修 5 公里，按照这样的速度，再好的规划如果没有资金的落实也只能是纸上谈兵，无法实现。

另一方面，从城市的宏观经济运行来看，轨道交通建设不能只考虑项目本身的投资收益，更应看到轨道交通所产生的巨大社会效益，例如，它有效的缓解了城市交通压力，提升了城市的综合实力，改善了城市的环境，带动了轨道交通沿线土地的开发及升值等。

由上可知，作为一种公共交通工具，城市轨道交通一直存在着福利性和赢利性的矛盾^[35-38]。从社会效益的角度考虑，轨道交通的发展离不开政府的帮助，政府应该积极地扶持轨道交通；从经济效益的角度分析，城市轨道交通昂贵的运营成本是政府一项沉重的负担，财力不充足的欠发达城市的政府财政是难以长期背负的。

如果从受益和市场经济的角度来考察一下城市轨道交通建设资金的负担情况，将会发现在下述二者之间存在明显的不平衡现象^[30]，即：一方面沿线土地使用权所有者和住宅开发者等不需要付出任何代价就可以得到轨道交通为其带来的利益；另一方面轨道交通企业往往也会因负担高额的建设与运营成本而导致企业亏本经营。这样，土地使用权所有者、住宅开发者与轨道交通企业之间存在着明显的负担不平衡，为了解决上述二者之间的不平衡状况，有必要通过某种形式把轨道交通开发利益的一部分作为轨道交通建设与运营成本予以还原，以减轻轨道交通企业的经营负担和轨道交通利用者的票价负担，从而实现我国城市轨道交通发展的良性循环。

运用影响对象法，评价城市轨道交通项目从建设到运营全过程中对整个国家或沿线地区社会、经济发展的影响和作用时，可根据项目影响对象、范围来划分为不同的指标体系。它包括轨道交通企业的发展、沿线区域经济开发效益、线路影响区域社会效益三大部分。根据城市轨道交通项目的技术经济特点，这些影响和效益包括内容如图 5-4 所示^[28-30]：

城市轨道交通能够引起沿线土地的显著增值，最直接的原因是由于城市轨

道交通和其它省市基础设施以及公用设施的建设，因此增加的土地效益应该通过政府税收的形式部分返还给城市轨道交通运营企业。

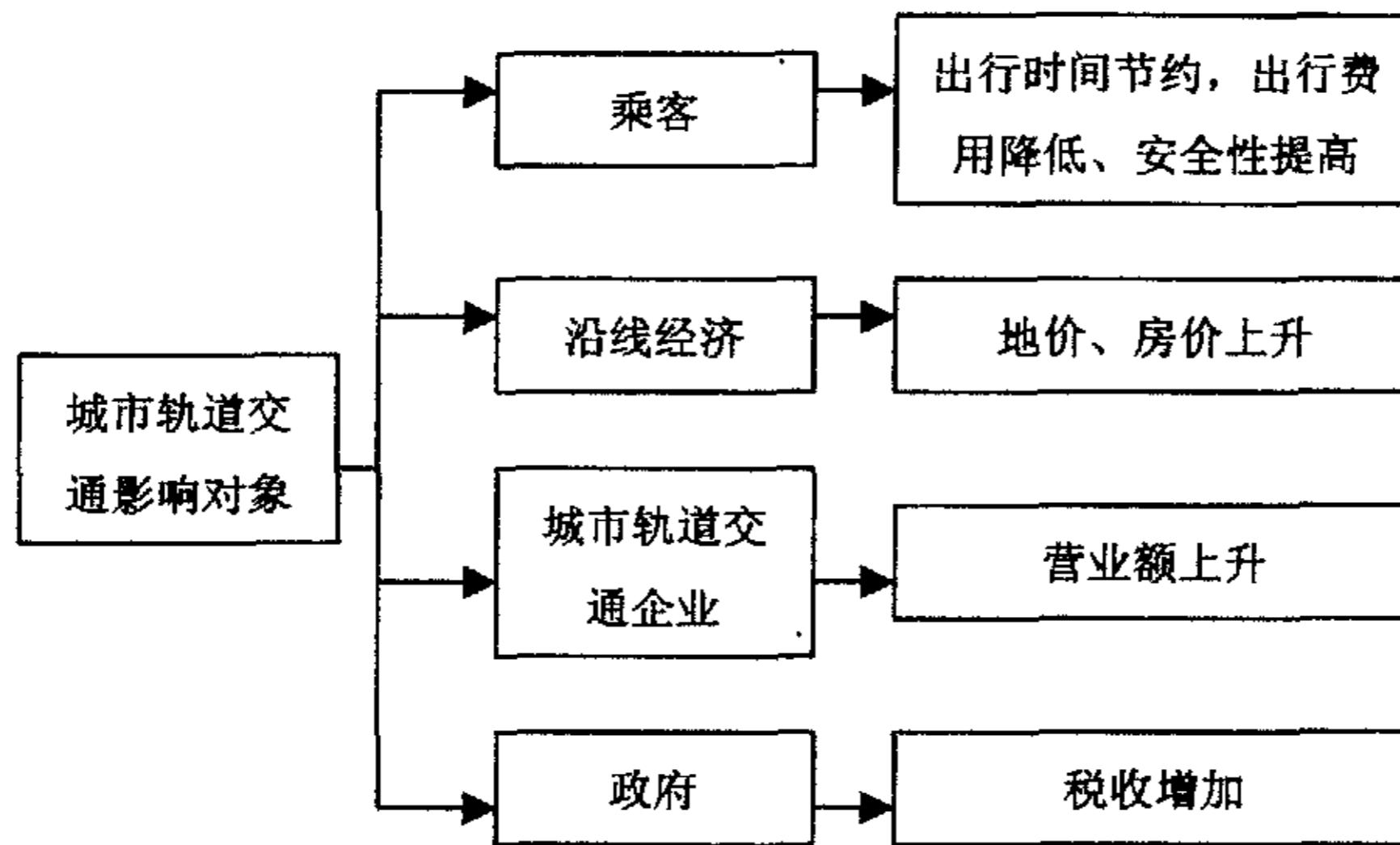


图 5-4 城市轨道交通影响对象

设城市轨道交通的建设及运营成本为 Q_1 ，收入为 Q_2 ，沿线土地增值为 Q_3 ，则评价模型如下：

$$Q = -Q_1 + Q_2 + k_1 \cdot k_2 \cdot Q_3$$

式中 k_1 ——土地增值税的税率；

k_2 ——政府所征收的土地增值税部分返还给轨道交通的比率；

Q ——城市轨道交通的净收益。

其中 k_1 为常数。当 $Q = 0$ 时 k_2 越小，说明城市轨道交通的盈利能力越好，即：

$$\min k_2 = \frac{Q_1 - Q_2}{k_1 Q_3}$$

结束语

本论文分析了城市轨道交通的微观与宏观经济效益，在对我国城市轨道交通建设项目进行经济效益分析时，不仅仅考虑了城市轨道交通运营企业本身的获利能力，而且从城市轨道交通在整个国民经济中的地位和作用出发，着眼于宏观角度来衡量城市轨道交通对于宏观领域各个部分所产生的影响。

论文分析了城市轨道交通建设前后若干年的经济效益，是一个动态的分析过程。

本论文的研究成果主要有以下几个方面：

(1) 研究了城市轨道交通经济评价的一般理论与方法，具体对轨道交通进行了微观及宏观效益分析。

(2) 运用时间阶段法对城市轨道交通建设及运营的各个时期的效益分阶段进行分析计算，每个时期的效益产生的原理不尽相同，建立的分析模型也不同。本论文计算了从轨道交通建设年开始，到建设后若干年止这段时间的经济效益都进行了分析。

(3) 由于传统的国民经济效益在计算土地增值效益时，没有具体的计算方法，通常都是根据经验值估算，而且，由于土地增值不完全是由城市轨道交通的建设所引起的，不能全部把他计入国民经济效益中。本论文在计算诱导效益时，分析了城市轨道交通对沿线土地的增值，通过交通成本分析法，把由于城市轨道交通引起的土地增值从土地总增值中分离出来。在分析土地增值时，根据不同的假设条件，建立了不同的地价函数——交通成本模型。

(4) 建立评价指标体系，根据不同的评价目标对城市轨道交通经济效益进行了综合评价。

当然，本论文也存在许多不足之处，有待于进一步改进：

(1) 由于本论文重点分析了城市轨道交通的宏观经济效益，对微观经济效益分析的比较弱，对城市轨道交通的需求分析及抗风险能力分析较少。

(2) 在建立模型时，由于假设条件的设置，使模型简单明了，但是同时也略去了部分有效信息。

致 谢

感谢我的导师彭其渊教授多年来指导我的学习与成长。

本论文是在彭老师的精心指导下完成的。彭老师为论文的写作和修改付出了大量的心血。他那严谨求实的治学态度、开明的学术思想、诲人不倦的精神也使我倍受教育和感动；他渊博的知识，敏锐的洞察力，虚怀若谷的风范，将使我在以后的学习、工作、生活等方面终生受益。

感谢吕建师兄，赵升同学和陈达强同学，他们在我的论文校订上提出了宝贵的意见。

感谢所有帮助过我的老师以及师兄师姐们，他们为我的论文写作提供了不少帮助和支持。

感谢一直鼓励和关心我的同学和朋友，他们的关爱给予了我莫大的动力。

参考文献

- [1] 顾尚华.大城市的客运交通应以快速轨道交通为骨干[J].中国交通工程.1996.1.4-6;
- [2] 蔡成果.项目社会效益与影响后评价[D].湖南大学硕士论文.2001.1-20;
- [3] 程凌刚,周海涛.公路建设项目国民经济效益计算的理论与方法回顾[J].公路交通科技.2001.4
- [4] 段静.高速公路社会效益评估[D].武汉理工大学产业经济学硕士论文,2002.1-3。
- [5] 谢冯杰.城市轨道交通项目经济效益评价方法初探[J].工业技术经济.2004.6:77-79
- [6] 马俊林,林皇杜.经济效益定量分析方法[M].南京:南京工学院出版社,1987.1, 1-5
- [7] 王岳能,苏为华.经济效益综合评价理论与方法[M].杭州大学出版社.1997.
- [8] 孟黔灵.高速公路建设项目财务评价研究[D].武汉理工大学硕士学位论文.2002.11
- [9] 苗彦英,韩萍,王世光.城市轨道交通的费用及效益分析研究[J].连铁道学院学报,1996.3,17-23
- [10] 胡天军,卫振林.高速公路社会效益后评估的系统动力学模型[J].数量经济技术经济研究.2000.4,58-60
- [11] 吕渭济.基于动态投入产出分析的煤炭产业多目标优化模型研究[D].辽宁工程技术大学硕士研究生学位论文.2003
- [12] 张军强.公路建设项目对区域经济影响效果的评价研究[D].长安大学交通运输规划与管理硕士论文.1999.
- [13] 徐建华.投入产出与线性规划相结合[J].财税理论与实践.1996.3:47-49
- [14] 朱国宏,李志青,杨小勇.上海城市轨道交通建设的间接经济效益[J].城市轨道交通研究.2004.3,89-91
- [15] 汪传旭.航运业社会效益的投入产出分析[J].系统工程, 1996.3, 27-31
- [16] 刘国志.动态投入产出最优控制模型[J].数学的实践与认识.2002.7:700-702.

-
- [17] 李杰.公路交通事故的间接经济损失与计算方法[J].武汉城市建设学院学报.1996.6:79-83
 - [18] 刘春丽.交通阻塞成本的经济分析[J].交通财会.1998.9:53-54
 - [19] 吴慈生、汪敏.高速公路经济带吸引区域与开发模式研究[J].系统工程, 2000.3: 17-20
 - [20] 耿显民.市场经济下的随机模型[J], 数理统计与应用概率 第 12 卷 2 期
 - [21] 郑捷奋.城市轨道交通与周边房地产价值关系研究[D].清华大学土木水利学院, 2004
 - [22] 杨明,曲大义,王炜.城市土地利用与交通需求相关关系模型研究[J].公路交通科技.2002.2:72-75
 - [23] 毛蒋兴,阎小培.我国城市交通系统与土地利用互动关系研究述评[J].城市规划汇刊.2002.4:34-37
 - [24] 董黎明.城镇土地定级估价原理与方法[M].地震出版社, 1992
 - [25] 王丽,刘小明,任福田.确定交通影响范围的烟羽模型法[J].中国公路学报.2001.10:100-117
 - [26] 郭庆胜,闫卫阳,李圣权.中心城市空间影响范围的近似性划分[J].武汉大学学报.2003.10: 596-599
 - [27] 管楚度.交通区位论及其应用[M].人民交通出版社.2002.1024-50
 - [28] 程斌.轨道交通与城市交通可持续发展[J].中国铁道科学, 2001.2
 - [29] 刘金友,黄鲁成.产业群集的区域创新优势与我国高新区的发展[J].中国工业经济, 2001(2).
 - [30] 叶霞飞.蔡蔚.城市轨道交通开发利益的计算方法 [J].同济大学学报.2002.4,431-434
 - [31] 周国强.交通运输企业经济效益评价指标体系的探讨[J].交通财会.1997(3), 30-31
 - [32] 丰伟,李雪芹.城市轨道交通与沿线土地开发相互关系的模糊评价[J].铁道运输与经济,2004.9:6-7
 - [33] 韩立岩,汪培庄.应用模糊数学[M],首都经济贸易大学出版社,1998.
 - [34] 丰伟,李雪芹. 土地开发在城市轨道交通经济效益评价中的应用[J].交通标准化,2004.10,58-60
 - [35] 刘金玲,梁青槐,邓文斌.城市轨道交通与土地利用联合开发的筹资途径[J].北京交通大学学报(社会科学版).2004.6:61-64
-

-
- [36] 寇团明,李海斌.公路项目国民经济效益分析[J].公路交通科技.2001.10:70-80
 - [37] 曾文艺,崔宝珍.模糊聚类分析在足球队排名中的应用[J].数学的认识与实践.1999.4,179-183
 - [38] 周顺成.分类指标等价模糊聚类法及应用[J].数理医药学杂志,1994(7),15-17
 - [39] Arthur J.Keown, David F.Scott, John D.Martin. Basic Financial Management. Englewood Cliffs, Prentice-Hall,1996
 - [40] Foliy Duncank, Growth and distribution, Cambridge, Mass:Harvard University Press,1997:115-118
 - [41] Oleynid, Igor .Investment & business guid. Washington D.C.:International Business Publication, 1998:25-27
 - [42] Drive Ciaran. Investment, growth and employment, London:Rout ledge.1994:65-78
 - [43] H.Yang, Yagar. Traffic Assignment and Traffic Control in General Freewayarterial Corridor Systems[J]. Transportation Research, 1994(28).
 - [44] Harvey Armstrong, Jim Taylor. Regional Economics and Policy[M].Philip Allan Publishers Ltd.,1995.
 - [45] P.A. Stone.Building Economy [M].Pergamon Press Ltd.,1983
 - [46] Eiichi Taniguchi, Michihiko Noritake etal. Optimal size and location Planning of public logistics terminals. Transportation Research Par E35,1999:207-222.
 - [47] Ross A.Roberts. Social and economic factors in transportation. TRB,1986
 - [48] M.Daniel. Social impacts of new technologies for traffic management.ARR,1990
 - [49] Herbert Mohring, Transportation economics, Bailinger publishing company,1996
 - [50] Paul N Finlay. Introducing Decision Support Systems. NCC Blackwell,1989,1-20
 - [51] Andrew .P.Sage, Decision Support System Engineering. John Wiley Sons, INC,1991,1-10.
 - [52] M.C.ER. Decision Support Systems: A Summary, Problems, and Future trends [J].DSS,1998,23(4):55-363.
 - [53] Hitchens, M., Firmage,A. The design of a flexible class library management system, Proceedings of Technology of Object-Oriented Languages and Systems
-

- 24, ISE China, 1997, (9): 71-80.
- [54] Ede Boer, Transportation sociology:social aspects of transport planning, Pergamon Press.
- [55] Australian building codes Broad, Economic Evaluation Model:Building Regulatory Change, June 1997.
- [56] H.H.涅克拉索夫, 区域经济学, 东方出版社, 1-20
- [57] Peter K. Nevitt, Frank Fabozzi: "PROJECT FINANCING", Sixth Edition, Euromoneny Publications PLC, 1995.
- [58] 柏飞彪. 城市轨道交通投资项目经济评价系统研究与开发[D]. 西南交通大学硕士学位论文. 2004.2
- [59] 钟契夫. 投入产出分析[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1986.
- [60] 杨涛. 公路网规划[M]. 人民交通出版社 1998, 124-125

攻读硕士期间发表的论文

- [1] 李雪芹,丰伟.运用计重收费治理超载运输[J].交通标准化.2004.4
- [2] 丰伟,李雪芹.城市轨道交通与沿线土地开发相互关系的模糊评价[J].铁道运输与经济,2004.9
- [3] 丰伟,李雪芹. 土地开发在城市轨道交通经济效益评价中的应用[J].交通标准化.2004.10