



经济管理学术文库·经济类

我国城市轨道交通战略 成本动因研究

Research on China's Cost Drivers of Urban
Railway Transportation

华宇虹 / 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

北京市属高等学校人才强教深化计划——骨干教师(06170112015)项目专项资助
北京市属高等学校人才强教深化计划——北京市工商管理基础平台课教学团队(06170111)项目专项资助



经济管理学术文库·经济类

我国城市轨道交通战略 成本动因研究

Research on China's Cost Drivers of Urban
Railway Transportation

华宇虹 / 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

我国城市轨道交通战略成本动因研究/华宇虹著. —北京: 经济管理出版社, 2013. 1
ISBN 978-7-5096-2293-3

I. ①我… II. ①华… III. ①城市铁路—轨道交通—成本管理—研究—中国 IV. ①F572.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 317478 号

组稿编辑: 刘 宏

责任编辑: 刘 宏 李月娥

责任印制: 杨国强

责任校对: 蒋 方

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: www.E-mp.com.cn

电 话: (010) 51915602

印 刷: 北京银祥印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 720mm×1000mm/16

印 张: 11.25

字 数: 157 千字

版 次: 2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5096-2293-3

定 价: 38.00 元

· 版权所有 翻印必究 ·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

前 言

城市轨道交通作为城市交通方式的一种，在城市形态发展到一定程度时，能够改变城市资源聚集经济和聚集不经济的均衡状态，促进城市规模的扩大和发展的可持续性。虽然城市轨道交通的优势明显，但是由于投资巨大，运营维护成本高，单纯依靠票款收入难以弥补总成本，易造成轨道交通供给（数量或质量）不足等问题。

解决收入和成本的矛盾有两种思路：一是成本控制，即控制城市轨道交通的投资和运营成本，这就需要控制轨道交通路网规模、降低设施设备的技术特性、减少各种物料和电力、人工成本。二是制度安排，不同城市根据自身特点采取了不同的制度安排，有的侧重政府提供直接财政补贴，有的侧重市场机制配置资源，有的侧重选择新的公共和市场供给边界采取公私合作，有的在市场配置资源为基础的情况下配套给轨道交通投资企业地产、物业等项目。成本控制可以降低城市轨道交通的全生命周期成本，制度安排有利于解决城市轨道交通成本与收入的矛盾，两种模式都能在一定程度上促进城市轨道交通的发展。

上述两种模式在城市轨道交通发展过程中都发挥着积极作用，但是实践中往往都是单独进行，较少交叉进行。成本控制往往从项目前期开始，由政府主管部门或投资企业确定总成本目标，而后由项目建设和运营企业根据业务职责划分进行全寿命成本控制，控制手段包括战略成本管理、成本动因控制等。制度安排则由政府主管部门主导，在确定好制度框架后吸引企业参与，有时甚至新设企业或者对既有企业进行改制，以适应新的制度安排。由于介入时机、承担主体等都明显不同，因此成本控制和制度安排没有充分融合。



不管是成本控制还是制度安排,其效果都要通过最终的成本收入核算得以体现。由于城市轨道交通具有一定的经营性和销售性,因此无论国内还是国外,城市轨道交通都采取了市场化的运作模式。但由于同时具有明显的正外部性,在制度缺失的情况下很难将票款收入之外的正外部性纳入到城市轨道交通的收入范畴,这就造成城市轨道交通经过成本收入核算之后的投资和收益矛盾一直较为突出,在一定程度上限制了城市轨道交通的健康发展。

为了把成本控制和制度设计两种模式建立起连接,使政府部门在制度设计时也考虑到对企业成本和收入的影响,本书以分析城市轨道交通全寿命周期各阶段的成本构成为出发点,通过引入战略成本管理中的成本动因的概念,结合城市轨道交通的建设和运营特点,总结出了影响城市轨道交通成本的八大重要战略成本动因,即路网规模、线路布局、建设运营经验、技术选择、员工绩效、全面质量管理、运力调配和政府协同。这些战略成本动因除了影响建设、运营成本,还会影响轨道交通运营企业的内部收益、外部社会收益以及城市轨道交通的发展模式。同时,本书根据我国城市轨道交通管理体制的特点,为城市管理部门设定了轨道交通制度安排的目标集,该目标集包括成本、收入和外部收益,城市政府部门可根据该目标集进行针对轨道交通的制度设计。

城市轨道交通的战略成本动因既影响轨道交通成本,也影响制度安排的目标集,这样战略成本动因就连接起了成本控制和制度安排。为了分析战略成本动因影响成本的方式和程度,本书利用层次分析法分析了战略成本动因影响成本和目标集的机制,确定了各项战略成本动因影响成本和目标集的权重。为了探讨战略成本动因影响成本和目标集的动态机制,本书尝试性地引入了系统动力学建模方法,通过将系统动力学得到的战略成本动因影响成本和目标集的影响模式和权重,建立了战略成本动因与成本和目标集的动态模型,分析了战略成本动因对城市轨道交通成本、收入乃至社会收益的综合影响机理,能够为轨道交通企业成本控制和政府制定相关制度安排提供参考。

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 现实背景	1
1.1.2 理论背景	6
1.2 问题的提出及选题意义	10
1.2.1 问题的提出	10
1.2.2 选题意义	11
1.3 概念界定	12
1.4 研究对象	13
1.5 研究范围	13
1.6 研究思路和本书结构	14
2 轨道交通战略成本动因基础理论综述	16
2.1 战略成本管理	16
2.1.1 战略管理和成本管理	16
2.1.2 战略成本管理模式	19
2.1.3 战略成本管理的主要内容	20
2.2 成本动因理论	22
2.2.1 成本动因的内涵	22
2.2.2 成本动因的分类	23
2.2.3 成本动因理论的应用研究	24
2.2.4 成本动因理论对城市轨道交通研究的适用性	25



2.3 准公共物品理论	27
小结	28
3 城市轨道交通战略成本动因的分析框架	30
3.1 城市轨道交通的系统构成	30
3.2 城市轨道交通的经济属性	31
3.2.1 城市轨道交通的网络经济属性	31
3.2.2 城市轨道交通的准公共物品属性	32
3.2.3 城市轨道交通的准经营性	34
3.2.4 城市轨道交通的可销售性	36
3.3 城市轨道交通的需求与效益	38
3.3.1 城市轨道交通的需求	38
3.3.2 城市轨道交通的内部效益	44
3.3.3 城市轨道交通的外部效益	49
3.3.4 城市轨道交通项目效益影响因素	50
3.3.5 城市轨道交通项目效益小结	52
3.4 城市轨道交通的供给与成本	53
3.4.1 城市轨道交通供给的特点	53
3.4.2 城市轨道交通供给关系及演进	54
3.4.3 城市轨道交通供给成本	60
3.5 基于战略成本动因、成本、收入和社会效益的分析框架	65
4 城市轨道交通战略成本动因分析	68
4.1 城市轨道交通战略成本动因的识别	68
4.1.1 城市轨道交通战略成本动因的识别	68
4.1.2 城市轨道交通的战略成本动因的确定	68
4.2 路网规模	71
4.2.1 客流预测	71
4.2.2 线网规划	73



4.2.3	车站规模	77
4.2.4	车辆段和停车场	79
4.3	线路布局	80
4.3.1	线路走向	80
4.3.2	线路敷设方式	81
4.3.3	车站间距	83
4.4	技术选择	85
4.4.1	技术标准	85
4.4.2	车辆选型	86
4.4.3	机电设备	87
4.4.4	列车编组设计	88
4.4.5	设备维修与更新	88
4.5	全面质量管理	89
4.5.1	采购管理	89
4.5.2	质量管理	93
4.5.3	安全管理	94
4.6	运力调配	96
4.6.1	运力调配与成本收益	96
4.6.2	运输能力利用率改变的路径	97
4.7	政府协同	97
4.7.1	城市政府主管部门的协调与规划控制	98
4.7.2	建设运营管理模式	99
4.7.3	工程项目组织方式	101
4.7.4	融资	103
4.8	建设运营经验	104
4.9	员工绩效	105
5	城市轨道交通战略成本动因控制	106
5.1	城市轨道交通战略成本动因控制模型	106



5.2 城市轨道交通战略目标与成本动因数量关系的确定	108
5.2.1 层次分析法	108
5.2.2 城市轨道交通的层次模型	110
5.2.3 城市轨道交通的战略成本动因影响权重	113
5.3 城市轨道交通战略成本动因系统动力模型分析	118
5.3.1 系统动力建模方法	118
5.3.2 城市轨道交通系统动态模型的建立	119
5.4 城市轨道交通战略成本动因的控制	125
5.4.1 城市轨道交通系统动力模型的运行和输出	125
5.4.2 基于企业内部效益的战略成本动因控制	135
5.4.3 基于社会收益的战略成本动因控制	144
5.5 实证分析:北京市轨道交通战略成本动因	152
5.5.1 路网规模	153
5.5.2 线路布局	154
5.5.3 运力调配	155
5.5.4 政府协同	157
6 总结与展望	161
6.1 总结	161
6.2 主要创新点	163
6.3 需要进一步研究的问题	164
参考文献	165

1 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 现实背景

改革开放 30 余年来,我国城市发展取得了长足的进步。随着城市发展以及人民生活水平的提高,城市居民的出行频次和出行距离均有所增加,城市交通流量更有大幅度增加。交通拥挤已成为许多城市普遍存在的突出问题。经过国内外探索和实践,城市轨道交通已经展现出诸多优势,被认为是缓解大城市交通拥挤问题的重要途径之一。

近年来,我国的城市机动化水平迅速提高。全国机动车保有量从 2003 年的 2383 万辆迅速增加到 2011 年的 1.06 亿辆,年均增长率超过了 20%。北京、天津、上海、重庆等特大城市机动车保有量均大幅增长(如表 1-1 所示)。

表 1-1 我国几个超大城市民用汽车保有量的逐年增长情况 单位:万辆

城市	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	年均增长 (%)
北京	163	182	210	240	273	314	368	450	476	14.3
天津	54	58	68	80	93	108	130	158	194	17.3
上海	72	84	95	107	120	132	147	176	194	13.2
重庆	34	35	47	56	64	74	91	114	133	18.6



续表

城市	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	年均增长 (%)
全国	2383	2694	3160	3697	4358	5100	6281	7802	10600	20.1

资料来源：《中国统计年鉴》（2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2011）及相关新闻报道。

与机动化水平、城市交通需求大幅增加相对的，是不合理的城市功能布局和城市交通基础设施建设的严重滞后、低效使用以及人们对于机动车的过度使用。交通供需关系不平衡的矛盾使我国很多特大城市和超大城市都面临严重的交通拥挤、交通事故和环境污染等问题。

城市轨道交通在城市发展的过程中一直扮演着重要的角色。1863年1月10日，世界上第一条地下铁路在伦敦建成开通，宣告了城市轨道交通时代的正式来临。此后巴黎、纽约、芝加哥、波士顿、东京等大城市相继修建轨道交通系统，到20世纪初，轨道交通已经成为这些大城市交通出行的骨干网络。由于城市条件、建造技术和人口规模等原因，早期的轨道交通系统以有轨电车和高架铁路为主，运行速度较慢，运载量较小。随着城市化进程的推进，城市人口不断聚集，交通需求迅速增长，有轨电车不再适应城市交通发展的需求，而以地下铁路为代表的重轨系统逐渐取代原有的有轨电车网，因此目前世界上大城市和特大城市的轨道交通系统都以速度快、运量大、装备水平高的重型轨道交通为主。

为了缓解日益严重的城市交通拥挤问题，中国许多大城市都选择了大力建设城市轨道交通。城市轨道交通因其运量大、快速、正点、低能耗、少污染、乘坐舒适等优点，成为解决上述问题的较好选择。各种交通方式的特点如表1—2、表1—3、表1—4所示。^①

^① 陆化普，等，城市轨道交通规划的研究与实践 [M]。北京：中国水利水电出版社，2001。



表 1-2 各种交通方式对环境影响的分类

环境影响 交通方式	大气环境	水环境	土壤及地 面状况	噪声振动	城市生态	城市景观	隐性（二次） 污染
道路交通	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
水运港口	Y	Y	N	Y	Y	N	Y
轻轨交通	N	N	Y	Y	Y	Y	Y
航空	Y	N	N	Y	Y	N	Y
管道运输	N	N	Y	Y	N	N	Y

注：Y 表示有影响；N 表示无影响。

如果把市郊铁路的基数作为 1，那么城市轨道交通的能源消耗是市郊铁路的 0.8 倍，而航空和城市道路运输分别为 5.3 倍和 4.6 倍；城市轨道交通的人均 CO₂ 排放量与市郊铁路相当，而航空和城市道路分别为市郊铁路的 6.3 倍和 4.6 倍；城市轨道交通的人均噪声污染为市郊铁路的 0.4 倍，而航空和城市道路分别为市郊铁路的 0.7 倍和 1.5 倍。

表 1-3 各种交通方式的能源消耗与环境污染比较（以市郊铁路为基准）

比较项目	市郊铁路	航空	城市道路	城市轨道交通
能源消耗比	1.0	5.3	4.6	0.8
人均 CO ₂ 排放量	1.0	6.3	4.6	1.0
人均噪声污染	1.0	1.5	0.7	0.4

从不同运输方式的运输特性和适用范围来看，城市轨道交通具有明显的运量优势，且适用范围广，相对于小汽车和常规公交方式来说具有明显优势。



表 1—4 城市各种客运交通方式的运输特性比较

特性指标 交通方式		运量 (人/h)	运输速度 (km/h)	道路面积占用 (m ² /人)	适用范围	特 点
自行车		2000	10~15	6~10	短途	成本低、无污染、灵活方便
小汽车		3000	20~50	10~20	较广	成本高、能耗多
公交电汽车		6000~9000	20~50	1~2	中短距离	人均成本、资源消耗和环境 污染低
轨道 交通	轻轨	10000~30000	40~60	高架轨道: 0.25 专用道: 0.5	中长距离	建设成本较高, 能耗和环境 污染小, 运输效率高
	地铁	30000 以上	40~60	不占用地面面积	中长距离	建设成本较高, 能耗和环境 污染小, 运输效率高

资料来源: 袁虹. 基于交通效率的合理城市土地利用形态研究 [D]. 北京: 清华大学, 2001.

从发达国家的运营经验来看, 城市轨道交通已经成为城市重要的公共交通方式, 对于分担交通压力, 方便乘客出行发挥了重要作用(如表 1—5 所示)。

表 1—5 世界典型大城市的不同轨道交通方式分担比率 单位: %

城市分担比率	伦敦	纽约	巴黎	东京
全天交通方式分担比率	19	29	26	58
高峰交通方式分担比率	76	75	75	91
在公交系统中的分担比率	61	N/A	39	87

注: N/A 表示暂无数据。

资料来源: 袁虹. 城市轨道交通基础设施项目投融资方式的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2004.

从目前情况来看, 城市轨道交通在缓解城市交通拥挤, 推动我国城市发展方面已发挥了显著作用。然而, 轨道交通建设成本很高, 从我国一些城市的实际情况来看, 城市轨道交通平均每千米综



合造价,地面为 0.5 亿~1.5 亿元,高架为 1 亿~2.5 亿元,地下为 5 亿~8 亿元。例如,哈尔滨地铁一期工程投资为 5.69 亿元/千米,天津地铁二号线投资为 5.74 亿元/千米,广州地铁二号线投资为 5.81 亿元/千米,北京地铁亦庄线投资为 3.10 亿元/千米,杭州地铁一号线投资 3.76 亿元/千米,沈阳地铁一号线投资为 4.30 亿元/千米,郑州地铁一号线一期工程投资 5.78 亿元/千米,以地上线路为主的北京地铁 13 号线每千米投资为 1.61 亿元/千米^① (具体见表 1-6)。

表 1-6 城市轨道交通项目投资

项目名称 规模	哈尔滨地铁 一期工程	天津地铁 二号线	广州地铁 二号线	北京地铁 亦庄线	杭州地铁 一号线	沈阳地铁 一号线	郑州地铁 一号线 一期工程	北京地铁 13 号线
线路长度 (千米)	17.44	22.657	18.25	23.8	61.94	22.08	25.20	40.85
总投资 (亿元)	99.18	130.16	106.08	73.73	233.12	94.84	145.54	65.70

资料来源:丁玲玲.浅谈城市轨道交通工程全寿命周期成本控制[J].铁道建筑技术,2008(S2).

由于技术和建设、运营条件的相似性,国外城市轨道交通建设投资也体现出高成本的特点^② (见表 1-7)。

^① 丁玲玲.浅谈城市轨道交通工程全寿命周期成本控制[J].铁道建筑技术,2008(增):178-180.

^② 毛保华,等.城市轨道交通系统运营管理[M].北京:人民交通出版社,2006.



表 1-7 国外几个城市地铁线路的投资统计

城市	线路类型	长度 (千米)		投资 (亿美元)	
		总长	地下	总数	单价
圣地亚哥	地下	25.6	20.8	1015	39.7
巴尔的摩	地下 / 地上	18.1	6.7	996	55.0
柏林	地下	4.6	4.6	275	59.7
大阪	地下	14.1	13.8	898	63.7
香港 (高架部分)	地下 / 高架	26.1	20.0	1519	58.2
圣保罗	地下	24.3	17.0	2338	96.2
阿拉斯加	地下	12.3	11.0	1440	117.1
巴格达	地下	5.5	5.5	450	81.8
香港	环岛线	12.5	10.5	1400	112.0
曼谷	高架	30.0	0.0	730	24.3
新加坡	地下 / 地上	17.1	14.6	1200	70.2

资料来源：杨京帅，城市轨道交通线网合理规模与布局方法研究 [D]，成都：西南交通大学，2006。

同时，轨道交通的运营成本也较高，在国内外运营轨道交通的城市中，只有少数城市的轨道交通能够实现票款收入基本弥补运营成本。高昂的建设和运营费用是制约我国城市轨道交通健康发展的最大“瓶颈”。由于城市轨道交通的成本长期超过有形收入，造成运营企业负担过重，为了解决这一问题，各城市政府主管部门基于准公共物品的理论基础，制定了补贴机制，对城市轨道交通运营企业提供补贴，但这样又产生了补贴多少、补贴范围等新的经济问题。

1.1.2 理论背景

目前，城市轨道交通成本管理方面的研究，主要围绕城市轨道交通的建设、运营成本分析、战略成本以及成本控制方面展开。



王昌水、包乃文 (2005),^① 顾承东、洪婷婷 (2005),^② 李丽敏 (2005)、^③ 刘立 (2006)^④ 等, 分别从不同的视角阐释了影响城市轨道交通的因素以及进行成本控制的方法和意义。杨旋 (2009)^⑤ 专门分析了城市轨道交通供电系统设计过程中的成本控制。陈峰 (2008)^⑥ 对城市轨道交通建设总成本的构成做了定量分析, 指出征地拆迁、车站和区间、供电和信号以及车辆等设备的成本是城市轨道交通建设成本控制的重点。于福利、李志强 (2009)^⑦ 从项目生命周期的角度提出影响运营成本支出的主要费用项目及其主要影响因素, 并结合工程实践经验总结分析, 提出了运营成本控制的措施建议。丁玲玲 (2008)^⑧ 从全寿命周期的角度提出了建设成本和运营维护成本的控制措施。

韩楠 (2007)^⑨ 系统研究了轨道交通战略成本, 并首次在城市轨道交通成本管理中引入战略成本动因的概念, 随后进一步借助层次分析法提出了城市轨道交通运营成本的控制思路。^⑩ 在成本分析的基础上, 张娟 (2009)^⑪ 比较系统和全面地分析了城市轨道交通总成本的构成, 并探讨了外部成本以及将外部效益内部化的可行性。

本书涉及的另外一个重要理论是公共物品理论及其外部性问题。目前, 对城市轨道交通的公共物品属性研究主要集中在对其外部性及相对应的投融资制度方面。对于外部性的范围, 不同学者也有不同界定。如余卫平 (2008) 在其博士学位论文中把城市轨道交通创造新的

① 王昌水, 包乃文. 南京地铁一号线一期工程施工材料的采购和管理 [J]. 都市快轨交通, 2005 (4): 14-16.

② 顾承东, 洪婷婷. 上海市明珠一期北延伸线工程项目管理实践 [J]. 山西建筑, 2005 (1): 116-117.

③ 李丽敏, 顾天鸿, 陈进杰. 关于降低我国地铁造价的探讨 [J]. 国防交通工程与技术, 2005 (4): 6-8.

④ 刘立. 降低地铁造价是确保地铁可持续发展的根本措施 [J]. 铁道勘察, 2006 (1): 85-86.

⑤ 杨旋. 城市轨道交通供电系统设计过程中的成本控制 [D]. 成都: 西南交通大学, 2009.

⑥ 陈峰, 王子甲, 李志强. 城市轨道交通建设成本构成分析 [J]. 铁路运输与经济, 2008 (9): 53-55.

⑦ 于福利, 李志强. 基于项目生命周期的轨道交通运营成本控制 [J]. 综合运输, 2009 (4): 21-24.

⑧ 丁玲玲. 浅谈城市轨道交通工程全寿命周期成本控制 [J]. 铁道建筑技术, 2008 (增): 178-180.

⑨ 韩楠. 城市轨道交通战略成本管理研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2007.

⑩ 韩楠. 基于层次分析法的城市轨道交通运营成本控制研究 [J]. 城市轨道交通, 2009 (8): 65-67.

⑪ 张娟. 城市轨道交通成本构成分析 [D]. 北京: 北京交通大学, 2009.



就业岗位、钢材、水泥、机电等原料以及设备的需求,归类为促进区域经济发展一项,作为城市轨道交通的外部性来研究,^①并引用了刘绯(2000)研究日本地铁外部性问题时提到的一项有关东京地铁12号线投资的预测,该预测表明8000亿日元的项目投资(不包括土地购置费)在全国范围带来约21000亿日元(投资额的2.64倍)的经济拉动效果。

城市轨道交通最显著的一项外部性是地产物业的增值,这也是研究城市轨道交通外部性的重点领域,因为这项外部性是最可能转化为轨道交通项目内部收益的,并且在中国香港、东京等城市轨道交通项目中已经部分得以实现。陈旭(2005)在其硕士本书中通过分析城市级差地租,提出了城市轨道交通沿线土地的增值机制。许桂华、杨定华(2004)研究了日本名古屋一条市郊轨道交通沿线土地所有者、商家企业以及居民的收益情况,指出收益最大的是土地所有者。^②张从丽(2008)^③分析了中国香港地铁1992~2001年的相关数据,指出中国香港地铁土地增值收入是除票价以外最大的收入。

除了拉动区域经济和促进地产物业增值,学者关注较多的另外两点外部性分别是促进城市布局合理化和改善居民生活质量。目前,我国许多城市都存在“摊大饼式”的发展倾向,资源过分集中在城市中心,诱发大量的单向城市交通流,造成交通资源不合理利用和不必要的环境污染问题。城市轨道交通高速便捷、大运量的物理特性,能够为转变城市形态发展模式,促进城市资源更合理布局奠定交通网络基础。关于交通污染问题,虽然城市轨道交通使用的是清洁能源,但是在某些情况下会带来噪声污染,这是其自身产生的负外部性。但即使这样,由于轨道交通发展减少了居民对小汽车、出租车和公共电汽车的出行需求,由此减少的环境污染,要比轨道交通自身带来的污染大得多。

① 余卫平. 轨道交通及其外部性研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2008.

② 许桂华, 杨定华. 外部性理论的演变与发展 [J]. 社会科学, 2004 (3).

③ 张从丽. 基础设施与经济发展关系探析 [J]. 经济与管理, 2008 (6): 10-13.