

【交通运输经济与管理】

# 西安市城市轨道交通建设产生的环境效益分析

陈爱侠, 刘 珊, 关卫省

(长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710064)

**摘 要:** 为了实现轨道交通建设与城市环境协调发展, 以西安市城市快速轨道交通建设为例, 采用类比调查和数据分析的方法, 定量研究了轨道交通建设产生的生态环境效益和社会环境效益。结果表明, 城市轨道交通是高效率、低能耗、低污染以及舒适、安全、快捷的公交系统; 城市轨道交通系统的发展将明显促进西安市城市经济的快速发展和生态环境的改善, 实现城市经济效益、社会效益和环境效益三者的统一。

**关键词:** 交通运输工程; 城市轨道交通; 生态环境效益; 社会环境效益; 城市经济效益

中图分类号: F503

文献标识码: A

文章编号: 1671-6248(2007)01-0024-04

## Analysis on the environmental benefit of urban rail transit construction in Xi'an

CHEN Ai-xia, LIU Shan, GUAN Wei-sheng

(School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to analyze the environmental benefit of urban rail transit construction, this article takes Xi'an urban rapid rail transit construction as an example, and uses the analog and data calculation methods to research quantitatively the benefit of it upon the ecological and social environment. The result indicates that urban rail transit is of high efficiency, low energy consumption and low pollution, which is a comfortable, safe, and quick public transportation system. It is obvious that the development of urban rail transit system will greatly promote the development of Xi'an economy and improve its ecological environment so as to realize the coordination among urban economy benefit, the social efficiency and the ecological environment benefit.

**Key words:** traffic and transportation engineering; urban rail transit; ecological environment benefit; social efficiency; urban economy benefit

## 0 引 言

轨道交通全称为城市快速轨道交通, 是指城市中有轨的大运量的公共交通运输系统。城市轨道交通包括地铁、轻轨、市效铁路、有轨电车以及悬浮列车等多种类型。为加快城市立体化交通网络建设, 改善居民出行条件, 轨道交通受到很多大城市的青

睐。轨道交通的建设属于超大型的市政建设项目, 项目建设可产生明显的环境效益。有关专家就轨道交通对城市环境和经济的影响进行了定性分析<sup>[1]</sup>; 并就轨道交通对城市生态环境的影响进行了定性和定量分析<sup>[2]</sup>。本文以西安市快速轨道交通建设为例, 采用类比调查和数据计算的方法, 定量分析轨道交通建设产生的生态环境效益和社会环境效益。

收稿日期: 2006-12-29

基金项目: 陕西省国际科技合作计划项目(2006kw-06)

作者简介: 陈爱侠(1967), 女, 陕西富平人, 副教授, 工学博士研究生。

# 1 城市轨道交通概况

随着国民经济的快速增长, 人流、物流、信息流以前所未有的密度涌向大城市及其周边地区, 带动了城市化水平迅速提高和城市交通需求的高速增长。常规地面交通的迅速增长势必带来严重的城市环境污染问题。因此, 随着人们环保意识的提高, 城市轨道交通以其高效率、低消耗、低污染以及舒适、安全、快捷的特性逐渐成为现代化大都市的公共交通骨干系统。城市轨道交通的发展将是城市综合交通发展的主方向。

## 1.1 国外轨道交通发展概况

目前, 世界上有 43 个国家的 320 个城市拥有轨道客运交通系统, 其中拥有地铁的城市约占 5%, 同时拥有地铁与轻轨的城市约占 11%, 拥有轻轨和有轨电车的城市约占 84%<sup>[3]</sup>。世界主要城市地铁建设概况见表 1。

表 1 世界主要城市地铁建设概况

地铁名称	人口/万	诞生年	总长/km	车站/座
伦敦地铁	670	1 863	408	270
巴黎地铁	960	1 900	315	438
纽约地铁	730	1 904	443.2	504
东京地铁	2 727	1 927	230.3	217
莫斯科地铁	880	1 935	243.6	150
汉城地铁	892	1 971	250	260
香港地铁	550	1 979	43.2	38

城市轨道交通呈现出明显的经济优势, 如莫斯科、巴黎城市轨道交通运量分别占城市客运量的 55% 和 66%, 东京高达 80%。总之, 优先发展公共交通, 组成以轨道交通为主、公共交通为辅的完善的公共交通系统, 已成为世界许多国家解决城市交通问题所普遍采取的战略措施。

## 1.2 国内轨道交通发展概况

中国城市轨道交通约有 40 年的发展历史。随着社会经济的发展, 轨道交通面临巨大的运输需求。目前, 中国已经开通城市轨道交通的有北京、上海、天津、广州、长春、大连、深圳、武汉、南京等 9 个城市。截至 2005 年 2 月, 中国投入运营的城市轨道交通线路里程超过 400 km, 其中地铁线路约为 293 km。

据资料统计, 国内 40 多个百万人口以上的特大型城市已经有 30 多个城市开展了城市快速轨道的建设或建设前期工作, 约有 14 个大城市形成了城市轨道交通网规划方案, 拟规划建设 55 条线路, 长约

1 500 km, 总投资 5 000 亿元。

## 1.3 西安市城市轨道交通建设规划

目前, 西安市常住人口 807 万, 流动人口超过 105 万。2004 年西安市市区居民日出行量为 730 万人次, 公交日客运量 240 万人次。机动车保有量超过 62.0 万辆。人均道路面积为 5.12 m<sup>2</sup>, 低于《城市道路规划设计规范》中人均道路面积 6 m<sup>2</sup> ~ 13.5 m<sup>2</sup> 的下限。市中心城区道路车辆行驶速度低, 一般在 15 ~ 30 km/h, 高峰时段机动车时速只有 8 ~ 10 km/h, 路网整体运行效率低。西安市的公路交通无法满足市民日常出行要求; 机动车增长造成的交通拥堵及其对城市生态环境的影响严重制约着西安市的经济发展。因此, 在 2004 年修编的新一轮城市总体规划中, 西安市已经明确了城市轨道交通线网规划和近期建设规划。

西安市城市快速轨道交通线网规划方案由 3 条主线和 3 条辅线组成, 线路总长 251.8 km。近期建设规划(2006 ~ 2015 年)要建设 2 条总长 50.3 km 的线路, 建设 37 座车站, 总投资 179.5 亿元。2006 ~ 2011 年先期建设西安轨道交通二号线, 该工程从铁路北客站到长安韦曲, 总长为 26.4 km, 总投资为 97.8 亿元。

# 2 城市轨道交通建设产生的环境效益

尽管城市轨道交通产生的内部经济效益较低, 但轨道交通建设对城市环境产生的效益较明显, 主要体现在对城市生态环境和社会环境的改善。

## 2.1 西安市城市轨道交通建设产生的生态环境效益

### 2.1.1 节约土地资源

依据《城市快速轨道交通工程项目建设标准(试行本)》, 轨道交通占地明显小于常规地面交通占地。城市轨道交通与公路交通占地情况分析见表 2。

由表 2 可知, 轨道交通占地宽约 11 m, 城市道路一般占地宽约 40 m。根据《西安市城市轨道交通线网规划》, 西安市城市轨道交通线路的 40% 行走于地下, 60% 行走于地面, 在规划实施后可节约土地资源 4.38 ~ 8.4 km<sup>2</sup>。若不建设轨道交通而改用公路交通网承担公交运输时, 将需 1.9 ~ 3.5 倍的目前城市道路用地。

表 2 城市公共交通系统占用土地比较

类型	地下段	地面段	高架段
轨道交通	仅出入口、车辆段占用少量土地	线路宽约 12 m	占地宽约 10 m
公路交通	平均占地宽 30 ~ 50 m		

2 1 2 节约能源

铁路与其他交通系统的综合能耗比为 1 : 5. 7。铁路交通的单位能源消耗量相当于公共汽车单位能耗的 57. 8%，这样可以节约能源 42. 2%<sup>[4]</sup>。城市轨道交通由于车体轻、路况好，单位能耗低于一般铁路。按一般铁路能耗计，城市轨道交通单位能耗比公共汽车节约能耗 330 2 kJ，比私用汽车节约 2 127. 6 kJ。据此可推算，2014 年西安市轨道交通二号线承担城市公共交通客运量 1. 14 亿人次，可节约燃油 3 6 万 t，以现价计算折合人民币约 1. 87 亿元。

2 1 3 缓解城区大气环境污染

城市轨道交通系统是电力牵引，可以在城区实现大气污染物的零排放，有利于城区大气环境质量的改善。轨道交通单位能耗仅相当于城市公路交通能耗的 57. 8%，为城区轨道交通提供电力的发电站排放的大气污染物比完成同等运量的公共汽车低 72%。表 3 为西欧不同交通方式单位运量对大气环境的污染水平<sup>[5]</sup>。

表 3 西欧不同交通方式对大气环境的污染水平

主要污染物	公路	航空	高速铁路	轨道交通	轨道交通与公路 相比削减率/%
CO	1 26	0 51	0 003	0 002	99 8
NO <sub>x</sub>	0 25	0 70	0 10	0 07	72 0
HC	0 10	0 24	0 001	0 000 7	99 3
CO <sub>2</sub>	111 0	158 0	28 0	20 0	82 0
SO <sub>2</sub>	0 03	0 05	0 01	0 007	76 7

经专家研究，西安市城区机动车 CO 和 NO<sub>x</sub> 排放量占全市各污染源排放总量的比例分别为 98 9%和 72 9%(表 4)。机动车尾气污染已成为西安市大气污染的主要原因。

城市轨道交通可缓解因公路交通产生的大气环境污染。经预测，西安市轨道交通二号线建成后，可使沿线汽车污染物排放量得到很大程度的削减，其中 CO、THC 和 NO<sub>x</sub> 在营运初期削减量分别为 118 7 t/a、20 2 t/a 和 8. 3 t/a，见表 5<sup>[6]</sup>。

表 4 西安市各区域环境空气主要污染物年均浓度及机动车源污染分担率

区域名称	CO/(mg · m <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> /(mg · m <sup>-3</sup> )	CO 分担率/%	NO <sub>x</sub> 分担率/%	备注
全市	0 161	0 063	98 9	72 9	
核心区	0 911	0 107	99 4	83 1	城墙内、北郊开发区、南郊高新区
重点区	0 918	0 117	99 2	78 6	二环路以内区域

表 5 西安市轨道交通二号线建设可减少汽车尾气污染物排放量估算

污染物	2014 年(初期)	2021 年(近期)	2036 年(远期)
CO	118 7	285 7	434 2
THC	20 2	48 6	73 8
NO <sub>x</sub>	8 3	20 1	30 5

2 1 4 降低噪音污染

由于轨道交通的特点(市中心区在地下、运行速度适中、车流密度低、昼间运行、夜间停运等)，该系统的运行噪声(LAeq)比公路交通干道噪声低 5 ~ 10 dB<sup>[7]</sup>。城市轨道交通的高架区段通过噪声敏感区时一般均设声屏障。因此，轨道交通对城区声环境的影响明显低于公路干道交通。在不考虑交通量增长的情况下，由于西安市轨道交通二号线吸引地面交通，将使道路交通噪声贡献量减少 1 dB(营运初期)~3 dB(营运近期)。

2 1 5 减少水土流失、补给城市地下水资源

城市轨道交通地面段路基具有良好的渗水性。轨道交通建设节约的大片土地(4 38 km<sup>2</sup>)可用于规划建设轨道交通系统两侧的绿色走廊，既美化了环境，改善了城区气候和空气质量，同时涵养了地下水。若按西安市常年平均降水量的 1/3 补给地下水，则西安市城区每年将有 8. 08×10<sup>5</sup> m<sup>3</sup> 降水免于水土流失而补给地下水。这对于西安市城区来说是一笔不少的水资源。而公路的硬表面无渗透性，降水几乎全部形成了地表径流而造成水资源的流失。从这个意义上分析，没有渗透性的硬化地面已成为另一种意义上的“荒漠”化，而轨道交通系统则较好地解决了这个问题。

2 1 6 缓解城区热污染

汽车尾气散热和排放的 CO<sub>2</sub> 以及公路硬表面吸热是造成城市热污染、产生城市热岛效应的主要原因。

不同交通工具单位运量排放的 CO<sub>2</sub> 系数不同。当铁路的 CO<sub>2</sub> 排放系数为 100 时，公共汽车为 268，小汽车为 834<sup>[8]</sup>。且城市轨道交通承担的 CO<sub>2</sub> 排放到远离城区的电站所在地。

2014 年，西安市因轨道交通二号线分流城市公客运量而节约燃料油减少城区温室效应气体 CO<sub>2</sub> 约 2 7 万 t(吨油 CO<sub>2</sub> 排放系数为 0. 75)<sup>[9]</sup>。据世界银行估算，每吨 CO<sub>2</sub> 造成的温室效应带来的损失为 20 美元<sup>[10]</sup>。到 2014 年，可减少温室效应损失 54 万美元，折合人民币约 448 万元。

## 2.2 西安市城市轨道交通建设产生的社会环境效益

### 2.2.1 缓解城市交通压力

地铁的运输量单向每小时可运送4万人次~6万人次,轻轨可运送2万人次~3万人次。而公共汽车的客运量每小时最多达到1万人次。对大城市而言,客运量特别大的地区,常规的公共交通已远远不能满足要求,如果无限制地增加车辆,将使原本就拥挤不堪的城市交通变得更加拥堵。中国大城市道路交通拥堵的根本原因之一就是道路资源的低效率分配以及市区道路网的结构性缺陷所造成的。

### 2.2.2 具有较高的安全性能

据报导,每年全国交通事故死亡人数为10万,轨道交通死亡率是其他公共交通的1/2000,轨道交通受伤率是其他公共交通的1/800。城市轨道交通因其部分行走于地下,部分高架,地面部分也采取了有效的安全防护措施。因此,它的安全性能更高。

### 2.2.3 形成轨道经济

城市轨道调整了城市结构,带动了沿线地区的经济发展,形成了“轨道经济”<sup>[11]</sup>,其效益往往体现在建设项目之外。首先,轨道交通缩短了顾客与沿线商家的距离,加速了商业中心的转移,使城市购物人流互相穿梭,旧城区的商业重心地位持续巩固,新城区的商业发展日新月异。其次,地面轨道交通所经过的某些路段给各相关行业创造了无限商机。交通上的便利,会带动沿线地区经济的腾飞与发展,城郊地区将随着轨道的建成,城市化进程将加速,可能发展成为新的工作和生活区域。

### 2.2.4 轨道交通对GDP的贡献

国内外资料显示,在轨道交通上投入1美元,GDP将增加10美元。北京、上海和广州的经济发展证明轨道交通投入1元带动GDP增长8~12元。通过类比铁路建设资料,轨道交通建设对本地GDP最保守的直接贡献率为2.63,即每投资1亿元,可产生2.63亿元的GDP,同时可提供8466个就业岗位,综合贡献率达6.2倍<sup>[12]</sup>。

西安市轨道交通二号线总投资105亿元。依此估算,该工程建设可产生276.15亿元的GDP,提供88.9万个就业岗位,这对扩大内需,直接拉动城市经济增长起着重要作用。

### 2.2.5 轨道交通产生的时间节约效率

城市轨道交通系统快速、高效、准时,可以大大节约人们的出行时间。根据西安市居民乘坐公交车出行平均距离5 km计算,单程出行可节约16 min的旅行时间。若设定乘坐地铁的乘客50%为上班

族,以232个有效工作日计算,则2014年西安市居民因乘坐轨道交通而节约的有效工时为0.19亿h,按人时效益7.5元计,西安市上班族因乘坐地铁节约出行时间而产生的年经济效益约为1.43亿元。

## 3 结语

轨道交通安全、正点、舒适、快捷、大容量、低污染,是理想的绿色交通工具,是实现城市可持续发展战略的必然选择。而且轨道交通可以改善城市目前的交通状况,并与现有的城市交通构成城市交通网络,对促进城市建设和推动西安市的经济发展具有重大的意义。然而,西安市城市轨道交通线网的建设,不可避免地对城市环境产生一定的负面影响,譬如轨道交通地下段对文物古迹的振动影响,轨道交通的高架段对城市景观的影响。因此,应对西安市城市轨道交通线网规划科学地进行环境影响评价工作,将环境不利影响降低到最小。

### 参考文献:

- [1] 许仪. 浅谈轨道交通对城市环境和经济的影响[J]. 城市公共交通, 2004, 17(4): 19-21.
- [2] 陈佐. 城市轨道交通对生态环境的影响[J]. 中国铁道科学, 2001, 22(3): 126-131.
- [3] 陈伟东, 徐路江, 许宏. 浅谈城市轨道交通对城市发展的作用[J]. 黑龙江交通科技, 2001, 32(11): 61-67.
- [4] Shinichiro Kanata, Toshiki Saito. 东日本铁路公司的环保措施[J]. 郑陵, 译. 中国铁路, 1998, 8(6): 46-49.
- [5] 西欧四国高速铁路考察团. 西欧四国高速铁路考察报告[J]. 中国铁路, 1998, 8(6): 38-46.
- [6] 陈爱侠, 陈莹. 西安城市快速轨道交通二号线环境影响评价报告[R]. 西安: 长安大学, 2006.
- [7] Chua D K H. Performance of urban rail transit system: Vibration and noise study[J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, 1997, 11(2): 67-75.
- [8] 刘昶, 徐谓芳, 王书惠, 等. 上海市交通与机动车排气污染调查[J]. 上海环境科学, 1999, 18(2): 54-57.
- [9] 陈长虹, 鲍仙华. 全球能源消耗与CO<sub>2</sub>排放量[J]. 上海环境科学, 1999, 18(2): 62-64.
- [10] 曹志平. 全球温室气体排放概况[J]. 生态杂志, 1998, 15(1): 2-4.
- [11] Siraut J. Economic and regeneration impacts of Croydon Tramlink[M]. London: London Transport Press, 2004.
- [12] 沈晓阳. 浅谈轨道交通建设对城市经济发展的促进作用[J]. 都市快轨交通, 2003, 16(1): 2-4.