

快速公交行车系统方案决策研究

孙传姣¹ 王元庆¹ 周伟^{1,2} 宫俊涛³

1. 长安大学, 公路学院, 西安 710064

2. 交通部科学研究院, 北京 100029

3. 西安交通大学, 管理学院, 西安 710049

摘要: 国内外的许多研究者都对快速公交的发展战略、规划等方面进行了研究,但是,涉及到快速公交方案研究的较少。本文首先提出三种典型的快速公交行车系统方案:中央专用道车辆左侧开门、中央专用道车辆右侧开门、边侧专用道车辆右开门。总结三种方案的特点,并对比分析了它们各自的优劣势。在此基础上,结合西安的具体情况,利用层次分析方法,综合考虑经济、社会、环境和技术条件等方面的因素,给出在西安实施快速公交的推荐方案为中央专用道的两个方案均可,为快速公交行车系统的决策提供方便。

关键词: 城市交通;快速公交行车系统;层次分析法

中图分类号:U492.4'32

文章编号:A

文章编号:1672-4747(2007)02-0044-08

Choice Analysis on Bus Rapid Transit Systems

SUN Chuan-jiao¹ WANG Yuan-qing¹ ZHOU Wei^{1,2} GONG Jun-tao³

1. Highway College, Chang'an University, Xi'an 710064, China

2. China Academy of Transportation Sciences,

Ministry of Communications, Beijing 100029, China

3. School of management, Xi'an Jiaotong University,
Xi'an 710049, China

Abstract: Current foreign and domestic researches about BRT focused on the development strategy, planning and so on. There were few researches about BRT scheme choice. In this paper three representative alternatives of BRT system are given, which are BRT bus with left door in central lane, with right door in central lane and with right door in side lane. Every scheme's advantages and disadvantages were analyzed qualitatively. Combined with Xi'an BRT case, AHP method is introduced. Four aspects, including economy, society, environment and technique, were considered. The research will benefit the decision for

收稿日期:2006-07-10.

作者简介:孙传姣(1980-),女(汉族),山东烟台人,长安大学公路学院博士研究生;研究方向:交通规划。

BRT system choice.

Key words : Urban traffic , BRT , AHP

0 引言

快速公交系统 (Bus Rapid Transit) 是利用改良型的公交车辆,运营在公共交通专用道路空间上,保持轨道交通特性且具备普通公交灵活性的一种便利、快速的公共交通方式。1937 年美国的 Harrington 等率先提出了快速公交的理念^[1]。按照快速公交理念,1974 年巴西库里蒂巴市建成了第一条快速公交线,发挥了运量大、运输速度快、经济、环保等优点。许多国家和地区的城市都修建了快速公交系统如纽约、迈阿密、波哥大、渥太华、台北等。自 2004 年底第一条快速公交线路在北京试运营以来,快速公交系统在我国发展势头惊人。杭州市快速公交一号线在 2006 年 4 月建成通车;昆明市近期将形成 33 公里的快速公交网络;济南市将在 5 年内形成 90 公里的快速公交系统网络。此外,上海、天津、重庆、西安等 20 个城市正在开展快速公交建设的前期工作。国内外的许多研究者都对快速公交的发展战略、规划、运营等方面进行了相关研究^{[2]-[7]}。

但现有的研究中涉及到快速公交方案的较少,本

文将针对快速公交系统的方案进行研究。通过三种具有代表性的快速公交方案,即中央专用道车辆左侧开门、中央专用道车辆右侧开门、边侧专用道车辆右开门的比较,结合实例利用层次分析法将三种方案进行量化,给出推荐方案,供决策参考。

1 快速公交行车系统方案研究

快速公交系统的组成部分主要有:公交专用道、车站与枢纽、公交车辆、收费系统、智能交通系统等。不同部分的不同设计方案组合将形成了不同的快速公交系统方案,因此,快速公交系统是很灵活的系统,可以根据城市的不同情况选用不同的方案,本文选取了三种比较有代表性的方案进行研究。

1.1 方案一 中央专用道车辆左侧开门

(1) 方案描述

快速公交专用道为中央专用道,与相邻车道物理隔离。公交车辆为左侧开门,车站为中央封闭站台;车站处采用人行天桥;车站路段有超车车道。方案的示意图如图 1。

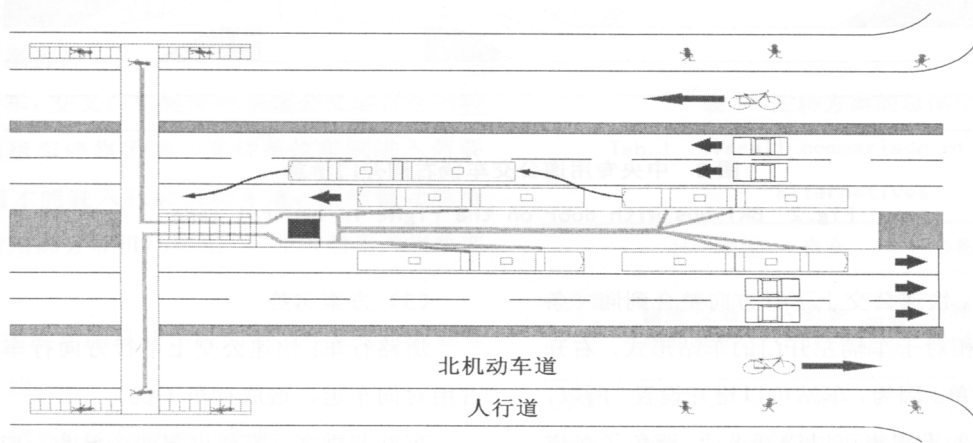


图 1 中央专用道公交车辆左侧开门示意

Fig.1 BRT bus with door on the left in central lane

(2) 方案优势

道路行车:快速公交专用道上下行车道采用物理

隔离,保证了快速公交之间上下行方向没有干扰。快速公交专用道和其他机动车道有物理隔离,相邻车道

行车互不干扰，快速公交运营速度有保证。

车站：车站整合了快速公交上下行两个方向，便于满足乘客异向换乘的需求，车站设计只需选择一次布设位置。

广告效应：由于公交车辆中央左侧开门，与传统公交差距最大，能够引起市民的关注，本身就带有极大的广告效应。

(3) 方案劣势

道路设置：车站路段处设置了超车道，所以，车站路段横断面处需拓宽两个超车道宽，再加上整合了快速公交上下行的中央宽站台，整个断面相当的宽。若在城市中心快速公交采用中央左侧开门，对道路断面宽度要求比较高，往往有较大的拆迁。

过街行人和乘客：过街行人和公交乘客共享天桥，当行人骑自行车者或者携带行李时，将对乘客和行人造成不便。公交乘客需要走天桥，增加了乘客出行距离。公交车辆左侧开门，不符合人们的传统习惯，需要适应过程。特别由于常规公交的存在，传统习惯不容易改，容易导致乘客特别是非本地居民乘客对公

交车运营方向的误判。

过街天桥：过街天桥的设置可以使过街行人、乘客和车流实现空间分离。但难免一小部分过街行人为图省事不走天桥而仍然直接过街，容易造成交通事故。天桥和中央人行梯的设置占用了很大的道路净空，同时也增加了系统成本。

景观：因为设有车站和超车道，道路中央占用较大空间，人行天桥与人行梯可能会破坏道路景观。

公交运营：需要整合原有的普通公交的线路，对公交运营的调整比较大。

1.2 方案二 中央专用道车辆右侧开门

(1) 方案描述

快速公交专用道为中央专用道，与相邻车道采用物理隔离。公交车辆采用右侧开门形式。公交车站为半封闭站台；车站路段有超车车道。方案的示意图如图2。

道路行车：快速公交专用道与相邻车道全线物理隔离，社会机动车和公交车运行互不干扰，同时不会干扰非机动车。

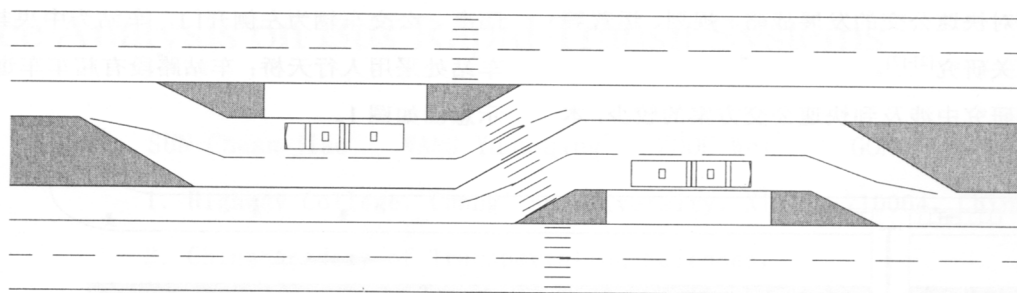


图2 中央专用道公交车辆右侧开门示意

Fig.2 BRT bus with door on the right in central lane

道路和车站：快速公交上下行方向整合到同一条路，利于修建。相对于车辆左开门的车站形式，右开门的车站设计简单。因为，车站可以错开设置，所以，车站路段超车道的设置也可以错开设计，避免了对道路横断面的拓宽。

(2) 方案优势

乘客：乘客过街不需要穿越专用道，公交车右侧开门，符合人们的传统习惯。

(3) 方案劣势

道路行车：快速公交上下行方向行车可能会相互占用对向车道，造成行车干扰。

车站与乘客：需要设置两个站点，成本较大，乘客异向换乘困难。

天桥：如果不同方向的两个站点相距较远，那很难同时利用一个天桥。如果设置两个天桥，将多占用道路净空，增加大量的系统成本。

景观 :由于中央右侧车站和沿线车站路段超车车道设置,可能会影响道路景观。

1.3 方案三边侧专用道车辆右侧开门

(1) 方案描述

快速公交专用道为边侧专用道,与相邻车道采用

物理隔离。公交车辆采用右侧开门形式。公交车站为半封闭站台,港湾式车站。方案的示意图如图 3。

(2) 方案优势

道路 :道路断面变动较小,公交专用道可以利用边侧慢车道,较容易修建。同时可以利用现有的绿带

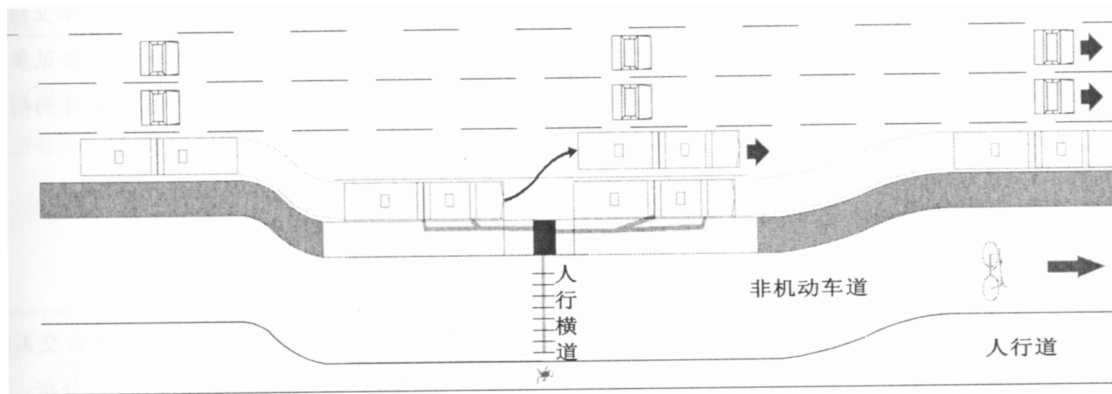


图 3 边侧专用道公交车辆右侧开门示意

Fig.3 BRT Bus with door on the right in side lane

设计车站,不需要再专门建设专用道与非机动车道的隔离带。

车站 :车站可以与原来的一些常规公交车站整合,设置较为简单,且容易设置成港湾形式车站。

乘客 :因为该方案完全和常规公交比较相近,乘客不必接受新的乘车规则。

(3) 方案劣势

道路行车 :交叉口右转车对快速公交运行影响较大。沿线出租车停靠困难,有些单位车辆进入需要穿越专用道才能驶入社会机动车道。车站设计成港湾式需要占用部分非机动车道,对非机动车产生负面影响。

车站 :如果车站设计比较简单,容易受行人或非机动车的干扰。

乘客 :乘客难于实现异向换乘。

市民反应 :由于该方案和传统的常规公交差异最小,引起市民反应也最小。如果快速公交服务水平较低时,市民可能会认为快速公交和常规公交没有什么区别。

1.4 方案比较

总体来说,提出的三个方案各自有优缺点,为了更好的说明这个方案的情况,本文选择了技术难度、资金、社会影响、环境影响四个方面九个指标来衡量三个方案的优劣。表 1 对三个方案进行了总体的比较。

表 1 三种方案的总体比较

Tab.1 Overall comparison of the three alternatives

方案	技术难度		资金		社会影响		环境影响	
	修建难度	交通影响	车站设计	资金投入	市民满意度	品牌效应	与传统公交的差异	绿化景观影响
方案一	大	大	大	高	大	大	大	较大
方案二	较大	大	较大	较高	较大	较大	较大	大
方案三	小	较大	小	一般	一般	小	小	一般

为了让方案的比较更具说服力,表 2 总结了世界各地主要城市实施 BRT 所采用的方案情况。

表2 世界一些主要城市 BRT 方案的选择

Tab.2 BRT scheme choice in the major cities of the world

城市 (主要线路)	中央左侧 开门	中央右侧 开门	边侧右侧 开门
波哥大			
库里蒂巴			
洛杉矶			
纽约			
雅加达			
台北			
北京			
杭州			
济南			
昆明			

从表2可以看出,实施快速公交的城市的方案并没有十分集中的情况,不是某个方案具有绝对的优势。每个城市在实施的时候都是根据自己的实际情况进行分析研究后采用的不同方案。

这三种方案尽管只是快速公交的技术方案,但是,由于快速公交要改变人们的乘车习惯,要对道路景观造成一定的影响,要整合原有的线路,需要涉及的利益方有普通乘客、公交运营单位以及政府决策部门如交通局、交通委员会等,需要综合考虑各个方面的利益,是一个较为复杂的社会问题,并非一个单纯的技术方案,本文采用层次分析法综合考虑各方面的因素,对方案进行评定。

2 层次分析法 (AHP)

层次分析法是美国运筹学家 Saaty 教授于二十世纪 80 年代提出的一种实用的多方案或多目标的决策方法。其主要特征是,它合理地将定性与定量的决策结合起来,按照思维、心理的规律把决策过程层次化、数量化。该方法自 1982 年被介绍到我国以来,以其定性定量相结合地处理各种决策因素的特点,以及其系统灵活简洁的优点,迅速地在我国社会经济各个领域内,如能源系统分析、城市规划、经济管理、科研评价等,得到了广泛的重视和应用。

运用 AHP 法进行决策时,需要经历以下 4 个步骤:

- (1) 建立系统的递阶层次结构;
- (2) 构造两两比较判断矩阵(正互反矩阵);
- (3) 针对某一个标准,计算各备选元素的权重;
- (4) 计算当前一层元素关于总目标的排序权重;
- (5) 进行一致性检验。

由于层次分析法的应用非常广泛,本文对于它的具体步骤不具体说明,详细的步骤可参见参考文献 [8]-[11],在下面的实例中,将结合具体的例子,将其过程详细解释。

3 应用实例

本文采用以西安市东西五路快速公交系统技术选择为实例,应用 AHP 方法进行决策分析。对于技术难度、资金、社会影响和环境影响四个层次,得到准则层的权重表如表 3 所示。

表3 准则层判断矩阵和权重值

Tab.3 Judgment matrix and the weights for the criteria level

	技术 难度	资金	社会 影响	环境 影响	权重值	CR
技术难度	1	3	1/3	1/3	0.168	0.0572<0.1
资金	1/3	1	1/3	1/3	0.096	
社会影响	3	3	1	1	0.368	
环境影响	3	3	1	1	0.368	

对于每个子准则层的权重也进行了分析和判断结果如表 4~表 6 所示。

表4 技术难度子准则层的判断矩阵和权重值

Tab.4 Judgment matrix and the weights for the technology difficulty sub-criteria level

技术难度	修建 难度	交通 影响	车站 设计	权重值	CR
修建难度	1	1	3	0.429	0.000<0.1
交通影响	1	1	3	0.429	
车站设计	1/3	1/3	1	0.142	

表 5 社会影响子准则层的判断矩阵和权重值

Tab.5 Judgment matrix and the weights for the social effect sub-criteria level

社会影响	满意程度	品牌效应	与传统差异	权重值	CR
满意程度	1	1	5	0.482	
品牌效应	1	1	3	0.404	0.025<0.1
与传统的差异	1/5	1/3	1	0.114	

表 6 环境影响子准则层的判断矩阵和权重值

Tab.6 Judgment matrix and the weights for the environment effect sub-criteria level

环境影响	绿化影响	景观影响	权重值	CR
绿化影响	1	1	0.5	0.000<0.1
景观影响	1	1	0.5	

方案层对于子准则层的权重, 主要根据西安市的具体经济社会发展情况和表 1 的三个方案比较情况

进行判定。三个方案的判断矩阵和权重值如表(7~9)所示。

表 7 方案一的判断矩阵和权重值

Tab.7 Judgment matrix and the weights for scheme 1

方案 1	技术难度			资金	社会影响			环境影响		权重	
	修建难度	交通影响	车站设计	资金投入	满意程度	品牌效应	差异	绿化影响	景观影响		
技术难度	修建难度	1	1	1	1/3	1/3	1/3	3	1/3	1/3	0.068
	交通影响	1	1	1/3	1/5	1	1/3	3	1	1	0.082
	车站设计	1	3	1	1/5	1	1	1/5	1/3	1/3	0.068
资 金	资金投入	3	5	5	1	3	1	1	3	3	0.220
	满意程度	3	1	1	1/3	1	3	1	3	3	0.144
社会影响	品牌效应	3	3	1	1	1/3	1	1	1/3	1/3	0.095
	差 异	1/3	1/3	5	1	1	1	1	1	1	0.105
环境影响	绿化影响	3	1	3	1/3	1/3	3	1	1	1	0.109
	景观影响	3	1	3	1/3	1/3	3	1	1	1	0.109

表 8 方案二的判断矩阵和权重值

Tab.8 Judgment matrix and the weights for scheme 2

方案 2	技术难度			资金	社会影响			环境影响		权重	
	修建难度	交通影响	车站设计	资金投入	满意程度	品牌效应	差异	绿化影响	景观影响		
技术难度	修建难度	1	1/3	1/3	1/3	1/2	3	1/3	1/5	1	0.059
	交通影响	3	1	1/3	1/3	1/3	2	1/3	1/3	3	0.080
	车站设计	3	3	1	1/5	1/3	3	3	1/3	1/3	0.105
资 金	资金投入	3	3	5	1	1	3	3	3	3	0.213
	满意程度	2	3	3	1	1	1	1	3	3	0.161
社会影响	品牌效应	1/3	1/2	1/3	1/3	1	1	3	2	2	0.093
	差 异	3	3	1/3	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	0.075
环境影响	绿化影响	5	3	3	1/3	1/3	1/2	3	1	1	0.127
	景观影响	1	1/3	3	1/3	1/3	1/2	3	1	1	0.087

表9 方案三的判断矩阵和权重值

Tab.9 Judgment matrix and the weights for scheme 3

方案3		技术难度			资金	社会影响			环境影响		权重
		修建难度	交通影响	车站设计	资金投入	满意程度	品牌效应	差异	绿化影响	景观影响	
技术难度	修建难度	1	1	1	1	1/3	3	1	1	1	0.112
	交通影响	1	1	1	1	2	3	2	1	1	0.138
	车站设计	1	1	1	3	1	1	1	1	1	0.125
资金	资金投入	1	1	1/3	1	3	1	1	1	1	0.116
	满意程度	3	1/2	1	1/3	1	1	1	1	1	0.110
社会影响	品牌效应	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	0.085
	差异	1	1/2	1	1	1	1	1	1/3	1/3	0.078
环境影响	绿化影响	1	1	1	1	1	1	3	1	1	0.118
	景观影响	1	1	1	1	1	1	3	1	1	0.118

最后，将层间的权重相乘，得到三个方案的权重值分别为 0.1177，0.1178，0.1109，对此进行归一化处理，得到最后的权重值为 0.339781、0.340069、0.32015 如图 4 所示。

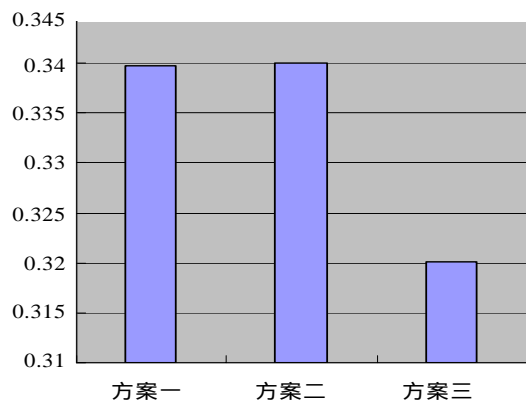


图4 方案权重值

Fig.4 Priority of the schemes

对于西安市而言，因为明城墙的存在，大力发展城市公共交通对于中心城区交通容量受限制的西安是一项十分有力的措施。西安市已经开始在南北轴线上修建地铁 2 号线，这对于缓解南北方向的交通压力将起到重要作用。对于东西方向的交通压力，由于短期内是不可能修建地铁的，必须采用更好的交通方式来缓解。对于方案三边侧专用道公交车辆右开门的快速公交系统，现在西安市也存在这样的一部分公交专

用道形式，但是，由于受到行人、自行车流的干扰，实施效果并不明显。如果是封闭的专用道将存在对社会车辆的路边停靠造成极大的困难等一系列问题。这种方案对于提升公交运营品质并不能有明显的效果。而方案一中央专用道车辆左开门和方案二中央专用道车辆右开门，能避免上面的问题，同时将给城市交通带来新面貌。对西安这个旅游城市，将有助于提高西安的城市形象，又不会给财政带来很大的困难。因此，选择分析的结果是方案一和方案二。最终结果相差不大，都属于推荐方案，具体的实施方案则需要进一步进行经济分析。

4 结束语

快速公交系统的方案选择是一个需要考虑多方面因素的问题，涉及到乘客、公交公司、政府有关交通主管部门，需要协调各个方面的利益。对于不同的方案选择需要考虑多方面的因素，分析其利弊，找出适合各个城市发展的方案。本文给出了快速公交系统的三种方案，对每种方案的优劣进行了分析总结，在参考国际上各大城市的实施方案后，并不能给出最优方案。采用的层次分析法（AHP）对快速公交系统的方案进行量化分析，结合西安的实例对快速公交实施方案进行了分析，给出了推荐方案选择并阐明理由。

下转第 88 页

表1 提前分区数 N 与 I_d 的关系

Tab.1 Relation of N and I_d

未提前减速车站 到达间隔 $I_{d1}/(s)$	提前分区数 N	区间间隔时间 $I_q/(s)$	提前减速后车站 到达间隔 $I_{d2}/(s)$	发车间隔 I_f
182	1	89	171	142
182	2	—	区间运行速度小于限制速度, 退出计算	142

5 结 论

由以上分析及数据可以得出以下结论:

(1) 通过提前减速, 能够缩短到站间隔时间, 在

一定程度上能增加线路通过能力。

(2) 从计算思路可以看出, 提前减速的思想适用于其他存在分区概念的列控方式。

参考文献

- [1] 胡思继. 铁路行车组织[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [2] 石先明. 对我国客运专线列车追踪间隔时分的研究[J]. 中国铁路, 2005, (5).
- [3] 张济民, 吴汉麒. 准移动闭塞列车安全间隔时间的计算[J]. 铁道学报, 1997, (3).
- [4] 刘 澜, 殷 原. 列车速度-间隔控制计算及列车群追踪行车模拟报告(初稿)[R]. 西南交通大学, 2005. (11).
- [5] 新建高速客运专线设计暂行规定[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.

上接第50页

参考文献

- [1] Harrington P., Kelker R. F., Deleuw C. E. A comprehensive local transportation plan for the city of Chicago [R]. Chicago Metropolitan Planning Organization, 1937.
- [2] Fjellstrom Karl. Integrated transit, walking and cycling [R]. Institute for Transportation and Development Policy, GZT. 2004.
- [3] Levinson Herbert S., Zimmerman Samuel, et al. Bus rapid transit: An overview [J]. Journal of Public Transportation. 2002, 5 (2): 1-30.
- [4] Diaz R.B. et al, Bus rapid transit technology in the American [J]. Washington, DC: TR Record 1731, 2003, 3-9.
- [5] 何 磊. 快速公共交通引导城市走健康之路[J]. 城市规划, 2002, (3): 2-4.
- [6] 徐康明, 刘丽亚. 中国快速公交系统的发展战略[J]. 城市交通, 2003, (1): 1-3.
- [7] 杨 敏, 陈学武, 王 炜. 我国发展巴士快速公交系统(BRT)问题初探[J]. 现代城市研究, 2003, (6): 41-44
- [8] 宋 炜, 蒋葛夫, 张 锦. 用层次分析法对快速公交系统建设进行综合决策[J]. 城市公共交通, 2005, (4): 12-14
- [9] 张慧颖. 用层次分析法对交通决策进行综合评价[J]. 交通标准化, 2004, (129): 49-50.
- [10] 裴玉龙, 徐大伟. AHP法在公交企业运营评价中的应用[J]. 辽宁交通科技, 2003, (5): 45-46.
- [11] Saaty T. L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary [J]. European Journal of Operational Research, 2003 (145): 85-91.
- [12] 陈宽民, 王建军, 殷建军. 西安市公共交通现状分析及战略规划[J]. 长安大学学报, 2002, 22(6): 69-74.
- [13] 赵建有, 俞礼军. 城市交通可持续发展状态量化评价方法[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2004, 24(4): 63-66.