

Systems Science and Transportation Development

Proceeding of the 7th Advanced Forum
on Transportation of China



系统科学与交通发展 第七届中国交通高层论坛论文集

彭宏勤 杨淑娟 杨玲玲 主编



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

Systems Science and Transportation Development

—Proceedings of the 7th Advanced Forum on Transportation of China

系统科学与交通发展

——第七届中国交通高层论坛论文集

彭宏勤 杨淑娟 杨玲玲 主编

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本论文集共收录了 24 篇优秀中文论文,从内容上主要有以下几个部分:综合交通运输规划理论与方法;区域交通组织一体化方法;交通智能化服务关键技术;交通仿真及其评估技术;交通智能控制关键技术;交通信息集成关键技术;交通运输节能方法与实施策略;交通系统运行的环境保护策略等。

论文作者都是交通管理部门、高校、研究机构和产业界的专家、学者。本论文集以中国综合交通的发展及当前国内外交通发展的难点、热点问题为对象,对加强综合交通系统理论与实践与我国交通理论建设进行研讨,具有较高的理论和学术水平,对实际工作有积极的指导意义。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

系统科学与交通发展:第七届中国交通高层论坛论文集/彭宏勤,杨淑娟,杨玲玲主编.
—北京:北京交通大学出版社,2011.12

ISBN 978-7-5121-0871-4

I. ①系… II. ①彭… ②杨… ③杨… III. ①交通运输—文集 IV. ①U-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第001893号

策划编辑:陈跃琴 贾慧娟

责任编辑:陈跃琴

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街44号

邮编:100044

印刷者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:203×280 印张:10.5 字数:302千字

版 次:2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-0871-4/U·87

印 数:1~500册 定价:48.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043,51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

“十一五”以来，我国交通运输事业取得了举世瞩目的辉煌成绩，综合交通运输体系的结构功能进一步完善，基础设施、运输装备和技术水平不断提升，综合运输服务能力、质量和效率显著提高，运输安全及应急保障能力不断增强，运输管理体制的改革取得了重大进展，运输节能和环保工作也迈上了一个新的台阶。在此背景下，构建综合交通运输体系已经成为各界共识，如何实现综合交通运输体系科学协调发展也是社会各界关注的焦点。为此，北京交通大学和中国系统工程学会联合发起并组织了交通高层论坛。旨在为政府、高校、研究机构和产业各界专家和研究人士提供交流的平台，为我国综合交通运输体系的建设与完善出谋划策。自 2005 年第一届中国交通高层论坛成功举办以来，论坛已经就中国交通运输的可持续发展、创建新交通、交通与能源环境和经济、奥运交通与奥运后交通、金融危机下的综合交通体系建设、中国未来综合交通发展的建设与发展等问题进行探讨，对推动中国综合交通运输体系建设的理论探索和发展起到了重要的作用。

2011 年 10 月 22 日，第七届中国交通高层论坛在北京交通大学召开。论坛集中讨论“系统科学与交通发展”，涉及综合交通规划理论与方法、智能交通技术进展及应用、交通运输节能方法与实施策略、绿色物流等专题。论坛邀请的中国航天科技集团 701 所原所长于景元教授、南车株洲电力机车有限公司刘友梅院士、德国环境政策基础设施和基本政策司 Veit Steinle 司长、中国人民大学信息学院陈禹教授、住建部中国城市规划设计研究院学术顾问邹德慈院士、北京交通发展研究中心郭继孚主任、国家发展和改革委员会基础产业司黄民司长等专家做了精彩纷呈的主题发言。同时，与会学者就各专题进行分组讨论，交流了最新的研究成果。

为了搭建更为广泛的交流平台、更好地推进科研成果的传播，论坛从 2009 年开始鼓励和吸引广大学者和科研人员参与会议并征集学术论文。征文活动得到了积极的响应。本届论坛组委会共收到 120 余篇投稿，经严格审查，最终录用 74 篇，分为中文和英文两个论文集出版。本论文集共收录了 24 篇优秀中文论文，涉及综合交通、铁道运输、航空运输、城市交通、交通规划、交通安全等领域。论文作者来自国家发展和改革委员会综合运输研究所、交通运输部公路科学研究院、铁道部运输局、北京市市政工程设计研究总院、北京交通发展研究中心、南京大学通信技术研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、江苏省高速公路经营管理中心、朔黄铁路发展有限责任公司、四通智能交通系统集成有限公司、中国科学院研究生院、中国民航飞行学院、上海财经大学、广东工业大学、兰州交通大学与北京交通大学等高校、科研与产业研究单位。

本论文集以系统科学思想和交通运输体系建设为对象，分析了社会经济系统与交通系统的复杂性及轨道交通系统安全技术问题，探讨了可持续发展交通政策下的货运和物流行动计划，研究了小汽车与城市的发展关系，以及北京交通发展历程和交通政策的实施效果，同时也阐述了“十二五”综合交通规划的目标与任务。论文集从加强综合交通运输系统理论的探索，完善交通运输系统化管理体系，构建生态交通、绿色物流，并制定相关制度加以保障等角度展开研究。

论坛的召开和文集的出版离不开广大专家学者的热情参与和大力支持，组委会谨致以诚挚谢意。孙会君博士、贾斌博士、陈绍宽博士、冯雪松博士、丁勇博士、徐猛博士参与了论文评审工作，杜鹏、刘海东、刘智丽、徐彬、王保山、刘爽、柏赟等老师为会议组织提供了鼎力帮助；《交通运输系统工程与信息》编辑部傅立谚、杨淑娟、杨玲玲、郭薇、马爱莲等为论文编辑付出了辛勤劳动；交通运输学院张含笑、曹亚康、崔书娟、代好、王亚洁、赵欣苗、毛迪安等同学参与了论文集的排版与校对工作。北京交通大学出版社贾慧娟等老师对论文集出版提供了具体、细致的指导。由于时间紧迫，论文集的策划和编校难免有疏漏之处，望读者给予谅解并指正。

第七届中国交通高层论坛组委会
北京交通大学中国综合交通研究中心
2011年10月

主办单位

北京交通大学

中国系统工程学会

协办单位

英国工程技术学会

北京交通发展研究中心

中国交通运输协会

美国能源基金会

中国城市科学研究会

中国铁道学会

香港交通运输研究会

中国公路学会

中国航空运输协会

国家自然科学基金委员会管理科学部

支持单位

中国交通运输部

中国国家发展和改革委员会基础产业司

中国科技部高新技术发展及产业化司

德国交通建设与城市发展部

论坛组织机构

论坛主席

周干峙 刘友梅 邹德慈 简水生 施仲衡

论坛执行主席

宁 滨

程序委员会(按拼音排序, 下同)

主 席: 石定寰

副主席: 邓寿鹏 刘小明 沙洪江 吴 强 周 伟

学术委员会

主 席: 黄 民 王庆云

副主席: 高自友 李学伟 全永燊 汪寿阳 于景元

委 员:

陈 禹	段里仁	方 然	关 伟	关积珍	郭继孚	郭小碚
胡华清	胡书凯	黄海军	焦桐善	兰 荣	李夏苗	李文权
李引珍	李作敏	林兴强	林仲洪	陆化普	马 林	牛惠民
荣朝和	王建伟	王江燕	王 炜	王兆荣	武 平	吴 晓
吴海燕	肖 星	徐亚华	叶 剑	袁保宗	张 宁	邹 难

组织委员会

主 席: 关忠良 孙守光

执行主席: 张国伍

副 主 席:

蔡伯根	陈后金	龚慧明	姜久春	李建勇	刘 军	刘延平
孙全欣	徐宇工	张顶立				

秘 书 长: 毛保华

副秘书长:

邓新华	贾顺平	雷 黎	马 聪	彭宏勤	叶 龙	张立伟
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

目 录

多层次交通仿真评价指标体系研究	赵慧 (1)
城市综合交通运输规划&管理之分析&构想	张嘉敏, 刘军 (9)
基于推拉效应的经济发展与不同运输方式的协调性分析	黄海军, 周志龙, 贾顺平 (15)
基于情景分析法的资源型城市货运需求预测	朱锦 (24)
接驳地铁的公交线路服务水平分析与线路优化设计	何力, 栗然, 李欢, 郑雪峰, 陈绍宽 (28)
综合交通枢纽换乘衔接评价及多目标优化方案研究	冷妍, 寇春歌, 李晴, 梁妍娇, 徐子川 (35)
巴黎轨道交通枢纽规划设计的经验和启示	刘东, 杨爱国, 钱寒峰 (40)
上海私车牌照拍卖政策实施效果的比较分析	余安瑾, 冯苏苇, 余凯 (47)
城市道路占道施工区交通流特性分析	郭啸峰, 李喜华, 贾顺平 (53)
差分进化算法在道路交通事故黑点成因分析中的应用	田小鹏 (58)
基于 VMS 的高速公路信息发布调查研究	熊娟, 刘文峰, 高建芝, 孙蕊, 王义生 (63)
校园交通组织方法及实证研究	毛迪安, 陈垚, 徐翔, 董越, 孙岩, 陈绍宽 (69)
支线铁路扩能问题研究——以柳敦铁路为例	雷朝君 (76)
相对优势度法在机场净空管理方案优选中的应用	陈肯 (82)
上海私车牌照拍卖的博弈分析及实证研究	冯苏苇, 余凯, 余安瑾 (87)
“十二五”时期我国综合运输体系构建对卫星导航技术的应用需求	刘敬青, 吴文化 (95)
带时间窗的车辆路径优化及启发式算法	赵明丽 (100)
基于 IC 卡数据的公交运营指标计算方法研究	周锐, 陈锋, 孙海瑞, 陈绍宽 (105)
联网·转码·识别·移动——DMDU 高速公路综合系列系统	王颖健, 陈启美 (113)
基于物联网技术的铁路危险货物罐车车载动态监控系统研究	海涛, 何宇强 (121)
交通事故应急联动 workflow Petri 网建模与分析	傅惠, 胡刚 (128)
基于 M/G/c/c 模型的地铁站疏散能力关键参数分析研究	董晓净, 陈绍宽, 崔愿, 韦伟 (134)
基于解析法的城市轨道交通线路折返能力计算研究	何韬 (139)
城市轨道交通列车到站前乘客站台集聚行为仿真分析	张亚男, 陈莎莎, 刘猛, 邓长先 (145)
Author Index	(157)
Subject Index	(158)

多层次交通仿真评价指标体系研究

赵 慧*

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100082; * Email:huizhch@gmail.com)

摘要: 交通仿真评价指标体系的建立有助于推进交通仿真技术在交通领域的应用。目前我国尚未建立专门针对交通仿真的评价指标体系, 针对这一现状, 首先结合交通仿真技术的应用特点及仿真技术在“低碳”理念中的应用情况, 分析了交通仿真评价指标体系的构建需求。在此基础上, 根据评价侧重点的不同, 从道路网结构、交通运行状态、交通环境和交通安全四个方面建立了多层次交通仿真评价指标体系, 并说明了指标体系的应用方法。其次, 介绍了道路交通运行状态类和道路交通环境类中部分指标的计算方法。最后, 以北京奥运会开幕式为研究对象, 开展了指标的应用分析, 以说明评价指标体系的有效性和可行性。

关键词: 城市交通; 交通安全; 交通环境; 交通运行状态; 道路网结构; 多层次; 仿真评价指标体系

Multi-level Evaluation Index System of Traffic Simulation

Hui Zhao

(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute, Beijing 100082, China)

Abstract: The research on evaluation index system of traffic simulation contributes to the advance of traffic simulation models and technologies. However, the evaluation index system of traffic simulation has not been established in China. This paper analyzes the requirements of the evaluation index system of traffic simulation from two aspects which are the application characteristics of traffic simulation technologies and the traffic simulation application under the concept of low-carbon. Based on that, it establishes the multi-level evaluation index system of traffic simulation which concludes road network structure index, traffic operation state index, traffic environment index and traffic safety index. It proposes the application rules of evaluation index system. Then, it introduces the computational methods of traffic operation state index and traffic environment index. Finally, it conducts a simulation for Beijing Olympic Games Opening Ceremony and analyzes the characteristics of some indexes. The results show that the evaluation index system of traffic simulation is practicable and effective.

Keywords: urban traffic; traffic safety; traffic environment; traffic operation state; road network structure; multi-level; evaluation index system of simulation

1 引言

分析交通运行状况、拥堵产生的原因等问题, 已经广泛应用到了交通规划、交通设计方案评估、交通影响评价, 以及交通管理等领域, 也越来越受到交通管理人员的重视。

在仿真技术的应用过程中, 需要通过一系

列指标对研究方案进行评价, 为交通管理人员的决策提供支持。目前, 我国还没有建立起专门针对交通仿真的评价指标体系, 现有研究多是针对某一方面的研究^[1-4], 研究重点多集中在评价道路网建设水平、交通运行状态、交通拥堵、交通规划、交通管理水平等方面; 关于集多方面于一体的综合评价研究也相对较少, 主要是对交通设施建设水平、交通功能水平、交

通管理水平和交通发展协调性等方面进行综合考虑^[5]。尤其是进入 21 世纪,我国提出发展低碳交通体系促进低碳经济发展的战略,反映“低碳”的指标也成为交通领域关注的焦点,这对仿真评价指标体系提出了更高的要求。

基于上述分析,有必要结合交通仿真的应用特点和交通领域的“低碳”新理念,构建起多方面、多层次的交通仿真评价指标体系,用于评价多种交通方案,更好地推进交通仿真技术在交通领域的应用。

2 交通仿真评价指标体系构建需求分析

自 20 世纪 80 年代中后期以来,我国开始了在交通仿真建模及应用方面的研究工作。到目前为止,交通仿真技术的应用范围遍及交通规划、交通设计方案评估、交通影响评价、交通管理策略评估等方面。随着交通仿真技术在交通领域的广泛应用,交通仿真技术也在不断融合新的理念,来逐渐完善其应用功能及效果,这些都对仿真评价指标体系的建立提出了更高的要求。具体而言,表现在以下三个方面。

(1) 评价指标体系需要反映出交通仿真技术的应用特点。

交通仿真技术在不同交通领域中的应用体现了仿真技术的侧重点各有不同。在交通规划领域,重点研究的是各种交通设施的规划情况是否满足规划年的交通需求,包括路网中各种道路等级级配情况的分析、路网运行状态分析等。在交通设计方案评估领域,重点是对比各种交通设计方案的优劣,研究范围可以是一个区域,也可以是一条道路或者是一个节点,关注的指标包括某条道路的负荷度、速度、交叉口的延误、运行的安全性等。在交通影响评价方面,研究的侧重点在于项目实施前后交通运行状况的对比分析,包括路网、关键路段和节点的运行情况分析等。在交通管理策略评估方面,研究的是不同交通策略产生的影响,例如交通方式引导策略、交通需求控制策略、信息

诱导策略、信号优化策略等,关注的指标包括交通运行状态、尾气排放、噪声污染等。因此,需要结合交通仿真技术的应用特点,建立起适用于各种应用情况评价的指标体系。

(2) 评价指标体系需要体现宏观、中观和微观仿真模型的应用特点。

依据仿真模型对交通系统描述的细节程度不同,交通仿真可以分为宏观模型、中观模型(准微观)和微观模型。其中,宏观模型主要应用于交通规划,适用于大中型路网的研究,关注的是对路网情况的整体评价;中观模型^[6]主要应用于反映路网动态特性的研究,适用于大、中、小型路网的仿真,尤其是 ITS 控制策略影响分析、交通环境影响分析等,关注对路网、不同道路等级及路段的评价;微观模型一般适用于中小型路网的仿真,主要用于局部区域的交通组织方案测试及优化,关注对路段、交叉口等关键点段的评价。由此可知,不同仿真模型对评价指标的需求各有不同。因此,需要结合它们的应用特点,构建评价指标体系。

(3) 评价指标体系需要关注交通新理念,尤其是“低碳”理念。

随着世界能源的日趋紧张,环境污染的日益严重,全球气候的变化,“低碳”理念成为确保世界各国经济、社会可持续发展的主要理念。目前关于“低碳”理念在交通领域的认识,首先来源于“低碳经济”,国家环境保护部部长周生贤指出^[7]:“低碳经济是以低耗能、低排放、低污染为基础的经济模式,是人类社会继原始文明、农业文明、工业文明之后的又一大进步。其实质是提高能源利用效率和创建清洁能源结构。”城市交通作为城市发展的基础,是城市经济现代化的重要标志。我国目前正处于城市化快速发展阶段,为了更好地节能减排,探索了多种交通发展策略在促进低碳城市发展方面的应用效果。为了量化分析应用效果,交通仿真成为一种可行有效的技术手段。最为常见的应用是,不同出行方式对碳排放量及污染物排放量的影响、土地利用性质改变对城市低碳评估

的影响等。从评价角度出发, 需要结合交通仿真技术特点, 建立起能够反映“低碳”效果的指标体系。例如, 从土地利用角度出发, 研究土地利用与碳排放的关系。从机动车角度出发, 研究机动车排放的污染物情况。

3 多层次交通仿真评价指标体系

3.1 评价指标体系的建立原则

交通仿真评价指标体系的建立原则如下。

(1) 全面系统性。交通仿真技术可以应用于多个交通领域, 它们的侧重点各有不同, 所采用的仿真手段、仿真输出数据也各有特点, 指标体系的建立应实现涵盖对象全面、层次清晰、指标内涵明确等目标。

(2) 低碳特性。针对目前最为关注的城市交通低碳问题, 如何在相关的交通研究中进行体现和评价, 是本次指标体系研究的重点, 也是区别于以往评价指标体系的主要特点。

(3) 科学性。评价指标需要客观、真实、有效地体现出交通特性, 具有科学的依据; 计算方法严谨, 计算过程不会受到评价对象或评价主体任何一方的影响。

(4) 针对性。鉴于交通仿真技术应用领域和研究内容的不同, 评价指标体系的建立需要具有针对性, 即基于该指标体系, 针对不同的评

价内容需挑选合适的指标进行评价。

(5) 对比性。交通仿真技术的应用目的在于为相关决策提供支持, 即针对不同的方案进行评价, 且评价结果需要体现出差异性与优劣程度。因此, 所建立的评价指标一定要具有可对比性, 从而为交通管理者提供决策依据。

(6) 可操作性。评价指标体系的建立需要具有实用性、易测量(调查)、可量化的特性, 便于应用到交通仿真的评价中。

3.2 评价指标体系的框架

通过分析交通仿真技术在交通规划、交通设计方案评估、交通影响评价、交通管理策略评估等方面的应用特点, 在分析文献[1]—[15]研究成果的基础上, 本着上述六条评价指标体系的建立原则, 构建了交通仿真评价指标体系框架, 包括道路网结构类、交通运行状态类、交通环境类和交通安全类四个子指标体系。其中, 低碳类指标包含在交通环境类指标中。

这四个子指标体系的侧重点各有不同, 如表 1 所示。

3.3 评价指标体系的建立

结合评价指标计算和应用特性, 按照三个层次建立了评价指标体系, 分别是基础类指标、集成类指标和分级标准类指标, 如表 2 所示。

表 1 四个子指标体系的评价侧重点

子指标体系	评价的侧重点
道路网结构类指标	评价研究区域内各种道路的结构比例, 确定主次干道合理的分布密度, 以适应出行目的和不同交通方式的需要
交通运行状态类指标	研究交通运行特征规律的重要指标, 对改善交通运行环境有指导意义
交通环境类指标	评价碳排放、机动车污染物排放和噪声污染三个方面。其中, 碳排放量和机动车污染物排放量是反映交通“低碳”特性的评价指标
交通安全类指标	既是安全状况的客观反映, 也是解析评价对象的交通安全症结, 为后续改善措施提供科学的依据

表 2 评价指标体系

子体系	指标层次			分级标准类指标
	基础类指标	集成类指标		
道路网结构类指标	/	道路网密度		道路网结构类指标的分级标准
		道路网级配比例		
		道路网面积率		
		人均道路面积		
		路网非直线系数		
		路网可达性系数		
交通运行状态类指标	路段负荷度	某等级道路负荷度	路网负荷度	路段拥挤指数等级 道路拥挤指数 路网拥挤指数
	路段平均行程速度	某等级道路平均行程速度	路网平均行程速度	
	路段平均行程延误	某等级道路平均行程延误	路网平均行程延误	
	车道组饱和度	引道组饱和度	交叉口饱和度	交叉口服务水平
	车道组平均延误	引道组平均延误	交叉口平均延误	
	车道组平均排队长度	引道组平均排队长度	交叉口平均排队长度	
交通环境类指标	碳排放量			
	污染物排放强度	路段污染物排放量	路网污染物排放量	
	路侧污染物排放浓度			空气质量标准
	某类车等效声级	路段等效声级	路网等效声级	声环境质量标准
交通安全类指标	路段运行速度与设计速度的差值	/		路段安全分级标准
	相邻路段运行速度差			
	交叉口交通冲突率	/		交叉口安全分级标准

(1) 基础类指标。是指通过交通仿真模型可以直接获取的指标。例如，路段平均速度；经过简单计算获得的指标，例如，路段负荷度；来源于已有研究成果的基础因子，如污染物排放强度等。

(2) 集成类指标。是指基于基础类指标，通过某种加权方法获得的指标。

(3) 分级标准类指标。是指基于基础类指标或者集成类指标，采用已有的分级标准原则，对各种情况进行分级、服务标准、影响程度等

判断的指标。

以交通运行状态类子指标体系为例，基础类指标是指路段或针对交叉口车道组的指标；集成类指标是指某一道路等级、路网或者交叉口、引道组的指标；分级标准类指标是指判断拥堵等级或交叉口服务水平的指标。

3.4 评价指标体系的应用原则

从评价层面上，可以分为单指标评价和多指标评价。其中，单指标评价是指根据评价需

求,选取某个子指标体系中的单个指标值用以评价方案特性,原理简单,在此不再赘述。多指标评价是指基于多个指标计算得到一个综合指标值或等级评价值,在此所指的多指标既可以是一个子指标体系中的多个指标,也可以是多个子指标体系中的单个或多个指标。

一般而言,多指标评价需要遵从以下原则。

(1) 分级标准类指标可作为一个子指标体系中多个指标的整体评价值用于方案评价。

(2) 基础类和集成类指标可用于多个子指标体系或单个指标体系中多指标的整体评价。

(3) 选取的指标层次要保持一致。例如当选取道路网结构类和交通运行状态类中的部分指标进行评价时,由于道路网结构类指标反映的是整个路网的情况,那么在选取交通运行状态类指标时,也需要选择路网类的指标,例如路网负荷度、路网平均行程速度等,而不可选取某等级道路的负荷度或速度,或者路段类的相关指标。

多指标综合指标值的计算如公式(1)。其中,指标权重值一般采用层次分析法和专家咨询法获得。在进行多指标评价之前,需要对指标进行正向化和无量纲化处理。其中,正向指标表示数值越大,说明方案越优;否则,为负向指标。本文采用倒数法将其转为正向指标,采用均值法进行无量纲化处理。

$$Z = \alpha_i \times U_i = \sum_i \sum_j (\alpha_i \times \beta_{ij} \times x_{ij}) \quad (1)$$

其中, Z ——综合指标值;

U_i ——第 i 个子指标体系,分别是道路网结构类指标、道路交通运行状况类指标、道路交通环境类指标和道路交通安全类指标;

α_i ——第 i 个子指标体系的权重,且 $\sum_i \alpha_i = 1$;

x_{ij} ——第 i 个子指标体系中第 j 个指标;

β_{ij} ——第 i 个子指标体系中第 j 个指标的权重,且 $\sum_j \beta_{ij} = 1$ 。

4 部分评价指标的计算说明

在此选取交通运行状态类指标中的路段(道路等级或路网)指标、交通环境类指标中的“低碳”类指标进行说明。其中,“低碳”类指标主要体现在以下两个方面。

(1) 从土地利用角度出发,研究土地利用与碳排放的关系——碳排放量^[10],即研究建设用地的配置对化石燃料的影响,尤其是对其所带来的碳排放量方面的研究。因为城市土地利用配置,会对城市内部交通、用地单位内部员工通勤交通产生影响,从而对化石燃料尤其是石油消耗产生影响,带来碳排放量的增加或减少。

(2) 从道路系统的一种主要载体——机动车角度出发,主要研究机动车污染物排放量^[11],研究对象包括 CO 、 HC 和 NO_x 。

4.1 路段(道路等级或路网)指标

主要包括负荷度、平均行程速度、平均行程延误。其中,道路等级(或路网)负荷度(平均行程速度)是路段负荷度(路段平均行程速度)指标通过加权车辆行驶总里程获得;道路等级(或路网)平均行程延误指标是路段平均行程延误通过加权路段流量获得。

4.2 碳排放量

城市土地利用配置会对城市内部交通、用地单位内部员工通勤交通产生影响,带来碳排放量的增加或减少。

碳排放量 M_c 是指人员在各地块之间流动过程中采用不同交通方式所产生的碳排放量,计算公式如下

$$M_c = \sum_k \left[\frac{\sum_i \sum_j (T_{ij} \times \alpha_k \times D_{ij})}{q_k} \times L_k \times a_k \times \omega_k \right] \quad (2)$$

其中, M_c ——研究区域内由于人员出行所产生的碳排放量, kg ;

T_{ij} ——从 i 区到 j 区的人员出行量, 人;

α_k ——选用第 k 种机动车交通方式出行的比例, %;

D_{ij} ——从 i 区到 j 区交通平均距离, 100 km;

q_k ——第 k 种机动车交通方式的修正系数, 即根据车型承载重进行调整;

L_k ——机动车交通工具 k 的单位距离耗油量, L/100 km;

a_k ——机动车交通工具 k 所耗油的密度, kg/L, 取 0.73 kg/L;

ω_k ——机动车交通工具 k 所耗油中碳的比重, 取 0.86。

由公式(2)可知, 单位距离油耗量 L_k 是计算碳排放量的关键。根据文献[10]的研究成果, 私家车和出租车平均实际油耗为 9.25 L/100 km; 公交车的平均实际油耗为 36 L/100 km。

4.3 机动车污染物排放量

机动车污染物排放量是指研究区域内城市机动车污染源的排放总量, 分为路段污染物排放量和路网污染物排放量两类, 它们均是基于路段污染物的排放强度获得。

路段污染物排放强度的计算公式如下

$$EQ_i = \sum_j \sum_w EQ_{ijw} = \sum_j \sum_w (Ef_{jw}(s) \times Q_{ji}) \quad (3)$$

其中, EQ_i ——路段 i 污染物的排放强度, g/km;

EQ_{ijw} ——路段 i 第 j 类车第 w 种污染物的排放强度, g/km;

$Ef_{jw}(s)$ ——在速度 s 下第 j 类车第 w 种污染物的排放因子, g/(km·辆);

Q_{ji} ——第 j 类车在路段 i 的流量, 辆;

w ——污染物类型, 在本文中是指 CO、NO_x 和 HC;

j ——机动车类型。

路段污染物排放量的计算公式如下:

$$E_i = EQ_i \times L_i \times 10^{-3} \quad (4)$$

其中, E_i ——路段 i 污染物的排放量, kg;

L_i ——路段 i 的长度, km。

路网污染物排放量的计算公式如下

$$E_n = \sum_{i=1}^n E_i \quad (5)$$

其中, E_n ——路网中污染物的排放量, kg;

n ——路网中路段的数目。

由公式(3)至(5)可知, 污染物排放因子是计算污染物排放强度的关键, 也是污染物排放量的基础。它是指单辆机动车行驶单位里程排放的污染物质。目前有两种获取办法, 一是利用国家环保部公布的排放因子; 二是利用各研究机构实测数据建模得到的排放因子。在难以获得基于实测数据的机动车排放因子模型时, 建议使用国家环保部公布的排放因子进行污染物排放量计算, 如表 3 所示。

表 3 各交通方式污染物排放因子

污染物类型	污染物排放因子/[g/(km·辆)]	
	公交车	小汽车
CO	9.51	1.50
NO _x	1.32	0.14
HC	0.25	0.14

5 实例分析

5.1 案例介绍

本文以北京奥林匹克公园周边路网为例, 基于 INTEGRATION 中观仿真模型研究了奥运会开幕式散场(00:00-2:00)不同公交车运营组织方案^[16]的对比情况。研究的路网范围是: 北至北五环、南至北三环、西至学院路、东至京承高速公路所组成的路网, 如图 1 所示。

经预测, 社会车辆的 OD 需求量为 32 216 辆; 公交车的 OD 需求量为 875 辆。设计了两种公交车运营组织方案如下所示。

方案 1 公交车经大屯路辅路入公交场站。

方案 2 公交车经由大屯路辅路和小营北路驶入公交场站。假设大屯路辅路承担 35% 的公交客流; 小营北路承担 65% 的公交客流。

表 5 指标权重

	交通运行状态类指标			低碳类指标	
	路网负荷度	路网平均行程速度 (km/h)	路网平均行程延误/s	碳排放量 /kg	机动车污染物排放量/kg
权重	0.124	0.172	0.104	0.324	0.276

6 研究结论

本文对交通仿真评价指标体系的建立及应用开展了探讨性研究工作。在交通仿真评价指标体系需求分析的基础上,构建了以道路网结构类、交通运行状态类、交通环境类和交通安全类组成的交通仿真评价指标体系,并将指标体系分为三个层次,分别是:基础类指标、集成类指标和分级标准类指标。最后,以北京市奥林匹克公园周边路网为例,选取路网负荷度、路网平均行程速度、路网平均行程延误、碳排放量和机动车污染物排放量五个指标,从单指标评价和多指标评价两个层面开展对开幕式散场时两种公交车运营组织方案的评价分析。实例分析结果表明,本文所建立的评价指标体系可以有效地应用于交通方案的评价。在今后的研究中,将继续完善评价指标体系与交通仿真应用领域的对应关系研究,并加大指标体系的应用案例研究力度,为评价指标的有效应用提供更有力的技术支持。

参考文献

[1] 温慧敏, 扈中伟, 郭继孚, 等. 奥运期间北京市道路网运行分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2008, 8(6): 32-37.
 [2] 胡程, 邹志云, 梅亚南, 等. 城市道路网规划评价指

标体系研究[J]. 华中科技大学学报:城市科学版, 2006, 23(增刊 2): 98-101.
 [3] 张晓, 邵春福, 葛正义. 城市交通运行评价指标体系研究[J]. 城市公共交通, 2007(7): 21-24.
 [4] 刘梦涵, 于雷, 张雪莲, 等. 基于累积 Logistic 回归道路交通拥堵强度评价模型[J]. 北京交通大学学报, 2006, 32(6): 52-56.
 [5] 肖红波. 城市综合交通系统评价指标体系及评价方法[J]. 交通科技, 2009(3): 87-90.
 [6] 赵慧, 于雷, 余柳, 等. 中观交通仿真建模关键问题分析及应用研究[J]. 物流技术, 2009, 28(5): 39-42.
 [7] 张坤民, 潘家华, 崔大鹏. 低碳经济论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
 [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市道路交通管理评价指标体系[S]. 北京, 2008.
 [9] 北京交通发展研究中心. 城市道路交通拥堵评价指标体系: 征求意见稿[S]. 北京, 2010.
 [10] 张安, 李学瑞, 徐健. 基于城市微观土地利用影响下的碳排放评测研究: 以南京市某单位为例[J]. 生态经济:学术版, 2009(1): 27-30.
 [11] 宋国华, 于雷. 城市交通规划环境影响评价的方法与实践[J]. 安全与环境工程, 2007, 14(3): 6-10.
 [12] GB 3095—1996, 环境空气质量标准[S].
 [13] GB 3096—2008, 声环境质量标准[S].
 [14] 刘向阳, 刘晓辉. 城市道路交叉口交通安全水平评价及改善对策研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(7): 129-134.
 [15] 陈涛, 魏朗. 道路行车安全虚拟评价方法研究[J]. 安全与环境学报, 2006, 6(6): 115-118.
 [16] 北京交通大学交通运输规划与管理长江学者研究中心. 奥林匹克公园周边道路交通仿真系统[R]. 北京交通大学, 2008: 64-65.

城市综合交通运输规划&管理之分析&构想

张嘉敏*, 刘 军

(北京交通大学 交通运输学院, 北京 100044; *Email: 08114176@bjtu.edu.cn)

摘要: 城市综合交通运输系统的规划与管理是一项复杂的系统工程, 本文分析了城市交通问题的产生根源——客流需求弹性远大于运能供给弹性。从系统工程的角度出发, 将城市综合交通运输规划与管理问题分解为政策导向、规划建设、技术支持及运营协调几个关键环节, 分别从各个层面展开综述分析与构想。提出了城市综合交通运输规划与管理的目标定位——通过政策导向、规划建设、技术支持与运营协调几个层面的优化, 缩小城市交通供给特性与客流需求特征之间的不对等性, 提高交通基础设施的有效供给, 实现总体客流需求满足的最大化。

关键词: 城市交通; 综合运输规划&管理; 政策导向; 规划建设; 技术支持; 运营协调

Analysis and Visualization of Comprehensive Planning and Management for Urban Traffic

Jiamin Zhang, Jun Liu

(School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The comprehensive planning and management for urban traffic is a kind of complicated systems engineering. This paper analyzes the initial cause of urban traffic problem—the elasticity of passenger demand is much greater than that of the capacity supply. From the angel of the systems engineering, it divides the problem of comprehensive planning and management for urban traffic into the policy guiding, planning and construction, the support of the technique and the coordination of the operation. It also proposes the object of the comprehensive planning and management for urban traffic: optimization of the policy guiding, the planning and construction; the support of the technique and the coordination of the operation; it should minimize the unequivalence of the characteristics between the passenger demand and the capacity supply, improve the effective supply of the transportation infrastructure to maximize the satisfaction of the total passenger demand.

Keywords: urban traffic; planning and management of comprehensive transportation; policy guiding; planning and construction; technical support; operation coordination

1 引言

交通领域存在一个当斯(Authony Downs)诡异现象, 即在政府对城市交通缺乏有效管理的情况下, 新建的道路设施会引发新的道路需求, 路网的总阻抗增加而不是降低, 致使交通需求总是超过道路供给, 结果必然导致交通拥堵。客运结构本质上取决于需求的时间、空间分布,

以及它们与交通供给的平衡^[1]。空间土地资源是有限的, 决定了交通供给必然也是有限的; 派生性的客流需求具有无限的时变性。交通问题产生的根源在于客流需求特性与运能供给特性的不对等性, 即客流需求弹性远大于运能供给弹性。这种运能供给—客流需求间的客观矛盾要求综合交通运输的规划与管理在空间上以科学的交通基础设施总量供给为根本保障, 在时