

# 小区开放对小区及周边道路通行能力的影响分析\*

闫梓昂, 董峻岩

(长春工程学院 建筑与设计学院, 吉林 长春 130012)

**摘要:** 针对小区开放对其周边道路通行的影响问题, 通过建立评价指标体系, 运用层次分析法对评价体系中的 11 项指标因素进行分析, 获得了其中影响程度较大的几个因素; 对这些因素分别建立最佳道路有效长度优化模型、进口道车辆延时水平计算模型及进口道实际通行能力计算模型, 研究小区开放对周边道路通行的影响; 并针对两个不同类型的小区, 运用仿真分析方法比较了开放前后小区与周边路网的运行质量。

**关键词:** 城市交通; 小区开放; 通行能力; 层次分析

中图分类号: U491.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)01-0037-03

开放小区能否达到优化路网结构、提高道路通行能力、改善交通状况的目的及具体实施后对改善城市交通的效果如何, 比较积极的观点认为小区开放后, 路网密度提高, 道路面积增加, 通行能力自然会有所提升。保守的观点认为小区开放后, 虽然可通行道路增多了, 相应地小区周边主路上进出小区的交叉路口的车辆也会增多, 可能会影响主路的通行速度。也有人认为这与小区面积、位置、外部及内部道路状况等诸多因素有关, 不能一概而论。

小区开放产生的效果, 可能与小区结构及周边道路结构、车流量有关。小区开放后改变了路网结构, 分担了周围道路的交通压力, 对于小区所在地及整个城区的交通都会产生一定影响。该文以通行能力、进口道延误水平及进口道实际通行能力作为关键指标, 定量地对各类型小区开放前后对道路通行的影响进行分析比较。

## 1 评价指标体系

基于层次分析法, 以小区开放对周边道路通行影响的评价  $O$  作为目标层, 准则层主要包含路网技术指标  $C_1$ 、路网运行质量指标  $C_2$ 、路网服务质量指标  $C_3$ , 其决策层指标见图 1。

运用 MATLAB 软件编程实现层次分析过程。经计算, 得各因素(指标)的权重为:

$$\omega = (0.133\ 6, 0.082\ 6, 0.038\ 8, 0.223\ 8, 0.107\ 8, 0.039\ 3, 0.046\ 4, 0.087\ 3, 0.031\ 7, 0.137\ 1, 0.071\ 7)$$

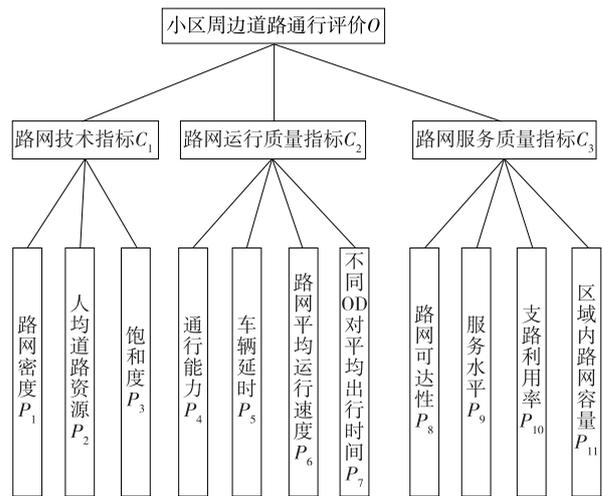


图 1 小区开放对周边道路通行影响评价指标体系及层次结构模型

对比各因素的权重, 路网密度  $P_1$ 、通行能力  $P_4$ 、车辆延时  $P_5$  和支路利用率  $P_{10}$  是小区开放对周边道路通行影响较大的因素。

## 2 评价道路通行质量的数学模型

小区开放对周边道路通行影响较大的因素有路网密度  $P_1$ 、通行能力  $P_4$ 、车辆延时  $P_5$  等, 下面针对这些因素提出数学模型实现道路通行质量评价。

### 2.1 最佳道路有效长度优化模型

建模条件: 1) 以绕小区周边的第一层道路作为模型的主干路, 忽略整个城市路网的布局及管理。2) 一天中路网的高峰时段分为早高峰和晚高峰, 一

\* 基金项目: 2016 年吉林省大学生创新创业训练计划项目(201611437057)

般认为早高峰和晚高峰具有对称性,故计算通行能力时仅考虑早高峰。3) 不考虑小区地面停车位所占面积及临时停车等车道占用对道路通行能力的影响,忽略公交车及其设施对小区出行的分流影响。4) 小区内部的主干路和次干路在小区开放后视为整个小区及周边路网结构的次干路和支路。5) 最邻近小区的周边道路无论原来在整个城市路网中的作用如何,均视为小区及周边路网结构的主干路。

考虑到不同类型道路有效长度、道路交叉口利用程度等因素,得到城市道路网机动车高峰小时通行能力计算公式如下:

$$N' = \frac{3\ 600}{t_0} = \frac{1\ 000v}{l_0} = \left( \sum_{i=1}^3 L_i \alpha_{1i} \alpha_{2i} \eta \right) \times E \times \frac{1\ 000v}{l_p \left( \frac{vt_1}{3.6} + \frac{(k_2 - k_1)v^2}{254(\varphi + i)} + l_s + l_v \right)} \quad (1)$$

式中: $t_0$ 为连续车流车头最小安全时距(m); $v$ 为汽车的平均行驶速度(km/h); $l_0$ 为连续车流车头最小安全距离(m); $L_i$ 为小区及其周边的主干路、次干路、支路的单车道有效长度; $\alpha_{1i}$ 为主干路、次干路、支路的综合利用系数,其推荐值见表1; $\alpha_{2i}$ 为城市不同类型道路交叉口的利用系数,其推荐值见表2; $\eta$ 为城市道路网的饱和度系数,其推荐值为0.75~0.9; $E$ 为城市道路机动车道的高峰服务时间; $l_p$ 为机动车的平均出行距离(km); $t_1$ 为驾驶员反应时间(s),可取1.2~1.8s; $k_1$ 、 $k_2$ 分别为前、后车的制动使用系数, $k_1=1.0$ , $k_2=1.7$ ; $\varphi$ 为路面附着系数,可取为0.7; $i$ 为道路坡度系数; $l_s$ 为汽车长度(m),小汽车取5m,普通汽车取12m,铰接车取18m; $l_v$ 为汽车安全距离(m),可取2~5m。

小区开放后,小区内的主干路和次干路应视为小区与周边结构路网的次干路与支路,原小区周边

表1 各类城市道路的综合利用系数  $\alpha_{1i}$

道路类别	利用系数
主干路	0.85~0.95
次干路	0.80~0.90
支路	1.0

注: $i=1,2,3$ ,分别代表主干路、次干路、支路。表2相同。

表2 各类城市道路交叉口的利用系数  $\alpha_{2i}$

道路类别	利用系数
主干路	0.55~0.65
次干路	0.45~0.55
支路	0.45~0.55

的道路视为小区与周边路网结构中的主干路。因此,优化小区内的道路有效长度,获得小区内道路可使用次干路和支路的有效长度或其比例的最优值是建模的主要目标。以 $N'$ 作为目标函数,以小区内的次干路长度 $L_2$ 、支路长度 $L_3$ 和汽车的平均行驶速度 $v$ 作为设计变量,其他量均设定为常量,以设计变量的自然约束作为模型的约束条件,建立约束多元非线性规划模型[见式(2)],运用MATLAB优化工具箱求解。

$$\max N' = \left( \sum_{i=1}^3 L_i \alpha_{1i} \alpha_{2i} \eta \right) \times E \times \frac{1\ 000v}{l_p \left( \frac{vt_1}{3.6} + \frac{(k_2 - k_1)v^2}{254(\varphi + i)} + l_s + l_v \right)} \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} a_1 \leq L_2 + L_3 \leq a_2 \\ a_3 \leq L_2 \leq a_4 \\ a_5 \leq L_3 \leq a_6 \\ 0 < v \leq 40 \end{cases}$$

## 2.2 进口道车辆延误水平计算模型

城市路网结构服务水平的优劣主要依据组成路网的路段节点或交叉口的通行能力来判定,平面交叉口是制约路网通行能力及容量的主要因素。而交叉口通行能力又与交通运行中的车辆延误相关。开放小区后,小区内道路交通压力增大的同时,小区周边交叉口的交通压力相对缓解。为此,选择小区与周边路网的进口道作为研究对象,分析其运行效率和质量。

Webster公式[见式(3)]适用于进口道饱和度不大时进口道上每辆车的平均延误水平,美国《道路通行能力手册》建议公式[见式(4)]能更全面地反映饱和度较大时交叉口的平均延误水平。

$$d(i, j) = 0.9 \left[ \frac{T(1-x)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{\lambda^2}{2Q(1-\lambda)} \right], \quad \lambda \in [0, 0.67] \quad (3)$$

$$d(i, j) = 0.38 \frac{T(1-x)^2}{1-\lambda x} + 173x^2 [(\lambda-1) + \sqrt{(\lambda-1)^2 + 16 \frac{\lambda}{S}}], \quad \lambda \in [0.67, 1.2] \quad (4)$$

式中: $d(i, j)$ 为第 $i$ 交叉口与第 $j$ 交叉口相邻的进口道处的车辆平均延误水平; $T$ 为信号灯周期长度,即所有信号灯灯色显示一遍所需要的时间; $x$ 为进口道的绿信比, $x=g/T$ ; $g$ 为有效绿灯时间,即

一个周期内在某一方向上允许车辆通过的时间; $\lambda$ 为饱和度, $\lambda=Q/(xS)$ ;Q为进口道交通流量,按式(5)计算;S为进口道饱和交通流量,即在某一方向通行相位时能通过路口截面的最大车辆数。

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (5)$$

式中: $q_i$ 为检测到的第*i*个时间段的交通流量; $n$ 为某时间范围内划定的时间段的总数。

运用 MATLAB 软件编程实现进口道车辆延误水平模型的求解。首先计算饱和度,当饱和度  $\lambda \in [0, 0.67]$  时,按式(3)计算车辆延误水平;当饱和度  $\lambda \in [0.67, 1.2]$  时,按式(4)计算车辆延误水平。

### 2.3 进口道实际通行能力计算模型

小区周边进口道的流量变化与小区开放密切相关,如小区开放后本应直行且在小区周边某进口道右转的车辆完全可选择通过小区的某入口在小区内实现右转抵达目的地,这样将减少小区周边该进口道的交通压力,同时可能增加小区内交叉路口的交通压力。所以进口道问题是需关注的重点。

由《城市道路设计规范》推荐方法可得直行车道的设计通行能力公式:

$$s_0 = \frac{3600}{T} \left( \frac{g-t_2}{t_i} + 1 \right) \delta_s \quad (6)$$

式中: $s_0$ 为一条直行车道的设计通行能力(pcu/h); $t_2$ 为绿灯亮后第一辆车起动并通过停车线的时间,可取 2.3 s; $t_i$ 为直行或右行车辆通过停车线的平均时间,可取 2 s/pcu; $\delta_s$ 为折减系数,可取 0.9。

进口道实际通行能力  $s$  的计算公式为:

$$s = s_0 n r_1 r_2 \quad (7)$$

式中: $s_0$ 为一条车道的设计通行能力; $n$ 为进口道的数量(条); $r_1$ 、 $r_2$ 分别为自行车影响修正系数和车道宽度影响修正系数。

可运用 MATLAB 软件编程实现进口道实际通行能力模型的求解。首先利用式(6)计算进口道的设计通行能力,然后利用式(7)计算进口道的实际通行能力。

## 3 仿真分析

设计 2 个小区(见图 2 和图 3)作为模拟区域,通过仿真,分析小区开放前后路网密度、车辆延误和通行能力的变化。按式(1)、式(2)计算小区开放前后最佳道路有效长度和最优路网通行能力,按式(3)和式(4)计算小区周边西北角处进口道的车辆延误

水平,按式(7)计算该进口道的实际通行能力,仿真结果见表 3 和表 4。



图 2 小区 1 的路网结构



图 3 小区 2 的路网效果

表 3 小区 1 的仿真分析结果

时间	最佳道路有效长度/ m	最优路网通行能力/ (pcu · h <sup>-1</sup> )	进口道车辆延误水平/s	进口道实际通行能力/ (pcu · h <sup>-1</sup> )
小区开放前	0	7.6 × 10 <sup>2</sup>	147.430	1 196.6
小区开放后	6 000	1.36 × 10 <sup>6</sup>	7.999	1 436.0

表 4 小区 2 的仿真分析结果

时间	最佳道路有效长度/ m	最优路网通行能力/ (pcu · h <sup>-1</sup> )	进口道车辆延误水平/s	进口道实际通行能力/ (pcu · h <sup>-1</sup> )
小区开放前	0	4.9 × 10 <sup>2</sup>	225.680	936.1
小区开放后	1 000	3.3 × 10 <sup>3</sup>	85.043	1 125.4

由表 3 和表 4 可见:虽然小区 1 和小区 2 的园区结构不同,地理位置不同,但开放小区后,两小区及周边路网密度均明显提高,产生了良好的路网连通效果,优化了路网通行能力;进口道延误水平下降,实际通行能力提高。说明小区开放对改善小区与周边路网结构的通行能力具有积极作用。

(下转第 65 页)

惠、信誉考核等方面给予一定的支持。

### 3.4 完善和加快信息化建设,提高客运服务效率

加强全省道路客运信息化建设的顶层设计、协调机制研究,加大信息化建设的资源整合力度,推动道路客运业以现代信息技术为核心的技术改造,着力搭建包括班线客运、旅游包车客运在内的集网上业务受理、应急保障、运营调度、实时监控及信息查询、统计分析与决策等功能为一体的全省道路客运综合信息服务平台。积极探索物联网技术在道路客运业的应用。

优化全省道路客运联网售票系统的管理体制和运行机制,加快系统技术升级和功能扩展,为网上购票、手机订票、自助售票、银行等代售点购票、出行信息查询等公共服务提供技术支撑,为实现运费网上结算、运输组织、数据统计等服务提供有力保障,为行业管理部门科学决策提供准确的数据和信息。进一步扩大联网售票覆盖范围,将联网售票网点延伸至中心乡镇客运站。

## 4 结语

道路客运是沟通城市与乡村、连接内地和边疆、分布最广、在各种客运方式中网络最为密集的运输方式,在国民经济发展和人民出行需求中发挥着越来越重要的作用。该文基于SWOT分析,对广东省道路客运现状进行研究,根据行业发展数据,分析其客运行业发展现状及存在的问题,总结发展优势、劣势、机遇及挑战。提出广东省道路客运发展应利用优势,抓住机遇,从行业结构调整转型、市场管理监

督、信息化建设、扶持弱地平衡发展等方面综合采取对策,实现广东省道路客运快速、科学、协调发展。

### 参考文献:

- [1] 胡尚武.广东省国道公路养护管理发展研究[D].广州:广东工业大学,2007.
- [2] 敖淑清.广东农村客运发展基础设施条件及客源分析[J].广东交通职业技术学院学报,2006(4).
- [3] 李臣,周炜,司景萍,等.公路长途客运存在的问题及对策研究[J].公路与汽运,2008(6).
- [4] 张忠.我国道路运输政策研究[D].西安:长安大学,2000.
- [5] 龙小强,李巧珍,段英侠.基于SWOT分析法的广佛城际道路客运一体化发展对策研究[J].公路与汽运,2012(4).
- [6] 夏彩云.我国道路客运企业的SWOT分析及发展策略[J].河北交通科技,2009(4).
- [7] 付丽萍.高铁冲击下传统道路客运公司经营发展研究[J].品牌:下半月,2015(10).
- [8] 崔静.轨道交通对公路客运企业的影响研究[D].广州:广东财经大学,2014.
- [9] 周灵,景玲,胡骥.高速铁路竞争条件下基于SWOT分析的公路客运企业经营战略选择研究[J].交通标准化,2010(17).
- [10] 李品悦,李南,仲刚.我国航空运输的SWOT分析及发展策略讨论[J].市场周刊.理论研究,2006(3).
- [11] 朱军伟,胡天军.我国企业发展逆向物流的SWOT分析[J].物流科技,2007(2).

收稿日期:2016-07-20

\*\*\*\*\*  
(上接第39页)

## 4 结语

该文针对小区道路开放后对自身及周边道路通行影响较大的因素分别建立数学模型,实现对道路通行能力的评价。仿真分析结果表明:小区开放明显提高了小区及周边路网密度,产生了良好的路网连通效果,优化了路网通行能力。

### 参考文献:

- [1] 李忠玉.基于粒子群算法的区域交通优化控制的研究[D].成都:西华大学,2015.
- [2] 李德慧,刘小明.城市交通微循环体系的研究[J].道路交通与安全,2005,5(4).

- [3] 邓资银,李瑞敏,张建平,等.双层规划法路网通行能力模型改进算法优化研究[J].公路工程,2010,35(2).
- [4] 邵正宇,郑安文,郭建中,等.城市道路网通行能力最大的道路类型优化分配[J].中南公路工程,2004,29(4).
- [5] 马健霄,吕志英,王大明.城市道路通行能力分析 with 改善技术[J].南京林业大学学报,2001,25(2).
- [6] 雷红尧.基于路网结构优化的开发区交通需求控制规划研究[D].武汉:华中科技大学,2007.
- [7] 褚建萍.典型城市信号交叉口通行能力及交通仿真分析[D].西安:长安大学,2009.
- [8] 胡志勇.居住小区交通影响分析研究[D].武汉:华中科技大学,2007.
- [9] 董瑞娟.道路环形交叉口控制方式选择与时空设计方法研究[D].合肥:合肥工业大学,2009.

收稿日期:2016-09-26