

The Impact of Community Opening on the Surrounding Roads

Zheng Luo¹, Yanan Li², Huijie Liang³

¹Tianjin Normal University, Tianjin

²Northeast Normal University, Changchun Jilin

³Shihezi University, Shihezi Xinjiang

Email: 332175279@qq.com

Received: Apr. 25th, 2019; accepted: May 13th, 2019; published: May 20th, 2019

Abstract

This paper explores the capacity of branch roads under different trunk roads to discuss the impact of different road conditions around the community during peak traffic hours, and studies the different impacts of community opening on the surrounding roads. Firstly, a three-level complete evaluation system is established by analytic hierarchy process to evaluate the impact of community opening on surrounding roads. Secondly, based on the theoretical capacity model of the unsignalized intersection, the problem of the branch diversion capacity formed after the open cell is solved, and the shunt capacity model of the branch is determined to study the influence of the community opening on the surrounding road traffic. And the calculation of the branch capacity and the surrounding road traffic are divided into four cases. Finally, this paper comprehensively considers the impact on the surrounding roads before and after the community opening with the evaluation indicators and combines with the traffic conditions of the surrounding roads to give recommendations from the different road structures of different communities.

Keywords

Capacity, No Signal Intersection, Acceptable Gap Theory, Shunting Ability

小区开放对周边道路通行的影响

罗政¹, 李亚楠², 梁荟杰³

¹天津师范大学, 天津

²东北师范大学, 吉林 长春

³石河子大学, 新疆 石河子

Email: 332175279@qq.com

收稿日期：2019年4月25日；录用日期：2019年5月13日；发布日期：2019年5月20日

摘要

本文通过探究开放小区的内部道路对于周边道路不同的分流能力，进而研究在通行高峰时段，小区开放后，对周边道路通行情况的不同影响。首先以层次分析法建立一个三层的完整评价体系来评价小区开放对周边道路影响。其次，基于无信号交叉口的理论通行能力模型，解决开放小区后形成的支路分流能力问题，并明确支路的分流能力模型，以此来研究开放小区对周边道路通行的影响。接着，会对支路通行能力和周边道路通行量分四种情况进行运算。最后通过评价指标综合考虑小区开放前后对周边道路的影响，并从不同小区的不同道路结构出发，结合周边道路的交通情况给出建议。

关键词

通行能力，无信号交叉口，可接受间隙理论，分流能力

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 问题重述

1.1. 问题背景

为优化街区路网结构，加强街区的规划和建设，分阶梯级明确新建街区面积，推动发展开放便捷，配套完善的生活街区，政府提出“开放小区”政策。一方面，在原则上不再建设封闭住宅小区，另一方面对已建成的住宅小区和单位大院逐步打开。秉持“窄马路，密路网”的城市道路布局理念，通过打通各种“断头路”来打破小区的封闭状态，使原属于封闭小区的道路可以公共化，提高城市道路利用效率，缓解主干路的交通压力，进而形成更加完整的路网。但由于受到小区位置、面积、建筑风格等因素的限制，以及交叉口增加对交通状况的不确定影响使得该政策存在一些争议。具体街区路网结构的优化还需具体讨论。

1.2. 待解决问题

1) 小区开放后，一方面使得道路面积增加，路网密度提高，周边道路的通行能力及道路服务水平都会有一定提升。另一方面，周边道路的交叉口的增加，是否会造成交叉口的交通拥挤，也有待考察。故需要选取合适的指标体系，去衡量利弊，判断小区开放对周边道路通行有何影响。

2) 请结合小区的现实情况，建立关于车辆通行的数学模型，通过该模型研究小区开放后，周边道路车辆通行的情况，进而研究小区开放对周边道路通行的影响。

3) 小区开放产生的效果，受到小区结构、小区地理位置、小区周边道路结构、车流量等各种因素的影响。需要选取或者构建不同类型且均具有代表性的小区，应用我们所建立的模型，定量的比较小区开放前后周边道路的道路通行力的高低。比较包括车速、交通密度等方面的道路服务水平的高低，从而定量的分析小区开放前后对道路通行的影响。

4) 根据前三个问题的研究结果，以交通通行行为入手点，提出关于小区开放的合理化建议。

2. 问题分析

2.1. 问题一分析

题目要求我们建立合适的评价指标体系，来评价小区开放对周边道路通行的影响。需要对周边道路通行状况所包含的不同方面进行分析，然后选择合适的角度对通行状况进行评价。而实际生活中又有哪些因素会直接或间接的影响到选取角度，选择合适因素作为整个评价体系的小指标，并且对其进行定量或定性分析，构建完整的指标评价方式。

2.2. 问题二分析

题目要求我们建立关于车辆出行的数学模型。小区开放前后，车辆通行的情况有很大差异，需要通过对于模型中车辆的运行情况的分析，运用问题一中的评价指标体系，研究小区开放后对周边道路的影响情况。

2.3. 问题三分析

题目要求选取和构建不同类型的小区，应用模型，定量来比较各类型小区的开放前后对道路通行的影响。首先需要分析目前已经开放的试点小区，分析其结构、地理位置特点，总结共通性，再从这些共通性出发，对小区进行不同的分类。其次要再应用所建立的车辆模型，分析不同小区车辆通行的不同情况，与开放前的车辆通行状况对比，最后运用问题一中的评价指标体系，对小区开放效果进行定量分析。

3. 模型假设

- 1、假设所有小区通行状况均为良好，小区开放后内部混合流量增加，但不会影响小区正常交通；
- 2、由于道路中心防护栏或隔离带的设置，假设小区开放后，由主干道进入小区道路时不允许左拐且小区道路不直行，新增的交叉口则均为无信号灯交叉口；
- 3、忽略不同小区内部道路宽度，道路质量对通行情况的误差影响；
- 4、默认所讨论的道路均处于相同的交通控制条件和环境条件；
- 5、忽视小区与周围道路交叉口所设置的路障、拍卡仪等所造成的车辆停滞时间；
- 6、忽视步行系统对车辆混合流的影响；
- 7、忽视因为道路开放后，人们选择步行或骑行等主观心理因素对周边道路总车流量的影响。

4. 模型的建立与求解

4.1. 符号说明

符号	符号解释
l	某一确定路段的长度
v_i	在某确定路段车辆实际通行速度的均值
n	某一确定路段内一个车道内的实际车辆数
$\rho = l/n$	交通密度
C_n	支路的通行能力
t_c	临界间隙

Continued

t_f	随车时距
V_p	主路车流流率
h	主路车头时距
p_i	第 i 型车辆所占比例
P_1	支路混合车流的概率
P_2	主路车头时距能够通过特定支路车辆的概率
P_3	支路混合车流 n 辆车通过无信号交叉口的概率

上述符号为下面模型建立于求解运用到的符号，其他未注明的符号会具体在文章中说明。

4.2. 针对问题一

4.2.1. 评价体系说明

将小区开放对周边道路的影响因素分解为三个层次：最上层为问题讨论核心，即小区开放对周边道路通行影响情况；中间层为影响目标实现的准则层，我们通过分析个准则之间的相互关系，确定这里的准则包括周边道路基本通行能力和周边道路服务水平；最下层的是直接的影响因素，通过对各因素影响力大小的分析以及各因素之间的相关影响的研究，使该阶梯层次中下两层紧密联系，进而通过准则层的反映情况评断其对于周边道路通行的影响情况[1]。流程图如图 1 所示：

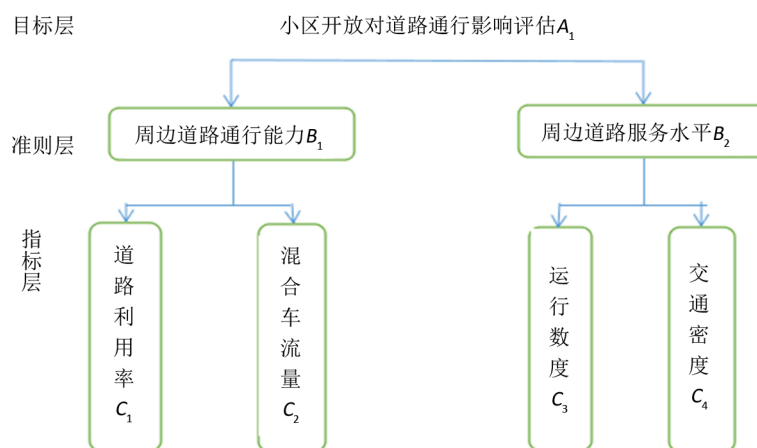


Figure 1. The flow chart of evaluation index ladder
图 1. 评价指标阶梯流程图

4.2.2. 指标分析

我们令 B 层为二级指标， C 层为三级直标，不同层次的不同指标共同构成一个较为完善的评价体系。下面，对不同指标进行分析：

B_1 周边道路通行能力：通行能力是指在一定的道路和交通条件下，道路上某一路段单位时间内通过某一断面的最大车辆数。在本文中，我们对实际的道路和交通条件，环境条件做出相应转化，即在道路和交通条件均一致的理想状态下讨论，一下所提的通行能力均为基本通行能力。

B_2 周边道路服务水平：服务水平为道路上的运行速度和交通量与可能通行能力之比综合反映道路的服务质量。由于实际交通量的复杂多变以及 B_1 对于基本通行能力的探讨，我们将服务水平的讨论主要集

中在道路的服务质量方面。

C_1 道路利用率 a : 城市道路网内的道路指主干路、次干路和支路, 不包括居住区内的道路, 而整个城市中道路既包括城市道路网, 也包括一些未纳入城市公共道路的居民区内的道路。此处所致道路利用率反映的是单一方向路段交通量在不同车道上的分布情况, 影响交通流的稳定性。

C_2 通行量 V_p : 单位时间内通过某点的混合流量。

C_3 运行速度 v_1 : 在某确定路段车辆实际通行速度的均值。

C_4 交通密度 ρ : 指的是一个车道单位长度内某一瞬时存在的车辆数, 以辆每千米表示。

其中, 运行速度与交通密度之间存在一定的相互关系, 为了更加直观评价对周边道路的影响情况, 将周边道路的混合车流量视作最重要的指标, 即其在所占权重最大, 但也会考虑其他指标的影响。

4.2.3. 评价方式

其中, 三级指标会直接影响二级指标的具体情况, 进而二级指标可直接反映出问题的讨论核心, 故完整评价指标体系如图所示。对于三级指标来说, 具体评价方式如下:

道路利用率 a 越大, 则通行能力越高, 对周边道路通行有利, 反之则相反;

通行时长 t 越短, 则通行能力越高, 对周边道路通行有利, 反之则相反;

运行速度 v_1 越大, 周边道路服务水平越高, 对周边道路通行有利, 反之, 则相反;

交通密度 ρ 越小, 周边道路服务水平越高, 对周边道路通行有利, 反之, 则相反。

4.3. 针对问题二

4.3.1. 模型说明[2]

当小区开放后, 相当于将主干路与小区串联了起来, 一定意义上可以看做是主路旁边开辟了新的支路, 路口交通变化如下图 2:



Figure 2. The comparison before and after the community opening
图 2. 小区开放前后对比图

加上我们在模型假设中提出的关于信号灯及左拐的设定, 主干路与小区内部道路则新增形成了多个无信号交叉口多车型混合车流。在此, 我们仅对其中任意一个交叉路口进行分析。先假定一支为主路的车流, 另一支为支路车流, 基于概率论的可接受间隙理论模型即可得到无信号交叉口的理论通行能力模型。

主路车流通过交叉口冲突区时自由通过并且没有延误; 处于支路的支路车流通过交叉口冲突区时, 其驾驶员必须观察主路车流中车辆间的间隙, 只有当某一间隙大于他们的临界间隙时, 支路车流中的车辆才能通过; 否则必须在交叉口前等待。

若主路提供的间隙大于支路车辆的临界间隙和其后面车辆的随车时距 t_f 之和时, 支路第二辆车可以跟随前面车辆结队通过交叉口; 当主路车流的车头时距服从交通流流率为 V_p (辆/s) 的负指数分布, 支路上的车辆处于一种理想的单一车型时, 支路的通行能力为:

$$C_n = \frac{e^{-V_p t_0}}{t_f}, \text{ 其中 } t_0 = t_c - \frac{1}{2}t_f \quad (1)$$

假设支路车流的组成有 1 型车辆、2 型车辆、……、 n 型车辆的 n 种车型, 1 型车辆、2 型车辆、……、 n 型车辆这 n 种车型的构成比例为 $p_1 : p_2 : \dots : p_n$, 并且 $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$ 。假设驾驶同种类型车辆的驾驶员的行为是一致的, 由于不同车型的临界间隙和随车时距不同, 假设第 k 型车辆的临界间隙为:

$$t_{ck}, \quad k=1,2,\dots,n, \text{ 且 } t_{c1} < t_{c2} < \dots < t_{cn}$$

第 k 型车辆的随车时距为:

$$t_{fk}, \quad k=1,2,\dots,n, \text{ 且 } t_{f1} < t_{f2} < \dots < t_{fn}$$

我们将到达交叉口的车的类型视作随机事件, 且相互独立, 支路有充分多的车辆等待通过交叉口, 支路可以容纳无限多的车辆排队。由于支路车辆由 n 种车型混合而成, 每一种车型到达交叉口的随机事件相互独立。因此在分析支路通行能力之前, 首先要对支路车辆可能出现的排队构形及其概率进行研究。

4.3.2. 支路混合车流的排队构形及其概率

当队伍长度为 m 时, 其排队构形为: k 型车辆位于队伍队首, 其后面的队长为 $m-1$ 的排队构形中有 m_1 辆 1 型车辆、 m_2 辆 2 型车辆、……、 m_n 辆 n 型车辆的不同排队构形 $m-1$:

$$\frac{(m-1)!}{m_1!m_2!\dots m_n!}, \text{ 其中 } m_1 + m_2 + \dots + m_n = m-1 \quad (2)$$

于是以上的排队构形中有 m_1 辆 1 型车辆、 m_2 辆 2 型车辆、……、 m_n 辆 n 型车辆的概率为:

$$p_k \frac{(m-1)!}{m_1!m_2!\dots m_n!} p_1^{m_1} p_2^{m_2} \dots p_n^{m_n} \quad (3)$$

其中 $\sum_{k=1}^n p_k \sum_{m_1+m_2+\dots+m_n=m-1} \frac{(m-1)!}{m_1!m_2!\dots m_n!} p_1^{m_1} p_2^{m_2} \dots p_n^{m_n} = (p_1 + p_2 + \dots + p_n)^m = 1$

4.3.3. 主路车头时距能够通过特定 n 辆支路车辆的概率[3]

现选取某个新增交叉路口进行分析, 考虑无信号交叉口的两支冲突车流为主路直行车流以及支路右拐车流, 其示意图如图 3 所示:

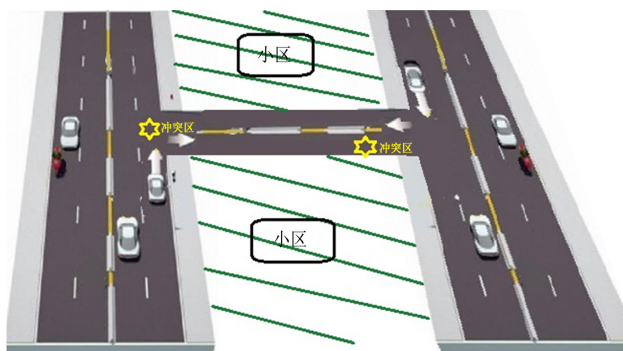


Figure 3. The schematic diagram of new intersections in open cells
图 3. 开放小区新增交叉路口示意图

其中主路车流流率为 V_p (辆/s), 此时的车头时距服从负指数分布。假设无信号交叉口主路交通流车辆

间的车头时距为 h ，根据可接受间隙理论：

当 $t_{ck} \leq h \leq t_{ck} + t_{f1}$ ($k=1,2,\dots,n$) 时，允许支路一辆 k 型车通过交叉口冲突区；

当 $t_{ck} + t_{fj} \leq h \leq t_{ck} + t_{fj} + t_{f1}$ ($k=1,2,\dots,r$) 时，允许支路一辆 k 型车排头，后面紧跟另一辆 j 型车通过交叉口冲突区 $j=1,2,\dots,n$ ；

故由此类推当

$$t_{ck} + m_1 t_{f1} + m_2 t_{f2} + \dots + m_n t_{fn} \leq h \leq t_{ck} + (m_1 + 1)t_{f1} + m_2 t_{f2} + \dots + m_n t_{fn}$$

时，允许支路一辆 k 型车排头，后面紧跟 m_1 辆 1 型车、 m_2 辆 2 型车、……、 m_n 辆 n 型车辆通过交叉口冲突区。又由主路车头时距服从交通流为 V_p (辆/s) 的负指数分布得其概率分布函数：

$$P(h \geq t) = e^{-V_p t} \tag{4}$$

于是主路车头时距能够通过支路于是以上的排队构形中有 m_1 辆 1 型车辆、 m_2 辆 2 型车辆、……、 m_n 辆 n 型车辆的概率为：

$$\begin{aligned} & P(t_{ck} + m_1 t_{f1} + m_2 t_{f2} + \dots + m_n t_{fn} \leq h \leq t_{ck} + (m_1 + 1)t_{f1} + m_2 t_{f2} + \dots + m_n t_{fn}) \\ &= e^{-V_p t_{ck}} (1 - e^{-V_p t_{f1}}) e^{-V_p \left(\sum_{i=1}^n m_i t_{fi} \right)} \end{aligned} \tag{5}$$

4.3.4. 支路混合车流 n 辆车辆通过无信号交叉口的概率

根据以上小节提出的公式，无信号交叉口主路车头时距保证一次通过的支路 k 型车辆位于排队队首其后面队长为 $m-1$ 的排队构形中有 m_1 辆 1 型车辆、 m_2 辆 2 型车辆、……、 m_n 辆 n 型车辆的概率为：

$$p_k \frac{(m-1)!}{m_1! m_2! \dots m_n!} p_1^{m_1} p_2^{m_2} \dots p_n^{m_n} e^{-V_p t_{ck}} (1 - e^{-V_p t_{f1}}) e^{-V_p \sum_{i=1}^n m_i t_{fi}} \tag{6}$$

其中 $m_1 + m_2 + \dots + m_n = m - 1$ 。

故无信号交叉口的车头时距能够保证一次通过支路车辆 n 辆车的概率为：

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^n p_k \sum_{m_1+m_2+\dots+m_n=m-1} \frac{(m-1)!}{m_1! m_2! \dots m_n!} p_1^{m_1} p_2^{m_2} \dots p_n^{m_n} e^{-V_p t_{ck}} (1 - e^{-V_p t_{f1}}) e^{-V_p \sum_{i=1}^n m_i t_{fi}} \\ &= \left(\sum_{k=1}^n p_k e^{-V_p t_{ck}} \right) (1 - e^{-V_p t_{f1}}) \left(\sum_{k=1}^n p_k e^{-V_p t_{fk}} \right)^{m-1} \end{aligned} \tag{7}$$

4.3.5. 支路混合车流通过无信号交叉口的通行能力模型

由以上小节分析，主路间隙内支路混合交通流通过无信号交叉口车辆数的平均值为

$$\sum_{m=1}^{\infty} m \left(\sum_{k=1}^n p_k e^{-V_p t_{ck}} \right) (1 - e^{-V_p t_{f1}}) \left(\sum_{k=1}^n p_k e^{-V_p t_{fk}} \right)^{m-1} = \frac{\left(\sum_{k=1}^n p_k e^{-V_p t_{ck}} \right) (1 - e^{-V_p t_{f1}})}{\left(1 - \sum_{k=1}^n p_k e^{-V_p t_{fk}} \right)^2} \tag{8}$$

由于主路车流流率为 V_p (辆/s)，于是在 1 s 内主路车流可以提供 V_p 个间隙。从而支路混合车流通过无信号交叉口的通行能力模型：

$$C_n = \frac{V_p \left(\sum_{k=1}^n p_k e^{-V_p t_{ck}} \right) (1 - e^{-V_p t_{f1}})}{\left(1 - \sum_{k=1}^n p_k e^{-V_p t_{fk}} \right)^2} \tag{9}$$

4.3.6. 模型分析

当开辟出支路且支路具有一定的通行能力时，即可视为其提高了道路利用率，分担主干路的交通通行压力，降低主干路的交通密度，提升主干路交通速度，故其既能提升周边道路通行能力，也可提高周边道路服务水平，对周边道路通行状况产生有利影响。

4.4. 针对问题三

4.4.1. 小区类型分析

通过对一些比较典型的开放小区的数据分析，首先我们可以知道，所要讨论的小区在开放之前，其周边道路通行状况不佳，容易发生不同类型的交通拥堵。由于车流高峰时期为堵车情况发生的高发期，且早高峰对于市民行车时间更为紧迫，因此选取早高峰时期的车流量。同时为了对比典型小区，我们根据小区所处区域的地理位置进行分析，决定将小区周边道路为双车道或四车道以及小区处于市中心还是处于郊区作为小区划分依据，则可把小区划分为以下四种类型：

- A 小区处于市中心，且小区周边道路为双车道；
- B 小区处于市中心，且小区周边道路为四车道；
- C 小区处于郊区，且小区周边道路为双车道；
- D 小区处于郊区，且小区周边道路为四车道。

又因今天我们的讨论前提为小区周边道路容易发生拥堵状况，而根据实际调查和研究表明，郊区的人流量及车辆混合流均有限，位处郊区，且周边道路为四车道的小区一般不会发生拥堵，故我们不考虑这种情况，仅对上述 A、B、C 三种小区进行分析。

4.4.2. 运用模型求解[4]

- 1) 选取市中心的居民区和郊区的居民区的车辆行驶情况作对比分析。

市中心的居民区(A)和郊区的居民区(C)通行能力

首先针对普通道路，对比市中心的居民区和市郊区的居民区通行能力情况。通过收集资料，调查到天津市市中心和郊区早高峰 7:30 到 8:30 的各类型车流量情况如表 1、表 2 所示：

Table 1. The traffic types of various types in the city center (total 1329 vehicles)

表 1. 市中心各类型车流量(共 1329 辆)

	小型车	中型车	大型车	自行车	每 15 min 总流量
7:30~7:45	204	19	11	134	368
7:45~8:00	178	19	6	155	358
8:00~8:15	146	28	8	105	287
8:15~8:30	145	26	13	132	316
车型总数	673	92	38	526	1329

Table 2. The traffic types of various types in the suburbs (total 1220 vehicles)

表 2. 市郊区各类型车流量(共 1220 辆)

	小型车	中型车	大型车	自行车	每 15 min 总流量
7:30~7:45	139	54	18	88	299
7:45~8:00	139	42	20	119	320

Continued

8:00~8:15	174	37	15	100	326
8: 15~8:30	140	59	18	58	275
车型总数	592	192	71	365	1220

通过模型，计算出两个区域每 15 分钟支路混合车流通过无信号交叉口的通行能力 C_n 如表 3:

Table 3. The capacity of branch mixed traffic through unsignalized intersections (vehicles/15 minutes)

表 3. 支路混合车流通过无信号交叉口的通行能力 C_n (辆/15 分钟)

时间	市中心通行能力	市郊区通行能力
7:30~7:45	79	94
7:45~8:00	89	76
8:00~8:15	111	87
8: 15~8:30	101	96

同时计算出每小时的支路混合车流通过无信号交叉口的通行能力 C_n 如表 4:

Table 4. The capacity of branch mixed traffic through unsignalized intersections (vehicles/hour)

表 4. 支路混合车流通过无信号交叉口的通行能力 C_n (辆/小时)

	市中心通行能力	市郊区通行能力
支路通行能力	380	353
主路总通行量	1329	1220
缓解比例	28.59%	28.93%

通过对比此两处的支路混合车流通过无信号交叉口的通行能力 C_n ，明确若开放一条小区通路作为支流，车流高峰时段市中心和市郊区车流量每小时可分别缓解 380 辆和 353 辆车。通过计算得出缓解 28.59% 和 28.93% 的车流量，说明开通支流可缓解大约 28% 的主干路车流量，故能分担一部分的早高峰车辆。同时体现出开通支路缓解比例在市中心和市郊区的差异不大，两地均适合开放小区道路。

2) 市中心两车道道路(A)和四车道道路(B)

其次，针对小区周期不同车道条数的道路情况，本文同时研究周边道路的不同车道数量对小区支路开放通行能力的影响。用市中心双车道和四车道早高峰 7:30 到 8:30 的各类型车流量情况如表 5、表 6 所示:

Table 5. The traffic types of all types of double lanes in the city center (1329 vehicles)

表 5. 市中心双车道各类型车流量(共 1329 辆)

	小型车	中型车	大型车	自行车	每 15 min 总流量
7:30~7:45	204	19	11	134	368
7:45~8:00	178	19	6	155	358
8:00~8:15	146	28	8	105	287
8: 15~8:30	145	26	13	132	316
车型总数	673	92	38	526	1329

Table 6. The traffic types of all types of four lanes in the city center (4857 vehicles)
表 6. 市中心四车道各类型车流量(共 4857 辆)

	小型车	中型车	大型车	自行车	每 15 min 总流量
7:30~7:45	487	237	47	339	1110
7:45~8:00	591	201	65	487	1344
8:00~8:15	522	221	30	475	1248
8:15~8:30	478	198	23	456	1155
车型总数	2078	857	165	1757	4857

通过问题二中模型, 计算出每小时的支路混合车流通过无信号交叉口的通行能力 C_n 如表 7:

Table 7. The capacity of road mixed traffic passing through unsignalized intersections (vehicle/hour)
表 7. 路混合车流通过无信号交叉口的通行能力 C_n (单位: 辆/小时)

	两车道支路通行能力	四车道支路通行能力
支路通行能力	380	10
主路总通行量	1329	4857
缓解比例	28.59%	0.205%

通过此对比可知, 高峰时期四车道的支路通过无信号交叉口的通行能力仅为 10 辆车每小时。产生此种情况的原因为, 主道路通行量较大, 若小区开通支路并通过无信号交叉口, 会严重影响主路通行的流畅度和直行条件。因为在实际数据调查中, 交通条件并不处于理想状态, 故我们模型假设中提到的禁止左拐原则, 及支路不直行原则, 即可避免这种情况。

综合上述两种对比分析, 我们可以得到关于三种小区开放后, 对周边道路缓解情况的具体数据, 综合可得到表 8:

Table 8. The surrounding road capacity of three communities A, B, C after the opening
表 8. A, B, C 三种小区开放后周边道路通行能力

	市中心通行能力	市郊区通行能力	四车道支路通行能力
支路通行能力	380	353	10
主路总通行量	1329	1220	4857
缓解比例	28.59%	28.93%	0.205%

4.4.3. 定量分析对周边小区道路的影响[5]

结合问题一的道路评价指标体系, 我们可做如下分析:

1) 混合车流量

①小区周边道路均为双车道时, 开放后, 市中心小区和郊区小区可缓解周边道路车流量的比例分别为 28.59%和 28.93%, 即这种情况下, 小区开放后, 可降低周边道路的混合车流量, 即对周边道路通行能力有利。

②小区均位于市中心时, 开放后周边道路为双车道和四车道可缓解周边道路流量的比例分别为 28.59%和 0.025%, 对比分析可知, 周边道路为四车道的小区开放后, 对于周边到的混合车流量几乎没有影响。在

模型求解中，我们提到四车道不能缓解周边道路交通状况的原因在于四车道车流量大，交叉口交通条件复杂多变，容易发生拥堵状况。与我们所设定的简化的交叉口交通条件有所区别，所以小区开放时应考虑交叉口具体交通条件的设定。

2) 道路利用率

城市道路系统指城市主干路、次干路、支路，不包括居住区内的道路，道路面积率 = 道路用地总面积/建设用地总面积，调查研究显示，在中小型城市道路面积率为 8%~12%，在一线城市道路面积率为 5.9%~11.4%，即道路面积率最高为 12%。

相比之下，居住区、小区、组团的道路用地面积比例分别为：10%~18%、9%~17%、7%~15%。明显可知，小区开放后，原本小区内部公路可纳入城市道路系统，即城市内可实际利用的道路面积率提升，道路利用率提高。即：若 $a > 12%$ ，即可视为道路利用率提高，反之相反。

3) 运行速度

小区开放前后，小区内部的道路所承担的职责任不同，通过问题二中的模型计算可知小区开放后，小区内道路可以发挥支路所承担的分流作用，进而可计算得到周边道路的混合车流量。选取一定时间，对其运行速度进行讨论得到图 4、图 5、图 6：

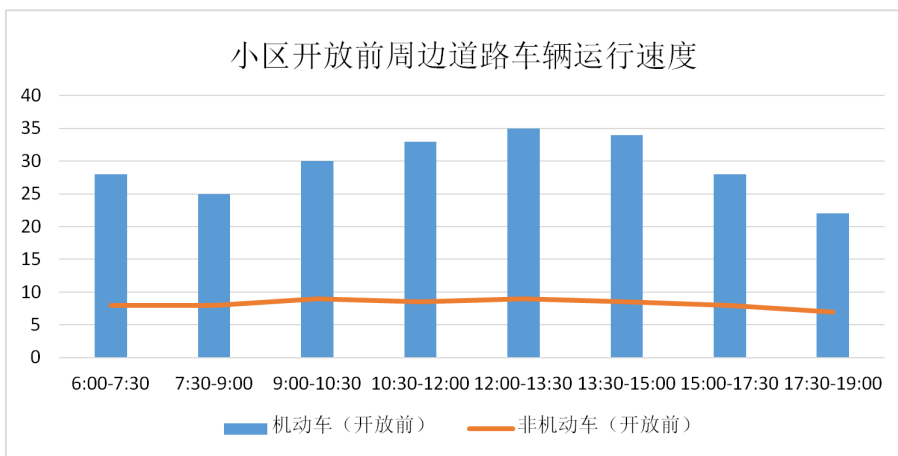


Figure 4. The running speed of surrounding road vehicles before the opening of the community
图 4. 小区开放前周边道路车辆运行速度

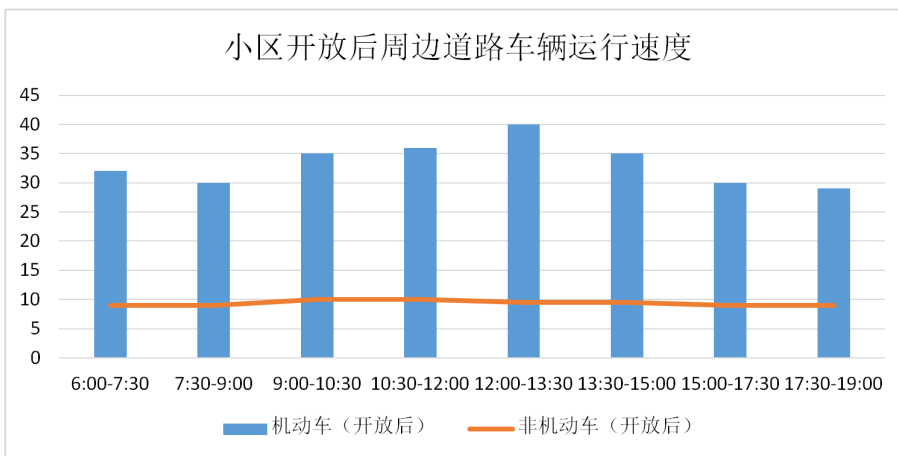


Figure 5. The running speed of surrounding road vehicles after the opening of the community
图 5. 小区开放后周边道路车辆运行速度

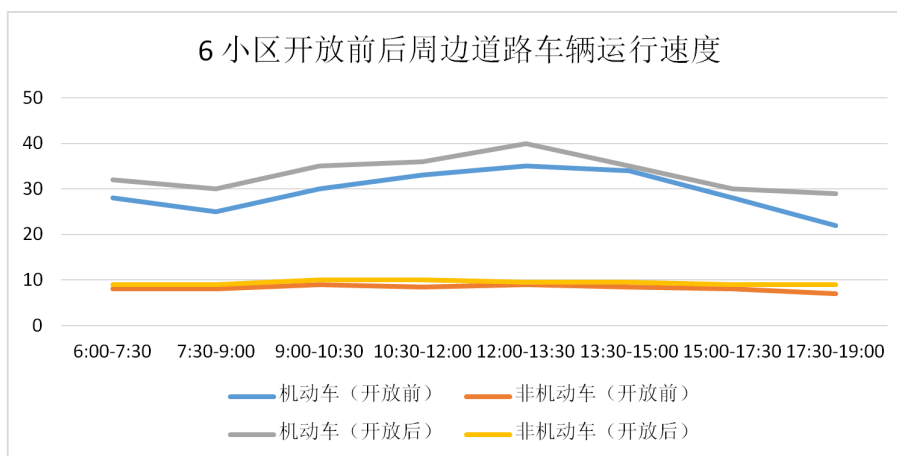


Figure 6. The comparison of running speed of surrounding road vehicles before and after the opening of the community

图 6. 小区开放前后周边道路车辆运行速度对比

4) 交通密度

由于模型默认总的车流量是一定的，模型计算可得支路具有分担能力，周边道路车流量减少，开放后车辆运行速度的提高，则必然会有交通密度的下降。因为早晚高峰的车流量比较具有代表意义，且最能体现交通状况，故我们选择开放前后周边道路早晚高峰的交通密度数据进行分析，如图 7、图 8：

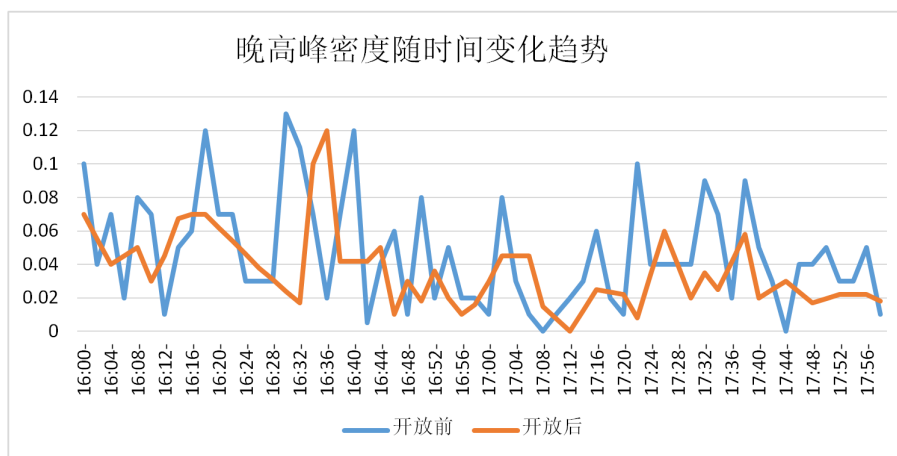


Figure 7. The trends of late peak density over time

图 7. 晚高峰密度随时间变化趋势

4.5. 针对问题四

从交通通行角度，向城市规划和交管部门提出合理意见

1) 根据政策要求，将已建成的小区 and 单位大院逐步打开，打通“断头路”，完善城市路网结构，实现内部道路公共化。提高路网密度，优先服务步行者或骑行者，打通小区之间的阻碍，倡导绿色出行，现提出以下建议：

根据调查显示，小区周边道路发生拥挤的时间比较集中，一般集中在早、晚高峰，各小区可各自针对内部道路结构，合理安排开放道路时间，缓解高峰居民及周边人群的出行压力。例如，若小区为新建小区，小区内道路承载量比较高，则可长期开放；若小区为较有历史的封闭小区，道路宽度及道路质量

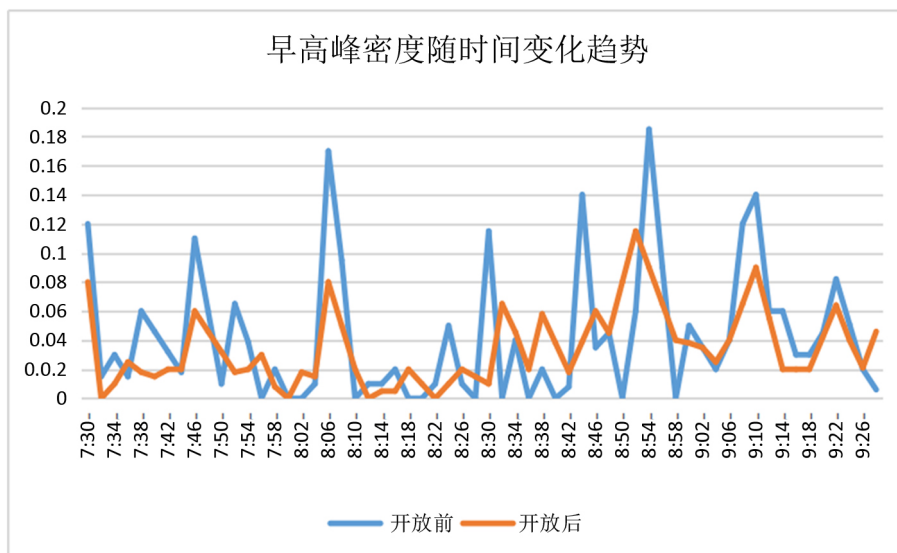


Figure 8. The trends of early peak density over time

图 8. 早高峰密度随时间变化趋势

均有限制，则可选择高峰时段开放。

2) 根据道路宽度，道路质量及小区结构，对所开放的道路进行车流管理。可自行选择单行路、机动车道或非机动车道开放。对于新建小区或即将建设的小区，可加强对小区内主干路的道路管理，开放机动车道及非机动车道。开并且放机动车道的小区要最大程度降低该措施对居民日常生活的影响。对于较古老的小区，可增设自行车道或行人道，保证原本封闭小区内的道路公共化，提高道路利用效率。为了低碳环保且方便人们出行，未开放机动车道的小区可根据实际情况自行创新，如：选择增置自行车出租点。

3) 对老旧小区进行改造，打通各类“断头路”。封闭式小区可以根据周边公共设施合理选定位置，新增出入口方便更多步行者、骑行者，以便减少因小区封闭阻隔不得不车辆出行的情况，从而缓解小区附近道路的交通压力。

5. 优缺点分析

优点：

1) 针对道路流量划分与车辆分流特征，基于主路车头时距，可以严密推导，完善无信号灯交叉口通行能力理论体系。

2) 能较好拟合不同交叉路口的交通特性，准确性较高。

缺点：

1) 忽略了行人所在的步行系统等因素对模型的影响。

2) 忽略各种车型对计算带来的不便，使得车型单一，与实际情况不相匹配。

3) 没有考虑不同交叉路口或者同一交叉路口在不同时间的不同交通条件对通行能力的影响。

6. 模型改进

首先，模型中未考虑到步行系统对于机动车和非机动车混合流的影响，并且默认了所有新增加交叉路口均禁止左拐，且无信号灯的交叉路口。而实际生活中，新增的交叉路口的交通情况要更加复杂多变。改进后的模型应该将行人的影响力和交叉路口的复杂情况纳入考虑范围内。

其次,模型是对于车流量和支路通行能力的讨论,实际生活中早晚高峰和交通一站堵塞的情况并不相同,模型的下一步应该分别讨论小区开放对于不同拥堵情况的影响;

最后,模型中涉及到的机动车,均未考虑不同的车型对应随车时距和主路车头时距,优化过程中应该对于不同型号或不同车长做出对应分析。

7. 推广与前景[6]

道路交叉口的通行能力影响着整个道路网的通行能力,由于车辆的转向而引起车流之间的冲突、交汇、分流等车流运行行为,使交叉口的交通特性较为复杂,观测数据较为困难,因此,该模型可用于简化道路交叉口的通行情况,进而降低分析其交通特性的难度。随着该模型的不断完善和计算机仿真技术在交通研究领域的日益发展,并且伴随着 GIS 等空间站等地理信息系统的不断推进,该模型将完全成为交通道路又口模拟的基础模型,或者可以像跟驰模型、流体动力学模型那样在道路规划中起到重大作用,并在交通规划与交通控制的实际应用中得到进一步完善和发展。

基金项目

受大学生创新创业训练计划项目资助 201710065039。

参考文献

- [1] 李向朋. 城市交通拥堵对策—封闭型小区交通开放研究[M]. 长沙: 长沙理工大学, 2014.
- [2] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [3] 冯雪, 王喜富. 混合交通流的元胞自动机建模与仿真发展研究[J]. 综合运输, 2015(8): 69-73.
- [4] 应力天. 基于元胞自动机的城市路段混合交通流建模与仿真[M]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- [5] 商仲华. 居住小区开发交通影响分析研究[M]. 西安: 长安大学, 2006.
- [6] 唐燕. 开放式结构居住小区的发展研究[M]. 重庆: 重庆大学, 2008.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7991, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aam@hanspub.org