

文章编号:1674-2869(2015)08-0020-06

道路交通通行能力均衡性研究

张军华¹, 黄凤婵², 黄敏^{3*}

1.湖北建科科技集团市政三院,湖北 武汉 430070;2.武汉工程科技学院经济与管理学院,湖北 武汉 430070;3.武汉工程大学资源与土木工程学院,湖北 武汉 430074

摘要:我国道路交通存在着过度设计和过低设计两个主要问题,导致道路通行能力与实际交通量不匹配.针对现有通行能力和交通量之间的矛盾,提出了道路通行能力均衡的概念,建立了道路通行能力均衡的模型.通过分析研究武汉市周庄路项目案例,比较了该项目的规划方案和优化方案,并采用 VISSIM 交通仿真,用实际数据和计算结果证实了计算结果与仿真结果相符合,验证了系统均衡性模型的可行性和优越性,进一步说明了均衡性模型能有效地应用在道路交通设计中.

关键词:道路通行能力;均衡性;交通设计

中图分类号:D631

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2015.08.004

0 引言

近年来,交通问题已成为世界各大城市关注问题之一.我国主要的交通问题之一为道路通行能力的过低设计和过度设计,造成其与交通量的不匹配.

本文通过研究城市道路的通行能力,分析相关影响因素,在此基础上提出道路通行能力均衡性,并对通行能力均衡性建模,得出通行能力与交通量的关系,从而指导和完善道路交通设计.

1 影响道路通行能力的因素

为了使得交通系统通行能力达到均衡状态,城市道路网规划阶段、城市道路设计阶段、建设后评估阶段等各个阶段均需考虑通行能力的调整.

a.车道宽度.在道路宽度影响通行能力方面,国内外文献的实际观测均认为,道路的通行能力随着车道宽度数值的增大而增大,当车道宽度达某一数值时,其通行能力能达到理论上的最大值.我国规定车道宽度是 3.75 m,其中车道宽度为 3.5 m 时,修正系数为 0.96^[1-2].通常在设计道路中采用 3.75 m.

b.纵坡度、视距.纵坡越大,车速下降越快,通行能力也随之降低.视距不足时,行车要求无法满足,车速降低,通行能力也随之降低.

c.道路等级.道路等级越高,车速越快,相互干

扰越大,机动车道设计通行能力道路分类等级折减系数越小,如表 1 所示^[3].

表 1 机动车道设计通行能力道路分类等级折减系数
Table 1 The reduction factor of road classification for the design traffic capacity of motorway

道路分类等级	快速路	主干道	次干道	支路
折减系数	0.75	0.80	0.85	0.90

d.车道位置.机动车道设计通行能力车道位置折减系数,按自中线向外以此取值 1.0、0.8、0.65、0.5.

e.交叉口影响.交叉口按照《城市道路交叉口设计规程》^[4]的划分,主要有 A、B、C 三大类,对应有不同的交通组织方式.流向分布增加,每一流向的车型分布增加,通行能力会随之降低.通常交叉口间距越大,对通行能力影响越小.受上游沿途平面交叉口影响,进入路段的通行能力的折减系数取值 0.40~0.70.进入路段为干道路段时取其高值,为支路路段时取其低值;沿途上游路段上的平面交叉口间距大时取高值,间距小时取低值^[3].

f.驾驶员的视觉系统.随着道路情况复杂度的增加,即交通量的增加,驾驶员要接收更多的交通信息,从而延长了反应时间,进而对通行能力造成一定的折减^[5].

g.车流方向分布.车流方向分布对通行能力的影响主要是因交叉口的存在而产生,等同于交叉口

收稿日期:2015-03

作者简介:张军华(1982-),男,湖北荆州人,工程师,硕士.研究方向:道路交通工程.*通信联系人.

间距对通行能力的影响。

h. 车速管理. 设计车速越高,道路通行能力越大,可等同于机动车道设计通行能力道路分类等级折减系数。

i. 步行管理. 人行道越多,人流量越大,道路通行能力越低;另外是否设置行人信号灯也会影响道路的通行能力。

通过以上影响因素的比较分析,主要研究道路设计阶段,对于可能通行能力的折减系数的取值: K_1 (道路等级、车道位置、交叉口影响)、 K_2 (驾驶员的视觉系统)、 K_3 (行人过街的折减系数)。设计中应从提高通行能力折减系数的角度提高道路通行能力,如改变上游交叉口控制形式、取消行人过街等。

2 均衡性理念概述

针对目前交通组织优化存在的两大主要交通问题及相关影响因素分析,本论文提出衡量交通组织优化合理性的理论,即通行能力均衡性理论,用以衡量交通组织优化是否合理。通行能力均衡性总模型如下:

$$\alpha_1 Q < C < \alpha_2 Q \quad (1)$$

式(1)中: C 为设计通行能力(pcu/h); Q 为交通量(pcu/h); α_1, α_2 为通行能力均衡性系数。

$$\beta_1 C < C < \beta_2 C \quad (2)$$

式(2)中: C_i 为任意断面设计通行能力(pcu/h); C 为设计通行能力(pcu/h); β_1, β_2 为通行能力均衡性系数。

当某一条道路的任意断面或节点满足公式(1)和公式(2)时,即可认为该条道路符合道路通行能力均衡性理论。

3 均衡性模型的建立

3.1 路段均衡性模型

路段通行能力均衡性模型如下:

$$\alpha_1 Q < C_{\text{路段}} < \alpha_2 Q \quad (3)$$

式(3)中: α_1, α_2 为均衡性系数。其中, α_1 取值

为 0.8、 α_2 取值为 2。(α_1, α_2 暂按饱和度进行推算,饱和度按道路服务水平评价指标^[1]中的取值范围为:0.35~0.9,详见表 2。该均衡性系数的具体取值需通过大量的试验研究确定)。

$$C_{\text{路段}} = C_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times v/c \quad (4)$$

$$\alpha_1 Q < C_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times v/c < \alpha_2 Q \quad (5)$$

式(4)(5)中: C_0 为基本通行能力(pcu/h); K_1, K_2, K_3 为折减系数。其中, K_1 为道路条件折减系数, K_2 为交通条件折减系数, K_3 为交通管理条件折减系数; v/c 为对应于某一服务水平下的饱和度; Q 为交通量(pcu/h); α_1, α_2 为通行能力均衡性系数,其取值同式(3)。

应特别指出的是,以往通行能力相关研究中,均没有充分考虑各种影响条件,或者忽略了有着复杂影响的某些条件。本文认为影响道路通行能力的因素包括道路条件、交通条件、交通管理条件三部分,在目前的道路通行能力分析中,不应忽略任何一个影响条件,特别是交通管理条件。

$$\beta_1 C < C_i < \beta_2 C \quad (6)$$

式(6)中: C_i 为任意路段设计通行能力(pcu/h); C 为设计通行能力(pcu/h); β_1, β_2 为通行能力均衡性系数。其中, β_1 取值为 0.8、 β_2 取值为 1.2。 [β_1, β_2 暂按交叉口间距(表 3)进行推算,具体均衡性系数的取值则需要通过大量的试验研究确定]。

表 2 道路服务水平评价指标

Table 2 The evaluation index of the road service level

服务等级	饱和度(v/c)	运行状况
A	$v/c \leq 0.35$	极少延误的畅行车流
B	$0.35 < v/c \leq 0.55$	稍有延误的稳定车流
C	$0.55 < v/c \leq 0.75$	有较大延误的稳定车流
D	$0.75 < v/c \leq 0.90$	有很大延误的稳定车流
E	$0.90 < v/c \leq 1.0$	拥挤的不稳定车流
F	$v/c > 1.0$	强制车流或堵塞车流

3.2 交叉口

交叉口通行能力均衡性模型如式(7)。

$$\alpha_1 Q < C_{\text{交叉口}} < \alpha_2 Q \quad (7)$$

表 3 各级道路平面交叉口合理间距

Table 3 The reasonable distance of plane intersection for various road

交叉口等级	一	二	三	四	五
一	800~1200	400~600	200~300		
二	400~600	400~600	200~300	100~150	
三	200~300	200~300	200~300	100~150	75~100
四			100~150	75~100	75~100
五			75~100	75~100	75~100

式(7)中: α_1, α_2 为均衡性系数. 其中, α_1 取值 0.6, α_2 取值 0.9. [α_1, α_2 暂按饱和度进行推算, 饱和度按交叉口服务水平评价指标评分标准 (表 4)^[6] 中的取值范围为:0.6~0.9].

表 4 平面交叉口服务水平评价指标评分标准

Table 4 The scoring criteria of service level evaluation index for plane intersection

服务等级	饱和度(v/c)	运行状况
A	$v/c \leq 0.6$	交通比较通畅, 较为满意
B	$0.6 < v/c \leq 0.8$	略需一些等待, 基本满意
C	$0.8 < v/c \leq 0.9$	虽有一定阻断, 但可接受
D	$0.9 < v/c \leq 1.0$	明显的交通拥堵

目前关于交叉口通行能力的计算公式比较明确, 本文采用《城市道路设计规范》中通行能力的计算方法, 公式如下:

$$\alpha_1 Q_j < C_j < \alpha_2 Q_j \quad (8)$$

式(8)中: C_j 为任意方向 j 的通行能力(pcu/h); Q_j 为任意方向 j 的交通量(pcu/h); α_1, α_2 为均衡性系数, 其取值同式(7).

$$C_{\text{交叉口}} = \sum_i C_i \quad (9)$$

$$\alpha_1 Q < \sum_i C_i < \alpha_2 Q \quad (10)$$

式(10)中: C_i 为车道 i 的通行能力(pcu/h); Q 为交通量(pcu/h); α_1, α_2 为均衡性系数. 其中, α_1 取值 0.6, α_2 取值 0.9.

该方法可用于城市道路网规划、工程可行性研究、城市道路设计、建设后评估等方面提供更为科学的理论依据. 当 $C < \alpha_1 Q$, 设计通行能力小于 α_1 倍设计交通量为过低设计; 当 $C > \alpha_2 Q$, 设计通行能力大于 α_2 倍设计交通量为过度设计. 在实际设计中可有效避免过度设计和过低设计.

4 研究案例

上述均衡性模型通过周庄路项目实例来进行分析研究. 周庄路位于武汉市未来科技城, 未来科技城位于东湖新技术开发区东部高新大道南北沿线, 总体规划面积为 66.8 km², 约占东湖新技术开发区面积的 1/8.

4.1 方案设计

上大路与城市主干道高新大道之间的距离为 143 m, 上大路路幅宽度为 30 m, 高新大道路幅宽度为 65 m, 规划方案上大路与周庄路交叉口采用简单平面交叉型式, 考虑上大路交叉口与高新大道交叉口之间距离很小, 影响路段通行能力, 优化

方案将上大路与周庄路交叉口改为右进右出交叉口, 左转车辆在高新大道交叉口处实现左转.

本文实例对交叉口的设计方案进行对比, 找出更有利于增加路段及交叉口通行能力的方案, 对比方案将上大路由简单交叉口型式改为右进右出交叉口型式, 避免了左转交通和直行交通之间的冲突, 由于从空间上对左转车流和直行车流进行了分离, 不存在左转车流与直行车流之间的冲突, 并且取消了交叉口信号灯控制, 不存在等待时间.

上大路交叉口通过渠化交通岛分离了不同方向的交通, 使得本交叉口的不同方向交通流尽可能分离. 通过方案的改进, 总体上降低了两个交叉口的交通组织复杂程度, 降低了交叉口冲突点和冲突面积. 通过优化方案设计, 是该交叉口的交通特点趋向于道路基本路段的交通状况.

左转交通在高新大道交叉口实现左转, 由于高新大道为城市主干道, 考虑各个方向的交通量, 本交叉口交通控制信号为四相位, 南北向(周庄路方向)有专用左转相位, 较好的减小了由上大路左转交通带来的压力. 原规划方案和优化方案的设计分别如图 1 和 2 所示.

4.2 路段均衡性模型

4.2.1 规划方案

$$C_{\text{规划}} = C_0 \alpha_1 \alpha_2 \beta_1 \gamma_1 = [1690 \times 0.85 \times 0.5 \times (1 + 0.8 + 0.65 + 0.5) + 1690 \times 0.85 \times 0.4 \times (1 + 0.8 + 0.65)] \times 0.954 = 3363 \text{ (pcu/h)}$$

$$C_{\text{路段}} = C_{\text{规划}} v/c = 3363 \times 0.75 = 2522 \text{ (pcu/h)}$$

其中, C_0 为基本通行能力(pcu/h), 按设计车速为 50 km/h 对应的基本通行能力计算^[2];

α_1 为机动车道设计通行能力道路分类等级折减系数, 按快速路取值 0.75; 主干道取值 0.8; 次干道取值 0.85; 支路取值 0.9, 此处取值 0.8.

α_2 为机动车道设计通行能力车道位置折减系数, 按自中线向外以此取值 1.0、0.8、0.65、0.5, 此处取值 0.5.

α_3 为进入路段的通行能力受上游沿途平面交叉口影响的折减系数, 取值 0.40~0.70, 进入路段为干道路段时取高值, 为支路路段时取低值; 沿途上游路段上的平面交叉口间距大时取高值, 间距小时取低值, 此处取值 0.65.

β_1 为驾驶员的视觉系统折减系数, 取值 0.954^[11].

γ_1 为行人过街的折减系数, 本段无行人过街, 折减系数为 1.

v/c 为饱和度, 此处取值 0.75.

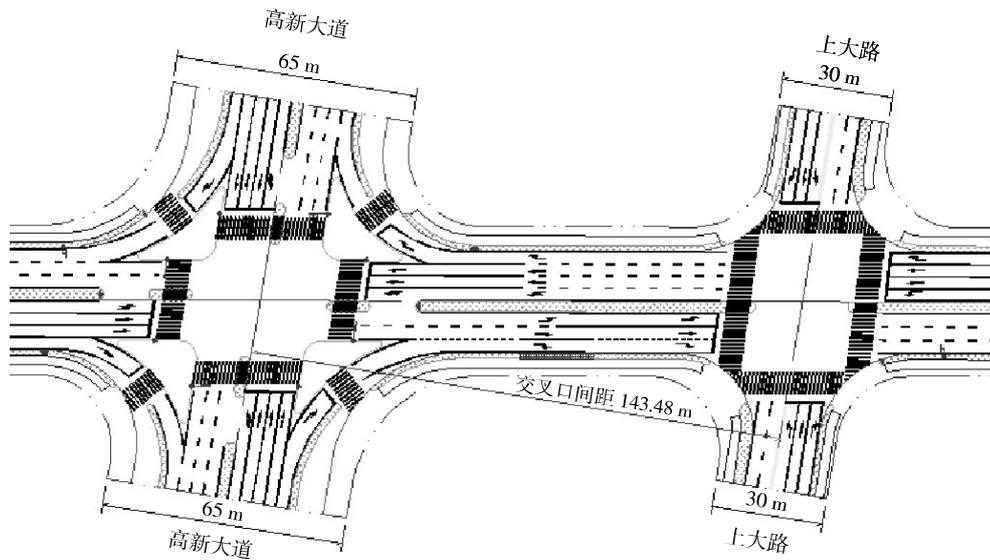


图 1 平面交叉口规划方案

Fig.1 The planed scheme of plane intersection

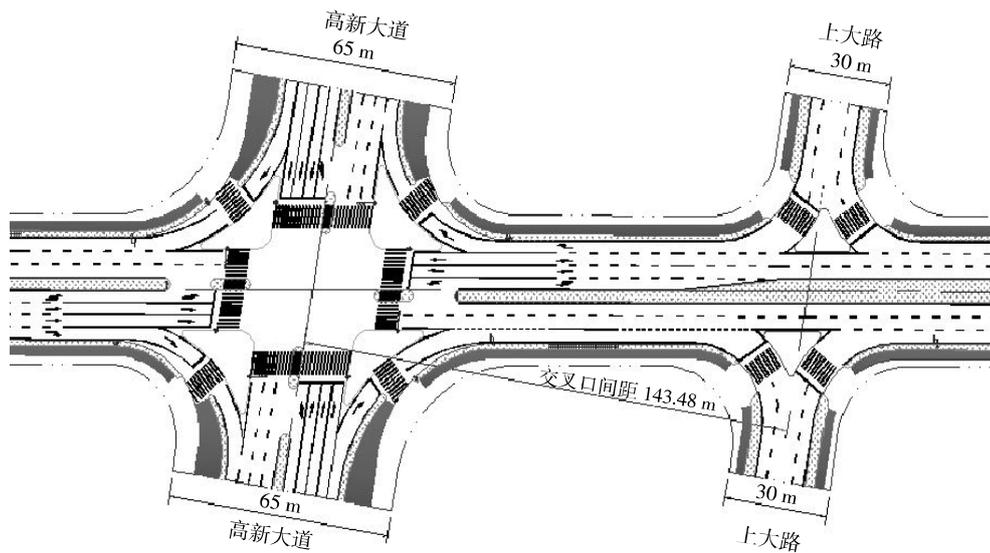


图 2 右进右出平面交叉(优化方案)

Fig.2 The right in and right out of the plane cross (optimization scheme)

4.2.2 优化方案 优化方案路段可能通行能力为:

$$C_{\text{优化}} = C_0 \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \beta_1 \gamma_1 = [1\ 690 \times 0.85 \times 0.7 \times (1 + 0.8 + 0.65 + 0.5) + 1\ 690 \times 0.85 \times 0.4 \times (1 + 0.8 + 0.65)] \times 0.954 = 4\ 173(\text{pcu/h})$$

$$C_{\text{路段}} = C_{\text{优化}} v/c = 4\ 173 \times 0.75 = 3\ 130(\text{pcu/h})$$

4.3 VISSIM 交通仿真

对高新大道-上大路路段 2025 年进行 VIS-SIM 交通仿真,得到结果如表 5~8、图 3~6 所示。

从表 5~8、图 3~6 数据可以看出:规划方案中,高新大道—上大路双向行驶时间分别为 75 和 80,优化方案中,高新大道—上大路双向行驶时间

表 5 交叉口(高新大道-上大路)排队长度表(规划方案)

Table 5 The queue length table of the intersection (Gaixin-avenue to Shangda-road) (planed scheme)

交叉口 节点	高新大道交叉口				上大路交叉口			
	东进口	西进口	南进口	北进口	东进口	西进口	南进口	北进口
平均长度/m	28	25	54	39	19	18	23	42
最大长度/m	45	49	86	58	39	37	54	82
停车次数	13	12	16	18	15	13	18	14

表 6 周庄路(高新大道-上大路)行程延误时间表(规划方案)
Table 6 The travel delaying time table of the Zhouzhuang-road (Gaoxin-avenue to Shangda-road) (planned scheme)

路段	行程时间/s	行车平均延误/s	平均停车次数
高新大道-上大路	75	53	0.54
上大路-高新大道	80	58	0.47

分别为 62 和 59,在行程时间上,优化方案优于规划方案. 规划方案中,高新大道交叉口的南进口道平均排队长度为 54,北进口道平均排队长度为 39; 优化方案中,高新大道交叉口的南进口道平均排队长度为 34,北进口道平均排队长度为 23,在排队长度上,优化方案优于规划方案. 规划方案中,高新

大道—上大路平均延误时间为 53,上大路—高新大道平均延误时间为 58;优化方案中,高新大道—上大路平均延误时间为 35,上大路—高新大道平均延误时间为 32,优化方案延误时间较少.

4.4 仿真结果分析

在优化方案中,上大路交叉口采用右进右出方案后,没有排队车辆,车流在该交叉口畅通无阻. 上大路交叉口的车辆左转分别要通过在高新大道或者神墩二路掉头实现,增加了车辆的行程,会对高新大道和神墩二路交叉口的交通造成影响,但是由于减少了车流冲突点,降低了路段总体通行时间,该路段平均延误时间减少,行程时间短,两路口排队车辆数少,综合结果优于规划方案.

表 7 交叉口(高新大道-上大路)排队长度表(优化方案)

Table 7 The queue length table of the intersection (Gaoxin-avenue to Shangda-road) (optimization scheme)

交叉口 节点	高新大道交叉口				上大路交叉口			
	东进口	西进口	南进口	北进口	东进口	西进口	南进口	北进口
平均排队长度/m	26	23	34	23	0	0	0	0
最大排队长度/m	34	31	57	33	0	0	0	0
排队车辆中停车次数	19	16	21	17	0	0	0	0

表 8 周庄路(高新大道-上大路)行程延误时间表(优化方案)

Table 8 The travel delaying time table of the Zhouzhuang-road (Gaoxin-avenue to Shangda-road) (optimization scheme)

路段	行程时间/s	行车平均延误/s	平均停车次数
周庄路 高新大道-上大路	62	35	0.46
周庄路 上大路-高新大道	59	32	0.35

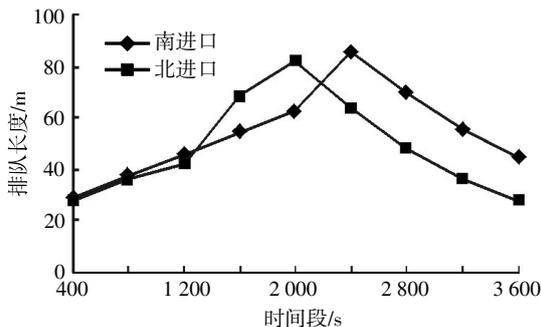


图 3 高新大道南北进口排队长度(规划方案)

Fig.3 The queue length of Gaoxin Avenue southern entrance, Shangda road north entrance (planned scheme)

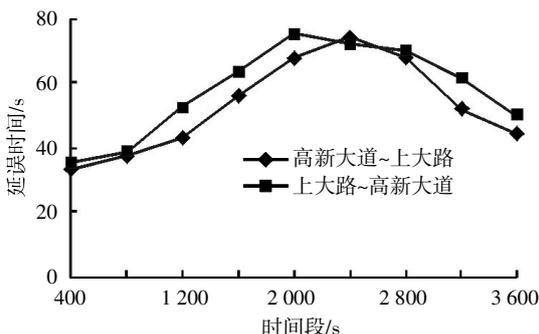


图 4 行车延误时间(规划方案)

Fig.4 The travel delaying time (planned scheme)

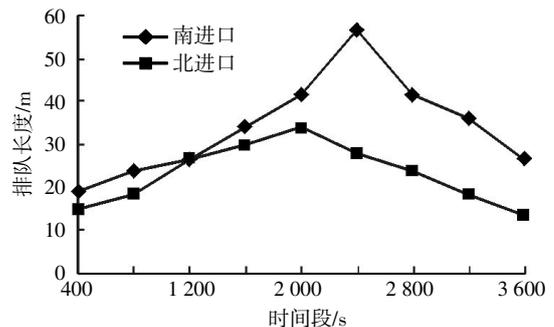


图 5 高新大道南北进口排队长度(优化方案)

Fig.5 The queue length of the south-north entrance for Gaoxin-avenue (optimization scheme)

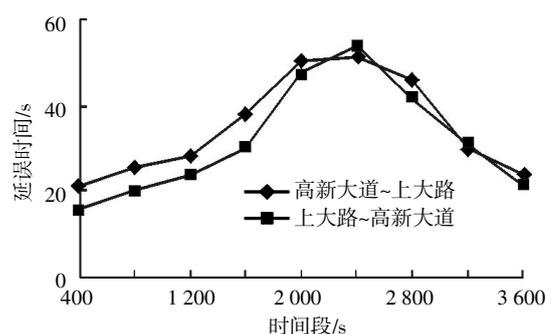


图 6 行车延误时间(优化方案)

Fig.6 The travel delaying time (optimization scheme)

5 结 语

从以上表格数据可以看出:优化方案在行程时间、在排队长度上优于规划方案,且优化方案延误时间较少.系统通行能力均衡性模型计算结果与仿真结果相符合,验证了系统均衡性模型的有效性和实用性.均衡性模型能有效地应用在设计道路中.

参考文献:

- [1] 徐吉谦.交通工程总论[M].北京:人民交通出版社,2001.
XU Ji-qian. General theory of traffic engineering [M]. Beijing:China Communications Press,2001. (in Chinese)
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ37-2012,城市道路设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [3] 武汉市建设委员会. WJG203-2006,武汉市城市道路平面交叉口规划、设计、管理技术规定[S]. [2015-5-22]http://wenku.baidu.com/view/5bcff9c04028915f804dc2fd.html
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ152-2010,城市道路交叉口设计规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [5] 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.
ZHU Jian-ping. Analysis of typical city signalized intersection capacity and traffic simulation [D]. Xian: Chang'an University, 2009. (in Chinese)
- [6] 江欣国,倪立.城市道路交叉口评价指标体系探讨[J].城市轨道交通研究,1999(4):38-42.
JIANG Xin-guo, NI Li. Study on city road intersection evaluation index system [J]. Urban Mass Transit, 1999 (4):38-42. (in Chinese)

Balance of road traffic capacity

ZHANG Jun-hua¹, HUANG Feng-chan², HUANG Min³

1. The Municipal Third Branch of Hubei Jianke Technology Group Company, Wuhan 430070, China;
2. School of Economics and Management, Wuhan University of Engineering Science, Wuhan 430070, China;
3. School of Resource and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

Abstract: Over-high design and over-low design are two main problems in national road traffic, which results in the traffic capacity not matching the traffic volume. Aiming at the contradiction between the existing traffic capacity and the traffic volume, we put forward the concept of road traffic capacity balance and further established the model of road traffic capacity balance. We compared the planed scheme with optimization scheme in the case of Zhouzhuang Road project in Wuhan city, and proved the feasibility and superiority for the concept of balance model by adopting the VISSIM traffic simulation which tests the conformance between the calculation result and the simulation result with the actual data and calculated results. Therefore, we conclude that the balance model can be effectively applied in the road traffic design.

Keywords: road traffic capacity; balance; traffic design

本文编辑:龚晓宁