

文章编号: 1002-0268 (2006) 04-0111-04

城市道路网供需平衡的断面法研究

冯树民, 孙玉庆

(哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 通过城市道路中的道路路段和交叉口的通行能力以及整条道路的通行能力, 对城市道路网的供需平衡进行分析, 并对城市道路上的交通需求计算方法进行描述。根据对图论理论的研究, 提出用断面法对城市道路网的供需平衡进行分析, 并给出断面法的基本原理和具体的计算流程。应用该方法对哈尔滨市的道路交通供需平衡进行分析, 提出了哈尔滨市路网的改善意见。

关键词: 道路网; 供需平衡; 断面法

中图分类号: U491.13

文献标识码: A

Research on Supply and Demand Equilibrium in Urban Road Network with Section Method

FENG Shu-min, SUN Yu-qing

(School of Communications Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Heilongjiang Harbin 150090, China)

Abstract: The supply of road network was analyzed in terms of capacities of links, intersections and roads, and the demand calculation was described. Based on graph theory, a section method was put forward for supply-and-demand equilibrium analysis of urban road network as well as the principles and calculation process. Application of the method to the analysis of Harbin urban road network was presented with suggestions made for improvement.

Key words: Road network; Supply-and-demand equilibrium; Section method

随着城市的经济贸易和社会活动的日益繁忙, 城市交通需求迅速增长, 但城市交通设施的建设相对来讲却比较缓慢, 由此产生的交通供需不平衡会导致交通拥挤, 只有解决交通供给和需求之间不平衡的矛盾, 才能有效地解决交通拥挤问题。实现道路交通供需动态平衡是道路网规划改造、建设的战略目标之一^[1-4]。

1 道路网供应分析和需求计算

1.1 道路路段通行能力

机动车的理论通行能力是指在道路、交通、环境均处于理想条件下, 由技术性能相同的一种标准车以最小车头间隔连续行驶, 在单位时间内通过一条车道或道路断面的最大车辆数。这是一种理想条件下的道

路通行能力。理论通行能力的计算采用车头间距推算, 计算公式如下^[5]

$$N = 3600 / (L/v)$$

$$L = L_{\text{车}} + vt + S_{\text{制}} + L_{\text{安}}$$

式中, N 为通行能力, 辆/h; L 为车头间距, m; v 为行车速度, m/s; t 为司机反应时间, s; $L_{\text{车}}$ 为汽车长度, m; $S_{\text{制}}$ 为前后车制动距离差值, m; $L_{\text{安}}$ 为车辆间安全距离, m。

根据《城市道路设计规范》, 在一般的情况下, 城市道路通行能力按下式计算

$$N_m = nX_eXN_p$$

式中, N_p 为一条机动车道的可能通行能力, veh/h; X_e

收稿日期: 2005-01-20

基金项目: 黑龙江省自然科学基金资助项目 (E0333)

作者简介: 冯树民 (1973-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士研究生, 主要研究方向为交通运输规划与管理。(zly@hit.edu.cn)

为道路分类系数; X 为考虑交叉口间距、绿信比、车道位置、道路宽度等的折减系数; n 为车道数修正系数。

1.2 交叉口进口通行能力

(1) 信号交叉口进口通行能力

信号交叉口进口通行能力取决于道路的几何条件及交通条件, 即进口通行能力由进口理论通行能力通过各种修正后获得^[6]。

$$N_L = (3\ 600/h) r b n t p$$

式中, N_L 为进口通行能力; h 为进口道饱和车头时距, s, 小汽车为 2.671s; r 为进口道自行车影响修正系数(纵向干扰); b 为左转自行车影响修正系数(横向干扰); n 为进口的车道数; t 为车道宽度修正系数; p 为行人干扰修正系数。

(2) 无信号交叉口进口通行能力

在相同的几何条件及交通条件下, 无控交叉口的通行能力小于信号交叉口的通行能力, 一般通行能力取信号交叉口进口通行能力的 50% ~ 70%。

$$N_e = (0.5 \sim 0.7) N_L$$

(3) 环形交叉口的通行能力

对于环形交叉口通行能力, 目前已有两种比较成熟的计算方法。一种是拉间隙理论计算的通行能力; 另一种是按交织理论计算的通行能力, 《城市道路设计规范》及《城市道路交通规划设计规范》均推荐该方法。

按间隙理论计算的环交设计通行能力与按交织理论计算的环交设计通行能力是基本一致的。机动车通行能力受自行车的影响很大。但机动车、非机动车通行能力之和是基本稳定的。环交总设计通行能力为 3 000pcu/h 左右。

(4) 立体交叉口进口通行能力 立体交叉口的设计通行能力, 主要取决于立交的形式、层数及机非分离方式。由于立体交叉口形式繁多, 在交通规划中不可能提出一个各种立交形式均能通用的通行能力计算模型。为了便于研究, 结合立体交叉的特点, 本文取立体交叉进口通行能力等同于进口路段的通行能力。

(5) 右进右出交叉口进口通行能力

对于某一交叉口如果采用右进右出的管理方式, 则次路进口的通行能力会很低, 本文取一条车道的通行能力。而主路进口的通行能力不受影响(影响很小), 取相应的路段通行能力。

1.3 整条道路通行能力

本文中整条道路是指城市道路网中相邻两交叉口之间的部分, 既包括路段, 也包括相应的交叉口进

口。整条道路通行能力受路段通行能力与交叉口通行能力影响, 根据交通流运行分析, 整条道路通行能力应为路段通行能力及相应的下游交叉口进口通行能力的最小值。

1.4 道路网络交通需求计算

城市交通需求预测先对城市人口的出行生成、分布、方式以及城市对外及过境客运的交通生成、分布、方式进行预测, 将客流出行量转化为车辆 OD。综合考虑各车种的载客人数和满载率得到各车种的平均载客人数, 根据各车种换算为标准小汽车的换算系数, 完成出行量到车辆 OD 的转换^[5]。

2 断面法分析城市道路网供需平衡

图论就是研究图与网络模型的特点, 性质, 方法的理论。它已经广泛的应用于实际生活, 生产和科学研究中, 在道路与交通工程中的许多问题都可以用图论的理论和解决方法^[2]。下面利用图论中的割集理论, 以某一区域的交通网络为例, 来说明断面法分析城市道路网供需平衡的基本原理。图 1 所示为某区域的交通分区与交通网络。该区域分 A、B、C、D 4 个交通区, 该区域共有 12 个交叉口, 该交通网络由 17 个双向路段组成。已知各交通分区之间的机动车出行 OD 矩阵。

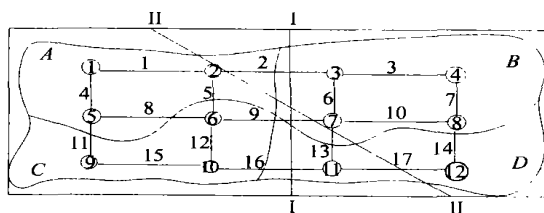


图 1 交通分区及交通网络

Fig 1 Traffic zone division and traffic network

将每条路段及其相应的下游交叉口的通行能力分别计算, 取其最小值最终得到整条道路(一段)的通行能力; 将整个交通网络放置在一个矩形内, 在矩形边上任意取两点, 对整个交通网络进行分割, 每次分割得到一个断面(断面 I、断面 II), 断面对交通网络分割以后, 将整个交通区域分成两个部分, 则此两部分的机动车出行量必须经过此断面, 承担此部分交通量的必然是断面所切割的路段, 研究断面的交通量和相应断面切割路段的通行能力之和就可以分析此断面的交通拥挤程度, 采取相应的措施。

对于任意断面 i , 断面的交通量为

$$OD_i = \sum_{j,k=1}^M OD_{jki}$$

式中, OD_i 为经过断面 i 的交通量; M 为交通分区数; OD_{jki} 为交通分区 j 、 k 之间经过断面 i 的修正 OD 值, 其修正可按断面切割交通分区 j 、 k 的面积修正。

断面 i 的通行能力为

$$N_i = \sum_{j=1}^{M_i} N_{ji}$$

式中, N_i 为断面 i 切割道路的通行能力之和; M_i 为被断面 i 切割的所有路段数; N_{ji} 为被断面 i 切割的 j 路段的通行能力。

断面 i 的饱和度

$$\eta_i = \frac{OD_i}{N_i}$$

式中, η_i 为断面 i 的饱和度。

求出所有断面的饱和度, 对其进行分析, 可以找到城市道路网中比较拥挤的断面, 通过对拥挤断面进行分析, 可以找出城市道路网中的关键点, 有针对的采取相应措施。断面法分析城市道路网供需平衡的流程图见图 2。

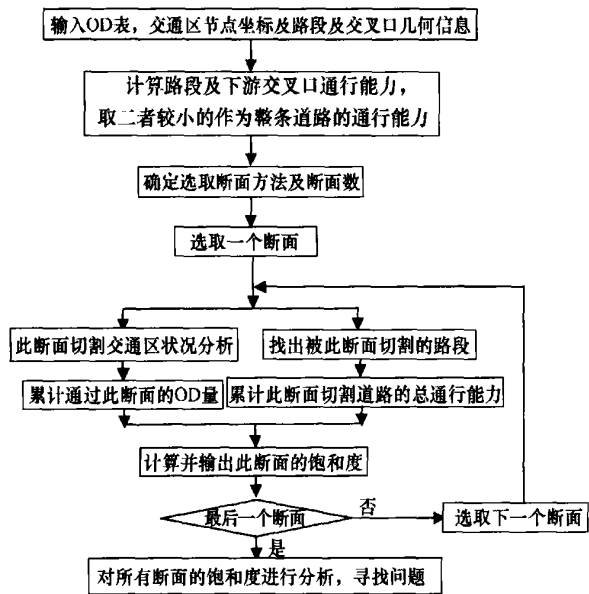


图 2 断面法分析城市道路网供需平衡的流程图
Fig 2 The flow chart of analyzing the equilibrium of supply and need of the city street network by the method of section

3 哈尔滨市道路网供需平衡分析

3.1 哈尔滨市道路网供应

哈尔滨市现状道路网系统按快速路、主干路、次干路和支路 4 级道路分级。哈尔滨市现 有 各 类 道 路 1 789 条, 总 长 度 1 263km, 其 中 快 速 路 8 条, 长 19.55km; 主 干 路 57 条, 长 138.21km; 次 干 路 109 条, 长

157.24km; 支路 1 622 条, 长 883.43km。道路总面积 1 712 万 m^2 , 建成区内平均路网密度 5.61km/ km^2 ; 主干道密度为 0.74km/ km^2 。哈尔滨市共有各类平面交叉口 1 714 处, 其中主干路与主干路交叉口 55 处, 主干路与次干路交叉口 113 处, 次干路与次干路交叉口 87 处, 主干路与支路交叉口 270 处, 次干路与支路交叉口 477 处, 支路与支路交叉口 712 处。市区共有道路立体交叉 48 处, 其中, 跨线桥 29 处, 互通式立交 19 处(含松花江公路大桥和滨北松花江大桥)。

3.2 哈尔滨市道路网供需平衡分析

根据《哈尔滨市道路交通管理规划》哈尔滨市研究范围共分为 21 个交通分区, 结合预测分析得到的 21 个交通分区机动车 OD 量^[8]。应用断面法对哈尔滨市城市道路网(干道网络)供需平衡进行分析, 在矩形每边上等间距取 100 个点, 共计切割 58 412 个断面, 断面的饱和度平均为 0.20, 断面饱和度分布如表 1。

表 1 断面饱和度分布表
Tab 1 The distribution table of saturation in the section

分布区间	断面个数
0~0.1	8927
0.1~0.2	21632
0.2~0.3	22160
0.3~0.4	3414
0.4~0.5	935
0.5~1.0	1025
>1.0	319
总计	58412

由结果可知, 哈尔滨市城市道路网整体水平与城市交通需求相适应, 可以满足城市交通的需求, 断面的饱和度小于 0.5 的占总数的 97.7%, 只有 2.3% 超过 0.5。

通过对饱和度大于 0.5 的断面进行分析可以知道哈尔滨路网存在的问题多数都是集中在二环以外, 这一方面由于二环以外的主要道路承担着城市的对外交通, 另一方面, 二环以外的干路比二环以内的干路要少的多, 这也间接导致了这些干路上的交通量要相对多一些, 从而引起了服务水平的下降。最明显的区域为二环路南直路以东, 哈东公路以北地区由于道路网比较稀, 此处断面的饱和度较高, 涉及到水泥路、水源街以及东滨江桥、化工路。另外, 二环路康安路和兴路以西的道里区、南岗区的部分区域, 由于土地开发强度加大, 土地上社会经济活动加强, 导致居民出行活跃, 路网密度低, 道路等级低, 此处的断面饱和度较高, 涉及道路有职工街、哈西大街、学府四道街、工农大街、安阳路、顾乡大街。

松花江对城市交通的分割作用明显, 现状通过松

花江的通道有两条:东滨江桥、松花江公路大桥,经断面分析法可知两座桥的断面饱和度均大于 1,将来随着哈尔滨市江北地区的开发,交通交换量会进一步增加,现有的两条通道必然无法承担,因此,必须增加过江通道的建设。

3.3 路网供需平衡的改善

结合道路网断面法的分析以及哈尔滨市城市干道网的实际,从路网供需平衡的角度出发,提出哈尔滨市干道网改善意见:

(1) 合理改善交叉口形式,使路段与交叉口通行能力相匹配

交叉口作为路网系统中的节点,其通行能力将直接影响到整个路网的承载能力和运行效率。快速路上所有的交叉口为保证与整体的协调原则上均采用立交形式。对于平面交叉口来说,要保持交叉口的通行能力与路段通行能力的匹配,就要求进口拓宽,增加进口车道数量,做好路口的渠化设计及路口的交通组织设计(包括灯控制路口的相位与配时设计)

(2) 加快过江通道的建设

经断面法的分析,现有的过江通道的饱和度很高,全部大于 1,将来随着城市的不断发展,城市活力的进一步增强,江北开发的大规模展开,江南江北的交通交换量会逐步增多,现有两条通道将无力承担,因此必须在充分论证的基础上,增加过江通道建设。

(3) 部分区域的道路改造

对于二环路以外的部分区域道路,对原太平区的南直路以东、哈东公路以北地区的水泥路、水源街以及东滨江桥、化工路等道路,由于其道路等级较低,应该进行拓宽改造,以适应交通的需求;对于二环路康安路和兴路以西的道里区、南岗区的部分区域,由于路网密度低,道路等级低,断面饱和度较高,主要道路有职工

街、哈西大街、学府四道街、工农大街、安阳路、顾乡大街,需要对这些道路进行改造,随着新发镇、群力新区、机场等交通增长点的进一步发展,需要对这部分区域的道路网进行重新规划与建设,加密干道网密度,以促进这些地区社会经济的发展。

4 结论

通过分析城市交通道路网供应中的通行能力,找出路段与交叉口通行能力之间的制约与协调关系,根据图论理论,提出断面法分析城市道路网络的供需平衡关系,给出了断面法的基本原理及计算过程。运用断面法对哈尔滨现状路网供需平衡进行分析,得出哈尔滨现状道路网中各断面的饱和度,通过对交通拥挤的断面分析,找出现状存在的瓶颈路段,提出改善建议。

参考文献:

- [1] 李朝阳,谢庆辉.大城市道路设施供需模型及其应用研究[J].城市发展研究,1998(4):39-43.
- [2] 钱林波,杨涛,何宁.城市中心区道路交通系统改善[J].规划师,2000(1):90-92.
- [3] 陈春妹,任福田,荣建.路网容量研究综述[J].公路交通科技,2002(6):97-101.
- [4] 王成钢.论我国城市交通需求管理[J].长沙交通学院学报,2001(12):68-71.
- [5] 王伟,徐吉谦,杨涛,等.城市交通规划理论及其应用[M].南京:东南大学出版社,1998.
- [6] 杨佩昆,张树升.交通管理与控制[M].北京:人民交通出版社,1993.
- [7] 姚祖康.道路与交通工程系统分析[M].北京:人民交通出版社,1996.
- [8] 哈尔滨市道路交通管理规划(专题二)[R].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2001.