

城市交通微循环系统优化设计方法

戢晓峰, 李忠燕, 成卫, 赵明翠

(昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 为充分利用城市交通微循环道路资源以有效缓解路网交通拥挤, 在分析交通微循环系统特征的基础上, 设计了完整的城市交通微循环系统优化方法. 以缓解区域路网交通拥挤为优化目标, 依据交通流特征与交通需求定位城市主干道路网的拥挤路段, 然后建立微循环绕行路线的搜索模型, 能够确定需进行道路条件与交通组织优化的微循环路段, 并生成静态交通标志与可变信息板的布设地点. 以曲靖市中心城区交通微循环系统优化为实例, 验证了所提出优化方法的有效性.

关键词: 指路标志; 路网规划; 城市交通

中图分类号: U491 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2010)04-0061-06

Optimization Design Methods for Urban Traffic Microcirculation System

JIXiao-feng LIZhong-yan CHENGWei ZHAOMing-cui

(Faculty of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract In order to make full use of urban traffic microcirculation road resources and to relieve traffic congestion in road network, the integrated optimization methods for urban traffic microcirculation system are designed based on characteristic analysis. To relieve traffic congestion in road network is defined as the optimization objective. The congestion road sections are then determined by traffic flow feature and traffic demand. The detour routes search model for microcirculation system is also proposed, which can determine the road sections in urgent need of optimization as well as the configuration location of road guide signs and variable message signs (VMS). The feasibility of the proposed methods is verified through a central urban district traffic microcirculation system optimization in Qujing.

Key words road guide signs; road network planning; urban traffic

0 引言

随着城市化及机动化进程的加快, 城市交通拥挤已经成为一个严重的问题, 阻碍着城市经济及空间布局的良性发展, 加剧了能源消耗与环境污染, 产生了一系列的社会问题, 并且有着日益恶化的趋势^[1]. 针对城市交通拥挤问题, 国内外众多学者与工程技术人员从交通规划、交通控制、交通组织等众多层面进行了大量理论与工程实践, 取得了许多进展. 但是, 现阶段路网规划普遍侧重于快速路、主次干道等高等级道路, 造成了重干路轻支路、重形象轻实效的规划模式, 不能满足居民的实际出行需求, 而城市发展也不能无限地提供道路资源, 使得绝大多数交通都汇集到主、次干道上, 进而经常在主、次干道发生拥堵^[2]. 我国城市道路系统普遍存在密度较低、路网稀疏、缺少主次干路以下层次道路等问题, 这被普遍认为是导致城市交通拥堵的主要原因^[3,4]. 由于城市路网规划改造投入巨大且受到用地限制, 而城市交通微循环系统优化由于其灵活、经济、高效, 正成为区域交通优化的重要研究方向.

一般地说, 交通微循环指的是干道网络以外的支路及街道等道路上的交通流. 研究发现城市路网上的

收稿日期: 2009-10-16 基金项目: 云南应用基础研究项目(2009ZC037M).

作者简介: 戢晓峰, 男, 博士, 讲师. 主要研究方向: 智能交通、交通规划与交通安全. E-mail: yiluxinsh@sina.com

交通负荷并不均衡,一般的交通拥挤与瓶颈,均产生于主干道与次干道上,同时众多的支路、胡同及社区道路的利用率却并不高.在不进行大规模城市路网改造的前提下,交通微循环系统作为解决区域交通需求,分担干线交通压力的有效手段,其作用越来越受到人们的重视,并在解决局部区域交通问题上取得了很好的效果. Christopher等^[5]认为有效的交通循环线路和交叉口的设计与管理可以减少机动车阻塞,根据交通路线特征,建立了一种新的交通循环空间组织方式; Michael^[6]对支路与次干道的供给进行研究,认为支路与次干道是住宅区交通循环系统的组成部分,并建立了交通控制方式模型,以获得住宅区环境“成本—效益”最大化.虽然城市交通微循环问题受到众多关注,但现有研究仅限于微循环路网规划的理论分析^[7-9]或工程应用总结^[10,11],而完整的微循环系统优化方法及理论模型还较为缺乏,论文在系统分析城市交通微循环系统特征的基础上,确定了微循环系统优化的目标,通过定义主干道路网拥挤路段并建立相应的微循环绕行路线搜索模型,设计了完整的交通微循环系统优化方法.

1 交通微循环系统特征

“微循环”本是医学术语,如果把整个城市交通比作人体,那么城市道路就是人体内的血管.整个道路网好比人的血管系统,有动脉和静脉,还有毛细血管,而毛细血管的数量和长度均要远远大于动脉和静脉.城市快速路、主干道、次干道便是联系各个功能单元的主血管、次血管,而干道网络以外的支路、胡同及社区道路等就是数量惊人的毛细血管,即构成了交通微循环系统.显然,交通微循环是否通畅对于整个城市各项功能的正常运行有着至关重要的影响^[10].因此,所谓城市交通微循环系统就是由部分次干道、支路以及支路以下道路组成的区域路网体系.微循环系统与由快速路和主干路组成的主循环系统相比,具有更高的路网密度和更长的道路总长,可以缓解干道交通压力,提高干道网络运营质量.城市居民出行的起点及行终点都需要交通微循环连通,因此微循环系统必须具备很高的可达性;同时,由于微循环道路与主干道、次干道紧密相连,形成了很多天然的平行路径,为有效分流主干道路网的饱和交通流提供了有效途径,是缓解城市交通拥挤问题的重要手段.城市交通微循环系统具有以下典型特征:①流向自由,通达性好;②交通流受干线交通流波动影响较小;③交通压力的时空分布比较均匀且时空波动性小;④非机动车需求较大^[10];⑤路网密度高,便于进行交通组织.

2 微循环系统优化目标与措施

作为城市路网系统的重要组成部分,微循环系统的优化目标应该是充分利用城市的支路、胡同及社区道路等道路资源^[12],通过有效的交通组织措施挖掘路网潜力,均衡城市整体路网交通流的时空分布,特别是能够有效卸载主干道与次干道的过量负荷,保证城市主线交通的畅通.即通过交通组织、诱导、控制等方法,将城市主干道、次干道上的过饱和流量,转移到可以替代的微循环道路上.同时,提供必要的行车条件,而不增加过多的绕行距离或行程时间.城市交通微循环系统优化的具体措施一般包括:

1)合理设置静态与动态交通标志.通过合理设置静态指路标志标线,能够有效提高驾驶员对城市路网与替代路线的认知,引导主线交通分流;同时,通过布设可变信息板以显示关键路段、路口的交通状况,也能够有效引导机动车驾驶员在主干道拥挤时更好地选择绕行路线.

2)微循环路网规划.微循环路网规划主要是依据交通需求与分流需要,新建支路、打通支路、收回支路、改造支路及调整出入口.特别是对重点分流的微循环路段,需优先进行改造,以提高通行能力.

3)交叉口转向限制.为了保证重点路段分流畅通,依据流向特征可实施道路强化管理措施,并通过禁止机动车在路口左、右转向,组织机动车单向行驶,或设置道路引导标志,规定限时等措施,以增加微循环道路利用程度,缓解主要交通节点的拥堵.

4)停车及慢行交通改造.由于微循环道路通达性好,且连接居住区和生活区,在实际中会造成严重的停车与机非冲突问题,如路内违规停车、交叉口交通紊乱等;此时,微循环系统需重点进行停车与慢行交通系统改造,如合理设置或取消路边停车位,设支路中心护栏,提高步行系统的可达性等

3 微循环系统优化方法

3.1 交通微循环系统优化流程

依据上述优化目标与具体措施, 设计交通微循环系统优化流程依据以下步骤进行:

步骤 1 分析目标区域路网的结构特征, 对各等级道路进行路段划分, 并利用图论中的有向图来表示路网. 需要指出的是, 主干道和次干道的路段定义为同一条道路同一方向的相邻 2 个交叉口停车线之间的道路, 快速路的路段定义为同一条道路同一方向上 2 个相邻检测器之间的道路^[13].

$G = (V, L)$ 是有向图, $V = \{v_i | i = 1, \dots, n\}$ 是 G 的节点集; $L = \{l_i = (v_r, v_s) | i = 1, 2, \dots, m; v_r, v_s \in V\}$ 是 G 的弧段集, 表示 $l_i = (v_r, v_s)$ 是从 v_r 到 v_s 的弧段; 称 v_r 为 l_i 的起点, v_s 为 l_i 的终点. 以节点表示路网中的特征点, 如交叉口、道路的起点和终点等; 以弧段表示路网中 2 个节点间的连接路段. l_{aj} 为主干道与次干道路路段; l_{bk} 为微循环路段.

步骤 2 主干道与次干道的拥挤路段定位. 由于交通微循环系统优化的主要目标是保证主干道与次干道的畅通, 并进行合理分流, 这就需要首先定位主干道与次干道的拥挤路段.

步骤 3 针对具体的拥挤路段 l_{ah} 搜索微循环区域的可替代路线集合 L_{bg} , 确定其中的最短绕行路线 l_{bq} .

步骤 4 检查 l_{bq} 中各个微循环路段的停车设施、标志标线, 通过路段改造尽量提高通行能力, 同时改善慢行交通系统、静态交通系统与公交系统, 尽量避免机非干扰与违规停车.

步骤 5 确定在路段 l_{ah} 前方分流点的合适地点, 布设相应的静态道路指示标志与可变信息板, 以引导主线交通流分流.

步骤 6 如微循环替代路线无法生成, 则检查是否存在断头支路, 提出规划建议, 以打通支路.

3.2 拥挤路段定位

路网中拥挤路段的定位是进行交通微循环系统优化的基础工作, 主要依据交通需求分析与交通流特征提取. 其中, 交通需求分析即对 OD 矩阵进行交通分配, 获得流量过饱和路段. 交通流特征提取则主要依据路网交通信息提取与交通管理决策知识. 交通流特征提取需对目标路网的交通信息数据库进行分析和整理, 并进行区域路网的交通信息提取, 以判别路网中的常发性拥挤路段^[14]. 交通管理决策知识主要依据交警与交通管理人员经验, 一般也可通过车速调查获得. 由此, 得到了路网中主干道与次干道的拥挤路段集合 L_{ah} .

3.3 微循环绕行路段搜索

交通拥挤产生后, 往往对上游交通流造成影响, 表现为上游交叉口、路段的通行能力下降. 微循环绕行路段是指用于疏导主干道与次干道拥挤区域内的交通流量, 缓解交通拥挤区域交通压力的路段. 交通拥挤区域内服务水平降低, 无法满足交通需求, 需寻找周边微循环系统的缓堵分流路段, 以疏导主干道与次干道交通流, 减轻交通压力. 论文以“就近为主, 先平行, 后上游”的微循环路段选择方式作为选择标准^[15]. 当拥挤路段仅为单个并未形成线型与面型拥挤时, 首先选择与拥挤路段平行的微循环线路作为缓堵分流路段. 当拥挤路段相互连接并形成线状与面状拥挤时, 缓堵分流路段的选择, 则需进行路段合并进行搜索. 具体的微循环绕行路段搜索算法如图 1 所示.

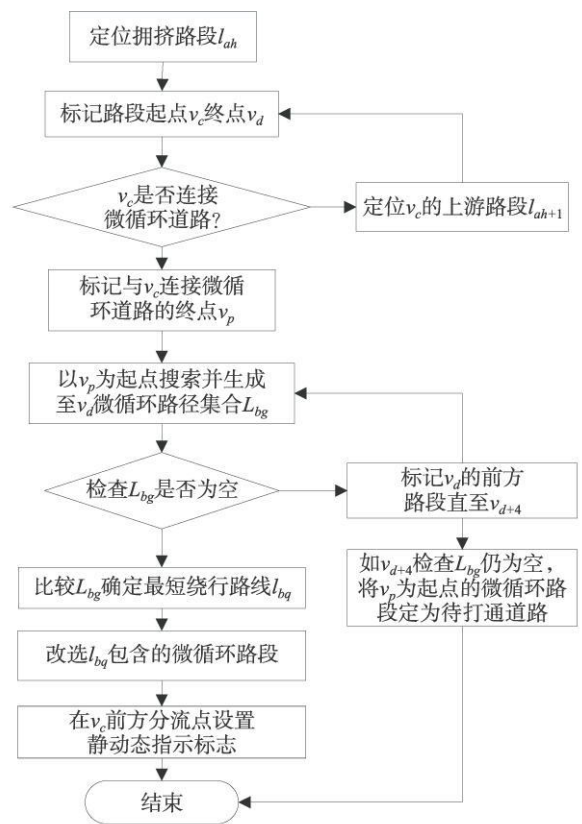


图1 交通微循环绕行路段搜索算法

Fig.1 Traffic microcirculation detour routes search algorithm

上述微循环绕行路段搜索算法能够生成拥挤路段的可替代微循环路段集合 L_{bg} , 确定其中最短的绕行路线 l_{bg} , 并改善 l_{bg} 包含的所有微循环路段的道路条件, 科学设置道路标志标线, 以提高通行能力分流干线交通流; 同时, 在拥挤路段的起点 v_c 前方分流点的合适地点布设相应的静态指路标志或可变信息板。

3.4 指路标志设置

指路标志是传递道路方向、地点、距离信息的标志^[16]。设置指路标志的目的是提供可绕行的微循环路线信息, 需清楚指示前方交叉口的连通情况, 尤其是可替代微循环路线的通达情况。在实际设计中, 必须标注微循环道路的详细名称, 行驶方向等, 如图 2 所示的北京交通微循环指路标志。同时, 标志需设置在合理位置并提高视认性, 便于驾驶员提前决策。



(注: 图片来源于: 王晓旭. 微循环指路标志对缓解交通拥堵所起积极作用的分析. <http://www.bjjtgl.gov.cn/publish/portal0/tab120/info8747.htm>)

图2 北京市交通微循环指路标志
Fig.2 Traffic microcirculation road guide signs in Beijing

另外, 发布动态导向信息可以更好地影响驾驶员的路线选择行为, 主要包括可变信息板、交通广播等发布方式。因此, 需要在重要分流点之前, 科学合理设置可变信息板, 一般可考虑在分流点前 500 m 左右, 显示主要或关键路段及路口的实时交通状态^[12], 便于机动车驾驶员进行路线选择, 诱导其在主要干道流量饱和时绕行微循环路线。

3.5 交通组织措施制定

在采用上述方法设置微循环绕行路段后, 由于主线交通流的大量分流, 显然会给部分微循环绕行路段造成较大的交通压力, 甚至影响到部分路段的畅通、停车与机动车出入小区。此时, 为了减轻交通压力并充分利用道路通行能力, 可有针对性地在重点路段采取单向交通、交叉口流向禁限等交通组织措施, 以保证路段畅通。这些交通组织措施的制定, 必须依据实际交通流量调查进行, 充分考虑路网绕行情况根据实际情况进行反馈。

4 实例分析

为了验证上述交通微循环系统优化方法的有效性, 以曲靖市中心城区路网为例, 进行了交通微循环系统优化。曲靖市中心城区交通微循环系统的规划范围为: 北起三江大道, 东起白石江, 西至老铁路, 南至昆曲高速公路, 区域面积约 12 km²。首先依据交通流特征提取与交通需求, 对曲靖中心城区的拥挤进行定位, 如表 1

表 1 曲靖市中心城区主要拥挤路段

Tab 1 Congestion road sections in Qujing central urban district

序号	常发性拥挤路段	拥挤原因	替代路线
1	交通路(三江大道-麒麟西路)	高峰流量大	祥和路、客运站路、食品街
2	麒麟北路(三江大道-麒麟东路)	高峰流量大	食品街、幸福巷、南宁北路
3	麒麟西路(寥廓北路-交通路)	高峰流量大	文化路、玄坛路、前北路
4	麒麟东路(南宁北路-麒麟北路)	高峰流量大	幸福巷、麒麟巷
5	前北路(麒麟西路-南宁西路)	施工、高峰流量大	玄坛路、前北巷

续表

序号	常发性拥挤路段	拥挤原因	替代路线
6	文昌街(廖廓南路-麒麟南路)	高峰流量大	西关街、珠江源步行街
7	麒麟南路(麒麟西路-南城门)	高峰流量大	文化路、玄坛路
8	麒麟南路(文昌街-南城门)	高峰流量大	西门街、学院街、南门街
9	珍珠街	交通管理差、占道经营	商场支路
10	文昌街(园林路-廖廓南路)	高峰流量大、路况差	西门街、珠江源步行街、打油巷、新道巷、学院街

按照论文设计的交通微循环系统优化方法,对拥挤路段的微循环绕行路线进行搜索,如表 1 所示.在此基础上,确定了微循环指路标志的布设位置,如表 2 所示.

表 2 微循环指路标志布设位置

Tab 2 Configuration location of road guide signs

序号	布设位置	分流拥挤路段	行驶目标路段	微循环替代路线
1	前北巷与麒麟西路 交叉口西方	麒麟西路(廖廓北路——麒麟南路)	麒麟南路	前北巷、文化路、玄坛路
2	南宁北路与麒麟东路 交叉口西方	麒麟东路(南宁北路——麒麟北路)	麒麟东路环岛	龙潭巷
3	麒麟南路与物资局步 行街交叉口南方	麒麟南路(南宁北路——玄坛路)	麒麟东路环岛	物资局步行街、麒麟巷
4	麒麟南路与鹿和街 交叉口北方	文昌街、麒麟南路	文昌街、南城门	鹿和街、廖廓南路、西门街
5	廖廓南路与文昌街 交叉口东方	文昌街	文昌街、麒麟南路	打油巷、新道巷、西门街
6	文昌街与学院街 交叉口东方	文昌街	文昌街、廖廓南路、 园林路	学院街、打油巷、新道巷
7	西门街与南门街 交叉口西方	麒麟南路	南城门	南门街、学院路
8	麒麟南路与东门街 交叉口南方	麒麟南路	建设路、南宁西路、 南宁东路	东门街、珍珠街、建设路

为了充分利用微循环路网的道路资源,需要对微循环系统的部分路段进行改造,以提高系统的通行能力,具体建设项目如表 3 所示.同时,交通微循环系统优化需要科学的交通管制措施的配合,依据路网的实际流量情况,设置了相应的交通管制措施,如表 4 所示.

表 3 微循环系统建设项目

Tab 3 Traffic microcirculation system construction projects

序号	项目名称	建设目的	工作内容
1	改造交通路	提高道路通行能力	全线路面平整、渠化、增加交管设施
2	打通祥和路	改善路网结构和片区微循环	廖廓北路到白牛巷 1 200 m
3	改造白牛巷	改善路网结构	拓宽白牛巷成次干道,三江大道到翠峰路 772 m
4	改造古城巷	改善北区微循环	三江大道到麒麟西路 568 m
5	改造幸福巷、龙潭巷	改善北区微循环	麒麟北路到南宁北路 700 m
6	打通小区路	改善北区微循环	三江大道到官坡寺街 395 m
7	打通官坡寺街	改善路网结构和北片区微循环	南宁北路到麒麟北路 516 m
8	取消文化路步行街, 改成次干道	改善片区中心区微循环	廖廓北路到麒麟南路 670 m
9	珍珠街改造	提高道路通行能力 / 改善交通秩序	珍珠街道路全线改造渠化、南宁北路和珍珠街交叉口 设信号灯、规范周边行车秩序

表 4 微循环系统交通管制措施

Tab 4 Traffic microcirculation system traffic regulation measures

序号	实施位置	具体措施	实施目的
1	文化路与麒麟南路交叉口	由西向北禁左	麒麟南路环岛方向拥挤严重, 文化路进口禁左能够减少冲突点, 并更好地实现文化路对麒麟西路的分流
2	前北路与文化路交叉口	由北向东禁左	前北路作为麒麟南路的平行路径, 主要分流干线交通流, 禁左能够减少对文化路及其与麒麟南路交叉口的交通压力
3	麒麟巷 物资局步行街东段	由西向东单行	麒麟巷与物资局步行街东段形成微循环替代环路, 主要分流麒麟南路与麒麟东路的拥挤路段
4		由东向西单行	
5	廖廓南路与文昌街交叉口	由北向东禁左	文昌街交通拥挤严重, 禁左能够减少交通冲突与东段的交通压力
6	鹿和街 西门街	由东向西单行	鹿和街与西门街形成微循环替代环路, 主要分流文昌街的拥挤路段
7		由西向东单行	
8	环城东路与珍珠街交叉口	由南向西禁左	珍珠街交通拥挤严重, 禁左能够减少交通冲突与珍珠街西段的交通压力

5 结 论

交通微循环系统优化是经济、高效地解决城市交通拥挤问题的新方法. 针对交通管理与微循环系统优化的实际需要, 以缓解区域路网交通拥挤为主要目标, 设计了完整的交通微循环系统优化方法, 能够搜索拥挤路段的微循环绕行路线, 并确定了微循环指路标志的布设地点. 与传统城市支路改造这样的单一措施不同, 城市交通微循环系统优化以缓解区域路网交通拥挤为目标, 从微循环绕行、指路标志布设、路网改造与交通管制 4 个方面进行路网整体优化, 能够取得更为理想的效果. 结合曲靖市中心城区微循环系统的实际情况, 同时给出了具体的微循环系统建设项目与交通管制措施. 论文提出的交通微循环系统优化方法, 能够为城市交通路网规划与交通组织提供新的解决思路, 并为解决交通拥挤问题提供决策支持. 但由于受到实际交通数据采集的限制, 论文未进行路网的实际仿真, 结合微循环分流与交通管制措施进行交通仿真, 将是作者下一步的研究方向.

参考文献:

- [1] 戢晓峰, 刘澜. 基于案例推理的交通拥挤管理方法 [J]. 西南交通大学学报, 2009, 44(3): 422-426
- [2] 邱枫, 陈芳. 生活与效率的平衡——城市支路网的完善与空间重塑 [J]. 华中建筑, 2006, 24(12): 127-129
- [3] 马强. 寻找消失的支路——破解城市支路规划和建设难题的思考 [J]. 规划师, 2009, 25(6): 5-10
- [4] 徐循初. 城市道路网系统规划思想及实例解析 [J]. 城市交通, 2006, 4(1): 31-35
- [5] Christopher W, David J, Gautam A. Spatial Aspects of Traffic Circulation [J]. Transportation Research Part B, 1995, 29(1): 1-32
- [6] Michael C P. The supply of Residential Access Streets and Secondary Arterial roads [J]. Transportation Research Part B, 1980, 14(1): 121-132
- [7] 史峰, 黄恩厚, 陈群, 等. 城市微循环交通网络中单行交通组织优化 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2009, 9(4): 30-35
- [8] 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): 17-19
- [9] 刘望保. 国内外城市交通微循环和支路网的研究进展和展望 [J]. 规划师, 2009, 25(6): 21-24
- [10] 宋雪鸿. 城市交通微循环问题的解决策略及其应用研究 [D]. 上海: 同济大学, 2008
- [11] 夏海平, 屠敏芝. 上海市中心区支路利用对策研究 [J]. 城市交通, 2005, 3(1): 68-70
- [12] 毛保华, 孙壮志, 贾顺平, 等. 区域交通组织优化方法及实践研究 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2007: 52-55
- [13] 姜桂艳. 道路交通状态判别技术与应用 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 58-62
- [14] 戢晓峰, 刘澜, 吴其刚. 区域路网交通信息提取方法 [J]. 西南交通大学学报, 2008, 43(3): 422-426
- [15] 胡晓健, 王炜, 陆建. 道路交通意外事件影响范围确定方法 [J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2007, 37(5): 934-939
- [16] 黄敏, 余志, 肖国荣. 基于交叉口函数的城镇指路标志设置模型 [J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(4): 96-100