

文章编号:1673-9469(2009)01-0055-03

## 快速路与地面道路连接区域交通控制方法

郑建湖<sup>1</sup>, 陈洪<sup>2</sup>

(1.闽江学院 汽车系,福建 福州 350108;2.上海市城市建设设计研究院,上海 200125)

**摘要:**快速路与地面道路连接区域是城市交通问题最为严重的区域之一,传统的交叉口信号控制与入口匝道控制是相互独立的,本文在分析连接区域交通问题产生原因的基础上,综合考虑快速路和地面道路的交通状况,提出了交叉口与入口匝道信号控制思想。这种控制方法能有效地避免出入口匝道产生超长车辆排队的现象,防止连接区域交通拥堵的发生。

**关键词:**交通控制;匝道控制;交叉口信号控制;快速路;地面道路

**中图分类号:** U491.5<sup>+</sup>4

**文献标识码:** A

### Traffic control method of connection zone between freeway and surface road

ZHENG Jian-hu<sup>1</sup>, CHEN Hong<sup>2</sup>

(1. Department of Automotive Engineering, Minjiang University, Fuzhou 350108, China;

2. Shanghai Urban Construction Design & Research Institute, Shanghai 200125, China)

**Abstract:** Connection zone between freeway and surface road is one of the most serious problems for urban transportation. Traditional intersection signal timing and ramp metering are independent with each other. After analyzing the causes of traffic problem, a control idea for connection zone is put forward, which takes the traffic conditions of both freeway and surface road into account. The control method proposed can effectively avoid the occurrence of traffic congestion of connection zone.

**Key words:** traffic control; ramp metering; signal timing; freeway; surface road

城市快速路是指位于城市内适应机动车快速通行的干道,它具有全程无交叉口,以互通式立体交叉或出入口匝道与城市地面道路相连接。该类交叉口设有东西向直行车流,南北向停车线距离较一般交叉口远<sup>[1]</sup>,在交通高峰期严重干扰了地面道路的正常交通。出口匝道出现车辆超长排队现象,甚至延伸至快速路主线上,造成快速路主线交通堵塞问题。

为了解决快速路与地面道路连接区域的交通拥挤问题,人们采用了各种各样的交通管理措施,其中入口匝道控制是缓解快速路交通拥挤最为有效的措施,而交叉口信号控制被公认为是解决地面道路交叉口交通拥挤最为有效的措施。但是,入口匝道控制和交叉口信号控制往往是独立运行的,它们之间缺乏有效的协调,没有考虑快速路交通与地面道路交通的相互影响,因而很难有效地

解决连接区域的交通拥挤问题。

本文针对快速路与地面道路连接区域的交通拥挤问题,提出了一种适用于该连接区域的交通控制方法,该方法中匝道控制与交叉口信号控制是分别独立的,但都考虑了快速路与地面道路的交通状况,能有效地协调快速路与地面道路的交通,防止连接区域交通拥挤的产生。

### 1 控制思想

快速路与地面道路连接区域交通拥挤的产生主要有两方面的原因<sup>[2]</sup>:(1)快速路交通比较拥挤,出口匝道有较大的交通需求,导致出口匝道车辆产生超长排队现象,甚至延伸至快速路主线上,严重地阻碍了快速路的正常交通;(2)地面道路交通比较拥挤,从地面道路进入快速路的交通需求

较大,以致在入口匝道处产生超长车辆排队现象,甚至延伸至地面道路上,严重地干扰了地面道路的正常交通。

由连接区域交通拥挤产生的原因可知,该区域的交通控制思想应该满足以下几个条件:

(1)在不拥挤交通状况下,即入口匝道和出口匝道都没有出现超长车辆排队现象,此时入口匝道控制和地面道路交叉口信号控制可各自独立运行,无需协调。(2)当入口匝道出现超长车辆排队时,一方面应增大入口匝道调节率,另一方面可调整交叉口的信号配时,即缩短通往入口匝道车流所在相位的绿灯时间,以保证入口匝道车辆排队得以快速消散。(3)当出口匝道出现超长车辆排队时,可改变交叉口信号配时,即延长出口匝道车流所在相位的绿灯时间,使得出口匝道处的车辆得以快速疏散。

本文提出的连接区域交通控制框架如图1所示,交叉口信号控制根据地面道路两个进口方向的车辆排队长度,以及出、入口匝道车辆排队长度及时调整信号配时;而入口匝道控制则根据快速路的车道占有率和入口匝道排队长度来改变调节率大小。该控制方法符合连接区域的交通控制思想,能有效地防止连接区域交通拥挤的产生。

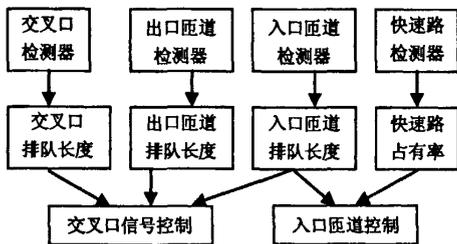


图1 连接区域交通控制框架

Fig.1 Traffic control frame of connected area

## 2 入口匝道控制

入口匝道控制算法是根据鲁棒性较好的ALINEA算法进行修正而得到的。ALINEA算法如下<sup>[3,4]</sup>:

$$r(k) = r(k-1) + K_R [\hat{o} - o_{out}(k)]$$

式中  $r(k)$  -  $k$  时段入口匝道调节率;  $\hat{o}$  - 匝道下游期望占有率,一般来说它等于临界占有率或略小于临界占有率;  $K_R$  - 调节参数。

ALINEA算法没有考虑入口匝道因排队引起的回溢(spill-back)现象。因而本文对ALINEA算

法进行了改进,根据入口匝道排队长度的情况对入口匝道调节率进行调整,从而使快速路和地面道路的交通负荷达到均衡,提高整个交通系统的运行效率。

快速路与地面道路的交通问题是相互联系、相互制约的。快速路交通的恶化导致地面道路上的车辆无法顺利通过入口匝道进入快速路,导致地面道路交通恶化,而地面道路交通的恶化,又使从快速路出口匝道驶离的车辆无法顺利地通过地面道路交叉口,如此循环,致使整个交通系统恶性循环,无法发挥出城市交通系统的应有作用。从交通管理和控制的角度出发,当地面道路交通比较拥挤时,快速路的交通控制措施应考虑到地面道路的交通状况;而快速路的交通比较拥挤时,地面道路信号交叉口的控制措施也应考虑到快速路的交通状况。地面道路交通比较拥挤时,交叉口的车辆排队长度比较长,想要进入快速路的车辆也比较多,从而导致入口匝道的车辆排队也比较长,因此入口匝道控制考虑匝道处的车辆排队长度也就等于考虑到了地面道路的交通状况。当入口匝道排队长度超过一定值时,说明地面道路的交通开始形成拥挤,根据地面道路交通的拥挤程度(反映在入口匝道的车辆排队长度上)调整入口匝道的调节率,地面道路的交通越拥挤,入口匝道越应增大调节率。改进后的入口匝道调节率可表示为

$$r = r(k)\alpha(k) \quad (1)$$

$$\text{约束条件为 } r_{\min} \leq r \leq r_{\max}$$

$\alpha(k)$ 为控制时间段  $k$  的入口匝道调节率调整参数, $\alpha(k)$ 的值由式(2)确定。

$$\begin{cases} L^n / L_{\max}^n \leq 0.5 & \alpha(k) = 0 \\ L^n / L_{\max}^n > 0.5 & \alpha(k) = \mu \left( \frac{L^n}{L_{\max}^n} - 0.5 \right) \end{cases} \quad (2)$$

式中  $L^n$  - 入口匝道实际排队长度;  $L_{\max}^n$  - 入口匝道最大排队长度;  $\mu$  - 调节比例系数。

由改进后的入口匝道控制算法可知,当入口匝道排队长度  $L^n$  小于或等于最大入口匝道最大排队长度  $L_{\max}^n$  的一半时,调整参数  $\alpha(k)$  为0,此时入口匝道排队长度还不至于对地面道路的交通构成影响,因此不需要调整入口匝道调节率。当入口匝道排队长度  $L^n$  大于最大入口匝道最大排队长度  $L_{\max}^n$  的一半时,我们认为随着入口匝道排队长度  $L^n$  的增加,对地面道路交通构成的影响越来越大,当入口匝道排队长度  $L^n$  等于最大入口匝道最

大排队长度  $L_{max}^m$  时,此时将入口匝道调节率提高  $\mu$ ,以尽快消散入口匝道的车辆排队,避免车辆排队长度延伸至地面道路上,进而影响地面道路的正常交通。

$\mu$  值的大小直接影响匝道调节率的调整幅度。当入口匝道出现超长排队长度时, $\mu$  值太小致使入口匝道调节率增大的幅度不够大,入口匝道的车辆疏散的比较慢; $\mu$  值太大会使入口匝道调节率增大的幅度过大,导致快速路的交通远离最佳交通状况,从而使快速路的交通产生拥挤甚至堵塞。经过快速路与地面道路交通流的研究,选取比较合适的  $\mu = 0.2$ 。

### 3 交叉口信号控制

交叉口控制采用全感应的交通控制方法。该控制方法取决于南北向的路段车辆排队长度、出口匝道车辆排队长度以及入口匝道车辆排队长度三个因素。相位的切换则依据当前相主队列(主队列是指一个相位中车辆等待数最大的队列)和后续相的主队列,同时还考虑了出入口匝道车辆排队长度的影响。为了便于地面道路交叉口与入口匝道实施协调控制,在每个入口匝道和出口匝道处均设置了两组车辆检测器,用于检测匝道处的车辆排队长度情况;在地面道路上的南北向进口路段也各自布设了两组车辆检测器,用于检测东西进口道的车辆排队长度情况。

快速路出入口匝道与地面道路相衔接构成的特殊交叉口,与普通的道路交叉口有所区别,该类特殊路口东西向没有直行车流,南北向地面道路两个方向进口道停车线之间的距离比较长,南北左转车辆须在离开停车线之后直行一段距离才能左转,以保证足够的转弯半径<sup>[5]</sup>。所以南北向左转需要两个相位,而东西向左转则只需一个相位,也不会有冲突。因而信号采用三相位。

第一相位为南进口方向的车辆通行,第二相位为东西两个方向的下匝道车辆通行,第三相位为北进口方向的车辆通行。相序固定,相位的切换不仅根据当前相的主队列和后续相位的主队列,同时还考虑出入口匝道车辆排队长度的情况。

假设  $Q_i$  为第  $i$  相位的主队列车辆排队长度,  $L^m$  为入口匝道车辆排队长度,  $L_{max}^m$  为入口匝道最大车辆排队长度,  $L_{off}$  为出口匝道车辆排队长度,  $L_{off,max}$  为出口匝道最大车辆排队长度,则地面道路

交叉口的信号控制流程如图 2 所示。

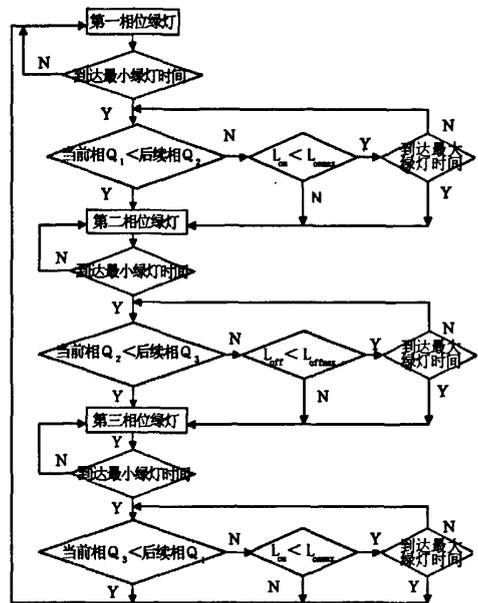


图2 交叉口控制流程图

Fig. 2 The control flow chart of intersection

由交叉口的信号控制流程可以看出,在正常交通情况下,即入口匝道和出口匝道没有出现车辆超长排队现象,地面道路交叉口就相当于普通的全感应控制。只有在以下两种交通状况下,交叉口信号控制才有别于普通的全感应控制:

1)当入口匝道处的车辆检测器检测到的车辆排队长度超过最大车辆排队长度时,地面道路交叉口的信号控制朝着有利于减少入口匝道车辆排队长度方向调整,以减少从地面道路向入口匝道方向流动的交通流。

2)当出口匝道车辆排队长度超过最大车辆排队长度时,地面道路交叉口的信号控制朝着有利于疏散出口匝道交通流的方向调整,使出口匝道处的车辆得到更快的疏散,以避免出口匝道处的车辆排队长度延伸到快速路主线上,从而影响快速路主线的正常交通。

### 4 结语

本文提出的连接区域交通控制方法包括入口匝道控制模块和地面道路交叉口信号控制模块,其中入口匝道控制模块能根据快速路主线的交通状况及入口匝道车辆排队长度情 (下转第 62 页)

#### 4 结束语

由于对不可再生资源的单一开发,资源型城市形成了以重工业为支柱的经济增长模式,由此形成了城镇化严重滞后的态势,必须进行转型。只有从突破资源开发范畴出发,坚持产业结构多元化的发展方向,构建起与产业结构相一致的空间结构,才能形成经济增长与城镇化协调发展的状态,才能走上“新型工业化的道路”。

#### 参考文献:

- [1] 华富,陆林.西方资源型城镇研究的进展[J].自然资源学报,2000,15(3):291-296.
- [2] 钱勇.国外资源型城市产业转型的实践、理论与启示[J].财经问题研究,2005,(12):24-29.
- [3] 冯兴元.欧盟与德国—解决区域不平衡的方法和思路[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2002.
- [4] 许信胜,牛妍.资源型城市经济转型的国际经验和对我国的启示[J].兰州交通大学学报(社会科学版),2005,(24):48-50.
- [5] 刘玉宝.资源型城市产业转型的国际经验及其对我国的启示[J].世界地理研究,2005,14(4):57-63.
- [6] 余际从,李凤.国外矿产资源型城市转型过程中可供借鉴的做法经验和教训[J].中国矿业,2004,(13):15-18.
- [7] 赵景海.我国资源型城市发展研究进展综述[J].城市发展研究,2006,13(3):86-82.
- [8] 孙森,丁四保.我国资源型城市衰退的体制原因分析[J].经济地理,2005,25(2):273-276.
- [9] 赵智龙,李钊.资源型城市转型与制度创新[J].经济论坛,2005,(24):48-50.
- [10] 陈荣平.资源型城市现代化转型的概念性分析框架—以克拉玛依市为例[J].城市规划汇刊,2003,(3):59-62.
- [11] 刘玉劲,陈凡.我国资源型城市产业转型的分析框架[J].东北大学学报(社会科学版),2004,6(3):184-187.
- [12] 王青云.资源型城市经济转型研究[M].北京:中国经济出版社,2003.
- [13] 陈秉钊.攀枝花城市持续发展的思考[J].规划师,2006,22(4):9-10.
- [14] 毛蒋兴,何崑健.资源型城市生命周期模型研究[J].地理与地理信息科学,2008,24(1):56-60.
- [15] 何崑健,毛蒋兴.资源型城市城乡协调发展策略[J].城市问题,2008,(1):45-49.
- [16] 郭克莎.工业化与城镇化的经济学分析[J].中国社会科学,2002,(2):44-55.
- [17] 李林杰,王金玲.对工业化和城市化关系量化测度的思考—兼评我国的工业化与城市化进程[J].人口学刊,2007,(4):31-35.
- [18] 崔功豪,魏清泉,陈宗兴.区域分析与规划[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [19] 陈修颖.区域空间结构重组[J].经济地理,2003,23(4):445-450.
- [20] 郝寿义,安虎森.区域经济学[M].北京:经济科学出版社,2004.

(责任编辑 刘存英)

(上接第57页)

况改变调节率大小;交叉口信号控制模块则根据地面道路进口方向车辆排队长度情况及出、入口匝道车辆排队长度情况调整信号配时。在上海市外环线——漕宝路连接区域的实际应用表明,该控制方法能有效地防止连接区域交通拥挤的产生,避免出、入口匝道出现车辆超长排队现象。

#### 参考文献:

- [1] 郑建湖,王明华,陈洪,等.一类特殊路口的多相位模糊交通控制[J].陕西理工学院学报,2006,23(1):38-40.
- [2] 郑建湖,伍雄斌,文子娟.快速路入口匝道控制对交通系统的影响分析[J].河北工程大学学报,2008,25(2):17-20.
- [3] PAPAGEOGIOU M, HADJ-SALEM H, MIDDELHAM F. ALINEA local ramp metering—summary of field results[J]. Transportation Research Record, 1998(1603):90-98.
- [4] HADJ SALEM H, BLOSSVILLE J M, PAPAGEOGIOU M. ALINEA: A local feedback control law for on-ramp metering—a real life study[A]. Proceeding of 3rd IEE International Conference on Road Traffic Control, London, England, 1990.
- [5] 杨晓光.城市道路交通设计指南[M].北京:人民交通出版社,2003.

(责任编辑 刘存英)

# 快速路与地面道路连接区域交通控制方法

作者: 郑建湖, 陈洪, ZHENG Jian-hu, CHEN Hong  
作者单位: 郑建湖, ZHENG Jian-hu(闽江学院, 汽车系, 福建, 福州, 350108), 陈洪, CHEN Hong(上海市城市建设设计研究院, 上海, 200125)  
刊名: 河北工程大学学报(自然科学版)   
英文刊名: JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING (NATURAL SCIENCE EDITION)  
年, 卷(期): 2009, 26(1)

## 参考文献(5条)

1. 郑建湖;王明华;陈洪 一类特殊路口的多相位模糊交通控制 2006(01)
2. 郑建湖;伍雄斌;文子娟 快速路人口匝道控制对交通系统的影响分析 2006(02)
3. PAPAGEOGIOU M;HADJ-SALEM H;MIDDELHAM F ALINEA local ramp metering -summary of field field results 1998(1603)
4. HADJ SALEM H;BLOSSIVILLE J M;PAPAGEOGIOU M ALINEA:A local feedback control law for on-ramp metering-a real life study 1990
5. 杨晓光 城市道路交通设计指南 2003

## 本文读者也读过(10条)

1. 李阳. 李亮玉. 杜玉红. LI Yang. LI Liang-yu. DU Yu-hong 快速路智能交通系统研究[期刊论文]-天津工业大学学报2007, 26(5)
2. 武志平 城市快速路控制的若干方法研究[学位论文]2008
3. 谢劲松. 韩印. 范炳全. 干宏程. XIE Jin-song. HAN Yin. FAN Bing-quan. GAN Hong-cheng 快速路系统反馈控制器设计及算法[期刊论文]-交通运输工程学报2008, 8(4)
4. 赵秋林 基于聚类分析和模式匹配的方法在城市区域交通控制中的应用[学位论文]2005
5. 游小荣. 尹征琦. You Xiaorong. Yin Zhengqi 一种基于延误模型的区域交通控制方法[期刊论文]-交通科技 2005(2)
6. 吴德志. 刘志荣. 林淑芬 城市道路交通控制系统的发展趋势[期刊论文]-机电技术2004(z1)
7. 林晓辉. 曹成涛 “道路交通控制”教学研究与实践[期刊论文]-科教文汇2010(18)
8. 董超俊. 刘智勇. 邱祖廉. Dong Chaojun. Liu Zhiyong. Qiu Zulian 灾变粒子群优化算法及其在交通控制中的应用[期刊论文]-计算机工程与应用2005, 41(29)
9. 吴义虎. 武志平. 刘燕妮. WU Yi-hu. WU Zhi-ping. LIU Yan-ni 基于模型预测的城市快速路匝道流量协调控制[期刊论文]-长沙交通学院学报2007, 23(4)
10. 王春雷. 钱勇生. WANG Chun-lei. QIAN Yong-sheng 基于双向并行灾变粒子群算法的区域交通控制[期刊论文]-计算机工程与应用2007, 43(34)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hbjzkjxyxb200901014.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200901014.aspx)