

文章编号: 1671-5497(2006)Suppl 2-0139-04

交通控制子区动态划分方法

杨庆芳, 陈 林

(吉林大学 交通学院, 长春 130022)

摘 要: 在分析交通流特性的基础上, 提出了周期子区、相位差/绿信比子区的概念。与此概念相对应, 详细介绍了一种控制子区动态划分的方法。运用 Vissim 软件进行了仿真。结果表明: 与传统控制子区划分方法相比, 运用该方法可进一步提高道路交通流的运行效率。

关键词: 交通运输系统工程; 交通协调控制; 控制子区; 信号配时; 仿真

中图分类号: U491 **文献标识码:** A

Division approach of traffic control work zone

Yang Qing-fang, Chen Lin

(College of Transportation, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract In the field of the intersection coordinated control in the large area, the cycle work zone and the phase offset/signal split work zone were defined on the basis of the road traffic flow characteristic analysis, and a dynamic division approach of the traffic control work zone was presented in detail. The simulation was performed by means of the software Vissim. The results show that compared with the traditional control work zone division approach, applying the suggested approach leads to the enhancement of the road traffic flow efficiency.

Key words: engineering of communication and transportation system; traffic coordinated control; control work zone; signal timing; simulation

目前, 国外的交通控制系统 (例如: SCOOT 和 SCATS 系统等) 主要采用静态划分控制子区的方法, 而动态划分控制子区的方法仍在研究和逐步实现中^[1-3]。国内学者在这方面也进行了一定的研究, 文献 [4, 5] 分别提出了以实现控制区域目标来动态划分控制子区的方法和诱导条件下交通控制子区自动划分方法。本文在开发了具有自主知识产权的混合交通控制系统 MACS 的基础上, 提出了独特的周期子区和相位差/绿信比子区的概念及动态交通子区划分方法。

1 城市交通流特性

城市交通流的分布既体现了微观和局部的随机性, 又体现了宏观和网络全局分布的规律性。微观上, 路口交通流和路网交通流的大小及规律在空间和时间上都具有一定的随机性。例如, 一个路口的某进口, 在非高峰时段的某些信号周期内车辆流量可能很大, 也可能几乎没有车辆到达。宏观上, 交通流量的时空分布也具有一定的规律性。例如对路口而言, 每天的流量从早高峰到晚

收稿日期: 2005-12-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60474048); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目 (20040183035); 吉林省自然科学基金资助项目 (20050205)

©1994-2013 China Academic Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作者简介: 杨庆芳 (1966-), 女, 教授, 博士。研究方向: 智能运输系统。E-mail: yangqf@jlu.edu.cn

高峰,在一定统计时间间隔(例如 5 min、15 min 等)内,流量曲线一般能吻合得比较好。对路网而言,某个时段的空间流量分布也呈现出比较强的规律性。

研究表明,路网交通流的特性总是以区域为单位的,即几个相邻交叉口的交通流特性会在一段时间内具有相似性。对大范围城市交叉口进行区域协调控制时,为了有效地分担系统负荷,较好地解决系统故障源过分集中的问题,需要采用分布式网络结构。因此,一般采用三层控制结构,如图 1 所示。城市交通控制系统将若干控制器组成一个控制周期子区^[6],若干个子区组成一个相对独立的系统,由区域控制中心控制。系统内部各个子区之间存在着一定的协调关系,随着交通情况的变化,子区之间既可以合并,又可以重新分开。

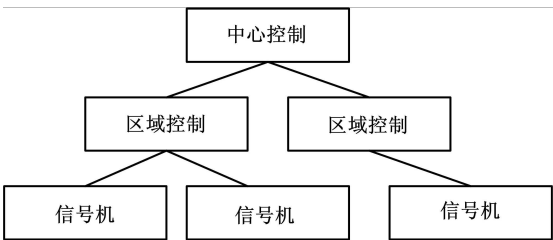


图 1 三层控制结构示意图

Fig 1 Sketch map of three hierarchies control structure

2 控制子区

2.1 控制子区概念

控制子区是有必要用同一种方案控制,或者用同一方案控制也不会出现不良情况的控制区域的最小单位。在周期、绿信比、相位差 3 个优选配时参数中,周期和绿信比以路口为单位有最佳值,所以最好进行一个子区一个路口的小分割。但考虑到相位差的系统控制必须以两个路口以上的系统单位为控制对象,需要一定数量的路口单元才能体现协调控制的效果,因此,将路口划分成子区,指定其中的一个路口为子区的关键路口,其他路口为非关键路口。一个子区内的路口必须相互邻接。关键路口一般是子区中交通负荷最大的路口,同时也是非关键路口协调相位差的基准路口,系统主要对子区内的路口进行协调控制^[7]。

2.2 控制子区划分原则

距离适当原则:划分在一个子区的路口之间

的距离不要太远,一般在 200—1000 m 为最佳。因为路口相距太远,车队的离散程度比较随机,车队到达下一个路口后不能保持车辆的连续性,协调的效果会有所减弱。

流量相关原则:划分在一个子区的路口的流量应具有较大的相关性,这样协调效果明显。

周期相近原则:由于参与协调控制的所有路口必须共用一个信号周期或半周期,所以一个子区内路口单点控制时的最佳周期长度应相近,否则协调控制时可能引起路口的局部拥堵。

2.3 控制子区分类

在一个控制子区内,所有交叉口共用同一个信号周期长度,所以子区的划分也主要由信号周期长度决定。当某一组相邻交叉口所需的周期长度与另一组相邻交叉口所需周期长度相差悬殊时,就不能将它们划分在同一个子区内。反之,两组相邻的交叉口,所需信号周期长度相近,则可以组合成一个子区,这个过程叫做子区间调整。一个控制子区内部,所有路口执行相同的周期时间,称为周期子区。

城市交通流在一定时间内呈现出网络的规律性和局部的随机性。周期子区内虽然交叉口所需信号周期相近,但各交叉口的交通流特性并不完全相似,甚至会出现截然相反的特性。网络的规律性只体现在周期子区内部分相邻交叉口间,在对子区进行划分调整时,必须考虑到这种交通状况。因此,对同一周期子区内的几个相位差/绿信比协调控制单元分别进行协调控制,称为相位差/绿信比子区;根据实时交通参数和车流主要流向动态,将周期子区内不同相位差/绿信比子区间邻接交叉口划分到两相邻的相位差/绿信比子区中的过程称作子区内调整。为了实时选择相位差、绿信比参数,在每个相位差/绿信比子区内分别选取一个关键交叉口,周期关键交叉口同时也是相位差/绿信比关键路口。

2.4 控制子区调整

2.4.1 子区间调整

子区间的调整方式一般是根据其控制方式决定的。当采用固定配时控制方式时,则根据既定时间表调整;当采用自适应控制方式时,则根据交叉口所需信号周期长度来调整。

下面用“合并指数”这个概念表示。在每一个信号周期内都要进行一次合并计算,当相邻两子系统各自所需求的信号周期长度差不超过 5 s

时,则“合并指数”为+1,反之为-1;若合并指数积累到4时,则认为这2个子区已经达到合并的标准;当“合并指数”为0时,则可以重新分为原先的2个子区。子区间调整流程见图2所示。

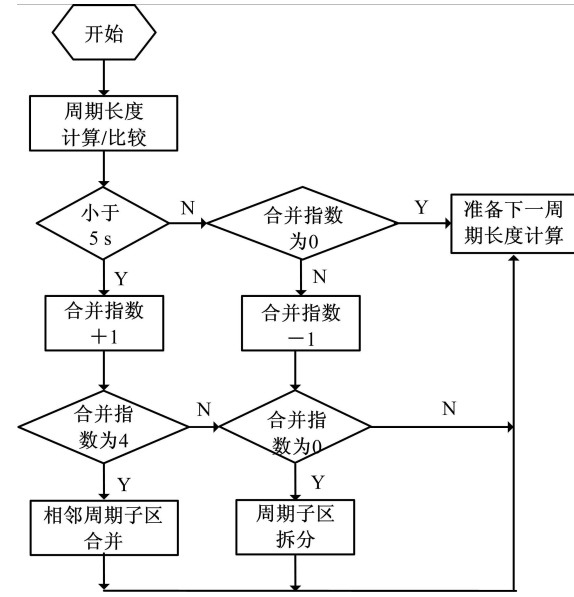


图 2 周期子区调整流程图

Fig 2 Flow chart of cycle work zone adjustment

2.4.2 子区内调整

周期子区内相位差/绿信比子区间邻接交叉口存在着动态调整的过程。图3中,交叉口①和②为相位差/绿信比子区邻接交叉口,根据实时道路状况,交叉口①可能动态划分到相位差/绿信比子区2中;反之,交叉口②也有可能划分到子区1中。

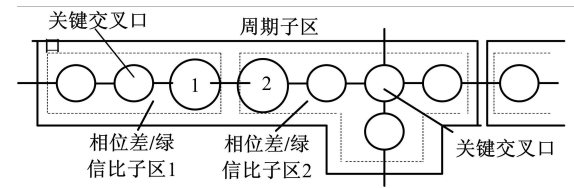


图 3 控制子区划分示意图

Fig 3 Sketch map of control work zone division

具体划分原则如下。

车流流向原则:如果邻接交叉口连续3个周期内车流主要流向与所在相位差/绿信比子区绿波控制方向相反,而与相邻子区相同时,邻接交叉口划归相邻子区。

相位差调整量最小原则:若周期子区内各个相位差/绿信比子区内双向车流差不多时,依据公式

$$F = \sum_{i=1}^n |OT(i) - OE(i)| \quad (1)$$

使得周期子区内相位差调整总量最小,判断邻接交叉口的归属。相位差具体计算公式及调整方法详见文献[6]。式中:F为周期子区内各交叉口相位差调整总量;OT(i)为交叉口i的绝对相位差目标值;OE(i)为交叉口i的绝对相位差执行值;i为交叉口编号;n为相位差/绿信比子区内的交叉口总数。

3 方法分析与仿真比较

大范围的多路口面协调控制(面控)是以多路口的线协调控制(线控)为基础的,将二维平面上的路口进行子区分割最终进行协调控制,归根结底是实现线控,即线绿波控制。所谓“绿波”就是指车流在沿某条主要路线行进过程中,连续得到绿灯放行信号,畅通无阻地通过沿途所有交叉口[1]。绿波控制最主要是协调各交叉口绿灯起步时距,即确定交叉口间相位差。

本论文提出的子区划分方法有如下优点:

(1)传统的子区划分方法中,同一子区的所有交叉口参加同一个绿波控制。从文献[6]中有关绿波带的计算方法可以看出,参加协调控制的交叉口越多,协调控制越难实现,车辆可连续通行的绿波带越窄,连续绿波通行时间越短。本论文根据实时交通流特性对同一周期子区内部交叉口进一步细分,把一个周期子区划分为不同的几个相位差/绿信比子区分别进行绿波控制。使参加协调控制的交叉口数有所减少,绿波带宽度增加,连续绿波通行时间增长。

(2)传统的子区划分方法中,同一子区中所有交叉口全部参加双向或单向绿波控制。由于交通流的波动性,子区中交叉口间交通流特性会有所差别。本论文考虑了该因素,细分的相位差/绿信比子区依据重交通流方向采取不同的控制方案。

(3)周期子区加相位差/绿信比子区的划分方法能够使得子区间的合并与拆分灵活性增强,信号配时方案的生成时间有所减少,从而使系统的响应时间减少。

本文利用Vissim模拟软件对一个有8个交叉路口的周期子区的绿波控制加以仿真。8个交叉口间的距离如表1所示。子区间路段为双向双车道,E路口和F路口可以左右转,左右转车辆比例

各为 50%,其余交叉口禁止左右转。子区起终点交叉口的交通生成量为 1000 veh/h,子区内所有交叉口信号周期为 80 s。以子区平均排队长度、子区内交叉口最大排队长度、子区车辆平均延误为考核指标,子区具体划分方案及仿真结果见表 2 所示。

表 1 路段长度

Table 1 The length of road sections

路段	AB	BC	CD	ED	EF	FG	GH
路段长 /m	350	400	160	540	28	28	27

表 2 仿真数据

Table 2 Simulation data

子区方案	效益		
	平均排队 长度 /m	最大排队 长度 /m	车辆平均 延误 /s
周期子区双向协调	9.8	199	80.5
相位差 绿信比子区双向协调	9.7	195	77.2
相位差 绿信比子区单向协调	6.8	166	50.2

4 结束语

本文研究了周期子区加相位差 绿信比子区的控制子区划分方法,从理论上论证了该方法的可行性及其优势,并利用 Vissim 软件进行了仿真实验。仿真数据表明,该方法能够进一步提高子区内交叉口车辆通行效率,具有一定的实用价值。

参考文献:

[1] 全永燊. 城市交通控制 [M]. 北京:人民交通出版社, 1989: 137-140

[2] Yang Zhao-sheng Sun Jian-ping Yu De-xin et al Op-timization and simulation of regional traffic control in mixed traffic conditions[C]// Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering (AATT), 2004: 336

[3] Darcy Bullock Tom Urbanik Traffic signal systems addressing diverse technologies and complex user needs [C]// Comm ittee on Traffic Signal Systems 1999

[4] 石建军,于泉,任福田. 大城市交通信号控制系统层次与区域动态划分的研究 [J]. 道路交通与安全, 2004 (4): 7-9

Shi Jian-jun Yu Quan Ren Fu-tian Study on hirache of traffic information control system and dynamic division of traffic control sub-area [J]. Road Traffic and Safety, 2004 (4): 7-9

[5] 彭国雄,莫汉康. 诱导条件下交通控制子区自动划分研究 [J]. 道路交通与安全, 2001 (5): 23-28

Peng Guo-xiong Mo Han-kang Automatic division of traffic control sub-area under condition of route guidance [J]. Road Traffic and Safety, 2001 (5): 23-28

[6] 杨佩昆,吴兵. 交通管理与控制 [M]. 北京:人民交通出版社, 2002

[7] Guan De-yong Yang Zhao-sheng Signal timing optimization for urban traffic adaptive control system [C]// Proceedings of ICTTS2002, 2002