

文章编号:1005-0523(2013)03-0050-05

基于Synchro的厦门市白鹭洲路信号协调控制的优化设计

郭建钢,林文燊,陈必太,黄海南,陈金山,张文星

(福建农林大学交通学院,福建福州 350002)

摘要:在现有道路交通设施条件下,实现干道上信号协调控制能有效提高主干道的通行能力。以厦门市白鹭洲路为研究案例,根据该道路的几何结构特征和实际交通流特点,提出“分时段分方向、设置半周期时长”的干道信号协调控制方法,应用Synchro仿真软件建立基于原控制参数的干道信号协调控制系统;同时,在应用Synchro优化各个独立交叉口信号控制参数的基础上,建立了基于优化控制参数的信号协调控制系统。通过比较优化前后的干道信号协调控制系统的控制效果,仿真结果显示:在早高峰和晚高峰时段,交叉口延误分别降低11.3%和21.6%;干线延误分别降低8.2%和55.9%;路网总延误分别减少13.3%和22.0%。

关键词:协调控制系统;Synchro;优化设计;干道

中图分类号:U491.51

文献标志码:A

在城市交通路网中,平面交叉口因其复杂的交通现象,成为制约道路网络高效运行的瓶颈。为了消除路网瓶颈,目前比较普遍做法是设法改善瓶颈交叉口的渠化设计和信号控制^[1-2];尽管这种做法对特殊交叉口有一定的现实意义^[3-4]。但当一条干道上的多个信号控制交叉口的间距较小时,如果各信号控制交叉口追求独立交叉口的交通利益,往往会牺牲整条干道的通行效率。因此,从交通管理与控制着手,将干道上的各交叉口组成一个线控系统进行协调控制,能够有效地减少车辆的停车次数和延误时间^[5-7]。尽管干道协调控制的理论研究和探讨文献很多,也有一些应用实例,但能够真正成功的工程应用例子甚少。为此,本文结合厦门市市府大道的交通信号控制优化项目,以厦门市市府大道北段的白鹭洲路(见图1)为研究对象,首先,根据早晚高峰时段3个交叉口的实际调查数据(交通量和信号配时参数等),应用Synchro软件对原控制方式的交通运行状况进行了评价。其次,根据实际交通量的“潮汐现象”,采取“分时段分方向”的信号协调控制策略,建立基于原配时方案的信号协调控制系统(以下简称“优化前协调控制系统”);最后,在应用Synchro仿真软件优化3个交叉口的最佳周期时长、公用周期时长和相位差等参数的基础上,构建优化后的信号协调控制系统,并比较优化前后协调控制系统的控制效果。结果表明,优化后的协调控制系统的控制效果更好。该设计方法可为其它类似工程改善提供参考。

1 研究方法

1.1 研究对象分析

信号协调控制系统的优化设计所需原始数据采集于厦门市市府大道北端的白鹭洲路。厦门市市府大道位于厦门岛西南部,北起厦门市政府,南抵鹭江路,总体呈南北走向,贯穿城市码头区、旧城、新区和新区中心。其道路性质以客运为主,兼具交通和生活功能,是连接新区和旧城的城市主干道。白鹭洲路作为市府大道的一部分,承担着疏导南北交通的重要角色,其中3个交叉口为毗邻交叉口,几何结构特征(见图1)。

收稿日期:2013-01-30

基金项目:国家自然科学基金(41201100);福建农林大学科技创新(培育)团队资助计划(pytd12006)

作者简介:郭建钢(1962—),男,教授,博士,主要研究方向为智能交通。

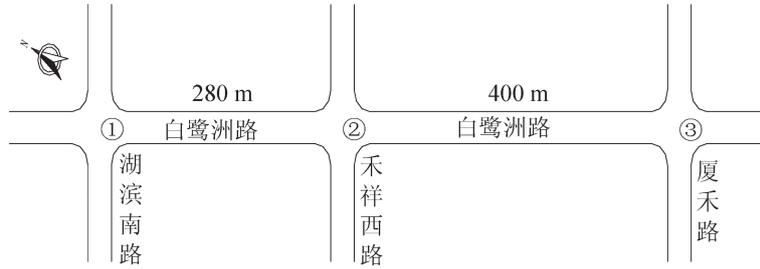


图1 白鹭洲路段上3个交叉口的几何结构特征

Fig.1 Geometrical structure characteristics of three intersections on Bailuzhou Road

1.2 数据调查方法

本次调查采用人工调查和视频分析相结合的方法,主要内容包含:各交叉口的现状交通量(见表1,换算系数见文献[8])和现状信号控制配时方案(见表2)。经分析各交叉口全天的交通流量流向数据可以得出,该路段的早高峰时段为8:00-10:00;晚高峰时段为17:00-19:00。为了书写简便,设白鹭洲路与湖滨南路交叉口的编号为1,与禾祥西路交叉口的编号为2,与厦禾路交叉口的编号为3。

表1 各交叉口现状流量流向统计表

交叉口 编号	进口道	早高峰交通量			晚高峰交通量		
		左转	直行	右转	左转	直行	右转
1	北进口	549	720	358	673	992	295
	东进口	479	922	541	359	1 028	457
	南进口	233	988	467	321	895	447
	西进口	699	1 102	61	504	1 286	79
2	北进口	-	941	304	-	1 152	291
	东进口	256	344	225	158	391	292
	南进口	-	1 287	201	-	1 142	191
	西进口	166	287	153	197	322	115
3	北进口	-	859	394	-	1 032	353
	东进口	805	1 129	128	513	1 180	159
	南进口	-	1 014	555	-	828	791
	西进口	348	976	269	331	1 228	281

表2 各交叉口原控制方案汇总表

编号	早高峰控制参数/s	晚高峰控制参数/s
1	西向直行左转 30	西向直行左转 34
	东西向直行 14	东西向直行 19
	东向直行左转 32	东向直行左转 36
	北向直行左转 33	北向直行左转 38
	南向直行左转 35	南向直行左转 33
	周期:160	周期:176
2	东西直行左转 41	东西直行左转 41
	南北向直行 51	南北向直行 51
	周期:100	周期:100
3	南北向直行 39	南北向直行 39
	西向直行左转 41	西向直行左转 52
	东向直行左转 51	东向直行左转 61
	周期:143	周期:164

1.3 信号控制仿真分析和优化方法

SYNCHRO是当前最快捷和精确的交通信号协调及配时优化软件,其中的SIMTRAFFIC是交通信号配时优化和交通模拟的核心模型,具有信号配时参数(相位、周期时长、绿信比、相位差等)的优化、交叉口的微观仿真和方案优劣的评价之功能。Synchro中沿用HCM2000对服务水平的定义和Webster延误模型,采用控制延误和百分比延误计算方法(PDM),用于评价交叉口的服务水平,更加适合于信号控制方案的调整和优化,以及在近饱和或者超饱和时的信号控制交叉口的延误计算。

目前,白鹭洲路的3个交叉口均为单点定时控制方式(信号配时方案由厦门市公安交通管理局经过多次调整后确定,见表2),根据现状渠化设计、交通流数据、交通组织和信号相位控制策略,对3个交叉口进

行仿真,结果见表3。

表3 原信号控制方案时的仿真结果

Tab.3 The simulation results based on original control parameters

时段	运行方向	路段指标评价			路网指标评价		
		延误/s	主线速度/(km·h ⁻¹)	交叉口延误/s	总延误/h	停车次数/次	总行程时间/h
早高峰	由南往北	189.1	13.4	184.5	67.2	14 217	435
	由北往南	160.6	14.2				
晚高峰	由南往北	155.3	14.5	186.6	68.9	13 585	445
	由北往南	323.8	8.9				

表3中,“交叉口延误”为3个交叉口的延误总和;“路段”是指通过第1个交叉口的进口道停车线至第3个交叉口的进口道停车线的范围;“路网”是指由白鹭洲路以及与之交叉的3条道路上游不小于200 m的范围所构成区域。

通过分析白鹭洲路段的交通量(见表1)以及路段延误情况(见表3)可以发现,该路段的交通流存在着潮汐现象,早高峰时段由南往北的交通量和路段延误较大,而晚高峰则相反。目前实际使用的线控系统中,以单向协调控制为主,因为实现双向绿波的条件比较苛刻,如果勉强实施双向绿波效果不好^[9-10]。因此,根据白鹭洲路段的几何结构特征、交通流特性以及仿真结果,本文提出“分时段与分方向相结合、采用半周期时长”的协调控制方法,即在早高峰时段采取由南往北协调控制;在晚高峰时段采取由北往南协调控制,并最大限度提高主控方向的绿波带宽度。同时考虑到该路段的实际几何参数和交通量,2号交叉口采用了半周期时长。

2 结果与分析

2.1 基于原配时方案的协调控制设计

由于原配时方案为单点控制,造成主线上的车辆行驶延误较大,行驶速度较慢。因此,以这3个交叉口的原配时方案为基础,根据提出的协调控制方法,建立优化前的信号协调控制系统。同时,根据现实道路、交通及管理状况,设定协调控制系统的设计带速为40 km·h⁻¹。

2.1.1 早高峰时段的协调控制设计

由于早高峰时段1号交叉口的周期时间最长(160 s),故将其设为关键交叉口,并取共用周期为160 s,调整3号交叉口周期至共用周期,南北相位为关键相位。由于2号交叉口为两相位信号控制且周期较短,因此采取半周期(周期调整为80 s)。运用软件计算出合适的相位差,最终将3号交叉口到2号交叉口的相位差调整为29 s,2号至1号交叉口的相位差调整为11 s,带宽为30 s。并用SYNCHRO软件进行仿真,结果见表4。

2.1.2 晚高峰时段的协调控制设计

在晚高峰时段,将1号交叉口为关键交叉口,共用周期176 s,南北相位为关键相位,调整3号交叉口周期至共用周期,2号交叉口的半周期为88 s。最终将1号交叉口到2号交叉口的相位差调整为19 s,2号至3号交叉口的相位差调整为37 s,带宽为25 s。仿真结果见表4。

表4 基于原配时方案的早晚高峰时段协调控制结果

Tab.4 The coordination control simulation results base on original control parameters

时段(运行方向)	路段指标评价			路网指标评价		
	延误/s	主线速度/(km·h ⁻¹)	交叉口延误/s	总延误/h	停车次数/次	总行程时间/h
早高峰(由南往北)	137.0	15.8	162.6	60	12 642	395
晚高峰(由北往南)	276.6	10.1	173.5	64.1	13 310	424

通过比较表4和表3可以发现,经过协调控制后,白鹭洲路上的各交叉口、路段和路网的各项指标均有改善。在早高峰时段,由南往北的交叉口延误降低11.9%,路段延误降低27.6%,路网总延误降低10.7%,总行程时间减少了9.2%;在晚高峰时段,由北往南的4个指标分别改善为7.0%,14.6%,7.0%和4.7%。此外,车辆的停车次数也有所降低,主线速度都有提高。但在晚高峰时段的改善幅度较小。

2.2 基于单点信号控制优化基础上的协调控制优化设计

为了进一步优化干道协调控制系统,改善其通行效率,必须确定干道上每一个交叉口的最佳信号周期时长以及相位差。根据白鹭洲路的实际调查数据,对路段上的各个交叉口进行独立优化设计。通过分析3个交叉口的现状信号控制参数,选择各交叉口的信号周期时长范围为50~200 s,离散步长为2 s,并用Synchro8.0优化线控系统中各交叉口在早晚高峰时段的信号优化配时方案,得到优化后各个交叉口的最佳信号周期,见表5。协调控制系统中的设计带速仍为40 km·h⁻¹。

2.2.1 早高峰时段的协调控制优化设计

以白鹭洲路上各个交叉口的信号控制优化方案作为协调控制系统优化设计的基础,对该路段进行协调控制优化。在早高峰时段,以3号交叉口为关键交叉口,共用周期170 s,南北相位为关键相位。2号交叉口采取半周期,1号交叉口的信号周期与共用周期相等。优化相位差后,得到南往北车流的带宽为41 s,协调控制系统的时距图见图2。早高峰时段优化后的仿真结果,见表6。

表5 各交叉口最佳信号周期时长
Tab.5 The best cycle length of intersections

时段	周期时长(C ₀)		
	1	2	3
早高峰/s	170	85	170
晚高峰/s	180	90	175

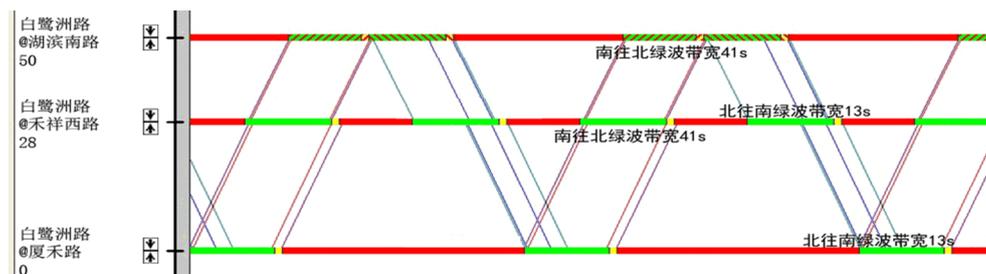


图2 优化后早高峰协调控制时距图

Fig.2 Time-space diagram of optimal coordination control during morning peak hours

2.2.2 晚高峰时段的协调控制优化设计

在晚高峰时段,以1号为关键交叉口,共用周期180 s,南北相位为关键相位;2号交叉口采取半周期(晚高峰周期为90 s),并调整3号交叉口的信号周期至共用周期,增加的相位时间全部给主线绿灯。优化相位差后,得到的北往南车流的带宽为49 s,协调控制时距图见图3。晚高峰时段优化后的仿真结果,见表6。

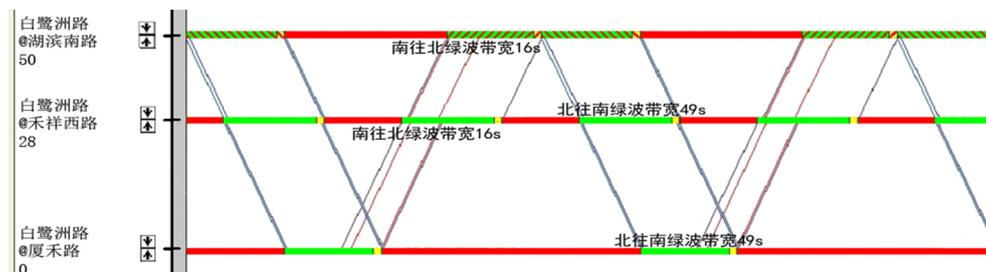


图3 优化后晚高峰协调控制时距图

Fig.3 Time-space diagram of optimal coordination control during evening peak hours

比较表6和表5的交通效益指标可以看出,采用优化后的信号协调控制系统后,不管是早高峰还是晚高峰时段,从点(交叉口)、线(路段)、面(路网)3个方面来看,各交通效益指标都有不同程度的改善。

表6 基于优化参数的早晚高峰时段协调控制仿真结果

Tab.6 The simulation results during morning and evening peakhours based on optimal control parameters

时段(运行方向)	路段指标评价			路网指标评价		
	延误/s	主线速度/(km·h ⁻¹)	交叉口延误/s	总延误/h	停车次数/次	总行程时间/h
早高峰(南往北)	125.7	16.7	144.2	52.0	12 537	350
晚高峰(北往南)	122.0	17.9	136.1	50	12 583	348

从交叉口来看,早晚高峰时段的交叉口延误分别减少 11.3%和 21.6%。

从路段来看,在早高峰时段,路段延误虽有改善,但并不十分明显(仅为 8.2%)。而在晚高峰时段,路段上的交通效益指标改善效果十分明显,由北往南的路段延误降低了 55.9%。说明晚高峰时段的控制效果明显优于早高峰时段。

从路网来看,在早高峰时段,总延误和停车次数分别降低 13.3%和 0.8%。在晚高峰时段,总延误和停车次数分别降低 22.0%和 5.5%。晚高峰时段的路网改善效果较早高峰时段好。

因此,应用优化设计后的信号协调控制系统,可以大大改善晚高峰时段的路网运行效果,弥补优化前协调控制系统的不足。

3 结论与讨论

3.1 结论

经过协调控制优化设计后,运行 Synchro 软件中的 Simtraffic 交通模拟模块进行仿真,发现车辆在第一个交叉口遇绿灯通过后,只要行驶车辆按设计带速行驶,可以在高峰时段实现“绿波”,交叉口的拥堵情况大大减少,整个路网交通运行状况明显好转。

1) 应用优化前的协调控制系统进行信号控制时,在高峰时段其控制效果比单点控制效果好。协调控制后,明显改善了高峰时段白鹭洲路上的交通运行状况,但晚高峰时段的改善效果不够理想。

2) 应用优化后的协调控制系统进行信号控制时,不但进一步改善早高峰时段的运行状况,而且大幅度提高晚高峰时段的运行效果。说明这种优化方法是可行的。

3) 采用优化后的协调控制系统后,从仿真结果来看,不仅提升了主线上的运行速度,而且路网的延误、停车次数和总行程时间降低,提高了路网的通行效率。对于早晚高峰具有潮汐现象的主干道路,采取分时段分方向相结合的单向协调控制方式,能够有效缓解不同时段主要方向的交通压力。

3.2 讨论

由于上述结论是由仿真软件 Synchro 仿真结果得到的,实际改善效果需要实际应用结果验证。

参考文献:

- [1] 杨晓芳,王建蓉,牛兆雨. 五路环形交叉口瓶颈控制方法[J]. 公路交通科技, 2012, 29(8): 99-105.
- [2] 徐雪松,景玉军,何珍梅. 城市交通信号配时的免疫算法[J]. 华东交通大学学报, 2007, 24(1): 53-56.
- [3] 郭建钢,张文星,陈必太,等. 基于 VISSIM 的桥头交叉口改造优化设计[J]. 公路与汽运, 2013 (1): 44-47.
- [4] GUO J G, QIU M H, CHEN B T. Study on the Secondary starting model used in a large Y-shaped intersection [J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 253-255: 1797-1802.
- [5] 郭彦东,李欢,李夏苗. 城市主干路信号配时优化实证研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(s1): 167-174.
- [6] 伍雄斌,郭建钢,程婉燕. 基于遗传算法的单一路口智能体优化控制[J]. 福建农林大学学报, 2008, 37(2): 221-224.
- [7] CLEMENT S J, ANDERSON J M. Traffic signal timing determination: the cable model [C]//2nd IEEE International Conference on Genetic Algorithms in Engineering System: Innovations and Application, 1997: 1009-1013.

(下转第 88 页)

Glasgow, 1999:98-105.

[15] HDOS M, E. Comparison of schema matching evaluations[J]. workshop on Web Databases, 2002, 6(1): 12-18.

Composite Ontology Mapping Strategy of the Graph Parsing

Ling Shiyong¹, Gong Jinghong²

(1. School of Software Engineering, East China Jiaotong University; 2. School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: According to complex context relation of ontology and in light of different input schema, this paper proposes ontology graph parsing in general environment. Based on ontology structure, the paper constructs graph description on multiple layer ontology. Then it introduces similarity propagation of structural and instance level in context relation and rapid mapping with rapid match algorithm. Finally, a composite ontology mapping strategy is proposed, which iteratively achieves ontology mapping result. The feasibility of the strategy is verified through algorithm complexity analysis and experiment comparison.

Key words: composite ontology mapping; ontology graph parsing; similarity propagation; rapid match algorithm

(上接第54页)

[8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ37-2012 城市道路工程设计规范[S]. 北京:人民交通出版社, 2012.

[9] 李鹏飞, 过秀成, 李岩. 基于高级交通管理系统数据的城市干道协调控制方法[J]. 东南大学学报, 2012, 28(2): 229-235.

[10] 胡佩峰, 田宗忠, 袁振洲, 等. 交通运行管理中的可变绿波带优化[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(1): 61-72.

Optimal Design of Signal Coordination Control System on Bailuzhou Road Based on Synchro

Guo Jiangang, Lin Wenfan, Chen Bitai, Huang Hainan, Chen Jinshan, Zhang Wenxing

(College of Transportation, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: A signal coordination control system on an arterial road can effectively improve the capacity of existing transportation facilities. Taking the Bailuzhou Road in Xiamen city as a research object, this paper proposes the signal coordination control method "with different directions, at different periods, and at half-cycle length" according to the geometric structure characteristics and the survey data. Based on Synchro, the signal coordination control system is established. The simulation results of traffic operational states on this arterial road indicate that the average intersections delay is reduced by 11.3% and 21.6% respectively, and the average arterial delay is reduced by 8.2% and 55.9% respectively, while the total delay of the road network is reduced by 13.3% and 22.0% respectively during the morning and evening peak hours.

Key words: coordination control system; Synchro; optimal design; arterial roads