

# 城市主干路 交叉口信号协调控制系统设计研究

裴玉龙<sup>1</sup> 孙明哲<sup>2</sup> 董向辉<sup>1</sup>

1. 哈尔滨工业大学, 交通研究所, 哈尔滨 150090

2. 龙建股份有限公司, 第三工程处, 哈尔滨 150001

**摘要:** 本文主要阐述了城市主干路进行信号协调控制系统设计的必要性及意义, 并给出城市主干路绿波信号系统的设计流程。按照设计流程的思路, 得到具体设计方案, 然后详细介绍了信号协调控制系统的设计过程。在设计时, 以交通调查数据为主要依据, 根据信号协调控制系统设计的数学模型对数据进行分析处理, 然后得出设计结果。最后对设计方案从信号交叉口性能指标的四个方面进行评价。

**关键词:** 城市交通; 城市主干路; 交叉路口; 信号协调控制系统; 绿波

中图分类号: U491

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2004)02-0041-06

## Research on the Design of Signal Coordination Control System in Intersections of Urban Main Roads

PEI Yu-long<sup>1</sup> SUN Ming-zhe<sup>2</sup> DONG Xiang-hui<sup>1</sup>

1. Transportation Research Department,

Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China

2. Third Engineering Department

of Longjian Company Limited, Harbin 150001, China

**Abstract:** The necessity and significance of the design of signal coordination control system in urban main roads are represented in the paper, meanwhile, the design flow process of

收稿日期: 2004-04-12.

作者简介: 裴玉龙(1961-), 男, 黑龙江桦川人, 哈尔滨工业大学交通科学与工程学院, 哈尔滨工业大学交通研究所所长, 教授, 博士生导师, 工学博士。

the green wave signal system is displayed. According to the idea of the design flow process, the design project is obtained, then, the design course of the signal coordination control system is explained in detail. In the design course, based on the survey data and the design mathematical model of signal coordination control system, the survey data are analyzed and the results are obtained. At last, the design project is appraised by four aspects of the signal intersection quality indexes.

Key words : Urban traffic, urban main roads, intersections, signal coordination control system, green wave

## 0 引言

在城市道路网中,当主干路各交叉口分别设置有单点信号控制时,车辆经常遇到红灯,时停时开,行车不畅,因而使环境污染加重。为使车辆减少在各交叉口上的停车时间,特别是使干线上的车辆能够畅通运行,交通工程师们研究出把一条干线上一批相邻的交通信号连接起来,加以协调控制,使车流得到一个接一个的绿灯放行信号,于是就出现了干线交叉口交通信号的协调控制技术,简称线控制,也称绿波系统。作为哈尔滨市主干路的中山路,经过我们大量的交通调查,发现存在着信号不协调的问题。这样不仅增加了交叉口的延误,降低了道路的通行能力,而且加重了交通环境污染程度。因此,本文以哈尔滨市市区主干道路中山路为例,阐述信号协调控制系统设计的思路及方法。

## 1 信号协调控制系统设计流程

根据哈尔滨市区的道路交通特点,线控系统设计方案定为定时多时段方案,共分为4个方案即:早高峰、平峰、晚高峰、低峰,即技术模式为双向定时多方案续进式绿波控制。本文只针对早高峰的绿波带控制进行具体的设计,其余时段的方案设计可参考早高峰方案设计进行。系统设计流程见图1。

## 2 系统方案设计

在进行绿波系统设计时,首先是根据线控道路

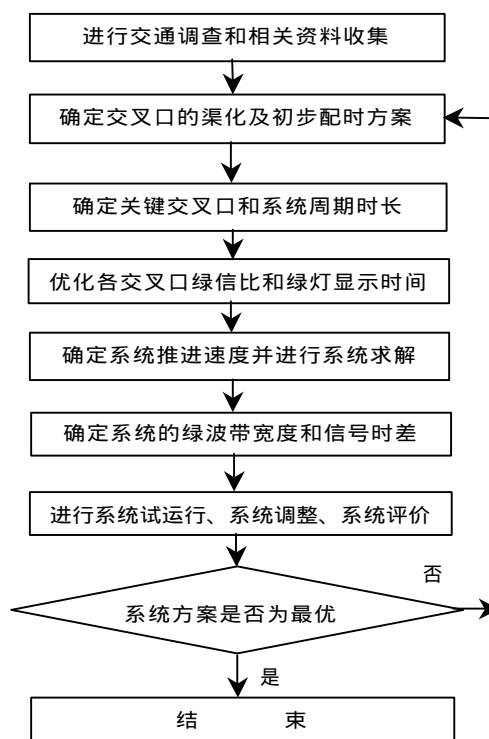


图1 线控技术流程图

Fig.1 Flow process of line control technology

上各交叉口的交通量数据和饱和流量数据对单个交叉口进行信号配时。具体计算结果见表1。

### 2.1 绿波系统设计

采用解析法对系统进行运算求解,通过交叉口实际位置同其理想位置的错移量最小来求得信号时差。

为便于表达,首先从革新街开始,依次赋予中山路上各线控交叉口代码为A, B, C, D, E, 结果见表2。

表1 中山路线控交叉口实施线控前后的信号配时一览 / s

Tab.1 Signal settings before and after installing line control signals on intersections along Zhongshan road /s

配时参数	中山路 - 革新街	中山路 - 和平街 - 中宣街	中山路 - 赣水路	中山路 - 珠江路	中山路 - 六顺街
周期长	106	157	104		114
现状	主线直行绿时	60	40	50	50
	主线左行绿时		35	25	现状信号灯 失控
	次线直行绿时	40	35	20	25
	次线左转绿时		35		30
系统周期长	120	120	120	120	120
改善	主线直行绿时	80	39	74	49
	主线左行绿时		29		24
	次线直行绿时	34	18	40	38
	次线左转绿时		22		27

表2 交叉口名称与交叉口代码对应表

Tab.2 Correspondence between names and codes of intersections

交叉口名称	中山路 - 革新街	中山路 - 中宣街	中山路 - 赣水路	中山路 - 珠江路	中山路 - 六顺街
交叉口代码	A	B	C	D	E

计算步骤如下：

(1) 取系统共同周期，定绿波推进速度

由于以上线控协调的 5 个交叉口的各自周期时长最大值为 120 s，故可得线控系统各交叉口的共同周期为  $C = 120\text{ s}$ 。相应的系统带速度取为  $v = 9.72\text{ m/s}(35\text{ km/h})$ 。

(2) 取试算的理想交叉口间距

当下游交叉口各实际信号位置同各自理想信号位置之间的移动量越小时，信号协调效果越好。用交互协调的时差和同步协调的时差来计算理想信号位置。

先计算  $vC/2 = 9.72 \times 120 / 2 = 580\text{ m}$ 。为方便计算，记为 58。然后以  $58 \pm 10$  作为  $vC/2$  最适当的搜索范围，即 48 ~ 68。将此范围填入表 3 左边的 a 列内，a 列内各数据即为假定的理想信号间距。

(3) 计算理想信号与实际信号的挪移量

以  $a = 48$  为例，A、B 交叉口实际间距为 75 m，同理理想信号的间距 48 的差值是 27，将 27 记入 A、B 间的一列内。意即 B 同其理想信号点的错移距离为 27，即 B 前移 27 就可同 A 正好组成交互式协调。B、C 原间距为 35，则  $27 + 35 - 48 = 14$ ，即 C 同其理想信号的错移距离为 14，将 14 计入 BC 间的一列内。C、D 原间距为 45，则  $45 + 14 - 48 = 11$ ，将 11 计入 C、D 间的一列内。D、E 原间距为 17，则  $11 + 17 = 28$ ，将 28 计入 D、E 间的一列内。 $a = 48$  这一行的计算结束。同理计算  $a = 49 \sim 68$  各行，同样把计算结果计入相应的位置内。

计算 B 列：仍以  $a = 48$  一行为例。将实际信号位置与理想信号的挪移量，按顺序排列（从小到大），并计算相邻挪移量之差，将此差值之最大者计入 b 列。 $a = 48$  一行的 B 值为 20。计算结果见表 4。

表3 中山路线控交叉口信号时差计算

Tab.3 Signal difference calculation among the line control intersections in Zhongshan Road

a (理想信号间距)	相邻交叉口				b (挪移量之差的最大值)
	A - B	B - C	C - D	D - E	
间 距					
	75	35	45	17	
48	27	14	11	28	20
49	26	12	8	25	23
50	25	10	5	22	25
51	24	8	2	19	27
52	23	6	51	16	28
53	22	4	49	13	27
54	21	2	47	10	26
55	20	0	45	7	25
56	19	54	43	4	24
57	18	53	41	1	23
58	17	52	39	56	22
59	16	51	37	54	21
60	15	50	35	52	20
61	14	49	33	50	19
62	13	48	31	48	18
63	12	47	29	46	17
64	11	46	27	44	18
65	10	45	25	42	20
66	9	44	23	40	22
67	8	43	21	38	24
68	7	42	19	36	26

表4 计算相邻挪移量之差

Tab.4 Differences of adjacent shift amounts

交叉口代码	A	D	C	B	E	A
与理想信号错移距离	0	11	14	27	28	48
相邻挪移量之差		11	3	13	1	20

以此类推，计算  $a = 49 \sim 68$  各行之 B 值。

(4) 确定最合适的理想信号位置

由表 3 中可知，当  $a = 520$  时， $b = 28$  为最大值。取  $b$  为最大值时，对应的  $a$  值，即可得 A ~ E 各信号到理想信号的挪移量最小，即当  $vC/2 = 520$  m 时，可以得到最好的系统协调效果，如图 2 所示。

图上 B ~ D 同理想信号间的挪移量之差最大(为 28)，则理想信号同 D 间的挪移量为：

$$(a - b)/2 = (52 - 28)/2 = 12 \quad (1)$$

也即各实际信号距理想信号的挪移量最大为 12。

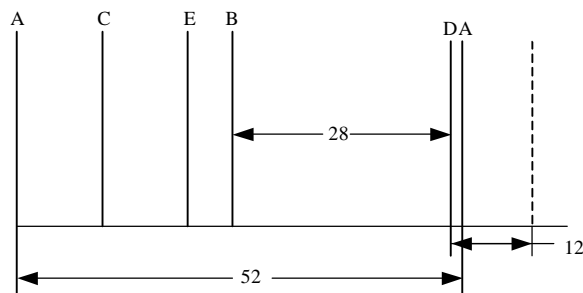


图2 中山路线控系统各交叉口理想信号位置

Fig.2 The ideal signal positions of line control system in Zhongshan Road

理想信号距 D 为 120 m，则距 A 为 110 m，即自 A 前移 110 m 即为第一理想信号，然后按次每 520 m 间距将各理想信号列在各实际信号间，如图 3。

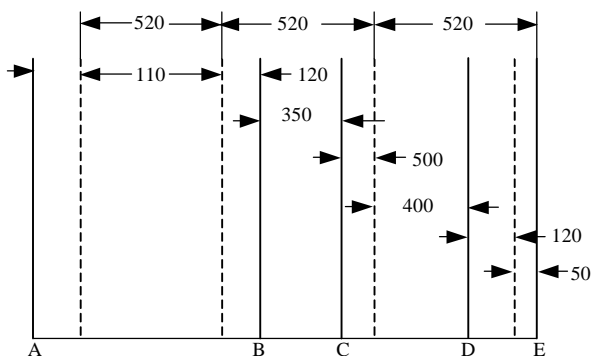


图3 理想信号与实际信号的相对位置 /m

Fig.3 The relative positions of ideal signals and practical signals /m

(5) 做连续行驶通过带

在图 3 中把理想信号按次列在最靠近的实际信号下面(表 5 第 3 行)，再把各信号(A ~ E)在理想信号的左、右位置填入表 3 第四行。

把各交叉口信号配时计算所得的主干路绿信比(以周期的%计)列入表 5 第 5 行。因实际信号与理想信号位置不一致所造成的绿时损失(%)以其位置挪移量除以理想信号的间距(即  $a = 520$ )表示，如 A 交叉口的绿时损失为  $110 / 520 = 21\%$ ，列入表 5 第 6 行。从各交叉口的计算绿信比减去其绿时损失即为各交叉口的有效绿信比，列入表 5 第 7 行，则连续通过带的带宽为左、右两端有效绿信比最小值的平均值。从表 5 中可知，连续通过带带宽为 A 交叉口的有效绿信比 46%与 E 交叉口的有效绿信比 28%的平均值 37%。

表 5 中山路线控交叉口计算绿时差

Tab.5 Green time differences among line control intersections along Zhongshan Road

交叉口名称	中山路 - 革新街	中山路 - 中宣街	中山路 - 赣水路	中山路 - 珠江路	中山路 - 六顺街
交叉口代码	A	B	C	D	E
理想信号顺序	1	2	3	4	4
各信号位置	左	右	左	左	右
绿信比/(%)	67	33	62	41	38
绿信比损失/(%)	21	23	10	4	10
有效绿信比/(%)	46	10	52	37	28
绿时差/(%)	67	34	69	30	31

(6) 求时差

从图 2 及表 5 可见，合用一个理想信号的左、右相邻实际信号间，该用同步式协调；其它各实际信号间都用交互式协调，因此，每隔一个理想信号的实际信号间又是同步式协调。此例中，凡奇数理想信号相应的实际信号间为同步协调；而偶数理想信号相应的实际信号间为交互式协调。因此，相应于奇数理想信号的实际信号的时差为  $100\% - 0.5 I\%$ ；相应于偶数理想信号的实际信号的时差为  $50\% - 0.5 I\%$ 。表 5 第 8 行为求得的时差值。

如保持原定周期长，则系统带速须调整为：

$$v = 2 \text{ s}/C = 2 \times 520/120 = 8.67 \text{ m/s} = 31.2 \text{ km/h}$$

以上计算结果，可用时间-距离图示，详见图 4。

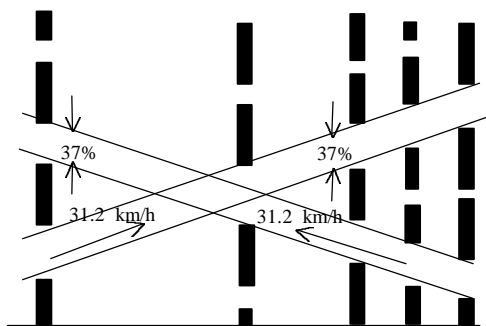


图 4 计算结果

Fig.4 Calculation results

注：图中数字 37% 表示系统带宽，即能够以绿波形式通过各交叉口的车辆百分比。

2.2 方案评价

为评价线控系统的优劣性,现用通行能力、饱和度、延误及服务水平四项指标对交叉口进行线控实施前后的对比。下面以中山路和赣水路交叉口为例将交

叉口性能指标列于表6中以说明其效果。

从表6中可以看出,实施线控以后的交叉口的四项指标值在整体上都有明显的改善,说明线控系统实施的可行性和优越性。

表6 中山路-赣水路交叉口实施线控前后对比

Tab.6 comparison before and after installing line control among intersections from Zhangshan road to Ganshui road

进口道	交通量	通行能力		饱和度		延误		服务水平		
		现状	改善	现状	改善	现状	改善	现状	改善	
北	直	1 850	3 169	4 065	0.58	0.45	15.02	9.37	C	B
	右	164	598	767	0.27	0.21	12.34	7.74	C	B
南	左	809	686	951	1.18	0.85	133.22	33.50	F	D
	直	1 858	1 585	3 131	1.17	0.59	113.97	0.49	F	A
西	右	720	478	829	0.87	0.87	41.92	35.48	E	D

3 结 语

本文首次将交互式信号协调控制系统应用于哈尔滨市城市主干路的交通控制。在设计绿波系统过程中,我们首先在中山路进行了实地观测,然后搜集、调查并整理了有关中山路的交通数据资料。设计时以中山

路的交通调查数据为依据,对数据进行分析处理,计算时差时采用解析法,最终给出中山路进行绿波系统设计的具体结果。设计结果表明此方法有效的提高了交叉口的通行能力,减小了交叉口延误,改善了交叉口服务水平。所以,对城市主干路进行合理的信号协调系统设计是改善信号交叉口性能的有效方法。

参考文献

[1] 杨佩昆,张树升. 交通管理与控制[M]. 北京:人民交通出版社,1999. 122-130.

[2] 蒲 琪,谭永朝. 交叉口信号配时优化模型研究[J]. 上海铁道大学学报,1999: 20(4): 31-34.

[3] 杨锦东,杨东援. 城市信号控制交叉口信号周期时长优化模型[J]. 同济大学学报,2001,29(7): 790-794.

[4] R. Akcelik. Traffic signals: capacity and timing analysis [R]. Australia: Australia Road Research Board, Research Report ARR No.123, 1989.

[5] Transportation Research Board. highway capacity manual. Special Report 209[R]. Washington, D.C.: TRB, National Research Council. 1994.