

DOI:10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2017.4.09

# 典型交叉口灯控信号优化设计

江伟<sup>1</sup>, 左臣<sup>2</sup>

(1.安徽三联学院 交通工程学院, 安徽 合肥 230601;

2.合肥北软信息技术有限公司, 安徽 合肥 230601)

**摘要:** 通过实地调查小时交通流量,各进口道车道的车头时距,得到了相应交叉口的饱和度和,各条进口道的通行能力,各条车道的流率比,各条进口道的延误时间等。优化设计了城市交叉口高峰期和缓峰期的信号灯配时方案。

**关键词:** 交叉口; 通行能力; 信号控制; 优化配时

**中图分类号:** U 49; O 23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2017)04-0371-06

## Optimal design of signal control signal for typical

JIANG Wei<sup>1</sup>, ZUO Chen<sup>2</sup>

(1. Traffic Engineering College, Anhui Sanlian University, Hefei 230601, China;

2. Hefei North Soft Information Technology Co., Ltd., Hefei 230601, China)

**Abstract:** By surveying hourly traffic flow and distance between the vehicles at an intersection, we design an optimized signal time distribution for both the peak and common traffic based on the parameters such as intersection saturation, road traffic capacity, flowing rate and delay time.

**Key words:** intersection; capacity; signal control; to optimize the timing.

### 0 引言

当今,伴随着城市化进程的加快和汽车保有量的持续增长,即使人们通过机动车辆获得大量的收益,并且也得到由汽车所带来的便捷,但还是伴随产生了很多的交通问题,例如严重的交通拥堵、频繁的交通事故、日渐加重的环境污染和较高的燃油损耗。交通阻塞问题不仅仅是发生在国内

城市中的交叉口,在国外城市中的交叉口也是经常出现,交叉口被看作是道路的枢纽,主要是为了给两条道路在产生相互交叉时进行方向转换提供便利,也是道路中通行能力的重要部位,在交叉口经常会发生交通拥堵和事故等。交叉口是城市道路网络的基本组成单元,研究城市交通系统之前就要对其进行调研。

通过灯控信号调节交通流、引导交通流提高

收稿日期: 2017-06-27

基金项目: 安徽三联学院交通安全应用技术协同创新中心项目(xtcx2016003); 校级质量工程项目

作者简介: 江伟(1989-),男,汉族,安徽安庆人,安徽三联学院助教,主要从事交通运输和交通工程方向研究, E-mail: 15255129860@163.com.

人和货物的运输安全及效率,以达到改善交通流的品质,提高交通流的舒适、安全和快速的目标<sup>[1]</sup>。

## 1 信号控制基本参数

### 1.1 周期时长

相对应的某一条进口道信号灯各种灯色依次轮流显示一个周期所需要的时间称为周期时长,也就是所有灯色显示的时间之和<sup>[2]</sup>。

### 1.2 绿信比

一个信号相位的有效绿灯时长与周期时长之间的比值:

$$\lambda = \frac{g_e}{C} \quad (1)$$

式中: $\lambda$ ——绿信比;

$C$ ——周期时长;

$g_e$ ——有效绿灯时长。

## 2 实证分析

合肥二环路是合肥市一条重要的环线道路,是众多车辆进出合肥市区的必经之路,于 2010 年 7 月 4 日贯通,实现全线通车。南二环路起始自葛大店村,终点至集贤路北段,全长约 9.8 km,南二环路上大型、重型车川流不息,常常和私家车、公交车等抢占道路,而且车速都较快,还特别喜欢掉头,严重破坏了交通秩序。

### 2.1 信号控制状况

合肥南二环与金寨路交叉口相位图如图 1 所示。

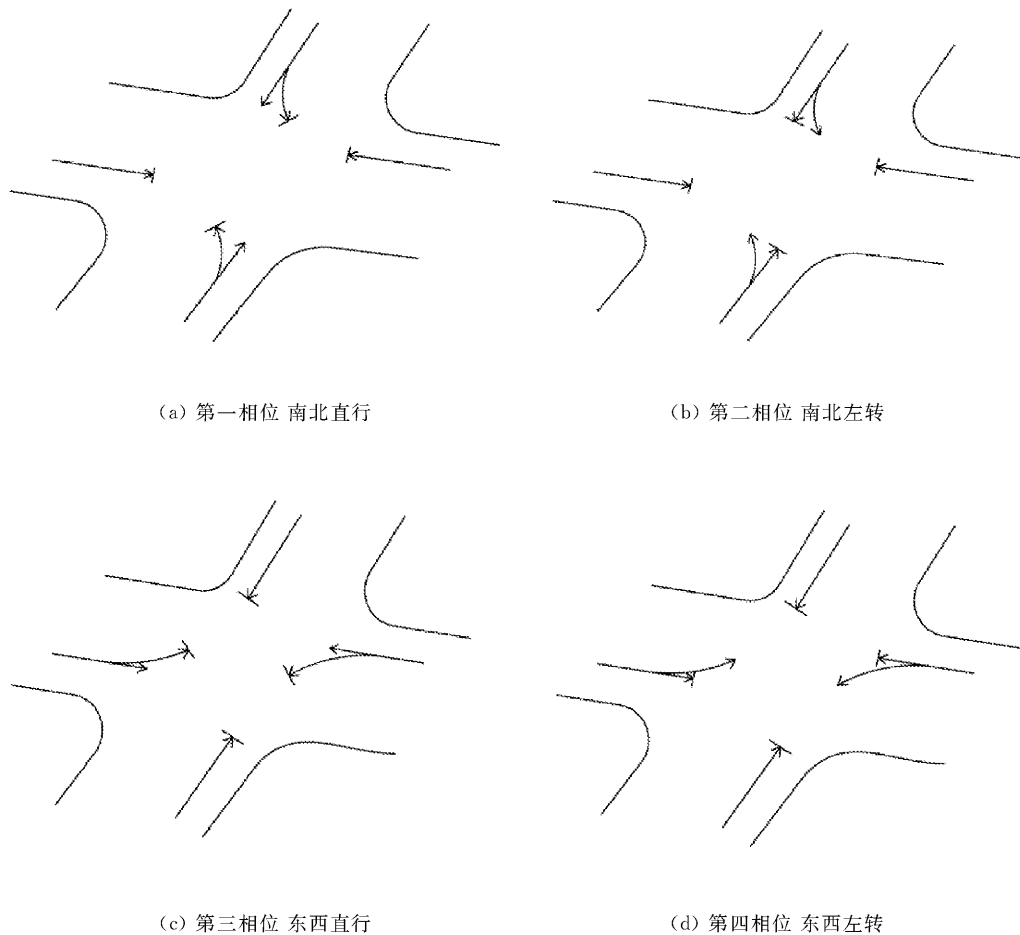


图 1 合肥南二环与金寨路交叉口相位图

合肥南二环与金寨路交叉口信号时间参数见表 1。

表1 合肥南二环与金寨路交叉口信号时间参数表

信号相序	信号相位	周期时长/ s	绿灯时长/ s	黄灯时长/ s	全红时长/ s	有效绿灯时长/ s	红灯时长/ s	绿信比
第一相位	南北直行	174	34	3	0	34	137	0.20
第二相位	南北左转	174	27	3	0	27	144	0.16
第三相位	东西直行	174	48	3	0	48	123	0.28
第四相位	东西左转	174	53	3	0	53	118	0.30

2.2 饱和和流量的调查

南二环与金寨路交叉口各进口道的平均车头时距见表2。

表2 南二环与金寨路交叉口各进口道的平均车头时距 s

方向	东进口	西进口	北进口	南进口
直行	1.63	1.65	1.66	1.69
左转	1.83	1.87	1.84	1.89

南二环与金寨路交叉口各进口道的饱和流量见表3。

表3 南二环与金寨路交叉口各进口道的饱和流量 pcu/h

南二环与金寨路交叉口	进口道	直行	左转
南二环	东进口	4 417	1 967
南二环	西进口	4 364	1 925
金寨路	北进口	4 260	3 810
金寨路	南进口	4 337	1 957

对于信控交叉口来说,其通行能力可以分别按各进口方向上各进口道来进行计算。一条进口道的通行能力就是这条车道的饱和流量和相应的相位绿信比的乘积<sup>[3]</sup>。一条进口道的通行能力为:

$$CAP_i = S_i \lambda_i \quad (2)$$

式中:  $CAP_i$  ——第  $i$  条进口车道的通行能力, pcu/h;

$S_i$  ——第  $i$  条进口车道的饱和流量, pcu/h;

$\lambda_i$  ——第  $i$  条进口车道绿信比。

根据式(2)以及相关数据,合肥南二环与金寨路交叉口的通行能力如下:

东进口直行通行能力:

$$CAP_1 = S_1 \lambda_1 = 4 417 \times 0.28 = 1 237 \text{ (pcu/h)}$$

东进口左转通行能力:

$$CAP_2 = S_2 \lambda_2 = 1 967 \times 0.30 = 590 \text{ (pcu/h)}$$

西进口直行通行能力:

$$CAP_3 = S_3 \lambda_3 = 4 364 \times 0.28 = 1 222 \text{ (pcu/h)}$$

西进口左转通行能力:

$$CAP_4 = S_4 \lambda_4 = 1 925 \times 0.30 = 578 \text{ (pcu/h)}$$

南进口直行通行能力:

$$CAP_5 = S_5 \lambda_5 = 4 337 \times 0.20 = 867 \text{ (pcu/h)}$$

南进口左转通行能力:

$$CAP_6 = S_6 \lambda_6 = 1 957 \times 0.16 = 313 \text{ (pcu/h)}$$

北进口直行通行能力:

$$CAP_7 = S_7 \lambda_7 = 4 260 \times 0.20 = 852 \text{ (pcu/h)}$$

北进口左转通行能力:

$$CAP_8 = S_8 \lambda_8 = 3 810 \times 0.16 = 610 \text{ (pcu/h)}$$

对于信控交叉口而言,进口道的通行能力并不完全就是饱和流率,它还和该进口道的绿信比有关系<sup>[4]</sup>。因此,饱和度的表达形式如下:

$$X = \frac{V_i}{CAP_i} \quad (3)$$

根据式(3)以及相关数据,可得合肥南二环与金寨路交叉口的饱和度如下:

东进口直行饱和度:

$$X = \frac{V_1}{CAP_1} = \frac{895}{1 237} = 0.72$$

东进口左转饱和度:

$$X = \frac{V_2}{CAP_2} = \frac{371}{590} = 0.63$$

西进口直行饱和度:

$$X = \frac{V_3}{CAP_3} = \frac{881}{1 222} = 0.72$$

西进口左转饱和度:

$$X = \frac{V_4}{CAP_4} = \frac{365}{578} = 0.63$$

南进口直行饱和度:

$$X = \frac{V_5}{CAP_5} = \frac{639}{867} = 0.74$$

南进口左转饱和度:

$$X = \frac{V_6}{CAP_6} = \frac{242}{313} = 0.77$$

北进口直行饱和度:

$$X = \frac{V_7}{CAP_7} = \frac{650}{852} = 0.72$$

北进口左转饱和度:

$$X = \frac{V_8}{CAP_8} = \frac{400}{610} = 0.66$$

### 2.3 基于延误指标的服务水平

在信号控制交叉口,延误和饱和度这两个重要指标都用来衡量交叉口服务水平。通常将延误指标当作交叉口服务水平的评判标准<sup>[5]</sup>。相应的关系见表 4。

根据表 4 中的数字关系可以分析出合肥南二环与金寨路交叉口各个进口道所对应的服务水平。从相关的数据中不难看出,除了金寨路南进口左转车道进口道的服务水平为 F 级之外,其他各个进口道的服务水平都是 E 级。因此,从服务水平等级可以知道,该交叉口服务水平低下,延误较大,易造成交通拥堵,从而降低了驾驶员驾驶的舒适度<sup>[6]</sup>。

表 4 信号交叉口延误与服务水平关系

服务水平	每车信控延误/s
A	≤10
B	11~20
C	21~35
D	36~55
E	56~80
F	>80

### 2.4 合肥南二环与金寨路交叉口信控设计

通过对合肥南二环与金寨路交叉口一系列的实地观测与计算,可知原有的灯控信号配时方案所造成的车辆延误较大,服务水平低下。因此,将该交叉路口的灯控信号重新配时,从而提高该交叉路口的服务水平。

首先,计算各个进口车道的流率比,就是进口道的小时交通量除以饱和流量,以及进行关键车道组的选择,得出数据见表 5。

表 5 各进口道流率比以及关键车道组选择

项目	东直	西直	东左	西左	南直	北直	南左	北左
流率比	0.20	0.20	0.19	0.19	0.15	0.15	0.12	0.10
Max( $y_1, y_2$ )	0.20		0.19		0.15		0.12	

计算每周期的总损失时间和最短周期时长,可根据式(2)和式(3)得出:

$$L = \sum_{i=1}^n (l + I_i - A_i) = 4 \times 3 = 12 \text{ s} \quad (4)$$

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} = \frac{1.5 \times 12 + 5}{1 - 0.20 - 0.19 - 0.15 - 0.12} = 68 \text{ s} \quad (5)$$

计算有效绿灯时长:

$$G_e = G - L = 68 - 12 = 56 \text{ s}$$

东西直行:

$$g_{eEW} = \frac{0.20}{0.66 \times 56} = 17 \text{ s}$$

东西左转:

$$g_{eEW} = \frac{0.19}{0.66 \times 56} = 16 \text{ s}$$

南北直行:

$$g_{eNS} = \frac{0.15}{0.66 \times 56} = 13 \text{ s}$$

南北左转:

$$g_{eNS} = \frac{0.12}{0.66 \times 56} = 10 \text{ s}$$

计算显示绿灯时长:

东西直行:

$$g_{EW} = g_{eEW} - A + l = 17 \text{ s}$$

东西左转:

$$g_{EW} = g_{eEW} - A + l = 16 \text{ s}$$

南北直行:

$$g_{NS} = g_{eNS} - A + l = 13 \text{ s}$$

南北左转:

$$g_{NS} = g_{eNS} - A + l = 10 \text{ s}$$

由上述数据可得到新的信号配时方案,见表

6。

表 6 合肥南二环与金寨路交叉口新信号时间参数表

信号相序	信号相位	周期时长/ s	绿灯时长/ s	黄灯时长/ s	全红时长/ s	有效绿灯时长/ s	红灯时长/ s	绿信比
第一相位	南北直行	56	13	3	0	13	40	0.23
第二相位	南北左转	56	10	3	0	10	43	0.18
第三相位	东西直行	56	17	3	0	17	36	0.30
第四相位	东西左转	56	16	3	0	16	37	0.29

2.4.1 重新计算交叉口的延误情况

2.4.1.1 均衡延误计算

东进口直行:

$$d'_{11} = \frac{0.5 \times 56 \times (1 - 0.30)^2}{1 - [\min(1, 0.72) \times 0.30]} = 17.5 \text{ (s/pcu)}$$

东进口左转:

$$d'_{21} = \frac{0.5 \times 56 \times (1 - 0.29)^2}{1 - [\min(1, 0.63) \times 0.29]} = 17.3 \text{ (s/pcu)}$$

西进口直行:

$$d'_{31} = \frac{0.5 \times 56 \times (1 - 0.30)^2}{1 - [\min(1, 0.72) \times 0.30]} = 17.5 \text{ (s/pcu)}$$

西进口左转:

$$d'_{41} = \frac{0.5 \times 56 \times (1 - 0.29)^2}{1 - [\min(1, 0.63) \times 0.29]} = 17.3 \text{ (s/pcu)}$$

南进口直行:

$$d'_{51} = \frac{0.5 \times 56 \times (1 - 0.23)^2}{1 - [\min(1, 0.74) \times 0.23]} = 20.0 \text{ (s/pcu)}$$

南进口左转:

$$d'_{61} = \frac{0.5 \times 56 \times (1 - 0.18)^2}{1 - [\min(1, 0.77) \times 0.18]} = 21.9 \text{ (s/pcu)}$$

北进口直行:

$$d'_{71} = \frac{0.5 \times 56 \times (1 - 0.23)^2}{1 - [\min(1, 0.76) \times 0.23]} = 20.1 \text{ (s/pcu)}$$

北进口左转:

$$d'_{81} = \frac{0.5 \times 56 \times (1 - 0.18)^2}{1 - [\min(1, 0.66) \times 0.18]} = 21.4 \text{ (s/pcu)}$$

2.4.1.2 总延误计算

东进口直行:

$$d'_1 = d'_{11} + d'_{12} = 17.5 + 3.6 = 21.1 \text{ (s/pcu)}$$

东进口左转:

$$d'_2 = d'_{21} + d'_{22} = 17.3 + 5.0 = 22.3 \text{ (s/pcu)}$$

西进口直行:

$$d'_3 = d'_{31} + d'_{32} = 17.5 + 3.7 = 21.2 \text{ (s/pcu)}$$

西进口左转:

$$d'_4 = d'_{41} + d'_{42} = 17.3 + 5.1 = 22.4 \text{ (s/pcu)}$$

南进口直行:

$$d'_5 = d'_{51} + d'_{52} = 20.0 + 5.6 = 25.6 \text{ (s/pcu)}$$

南进口左转:

$$d'_6 = d'_{61} + d'_{62} = 21.9 + 16.6 = 38.5 \text{ (s/pcu)}$$

北进口直行:

$$d'_7 = d'_{71} + d'_{72} = 20.1 + 6.3 = 26.4 \text{ (s/pcu)}$$

北进口左转:

$$d'_8 = d'_{81} + d'_{82} = 21.4 + 5.5 = 26.9 \text{ (s/pcu)}$$

2.4.2 重新计算交叉口南各进口道的通行能力

东进口直行通行能力:

$$CAP_1 = S_1 \lambda'_1 = 4\ 417 \times 0.30 = 1\ 325 \text{ (pcu/h)}$$

东进口左转通行能力:

$$CAP_2 = S_2 \lambda'_2 = 1\ 967 \times 0.29 = 570 \text{ (pcu/h)}$$

西进口直行通行能力:

$$CAP_3 = S_3 \lambda_3' = 4\,364 * 0.30 = 1\,309 \text{ (pcu/h)}$$

西进口左转通行能力:

$$CAP_4 = S_4 \lambda_4' = 1\,925 * 0.29 = 558 \text{ (pcu/h)}$$

南进口直行通行能力:

$$CAP_5 = S_5 \lambda_5' = 4\,337 * 0.23 = 998 \text{ (pcu/h)}$$

南进口左转通行能力:

$$CAP_6 = S_6 \lambda_6' = 1\,957 * 0.18 = 352 \text{ (pcu/h)}$$

北进口直行通行能力:

$$CAP_7 = S_7 \lambda_7' = 4\,260 * 0.23 = 980 \text{ (pcu/h)}$$

北进口左转通行能力:

$$CAP_8 = S_8 \lambda_8' = 3\,810 * 0.18 = 686 \text{ (pcu/h)}$$

从以上得出的新的交叉口的延误数据以及各进口道的通行能力数据可以看出,通过对交叉口的灯控信号进行重新优化配时,该交叉口各条进口道的延误时间都得到了大幅的降低,通行能力也有了一定幅度的增长,相应的交叉口各条进口道的服务水平也有了一定程度的提高。优化后的服务水平均在C等级内,交叉口各进口道的交通将较为顺畅,提高了道路的利用效率<sup>[7-8]</sup>。

### 3 结 语

城市交通随着时代的进步在快速的发展,各个路线纵横交错,形成了一个复杂的交通网,而网状的交叉点就是城市的节点。交叉口是交通运行的关键,如果想要提高它的通行效率,就必须保证车辆和行人能够有条不紊、安全有序地通过路口,这样交通才会变得有规律,交通的运行效率也会

提高。缓解城市的交通现状,提高交叉口的通行能力和路网交通流运行的效率,只有交通情况得到改善,才能方便人们的日常出行。立足于道路交叉口交通特性,重点研究道路交叉口灯控信号配时设计,直接有效地解决掉交通不便的症结。经过对交叉口交通信号的控制分离冲突的交通流,从时间上有效地解决,这样便有利于改善交叉口的通行状况,推动交通的发展。

### 参考文献:

- [1] 蒋贤才. 道路交通控制理论与方法[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] 邵春福. 城市交通概论[M]. 北京: 北京交通大学出版社, 2016.
- [3] 楼小明. 考虑交叉口影响的城市路网信号优化设计问题研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2013(1): 108-113.
- [4] 杨晓光, 赵靖, 马万经, 等. 信号控制交叉口通行能力计算方法研究综述[J]. 中国公路学报, 2014, 27(5): 148-158.
- [5] 田径. 基于车流量的交叉口信号灯控制系统研究[D]. 长安: 长安大学, 2013.
- [6] 杨继平, 崔宝侠, 徐春锋. 城市交通灯信号配时控制器优化的一种新策略[J]. 沈阳工业大学学报, 2007, 29(5): 554-560.
- [7] Roger P Roess, Elena S Prassas, William R McShane. Traffic Engineering(Third Edition)[J]. Prentice Hall, 2004: 376-394.
- [8] 江伟, 唐志华. 基于 PC-Crash 事故多发路段诱因分析[J]. 长春工业大学学报, 2016, 37(5): 494-498.