

文章编号: 1005-0523(2015)05-0035-09

智能红绿灯交叉路口实时配时研究

——以南昌市红谷滩新区为例

余得生¹, 谢英仪², 徐玉萍²

(华东交通大学 1. 经济管理学院; 2. 轨道交通学院, 江西 南昌 330013)

摘要:对南昌市红谷滩新区交通路口交通状况进行实地调研, 分析调研数据, 计算交通路口上下班高峰期的待车碳排放量和油耗量, 建立基于实时配时的智能红绿灯优化方案, 并通过仿真软件进行验证。研究显示, 经过优化后的控制系统能够有效提高交通路口的通过率, 减少机动车的等待时间, 为有效缓解城市交通拥堵问题和节能减排提供借鉴和参考。

关键词:智能红绿灯; 实时配时; 感测技术; 节能减排

中图分类号: U212.1 **文献标志码:** A

DOI: 10.16749/j.cnki.jecjtu.2015.05.007

随着经济和城镇化发展, 城市交通拥堵问题日益严峻。究其原因, 除了私家车保有量急剧增加、道路容量有限之外, 交通信号灯的时间分配不科学也加剧了城市道路的拥堵, 造成了机动车能源的不必要浪费和增加了汽车尾气的排放。

汽车在反复刹车、减速、提速和等待红绿灯的过程中, 仍在耗油和排放尾气。例如: 以汽车每百公里油耗 8 L 计算, 假设在市区的行驶速度为 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 那么每小时的油耗是 3.2 L, 以油价 7 元/L 计算, 意味着一辆汽车在一个路口不熄火等红绿灯 1 min 时, 需油耗 0.37 元。假设一个路口车流量为 5 000 辆/天, 每辆车平均等待时间为 1 min, 一个路口等待需要油费 1 885 元/天, 一个城市如果有 30 个交叉路口, 一年下来将会超过 2 000 万元的油耗。

目前, 交通信号灯多采用模糊控制, 根据历史车流量对红绿灯进行自动或半自动调控。汽车在不熄火等信号时, 汽车排放的尾气比行驶排放的尾气在单位面积上要得多, 碳排放量加大, 所带来的污染更是无可估量。因此, 为了国家经济可持续发展, 实现节能减排, 对智能红绿灯的实时配时研究具有实际意义。

1 文献综述

国外对智能信号控制系统的研究较早, 为提高交叉口的通行效率做过不懈地努力, 对道路交通起到了很好地引导效果, 减轻了城市交通的负担。Martin, Smith 和 Demetsky, Sullivan 等^[1]提出了交叉口流量的预测、交通流量和事故的预测等解决动态交通预测问题的模型。该模型基于运筹学中水流和电流优化原理, 解决了实时预测问题。早在 1973 年, 英国运输与道路研究所研究的相位差优化技术 (SCOOT) 可对每次绿灯时间的变化进行优化调整, 施加带有倾向性的干预, 从而在提高通行能力方面获得显著的效果。澳大利亚道路交通局 (RTA) 研究开发了自适应交通管理控制系统 (SCATS), 成功解决了道路交通组织及道路交通信息管理等问题。美国智能交通研究起步较早, 上世纪 60 年代末, 开发出电子路径导向系统 (ERGS), 到了 80 年代又

收稿日期: 2015-04-28

基金项目: 江西省社科规划项目 (14YJ24); 江西省教育科学规划重点项目 (12ZD47); 南昌市软科学研究计划项目 ([2012]37 号文)

作者简介: 余得生 (1971—), 男, 副教授, 研究方向为区域经济和交通运输管理。

开展了被称为智能化车辆——道路系统(IVHS)的研究,并且在1990年由运输部成立了智能化车辆道路系统(IVHS)组织,目前采用的是RHODES交通信号控制系统,根据车流量预测下一相位信号配时,实现了智能信号灯控制。

在我国,随着对智能交通系统研究的不断深入,中科院为2008年北京奥运会专门研发了“绿色交通控制管理系统”,国内红绿灯技术已经实现了一定程度的智能化。钱伟等^[2]选取城市干线道路上相关的3个交叉口作为研究对象,在周期和相位差确定的基础上,提出一种以平均排队长度为优化目标的模糊协调控制算法。张庆英等^[3]介绍了一种基于超声波检测的智能红绿灯设计方案。该方案是在模糊算法的支持下,根据交叉路口不同方向上动态的车流数量,确定红绿灯的时长分配,以替代传统的固定配时。王维松等^[4]考虑道路相对方向车流量不均衡的问题,提出完全智能化交通,信号灯以红灯为基准,根据道路的车流情况转换绿灯,减少交通资源的浪费。

一直以来智能交通信号的控制都是研究的热点,但是在交叉路口根据车流量对各相位红绿灯实时配时的研究中,根据某地区具体交通流情况进行仿真验证较少。本文利用感测技术,对南昌市红谷滩新区交通路口各方向车辆排队长度进行实时测量,根据实时排队长度来设置路口各相位红绿灯的实时配时,能够有效提高交通枢纽的通过能力,减少延误时间,从而达到节能减排的效果。

2 南昌市红谷滩地区交叉路口交通现状调查

2.1 调查内容

在南昌市红谷滩地区交叉路口: 测量各方向的红绿灯时长; 以各交通信号灯为基准,测量一个绿灯时长内通行量; 以各交通信号灯为基准,测量各方向排队长度; 测量一辆机动车辆从怠速等待到通过待车线的最大时长。

2.2 调查结果

红谷滩新区高峰时段交通流量处于近饱和状态,多处路口交通信号灯设置不合理,使道路无法达到最高利用率,造成道路拥堵、能源浪费、尾气无谓排放。以南昌市庐山南大道与丰和中大道路口早高峰道路交通二个方向的数据为例进行分析。

表1 路口(灯号):庐山南大道由北-南(直行进城)方向早高峰交通状况调查数据

Tab.1 Traffic survey data at the morning rush hour in the direction from north to south/straight

| 序号 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 35 | 27 | 1'55" | 0'37" |
| 2 | 45 | 40 | 1'55" | 0'37" |
| 3 | 40 | 39 | 1'55" | 0'37" |
| 4 | 36 | 28 | 1'55" | 0'37" |
| 5 | 49 | 39 | 1'55" | 0'37" |
| 6 | 29 | 33 | 1'55" | 0'37" |

表2 路口(灯号):庐山南大道由南-西(左转进红谷滩)方向早高峰交通状况调查数据

Tab.2 Traffic survey data at the morning rush hour in the direction from south to west/turn left to Honggutan New District in Mount Lu South Avenue

| 序号 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 32 | 48 | 1'37" | 0'50" |
| 2 | 14 | 29 | 1'37" | 0'50" |
| 3 | 26 | 39 | 1'37" | 0'50" |
| 4 | 29 | 48 | 1'37" | 0'50" |
| 5 | 29 | 45 | 1'37" | 0'50" |
| 6 | 22 | 39 | 1'37" | 0'50" |

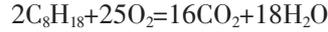
由表1、表2可知,庐山南大道由北往南方向直行进城排队长度平均为39辆,绿灯时长37s;庐山南大道由南往西方向左转进红谷滩平均排队长度为25辆,绿灯时长为50s。据测量该路口车辆最大通行率为0.9辆/秒,即直行39辆车通过大约需要43.3s,而该相位绿灯长仅为37s;左转25辆车通过大约需要27.8s,该相位绿灯长为50s,使庐山南大道由北往南方向直行进城车辆等待时间延长,经过周期的不断累加,将造成等待车辆数量激增,造成道路资源的浪费、机动车能源消耗以及尾气的无谓排放。此外,由于路口待车量存在随机性,而路口红绿灯时长却一成不变,往往造成“绿灯无车红灯堵”。

3 南昌市红谷滩地区交通碳排放与能耗分析

3.1 机动车待车时的碳排放及能耗

3.1.1 消耗每升油的碳排放

汽油标号一般是以正辛烷的含量来标定的,正辛烷含量越高,汽油的标号越高。以 93# 汽油计算,汽油密度一般为 $730 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。由方程式



根据质量守恒定律对方程式推导,得 1 升 730g 汽油完全燃烧排放的 CO_2 质量为

$$730\times(44\times 16)\div(114\times 2)=2.254 \text{ kg}$$

3.1.2 汽车刹车和起步时的油耗

质量为 1 500 kg 的汽车,由时速 $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 刹车停止时损失的动能是

$$Q=\frac{mv^2}{2}=\frac{1\,500\times 11.11^2}{2}=92\,574 \text{ J}$$

假设城市良好路面车轮滚动阻力系数 0.015,那么 92 574 J 能推动 1 500 kg 的车行驶距离为

$$l=\frac{Q}{(\text{车重}\times\text{阻力系数})}=\frac{92\,574}{1\,500\times 9.8\times 0.015}\approx 420 \text{ m}$$

也就是说,一次刹车耗费的能量,相当于汽车行驶 0.42 消耗的能量,以每百公里油耗 8 L 计算,那么 0.42 消耗的汽油量为

$$V_1=\frac{8}{100}\times 0.42=0.033\,6 \text{ L}$$

即汽车一次刹车时的油耗量为 0.033 6 L。为简化计算,我们假设汽车刹车时的油耗和起步时的油耗相等,即

$$V_1=V_2=0.033\,6 \text{ L}$$

3.1.3 汽车怠速时的油耗

市面上主流排量的车型(1.4~2.5 L)怠速油耗每小时 2~4 L 之间都应该属于正常,我们取中值每小时 3 L,即汽车怠速时每秒钟的油耗为:

$$AVG_3=\frac{3}{3\,600}\approx 0.000\,833 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$$

3.1.4 汽车等待红绿灯时总的碳排放

由以上数据可计算,一辆汽车在不熄火等红绿灯的时间 T 内消耗的总油耗量,分为 3 部分:刹车和起步时的油耗、汽车怠速时的油耗。即

$$V_{\text{总}}=V_1+V_2+AVG_3\times T$$

结合 3.1.1 得 T 分钟内怠速状态下的碳排放量: $g=2.254 \text{ kg}\times V_{\text{总}}$

3.2 路口待车能耗尾排计算

3.2.1 相关变量说明

排队长度 N ,即该路口在一个红灯期间等车数量;待车时间 T ,红灯时长 t_1 ,绿灯时长 t_2 ;一次绿灯通过车辆 N_1 ;未通过车辆 N_2 。

3.2.2 数据处理方案

1) 每个路口的耗油量为:

$$V=(V_1+V_2)\times N_1+N_2\times t_1\times \frac{AVG_3}{2}+N_2\times t_2\times AVG_3 \quad (N_1 < N)$$

若 $N_1 > N$,则为:

$$V=(V_1+V_2)\times N+N\times t_1\times \frac{AVG_3}{2}$$

2) 耗油量的算法:

每个十字路口 1 小时的总车流量 $N_{\text{总}}$, 辆。

取每个路口的前 5 个周期, 算出每个十字路口总耗油量 V_3 , L。

算出这 5 个周期中总的通行量 N_3 (在每个路口中, 若待车辆大于或等于通行量, 则取通行量, 若待车辆小于通行量, 则取待车量)

则这个十字路口一个小时的总耗油量为 $V_{\text{总}} = V_3 \times \frac{N_{\text{总}}}{N_3}$ 。

3.3 数据处理结果

根据 3.1 及 3.2 的内容, 结合南昌市红谷滩地区实地调查数据可计算, 早晚高峰时期 (本文早高峰取 7:30~8:30, 晚高峰取 17:30~18:30) 该地区部分交叉路口车流量、待车期间碳排放以及油耗量, 计算结果如表 3。

表 3 红谷滩地区路口车流量以及待车碳排放和耗能

Tab.3 Intersection vehicle flow, carbon emissions and fuel consumption by waiting cars in Honggutan New District

| 时间 | 金融大街-会展路 | | | 赣江中大道-世贸路 | | | 红谷中大道-怡园路 | | |
|----|----------|--------|--------|-----------|--------|-------|-----------|--------|--------|
| | 车流量/辆 | 碳排放/kg | 油耗/L | 车流量/辆 | 碳排放/kg | 油耗/L | 车流量/辆 | 碳排放/kg | 油耗/L |
| 早 | 1 989 | 376.48 | 167.22 | 987 | 102.76 | 45.59 | 1647 | 361.98 | 160.59 |
| 晚 | 2 405 | 493.33 | 218.87 | 1 068 | 111.19 | 49.33 | 1673 | 369.72 | 164.03 |

| 红谷中大道-丽景路 | | | 庐山南-丰和中大道 | | | 丽景路-凤凰中大道 | | | 丽景路-赣江中大道 | | |
|-----------|--------|--------|-----------|----------|--------|-----------|--------|-------|-----------|--------|-------|
| 车流量/辆 | 碳排放/kg | 油耗/L | 车流量/辆 | 碳排放/kg | 油耗/L | 车流量/辆 | 碳排放/kg | 油耗/L | 车流量/辆 | 碳排放/kg | 油耗/L |
| 1 512 | 344.55 | 152.86 | 4 392 | 1 148.23 | 509.42 | 807 | 73.57 | 32.64 | 1 827 | 168.8 | 74.89 |
| 1 556 | 354.58 | 157.31 | 3 753 | 933.81 | 414.29 | 918 | 88.76 | 39.38 | 1 240 | 100.64 | 44.65 |

如表 3 所示, 金融大街-会展路等 7 个路口上下班高峰近 2 个小时因待车碳排放为 5 028.40 kg, 随之产生的消耗油量为 2 231.07 L。南昌市有 460 余个信号灯控制路口, 假设每个路口平均车流量相等 (事实上八一大桥、八一广场周边等车流量远远大于红谷滩地区), 则每天上下班高峰期因待车碳排放量为: $5\ 028.40 \times \frac{460}{7} = 330\ 437.714$ kg, 耗油量为: $2\ 231.07 \times \frac{460}{7} = 146\ 613.171$ L。

4 建议和对策——红绿灯的智能实时调控

微波传感器是一种用于监测交通状况的再现式雷达装置, 可以测量微波投影区域内目标的距离, 通过距离来实现对多车道的静止车辆和行驶车辆的检测^[5]。将微波雷达技术引入本次研究, 在信号灯路口处架设微波检测器来测量待车量。在不同的交叉口, 根据感测的车流变化量, 实时对红绿灯进行最合理的配比, 形成调度指令, 按不同方向的等待车辆数量实时调控红绿灯时间的长短, 实现车辆的最优通行, 有效解决十字路口各方向待车量不平衡的问题, 并达到节能减排的效果。

4.1 建立模型

4.1.1 模型假设

实时配时主要由相位 i 、各相位的绿灯时间长短、各相位的车流向、各相位的排队长度等组成。模型假设如下:

1) 一个车流向的排队长度越大, 就要求给它分配的绿灯时间 t_{g_i} 越长, 红绿灯配时除了合理安排相位的循环顺序和相位的绿灯时长之外, 同时还要考虑到司机的最大待车时间 t_{max} 以及行人的最小通过时间 t_{min} , 设置绿灯时间上下限;

2) 同一个路口,不同车流方向在相同时间段排队长度不同,不同时段各车流方向最大排队长度用 $N_i(t)$ 表示。

4.1.2 模型原理

一个循环内所有相位绿灯时长之和为信号周期,记为 T 。在一个周期内,路口某一支或几支交通流所获得的通行权称为信号相位,简称相(位)。在平面交叉路口中,各相位绿灯时段所能通过的车辆最大流速,记为 v ,单位为辆/秒。

绿灯时间决定着整个路口的通行效率。考虑到绿灯损失时间和黄灯补偿时间相近,为方便仿真处理,我们将有效绿灯时间作为绿灯时间计算。在一个周期里,根据每个时段的待车量,保证其以最大的速率通过路口,从而计算出所需要的绿灯时间,得各个路口不同相位 i 的绿灯时间^[6]

$$t_i = \frac{N_i(t)}{v} \quad (i=A, A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, D_1, D_2)$$

考虑各方向车流量不平衡问题,红绿灯实时配时是一个不断转换的过程,通行时间是根据待车量实时配时的。从某个相位 i 开始,分别指定各相位的最大绿灯时间 $t_{i\max}$ (一般不大于 120 s)和最短绿灯时间 $t_{i\min}$ (一般不小于 15 s);在最短绿灯时间 $t_{i\min}$ 内测得放行车道上的待车量 L_i ,若 L_i 小于某一给定的值 L ,则将绿灯转到下一相位;否则,需要根据待车量 L_i 值的大小来确定该相位绿灯延长时间 Δt 。若 $t_i + \Delta t \geq t_{i\max}$,则 $\Delta t = t_{i\max} - t_i$;否则该相位的绿灯时间为 $t_i + \Delta t$ 。

4.2 C# 软件仿真

以 C# 语言编写的智能红绿灯仿真软件依据一个小时内某个路口各车流向的总通行量,得出各相位的绿灯时长、各车流向的待车量、通行量和每个循环周期时长,并随时记录模拟所得数据,最后将模拟结果与实际车流情况进行对比^[7-8]。

以庐山南大道-丰和中大道路口为例,设计此路口的相位如图 2 所示。

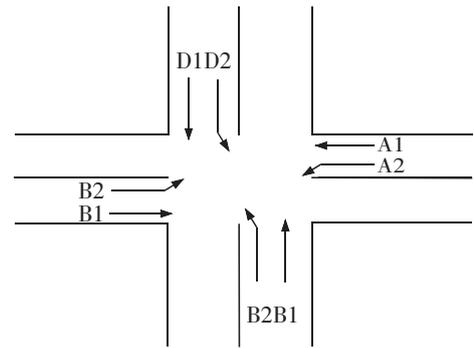


图 1 单个交叉路口相位示意图
Fig.1 Schematic diagram of phase position at a single intersection

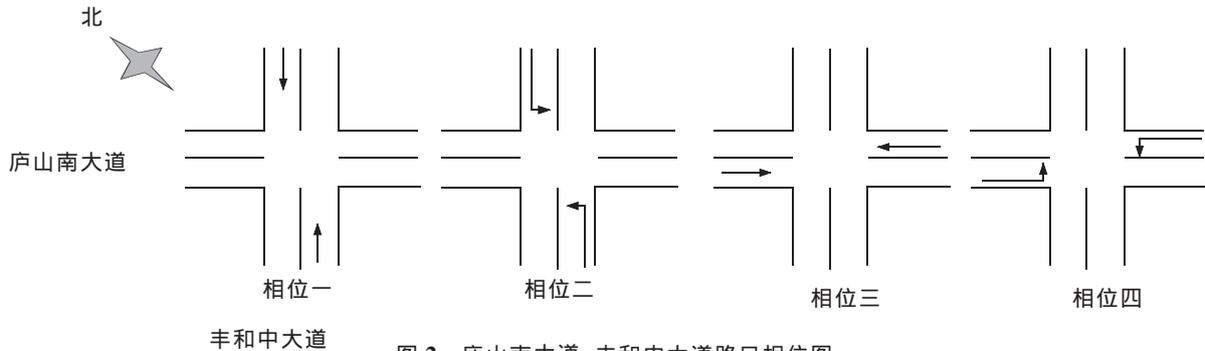


图 2 庐山南大道-丰和中大道路口相位图
Fig.2 Phase diagram of the intersection of Mount Lu South Avenue - Fenghe Middle Avenue

根据南昌市红谷滩地区实地调查,结合路口车辆到达率、最大通过率等数据,通过仿真软件进行优化模拟,实地调查数据以及优化所得数据如表 4,表 5 所示。

对比表 4 和表 5 可看出,经优化后该路口红灯期间待车量相对减少,所有等待车辆在下一个绿灯期间均可通过,可避免部分相位所在车辆在路口等待 2 个及以上红灯,减少耗能和尾排的同时,照顾车主焦急待车心理。

根据庐山南大道-丰和中大道路口实地调查数据,运用 3.1 公式,计算得优化前该路口早高峰一个小时碳排放量为:优化前为 1 148.32 kg (见表 2),优化后为 910.67 kg;优化前油耗量为 509.42 L,优化后为

表4 庐山南大道-丰和中大道路口车流调查数据
 Tab.4 Vehicle flow survey data at the intersection of Mount Lu South Avenue-Fenghe Middle Avenue

| 车流向:① | | | | | 车流向:② | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 | 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
| 1 | 34 | 33 | 1'42" | 0'52" | 1 | 3 | 4 | 2'00" | 0'35" |
| 2 | 36 | 40 | 1'42" | 0'52" | 2 | 4 | 6 | 2'00" | 0'35" |
| 3 | 35 | 43 | 1'42" | 0'52" | 3 | 6 | 9 | 2'00" | 0'35" |
| 4 | 35 | 38 | 1'42" | 0'52" | 4 | 21 | 19 | 2'00" | 0'35" |
| 5 | 33 | 42 | 1'42" | 0'52" | 5 | 15 | 17 | 2'00" | 0'35" |
| 车流向: | | | | | 车流向:④ | | | | |
| 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 | 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
| 1 | 6 | 9 | 2'02" | 0'36" | 1 | 36 | 16 | 2'02" | 0'36" |
| 2 | 14 | 15 | 2'02" | 0'36" | 2 | 34 | 24 | 2'02" | 0'36" |
| 3 | 15 | 16 | 2'02" | 0'36" | 3 | 38 | 17 | 2'02" | 0'36" |
| 4 | 8 | 11 | 2'02" | 0'36" | 4 | 32 | 17 | 2'02" | 0'36" |
| 5 | 14 | 16 | 2'02" | 0'36" | 5 | 31 | 17 | 2'02" | 0'36" |
| 车流向:⑤ | | | | | 车流向:⑥ | | | | |
| 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 | 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
| 1 | 35 | 27 | 1'55" | 0'37" | 1 | 44 | 32 | 1'18" | 1'15" |
| 2 | 45 | 40 | 1'55" | 0'37" | 2 | 37 | 31 | 1'18" | 1'15" |
| 3 | 40 | 39 | 1'55" | 0'37" | 3 | 28 | 31 | 1'18" | 1'15" |
| 4 | 36 | 28 | 1'55" | 0'37" | 4 | 26 | 32 | 1'18" | 1'15" |
| 5 | 49 | 39 | 1'55" | 0'37" | 5 | 30 | 32 | 1'18" | 1'15" |
| 车流向:⑦ | | | | | 车流向:⑧ | | | | |
| 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 | 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
| 1 | 2 | 2 | 2'17" | 0'15" | 1 | 32 | 48 | 1'37" | 0'50" |
| 2 | 2 | 2 | 2'17" | 0'15" | 2 | 14 | 29 | 1'37" | 0'50" |
| 3 | 1 | 1 | 2'17" | 0'15" | 3 | 26 | 39 | 1'37" | 0'50" |
| 4 | 2 | 2 | 2'17" | 0'15" | 4 | 29 | 48 | 1'37" | 0'50" |
| 5 | 1 | 1 | 2'17" | 0'15" | 5 | 29 | 45 | 1'37" | 0'50" |

表 5 庐山南大道-丰和中大道路口利用仿真软件实时配时优化后的车流数据

Tab.5 Optimized vehicle flow data after real-time timing by simulation software at the intersection of Mount Lu South Avenue-Fenghe Middle Avenue

| 车流向:① | | | | | 车流向:② | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 | 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
| 1 | 21 | 21 | 0'56" | 0'24" | 1 | 10 | 10 | 1'04" | 0'16" |
| 2 | 18 | 18 | 0'53" | 0'20" | 2 | 6 | 6 | 0'57" | 0'16" |
| 3 | 17 | 17 | 0'57" | 0'17" | 3 | 5 | 5 | 0'58" | 0'16" |
| 4 | 18 | 18 | 0'54" | 0'20" | 4 | 8 | 8 | 1'02" | 0'12" |
| 5 | 19 | 19 | 0'56" | 0'19" | 5 | 8 | 8 | 1'06" | 0'12" |
| 车流向:④ | | | | | 车流向:④ | | | | |
| 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 | 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
| 1 | 12 | 12 | 1'04" | 0'16" | 1 | 5 | 5 | 1'04" | 0'16" |
| 2 | 12 | 12 | 0'57" | 0'16" | 2 | 14 | 14 | 0'57" | 0'16" |
| 3 | 6 | 6 | 0'58" | 0'16" | 3 | 14 | 14 | 0'58" | 0'16" |
| 4 | 9 | 9 | 1'02" | 0'12" | 4 | 5 | 5 | 1'02" | 0'12" |
| 5 | 9 | 9 | 1'06" | 0'12" | 5 | 5 | 5 | 1'06" | 0'12" |
| 车流向:⑤ | | | | | 车流向:⑥ | | | | |
| 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 | 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
| 1 | 14 | 14 | 1'02" | 0'18" | 1 | 16 | 16 | 1'02" | 0'18" |
| 2 | 15 | 15 | 0'56" | 0'17" | 2 | 14 | 14 | 0'56" | 0'17" |
| 3 | 11 | 11 | 0'57" | 0'17" | 3 | 17 | 17 | 0'57" | 0'17" |
| 4 | 16 | 16 | 0'56" | 0'18" | 4 | 13 | 13 | 0'56" | 0'18" |
| 5 | 18 | 18 | 0'58" | 0'20" | 5 | 5 | 5 | 0'58" | 0'20" |
| 车流向:⑦ | | | | | 车流向:⑧ | | | | |
| 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 | 周期 | 待车量/辆 | 通行量/辆 | 红灯时长 | 绿灯时长 |
| 1 | 0 | 0 | 0'58" | 0'22" | 1 | 19 | 19 | 0'58" | 0'22" |
| 2 | 2 | 2 | 0'53" | 0'20" | 2 | 18 | 18 | 0'53" | 0'20" |
| 3 | 2 | 2 | 0'53" | 0'24" | 3 | 21 | 21 | 0'53" | 0'24" |
| 4 | 2 | 2 | 0'50" | 0'24" | 4 | 21 | 21 | 0'50" | 0'24" |
| 5 | 0 | 0 | 0'54" | 0'24" | 5 | 21 | 21 | 0'54" | 0'24" |

404.74 L。即减少的碳排量为:1 148.23-910.67=237.56 kg;节约油耗量为 509.42-404.74=104.68 L。此外,该道路单位通行车辆数量增加,有效提高了道路通行率。由计算可得该道路路口通过等量车辆所需时间比,优化前后数据对比如表 6。

表 6 等量车流通过该路口时间对比
Tab.6 Through time comparison of the equal amount of traffic at the intersection

| 车流向 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
|----------|------|---|------|------|---|------|------|------|
| 实际通行时间/h | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 优化通行时间/h | 0.91 | 1 | 0.86 | 0.97 | 1 | 0.91 | 0.76 | 0.84 |

优化后的信号灯对路口实时控制,有效减少了车辆等待时间,为市民出行创造了时间价值,对城市的经济文化发展有着巨大的促进作用。早晚高峰路口减少 $\frac{237.56}{1\ 148.23} \times 100\% = 20.69\%$ 的碳排放,以前文得到的南昌市每天上下班高峰期的碳排放为 330 437.714 kg 来算,全市两小时可减少碳排放 $330\ 437.714 \times 20.69\% = 68\ 367.56$ kg,设 1 天车流量为早晚高峰的 8 倍,则 1 年将减少 $68\ 367.56 \times 8 \times 365 = 199\ 633\ 275$ kg 碳排放,有效减轻了对环境的污染,为南昌创建低碳城市提供了有益条件。同理,根据 C# 软件仿真所设计方法,路口平均节省的能源大约为优化前车辆等待耗能的 20.55%。前文得到南昌市上下班高峰期 2 个小时的油耗为 146 613.171 L,则优化后能节省 30 129.007 L。以 93# 汽油 7.64 元/升为基准,经优化后每天油耗量可节省 230 185.61 元。

5 结束语

交通红绿灯作为交通枢纽的指挥棒,其设置的合理性至关重要。本文通过实施实地调研、分析调查数据、建立根据待车量的红绿灯实现实时配时的模型,并通过软件仿真进行验证。该算法比较简单,具有较好的实用性,结果显示经过优化后的控制系统能够有效提高道路路口的通过率,减少机动车的等待时间,从而达到节能减排的效果。

参考文献:

- [1] SMITH B L, DEMETSKY M J. Traffic flow forecasting: comparison of modeling approaches [J]. Journal of Transportation Engineering, 1997, 123(4):261-266.
- [2] 钱伟,孙玉娟.城市干线交通信号的模糊协调控制研究[J].河南理工大学学报,2014(10):621-625.
- [3] 张庆英,巫宇南.基于超声波传感和模糊算法的智能红绿灯系统[J].武汉理工大学学报,2008(2):52-54+58.
- [4] 王维松,等.基于 FPGA 的一种智能交通红绿灯设计[J].计算机应用与软件,2013(1):200-201.
- [5] 蒋程,张凯,刘权富.微波检测技术在交通管理中的应用[J].交通标准化,2012(7):144-147.
- [6] 曹树志.智能红绿灯对城市交通节能减排效果的仿真[J].电脑知识与技术,2011(13):97-99.
- [7] 胡大伟,吴中,方青,等.交叉口单点感应信号控制优化设计[J].交通科技与经济,2009(2):98-99.
- [8] 麻振华,等.十字路口智能红绿灯的研究[J].河北建筑工程学院学报,2013(2):114-117.
- [9] 包晓安,等.基于控制系数的交通信号动态配时研究[J].浙江理工大学学报,2014(9):517-520+531.
- [10] 崔宝侠,杨继平,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(5):84-87.
- [11] 熊巍,陈宗涛,李玉梅.交通灯智能控制系统设计[J].机电技术,2014(6):2-4.

Research on Real-time Timing of Intelligent Traffic Light Intersection——Taking the Honggutan District of Nanchang as an Example

Yu Desheng¹, Xie Yingyi², Xu Yuping²

(1. School of Economics and Management, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;
2. School of Railway Tracks and Transportation, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Through spot investigating on the traffic condition of intersection in Nanchang's Honggutan New District, analyzing survey data, calculating carbon emissions and fuel consumption by waiting cars at intersections in rush hour, on real-time timing of intelligent traffic light optimization scheme is established. The scheme is verified by simulation software. Research shows that optimized control system can effectively improve the passing rate at intersections, so the waiting time for a motor vehicle is reduced. As a result, reference on energy-saving, emission-reduction, effective alleviation of urban traffic congestion problem are provided.

Key words: intelligent traffic lights; real-time timing; sensing technique; energy saving and emission reduction

(责任编辑 王建华)

(上接第 18 页)

Numerical Simulation on Aerodynamic Characteristics of Stayed Cable with Waterline

Huang Yifeng

(School of Railway Tracks and Transportation, East China of Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Rain-wind-induced vibration of stayed cables is one type of wind-induced vibration with the maximum amplitude and the most serious damage. By using FLUENT software, this study carries out numerical wind tunnel tests on cables with waterline of different sizes, calculates three force coefficients respectively, and then compares results with those of the corresponding smooth cables. Results show that waterline has great influence on the three force coefficients of cables and the three force coefficients all become smaller obviously after setting up waterline. It concludes that the presence of waterline may lead to aerodynamic instability of stayed cables, but the height of the waterline has no obvious influence on three force coefficients.

Key words: stayed cable; waterline; numerical simulation; aerodynamic characteristics

(责任编辑 姜红贵)