

A Summary of Research on Calculation Method of All Red Timing at Intersection

Xiyan Zhang¹, Hao Zhao²

¹School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chong Qing, 400060, China
²School of Traffic and Transportation, Northeast Forestry University, Ha Er Bin, 150040, China

Abstract: In the plane signal intersection, the all red timing can reduce the collision between the phases in the intersection and improve the security. An appropriate all red timing can also improve the efficiency. Under the service level grading standard with delay as an indicator, the all red timing does not increase or increase a service level, indicating that the impact of the all red timing on service levels is limited. However, in the conflict analysis, the all red timing can greatly reduce the conflict, especially the crossing conflict, and improve the security level of the intersection. At the same time, the research also shows that many existing all red timing algorithms are unreasonable.

Keywords: intersection; signal light; all red timing; traffic engineering

交叉口信号灯全红时间计算方法研究综述

张熙衍¹, 赵浩²

¹重庆交通大学, 土木工程学院, 重庆, 中国, 400060

²东北林业大学, 交通学院, 哈尔滨, 中国, 150040

摘要: 在平面信号交叉点, 全红时间设置可以减少交叉点之间的相位冲突, 提高安全性。适当的全红时间也可以提高效率。本文介绍了全红时间的各个计算办法。研究表明, 全红时间可以减少延迟, 但影响程度有限。在以延迟为指标的服务级别分级标准下, 全红时间不会增加或增加服务级别, 表明全红时间对服务级别的影响是有限的。但是, 在冲突分析中, 全红时间可以大大减少冲突, 尤其是交叉冲突, 提高交叉口的安全等级。

关键词: 交叉口; 信号灯; 全红时间; 交通工程

1 引言

交叉口是城市道路网里重要的一环, 所有与道路交叉的车辆和行人在交叉路口聚集在一起, 因此形成各种类型的冲突点。交通事故在交叉口频繁发生, 极大地影响了城市道路网的容量。中国城市道路交通事故统计抽样显示, 50%-80%的城市道路交通事故发生在交叉口水平范围内, 其中 90%的事故发生在绿灯间隔期间。同时, 绿灯间隔设置不当, 车辆在交叉口的延迟时间占总时间的 30%以上^[1]。

在了解全红时间的定义之前, 首先需要找出绿色时间间隔的定义。绿灯间隔主要由黄灯时间和全红时序组成^[2]。对绿灯间隔时间的计算方法进行了研究, 得出全红时间在安装了交通信号倒计时装置的信号交叉口要更为长一些^[3]。而全红时间, 即所有相位的灯都显示红灯, 其作用是确保车辆通过停车线。在此阶

段结束前的最后一刻黄灯在第一辆车到达下一个绿灯之前经过冲突点。使用全红时间可以大大改善交叉口的交通秩序, 提高交通效率, 但如果你不使用全红时间, 它会产生相反的效果, 并增加交通延误^[4]。

全红时间是绿灯间隔时间的重要部分, 是指从前一阶段黄灯结束到下一阶段绿灯开始的时间间隔。设置全红色定时的目的是使尾车在前一阶段黄灯结束之前和下一阶段开始时的头车绿灯不在交叉点冲突点处碰撞^[5]。

目前, 国内外尚无统一的全红时间设定计算方法, 现有的计算方法模型相对简单, 理想化, 国外关于全红清空时间的计算方法, 主要有两种极限情况: 一种是较为保守的, 考虑最大安全极限的情况; 另一种是考虑通行效率最高的情况^[6]; 而国内仅给出绿灯间隔计算方法^[7]。在实际应用中, 交通管理部门经常根据经验自行配置, 不根据交叉路口的实际情况设

置,造成不合理的价值并降低了交叉口的交通效率和安全性。

因此,提高交通控制和管理水平,合理利用现有的道路设施,使其发挥最大能力,成为解决城市道路交通管理者所面对的主要问题。而对平面交叉口而言使用交通信号灯是重要的交通控制手段,合理的信号配时对缓解交通拥有着举足轻重的作用。

2 全红时间计算意义及考虑因素

倒计时装置的应用给交通安全和交通效率带来了一些问题,目前关于机动车制动特性和驾驶员在绿灯间隔期间的驾驶行为的研究还不够深入,还应该考虑制动时车辆的制动协调和车辆驾驶员进入红灯的时间^[3]。以交叉口驾驶行为特征。

确定全红时间的定义,比较不同国家的全红时间的计算,学习新方法并最终计算全红时间。在合理的全红时间配置下,不能留在黄灯下的车辆可以在第一辆车到达下一个绿灯之前越过冲突点并安全地离开交叉口。统计分析服务水平与全红时间之间的关系根据交叉口速度限制,几何条件和倒计时设施,交通流量变化等因素,建立分析模型,提高交通车辆的交通效率和安全性。同时,进行全红时间计算时需要考虑如下因素:

A 机动车制动特性

机动车辆在短距离内停车并保持行驶方向稳定性的能力以及在下一个长坡度期间保持一定速度的能力,称为机动车辆的制动能力。机动车的制动特性对制动距离有很大影响。制动距离是设置黄灯时必须考虑的重要因素。因此,分析机动车的制动特性是非常必要的。

B 驾驶员驾驶行为

全红色定时的设置受到下一阶段绿灯开始时头部车辆的驾驶行为的影响,以及在信号交叉口处安装交通信号倒计时装置是否会对驾驶行为产生不同的影响。

3 全红时间计算方法

3.1 最大安全限制算法

该算法规定,在允许下一阶段的下一辆车离开停车线之前,前一阶段的最后一辆车完全离开了交叉路口。这是一种保守的方法,没有最高效率。美国和日本使用此算法,但计算公式不同。

美国算法:

$$AR = \frac{w+l}{v}$$

日本算法:

$$AR = \frac{w}{v}$$

w : 从停车线到最远冲突车道中心线的距离, m

l : 车身长度, m

v : 最后阶段尾车清除速度, m/s

3.2 最大效率算法

该算法允许前一阶段的最后一辆车刚刚跨越冲突点,下一阶段的第一辆车到达冲突点。这是一种最大的交通效率方法。加拿大和德国使用这种算法,但计算公式不同。

德国算法:

$$AR = \frac{s_c + l}{v_c} - \frac{s_e}{v_e}$$

加拿大算法:

$$AR = \frac{s_c}{v_c} - \frac{s_e}{v_e}$$

s_c : 尾车清除前一阶段的距离, m

s_e : 下一个车头入口距离, m

v_c : 最后阶段尾车清除速度, m/s

v_e : 下一阶段车辆进入速度, m/s

3.3 全红时间的国内计算算法

国内全红时间计算尚未给出统一且明确的方法,一般根据国外计算方法设定。在计算绿光间隔时间 $I < 3s$ 时,黄灯时间为 $3s$; 当 $I > 3s$ 时, $3s$ 与黄灯匹配,剩余时间分配给全红时间^[8]。该算法是中国常用的算法。它通过计算绿灯间隔时间并将其与固定的黄灯时间进行比较来计算全红定时。

$$I = \frac{Z}{u_a} + t_0$$

I : 绿灯间隔时间, s

Z : 从停车线到冲突点的距离, m

u_a : 入口道路的车速, m/s

t_0 : 车辆制动时间, s

该算法没有给出具体的全红色时间计算方法,而是利用绿灯间隔时间和黄灯时间之间的关系来计算全

红时间。

3.4 全红时间的新计算算法

全红时间的计算方法不明确，导致价值不合理，降低了交通的交通效率和安全性^[5]。他们分析了全部的研究现状。红色计时并总结了国内外的计算方法。通过分析最后阶段尾车排空时间和下一阶段车辆进入时间，提出了一种新的全红定时计算方法。通过建立相应的分析模型，一种计算交叉口全红时间的新方法产生了。通过分析各种情况下所有全红时间设置的要求，指出在交叉口的信号定时中重要，并且正确设置所有全红时间，以此改善十字路口的安全。但是，这只是一个相对理想的状态。在实际应用中，还需要受到地理环境，道路条件，守法意识等因素的限制，同时需要进行研究和实践。

在制定了交叉口的信号相位方案之后，从理论上讲，只要最后阶段尾车通过下一阶段头车之前的碰撞点，就可以确保车辆安全，并且只有全红色时刻遇到两车抵达冲突点。时差是可以的。假设在前一阶段中从停止线到碰撞点的距离是 s_{exit} ，在下一阶段中从停止线到碰撞点的距离是 s_{enter} ，车辆的长度是 l_{veh} ，如图所示。时间的设定可以表示为：

$$t_{exit} = \frac{s_{exit} + l_{veh}}{v_{exit}}$$

$$t_{enter} = t_q + \sqrt{\frac{2s_{enter}}{a_{acc}}}$$

$$AR = t_{exit} - t_{enter} = \frac{s_{exit} + l_{veh}}{v_{exit}} - t_q + \sqrt{\frac{2s_{enter}}{a_{acc}}}$$

t_{exit} ：最后一个相位在最后相位结束时通过冲突点的时间

t_{enter} ：下一相位头车到达冲突点的时间，这是头车进时间

v_{exit} ：最后相位尾车清空速度

v_{enter} ：下一相位头车进入速度

s_{exit} ：尾车清除前一相位的距离

s_{enter} ：下一个车头入口距离

a_{acc} ：车辆在 1、2 档，从静止开始加速的加速度为 $1.7-2.5m/s^2$ ，考虑到车辆启动不久后会提高档次，因此在此将加速度略微提高，取 $3.0m/s^2$ ^[9]

t_q ：我国车辆启动损失时间一般为 $1.8-2s$ ^[10]

l_{veh} ：取车辆长度 $12m$ ^[11]

3.5 基于交通量状态的全红时间优化算法

为了确定不同交通条件下绿灯之间的时间，交叉口的容量最大化，以及使用交通量代替进入车速输入运动学方程的计算方法根据道路交通流状况，采用 Greenshields 模型，Greenberg 模型和 Underwood 模型分析绿色时间与交通的关系^[12]。因此，在不同交通条件下建立不同交通量的绿色交通时间计算方法。其中，通过使用 Greenhill 速度 - 交通量模型获得全红定时的基于交通状态的优化算法。

使用 Greenshields 速度 - 交通量模型获得全红时间的改进公式：

$$Q_m = v_m \times k_m = \frac{1}{2} v_f \times \frac{1}{2} k_j = \frac{1}{4} v_f k_j$$

$$AR = \frac{2}{v_f} \left(\frac{W + L}{1 \pm \sqrt{1 - \frac{4Q}{v_f K_j}}} \right)$$

W ：交叉口宽度，m

L ：车长，m

Q ：实际交通量，veh/h

v_f ：通行速度，km/h

k_j ：阻塞密度，veh/km/ln

4 结论

最大安全限制方法美国的计算公式，这是一种有一定误差的算法，虽然它是安全但过于保守。使用最大效率算法德国计算方法，在参数计算中没有错误，并且保证它们足够详细，以满足安全要求。不经意间，可能发生交通事故，根据我国城市道路交叉口的实际运行状况，这种做法不合适，但可以作为未来交通秩序改善后的目标。使用国内通用方法没有意识到全红时间的重要性，可以说是这是一个不成熟的算法。国内全红时间的新计算方法以及基于交通量的状态的全红时间优化算法所考虑的因素更多，更符合实际交通的状况。

References (参考文献)

- [5] Qian Hongbo, Li Keping. Study on the impact of green light interval on traffic safety at intersections. China Safety Science Journal. 2008, 18(6), 166.
钱红波, 李克平. 绿灯间隔时间对交叉口交通安全的影响研究. 中国安全科学学报. 2008, 18(6), 166.
- [6] Dong Bo, Peng Guoxiong, Zhang Xiaopeng, et al. Research on green light interval calculation of signal control intersection. Journal of Transportation Research. 2006(1), 88-90.

- 董博, 彭国雄, 张鹏鹏, 等. 关于信号控制交叉口绿灯间隔时间计算的研究. 交通运输研究. 2006(1), 88-90.
- [7] Li Jin, Song Rui, Jiang Jinliang. Calculation method of green light interval time at signal control intersection. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering). 2011, 35(3), 537-541.
李晋, 宋瑞, 蒋金亮. 信号控制交叉口绿灯间隔时间计算方法. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版). 2011, 35(3), 537-541.
- [8] Schultz G. G., Dowell A. L., Roundy R., Saito M., Reese C. S. Evaluating the safety effects of signal improvements. Transportation Research Record. 2014, 2435(2435), 19-26.
- [9] Shu Aibing, Wang Yunxia. Research on calculation method of full red time of urban signal control intersection. International Energy Conservation and New Energy Vehicle Innovation Development Forum. 2011, 56-61.
树爱兵, 王运霞. 城市信号控制交叉口全红时间计算方法研究. 国际节能与新能源汽车创新发展论坛. 2011, 56-61.
- [10] Li Keping. Green light interval time in urban road traffic signal control. City Traffic, 2010, 08(5), 73-78.
李克平. 城市道路交通信号控制中的绿灯间隔时间问题. 城市交通. 2010, 08(5), 73-78.
- [11] Yang Peikun, Wu Bing. Traffic research and control(the third edition). Beijing: People's Transportation Press. 2002.
杨佩昆, 吴兵. 交通管理与控制(第三版). 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [12] Yang Peikun. Analysis method of traffic capacity of traffic lights passing at traffic lights at conflict points. Journal of Tongji University. 1981(03), 68-76.
杨佩昆. 车辆通过冲突点的红绿灯交叉口通行能力的分析方法. 同济大学学报. 1981(03), 68-76.
- [13] Ma Tianyu. Analysis of the influence of the countdown display at the signalized intersection on driver behavior. Changchun: Jilin University. 2008.
马天宇. 信号交叉口倒计时显示屏对驾驶员行为影响分析. 长春: 吉林大学. 2008.
- [14] Yang Xiaoguang. Urban road traffic design guide. Beijing: China Communications Press. 2003.
杨晓光. 城市道路交通设计指南. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [15] Muller T. H. J., Dijkstra T., Furth P. G. Red clearance intervals: Theory and practice. Transportation Research Record. 2004, 1867(1867), 132-143.
- [16] Li Tiejun, Chang Xu. Optimization algorithm of green light interval based on traffic status. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition. 2016, 36(3), 81-85.
李铁军, 常旭. 基于交通状态的绿灯间隔时间的优化算法. 长安大学学报: 自然科学版. 2016, 36(3), 81-85.