

考虑交通公平的主辅交叉路口 半固定相位信号配时优化

傅文翰

(上海理工大学管理学院, 上海 200093)

摘要: 城市化进程中大中型城市交通问题愈发严重, 车辆数目急速增长, 而交通信号灯控制系统相对滞后。本文通过对交通信号灯的开放时间与顺序进行优化, 采取一种基于主辅道路而建立的半固定相位配时优化方法, 改变固定配时弊端的同时考虑道路的交通公平性, 以实现信号配时智能控制。假设车辆到达服从泊松分布, 通过数值仿真分析将该方法与传统方法在三种交通情景状况下进行模拟分析。结果证明相较于传统固定模式信号灯配时方案, 该方法单位时间内车辆通过率提升 9.6580%, 11.4460% 和 1.6647%, 能够在提高车辆通行公平性的同时, 提高道路交通顺畅程度。

关键词: 信号配时优化; 交通信号智能控制; 主辅交叉路口; 半固定相位

中图分类号: U491 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0149—03

在城市化进程中, 城市车辆数目急剧增长, 网状分布的城市交通道路形成众多的道路交汇, 交通问题越发凸显。城市的交通信号灯, 大部分根据路口车辆数量按照默认固定信号周期、固定红绿灯时间和固定相位转换次序的方法^[1]。固定配时的信号控制模式使交通效率大大降低。

与此相关的研究主要集中在优化算法的改进, 利用智能算法改变不同相位的信号时长。吴啸宇等人构建以车辆延误和停车次数作为优化目标的交叉口信号优化模型^[2]。王瞳等人建立灰色预测模型预测流率, 并以遗传算法对干线交叉口信号灯配时进行续进式协调控制^[3]。杨海荣等人提出一种相序可变的实时滚动优化模型进行单交叉口信号控制^[4]。然而, 相序频繁改变的智能算法方案会使驾驶者思想高度紧张, 无法做出及时反应易引起交通事故^[5]。

同时, 以车辆延误等道路效率作为优化目标, 没有充分考虑到作为交通参与者的交通公平性。道路资源配置作为交通公平的组成之一^[6], 大部分研究聚焦在不同交通方式间的公平性比较, 如公共交通和小汽车等^[7], 而缺少对于同类型通行个体之间的公平性衡量。

通过对单交叉路口交通控制情况的分析和讨论, 兼顾公平和效率, 本研究提出以主辅路控制为核心的半固定相位交通灯配时方案, 克服传统配时方案的效率不高和智能算法的公平性欠缺的问题, 能够有效对信号灯进行配时优化。

1 研究方法

根据实际情况做如下假设: ①不设置行人专用相位, 车辆的右转行驶总是可行。②不考虑路口间相互影响。基于上述条件假设, 单路口有 8 条车辆行驶路线,

如图 1, 建立总体通行效率为主, 个体等待公平为辅的优化方案。

1.1 总体通行效率为主

同时开放两条路线分称为主路和辅路, 由主路决定开放时间和顺序并进行周期性运转。对于单路口, 同时只能运行两条路线; 每条路线有三条相容辅路, 主路与其相容辅路同时开放; 所有路线的三条相容辅路两两冲突。结合主辅路的固有性质, 确定主辅路开放的原则, 其重要性依次递减:

- (A) 当前主路的三条相容辅路不包含上条主路。
- (B) 当前主路不属于上条主路的相容辅路。
- (C) 当前主路与上条主路相容辅路重迭数最小。

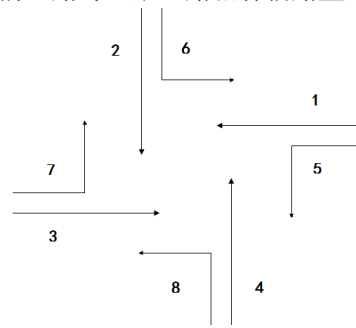


图 1 单路口相位图

在固定主路顺序的前提下, 满足开放原则记 0, 不满足记 1。主路每次转换对应三进制数字称为权重, 所有路线相应权重之和最小为最优。因为只有从直道路线转移至直道路线, 权重才会是 (001), 而在一个开放周期内, 必有从直道转至弯道和从弯道转回至直道, 所以 8 个或 7 个 (001) 均不可行, 最小的权重和就只能 (001) * 6 + (002) * 2。

以路线 1 为例。从路线 1 转移至弯道路线是 1→7 或者 1→6。若 1→6, 只能接续 6→7→8→5。从路线 5

转至直道路线可以是5→3或者5→4,若是5→3,则后续不能返回到最初的路线1,只能开放5→4→2→1。若1→7,情况类似。从而只有1→6→7→8→5→4→3→2→1和1→7→8→5→6→4→3→2→1是权重最小的开放顺序。确定主路开放顺序后,再选择其相容辅路进行开放,以提升总体方案的交通公平性。

1.2 个体等待的交通公平性为辅

考虑到单一路线的开放时间必须有上下限,以保障通行个体的交通公平。即使某路线只有一辆车等待,也要有一定时间让其通行,即使某路线堵塞,也不能一直通行。

除了考虑主路上等待车辆的数目之外,利用辅路与主路车辆数的相容性来影响开放时间。由于两条路线上等待的车辆数完全相等的情况较难发生,当两者等待数量之差小于较大数量的三分之一时,就视其为相当。设计在主路开放时其相容辅路开放的三原则:某条辅路的待过车辆与主路数相当,则开放;三条辅路待过车辆数之和与主路相当,则三依次放行;三条辅路待过车辆之和远少于主路,则跳过放行。

1.3 半固定相位不固定时间配时优化

若相位不固定,在每个周期的结束处,由于相位的不固定性,很难保证每个相位对路口使用的公平性,从而影响到驾驶者的情绪变化,致使交通事故频发^[9]。因此提出了主辅相位的半固定相位的方案,同时选择不固定时间模式调控信号配时。具体方案如下:

(A)若当前主相位要放行,此次放行时间为该主相位所有车辆放行完毕的但不超过预设的最长放行时间。

(B)相应的三条辅相位中若有一条与主相位相当,则该辅相位同时放行,并于到达主相位时间后无条件关闭。

(C)相应的三条辅相位的车辆数若与主相位相当(大于50%),则此次三条辅相位相继放行,并于到达主相位时间后关闭。

(D)若主相位无车辆等待,则跳过此次主相位的放行。

(E)若与主相位对应的三条辅相位的车辆之和远小于主相位车辆数(小于50%),则跳过此次主相位的放行,并且下一周期无条件放行,且最长放行时间临时变更为现有的两倍。

2 模型验证

一定时间内到达某一断面处的车流量是随机的,通过大量交通观测发现,在一定的观测周期中到达的车辆数服从泊松分布^[8]。设计三种不同的道路情景:

情景一:模拟城市中上下班高峰时段,单一的进城

方向(出城方向)车流量很大,而相反方向的车流量很小。在此种情况下,八个相位设计的泊松参数 γ (辆/2s): 0.333300, 0.166700, 0.111100, 0.083300, 0.166700, 0.083300, 0.055560, 0.041670。

情景二:模拟城市常规时段,八个相位的车辆相当,但车流量适中。在此种情况下,八个相位设计的泊松参数 γ (辆/2s): 0.166700, 0.142900, 0.125000, 0.111100, 0.083330, 0.071400, 0.062500, 0.055560。

情景三:模拟节假日等严重堵塞时段,八个相位的车辆相当,但严重累积。在这种情况下,八个相位设计的泊松参数 γ (辆/2s): 0.1667000, 0.166700, 0.166700, 0.166700, 0.166700, 0.166700, 0.166700。

在单路口一小时的时间内,分别在三种道路情景下,运用三种不同的放行模式重复100次模拟,前两种方案中最大放行时间为40s,方案三中选取的固定时间为30s。实验得出了实际吞吐量的平均值,如表1。

表1 不同方案平均吞吐量

配时方案	情景一: 高峰时段	情景二: 常规时段	情景三: 严重堵塞
半固定相位不固定时间	3241	2918	3413
固定相位不固定时间	2832	2661	3413
固定相位固定时间	2600	2621	3364

高峰时段,单方向车辆多而相反方向车辆少。此情景下,半固定相位不固定时间方案的优势充分体现出来,实际通过率明显高于固定相位不固定时间方案以及固定相位固定时间方案,通过率分别提高14.4421%, 24.6923%。

常规时段,各相位车流量相当,总车流量适中,此时半固定相位不固定时间方案的优势不像高峰时段那样显著,但平均通行量分别还是提高9.6580%和11.4460%。

严重堵塞时段,由于各个相位车辆均严重累积,此时半固定相位不固定时间方案与固定相位不固定时间方案的效果相当,均比固定相位固定时间提高1.6647%。

综上所述,在各种道路情景下,半固定相位不固定时间方案均优于固定相位不固定时间方案、固定相位固定时间方案。特别在前两种情形下,优化效果有显著提高。

3 结论

本研究同时考虑通行效率整体提升和个体交通公平的现代城市社会需求,建立总体通行效率为主,个体等待公平为辅的主辅路半固定配置优化方案,以改善现有配时方案的不足。通过程序模拟分析,结果证明相较

钢桥面铺装用新型高黏沥青及沥青混合料的研究

任瑞波¹, 马世东¹, 徐强¹, 姜益顺², 李宁³, 赵品晖¹

(山东建筑大学 交通工程学院, 济南 250101; 2. 山东省路桥集团有限公司, 济南 250021;
3. 青岛市交通规划设计院有限公司, 青岛 266102)

摘要: 本文使用的新型速溶高黏改性剂在 185℃ 温度下, 只通过搅拌就可以溶化, 不需要进行剪切。文章介绍适用于钢桥面铺装用实验室自主研发的新型高黏沥青的性能试验与高黏沥青混合料的研究。沥青性能试验表明, 高黏沥青具有较高的黏结性并且不影响施工和易性。与 SBS 改性沥青相比, 具有较高的弹性恢复能力, 能够更好地适应钢桥面的变形, 流变性能良好。沥青混合料试验结果表明高黏沥青混合料路用性能有优异。实际工程应用结果证明, 高黏沥青混合料作为钢桥面铺装材料的适用性。

关键词: 桥面铺装; 高黏沥青; 沥青混合料; 路用性能

中图分类号: U414 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0151—03

近几十年来, 随着公路桥梁建设迅速发展, 我国建设大量的大跨径桥梁。对于桥梁建设, 在桥面铺装材料的开发应用尚未给予足够重视。目前国内针对大型钢桥开发的高黏沥青技术应用效果较好^[1,2]。

国内对高黏沥青的应用相对较晚, 早期的一些工程中主要采用 TPS 改性剂^[3,4]。在近几年, 国内学者投入大量的精力进行高黏沥青开发工作^[5]。由于其优异的路用性能, 国内在一些大型桥面铺装中逐渐采用高黏沥青技术^[6,7]。与普通改性沥青相比, 高黏沥青具有更高的黏韧性, 用于黏结层时效果显著^[8,9]; 由于高黏沥青黏度高, 用以制备的沥青混合料在施工性能和综合性能等

方面都具有优势^[10]。

本文旨在研究自主开发的新型高黏沥青的性能, 设计适合大型钢桥桥面铺装的 SMA-10 混合料, 并对其综合路用性能及实际应用进行研究。

1 高黏沥青的制备

1.1 原材料

本试验使用的基质沥青为齐鲁 70#A 级道路石油沥青, 其基本技术指标试验结果如表 1 所示。高黏改性剂为实验室自主研发高黏改性剂, 在 185℃ 温度下, 只通过搅拌就可以溶化, 不需要进行剪切。与市面常见高黏

于传统信号配时方案, 单位时间内车辆通过率有效提升。由于实验条件限制, 本研究使用模拟数据作为验证, 未来可以使用真实交通大数据做进一步研究。此外, 未来研究可以对信号灯配时优化问题中交通公平性的衡量方式做进一步探索。

参考文献:

- [1] 郝林倩. 基于多目标优化算法的交叉路口信号灯配时模型研究 [J]. 智能计算机与应用, 2021, 11(03): 154-157+163.
- [2] 吴啸宇, 李慧慧, 林娟娟, 房新. 基于人工鱼群算法的交通信号灯配时优化模型 [J]. 南京理工大学学报, 2022, 46(01): 40-47.
- [3] 王瞳, 刘洋. 5G 智能交通背景下交通信号灯配时优化研究——基于灰色预测模型和遗传算法 [J]. 智能计算机与应用, 2020, 10(07): 185-191.
- [4] 杨海荣, 罗大庸. 交叉口信号实时滚动优化模型及算法 [J]. 控制与决策, 2014, 29(4): 645-650.

[5] 朱铭琳, 赵润林. 单点交通信号控制系统的优化设计与仿真 [J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(10): 253-257.

[6] 林晓言, 张泽华, 王梓利. 中国交通公平性测度研究——基于交通基尼系数的分析 [J]. 宏观经济研究, 2019, (05): 154-167.

[7] 席东其, 朱乐, 张改, 石飞. 基于手机信令数据的城市交通公平性评价——以昆山市为例 [J]. 现代城市研究, 2021, (06): 35-43.

[8] 王嘉文, 邹林志, 杭佳宇. 考虑人车交互的两相位信号控制交叉口的配时优化方法 [J]. 中国水运 (下半月), 2020, 20(01): 80-82.

[9] 王一鸣, 邓琛, 邓高旭. 基于模糊控制的智能交通信号控制系统设计 [J]. 电子科技, 2017, 30(8): 84-87.

基金项目: 上海高校青年教师培养资助计划; 上海理工大学博士启动基金项目 (BSQD202109)。