

交叉口交通量调查与信号优化—以成都港华路与港通北三路交叉口为例

张泽旭

重庆交通大学 重庆 400074

摘要: 文章对交叉口通过设置多个观测点在高峰小时, 进行分方向, 分车型的机动车交通流量观测, 获取详尽的交通流量数据, 并对收集数据分析交叉口拥堵状况, 对交叉口信号配时进行优化。根据调查数据确定交叉口各车道设计饱和流量及设计交通量, 再根据实际调查数据确定绿灯间隔时间和信号损失时间并计算交叉口信号周期及各相有效绿灯时间。最后进行服务水平检验, 确定信号配时方案。

关键词: 交通量调查; 高峰小时; 设计交通量; 信号配时优化

1 引言

城市交叉口作为道路系统中最复杂、最易堵塞和最危险的地方之一, 堵塞会导致车辆排队等待时间增加、旅行速度缓慢、加剧污染等问题, 而近年来城市交通堵塞问题也从大型城市扩散至中小型城市, 对城市发展造成巨大影响, 如何科学地、合理地管理交叉口, 是值得研究的问题。张祖林等人^[1]分析了昆明市交通供给、管理和需求的现状, 研究造成主城区道路交通压力居高不下的宏观和微观原因, 从交通组织管理、交通控制和交通设计3个方面出发, 提出主城区道路交通控制与管理改进方案。李振龙等人^[2]为解决双周期干线信号协调控制中干线协调效率与双周期交叉口通行效率存在矛盾的问题, 提出一种基于改进Q学习的控制方法, 实现干线绿波带与交叉口相位差协同优化, 有效平衡两类控制目标。朱玮根提出了CVIS协调控制模型, 并使用Anylogic进行仿真。王兆艳^[3]在已有的交通信号协调控制方法基础上, 提出了一种新的多目标优化问题的方法并在VISSIM仿真平台上构建了典型的城市交通干线样本路段, 在路段上对优化结果进行仿真实验分析。韩义磊等人^[4]运用VISSIM仿真软件对大庆市中央南大街—龙十路交叉口进行建模与仿真实验, 结果显示, 优化后的交通控制方案显著降低了车辆平均延误时间、平均排队长度以及最大排队长度, 有效提升了该交叉口的通行效率。

2 交叉口几何参数及交通量调查

对港通北三路-港华路交叉口几何参数进行汇总, 该交叉口为十字型路口, 东进口处取消绿化带增添左转车道。根据交叉口现状绘制交叉口平面图如图2-1所示。

交通量调查采用摄影法, 在交叉口适当位置摄影, 对高峰时期交通量进行调查, 高峰时段选择工作日17:00-18:00, 在录好视频上进行各车分车型交通量统计。标准

车型的换算参考《城市道路工程设计规范》^[5], 折算系数如表2-1所示。交叉口机动车交通量调查结果经换算得到交通流量流向图如图2-2所示。该交叉口最初信号相位配时图如图2-3所示。

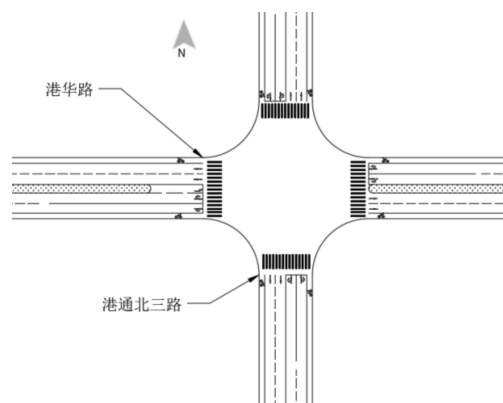


图2-1 港通北三路与港华路交叉口

表2-1 车辆折算系数

车型	小型车	大型客车	大型货车	铰接车
车辆折算系数	1	2	2.5	3

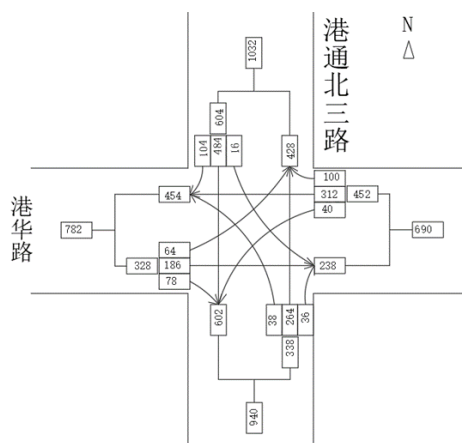


图2-2 交通流量流向

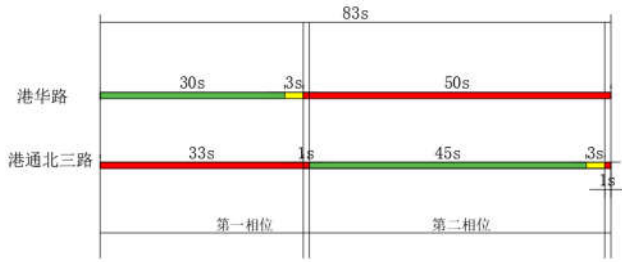


图2-3 交叉口信号相位配时图

3 信号配时设计

具体步骤如下^[6]:

3.1 信号配时计算

首先根据公式

$$q_{dmn} = \frac{Q_{mn}}{(PHF)_{mn}} \quad (1)$$

式中： Q_{mn} 为进口道 m 流向 n 的高峰小时交通量， pcu/h ； $(PHF)_{mn}$ 为进口道 m 流向 n 的高峰小时系数，主要进口道可取0.75，次要进口道可取0.8。

确定进口道 m 流向 n 的设计交通量，

根据

$$Y = \sum_{j=1}^j \max(y_j, y_j', \dots) = \sum_{j=1}^j \max\left[\left(\frac{q_d}{S_d}\right), \left(\frac{q_d}{S_d}\right)', \dots\right]; (Y < 0.9) \quad (2)$$

式中： Y 为最大流量比 y_j 或 y_j' 值的和； j 为单个周期内的相位数； y_j 、 y_j' 为第 j 相的流量比； q_d 为设计交通量， pcu/h ； S_d 为设计饱和交通量。当 y 值大于0.9时，须重新设计进口道或信号相位方案。

再求得各相设计流量比 y_j 及设计流量比总和 Y 。

$$L = \sum_k (Ls + I - A)_k \quad (3)$$

$$I = A + AR \quad (4)$$

$$C = \frac{L}{1 - Y} \quad (5)$$

式中： A 为黄灯时长； AR 为全红时间， s 。

再根据公式（3）（4）（5）求得交叉口信号周期时长；

$$g_j = g_{ej} - A_j + l_j \quad (6)$$

$$g_{ej} = G_e \frac{\max(y_j, y_j', \dots)}{Y} \quad (7)$$

$$G_e = C - L \quad (8)$$

式中：第 j 相位的启动损失时间 l_j 取5.2s

最后由（6）（7）（8）得到各相位显示绿灯时间 g_j 。

求得周期时长31.5s，总流量比 $Y = 0.54316 < 0.9$ ，满足要求。

再根据公式

$$g_{min} = 7 + \frac{Lp}{vp} - I \quad (9)$$

验算最短绿灯时间与显示绿灯时间关系。经过验算发现两个相位显示绿灯时间分别为9.6s和11.9s均小于最短绿灯时间22s，故需要延长周期时长。最终按照最短绿灯时间的要求确定两个相位显示绿灯时间分别为23s和23s并将周期时长定为54s。

3.2 饱和和流量计算

首先根据公式

$$S_d = S_{bi} \times f(F_i) \quad (10)$$

求得各车道校正系数计算公式如下：

3.2.1 车道宽度校正：

$$f_w = \begin{cases} 1 & 3.0 \ll W \ll 3.5 \\ 0.4(W - 0.5) & 2.7 \ll W < 3 \\ 0.05(W + 16.5) & W > 3.5 \end{cases} \quad (11)$$

式中： W ——车道宽度 m 。

3.2.2 坡度及大车校正：

$$fg = 1 - (G + HV) \quad (12)$$

式中：道路纵坡为 G ；大车率为 HV 且不大于0.5

3.2.3 直行车道自行车影响校正系数

$$fb = \begin{cases} 1 - \frac{1 + \sqrt{bL}}{ge} & \text{(无左转专用相位)} \\ 1 & \text{(有左转专用相位)} \end{cases} \quad (12)$$

$$bL = \frac{\beta_b \cdot B \cdot (C - g_e)}{C} \quad (13)$$

3.2.4 左转校正系数

$$f_l = \exp\left(-0.001\zeta \frac{q_{l0}}{\lambda}\right) - 0.1 \quad (14)$$

3.2.5 直左合流校正系数

用下式计算：

$$f_{il} = \frac{qt + ql}{qt'} \quad (15)$$

$$q_i' = K_i \cdot q_i + q_i \quad (16)$$

$$K_i = \frac{St}{S_i'} \quad (17)$$

3.2.6 直右合流校正系数

用下式计算：

$$f_{ir} = \frac{qt + qr}{qt'} \quad (18)$$

$$qt' = Kr \cdot qr + qt \quad (19)$$

$$Kr = \frac{St}{S_r'} \quad (20)$$

3.3 通行能力及服务水平计算

道路通行能力计算公式如下:

$$CAP = \sum_i CAP_i = \sum_i S_i \lambda_i = \sum_i S_i \left(\frac{ge}{C} \right)_i \quad (21)$$

式中: CAP_i 表示第*i*条进口车道的通行能力, pcu/h ; S_i 表示第*i*条进口车道的饱和流量, pcu/h ; λ_i 表示第*i*条进口车道所属信号相位的绿信比; ge 表示该信号相位的有效绿灯时间, s ; C 为信号周期时长, s 。

各车道饱和度:

$$x_i = \frac{q_i}{CAP_i} \quad (21)$$

各车道延误:

$$d = d_1 + d_2 \quad (22)$$

$$d_1 = 0.5C \frac{(1-\lambda)^2}{1-\min(1,x)\lambda} \quad (23)$$

$$d_2 = 900T \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8ex}{CAP \cdot T}} \right] \quad (24)$$

式中定时信号取 $e = 0.5$ 。

各进口道平均信控延误计算:

$$d_A = \frac{\sum_i d_i q_i}{\sum_i q_i} \quad (25)$$

式中: q_i 表示进口道*A*中第*i*车道的小时交通量换算为其中高峰15min的交通流率, $pcu/15min$ 。根据计算得到的平均信控延误对照延误-服务水平表如表3-1所示可得到交叉口服务水平。

表3-1 延误-服务水平

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

进行延误及服务水平评价,求得交叉口信控延误14.72s/pcu,服务水平为B级,具有良好的服务水平。故确定设计后的交叉口两个相位显示绿灯时间分别为23s和23s,黄灯时间3s,一个周期内全红时间2s,周期时长为54s。

4 结论

本论文通过对港华路-港通北上三路交叉口的交通流量及几何参数进行实地调查,经过统计分析对交叉口信号配时进行重新设计,设计后的交叉口两个相位显示绿灯时间分别为23s和23s,黄灯时间3s,一个周期内全红时间2s,周期时长为54s,最后进行延误及服务水平评价得到交叉口信控延误为14.72s/pcu对比延误-服务水平表得服务水平为B,具有良好的服务能力。

参考文献

[1]张祖林,刘光富.昆明市主城区道路交通控制与管

理改进方案研究[J].云南大学学报(自然科学版),2009,31(04):346-351,357.

[2]李振龙,张靖思,刘钦,等.基于改进Q学习的双周期干线信号协调控制方法[J].科学技术与工程,2021,21(29):12744-12750.

[3]王兆艳.城市道路干线交通信号协调控制与优化研究[D].沈阳建筑大学,2019

[4]韩义磊,韩印,胡荣.基于VISSIM仿真的交叉口交通组织优化设计[J].物流科技,2021.

[5]城市道路工程设计规范:CJJ 37-2012[S],2012.

[6]杨佩昆,吴兵.交通管理与控制[M].人民交通出版社,2020:79-169.