

文章编号: 1002-0268 (2006) 03-0135-04

信号交叉口左转机动车等待区设置方法研究

季彦婕, 邓 卫, 王 炜
(东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 左转交通是平面交叉口主要的交通隐患。目前普遍采用的多相位信号虽然能够将相互冲突的车流在时间上分开, 减少交通干扰, 但同时带来了周期时长过长、进口车道利用率低等弊端。在路口区域较大的交叉口内设置左转机动车等待区, 能够减少左转信号时间, 达到时间和空间相互转换的目的。文章对左转机动车等待区的设置方法和设置长度进行了初步分析, 并通过实例分析对比了左转机动车等待区设置前后的交通效益指标。结果表明: 合理设置左转机动车等待区可以缩短周期时长, 减小车均延误, 提高进口车道的利用率, 充分利用交叉口的时空资源。

关键词: 信号交叉口; 左转机动车等待区; 设置方法; 设置长度; 交通效益分析

中图分类号: U491

文献标识码: A

Study on the Layout of Left-turn Vehicles Waiting Area at Signalized Intersections

Ji Yan-jie, DENG Wei, WANG Wei

(School of Traffic and Transportation Engineering, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

Abstract: Left-turning traffic is one of the major hidden dangers at intersections. Although multi-phase signal used widely at intersections could separate conflict traffic in terms of time, but it led to long cycle time and low utilization ratio of approaches. Left-turn vehicles waiting areas established at large crossroads could reduce left-turn signal time and realize reciprocal transformation of time and space. The reasonable layout and the length of approaches of left-turn vehicles waiting area were researched respectively in the paper. An example was employed to reveal the traffic benefit before and after the layout of left-turn vehicles waiting area. The results suggested that the appropriate layout of left-turning vehicles waiting area could reduce per pcu delay increase utilization ratio of approaches and make the best of the space-time resources of intersections.

Key words: Signalized intersections; Left-turn vehicles waiting area; Layout method; Layout length; Traffic benefit analysis

平面交叉口是整个道路网中通行能力与交通安全的瓶颈, 日常交通堵塞大部分都是由于平面交叉口的通行能力不足造成的。尤其是在左转机动车比例较大的平交路口, 由于左转车辆的影响, 车流冲突加剧, 路口通行效率下降, 易造成交通阻塞, 同时因为发动机长时间低速、怠速运转加剧了废气排放^[1]。所以, 无论是从提高交叉口的通行能力, 或是从保证交通安全、减少环境污染来说, 合理组织交叉口的左转弯车辆是一个关键问题。

近年来, 许多交叉口通过多相位箭头灯信号将相

互冲突的车流在时间上分开, 路口秩序有明显好转, 交通干扰大大减少, 车辆通过交叉口的速度得到了显著提高。但是与两相位信号相比, 进口车道利用率降低, 信号周期时长有所增加。周期时长过长成为多相位信号路口的一个弊端^[2]。因此, 笔者考虑在路口区域较大的交叉口内设置左转机动车等待区, 以减少左转信号的时间, 达到时间和空间相互转换的目的。并以一个具体交叉口为例进行了分析比较, 结果表明, 左转机动车等待区的设置能够缩短周期时长, 提高进口车道的利用率, 充分利用交叉口的时空资源。

收稿日期: 2004-12-17

作者简介: 季彦婕 (1980-), 女, 江苏靖江人, 博士研究生, 主要研究方向为交通运输规划与管理。(yimu309@163.com)

1 左转机动车等待区的含义

左转机动车等待区是在左转进口道或是直左进口道前施划一块区域作为等待区,当直行绿灯亮时,同一进口的左转弯车辆随直行车辆运行至路口内的一条或多条等待区车道中,待左转绿灯亮时再前进,最终通过交叉口。在整个过程中,无需增加信号时间和左转进口车道数,却可使左转车道增多。这样在左转信号放行时,通过路口的左转车道就不仅仅是一条车道了,而是两条或更多,既可以充分利用交叉口的路口区域,又能减少左转信号的时间,使交叉口的整个周期时长缩短。这样的放行过程可以看作先用时间换取空间,再用空间换取时间,最终达到时间和空间相互转换的目的,充分利用了交叉口的时空资源^[3]。

2 左转机动车等待区的设置方法

2.1 直左进口道前左转机动车等待区的设置

一般来说,多相位信号控制要求有专用的左转车道,而当路口的直行车辆相对较多时,路口的车道利用率非常低,经常会出现左转排队很短,而直行车辆排队很长,路段车辆并线秩序混乱的情况。这种情况下可以将原先的左转专用车道渠划为直左车道,并设置左转机动车等待区,如图 1 所示。左转等待区必须设置在对向内侧直行车道的外侧,以免妨碍对向直行车辆通过路口。

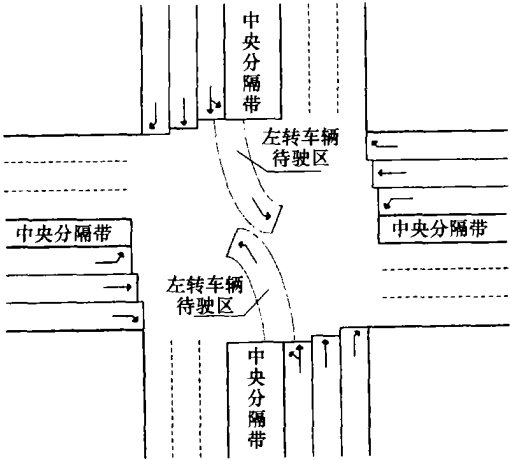


图 1 直左进口道前左转机动车等待区设置示意图

Fig 1 Schematic of left-turn vehicles advance area before left-through approaches

2.2 左转专用进口道前左转机动车等待区的设置

如果路口已设置了左转专用进口道,但左转弯车辆较多,高峰时期部分左转车辆需要二次等待才能通过路口,或是整个周期时长较长,可以考虑在左转专

用进口道前设置左转机动车等待区,如图 2 所示,这样既可以缩短周期时长,又可以在一个周期内增加通过路口的左转车数量。

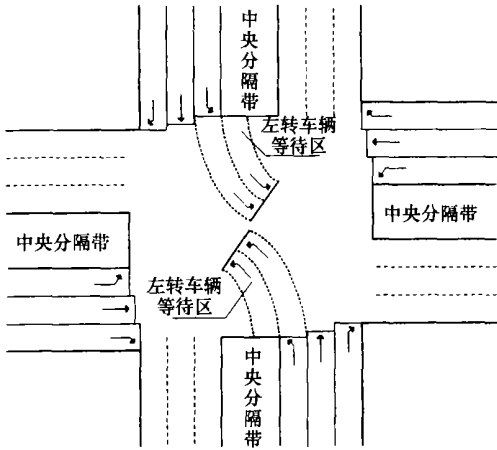


图 2 左转专用进口道前左转机动车等待区设置示意图

Fig 2 Schematic of left-turn vehicles advance area before left approaches

一般来说,对于有左转专用进口道的交叉口,应根据路口区域面积的大小,设置具备两条或两条以上车道的左转机动车等待区。为了确保左转机动车等待区能得到充分利用,左转车辆进入等待区必须遵循如下规则:当直行信号绿灯亮时,先到的左转车辆必须跟随直行车辆进入等待区的左侧进口道停靠,在等待区的左侧进口道已经没有停靠空间的情况下才能依次停靠在等待区的外侧进口道,依此类推。如果不制定上述停靠规则,先到的左转车辆占满外侧进口道之后,后到的左转车辆将不能进入等待区的左侧进口道,使得左转机动车等待区得不到充分利用。

3 左转机动车等待区的设置长度

3.1 直左进口道前左转机动车等待区的设置长度

对于在直左进口道前设置的左转机动车等待区,等待区内进口道的长度应能容纳所有在同一进口直行方向的绿灯时间内到达的左转车辆,同时必须设置在对向内侧直行车道的外侧。

定义直行方向的信号相位绿灯时长为 g (s),单个车辆所需的停靠长度为 l (m),高峰时该进口方向左转车辆到达率为 Q (pcu/s),则左转机动车等待区内进口道的长度为

$$L = \frac{Q \cdot g \cdot l}{n} \quad (1)$$

式中, L 表示左转机动车等待区内多个进口道的平均长度, m; n 表示左转机动车等待区内进口道的数

量。

3.2 左转专用进口道前左转机动车等待区的设置长度

对于在左转进口道前设置的左转机动车等待区, 等待区内进口道的长度应分两种情况考虑。

(1) 当交叉口进口方向的车道数与路段车道数相同时, 在红灯期间到达的车辆不会出现进不了进口道的情况, 因此没有必要限定等待区内进口道的长度, 此时等待区内进口道的长度可根据路口区域的大小设置, 但必须设置在对向内侧直行车道的外侧。

(2) 当交叉口进口道的车道数多于所连接路段的车道数, 且左转进口道是拓宽车道时, 等待区内进口道的长度应该从以下两方面考虑: ①拓宽进口道的长度加上等待区内车道长度应能够满足红灯期间左转交通流停靠的需要; ②应根据路口区域的大小, 设置在对向内侧直行车道的外侧, 避免妨碍对向直行车辆通过路口。

定义某进口道直行方向的信号相位绿灯时长为 g (s), 单个车辆所需的停靠长度为 l (m), 高峰时该进口道方向左转车辆到达率为 Q (pcu/s), 同一进口方向左转拓宽进口道的长度为 u (m), 则左转机动车等待区内进口道的长度为

$$L = \frac{Q \cdot g \cdot l - u}{n} \tag{2}$$

式中, L 表示左转机动车等待区内多个进口道的平均长度, m; n 表示左转等待区内进口道的数量。

4 实例分析

4.1 基本数据

以南京市某典型的四相位交叉口为例, 如图3所示, 其相位构成与各进口方向交通流量及进口车道数

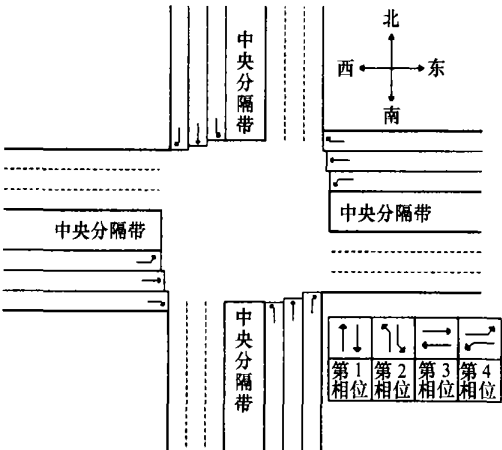


图3 某交叉口布局与相位构成示意图

Fig 3 Configuration of layout and signal phases at intersection

量分布如图3和表1所示 (为简化问题, 不考虑右转机动车流量、非机动车和行人流量)。

表1 某十字路口现状相位构成与各进口方向交通量及进口道的数量分布

Tab 1 Traffic volume and volume capacity ratio of each approach				
相位	交通流行进方向	车辆到达率 q (pcu·s ⁻¹)	饱和流量 S (pcu·s ⁻¹)	车流量比
1	南→北	0.10	0.51	0.20
	北→南	0.13	0.50	0.26
2	南→西	0.05	0.46	0.11
	北→东	0.06	0.46	0.13
3	东→西	0.08	0.45	0.18
	西→东	0.09	0.45	0.20
4	东→南	0.07	0.44	0.16
	西→北	0.08	0.44	0.18

4.2 左转机动车等待区设置前的信号配时及交通效益分析

根据 F. Webster-B. Cobber 理论和他们提出的方法 (简称 F-B 方法), 周期时长可用下式求解^[4]

$$C = \frac{1.5L + 5}{1 - \gamma} \tag{3}$$

式中, $L = 12s$, $\gamma = 0.26 + 0.13 + 0.22 + 0.18 = 0.77$, 代入式 (3), 得 $C = 100s$ 。

由于在配时过程中第 i ($i = 1 \sim 4$) 相位的绿信比 λ (即所考察相位的有效绿灯时间在周期时间中的比率) 与各个相位的流量比 y_i 成正比, 即

$$\lambda_i = \frac{C - L}{C} \times \frac{y_i}{\gamma} \tag{4}$$

则4个相位的绿信比分别为: $\lambda_1 = 0.30$, $\lambda_2 = 0.15$, $\lambda_3 = 0.23$, $\lambda_4 = 0.21$ 。再将各个相位的绿信比与周期时长相乘, 即可得各相位的绿灯时长分别为:

$$g_1 = 30s, g_2 = 15s, g_3 = 23s, g_4 = 21s。$$

根据韦伯斯特定时信号的停车延误公式^[5]

$$d = \frac{C(1 - \lambda)^2}{2(1 - \gamma)} + \frac{x^2}{2q(1 - x)} - 0.65 \left[\frac{C}{q} \right]^{\frac{1}{3}} x^{(2 + 5\lambda)} \tag{5}$$

式中, d 为每辆车的平均延误, s; q 为车辆到达率, pcu/s; C 为周期时长, s; λ 为绿信比; γ 为流量比, $\gamma = q/S$; x 为饱和度。

可求出各相位中各个流向的车均延误 (为了便于计算, 将停车延误公式的第3项去掉)。则1个周期内整个交叉口的车均延误为 39.8s; 1个周期内的通行能力为 $c = 84pcu$; 1个周期内的车均延误率为 0.40 (表示单位时间内的车均延误, 即车均延误与周期的比率)。

4.3 左转机动车等待区设置后的信号配时及交通效

益分析

由于路口区域面积较大，同时南北方向的直行车辆较多，左转车辆较少，为了更有效地利用进口车道，考虑将南北方向的左转专用进口道重新渠划为直左进口道，同时在重新渠划后的直左进口道前设置左转机动车等待区，如图 1 所示。根据式 (1)，可以计算出当左转机动车等待区内车道长度设为 15m 时，既可以满足直行绿灯时长内左转车辆的停靠，也不会对对向直行车辆的正常行驶造成影响。

左转机动车等待区的设置，使得左转车辆提前进入了交叉口，左转车辆经过路口的时间大大减少了，因此可以同时减少该左转方向的绿灯时长。而且由于重新渠划后，原先的左转专用进口道变为直左进口道，则第一相位中直行方向的饱和和流量将增大。为此，重新调整该交叉口的信号配时，可得周期时长为 $C = 76\text{s}$ ，各相位的绿灯时长分别为： $g_1 = 17\text{s}$ ， $g_2 = 12\text{s}$ ， $g_3 = 18\text{s}$ ， $g_4 = 16\text{s}$ 。

根据延误公式，计算得出：整个交叉口 1 个周期内的车均延误为 29.3s；1 个周期内的通行能力为 $c = 60\text{pcu}$ ；1 个周期内的车均延误率为 0.38（表示单位时间内的车均延误，即车均延误与周期的比率）。

4.4 结果分析

将左转机动车等待区设置前后交叉口的交通效益指标列于表 2 中，由上述计算结果可知：

(1) 方案 2 相对于方案 1，周期时长缩短了 24%；1 个周期内的通行能力由于周期时长的缩短而减小了 20.2%；车均延误减少了 26.4%；车均延误率减小了 5%。

(2) 可见方案 2 比方案 1 更为合理，缩短了周期时长，减小了车均延误，提高了进口车道的利用率。

表 2 左转机动车等待区设置前后交叉口的交通效益指标比较

Tab 2 Comparison of traffic benefit indexes before and after installing left-turn vehicles advance area				
方案(代码)	周期时长 /s	车均延误 /s	通行能力 /pcu	车均延 误率
等待区设置前(1)	100	39.8	84	0.40
等待区设置后(2)	76	29.3	67	0.38
设置前后的变化率/%	24	26.4	20.2	5

5 结语

左转车辆是平面交叉口的主要交通隐患。虽然现在许多交叉口设置了左转专用车道和左转专用相位，使得整个交叉口秩序有所好转，但也带来了周期时长过长、进口车道利用率低等一系列问题。为了解决多相位信号交叉口带来的弊端，可在路口区域较大的平面交叉口设置左转机动车等待区，达到时间和空间相互转换、充分利用时空资源的目的。但是左转机动车等待区的设置是有条件的，普遍的使用对有些路口是不合适的。因此应根据路口的具体情况进行具体分析，并通过设置前后的交通效益对比，最终确定如何施划等待区，如何调整信号配时。

本文仅对左转机动车等待区的设置方法及设置长度做了初步分析，并通过实例分析对比左转机动车等待区设置前后的交通效益指标，目的在于指出设置左转机动车等待区的优点和可行性。目前，左转机动车等待区已经在北京、南京等大城市相继得到应用。但从使用情况来看，存在诸多问题，比如，一些司机由于不了解等待区的作用，往往不敢超越进口车道的停车线，进入等待区；而另一些司机进入等待区后，不待左转信号放行就自行通过路口，造成路口秩序混乱，违背了车辆等待区的设置初衷。因此，在交叉口设置左转机动车等待区后，需要同时做好宣传工作，使得所有司机能够对等待区有充分地了解，从而更好地发挥等待区的作用。

参考文献:

[1] 陆秉. 探讨左转车运行规律提高平面交叉路口的通行能力 [J]. 公路交通科技, 1998 (5): 15- 17.

[2] 陈大农. 北京市市区路口交通信号控制方法探讨 [J]. 道路交通与安全, 2003, 1: 7- 10.

[3] 陈大农. 关于等待区的应用 [J]. 道路交通与安全, 2003, 4: 28- 30.

[4] 蒲琪, 谭永朝, 杨超. 交叉口信号配时优化模型研究 [J]. 上海铁道大学学报, 1999, 4: 31- 34.

[5] 杨佩昆, 张树升. 交通管理与控制 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1995.