

信号交叉口人行横道行人过街服务水平研究

李昕, 唐海波, 刘兆强

(广州市交通运输研究所, 广东 广州 510000)

摘要: 人行横道行人过街服务水平是衡量人行过街设施服务质量的重要指标。文中分析了人行横道处行人的过街特性, 给出了基于行人过街延误、基于行人过街饱和度的 2 种信号交叉口人行横道行人过街服务水平评价方法和服务水平评价标准, 确定了规范推荐值法和公式计算法 2 种设计通行能力计算方法, 得到 3 种行人过街服务水平评价方法, 并结合案例分析, 总结了 3 种行人过街服务水平评价方法的优缺点和适用条件。

关键词: 城市交通; 信号交叉口; 人行横道; 延误; 饱和度; 服务水平

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)03-0040-04

服务水平是衡量信号交叉口人行横道设施是否满足行人过街需求的重要指标, 美国 HCM 手册采用人均延误来度量, 而 CJJ 37-2012《城市道路工程设计规范》仅给出了人行横道基本通行能力和设计通行能力, 没有提出人行横道服务水平分级标准。

在行人过街特性方面, Steven Bennett、William H. K. Lam、曲昭伟等对行人步行速度进行了研究, 孙智勇研究了行人过街起动时间, Jodie Y. S. Lee 等研究了行人空间占有值; 在人行横道服务水平方面, 冯树民等研究了基于延误的服务水平, Petritsch Theodore A. 等研究了基于行人感受的服务水平, Dixon L. B. 等研究了基于环境特征的服务水平, Zhang L. 等研究了基于冲突的服务水平。上述研究方法各有优缺点, 主要从微观层面研究交叉口人行横道服务水平。该文在行人过街特性分析的基础上, 从宏观层面提出 3 种信号交叉口人行横道行人过街服务水平评价标准, 并分析其优缺点和适用性。

1 行人过街特性分析

行人过街特性主要包括行人步行速度、行人起动时间和行人空间占有值。行人步行速度为 1.0~1.4 m/s, 与行人年龄、性别、出行目的、人行横道长度等有关, 其中青年人比老年人步行速度快, 男子比女子步行速度快, 商务出行比休闲出行步行速度快, 人行横道长度越长则步行速度越快。行人起动时间为 1.0~2.5 s, 受性别影响较小, 受年龄和行人注意力水平的影响较大。行人空间占有值包括静态空间和动态空间两部分, 静态空间占有值指行人的身体在静止状态下所占的空间范围, 国内成年男子静态

占有面积约 0.11 m², 女子约 0.10 m²; 动态空间占有值指行人运动的前向空间和行人自身所占用的区域面积。

2 基于行人过街延误的服务水平评价

2.1 延误计算

美国《道路通行能力手册》提出信号交叉口人行横道行人过街服务水平的评价标准为人均延误, 计算公式为:

$$d_p = \frac{0.5(T_c - T_g)^2}{T_c} \quad (1)$$

式中: d_p 为人均延误(s); T_c 为信号灯周期时长(s); T_g 为行人有效绿灯时间(s)。

由式(1)可知: 信号交叉口人均过街延误不受通行能力的限制, 仅与有效绿灯时间和信号灯周期时长有关。

2.2 服务水平评价标准

基于行人延误时长, 将信号交叉口人行横道行人过街服务水平分为 A~F 六级(见表 1), 延误时间越长, 则行人不服从交通规则的可能程度越高。

表 1 基于行人过街延误的服务水平评价标准

服务水平	行人延误/s	不服从交通规则的可能程度
A	≤ 10	低
B	10~20	低
C	20~30	中等
D	30~40	中等
E	40~60	高
F	≥ 60	非常高

3 基于行人过街饱和度的服务水平评价

3.1 饱和度计算

参考机动车服务水平评价标准——饱和度,引入行人过街饱和度概念,以行人过街饱和度作为信号交叉口人行横道行人过街服务水平的评价标准,计算公式如下:

$$K = \frac{V}{C} \quad (2)$$

式中: K 为行人过街饱和度; V 为信号交叉口单位时间人行横道实际过街人数[人/(h·m)]; C 为信号交叉口设计通行能力[人/(h·m)]。

3.2 设计通行能力计算

分别采用规范推荐值法、公式计算法计算人行横道设计通行能力。

3.2.1 规范推荐值法

CJJ 37—2012《城市道路工程设计规范》提出人行设施的基本通行能力一般以 1 h、1 m 宽度路上的行人人数表示,不同人行设施的设计通行能力可通过基本通行能力乘以综合折减系数后得到,给出人行横道基本通行能力推荐值为 2 700 人/(hg·m),设计通行能力推荐值为 2 000~2 400 人/(hg·m),这里取 2 000 人/(hg·m),其中 hg 为单位小时绿灯时间。则信号交叉口设计通行能力为:

$$C_1 = \frac{T_g}{T_c} \times 2\,000 \quad (3)$$

式中: C_1 为规范推荐值法所得人行横道设计通行能力[人/(h·m)]。

3.2.2 公式计算法

DGJ 08—96—2001《城市道路平面交叉口规划与设计规程》(上海市工程建设规范)提出,在行人横道上一条人行道在横向车流车辆红灯期间的理论通行能力为:

$$C_2 = \frac{3\,600}{T_c} \left(\frac{T_g - b/v - T_1}{b_1/v} + 1 \right) \alpha \beta \gamma \quad (4)$$

式中: C_2 为公式计算法所得人行横道设计通行能力[人/(h·m)]; b 为人行横道长度(m); v 为行人过街正常速度(m/s),取 1.2 m/s; T_1 为行人过街损失时间(s),取 2 s; b_1 为前后行人间距(m),取 1 m; α 为车辆干扰使通行能力降低的折减系数,这里仅研究有行人专用信号灯的情况,无右转车辆干扰, α 取 1; β 为行人到达不均匀性的折减系数; γ 为对向行人干扰的折减系数。

3.3 服务水平评价标准

基于人行横道行人过街饱和度,将信号交叉口人行横道行人过街服务水平分为 A~F 六级(见表 2),饱和度越大,则行人过街阻力越大,人行横道的服务水平越低。

表 2 基于行人过街饱和度的服务水平评价标准

服务水平	饱和度	具体特性
A	≤ 0.21	行人沿希望的路径行走,自由选择步行速度,行人之间不会发生冲突
B	0.21~0.31	行人有充足的空间自由选择步行速度、超越他人及避免穿行冲突,开始觉察到其他行人的影响
C	0.31~0.44	行人有足够的空间采用正常步行速度和在原来流线上绕越他人,反向或横向交叉行走产生轻微冲突
D	0.44~0.65	选择步行速度和绕越他人的自由度受到限制,交叉或反向人流产生冲突的概率很大,经常需要改变速度和位置
E	0.65~1	所有行人的正常步速受到限制,需要频频调整步速,伴有人流阻塞和中断
F	≥ 1	所有行人步速严重受限,只能拖着脚步向前行走,与其他人产生不可避免的频繁接触,交叉和反向行走实际上不可能

4 服务水平评价方法对比

基于行人过街延误的服务水平评价(以下简称方法一)、基于行人过街饱和度的服务水平评价(包括 2 种方法,设计通行能力按规范推荐值计算的方法简称方法二,设计通行能力按公式计算法计算的方法简称方法三)3 种信号交叉口人行横道行人过街服务水平评价方法各有其优缺点和适用条件。

方法一评价的行人过街服务水平与信号灯周期时长、绿信比有关,信号周期时长越长则服务水平越差,绿信比越大则服务水平越好,与人行横道长度和行人流量无关(见表 3)。

方法二评价的行人过街服务水平与绿信比及行人流量有关,绿信比越大则服务水平越好,行人流量

越大则服务水平越差,与信号灯周期时长和人行横道长度无关。

方法三评价的行人过街服务水平与信号灯周期时长、绿信比有关,信号周期时长越长则服务水平越好,绿信比越大则服务水平越好;还与人行横道长度、行人流量有关,人行横道长度越长则服务水平越差,行人流量越大则服务水平越差。

表 3 行人过街服务水平与各变量的相关性

评价方法	服务水平与各变量的相关性			
	信号灯周期时长	绿信比	人行横道长度	行人流量
方法一	负相关	正相关	无关	无关
方法二	无关	正相关	无关	负相关
方法三	正相关	正相关	负相关	负相关

从表 3 可看出:3 种方法评价的行人过街服务水平与绿信比均为正相关关系,即绿信比越大,服务水平越好。方法一以延误评价行人过街服务水平,无需考虑人行横道长度和行人流量,方法简单,但不能反映交叉口特性和行人流量,可作为行人过街服务水平评价的辅助指标。方法二以饱和度评价行人过街服务水平,设计通行能力采用规范值,方法简单,但不能反映交叉口特性,可作为饱和度评价方法的简便算法,快速评价交叉口的服务水平。方法三以饱和度评价行人过街服务水平,考虑信号灯特性、交叉口特性和行人流量,考虑全面,但计算复杂,可作为评价单个交叉口规划、设计中行人过街服务水平的依据。

5 案例分析

某信号交叉口某入口人行横道长度为 15 m,绿信比分别为 0.5、0.4、0.3、0.2,信号灯周期分别为 60、70、80、90、100、110、120、130 s,行人过街流量为 200 人/(h·m)。3 种方法对其行人过街服务水平的评价结果见表 4~6,不同绿信比时 3 种方法对行人过街服务水平的评价结果对比见图 1~4。

表 4 方法一 行人过街服务水平评价结果

绿信比	各信号灯周期时长(s)下的评价结果							
	60	70	80	90	100	110	120	130
0.5	A	A	B	B	B	B	B	B
0.4	B	B	B	B	B	B	C	C
0.3	B	B	B	C	C	C	C	D
0.2	B	C	C	C	D	D	D	E

表 5 方法二 行人过街服务水平评价结果

绿信比	各信号灯周期时长(s)下的评价结果							
	60	70	80	90	100	110	120	130
0.5	A	A	A	A	A	A	A	A
0.4	B	B	B	B	B	B	B	B
0.3	C	C	C	C	C	C	C	C
0.2	D	D	D	D	D	D	D	D

表 6 方法三 行人过街服务水平评价结果

绿信比	各信号灯周期时长(s)下的评价结果							
	60	70	80	90	100	110	120	130
0.5	B	B	A	A	A	A	A	A
0.4	C	C	B	B	B	B	B	B
0.3	E	D	D	D	C	C	C	C
0.2	F	F	F	F	F	E	E	E

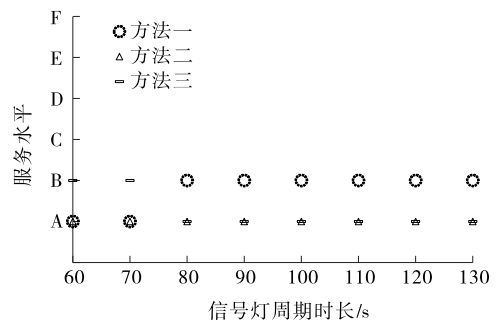


图 1 绿信比为 0.5 时行人过街服务水平

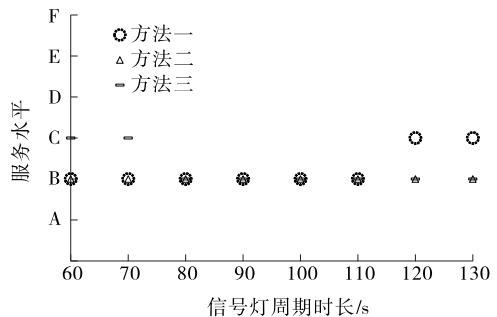


图 2 绿信比为 0.4 时行人过街服务水平

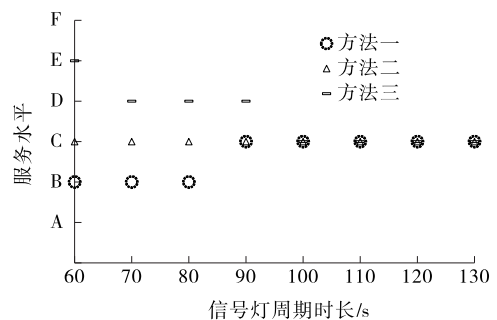


图 3 绿信比为 0.3 时行人过街服务水平

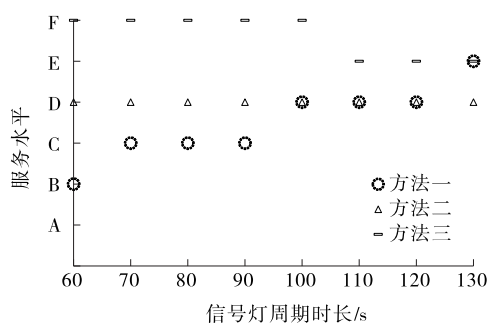


图4 绿信比为0.2时行人过街服务水平

由表4~6、图1~4可知:信号灯周期时长越长,行人过街服务水平越差;绿信比越小,行人过街服务水平越差;3种评价方法的严格程度为方法三>方法二>方法一。

6 结论

(1) 其他条件不变时,交叉口信号灯绿信比越大,行人过街服务水平越好。

(2) 人行横道越长,行人过街服务水平越差。

(3) 行人过街人流量越大,行人过街服务水平越差。

(4) 3种方法信号灯周期时长与服务水平之间的相关关系不一致,其原因有待研究。

(5) 综合考虑中国国情、各方法的优缺点和适用条件,推荐采用基于行人过街饱和度的服务水平评价方法(设计通行能力按公式计算法计算,即方法三)宏观评价信号交叉口人行横道服务水平。

参考文献:

- [1] Transportation Research Board, National Research Council. Highway capacity manual 2010[S].
- [2] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范[S].
- [3] Steven Bennett, Adam Felton, Rahmi Akcelik. Pedestrian movement characteristics at signalised intersections

[A]. 23rd Conference of Australian Institutes of Transport Research[C]. 2001.

- [4] William H K Lam, Chung-yu Cheung. Pedestrian speed/flow relationships for walking facilities in Hong Kong[J]. Journal of Transportation Engineering, 2000, 126(4).
- [5] 曲昭伟,周立军,王殿海.城市信号交叉口自行车及行人到达与释放规律[J].公路交通科技, 2004, 21(8).
- [6] 孙智勇.信号交叉口人行横道的行人交通特性研究[D].北京:北京工业大学, 2004.
- [7] Jodie Y S Lee, P K Goh, William H K Lam, et al. New level-of-service standard for signalized crosswalks with bi-direction pedestrian flows[J]. Journal of Transportation Engineering, 2005, 131(12).
- [8] 冯树民,裴玉龙.行人过街延误研究[J].哈尔滨工业大学学报, 2007, 39(4).
- [9] Petritsch Theodore A, Landis Bruce W, Mcleod Peyton S, et al. Level-of-service model for pedestrians at signalized intersections[J]. Transportation Research Record, 2005, 1939.
- [10] Dixon L B. Bicycle and pedestrian level-of-service performance measures and standards for congestion management systems [J]. Transportation Research Record, 1996, 1538.
- [11] Zhang L, Prevedouros P D. Signalized intersection level of service incorporating safety risk[J]. Transportation Research Record, 2003, 1852.
- [12] 彭昕炜.醴陵市城区行人过街特征调查与分析[J].公路与汽运, 2016(2).
- [13] 张超,孙兴斌,孟令君,等.铁路大型客运站客运通道通过能力研究[J].铁道学报, 2014, 36(4).
- [14] 张海丽.城市轨道交通车站乘客通行服务水平的仿真评价研究[D].北京:北京交通大学, 2011.
- [15] 金光浩,荣建,边扬.路段无信号控制人行横道行人过街服务水平研究[J].武汉理工大学学报, 2012, 34(7).

收稿日期:2016—12—08

(上接第35页)

- 交通标准化, 2011(19).
- [2] 梁雪垠.新型全天候(雨夜)反光道路标线的发展应用[J].交通世界, 2008(14).
- [3] 靳志敏,金敏华.反光热熔型标线在高等级公路施工中的质量控制[J].内蒙古科技与经济, 2006(18).
- [4] 薛敏华,莫友彬.影响热熔型道路标线反光性能的施工因素及应对措施[J].广西轻工业, 2008(6).
- [5] 郑家军,杜利民.道路标线反光原理与玻璃珠的合理应用[J].山西交通科技, 2004(5).

- [6] 孟庆翰.热塑性反光道路标线涂料[J].涂料工业, 2000(2).
- [7] 高伟,杜利民,关腊生.点状雨夜反光标线材料及其应用[J].山西交通科技, 2011(1).
- [8] 郝智明,陈亮,王如宝,等.刮涂式热熔型道路标线施工工艺与控制[J].工程与建设, 2015, 29(3).
- [9] 马懿.浅议热熔道路标线施工工艺及质量控制[J].山西建筑, 2011, 37(31).

收稿日期:2017—02—12