

人非共板式人行道服务水平

王殿海, 陈永恒

(吉林大学 交通学院, 长春 130022)

摘要:提出了一种评价其运行状态的定量方法。该方法借鉴了国外同类设施服务水平评价的基本思想,针对我国交通实际情况,定义了非机动车被行人全阻挡现象,分同向阻挡和对向阻挡两种情况建立了用于计算全阻挡发生频率的概率模型,为突出方法的实用性,结合计算示例分析了同向全阻挡发生频率随行人流量与人行道宽度等重要参数的变化趋势,为人非共板式人行道规划和设计提供了理论依据。

关键词:交通运输工程;人非共板;服务水平;概率模型;行人交通流

中图分类号:U491 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5497(2009)Sup. 2-0146-04

Research on the level of service at shared-use path sidewalk

WANG Dian-hai, CHEN Yong-heng

(College of Transportation, Jilin University, Changchun, 130022 China)

Abstract: This paper attempts to develop a kind of quantificational method to evaluate the level of service for the facility. The basic idea which was derived from westerner is used for reference. According to the specific traffic situation in China, the situation which a bicycle is totally hindered by a group of side-by-side pedestrians is highlighted in this paper. The probabilistic models for the calculation of hindrance frequency are developed for both the same and opposite direction. The evolution trends of hindrance frequency according to the pedestrian flow and the width of sidewalk are illustrated by the given example. The research results can be applied to provide theory guide to the planning and designing of shared-use sidewalks.

Key words: engineering of communications and transportation; shared-use path; level of service; probabilistic model; pedestrian flow

近年来,非机动车与行人共用人行道幅面(通常简称为人非共板)的设计案例在我国已经屡见不鲜,特别是在旧路改造工程中,人非共板式设计已经成为一种趋势。当前国内有关人行道的研究涵盖了从规划到管理的各个方面^[1],而对于人非共板仍主要集中于政策法规与施工设计层面,也

有学者提出了解决其存在问题的研究思路^[2]。美国、丹麦等国学者从舒适性角度出发,提出了基于阻挡率的类似于人非共板的共用式设施评价指标,并提出了服务水平划分依据^[3-4],其研究具有借鉴价值。综上,本文在深入剖析国外共用设施服务水平依据的基础上,结合我国实际交通情况

收稿日期:2009-03-04.

基金项目:国家科技支撑计划项目(2006BAJ18B07-03).

作者简介:王殿海(-),男,教授,博士生导师.研究方向:交通控制,交通流理论. E-mail:wangdianhai@sohu.com

通信作者:陈永恒(1978-),男,讲师,博士.研究方向:交通控制与交通组织. E-mail:cyhjl@yaho. cn

定义全阻挡情况,基于行人带假设建立了用于计算全阻挡发生频率的概率模型,并利用常用概率分布得出示例计算结果。

1 现有共用式设施服务水平分析

与其他类型道路设施不同,人非共板式人行道运行状态评价涉及行人和非机动车两类交通特性存在明显差异的交通流,使得速度和密度等用于单一人行道或机动车道评价的指标难以使用。因此,Botma 等人于 1995 年提出了阻挡率指标,即以设施内非机动车与行人发生超越和相遇等互相阻挡行为的频率作为共用式设施服务水平评价标准^[3]。该指标不仅体现了共用式设施的症结所在,而且可以实现简便的定量计算。自提出后得到了普遍认可,并被 2000 版美国道路通行能力手册采纳。近年来,Hummer 等人通过交通调查对 Botma 方法进行了完善和扩展^[4]。然而,Botma 方法目前在一些方面仍存在一定缺陷:

(1)行人与非机动车相互阻挡的具体情况有超越和相遇两种基本方式。该方法将最终评价结果定义为超越和相遇两种情况的加权平均值,方法最初直接假定相遇权重为超越的 2 倍,随后研究中虽通过问卷调查获得了权重的统计结果,但如何确定权重仍存在难以量化的问题。

(2)该方法在模型推导过程中假定行人和非机动车按照与机动车运行类似的方式运行,把行人道划分了多条车道,规定行人和非机动车按照各自所在车道运行。并基于此假设,建立用于计算超越受阻的概率模型,该假设有悖于行人和非机动车交通流运行灵活多变的基本规律。

另外,交通现状的差异更不容忽视,在非机动车与行人流量并非主要交通方式的背景下,国外的共用式设施服务水平评价主要从舒适性角度出发,而效率是我国交通管理者当前关注的焦点,为此本文定义了全阻挡现象。

2 全阻挡评价方法

所谓全阻挡是指人非共板式人行道内不同速度的运动物体混行时,高速物体被前方低速物体完全阻挡而被迫改变运行速度的现象,主要表现为非机动车被并排行人完全阻挡,如图 1 和图 2 所示。发生全阻挡时,骑车人通常只能下车推行。显然这种极端现象的出现严重影响了非机动车的出行,而且在学校、广场等存在大量并排行走行人

的场所附近,这种现象尤为普遍。因此可将全阻挡情况出现的频繁程度作为评价人非共板运行状态的指标。为此,本文试图建立计算全阻挡出现频率的概率模型。

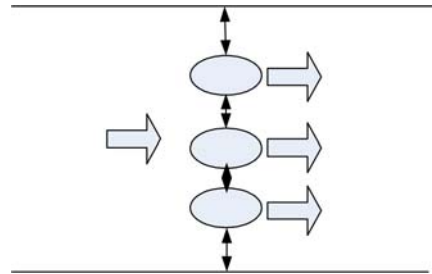


图 1 非机动车被同向行人全阻挡情况
Fig. 1 Totally hindrance by pedestrians at the same direction

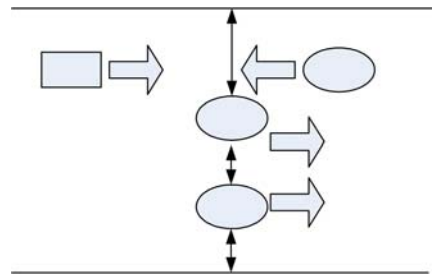


图 2 非机动车被对向行人全阻挡情况
Fig. 2 Totally hindrance by pedestrians at the opposite direction

行人交通流建模是进行概率计算的前提。行人交通流是近年来的研究热点,研究成果众多,可以分为以元胞自动机模型为代表的离散模型和以气体动力学模型为代表的连续型模型^[5-6]。鉴于行人交通流具有的自组织的复杂交通现象,这些模型都是基于必要而简单的假设而建立的。出于研究需要,根据行人分布规律,将研究对象等分(或取整近似等分)为若干个行人带,如图 3 和图 4 所示,假定各行人带行人状态稳定。各行人带内的行人数为 n_i ,且 n_i 取值范围为从 0 到 c 的整数。设 w_p 和 w_b 分别为行人和非机动车运行所需单位横向距离,人行道宽度为 W ,则 $c = \text{int} [W/w_p]$ 。

基于以上假设,则发生全阻挡时的行人带内行人临界数量 n 的计算公式如下:

$$nw_p + w_b \geq W \quad (1)$$

即

$$n = \text{int} \left[\frac{W - w_b}{w_p} \right] + 1$$

全阻挡发生情况因行人和非机动车运行方向而异,下面分同向阻挡和对向阻挡两种情况分析。

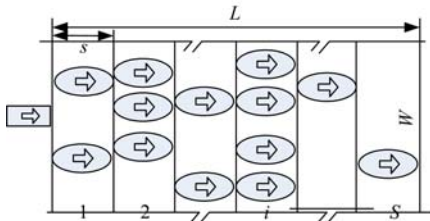


图 3 同向全阻挡计算图示

Fig. 3 Calculation sketch for the same direction hindrance

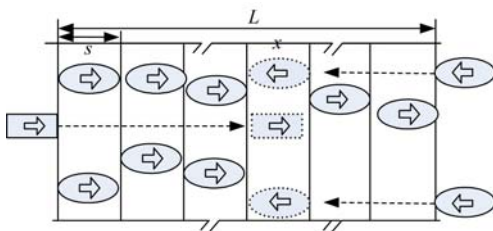


图 4 对向全阻挡计算图示

Fig. 4 Calculation sketch for the opposite direction hindrance

2.1 同向全阻挡计算模型

对于同向阻挡情况,除需要满足行人数量条件外还必须同时满足速度条件。如图 3 所示,长为 L 的人行道,行人带总数 $S = L/s$, s 为行人步行单位纵向距离。引入 0-1 随机变量 π_i 表示第 i 个行人带是否发生全阻挡情况,其数学表达式为:

$$\pi_i = \begin{cases} 1, n_i \geq n \text{ AND } \frac{L - i \cdot s}{v_i} \geq \frac{L}{U} \\ 0, n_i < n \text{ OR } \frac{L - i \cdot s}{v_i} < \frac{L}{U} \end{cases} \quad (2)$$

$i = 0, 1, 2, \dots, S$

式中: v_i 为第 i 个行人带步速; U 为非机动车速度。

随机变量 π_i 的数学期望即为 L 段内发生全阻挡的次数。设 d 为 L 段内发生同向全阻挡的频率,则有

$$d = E(\pi_i)/L \quad (3)$$

为得出 d ,需首先计算 $P(\pi_i = 1)$,可得

$$P(\pi_i = 1) = P(n_i \geq n) \cdot P(v_i \leq u(1 - \frac{i}{S}))$$

于是可以发生全阻挡的频率为

$$d = \sum_{i=1}^S E(\pi_i)/L =$$

$$\begin{aligned} & [\sum_{i=1}^S 1 \times P(\pi_i = 1) + 0 \times P(\pi_i = 0)]/L = \\ & \frac{P(n_i \geq n)}{L} \cdot \{P[v_i \leq u(1 - \frac{1}{S})] + \\ & P[v_i \leq u(1 - \frac{2}{S})] + P(v_{iS} \leq 0)\} \end{aligned}$$

2.2 对向全阻挡计算模型

与同向全阻挡不同,对向运行的非机动车和行人发生全阻挡的条件与双方运行速度无关,仅取决于二者相遇时行人带内行人的总数。如图 4 所示,基于同样假设,设发生相遇时行人带内原有行人数量为 n_x ,对向行人数量为 n_{op} ,引入 0-1 随机变量 ω 表示是否发生全阻挡情况:

$$\omega = \begin{cases} 1, n_x + n_{op} \geq n \\ 0, n_x + n_{op} < n \end{cases} \quad (4)$$

因此行人带 x 内发生全阻挡的概率为

$$P(\omega = 1) = P(n_i = n_x) \cdot P(n_{op} \geq n - n_x)$$

若各行人带内行人数量 n_i 服从泊松分布,则有下式成立(其中 m 和 f 为概率参数)

$$P(\omega = 1) = \frac{m^{n_x} e^{-m}}{n_x!} (1 - \sum_{j=0}^{n-n_x-1} \frac{f^j e^{-m}}{j!})$$

由此可见,相对于同向全阻挡,双向全阻挡计算较为复杂,可以通过调查以对向行走行人数量的平均值作为 n_{op} 简化计算。

3 算例及分析

根据以上研究结果,按照常用的行人交通流概率模型,计算单位长度(1 km)内发生同向全阻挡的频率。其中假定行人带内行人数量服从泊松分布,平均行人数为 m , $U = 4$ m/s, $v_i = 1$ m/s (对于行人步速也可以假设服从正态分布进行计算), $s = 0.5$ m, $\omega_p = 0.5$ m, $\omega_b = 1$ m。易得行人流量 Q_p 与 m 的关系式

$$Q_p = \frac{m \cdot S}{W} = \alpha m \quad (5)$$

可见对于特定路段 Q_p 与 m 呈正比例关系,其中 α 为常数,因此变化规律一致。

分人行道宽度为 3、4、5、6 m 四种情况,计算每米宽人行道发生同向全阻挡的频率,计算结果如图 5 所示。4 幅图像中曲线变化规律基本相似:初始时全阻挡发生频率随着 m (即行人流量)的增加而缓慢上升,但随后曲线出现拐点开始快速上升,表明全阻挡情况发生次数显著增加,人行道效率急剧下降。

4 幅图像对比结果表明,全阻挡频率随人行

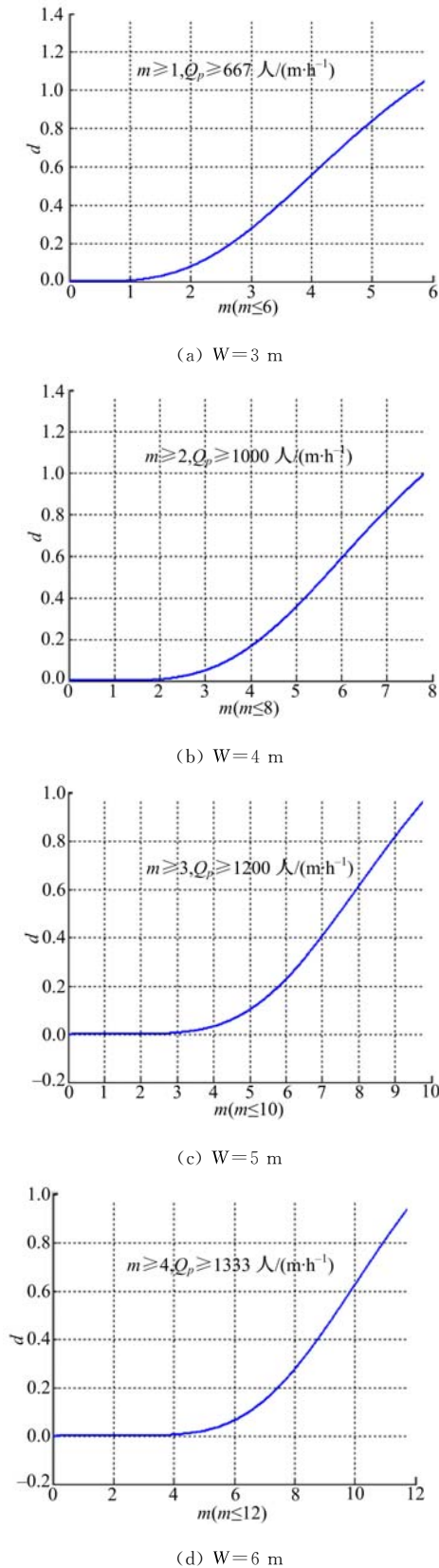


图 5 同向全阻挡频率计算曲线对比
 Fig. 5 The comparison of the curve for the calculation of hindrance frequency

道宽度增加而明显下降。例如对于 3 m 宽人行道, m 为 4 时, 发生全阻挡频率接近 0.6, 而对于 4 m 宽人行道, 该值为 0.2, 而 5 m 和 6 m 宽人行道该值几乎趋于 0。可见设施宽度是影响人非共板设施运行效率的关键因素。需要说明的是, 本文仅给出了单位非机动车全阻挡发生频率计算公式, 实际应用中可以根据实地非机动车流量对单位非机动车计算结果进行加倍计算。

4 结束语

本文旨在给出评价人非共板式人行道运行状态的定量方法, 对于具体交通实践, 需要通过实际交通调查获取模型中各参数。建议采用摄像调查法对所研究路段按照本方法要求划分, 以便于统计行人带的行人数量和步速分布概率。对于服务水平等级划分标准将因城市规模以及设施位置等因素而异, 可以采用问卷调查和专家评分等方法确定, 具体研究有待在今后的工作中开展。

参考文献:

[1] 谭丹丹, 王炜, 陆建, 等. 人行道行人服务水平评价方法研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2007, 7(5): 74-79.
 Tan Dan-dan, Wang Wei, Lu Jian, et al. Research on methods of assessing pedestrian level of service for sidewalks[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2007, 7(5): 74-79.

[2] 傅朝元, 刘继华. 城市道路中人行道采取人非共板的探讨[J]. 城市道桥与防洪, 2008(1): 17-19.
 Fu Chao-yuan, Liu Ji-hua. Probing into common pedestrian and non-mechanical-vehicle slab used on sidewalks in urban roads[J]. Road Bridge and Flood, 2008(1): 17-19.

[3] Botma H. Method to determine levels of service for bicycle paths and pedestrian-bicycle paths[R]. Transportation Research Record 1502, 1995:38-44.

[4] Hummer E, Roupail N M, Toole J L, et al. Evaluation of safety, design and operation of shared-use paths-final report[R]. North Carolina State University, U. S. A, 2006.

[5] Yue Hao, Hao He-ru, Chen Xiao-ming, et al. Simulation of pedestrian flow on square lattice based on cellular automata model[J]. Physica A, 2007, 384(2): 567-588.

[6] Hughes Roger L. A continuum theory for the flow of pedestrians[J]. Transportation Research Part B, 2002, 36(6): 507-535.