

城市干路行人过街设施选型研究

Study on Urban Arterial Pedestrian Crossing Facility Selection

熊文¹, 陈小鸿², 胡显标³, 杨荣荣¹

(1. 北京工业大学建筑与城市规划学院, 北京 100022; 2. 同济大学交通运输工程学院, 上海 201804; 3. 美慧信息科技(上海)有限公司, 上海 200081)

Xiong Wen¹, Chen Xiaohong², Hu Xianbiao³, Yang Rongrong¹

(1. College of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China; 2. School of Transportation, Tongji University, Shanghai 201804, China; 3. Trafficcast China (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200081, China)

摘要: 在传统干路设计中, 囿于人性化依据的缺乏及片面强调小汽车通行效率, 部分过街设施的形式选择不尽合理, 给行人过街带来了不便及风险。首先回顾了行人过街设施的相关研究。然后对比了上海、北京、西安4条干路与巴黎、纽约、东京3条干路的行人过街设施构成, 揭示了中国干路行人过街设施形式单一且缺乏路中安全岛。基于意愿调查, 研究了少年、青年、老年3组行人对不同类型干路过街设施形式的偏好。以公众意愿为准绳, 结合干路过街行为分析、事故统计, 提出不同环境下干路过街设施选型要求, 探讨了立体过街设施及路中安全岛的设置要求。特别指出: “过街行人免遭伤害”应成为干路过街设施选型的重要依据, 小汽车通行效率与行人自由程度应为保障过街安全而让步。

Abstract: Lack of humanity consideration and emphasis on car traffic efficiency in traditional arterial road designing has caused improper selection of pedestrian crossing facilities resulting in inconvenience and risks to pedestrians. This paper first reviews related research on pedestrian crossing facilities and performs comparative analyses of various pedestrian crossing facilities across several arterials in different

确定行人过街设施形式是城市干路设计中的一项重要工作, 选择“平面还是立体”、“修天桥还是拆天桥”既影响机动车效率, 又事关行人安全。中国城市以往的选型依据较多关注了道路通行能力, 而在保障行人过街安全与舒适的人性化方面相对缺乏, 亟待深入研究。

1 行人过街设施研究概述

1.1 行人过街设施偏好研究

文献[1]调查了密歇根州行人过街意愿及特征, 发现无灯控的路段

cities. Results indicate that there lack sufficient designs of arterial pedestrian crossing facilities in China as well as central safety islands. A stated preference (SP) survey is designed to obtain preferences of pedestrians to various types of arterial crossing facilities among three age groups including teenagers, adults, and elderly. Public willingness combined with arterial crossing behavior analysis and accident statistics, this study proposes guidelines and requirements for selection of urban arterial crossing facilities under different environment conditions. The paper further investigates the requirements of setting grade-separated crossing facilities and central safety islands. It is also emphasized that "harmless pedestrian crossing" instead of car traffic

efficiency and pedestrian degree of freedom should become the foremost standard for selection of urban arterial crossing facilities.

关键词: 城市道路; 行人过街设施; 意愿调查; 行人事故黑点

Keywords: urban road; pedestrian crossing facilities; stated preference survey; pedestrian accident black spots

中图分类号: U491.2*26

文献标识码: A

收稿日期: 2012-11-08

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于慢行阈值的城市慢行交通空间规划理论研究”(50908003)、北京工业大学日新人才计划资助

作者简介: 熊文(1979—), 男, 陕西西安人, 博士, 讲师, 主要研究方向: 城市慢行交通规划与设计。

E-mail: xwart@126.com

人行横道最受行人欢迎(83%),其过街遵章率也较高(71%)。文献[2]在香港进行的住户统计调查显示,全港15岁及以上人员中,59%的人将灯控人行横道作为首选过街设施,22%首选有自动电梯的人行天桥,10%首选人行横道,6%首选有自动电梯的人行地道。文献[3]在北京的调查表明,67%的人最喜欢灯控人行横道(老年人为74%),30%喜欢人行天桥或地道(老年人为22%)。同在北京,文献[4]的调查结论则不尽相同,大多数行人更倾向于选择人行天桥(42%)和人行横道(36%),人行地道的受欢迎程度最低(22%)。

综上,对于不同行人过街设施的偏好,国内外尚未形成统一的结论,但相对一致的观点是:较之立体过街设施,灯控平面过街设施更受成年人的青睐。

1.2 立体过街设施利用率研究

文献[5]认为行人是否选择人行天桥取决于行走距离特别是便利程度,后者可以用 R 来表征,即人行天桥过街所需时间与平面过街所需时间的比例。当 R 小于1时,95%的行人乐于使用人行天桥;当 R 大于1.5时(即利用人行天桥要多花一半时间),几乎无人使用人行天桥。文献[6]指出,尽管巴拿马斥巨资修建了大量人行天桥改善过街安全与交通环境,但效果很不乐观:三座被调查人行天桥的平均使用率仅为80%左右,直接在道路上冒险横穿的行人比例仍有16%~30%,其原因是使用人行天桥时行人不得不花费更多时间——三座天桥的 R 高达1.9,2.1和3.4,该文献还将此类人行天桥揶揄为浪费之桥,认为建造天桥只是解决城市行人过街问题的最后手段,建议决策者能够考虑其他更有效的交通组织方式如交通信号协调控制系统(绿波带)。人行地道过街存在类似规律,但不如人行天桥明显。

文献[7]调查了达卡市位于路段和交叉口的两座人行地道的利用情况,结果发现前者的利用率远高于后者且交通改善效果更加明显:建成后前者过街行人流量增加了7%~20%,长480 m的路段上车辆行驶时间平均减少10%~40%;究其原因,路段处车速高、流量大、对非机动车关闭且全

线设有钢制护栏,而交叉口处机动车速度较低且混有大量非机动车,行人很容易找到或创造(如拦下车辆)过街空当,人行地道兼作商场也使其较为拥挤。

文献[6]在哥伦比亚卡里市的调查显示,高达26%的行人不愿意使用人行天桥;使用人行天桥多是为了安全,不使用多是因为怠惰、赶时间或距离太远。文献[8]在北京市所做的调查显示,前后无护栏时,92%的行人不愿利用人行天桥或地道过街,只有过街路段设有完善的护栏时,大多数行人才会选择立体设施过街。文献[9]在上海市的观测也表明,人行天桥所处路段有较长的护栏时,利用率较高,无护栏或护栏较短时,会有许多行人直接从机动车道上横穿。

文献[10]观测了安卡拉CBD五座人行天桥的利用率,最高为63%,最低仅为6%;街头问询显示,行人是否利用人行天桥更多地源于习惯,行人能否清晰地体会到时间与安全收益是影响人行天桥使用率的关键因素,当人行天桥附近有灯控人行横道时将显著降低其使用率。文献[11]总结了南非城市干路立体过街设施的设置依据,认为关键因素是行人可忍受的最大延误、信号控制交叉口的最大通行能力,只有当信号相位周期超过110 s(相应行人延误为50 s)时,才适合采用立体过街形式。

综上,立体过街设施规划不当、设计不周(如 R 过大)或缺乏护栏隔离时,其利用率会很低并导致风险。

1.3 干路行人过街设施安全性研究

文献[5]在瑞典的研究表明,在其他环境条件较一致的前提下,过街行人在路中无灯控人行横道上的风险是无任何标志标线过街的两倍以上。文献[12]对美国30座城市2 000处平面过街设施进行的类似统计证实,若无信号灯、安全岛等配套设施,干路上孤立设置的人行横道往往会更加危险。在日均交通量大于1.2万辆的宽幅道路上,孤立人行横道处的步行事故率是不设人行横道处的4~5倍。文献[13]认为,灯控过街设施是最安全的过街方式,但其前后50 m内是(违章)行人受伤害

风险最高的地段，因此应设置护栏引导行人过街。在伦敦的调查显示，安全岛可减少机动车冲突，但如果其设置目的不是为了庇护行人安全，反而很可能会增加行人事故，且画线(而非物理)安全岛并不能保障过街安全^[13]。

文献[14]对东京31座人行天桥建成前后各6个月内的过街安全环境进行比较，结果表明，人行天桥建成后，其100 m路段内过街事故减少41.1%，200 m路段内过街事故减少29.9%，白天过街事故的减少远高于夜晚。

综上，与干路上设置人行天桥甚至不设人行横道相比，孤立设置的人行横道有时更加危险。

1.4 行人过街违章率研究

文献[15]指出，英国的行人比其他欧洲国家(如德国、瑞典、荷兰)更容易违章，因为英国法律里并没有强制要求行人遵守行人信号，违规但不违法的横穿道路习惯使得英国步行交通事故在欧洲处于较高水平。而在美国，尽管出台了禁止横穿道路的法令，但行人似乎总不愿等到绿灯亮时再过街^[13]。文献[15]在昆士兰的观测显示，澳大利亚某些路段的行人过街违章率高达70%，如此普遍的违章现象足以说明现行交通系统存在问题，如在车辆较少时信号灯亦强加给行人较长的等待时间，诱增了违章。

2006年7月7日对上海市密云路—赤峰路西幅灯控人行横道的行人违章情况进行了全天观测，结果见图1。其中，总体违章率为单位时间内违章过街人数与其间到达总人数的比率，红灯违章率

为单位时间内违章过街人数与红灯期间到达总人数的比率；交通文明统计时多采用前者，事实上后者才能更准确地反映行人违章程度。行人红灯违章率存在两个明显的低谷，分别出现于早、晚高峰时段，此时车辆较多，留给行人的可穿越空当较少，交通管理也较严格(交通协管员于此时段上岗)。而在非高峰时段，行人红灯违章率高达70%~90%，清晨与半夜则接近100%。不难看出，车流量与协管员才是制约行人违章的根本因素，标志、标线、信号灯的警示作用均十分有限。

综上，行人违章过街是一个普遍发生、长期存在的问题，这一客观事实亟须得到交通管理者和交通工程师的充分重视，过街设施选型时应避免过于乐观地估计道路使用者的自律能力。

2 国内外行人过街设施形式构成比较

为反映国内外城市的规划差距，选取巴黎、纽约、东京的3条典型干路，就其步行过街设施的形式构成与西安、上海、北京的4条干路进行比较。7条干路均位于城市核心区，长度及车道数接近，概况如下：R1，戴高乐—大军队—香榭丽舍大街，研究路段西起巴黎塞纳河畔，穿过凯旋门，东至协和广场，长5.1 km，双向8~10车道，有62处人行过街设施；R2，西部公路，位于纽约曼哈顿岛西侧，研究路段沿哈得逊河北起72街，南至曼哈顿岛南端，长约6.6 km，双向8~10车道，有43处人行过街设施；R3，京叶大道，横亘

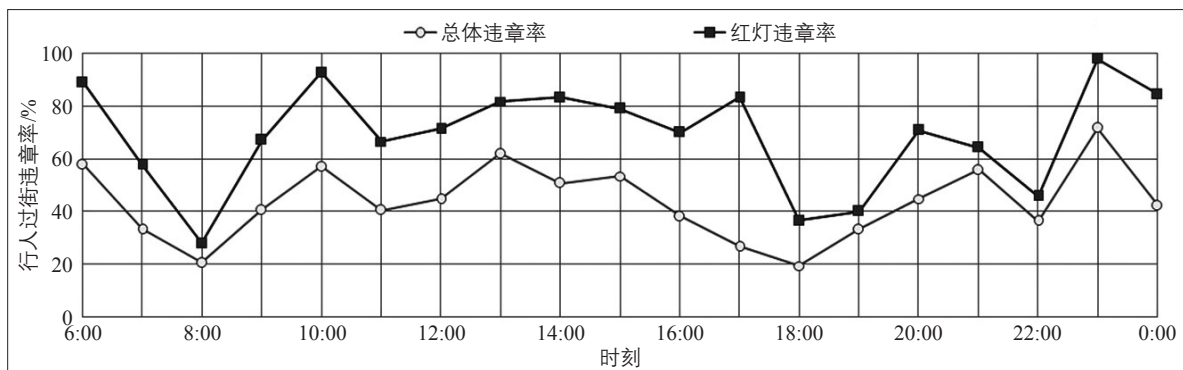


图1 上海市某信号控制交叉口全天行人过街违章率分布

Fig.1 Distribution of pedestrian jaywalking on a typical signal-controlled intersection in Shanghai

东京中心区, 东西走向, 中段跨越隅田川, 西段紧邻皇宫北侧, 研究路段长约10.8 km, 双向6车道, 有92处人行过街设施; R4, 北大街—南大街

—南关正街—长安路(图2a, 简称中纵), 贯穿西安中心区及南郊, 研究路段北起环城北路, 经钟鼓楼、南门、体育场、小寨等人流密集区及长安

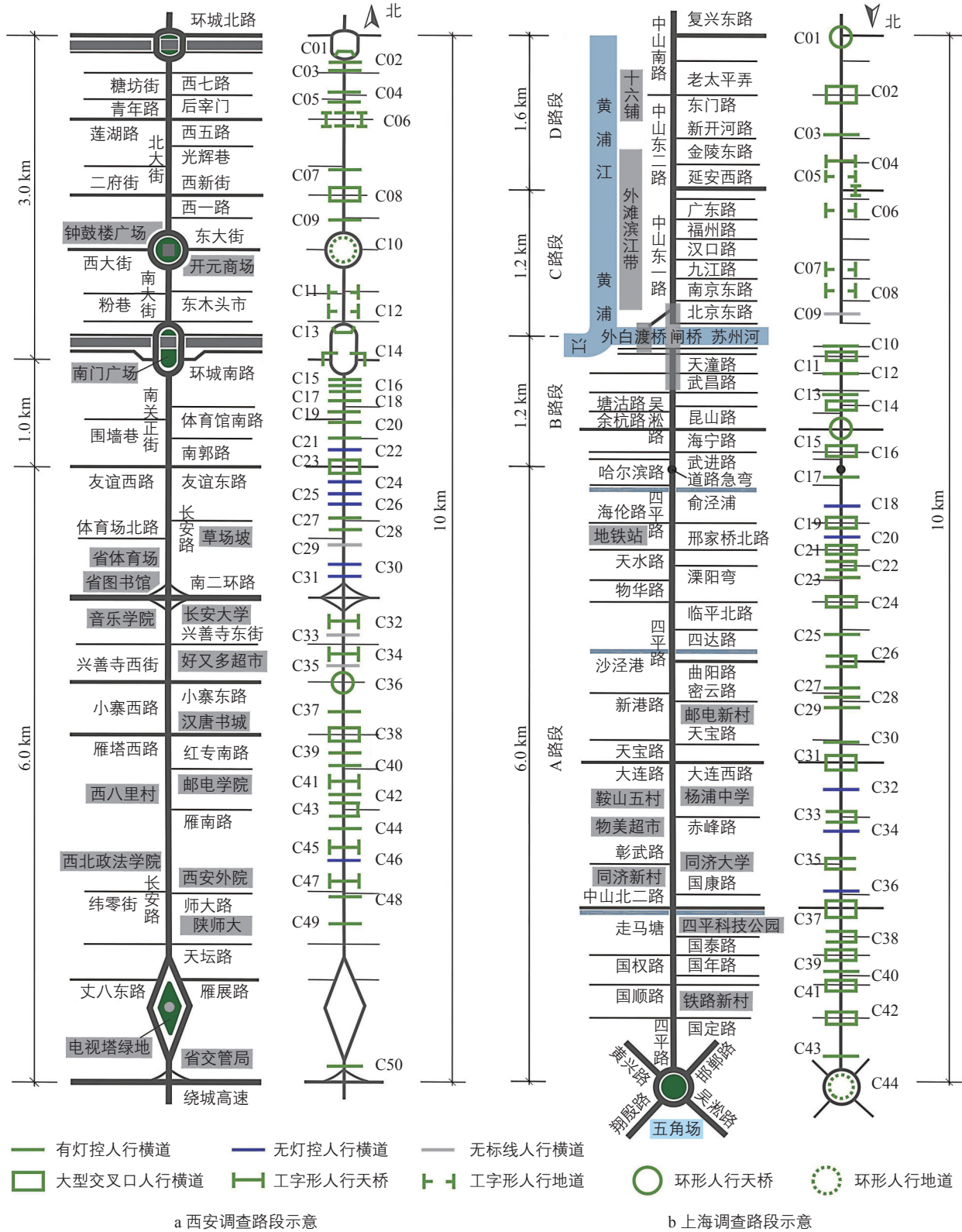


图2 西安和上海两条典型干路的人行过街设施布局与形式(2007年)

Fig.2 Layout and types of crossing facilities on two typical arterial streets in Xi'an and Shanghai

大学、西北政法学院等6所高校，南至绕城高速，长约10 km，双向6~8车道，有50处人行过街设施；R5，四平路—吴淞路—中山东一路—中山东二路—中山南路(图2b，简称东纵)，贯穿上海浦西东部，研究路段北起五角场，经铁路新村、同济大学、外滩、十六铺等人流密集区，南至复兴东路，长约10 km，双向6~8车道，有44处人行过街设施；R6，丰和路—世纪大道，斜穿上海浦东CBD区域，研究路段经过东方明珠、陆家嘴绿地、金茂大厦、上海科技馆，东至世纪公园，设计形式与巴黎香榭丽舍大街十分雷同，长约4.4 km，双向8~10车道，有16处人行过街设施；R7，长安街，横亘北京旧城，研究路段西起复兴门桥，东至建国门桥，经过西单、天安门广场、王府井、东单等人流密集区，长6.8 km，双向10车道，有30处人行过街设施。

基于地图查询与Google Earth量测(2007版)，7条干路行人过街设施规划指标统计见表1。其中，路段R4~R7调研时间为2007年，5年来部分过街设施形式已发生重大改造。以R5为例，截至2012年，伴随地下快速路与轨道交通车站的建设，上海外滩人行地道过街(C05~C08)已全部改造为平面过街，部分平面过街已增设路中安全岛。

在国外3条干路上，过街设施形式多样、灵活：既有结合绿地的二次平面过街，又有结合轨道交通、观光的地下过街或结合商业的空中步道，还有同一位置不同方式的组合(如人行天桥与人行横道并设)。在国内干路上，过街设施形式相对单一，人行地道与轨道交通车站结合较差。另外，在香榭丽舍大街和西部公路上，较宽路段的人行横道几乎全部采用了二次过街形式，路中安

全岛使行人过街更加安全、高效。而在西安、北京、浦东，即便在70 m宽的干路断面处，人行横道亦无安全岛，行人被困路中的问题时有发生(浦西结合干路改造已增设部分安全岛)。

国内城市过街设施形式构成呈现了不同的规划风格：上海倾向于平面过街形式，图2b的C31在历史上本是环形人行天桥，后被拆除；近年来，人行地道C05~C08亦被人行横道替代。西安通常在重要节点兴建人行天桥：图2a的人行天桥均布置于高等院校或大型商场前。北京更偏爱立体过街设置，仅2006年就新建了94座人行天桥、27座人行地道，超过杭州核心区人行天桥、地道的总数，十里长安街上也只能通过人行地道过街。

综上，中国干路行人过街设施的多样性、安全性同国外发达城市相比，仍存在较大差距，合理布局与选型应当成为城市干路行人过街设施规划的重要方面。为了提供更加人性化的过街设施，行人过街环境偏好与行为安全应成为干路过街设施选型的重要依据。

3 行人过街环境偏好调查

在中国，有学者认为平面过街最应提倡，有学者认为人行地道最受欢迎，本着人性化目的建议拆除人行天桥的同样大有人在，此类争论往往忽视了行人及过街设施的多元特征。为了确定不同等级道路上，不同年龄行人对过街设施的心理偏好，2007年于上海市组织了问卷式意愿调查。被调查者分为3组：1)少年组，平均年龄12岁，样本量26人；2)青年组，平均年龄25岁，样本量28人；3)老年组，平均年龄70岁，样本量32人。

表1 6座城市7条干路过街设施布局与形式比较

Tab.1 Layout and types of crossing facilities at seven arterials in six metropolises

城市	巴黎	纽约	东京	西安	上海浦西	上海浦东	北京	
道路编号	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
平均组距/m	84	156	118	205	233	293	227	
形式构成	人行天桥比例/%	0	2	12	6	8	0	3
	人行地道比例/%	18	0	14	12	8	18	97
	平面过街比例/%	82	98	74	82	84	82	0
平面过街设路中安全岛的比例/%	95	98	30	2	0	4	0	

3.1 干路行人过街设施形式偏好

如图3所示, 总体而言, 上海行人较少选择无灯控人行横道(18%), 略倾向于使用人行地道(29%), 没有特别青睐的过街形式; 女性略倾向于人行地道(33%), 男性略倾向于灯控人行横道(30%)。各年龄段的过街设施偏好则显著不同, 少年明显倾向于立体过街设施(分别有50%和31%偏好人行天桥和地道); 青年偏好平面过街设施(60%); 老年多偏好平面灯控过街(40%)与人行地道过街(39%), 人行天桥最不受老年人欢迎。究其原因, 行人对于过街时间最为重视(37%期待合理的过街信号, 19%要求节约过街时间)。空间方面的要求则多集中于“安全岛”的设置(16%), 3个年龄组中, 只有老年人较多地强调了过街时“体力的节省”(21%)。

3.2 细化后的干路行人过街设施偏好排序

为反映行人对过街设施的偏好, 调查时进一步将干路过街设施细化为4大类、16小类。设施类型包括3类人行地道(配备自动扶梯、配备缓坡楼梯、结合地铁车站)、4类天桥(配备自动扶梯、配备较高楼梯、联通地铁车站、环形贯通)、2类无灯控人行横道(车流量大难以穿越、车流量小较易穿越)、7类灯控人行横道(60 s红灯且有安全岛、60 s红灯但无安全岛、90 s红灯且为二次过街、120 s红灯、150 s红灯且绿灯时间充裕、150 s红灯且与左转车辆同时放行、180 s红灯)。调查员结合幻灯片介绍了国内外16组过街设施, 被调查者在观看幻灯时对设施偏好进行打分, 结果见图4。

平均来看, 配备了自动扶梯的立体过街设施最受欢迎(人行地道又优于天桥), 其次是红灯时间不长于60 s且有安全岛的平面过街, 再次是结合地铁车站的立体过街。红灯时间长于150 s时, 倾向于使用人行天桥(即便楼梯较高); 与左转车辆共用相位的灯控人行横道最不受欢迎, 车流量大的路中过街及红灯时间长于180 s的人行横道亦不受欢迎。

少年更偏好于“安全独立”的过街设施。环形人行天桥优于不带安全岛的人行横道, 楼梯较高的人行天桥胜过红灯时间长于150 s的灯控人行横道。少年最不喜欢的过街形式是无灯控人行横道(无论其是否易于穿越), 有左转车辆干扰的人行横道亦不受欢迎。

青年更偏好于“快捷方便”的过街设施。车流量低的路中平面过街胜过红灯时间长于150 s的灯控过街, 红灯时长为120 s的一次过街胜过90 s的二次过街, 他们宁愿选择危险的(车流量高)路中过街也不愿意在红灯前中规中矩地等待180 s。

老年更偏好于“时空分离”的过街设施。带缓坡楼梯的人行地道优于灯控平面过街, 红灯时长为90 s的二次过街优于60 s的一次过街; 足够的绿灯时长亦很重要(老年人宁愿为此多付出60 s的等待时间); 老年人最不喜欢存在人车冲突的人行横道及楼梯较高的人行天桥。

综上, 影响行人过街设施偏好的根本因素在于人性化的设计而非设施形式本身。在人性化设计(如立体过街设施配建自动扶梯、平面过街信号配时合理且安全设施完善)前提下, 行人干路过街设施偏好排序为“人行地道>人行天桥>平面灯控

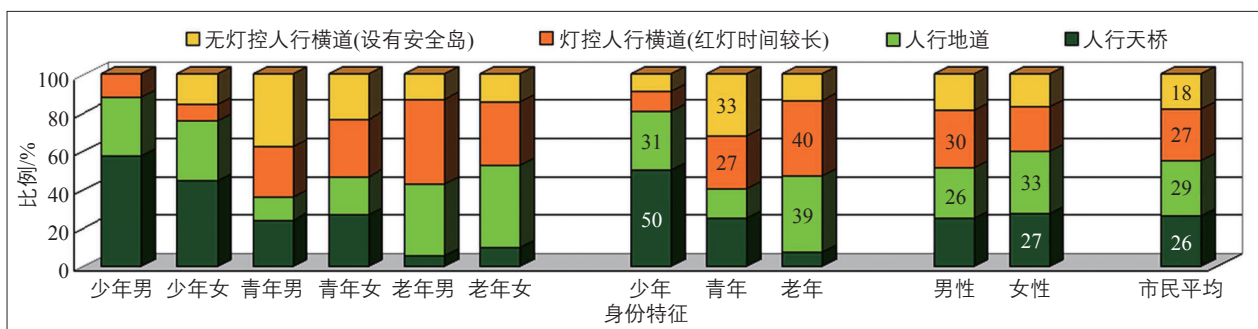


图3 上海行人偏好的干路过街设施形式

Fig.3 Preferences to pedestrian crossing facility types in Shanghai

过街>平面无灯控过街”。

3.3 生活中的干路行人过街设施公众评价

通过幻灯放映再现图2b的全部过街场景，被调查者在观看幻灯时为过街设施打分以表达其评价(所用44张幻灯与3.2节对应的16张幻灯交叉放映以保证调查数据的可比性，无法显示的特征，如配时，由调查员同步口头强调)。被调查者包括小学生、大学生及退休老人，均在东纵沿线工作或生活多年，对四平路和外滩的过街场景十分熟悉。

评价最好的前5处过街设施依次为C44，

C07, C08, C06, C05, 均为人行地道，说明设计合理的干路人行地道很受欢迎；评价最差的前7处设施全部为平面形式，4处无信号控制(C32, C21, C34, C20)、2处红灯时间过长(C37, C25 均为180 s)、1处无标线人行横道(C09)，说明东纵平面过街设施存在较大问题。被调查者对东纵平面过街的最大不满包括缺乏过街信号、车辆转弯干扰、绿灯时间过短、红灯时间过长。在无灯控人行横道，行人经常被高速机动车流困于路中，最长时被困75 s、十分危险(如C32，见图5a)；当转弯车辆与过街行人共用相位时，频繁引发人车冲突与步行风险(图5b和5c)；在东纵44处行人过

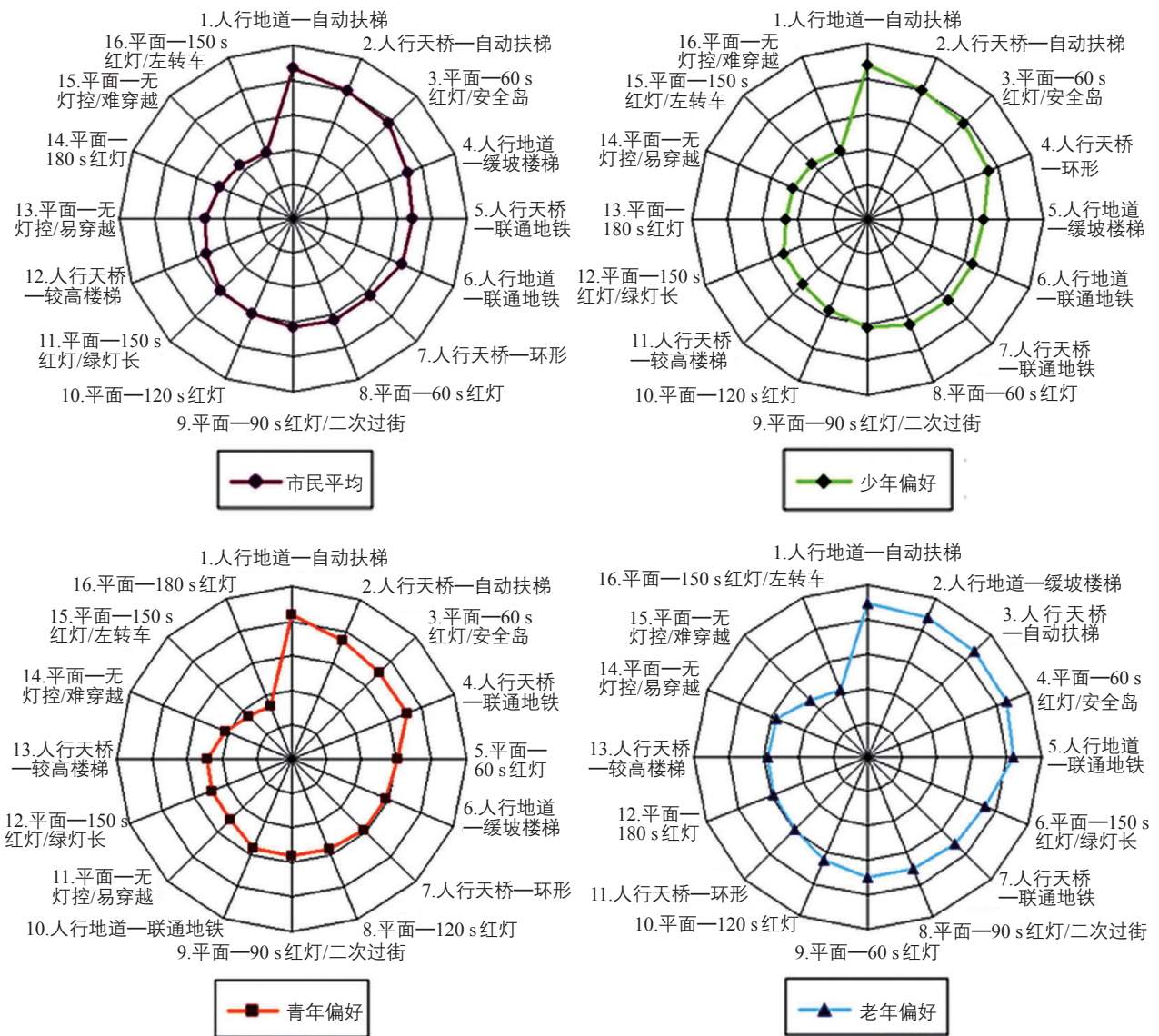


图4 干路过街设施细化后的行人偏好排序(圆心0分，圆周10分)

Fig.4 Ranking of fine-tuned pedestrian crossing facilities preferences

街设施中,有29处为灯控人行横道,其中24处红灯时间超过了行人过街等待极限(110 s),14处绿灯时间无法满足老年人一次完成过街的需要。

传统观点认为行人更偏好于灯控人行横道而非立体设施。但上海市东纵的公众调查显示,在设计合理的人行地道与设计不合理的人行横道之间,行人更青睐前者,此时,人行地道较之人行横道的效率与安全优势可被大多数行人明确感知。

4 干路行人过街安全调查

4.1 行人过街设施人车冲突分析

为了获得干路行人过街设施选型的行为特征依据,在上海、西安组织了行人过街安全调查(调查路段见图2),分析样本为2007年逐一拍摄的行人过街视频。干路过街时人车冲突集中表现为路中冲突问题,主要发生在路段无灯控及交叉口灯控人行横道。

4.1.1 路段无灯控人行横道

根据观测,无灯控人行横道的行人过街行为

可分解为四个阶段:一停、二过、三停、四过。“一停”包括穿越首条车道前的所有路侧等候行为;“二过”指自穿越首条车道起,直至到达路中的所有移动行为;“三停”包括在穿越右向来车首条车道前的所有路中等候行为;“四过”指自穿越右向来车首条车道起,直至到达对侧的所有移动行为。如图5d所示,行人过街用于移动的时间其实很短(灰色),大部分时间或阻于路侧(橙色),或困于路中(红色)。以四平路C32为例,大部分学生“三停”时受困于路中(见图5a),时间长达30~75 s。

尽管《中华人民共和国道路交通安全法》第四十七条明确要求“机动车行经人行横道时,应当减速行驶;遇行人正在通过人行横道,应当停车让行。机动车行经没有交通信号的的道路时,遇行人横过道路,应当避让”。但在杨浦中学前(C32),仅有9%的机动车采取了减速或避让措施,91%的车辆紧贴行人高速而过,60%的途经车辆速度超过了50 km·h⁻¹,最高速度甚至达到了74 km·h⁻¹。根据国外交通事故统计结果^[16],人车碰撞时行人所受的伤害程度往往取决于车辆速度:

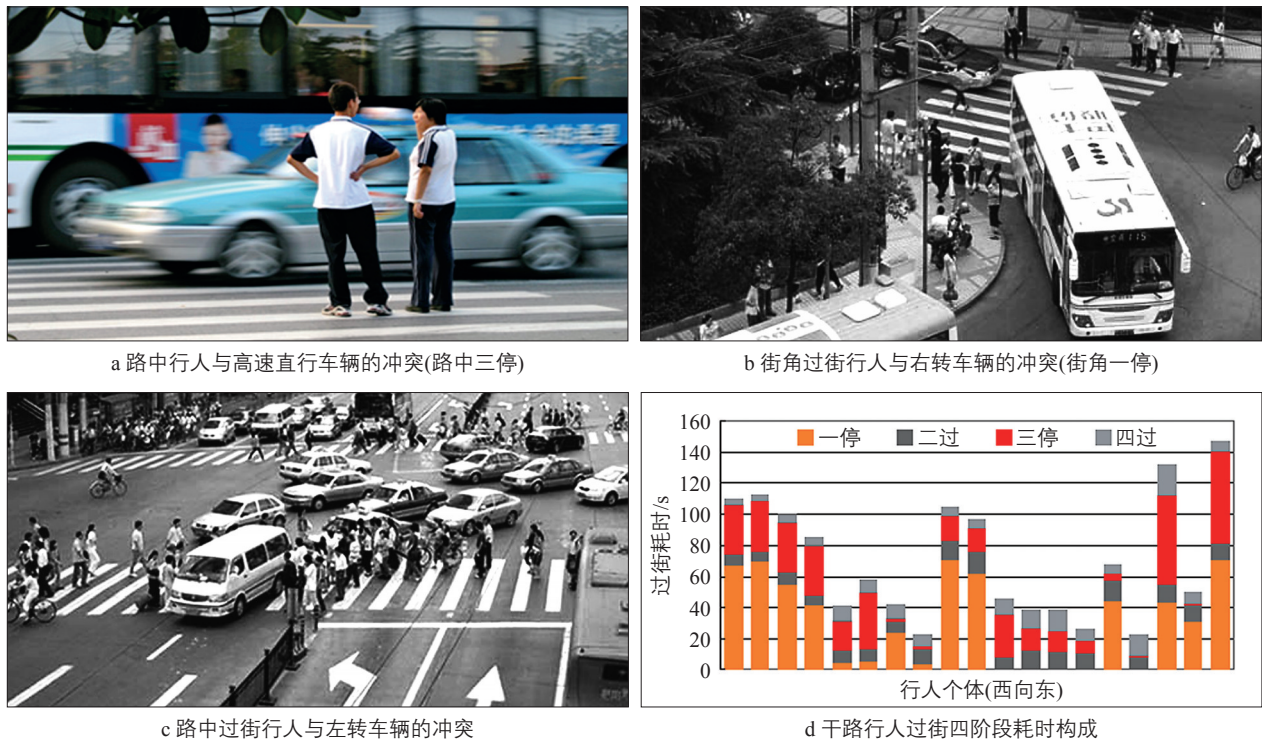


图5 干路行人过街人车冲突情境

Fig.5 Typical person-car conflicts near pedestrian crossing facilities in arterials

当机动车速度低于 $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 时，行人有90%的存活机会；高于 $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 时，行人罹难的概率即呈指数增长；高于 $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 时，其死亡概率接近80%。遗憾的是，处于此类危险境地的行人大都懵而不知，以C32为例，学生们依然在路中车流间谈笑风生。

4.1.2 交叉口灯控人行横道

交通信号灯是避免人车冲突、确保过街安全的重要设施，但在上海和西安两条干路的调查揭示了下述两个问题。

1) 转弯车辆与行人过街共用相位引发的冲突不容忽视。

上海市绝大多数交叉口右转车辆与侧向行人过街共相位，进口道停车线却往往紧贴侧向人行道而设，非常危险(见图5b)。某些交叉口为了提高机动车通行效率，将左转车与同向行人过街同时放行，但因人车干扰的普遍存在，其效果大打折扣，以图5c为例，高峰期南北向过街行人中有71%与左转车辆发生了冲突，平均延误14 s，被困路中最高达105 s；西北向左转车队有68%受到了行

人干扰，公交车辆平均延误9.1 s，最长达24 s，小汽车平均延误12.6 s，最长多达26 s。这种片面考虑机动车通行、忽视行人行为特征的交通信号配时方法给双方带来了很大的不便和安全隐患。

2) 信号配时不合理引发行人集体行为失范。

部分干路行人过街红灯时间过长，远远超过了行人的承受极限。以图2b的29处灯控交叉口为例，其平均红灯时长高达145 s，有24处红灯时长超过了行人的承受极限(110 s)，而平均绿灯时长仅有45 s，共有14处绿灯时间无法满足老年人一次过街需求(部分老人步速不足 $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)。缺乏监管时，这些交叉口会有大量行人群体性违章过街，既影响了机动车效率，更带来了事故隐患。

4.2 行人过街事故黑点分析

为了获得干路行人过街设施选型的步行事故依据，对东纵2000—2006年的步行事故^[17]进行统计，路段事故分布见表2，最危险的过街地点(包括过街设施及前、后100 m内的路段)见表3，表中路段、地点信息对应图2b。

表2 上海市东纵4个路段的步行风险比较

Tab.2 Comparison of pedestrian risks at four road sections at the east-vertical street in Shanghai

路段 编号	路名	里程 /km	年均死亡人数 /人	年均受伤人数 /人	单位里程死亡人数 /(人·km ⁻¹ ·a ⁻¹)	单位里程受伤人数 /(人·km ⁻¹ ·a ⁻¹)	事故致死 /%	行人过街 事故黑点 数/个
A	四平路	6	2.9	20.4	0.5	3.9	12	12
B	吴淞路	1.2	0.4	6.3	0.4	5.6	6	5
C	中山东一路	1.2	0.7	1.3	0.6	1.7	36	0
D	中山东二路—中山南路	1.6	0.7	2.4	0.4	2.0	23	1
	东纵合计	10	4.7	30.4	0.5	3.5	13	18

表3 上海市东纵最危险10处过街地点的特征比较

Tab.3 Comparison of characteristics at top ten hazardous pedestrian crossing facilities at the east-vertical street in Shanghai

设施编号	C19	C25	C24	C15	C02	C14	C18	C30	C21	C16
设施类型	灯控	灯控	灯控	人行天桥	灯控	灯控	灯控	灯控	灯控	灯控
红灯时间/s	130	180	170		110	180		180	170	140
路中安全岛	未设	未设	未设		未设	未设	未设	未设	未设	未设
相交道路类型	干支	干支	干支	干干	干支	干支	干支	干支	干支	干支
所处路段	A	A	A	B	D	B	A	A	A	B
年均受伤人数/人	3.6	2.1	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0
危险度排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
行人偏好排序(共44处)	15	43	36	16	18	35	29	24	40	12

7年来,东纵10 km的路段上共有246名行人受伤,33人殒命。步行事故集中分布于54个地点,82%在过街设施附近;将年均伤害超过0.5人的地点定义为行人过街事故黑点(Pedestrian Accident Spot, PAS),共有18个。

就路段步行风险而言,A,B段无疑是极高的:东纵94%的PAS分布其上,吴淞路年均不到200 m就有一名行人受到伤害。这与社区开口过多有关,更因为人车分离不够彻底——过街设施几乎全部为平面形式,红灯时间过长、缺乏路侧护栏或不够连续。在路段C,尽管外滩过街游人很多,风险却最低,仅为路段A,B的1/3~1/2,这得益于其严格的人车分离:主要过街设施均为人行地道,路侧护栏一贯到底;2011年,伴随外滩地下隧道建设,路段C的人行地道又全部改造为人行横道过街,有必要对其安全性进行重新评价。

就步行事故发生地点而言,平面过街形式最为危险,特别是在支路与干路交叉口附近,东纵人均受伤 ≥ 1 人的10个PAS中,有9个此类地点。值得注意的是,10个最危险的PAS中,8个均在灯控人行横道附近,这或许与红灯时间过长有关(其中7个超过110 s的等待阈值,5个接近3 min),过街行人因失去耐心而集体失范,又或许如文献[13]所指出的,灯控人行横道前后50 m最为危险(因缺少路侧护栏,这8处人行横道前后横穿道路的现象十分普遍),与缺乏路中安全岛的庇护亦不无关系(8处过街无一按照规范设置路中安全岛)。

上述风险分析与3.2节的公众偏好调查取得了一致的结论——行人评价最好的人行地道因设计合理、隔离充分,安全性很高,年均伤害大多为0.1~0.3人。行人评价最差的人行横道因设计、隔离均欠妥,安全性相对较差,其中16处成为PAS,有9处年均伤害达到了1~3人。

还应看到,路段C日均有9 000人过街绕行距离超过了承受限度,路段B无一人过街绕行距离超标,但路段C的步行风险却仅为路段B的1/3(见表2)。这或许可再次证明,干路上设计合理的人行地道与路侧护栏更有利于过街安全。

5 干路行人过街设施选型建议

5.1 不同环境下行人过街设施选型要求

干路行人过街设施的选型标准不能一概而论,主要取决于环境条件。道路等级越高、过街地点位于路段而非交叉口时,人车分离要求越高;同时,还需考虑行人的多元过街设施偏好,如少年偏好人行天桥,青年、老年人偏好平面过街。不同环境条件下干路行人过街设施选型要求如下:1)地面快速路必须采取立体过街形式,强化路侧隔离,在开口设置行人禁入标志。2)主、次干路交叉口过街宜采取平面过街形式,避免不恰当的配时方案。3)主干路交叉口人车冲突严重时可考虑增设立体过街设施,但需兼顾自行车与无障碍过街需求,必要时应结合周边用地、行人类型及人车冲突对大型交叉口行人过街设施进行专项设计。4)次干路路段宜采取平面过街形式;人车冲突不严重时,主干路路段过街可考虑结合车流绿波设置灯控人行横道,但出现下述情况之一时宜修建立体过街设施并充分隔离:①无法保障红灯配时短于110 s,②无灯控人行横道前实测平均车速大于 $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,③在PAS处。5)干路上中小学校前的路段过街优先考虑人行天桥;大学及社区开口前的路段过街优先考虑平面形式;商业区或轨道交通车站前的行人过街优先考虑自动化立体设施。

5.2 干路立体过街设施设置要求

综上所述,当行人平面过街安全无法保障时,立体设施应成为干路路段行人过街的重要形式,并保障其设置的必要性(是否有助于提高过街安全与效率)与设计的合理性。

基于对西安市中纵几座路段人行天桥的行为观测(图2a),当 R 不大于1且道路中央充分隔离时(连续护栏且高度大于90 cm),人行天桥利用率接近100%;当 R 为1.2~1.5且道路中央隔离不充分时(护栏有缺口或高度小于75 cm),人行天桥利用率约为65%~90%;当 R 大于1.5且道路中央仅有双黄线时,人行天桥利用率往往不足50%,验证了1.2节中相关文献的研究结论——规划愈合

理、隔离愈充分，立体过街设施的使用率愈高。除了传统的人、车流量外， R 值、事故率均应纳入立体过街设施的设置依据。

5.3 平面过街安全岛设置要求

《城市道路交通规划设计规范》(GB 50220—95)要求，当道路宽度超过4条机动车道时，人行横道上应设置安全岛^[8]，但由于执行的普遍困难而形同空文。根据不同人群步速和安全过街的配时要求，建议放松路中安全岛设置的路宽要求，并加强其执行力度，将安全岛设置标准修订为：“交叉口人行横道长于30 m或双向机动车进、出口道超过8车道时，必须设置路中安全岛；路段人行横道长于25 m或双向机动车道超过6车道时，必须设置路中安全岛”。

5.4 干路行人过街设施选型的“安全”准绳

“过街行人免遭伤害”应成为干路行人过街设施规划设计的重要目标与依据。一方面，设计拙劣的人行横道既会带来不便，更会危及安全，增设路中安全岛、优化信号配时是改善要务；另一方面，无论是基于行人偏好还是事故统计，人行地道均应成为危险路段过街设施的重要形式(前提是设计合理、隔离充分)。面对极高的干路步行伤亡率，车流的通行效率、过街行人的自由程度均应为“安全”让步。

6 结语

干路行人过街设施选型应兼顾机动交通效率与行人的心理耐受度。针对以往干路行人过街设施选型片面强调小汽车通行能力的问题，重点研究了不同年龄行人对于不同过街设施形式的偏好排序，结合行为与事故分析，提出了不同环境下城市干路行人过街设施的选型建议，就干路行人过街环境给出了安全“底线”。本文主要研究结论已纳入上海市市政行业标准^[19]，对新建及改建干路的行人过街设施选型、改造具有一定的指导作用。

参考文献：

References:

[1] Sisiopiku V P, Akin D. Pedestrian Behaviors at and

Perceptions towards Various Pedestrian Facilities: An Examination Based on Observation and Survey Data [J]. *Transportation Research Part F*, 2003(6): 249-274.

[2] 香港政府统计处. 主题性住户统计调查第十九号报告书：公众对行人环境的意见[R]. 香港：香港政府统计处，2004.

[3] 李伟. 倾听市民声音，再谈步行交通与自行车交通 [J]. *北京规划建设*, 2004(5): 22-26.

[4] 郭宏伟, 熊辉. 行人过街设施选择偏好研究[C] // 赵胜川, 王生武, 胡详培. 第六届交通运输领域国际学术会议论文集. 大连：大连理工大学出版社有限公司，2006：600-605.

Guo Hongwei, Xiong Hui. A Study to Preference of Pedestrian Facility Selection[C] // Zhao Shengchuan, Wang Shengwu, Hu Xiangpei. *Proceedings of the 6th International Conference of Transportation Professionals*. Dalian: Dalian University of Technology Press Co., Ltd., 2006: 600-605.

[5] Campbell B J, Charles V Zegeer, Herman H Huang, Michael J Cynecki. A Review of Pedestrian Safety Research in the United States and Abroad [R]. FHWA-RD-03-042, Washington DC: FHWA, 2004.

[6] Ramón Muñoz-Raskin, Alejandro Sarasti. Footbridges or “Foolbridges” ? An Analysis of the Efficacy of Three Pedestrian Bridges in Panama City[C/CD] // *Transportation Research Board. TRB 84th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*. Washington DC: TRB, 2005.

[7] Shamsul Hoque, Tanweer Hasan M, Abdul Wareh. Effects of Pedestrian Underpasses on Traffic Flow Characteristics[C/CD] // *Transportation Research Board. TRB 84th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*. Washington DC: TRB, 2005.

[8] 庄佑英, 郭怀君. 北京市部分人行过街设施使用情况的初步调查[J]. *市政技术*, 1988(1): 2-4.

[9] 王天青. 关于提高行人过街安全性的研究[J]. *规划师*, 2006, 22(10): 78-80.

Wang Tianqing. A Study on the Improvement of the Safety of Pedestrians Crossing the Street[J]. *Planners*, 2006, 22(10): 78-80.

(下转第17页)

别汲取。一个须引起高度重视的动向是：目前中国大多数城市的步行与自行车交通遭到忽视，出行环境恶化，出行比例急剧下降；而以波特兰为代表的美国很多都市区都正在花大力气试图改善步行与自行车交通出行环境，增加其出行量。他们的经验表明，试图改变人的出行行为习惯(如由开小汽车转骑自行车)非常困难且耗时很久。因此，中国如何避免重蹈美国覆辙，在当前交通行为塑造的关键时期大力提升公共交通、步行与自行车交通的服务品质，逆转出行比例急速下滑的趋势，是当务之急。

参考文献：

References:

- [1] Ozawa C. The Portland Edge: Challenges and Successes in Growing Communities[M]. Washington DC: Island Press, 2004.
- [2] U.S. News & World Report. 10 Best Cities for Public Transportation[EB/OL]. 2011[2012-07-20]. <http://www.usnews.com/news/articles/2011/02/08/10-best-cities-for-public-transportation>.
- [3] Cervero R. The Transit Metropolis: A Global Inquiry [M]. Washington DC: Island Press, 1998.
- [4] Metro. Regional Government for the Portland Metropolitan Area[EB/OL]. 2010[2012-07-25]. <http://www.oregon.gov/lcd/pages/goals.aspx>.
- [5] Oregon Administrative Rules 660-012-1991 Transportation Planning Rules[S].
- [6] Oregon Department of Land Conservation and Development. Statewide Planning Goals[EB/OL]. 2010[2012-08-01]. <http://cms.oregon.gov/LCD/Pages/goals.aspx>.
- [7] Federal Highway Administration. Highway Statistics Series[R]. Washington DC: US Department of Transportation, 1990-2009.
- [8] Portland Bureau of Transportation. Portland Transportation System Plan[R]. Portland: Portland City Council, 2002.
- [9] Metro. 2035 Regional Transportation Plan[R]. Portland: Metro Council, 2010.
- [10] Trimet. Facts about Trimet[EB/OL]. 2005[2012-08-04]. http://www.cts.pdx.edu/prof_courses/LRT_Policy/trimetfactsheet.pdf.
- [11] Dill J. Towards Sustainable Urban Mobility: Insights from Portland's Journey[R]. Portland: Portland State University, 2010.
- [10] Mikko Rasanen, Timo Lajunen, Farahnaz Alticafarbay, et al. Pedestrian Self-reports of Factors Influencing the Use of Pedestrian Bridges[J]. Accident Analysis and Prevention, 2007, (39): 969-973.
- [11] Hubrecht Ribbens. Pedestrian Facilities in South Africa: Research and Practice[J]. Transportation Research Record, 1996(1538): 10-18.
- [12] Charles V, Zegeer J. Richard Stewart, Herman H Huang, et al. Safety Effects of Marked Versus Unmarked Crosswalks at Uncontrolled Locations [R]. FHWA-HRT-04-100, Washington DC: FHWA, 2005.
- [13] Martin A, Ben Johnson. Factors Influencing Pedestrian Safety: A Literature Review[EB/OL]. 2006[2012-11-08]. http://www.pedestrians-int.org/content/18/222006_p.pdf.
- [14] Japan Road Association. Accident Prevention Effects of Road Safety Devices: Annual Report[R]. Tokyo: Japan Road Association, 1969.
- [15] Roupail N, Hummer J, Milazzo II J, Allen P. Capacity Analysis of Pedestrian and Bicycle Facilities: Recommended Procedures for the "Pedestrians" Chapter of the HCM [R]. FHWA-RD-99-107, Washington DC: FHWA, 2005.
- [16] World Health Organization. Speed Management: A Road Safety Manual for Decision-Makers and Practitioners[R]. Geneva: Global Road Safety Partnership, 2008.
- [17] 上海市公安局交通警察总队. 上海市道路交通事故数据库(2000-2006年)[DB/CD]. 上海: 上海市公安局交通警察总队, 2007.
- [18] GB 50220-95 城市道路交通规划设计规范[S].
- [19] 上海市政局. SZ-C-B03-2007 上海市城市干路行人过街设施规划设计导则[S].

(上接第 59 页)