

# 一米高度立体感知街道:儿童友好型街道设计探索\*

## One-meter Three-dimensional Perception of the Street: An Exploration of Child-friendly Street Design

张雪诺 廖佳妹 刘子昂 惠英 ZHANG Xuenuo, LIAO Jiamei, LIU Zi'ang, HUI Ying

**摘要** 近年来,我国城市化快速发展,街道设计要求街道从服务于一般成人转而关注儿童等弱势人群的需求。现有儿童友好型街道设计方法忽略了街道上儿童与成人的行为差异,没有系统的方法总结儿童街道行为特征。基于此,通过融合交通工程、行为分析、环境设计等学科,首先探究儿童、环境、行为的三元关系,捕捉与成人不同的“一米高度”儿童视角,构建“tri.CEB”三元儿童街道行为特征分析框架。其次,使用虚实结合的多种调研方法,归纳儿童街道行为特征。再次,基于行为特征提取儿童需求,提出儿童友好型街道安全、健康、陪护、活力的改善策略。最后,以上海市杨浦区鞍山路为例提出改善方案。通过对儿童友好型街道空间设计的探索,构建的“tri.CEB”理论框架具有可推广性,对推广全龄街道设计、街道社区治理、促进绿色出行具有指导意义。

**Abstract** In recent years, with the rapid development of urbanization in China, street design requires focusing on the needs of vulnerable groups such as children instead of serving general adults. The existing child-friendly street design methods ignore the behavioral differences between children and adults on the streets, and there is no systematic method to summarize the characteristics of children's street behaviors. By integrating traffic engineering, behavioral analysis and environmental design, this paper first explores the relationships among children, environment and behaviors, establishes children's "one-meter height" perspective, and constructs the analysis framework of "tri.CEB" children's street behavior characteristics. Secondly, this paper uses multiple research methods to conclude the characteristics of children's street behaviors. Then, children's needs are extracted, and strategies to improve the safety, health, caring and vitality of child-friendly streets are proposed. Finally, taking Anshan Road as an example, an improvement plan is put forward. Through the exploration of child-friendly street design, the theoretical framework of "tri.CEB" is established, which is of great significance for promoting all-age street design, street community governance, and green travel.

**关键词** 儿童友好;儿童街道行为特征;街道设计;交通工程;VR;代际陪护

**Key words** child-friendly; children's street behavior characteristics; street design; traffic engineering; VR; intergenerational care

文章编号 1673-8985 (2022) 06-0119-07 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20220616

### 作者简介

张雪诺

同济大学城市交通研究院

硕士研究生

廖佳妹

同济大学交通运输工程学院

硕士研究生

刘子昂

同济大学城市交通研究院

硕士研究生

惠英 (通信作者)

同济大学交通运输工程学院

副教授, 硕士生导师, huiying@tongji.edu.cn

### 0 引言

“儿童友好型”概念是心理学、教育学领域于20世纪60年代提出的。1996年联合国第二次人居环境会议首次提出“儿童友好城市倡议”,建议创建安全、包容、符合儿童需求的城市和社区。2005年8月国际研讨会儿童街区(Childstreet, 2005)在荷兰的代尔夫特举行,在2006年发表的代尔夫特宣言《对儿童友好街道的探索》中提出“儿童友好型”街道的设计理念<sup>[1]</sup>。街道儿童友好度测评工具KISS提出包括可步行性、可穿越性、愉悦性、

吸引力、多样性的儿童友好城市的设计原则<sup>[2]</sup>,为步行、骑行和儿童独立出行提供安全保障,促使更多的生活化场景在户外空间发生。国内的研究大多聚焦街道景观与设施设计,赵乃莉<sup>[3]</sup>、钟富有<sup>[4]</sup>等研究者更关注安全的交通、有趣的游乐设施、绿色的生态设计和尺度适宜的空间等设计角度<sup>[5-6]</sup>。现有的儿童友好型街道设计方法没有对儿童街道行为和特征进行系统性的研究,缺乏全面有效的指导方案或设计理论,无论是从安全性、舒适性、健康性、趣味性等基本属性,还是更深层次的启发

\*基金项目:国家自然科学基金“基于行为效应空间差异的共享交通体系格局优化研究”(编号51978475)资助。

性、教育性，都缺乏系统的调查研究与规划布局。

现有儿童友好型街道设计方法忽略了街道上儿童与成人的行为差异，缺少对儿童街道行为特征的系统性研究。探究儿童、环境、行为的三元关系，捕捉与成人不同的“一米高度”儿童视角，是儿童友好型街道设计的基础。笔者选择上海市四平路街道的鞍山路进行街道设计改造实践，提出儿童友好型街道空间设计方法体系。

## 1 儿童行为研究的理论基础

### 1.1 研究现状

街道是承载儿童日常自然接触及社会化活动的重要空间，也是建构儿童友好社区的重要功能性空间。街道是儿童游戏行为发生最自然、最优质的场所<sup>[7]</sup>。不友好的空间环境导致儿童户外活动减少，而户外活动时间的长短，校外生活的丰富与否，均与儿童的抗逆力、社交能力及身心健康状况有着重要的关系<sup>[8]</sup>。由于儿童活动范围有限，高度规律和集聚性的通学特性使儿童在街道上发生活动的规律得以被捕捉，街道不仅是儿童去往学校的“通道”，更是他们的游戏场<sup>[9]</sup>。由于通学路上儿童户外空间环境的不便捷和不安全，使得我国大城市七成以上儿童由家长接送上下学<sup>[10]</sup>。“父母出租车”的现象，在损害儿童独立与交往能力的同时，带来的非必要的机动车出行也会对儿童生活环境造成污染<sup>[11]</sup>。在规划中常有对步行和骑行街道设计的指南，却并没有明确考虑到儿童以及陪护人和家庭出行的需求<sup>[12]</sup>。何灏宇等<sup>[13]</sup>认为面对儿童不易发声的情况，需在文化维度加强宣传，通过制度建设与社区规划促进儿童表达自身诉求的能力。郑昕怡等<sup>[14]</sup>认为儿童街边游憩空间应最大程度保障儿童安全，其规划应秉持“一视同仁”原则，并加大儿童的参与力度。

### 1.2 儿童行为特征

研究发现，儿童的身体尺度与成人有很大区别，如视线高度、抬腿幅度、触碰高度等，

身体尺度的特殊性将会对街道设施设计的尺度等造成影响<sup>[15]</sup><sup>[13]</sup>。由于肺发育不全、呼吸高度低、体力活动和呼吸频率高，儿童比成人更容易受到空气污染物的毒害<sup>[16-17]</sup>。

#### (1) 儿童生理特征

儿童的生理特性与成人有较大区别。3—6岁儿童的平均身高在95—116 cm之间、平均视高在80—105 cm之间，儿童的主要视野在水平上大致在正面60°夹角之内，飘向40°左右。成人视线高度约在160 cm，主要视野在水平上大致在正面60°的夹角之内为最佳视线区，飘向70°（标准视线以上30°和标准视线以下40°）左右。儿童的视野比成人小，更加注重眼前的事物而不是远景<sup>[18]</sup>。学龄儿童步行状态时平均速度较青年与中老年人缓慢，为1.17 m/s，青年与中老年人的平均步行速度相似<sup>[19]</sup>。

#### (2) 儿童心理特性

一是好奇心：儿童群体的自控能力较差，易受到好奇心的驱使，在公共环境中，儿童会因此忽视秩序。二是色彩偏好：儿童对颜色和图形的敏感程度和识记程度高于文字，不同时期，儿童的颜色偏好较之以前有所变化，但暖色调趋于领先地位<sup>[20]</sup>。三是亲近自然性：儿童对大自然的接近和喜爱是一种本能和天性，自然体验有利于儿童健康发展<sup>[21]</sup>。

#### (3) 儿童出行特征

一是随机性：儿童在空间中的活动轨迹随机，会不断探索和漫游在感兴趣的场所<sup>[22]</sup>。二是聚集性：聚集游戏是常见的儿童活动形式，结伴、从众、模仿是儿童的天性。三是代际陪护性：代际关系（relation between generations）指两代人之间的人际关系。儿童容易受到成年人活动行为的影响，许多儿童进行活动的场所都需要成年人的允许和监护。

### 1.3 “tri.CEB”三元儿童街道行为理论框架

本文基于环境行为学、马斯洛需求层次理论、交通工程理论，构建“tri.CEB”三元儿童街道行为特征理论框架。心理学从人的角度出发去看问题，认为人不仅是环境中的

一个客体，受环境的影响，同时也能积极地改造环境，人与环境始终处于一个积极的相互作用的过程中。环境行为学（environment-behavior studies）源于心理学，是研究人的行为规律以及人与环境之间相互关系的学科，以研究真实环境现场、解决实际问题为取向，旨在改善人们的生活环境<sup>[23]</sup><sup>[1]</sup>。将机体、行为、环境三元与理论联系，发展为机体（children）—儿童需求层次理论、环境（environment）—环境认知理论、行为（behavior）—空间行为理论，考虑行人（儿童与陪护者）、车辆交通参与者的需求与行为对交通安全的影响，组成“tri.CEB”框架（见图1）。

#### (1) 儿童需求层次理论

马斯洛把人的基本需要分为5个层级，且认为人的需求随心理的发展呈波浪式演进（见图2）。儿童心理发展处在需求发展的初级阶段，主要包括生理的需要、安全的需要和爱的需要。

#### (2) 环境认知理论

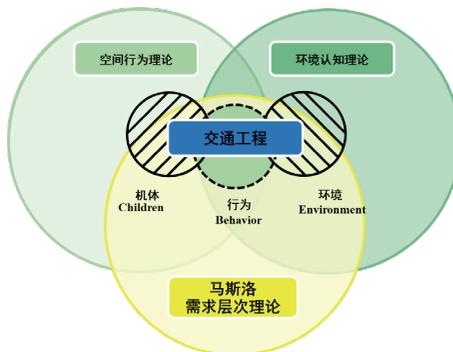


图1 “tri.CEB”三元儿童街道行为特征理论框架  
Fig.1 Theoretical framework of “tri.CEB” children's street behavior characteristics

资料来源：笔者自绘。

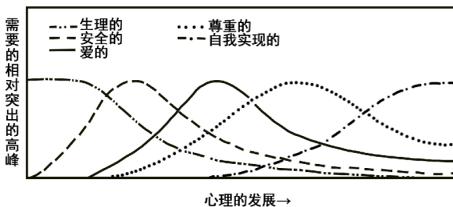


图2 5种主要需要渐进变化曲线  
Fig.2 Progressive change curves of five main needs

资料来源：参考文献<sup>[23]</sup><sup>[16]</sup>。

环境认知 (environmental cognition) 理论研究人们识别理解环境的方式,是个体适应环境、作用环境的心理基础<sup>[24]</sup>。从儿童友好型街道设计的角度,考虑儿童与街道环境发生的交互认知行为,主要运用儿童的视觉、嗅觉、听觉、触觉4种认知方法分析儿童街道行为特征。

(3) 空间行为理论

空间行为 (spatial behavior) 理论研究包括个人空间、领域性、私密性、拥挤感等,旨在了解人在空间中进行交往互动时的固有方式,并揭示相关的心理需求。基于空间行为理论,以街道空间为尺度,对儿童及与儿童相关的交通参与者的用户结构、行为活动类型、行为特征、心理需求4方面进行详细分析。

(4) 交通参与者行为与交通安全

分析儿童、驾驶员相互作用的视觉特性,车辆的排放特性、街道噪声污染等对儿童呼吸系统、听觉系统的重要影响,总结交通参与者行为特征对交通安全的影响。

2 儿童友好型街道改造流程

2.1 研究案例选择

上海市杨浦区四平路街道(以下简称“四平路街道”)位于上海市杨浦区的西北面,有23个居委会,70个自然小区,人口老龄化情况严重。四平路街道教育资源丰富,有同济大学幼儿园、打虎山路幼儿园、打一外国语小学、同济小学、杨浦高级中学、铁岭中学、同济大学等

优质教育资源,吸引了很多家庭定居,使得四平路街道成为儿童通学行为高发的区域。

选择中小学教育设施丰富,儿童通学需求较多的四平路街道作为研究范围。按以下条件:三维道路分类体系选择osm路网信息街道等级为支路,沿街POI数量与属性判定街道属性为非交通性街道,儿童活动频率较高,选择鞍山路(鞍山支路—锦西路段)街道作为实践目标(见图3)。

调查区域内学校的通学时间,发现该街道儿童活动高峰时段集中在早间7:30—8:15和下午16:00—17:00。运用行为注记法记录儿童的具体位置并进行核密度分析,发现该街道儿童通学活动热点分布在校门口、过街处、游乐设施、公交站点附近(见图4)。对儿童活动热点区域进行重点观察,以总结其街道行为特征。

2.2 问题诊断

根据该街道儿童活动热点区域对鞍山路进行现场调研,诊断问题如图5所示。点位①为中学校门口,存在放学儿童无序穿越马路、等候儿童的家长 and 车辆阻塞人行道及车道等现象;点位②为小区出入口,同样存在儿童无序穿越马路的情况,门口的垃圾箱与电箱还会阻碍机动车驾驶员视线,出现为避让儿童进行急刹车的现象;点位③为儿童游乐设施,由于游乐设施沿街且靠近交叉口,安全性不足,存在儿童家长为监护儿童长时间站立、

走动而无法休息的情况;点位④为公交站台,存在儿童等待耐心不足不断吵闹奔走、等待区休憩空间不足使候车人溢出车站入侵车行道的情况;点位⑤是街道上的一段狭窄路段,存在连续较长、堆放较高障碍物,步行环境不佳的情况。

2.3 研究流程与改造思路

根据理论框架设计多种调研方法,针对研究地进行行为特征分析调查,提出儿童安全、儿童健康、儿童陪护、儿童活力4大改造方向,实践改造并总结出具有推广性的儿童友好型街道改造思路(见图6)。

3 儿童街道行为特征分析

3.1 儿童及陪护者行为特征

通过沉浸式感知方法,运用环境认知理论对儿童视觉、嗅觉、听觉、触觉(代际陪护)的感知情况进行分析。在VR全景视频中截取成人与儿童的相应视野范围,识别最近障碍物占据视野的比例(见图7)和地面占据视野的比例(见图8)。统计发现:(1)儿童较成人视野更易被遮挡,最不利情况下一度被遮挡超过50%。这一弱势在过街时体现更为明显,沿街的出入口附近时常会设置电箱与非机动车停车区。实验证明,小尺寸电箱在约41 cm、大尺寸电箱在约2 m的垂直距离内会完全遮挡儿童的视线造成危险(见图9)。(2)儿童视野视觉中心位于地面,儿童的视野范

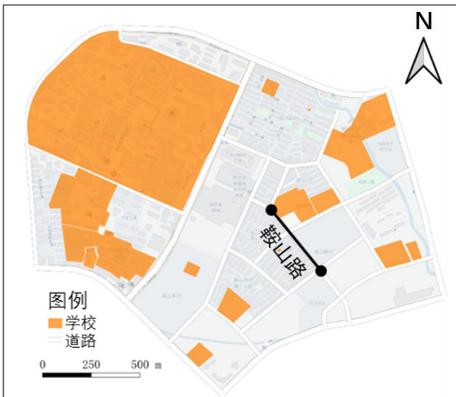


图3 鞍山路所在区位  
Fig.3 Location of Anshan Road

资料来源:笔者自绘。

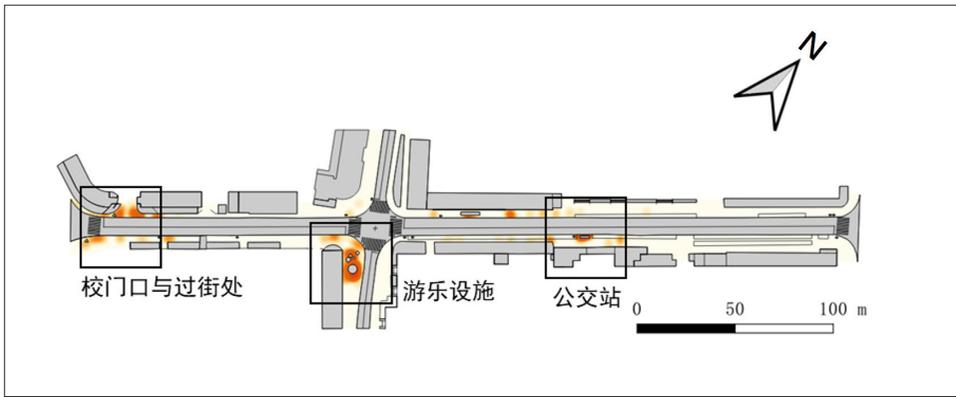


图4 行为注记法儿童街道活动热点识别  
Fig.4 Behavioral annotation method to identify children's street activity hotspots

资料来源:笔者自绘。

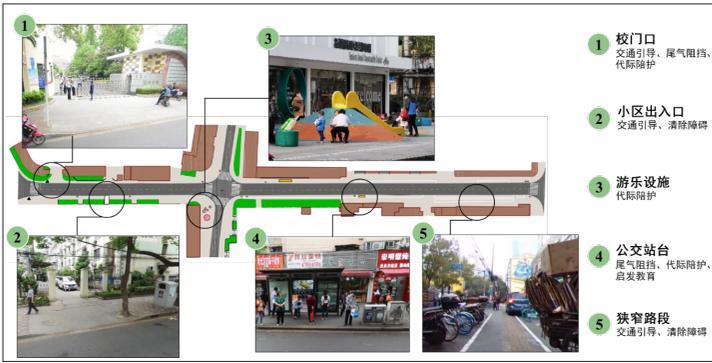


图5 问题诊断  
Fig.5 Problem diagnosis

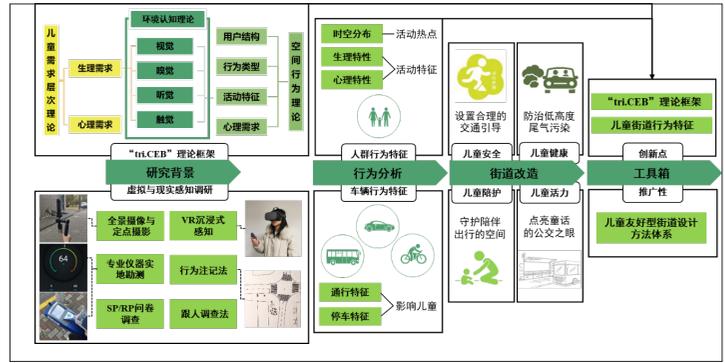


图6 技术框架图  
Fig.6 Technical framework

围与视觉中心决定了儿童注意力集中的范围,因此将交通语言及相关指引标识布置在地面更能吸引儿童注意。

对比儿童高度与成人高度的颗粒污染物浓度发现:(1) 儿童高度颗粒物浓度一般高于成人高度。(2) 灌木丛、绿植矮架等形式的低矮绿植能够有效降低儿童高度的颗粒物浓度,甚至使其低于成人高度(见表1)。对比儿童高度与成人高度的噪声分贝发现:(1) 儿童高度与成人高度的噪声大小无明显差别。(2) 低矮绿植对降低噪声无明显效果。

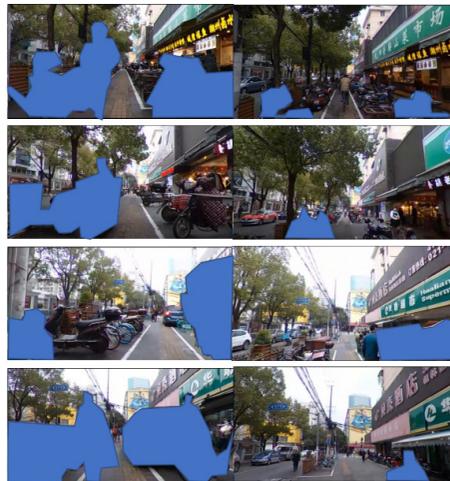
根据对家长的SP/RP问卷调查结果和跟人调查结果发现:(1) 儿童通学的主要方式是家长步行接送(45%),陪护者主要是父母(72%)和老人(21%);(2) 代际通行宽度约为1.5 m,但多处路段的有效通行宽度远小于该数值。路线的重叠程度会影响行人相遇时的下一步行为,当路线的重叠部分过大时,相遇二者的速度会下降50%左右,各自侧身或者变线,舒适度较低<sup>[25]</sup>。

### 3.2 车辆行为特征

机动车的特征包括:(1) 机动车驾驶员存在视觉盲区。测量发现,当司机以120 cm视高、水平向下15°自然视线观察周边情况时,在垂直方向上距小尺寸电箱大于38 cm、在水平方向上的三角形盲区内无法发现儿童(见图10)。(2) 机动车存在尾气排放峰值。车辆在减速、起步、怠速行驶时,尾气排放较稳定高速行驶时更高。在校门

资料来源:笔者自绘。

资料来源:笔者自绘。



α 儿童视野 b 成人视野  
图7 儿童视野与成人视野障碍物占比识别  
Fig.7 Recognition of the proportion of obstacles in children's vision and adults' vision

资料来源:笔者自绘。



α 儿童视野 b 成人视野  
图8 儿童视野与成人视野地面占比识别  
Fig.8 Recognition of the proportion of floors in children's vision and adults' vision

资料来源:笔者自绘。

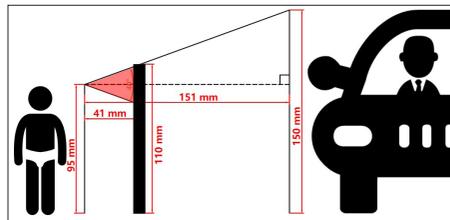


图9 小尺寸、大尺寸电箱对儿童的视野遮挡  
Fig.9 Small size and large size electric box in children's vision

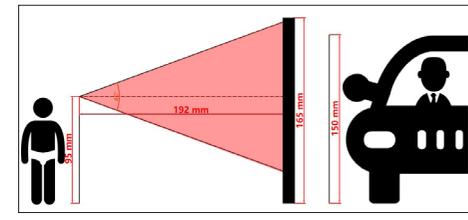


表1 儿童高度与成人高度颗粒污染物浓度  
Tab.1 Child-height versus adult-height particulate pollutant concentrations

资料来源:笔者自绘。

单位: mg/m <sup>3</sup>	儿童高度			成人高度			儿童与成人高度差值		
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值
点位1 (有低矮灌木)	0.436	0.398	0.494	0.469	0.404	0.580	-7.04%	-1.49%	-14.72%
点位2 (有绿化矮架)	0.494	0.460	0.546	0.509	0.478	0.547	-2.88%	-3.84%	-0.12%
点位3 (无阻挡)	0.534	0.488	0.721	0.529	0.485	0.595	0.95%	0.62%	21.16%

资料来源:笔者自制。

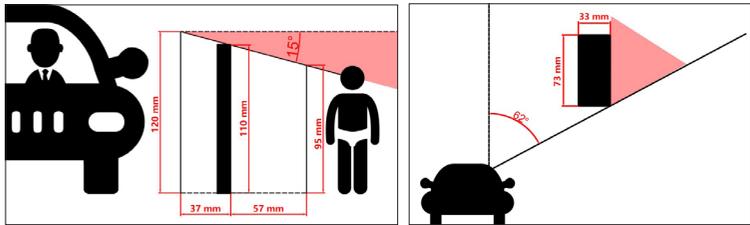


图10 机动车垂直、水平视觉盲区  
Fig.10 Vertical and horizontal blind spots of motor vehicles

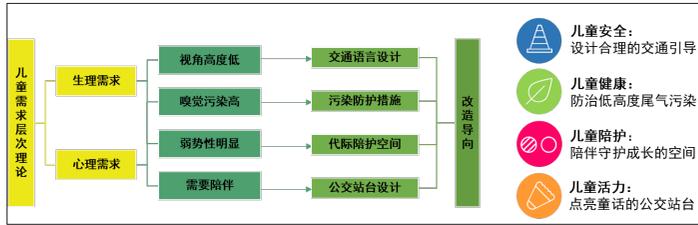


图11 改造导向  
Fig.11 Retrofit orientation

资料来源:笔者自绘。

资料来源:笔者自绘。

口测量高峰时段和平峰时段的颗粒物浓度,发现通学高峰颗粒物浓度明显较平时更高。

公共交通及站台的特征包括:(1) 支线公交站台存在改造空间。作为出入与联系道路及次干路的联络通道,支路上主要布设的是公交支线与公交辅助线。支路所承担的交通流一般仅占城市路网的10%—15%,布设的公交线路主要为公交支线,生活性服务功能是支路的主要功能<sup>[26]</sup>,支路上的公交站有较多的自由空间用于提供交通以外的功能,如城市名片、信息交互等。(2) 公交站台代际休憩空间不足。站台休憩设施按成年人身材设计,儿童无法休息时,代际陪护人也会选择陪伴站立。同时,公交站台座椅仅能容纳2—3个成年人(考虑心理安全距离),无儿童休憩空间。

非机动车的特征包括:(1) 非机动车通行机动性高,存在非机动车逆行侵入人行道高速穿行的现象。(2) 非机动车停车不规范,停车高度约为95 cm,在高度上会对儿童视线造成阻碍。

## 4 儿童友好型街道改造措施

### 4.1 设计策略

根据前文构建的“tri.CEB”三元儿童街道行为特征分析框架,对儿童的生理需求与心理需求进行分析,得到儿童行为特征与需求方面存在以下问题:视角高度低、嗅觉污染高、弱势性明显、需要陪伴等。据此,确定儿童友好型街道改造的4个方向(见图11)。最终确定儿童安全、儿童健康、儿童陪护、儿童活力4大改造导向。

### 4.2 工具箱

#### 4.2.1 儿童安全

在地面布置色彩鲜明、图案活泼、具有交通安全教育与启发意义的交通引导。设置:(1) 盲区拒入区:在遮挡物后的过街视觉盲区绘制地面警示拒绝儿童进入。(2) 警示性喷涂:将电箱等障碍物喷涂成醒目的颜色提醒驾驶员注意。(3) 引流步行带:在校门口地面绘制引导儿童向两侧分流的步行带,引导儿童不要穿行马路。(4) 出入口亮带:在儿童出行的小区门口机动车道上用彩色沥青亮带,提示机动车有沿街出入口注意慢行。通过工程与非工程的方式规范驾车、骑车、步行人群的交通行为,促进车辆避让让行为<sup>[27]</sup>。

#### 4.2.2 儿童健康

防治低高度尾气污染。通过减少需求、阻碍传播来隔绝低高度儿童与尾气污染。设置:(1) 高峰机动车安宁区:在儿童活动密集区域设置机动车禁停区,将停车需求转移至旁路。(2) 绿植滤隔带:人行道与机动车道间设置低矮灌木丛或绿植架过滤阻隔尾气污染。在景观植物的选择上,应尽量避免有毒有害、有刺激性、飞絮花粉较多和形状锋利类的植物<sup>[28]</sup>。

#### 4.2.3 儿童陪护

守护陪伴出行的空间。通过增加设施、保留空间来保障代际陪护安全。(1) 设置接驳/驻点待憩区。在儿童接驳/停驻区域附近增设陪护人的休憩设施,同时保证成人视线覆盖儿童活动区。(2) 严控非机动车停车。在窄人行道路段设置禁止非机动车停车的标志,或将双排垂直停车区域压缩,保障代际通行(见

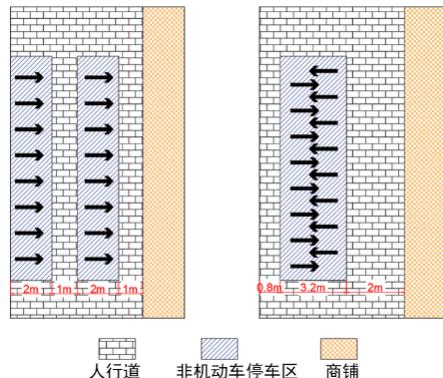


图12 非机动车停车区改造  
Fig.12 Renovation of non-motor vehicle parking area

资料来源:笔者自绘。

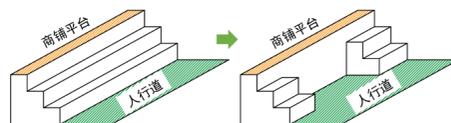


图13 窄路改造  
Fig.13 Narrow road reconstruction

资料来源:笔者自绘。

图12)。(3) 严控窄路长度。行人相向而行时过长的路线重叠会降低舒适度,无法拓宽道路时应控制过窄人行道的连续长度(见图13)。在街道上根据沿街功能,适当减少围墙和栏杆,增加可步行和可活动空间,为儿童提供更多的活动场地。

#### 4.2.4 儿童活力

点亮童话的公交之眼。将公交站开发为休憩、信息、教育、交互的综合平台。设置:(1) 代际同憩设施:将站台座椅总长度延至4 m,设置高低座位供代际同时休憩。(2) 绿植滤隔带:阻隔污染的同时防止儿童在候车时无意识步入车行道。(3) 色差法分区:公交站

地面铺装采用暖色,与人行道、车行道形成冷暖对比,引导限制儿童活动区域。儿童设施也采用暖色,保障儿童优先。(4) 公交眼平台:支路公交站集成提供信息、儿童教育、启发游戏、意见反馈等功能,形成街道附属功能集约化的“公交之眼”。

#### 4.3 改造结果

综上所述,根据鞍山路5个问题点位的情况,从工具箱中选择对应的改造措施进行改造,成果建模如图14所示。

### 5 总结与讨论

儿童友好型的城市空间和街道品质提升是目前我国城市发展由“量”转“质”的重要环节。为了建设儿童友好型的街道环境,回应儿童对城市空间的需求,保障儿童的出行安全,街道建成环境和城市规划设计领域需要积极应对如何提升街道的儿童友好度、保障儿童的空间权利等问题,同时从设计的角度实现对儿童街道安全问题的早期干预。

因此,本文基于环境行为学“机体一行

为一环境”三元、融合马斯洛需求层次理论、交通参与者特性与交通安全理论,构建“tri.CEB”三元儿童街道行为特征分析框架。使用全景视频、VR虚拟现实技术、颗粒物探测仪与分贝仪实地测量、行为注记、SP/RP问卷调查、跟人调查等多种方式调研,系统探究儿童街道视、听、嗅、触等行为特征,识别儿童在通学街道上高峰时间活动的热点区域为校门口、过街处、游乐设施、公交站点处。发现儿童视野更易被遮挡,且视野中心位于地面,因此应注意清除街道上1 m高度左右的障碍物以保障儿童安全,交通语言及相关指引标识宜布置在地面以吸引儿童注意;儿童呼吸高度更易受到汽车尾气毒害,沿街布置低矮绿植能有效减少这一危害;儿童出行往往存在代际陪护现象,为陪护人创造安全舒适的空间同样重要。

本文进行了儿童友好型街道空间设计探索,构建的“tri.CEB”三元儿童街道行为特征分析框架与调研方法具有可推广性,对全龄街道设计、街道社区治理、绿色出行具有指导意义。将行为分析、交通工程、环境设计3大

学科进行交叉,从交通的视角,基于环境设计的思路、行为分析的方法进行儿童友好型街道空间设计。同时,不同街道的需求与特征略有区别,因此未来将进一步研究评估设计成果的方法,打造连续、体系化的儿童友好型街道设计探索方法,从而实际测度儿童对街道的感知体验,提出更具针对性、更贴合儿童心理和行为的设计改造策略,以进一步促进街道环境品质的提质增效,更好服务于以人为本的城市规划设计和精细化城市治理。

(致谢:感谢上海同济城市规划设计研究院有限公司主任规划师冯高尚在研究实践上的帮助和支持;感谢同济大学交通学院杨超教授对研究的建议与指导。)

#### 参考文献 References

- [1] Gemeente Delft. Noordwest deelgebied, Hof van Delft/ Voordijkshoorn[R]. 2008.
- [2] 克莱尔·弗里曼, 保罗·特伦特. 儿童和他们的城市环境——变化的世界[M]. 萧明, 译. 南京: 东南大学出版社, 2015.  
FREEMAN C, TRENT P. Children and their urban environment: a changing world[M]. XIAO Ming, translate. Nanjing: Southeast University Press, 2015.
- [3] 赵乃莉. 国外“儿童友好型”街区环境设计及启示[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.  
ZHAO Naili. Environmental design of foreign "child friendly" blocks and its enlightenment[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2010.
- [4] 钟富有. 提升公共空间品质, 创建儿童友好校区——以长沙市岳麓一小周边交通及公共空间改造设计为例[C]//2016中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016: 8.  
ZHONG Fuyou. Improve the quality of public space and create a child-friendly campus: taking the reconstruction design of traffic and public space around Yuelu No.1 Primary School in Changsha as an example[C]//Proceedings of 2016 China Annual National Planning Conference. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016: 8.
- [5] 林焱宇. 中小学生学习交通特征及规划对策: 以深圳为例[J]. 交通与运输(学术版), 2016(2): 136-141.  
LIN Taoyu. Characteristics and planning



图14 改造成果

Fig.14 Renovation results

资料来源:笔者自绘。

- countermeasures of school transportation for primary and middle school students: a case study of Shenzhen[J]. *Traffic & Transportation (Academic Edition)*, 2016(2): 136-141.
- [6] 肖文明. 儿童友好型学校周边交通改善策略研究[C]//2018年中国城市交通规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 12.  
XIAO Wenming. Research on traffic improvement strategies around child friendly schools[C]// Proceedings of the 2018 China Annual Conference on Urban Transport Planning. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018: 12.
- [7] 木下勇. 游憩与街道生态性[M]. 东京: 丸善有限公司, 1996.  
KINOSHITA I. Recreation and street ecology[M]. Tokyo: Marusan Co., Ltd., 1996.
- [8] 苑立新. 中国儿童发展报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2019.  
YUAN Lixin. China child development report[M]. Beijing: Social Science Literature Press, 2019.
- [9] EKAWATI S. Children-friendly streets as urban playgrounds[J]. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2015, 179: 94-108.
- [10] 余高红, 常军. 反思“中国式接送”现象——我国城市儿童上下学空间网络规划问题浅析[C]//2013中国城市规划年会论文集. 青岛: 青岛出版社, 2013: 13.  
SHE Gaohong, CHANG Jun. Reflection on the phenomenon of "Chinese style pick-up and drop off": analysis on the spatial network planning of urban children going to and from school in China[C]// Proceedings of 2013 China Annual National Planning Conference. Qingdao: Qingdao Publishing Group, 2013: 13.
- [11] 梁爽静, 袁迪. 荷兰代尔夫特市街区: 儿童友好型街区的建设实践与启示[J]. *北京规划建设*, 2021(1): 64-69.  
LIANG Shuangjing, YUAN Di. Delft block, Netherlands: construction practice and enlightenment of child friendly block[J]. *Beijing Planning and Construction*, 2021(1): 64-69.
- [12] BROWN C, DE LANNOY A, MCCracken D, et al. Child-friendly cities[J]. *Cities & Health*, 2019, 3(1-2): 1-7.
- [13] 何灏宇, 谭俊杰, 廖绮晶, 等. 基于儿童友好的健康社区营造策略研究[J]. *上海城市规划*, 2021(1): 8-15.  
HE Haoyu, TAN Junjie, LIAO Qijing, et al. Research on building strategies of healthy community based on child friendliness[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2021(1): 8-15.
- [14] 郑昕怡, 简博秀, 林绍华. 儿童游憩空间的规划与设计: 兼论台湾的推动与发展经验[J]. *上海城市规划*, 2019(6): 87-92.  
ZHENG Xinyi, JIAN Boxiu, LIN Shaohua. Planning and design of children's recreational space: also on the promotion and development experience of Taiwan[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2019(6): 87-92.
- [15] 董志国. 基于儿童生理特征下的幼儿园建筑细部设计研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.  
DONG Zhiguo. Research on kindergarten architectural detail design based on children's physiological characteristics[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.
- [16] SHARMA A, KUMAR P. A review of factors surrounding the air pollution exposure to in-pram babies and mitigation strategies[J]. *Environment International*, 2018, 120: 262-278.
- [17] KUMAR P, Omidvarborna H, Barwise Y, et al. Mitigating exposure to traffic pollution in and around schools: guidance for children, schools and local communities[R]. 2020.
- [18] 刘子繁. 儿童友好型社区空间设计研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.  
LIU Zican. A study of children friendly community space design[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2014.
- [19] 林焘宇, 肖作鹏. 深圳小学生上学交通特征及方式选择影响因素[J]. *交通与运输 (学术版)*, 2017(2): 90-94.  
LIN Taoyu, XIAO Zuopeng. The varying school travel mode choices and its influence factors: the case of Shenzhen, China[J]. *Traffic & Transportation (Academic Edition)*, 2017(2): 90-94.
- [20] 梁思思, 黄冰冰, 宿佳境, 等. 儿童友好视角下街道空间安全设计策略实证探索——以北京老城片区为例[J]. *上海城市规划*, 2020(3): 29-37.  
LIANG Sisi, HUANG Bingbing, SU Jiajing, et al. Empirical exploration on street space safety design strategy from the perspective of child friendliness: taking the old city area of Beijing as an example[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2020(3): 29-37.
- [21] 陈天, 王佳煜, 石川森. 儿童友好导向的生态社区公共空间设计策略研究——以中新天津生态城为例[J]. *上海城市规划*, 2020(3): 20-28.  
CHEN Tian, WANG Jiayu, SHI Chuanmiao. Public space optimization design of ecological communities with child friendly orientation: a case study of Sino-Singapore Tianjin Eco-City[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2020(3): 20-28.
- [22] HAIDER J. Inclusive design: planning public urban spaces for children[J]. *Municipal Engineer*, 2007, 160(2): 83-88.
- [23] 李道增. 环境行为学概论[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.  
LI Daozeng. Introduction to environmental behavior[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [24] 吴建平, 朱建军. 生态环境心理研究[M]. 北京: 中央编译出版社, 2009.  
WU Jianping, ZHU Jianjun. Research on ecological environment psychology[M]. Beijing: Central Compilation and Translation Press, 2009.
- [25] 冯树民, 李政, 张伟. 城市人行道设置宽度研究[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2008(4): 585-588.  
FENG Shumin, LI Zheng, ZHANG Wei. Study on setting width of urban sidewalk[J]. *Journal of Harbin Institute of Technology*, 2008(4): 585-588.
- [26] 李星, 过秀成, 叶茂, 等. 面向公交优先的城市道路分级配置体系研究[J]. *交通运输工程与信息学报*, 2010, 8(3): 93-98.  
LI Xing, GUO Xiucheng, YE Mao, et al. Research on urban road hierarchical allocation system for public transport priority[J]. *Journal of Transportation Engineering and Information*, 2010, 8(3): 93-98.
- [27] 焦健. 促进儿童步行与骑车上学: 欧美安全上学路计划的成功经验与启示[J]. *上海城市规划*, 2019(3): 90-95.  
JIAO Jian. Promoting children's walking and cycling: successful experience and enlightenment of the safe school road program in Europe and America[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2019(3): 90-95.
- [28] 贺慧, 戴梦缘, 李婷婷, 等. 儿童友好型城市生活性街道空间品质识别研究——以武汉市南京路与尚隆路为例[J]. *上海城市规划*, 2020(3): 47-53.  
HE Hui, DAI Mengyuan, LI Tingting, et al. Study on spatial quality identification of living streets in children friendly cities: taking Nanjing Road and Shanglong Road in Wuhan as an example[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2020(3): 47-53.