

可供性理论下儿童通学环境评估及优化 ——以北京市西城区进步小学为例

王晶¹, 刘旭日², 郭虹娟³, 路羨乔⁴

(1.北京建筑大学建筑与城市规划学院,北京 100044; 2.河北师范大学家政学院,河北石家庄 050010; 3.中国城市建设研究院有限公司,北京 100011; 4.北京市城市规划设计研究院,北京 100045)

摘要:通过分析儿童通学环境供需特征,为儿童友好型通学环境研究提供新视角,助力儿童友好城市建设。基于可供性理论,从儿童行为与心理特征出发,构建儿童通学环境—行为可供性评估体系。该体系将儿童通学行为划分为感知、使用、创造及社会文化4个可供性类别,并结合安全性、便捷性、舒适性、趣味性4大类共22项环境要素,建立可供性表现评价矩阵,进而引入供求差率以分析环境供给与行为需求之间的匹配程度。以北京市西城区进步小学为例进行实证研究,发现该区域的通学环境在安全性与趣味性方面供给相对不足,在便捷性方面整体较好。在此基础上,从空间设计、设施优化与协同治理3个方面提出儿童通学环境优化策略,以提升环境品质、促进儿童独立通学,并为可供性理论在儿童群体与环境交互研究中的应用提供实证补充。

关键词: 通学环境; 可供性; 环境要素; 行为要素; 供求差率; 儿童友好城市; 北京市

Assessment and Optimization of Children's Commuting Environments Based on the Theory of Affordance: A Case Study of Jinbu Primary School in Xicheng District, Beijing

Wang Jing¹, Liu Xuri², Guo Hongjuan³, Lu Xianqiao⁴

(1. College of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China; 2. College of Home Economics, Hebei Normal University, Shijiazhuang Hebei 050010, China; 3. China Urban Construction Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing 100011, China; 4. Beijing Municipal Institute of City Planning & Design, Beijing 100045, China)

Abstract: By analyzing the supply and demand characteristics of children's school commuting environments, this paper offers a new perspective for research on child-friendly commuting and contributes to the development of child-friendly cities. Based on the theory of affordance and drawing on children's behavioral and psychological characteristics, the paper constructs an evaluation system for children's school commuting environment-behavioral affordance. The system categorizes children's school commuting behaviors into four affordance types: perception, use, creation, and sociocultural affordance. By integrating 22 environmental factors across four categories: safety, convenience, comfort, and enjoyment, it establishes an affordance performance evaluation matrix. Furthermore, the paper introduces a supply-demand gap ratio to analyze the degree of alignment between environmental supply and behavioral demand. An empirical study conducted at Jinbu Primary School in Xicheng district, Beijing, reveals that the school commuting environment in this area is relatively deficient in terms of safety and enjoyment, while it performs well overall in terms of convenience. Based on these findings, optimization strategies for the children's school commuting environment are proposed across three dimensions: spatial design, facility optimization, and collaborative governance, in order to improve environmental quality, promote children's independent commuting, and provide empirical support for the application of affordance theory in research on the interaction between children and their environment.

Keywords: school commuting environment; affordance; environmental factors; behavioral factors; supply-demand gap; child-friendly city; Beijing

收稿日期: 2024-08-25

基金项目: 中国工程院战略研究与咨询重大项目“新形势下深化我国城市公共交通优先发展战略及路径研究”(2024-XBZD-19)

作者简介: 王晶(1981—),女,山东济南人,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为交通与用地协调、城市设计、韧性城市,电子邮箱 wangjing@bucea.edu.cn。

通信作者:刘旭日(1997—),男,山东日照人,硕士,助教,河北师范大学家政学院,研究方向为城乡规划,电子邮箱lxrbucea@163.com。

引用格式:王晶,刘旭日,郭虹娟,等.可供性理论下儿童通学环境评估及优化:以北京市西城区进步小学为例[J].城市交通,2026,24(3):101-112.

Wang Jing, Liu Xuri, Guo Hongjuan, et al. Assessment and optimization of children's commuting environments based on the theory of affordance: a case study of Jinbu Primary School in Xicheng District, Beijing[J]. Urban Transport of China, 2026, 24(3): 101-112.

0 引言

日常通学是儿童出行活动的重要内容,其开展与街道空间建设水平密切相关。学校与家庭之间的通学空间是儿童认知所在城市、接触自然与人工环境、进行社会交往的重要窗口,也是儿童户外活动使用频率最高的空间之一^[1]。当前,许多城市建成区的通学环境仍存在诸多隐患,严重威胁儿童独立通学的安全性。一方面,儿童上下学时间常与城市通勤高峰重叠,导致学校周边区域交通拥堵;加之机动车驾驶人行为不规范、儿童活动中奔跑追逐等不确定因素,进一步增加了通学交通事故的风险。出于安全考虑,许多家长选择驾车或步行接送,致使校门口聚集大量等候人群,交通拥堵状况进一步加剧,形成恶性循环。另一方面,部分地区的通学环境设施建设滞后,步行空间品质较差,违规建设、商户占道、停车占道等现象侵占人行空间,迫使通学儿童进入机动车道,加剧了人车矛盾。此外,儿童好奇、多动的行为特征使其容易暴露于潜在风险之中,校园周边及通学路径上因环境设计不合理而导致的意外伤害、针对儿童的违法犯罪行为等,均加剧了社会焦虑,也使得越来越多的家长对儿童独立通学感到担忧。儿童通学安全面临的现实困境,反映出社会各界对改善通学环境的迫切需求^[2]。

建设儿童友好型通学环境,其目标不仅在于建设安全有序的交通环境,更在于营造让家长放心、儿童能够独立出行和进行户外活动的城市空间。建设的关键在于针对儿童不同成长阶段的心理和行为特征,营造有利于其身心健康发展的安全活动场所^[1]。因此,满足儿童及其监护人需求的通学环境,是儿童友好型城市规划与建设的重要内容。

在以儿童为研究对象的城市规划设计领域中,既有研究多集中于儿童对物理环境的心理感知及其对不同环境产生的特定反应,规划实践也主要围绕公共空间、公园设计等方面展开。针对儿童通学环境的研究,大多聚焦于建成环境的客观属性对儿童通学行为

的影响^[3-6],缺乏从儿童主体行为特征、心理特征及其个体差异性视角出发的研究。可供性(affordance)理论作为研究人与环境互动关系的重要工具^[7-10],有助于诠释物理环境与使用者间互动机制,为城市规划设计人员从更为精细化的儿童行为与心理需求视角研究通学环境提供了重要媒介。

基于此,本文以儿童通学环境为切入点,以可供性理论为框架,构建评估体系,对儿童通学环境与通学行为之间的关联进行测度与量化分析,并据此提出城市通学空间的优化策略。研究旨在通过改善通学环境促进儿童积极通学,同时拓展和补充可供性理论在儿童群体研究中的应用。

1 儿童通学环境—行为可供性评估体系

1.1 可供性理论

可供性由 J. J. Gibson^[11]于 1979 年提出,指客观环境所具有的、能够支持使用者进行特定行为活动的潜在可能。其本质是连接环境与使用者之间交互关系的媒介。在城市规划设计领域,相关研究常依据研究目的和学科背景,将环境可供性划分为不同类别。例如,基于环境和物体对行为的影响,J. R. A. Maier 等^[12]将可供性分为积极可供性和消极可供性。这一分类有助于指导环境设计者有意识地调整环境要素,提升环境方案的可理解性,从而避免消极可供性的形成,并为使用者开展积极的环境行为提供条件。作为生态心理学中诠释物理环境与使用者互动关系的重要媒介,可供性理论融合了环境的使用功能与使用者的主体特征及情感体验。将其引入环境规划设计中,有助于增强方案的人文关怀。

1.2 评估体系框架

本文基于可供性理论,研究儿童在通学过程中行为与所处环境之间的交互关系。通过引入通学行为测度要素和通学环境测度要素,构建评估体系,以实现二者交互关系的量化。在此基础上,引入可供性供求差率作

为评价指标,该指标以评价矩阵中获得的各环境要素的积极可供性频次,以及通过问卷调研获得的儿童对各环境要素的需求频次为参数进行计算,进而分析通学环境中各要素与儿童行为需求之间的匹配程度,并据此提出通学环境优化策略(见图1)。

1.3 指标选取

1.3.1 通学环境测度要素

基于可供性理论对儿童通学环境进行研究,需明确与儿童行为产生交互作用的环境要素类别及其作用方式;同时,分析儿童在通学过程中对各环境要素的实际需求,是评估通学环境可供性的前提与基础。本文借鉴 R. Mitra^[13]提出的儿童活力通学出行决策概念模型(BMST)和 G. A. Battista 等^[14]提出的街道空间环境规划设计三要素(通达性、安全性与舒适性),结合儿童生理和心理特征,从刚性需求与弹性需求两方面对儿童通学环境需求展开探讨。

首先,小学学龄儿童身心发育尚未成熟,与成人相比更易受到安全威胁。此外,该阶段儿童对周围环境的认知能力相对较弱,活动具有发散性与随机性,在陌生街道环境与复杂道路网络中容易迷路,进而产生恐惧心理^[2]。因此,应通过简明清晰的步行路线规划与安全有序的步行空间设计,优先满足儿童对通学安全性与便捷性的需求(见图2)。

其次,通学作为刚性出行需求,也是儿童认知社会文化与城市环境的重要窗口。因此,在保障安全性与便捷性的基础上,提升舒适性与趣味性应成为通学环境建设的更高层次目标^[2](见图3)。舒适性与趣味性可作为通学环境评估与城市规划设计的弹性指标,并据此提出相应的规划引导建议。

基于对儿童通学环境需求的分析,本文参考联合国儿童友好城市建设相关文件、现行规范与法规,以及街道空间设计导则中对环境要素的论述,制定了儿童通学环境测度要素调查问卷。邀请受访者(包括儿童、家长和相关领域专家)对初步选取的环境要素的重要性进行评价,根据反馈对要素进行修正,最终形成基于可供性理论的儿童通学环境测度要素分类(见表1),共包含4大类22小项。

1.3.2 通学行为测度要素

基于可供性理论对物质空间环境进行评估,需对环境中能够支持的行为活动进行可

供性分类。通过梳理国内外不同领域的研究成果,相关学者根据对象特性与目的建立了不同的分类逻辑,形成了多种可供性分类方法(见表2)。因此,本文以儿童身心特征为基础,结合实地通学观察,并参考表2中的可供性分类研究成果,对儿童通学行为测度要素进行分类(见表3)。

1.4 可供性表现评估矩阵

为更科学、便捷地记录可供性的发生频次与数量,并统计通学过程中儿童与环境的关系,本文基于可供性理论,参考 J. R.

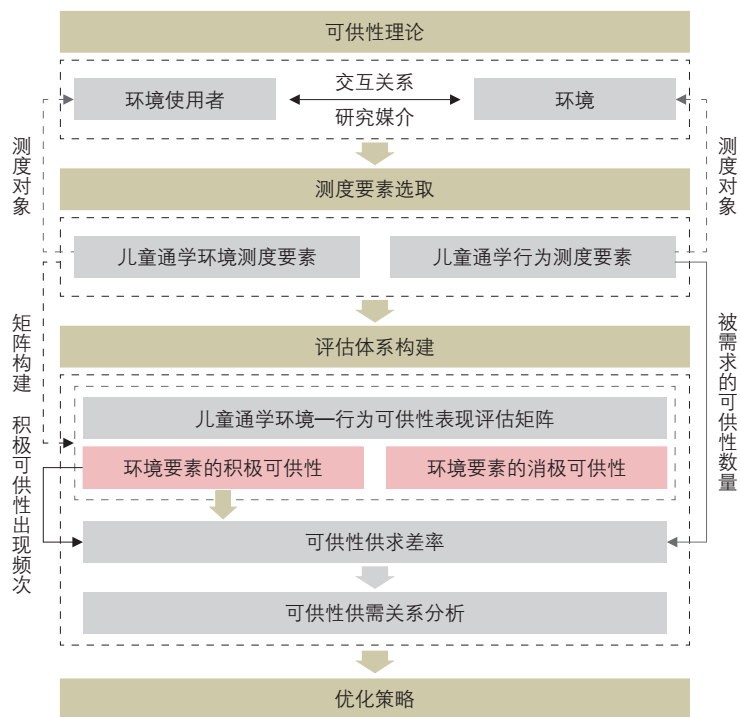


图1 儿童通学环境—行为可供性评估体系框架

Fig.1 Framework of the assessment system for children's school commuting environment-behavioral affordance

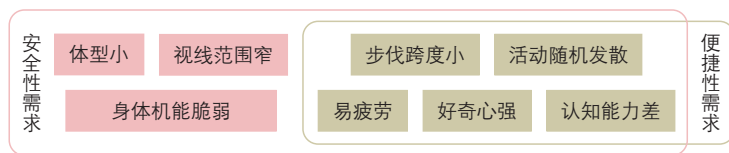


图2 儿童身心特征对通学环境安全性与便捷性的需求关系

Fig.2 Relationship between children's physical and psychological characteristics and their needs for safety and convenience in school commuting environments

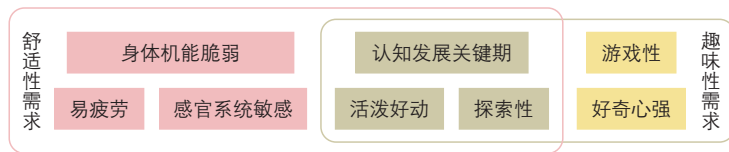


图3 儿童身心特征对通学环境舒适性与趣味性的需求关系

Fig.3 Relationship between children's physical and psychological characteristics and their needs for comfort and enjoyment in the school commuting environment

A. Maier 等^[12]及其他学者^[20-21]的研究成果,以通学环境测度要素为横坐标、通学行为测度要素为纵坐标,构建儿童通学环境—行为可供性表现评估矩阵 S (见表 4), 作为可供性评估的基本框架。

为更准确判断通学环境要素的可供性质量, 评估矩阵以可供性发生的频次作为量化指标。根据儿童在特定环境中能否正确感知、理解并使用环境要素的功能, 其需求是否得到较好满足, 以及环境要素是否符合儿

童身心与活动特征等判断依据, 将儿童通学环境—行为可供性进一步划分为积极可供性与消极可供性, 并据此构建儿童通学环境—行为积极可供性评估矩阵 S_1 与儿童通学环境—行为消极可供性评估矩阵 S_2 。为便于区分可供性性质并进行量化, 消极可供性的发生次数以负值记录。

矩阵 S , S_1 , S_2 公式如下:

$$S = S_1 + S_2, \quad (1)$$

表 1 基于可供性理论的儿童通学环境测度要素分类

Tab.1 Classification of measurement elements for children's school commuting environment based on affordance theory

类别	测度要素	释义	行为活动示例
安全性要素	人行道宽度	人行道有效宽度(排除绿化带、街道设施带等空间)是否可供儿童安全通行	绕过人行道上的车辆
	人行道平整度	人行道路面是否平坦, 是否存在损坏、凹陷、凸出、开裂以及不易察觉的高差等安全隐患	追逐、奔跑
	人行道连续性	人行道路面是否连续, 是否存在各种原因的占道而造成的间断	从人行道进入机动车道
	过街设施	道路交叉口、路段过街处是否设置保障儿童安全通行、避免受车辆干扰的设施; 设施能否满足儿童使用要求	在信号灯指示下过街
	交通稳静化措施	在水平方向与垂直方向上, 是否合理设置了相关设施, 并采取了有效措施, 以限制车辆通行速度、保障儿童与车辆分开通行	观察到车辆在交叉口减速
	街道标志	是否合理设置道路指引与车辆警示标志; 设施是否符合儿童阅读高度; 信息是否易被儿童理解	观看街道交通地图
	监控设备	是否合理设置能够实时获取道路交通状况与儿童通学活动情况等信息的电子监控设备、儿童紧急求助等设备	看到建筑外墙的摄像头
便捷性要素	街道眼 ¹⁾	街道开敞度是否良好; 道路两侧建筑、围墙是否完全封闭	隔着围栏打招呼
	设施品质	各项设施设置是否选用安全无害的材质; 设施尺度是否符合儿童身体特征; 是否存在明显安全隐患	坐在花池边缘
	出入口位置	校园与社区出入口位置是否与儿童主要通学路线相连接	感觉到绕路
	道路网密度	通学环境中道路网密度与通达程度是否适宜	选择新的回家路线
舒适性要素	道路交叉口数量	学校学区范围内道路交叉口的总数量是否适宜	在交叉口处与同学分别
	设施可达性	儿童接近、使用各项设施是否方便, 设施在通学环境中的布局位置是否合理	去路边商店购买文具
	人行道舒适度	人行道铺装材质是否坚固耐用、平整防滑、不易积水; 路面坡度与高差处理是否缓和	从斜坡上跑下来
	绿化景观品质	绿化植物是否丰富多样、遮阴良好; 是否有尖刺、毒性和刺激性气味; 景观小品造型、分布等是否适宜	采摘树木果实
	空气环境质量	空气是否清新宜人; 污染物是否超标; 是否通风不畅、过于潮湿或干燥	闻到花香
趣味性要素	声环境质量	是否由于机动交通、建筑施工等原因产生使儿童感到刺耳的噪声	捂着耳朵经过施工区域
	视觉色彩	设施单体与环境整体色彩是否和谐; 是否符合儿童审美喜好; 是否易被儿童识别和感知	踩不同颜色的铺装进行跳方格游戏
	景观多样性	自然景观与人工景观类型是否丰富多样; 同类别景观要素是否千篇一律、缺少适度变化	观赏花园中的植物
	景观互动性	各项自然景观与人工景观是否支持儿童开展环境互动行为; 是否能使儿童在互动过程中获得积极的情绪体验	用沙子堆砌城堡
趣味性要素	设施游戏性	各项设施是否支持儿童开展适度的游戏活动; 设施设计是否考虑了儿童在游戏活动中的行为特征	从滑梯上滑下来
	设施育智性	街道是否满足儿童的智力发展需求, 并包含具有教育性和启发性的规划设计	在宣传栏学习到正确洗手步骤

1) 街道眼(Eyes on the street)是美国作家简·雅各布斯(Jane Jacobs)在《美国大城市的死与生》中提出的概念, 即传统街坊通过邻里日常互动形成自然监督机制, 街道两侧的商铺与频繁人流共同构成街道眼, 可抑制犯罪并增强安全感。

$$S_1 = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$S_2 = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$S = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & \cdots & c_{mn} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$M_m = \sum_{n=1}^{22} c_{mn}, \quad (5)$$

$$N_n = \sum_{m=1}^4 c_{mn}, \quad (6)$$

式中： a_{mn} 为在第 n 个通学环境要素中，第 m 个通学行为测度要素的积极可供性发生频次，又称实现的可供性数量； b_{mn} 为在第 n 个通学环境要素中，第 m 个通学行为测度要素的消极可供性发生频次(以负值表示)； c_{mn} 为在第 n 个通学环境要素中，第 m 个通学行为测度要素的可供性质量； m 为通学行为测度要素的数量， $m=[1, 2, 3, 4]$ ； n 为通学环境测度要素的数量，其中 $n=[1, 2, \dots, 22]$ ； M_m 为测度对象在第 m 个通学行为测度要素上的整体可供性质量； N_n 为测度对象在第 n 个通学环境测度要素上的整体可供性质量。

儿童通学环境一行为可供性表现评估矩阵 S 的总和等于行和(或列和)的累加值。

1.5 可供性供需关系分析

在对儿童通学环境完成环境一行为可供性评估后，需进一步探讨可供性与儿童需求的匹配程度。该匹配程度可用供求差率表征，其定义为某一环境要素的供给量占供给总量的百分比与需求量占需求总量的百分比之差，若供求差率为负，表示需求大于供给；若为正，则表示供给大于需求。

可供性供求差率计算公式为：

$$R_n = \left(\frac{\sum_{m=1}^4 a_{nm}}{\sum_{m=1}^4 \sum_{n=1}^{22} a_{nm}} \times 100\% \right) - \left(\frac{d_n}{\sum_{n=1}^{22} d_n} \times 100\% \right), \quad (7)$$

式中： R_n 为第 n 个环境要素的可供性供求差率/%； d_n 为被需求的可供性数量，其数值来源于访谈交流与问卷调查中所统计的需求频次。

环境设计的目标之一是通过提升环境的可理解性，引导使用者正确理解设计意图，从而促进积极可供性的产生，避免消极可供性的发生。因此，本文将儿童通学环

境一行为可供性表现评估矩阵中记录的积极可供性频次作为可供性供给的量化指标，用于后续供需关系的分析。

通过计算可供性供求差率，可以对通学儿童与环境要素之间的交互关系进行定量分析。进一步计算通学环境整体的可供性供求差率，以及不同类别环境要素的供求差率，能够评估儿童对通学环境现有功能的需求满足程度，进而从供需角度识别当前通学环境存在的主要问题。

表2 可供性分类方法

Tab.2 Affordance classification method

研究者	研究领域	分类依据	可供性类别
哈里·赫夫特 (Harry Heft)	人境交互	使用者感知环境可供性的不确定性	潜在的可供性
			实现的可供性
马尔凯塔·屈泰 (Marketta Kyttä)	环境心理学	人境交互不同阶段可供性实现的可能	潜在的可供性
			察觉的可供性
			被使用的可供性
			固定的可供性
威廉·盖弗 (William W. Gaver)	行为情景	可供性的层级结构	可感知的可供性
			隐藏的可供性
			虚假的可供性
			错误的可供性
			顺序式可供性
雷克斯·哈特森 (H. Rex Hartson)	人机交互	人与计算机的交互方式	空间维度的变化
			嵌套式可供性
			认知的可供性
雷克斯·哈特森 (H. Rex Hartson)	人机交互	人与计算机的交互方式	物理的可供性
			功能的可供性
			知觉的可供性

资料来源：根据文献[14-19]整理。

表3 基于可供性理论的儿童通学行为测度要素分类

Tab.3 Classification of measurement elements for children's school commuting behavior based on affordance theory

可供性类别	分类依据	行为活动示例
感知可供性	环境可供性的获取方式。儿童借助感官系统，通过看、听、嗅以及触摸等方式获取对环境可供性的直观体验与感知；强调感官与环境要素的交互	看到街边植物开花；闻到花香
使用可供性	人境交互的实现程度。以儿童在自身生理特征和认知能力制约下对环境要素的物理属性与使用功能进行理解为前提，强调儿童对环境要素的使用方式	在人行道散步；使用健身器材锻炼身体
创造可供性	人对环境的影响程度。儿童在自身生理特征和认知想象能力的指导下开展活动，强调儿童对环境要素原有结构或使用功能的改变，或开发新的使用功能	攀爬路边围墙；在墙面涂鸦；撬开道路铺装
社会文化可供性	人在环境中是否进行社会交往活动。强调儿童在与环境进行交互的过程中，是否伴随与他人的交流、互动，是否受一定的活动规则与社会文化背景约束	在口袋公园玩角色扮演游戏；在人行道踢足球

2 研究区域与数据获取

2.1 研究区域与样本

综合考虑区位、交通条件及服务范围等因素，本文选取北京市进步小学学区内的儿童通学街道空间作为调查区域。进步小学位于北京市西城区榆树馆胡同，地处首都功能核心区，北临西直门外南大街快速路，东临西二环快速路(见图4)。学校占地面积约0.85 hm²，设有30余个教学班级，在校学生规模近千人。

进步小学周边用地类型较为丰富，主要包括居住、商业、公园绿地与广场、文化娱乐等。住宅建筑以高层为主，部分社区为多层住宅。在公共服务与文化娱乐方面，学区周边主要有北京展览馆、北京动物园等设施，服务等级较高、覆盖范围较广。该区域内的公园绿地及广场等与学校有一定距离，并且缺乏面向儿童日常活动的街边绿地、口

袋公园及体育运动场所。学校周边分布有城市快速路、主干路等多等级道路，交通较为便利。依据西城区2022年小学登记入学范围，进步小学的划片区域涵盖学区范围内的部分住宅或院落(见图4)，其中部分区域已超出其500 m的服务半径^[2]。

结合儿童通学环境—行为要素分析以及对研究区域的实地调查，综合考虑通学儿童使用频率、人流量与道路通达性等因素，选取进步小学学区范围内4条主要通学道路作为研究样本(见图5)。

2.2 数据获取

数据获取方法包括现场调研、跟踪观察、行为注记、问卷调查与非结构化访谈。针对不同调研对象，所采用方法有所不同(见表5)。调研历时近2个月，开展现场调研20余次，共回收有效问卷157份，完成有效访谈65人。主要调研时段集中在工作日

表4 儿童通学环境—行为可供性表现评估矩阵

Tab.4 Evaluation matrix for the performance of children's school commuting environment-behavioral affordance

可供性类别	环境要素																数量总计	分值					
	安全性要素				便捷性要素				舒适性要素				趣味性要素										
	人行道宽度	人行道平整度	人行道连续性	过街设施	交通稳静化措施	街道标志	监控设备	街道眼	设施品质	出入口位置	道路网密度	道路交叉口数量	设施可达性	人行道舒适度	绿化景观品质	空气环境质量	声环境质量	视觉色彩	景观多样性	景观互动性	设施游戏性	设施育智性	
感知可供性	积极可供性																						
	消极可供性																						
使用可供性	积极可供性																						
	消极可供性																						
创造可供性	积极可供性																						
	消极可供性																						
社会文化可供性	积极可供性																						
	消极可供性																						
数量总计	积极可供性																						
	消极可供性																						
分值																							

15:30—17:30, 该时段覆盖小学各年级下午放学时间, 也是通学活动的高发时段。

3 可供性供需关系分析

基于调研所得数据计算进步小学儿童通学环境可供性供求差率, 得到可供性实现与可供性需求的对比结果(见表6)。

3.1 安全性

1) 整体平衡与积极要素。

根据表6和图6可知, 安全性要素的综合可供性供求差率为-5.75%。其中, 人行道平整度与街道眼的可供性供求差率为正值, 表明这些要素能够满足儿童的通学需求。街道眼的可供性供求差率为2.55%, 反映出儿童对街道开敞度和透明度的要求并不突出; 其监视与看护作用更多源于成人的社会责任感, 而非儿童通学的直接需求。

2) 供给不足的要素及其空间特征。

人行道宽度、人行道连续性、街道标志及设施品质等安全性要素的可供性供求差率均为负值。对人行道宽度提出需求的样本数据多集中于进步小学南门至三塔社区西门的通学路段, 该路段应作为重点改善区域(与路线调研的环境测度结果相符)。过街设施与交通稳静化措施的可供性供求差率分别为-4.15%与-1.53%, 说明通学儿童对快速行驶机动车及道路交叉口的危险感知较为普遍, 需优化过街方式并完善相关设施。

3) 监控设备的需求认知特点。

值得注意的是, 实地调研中监控设备与儿童行为交互形成的可供性频次仅为7次, 而其可供性供求差率为-1.99%。这表明儿童虽不主动感知或使用监控设备, 但普遍认为该要素能为其通学起到较好的安全监视作用, 呈现出较高需求, 并对设备的智慧化与多功能化有所期待。

3.2 便捷性

1) 整体供给状况。

便捷性要素的可供性供求差率为12.50%, 各相关环境要素的可供性供求差率均为正值(见图7)。这表明与道路通达性密切相关的道路网密度及交叉口数量设置较为适宜, 进步小学学区范围内的通学便捷性整体良好。

2) 设施布局评价。

设施可达性的可供性供求差率为4.01%, 说明通学街道沿线各类商业服务、休闲娱乐

等设施的布局基本能够满足儿童便于接近与使用的需求。

3) 出入口通达性。

学校及社区出入口位置的可供性供求差率相对较低, 这与部分儿童通学时需绕行的情况有关, 相关数据主要来源于进步小学南门至新华里社区西门路段通学儿童的反馈。

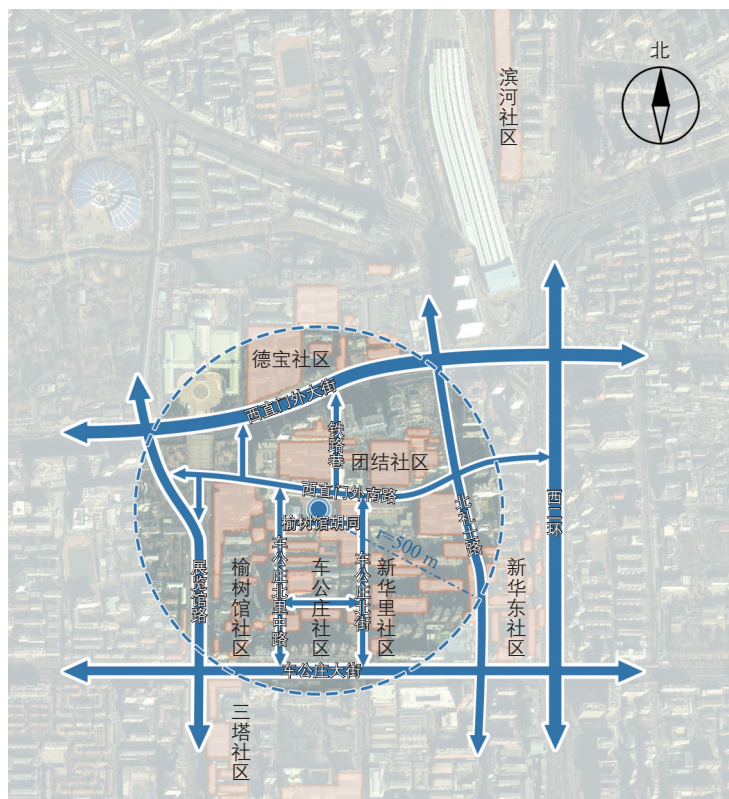


图4 北京市西城区进步小学区位与服务半径

Fig.4 Location and service radius of Jinbu Primary School in Xicheng district, Beijing

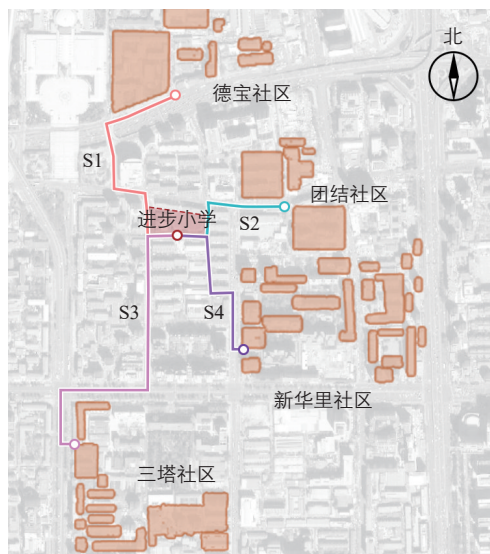


图5 北京市西城区进步小学学区范围内主要通学道路

Fig.5 Major school commuting routes within the school district of Jinbu Primary School, Xicheng district, Beijing

表5 儿童通学环境—行为可供性研究数据获取方法及说明

Tab.5 Data collection methods and explanations for the study of children's school commuting environment-behavioral affordance

测度对象	测度方法	测度结果类型	目的	
儿童通学环境测度	通学环境	现场调研法	文字、图像	确定具体研究范围, 获取街道空间各要素现状, 进行研究区域街道环境特征数据的搜集
	儿童通学环境感受与需求特征	问卷调查法、非结构化访谈法	问卷、访谈记录	获取儿童在通学环境中的感受以及活动需求特征
儿童通学行为测度	儿童行为	跟踪观察法、行为记录法	照片、视频、儿童活动轨迹数据	获取儿童通学行为类型与行为特征, 记录不同类别儿童活动在街道空间的地点分布, 以研究儿童行为与通学环境的相互关系

表6 北京市西城区进步小学通学环境可供性供需关系

Tab.6 Supply-demand relationship of school commuting environment affordance at Jinbu Primary School, Xicheng district, Beijing

可供性类别		可供性实现		可供性需求		可供性供求差率/%	
类型	内容	频数	比例/%	频数	比例/%	单要素	综合
安全性要素	人行道宽度	49	5.53	127	5.61	-0.08	
	人行道平整度	41	4.63	87	3.84	0.79	
	人行道连续性	34	3.84	94	4.15	-0.31	
	过街设施	23	2.60	153	6.75	-4.15	
	交通稳静化措施	26	2.93	101	4.46	-1.53	-5.75
	街道标志	17	1.92	53	2.34	-0.42	
	监控设备	7	0.79	63	2.78	-1.99	
	街道眼	43	4.85	52	2.30	2.55	
	设施品质	47	5.30	134	5.92	-0.62	
	小计	287	32.39	864	38.15		
便捷性要素	出入口位置	34	3.84	46	2.03	1.81	
	道路网密度	47	5.30	22	0.97	4.33	12.50
	道路交叉口数量	31	3.50	26	1.15	2.35	
	设施可达性	70	7.90	88	3.89	4.01	
	小计	182	20.54	182	8.04		
舒适性要素	人行道舒适度	36	4.06	92	4.06	0.00	
	绿化景观品质	77	8.69	161	7.11	1.58	
	空气环境质量	13	1.47	79	3.49	-2.02	-1.68
	声环境质量	4	0.45	52	2.30	-1.85	
	视觉色彩	41	4.63	91	4.02	0.61	
	小计	171	19.30	475	20.97		
趣味性要素	景观多样性	63	7.11	211	9.32	-2.21	
	景观互动性	79	8.92	218	9.62	-0.70	
	设施游戏性	68	7.67	231	10.20	-2.53	
	设施育智性	36	4.06	84	3.71	0.35	
	小计	246	27.77	744	32.85		-5.09
合计		886	100.00	2 265	100.00		

3.3 舒适性

1) 整体状况与满意要素。

舒适性要素的可供性供求差率为-1.68%。其中, 人行道舒适度的可供性供给与需求基本持平, 受访儿童对现状通学环境人行道的铺装材质、坡度及高差设置相对满意。

2) 绿化景观的功能性需求。

绿化景观品质的可供性供求差率为1.58%。尽管受访儿童在访谈与问卷中提及该要素的频次较高, 但从供求关系来看, 现状通学环境中的绿化景观基本能够满足儿童需求。访谈反馈显示, 与成人注重美学视角不同, 儿童更关注绿化景观为游戏活动所提供的空间与功能, 而非植物种类的丰富度或景观的视觉和谐。

3) 环境感官要素的负向感知。

空气环境质量、声环境质量的可供性供求差率均为负值(见图8)。虽然在实地评估中这些要素未对儿童行为产生明显影响, 但访谈与问卷结果表明儿童对上述要素有较高需求, 主要体现在对难闻气味、嘈杂噪声的反感。这可能与儿童感官较为敏感等因素有关, 需要在设计中予以相应提升。

3.4 趣味性

1) 供需情况与主要短缺要素。

趣味性要素的可供性供求差率为-5.09%。其中, 景观多样性、景观互动性及设施游戏性要素的可供性供求差率均为负值(见图9)。景观多样性与设施游戏性的可供性供求差率分别为-2.21%与-2.53%, 表明研究范围内通学儿童对景观类型与游戏活动存在一定需求。根据访谈与问卷反馈, 相关需求主要涉及街道公园、广场景观的数量, 以及可供儿童进行体育活动与游戏的设施和场地。因此, 应在通学环境中适当补充相应设施与场所, 以满足儿童开展适度游戏与体育锻炼的需求。

2) 育智设施的供需平衡与引导。

设施育智性的可供性供求差率为0.35%, 说明儿童对该要素的需求水平相对较低。研究范围内现有设施基本能够满足儿童的认知发展需求, 但仍在内容与主题方面加以引导。

4 通学环境优化策略

制定通学环境优化策略应遵循以下原

则：安全优先、保障路权；强化感知、稳静舒适；激活空间、提升活力；精细设计、趣味多元。为此，下文从空间设计、设施优化、协同治理3个方面提出通学环境优化策略。

4.1 空间设计

儿童通学环境的空间设计策略主要包括步行网络整治、空间集约利用以及机会空间激活3个方面。

1) 保障步行通行空间，优化道路网结构。

① 步行空间优化设计：人行道宽度与通行安全感密切相关。在严格执行步行通道宽度最低限值的基础上，应尽可能保证为儿童提供最大化的步行空间。对于通行条件充足的路段，可通过色彩喷涂、特殊铺装等方式，划定儿童通学专属路径，实现对步行通道的软性分隔。

② 路径连续性与道路网优化：应保障通学路径的连续与通达。针对因道路阻断形成的断头路、T形交叉口，以及因学校与社区出入口位置不合理等影响通学便捷性的问题，可通过优化道路网结构、提高道路网密度、增加交叉口数量来提升通达性。鼓励学校及社区通过调整出入口位置或增设侧门等方式，缩短儿童通学距离。

③ 适度原则与尺度控制：优化道路网络结构应坚持适度原则，避免因过度追求通达性而大幅提高道路网密度与交叉口数量，导致路线复杂化，增加儿童迷路风险。同时，应注重街区尺度的控制，将120~150 m作为理想尺度进行步行网络优化。

2) 复合利用街道空间，进行环境统筹设计。

① 合理优化道路横断面：应优先保障儿童步行空间的连续性与安全性。可依据现状道路宽度，复合设置绿化带与设施带，在步行空间与机动车道之间形成柔性隔离，既保障通行安全，也提升街道秩序。图10展示了3种典型街道场景的优化策略。

场景1适用于城市主干路等步行空间较为宽敞的路段。可通过设置绿化带实现人车分离，并在绿化带内侧适宜位置划定儿童活动区域，满足儿童游戏需求。

场景2适用于城市次干路、支路等步行道宽度有限的路段。应优先设置连续的通学通道，并采用隔离栏杆确保人车分离。

场景3针对步行通道中的市政设施、街道家具及绿化景观进行一体化设计，整合为绿化设施带，提高空间利用效率。通过合理

布局，可在机动车道与非机动车道之间形成线性缓冲带。在儿童通学人流集中路段，可适当压缩设施带宽度以拓宽步行空间。

② 动态调整通学时段的空间利用方式。针对放学时段儿童聚集引发的交通拥堵问题，建议结合小学作息，协同交通管理部

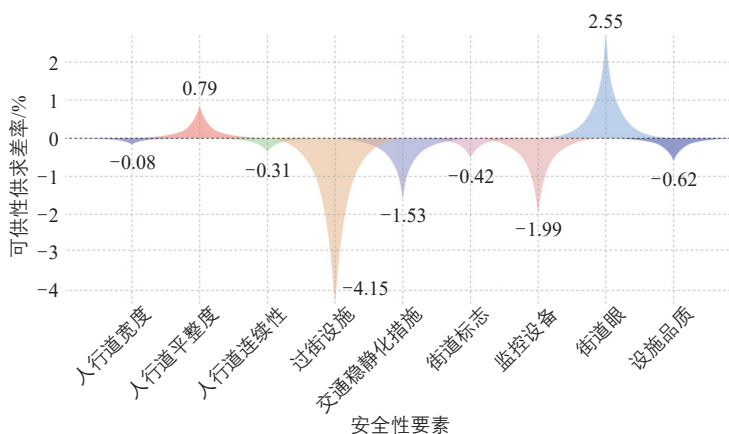


图6 儿童通学环境—行为可供性的安全性要素供求差率
Fig.6 Supply-demand gap ratio for safety elements in children's school commuting environment-behavioral affordance

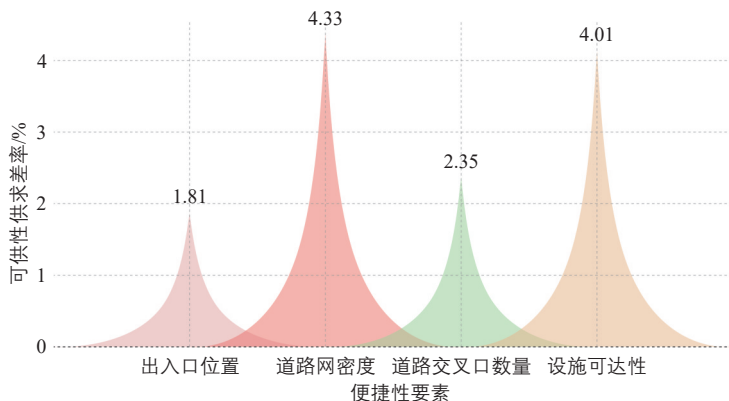


图7 儿童通学环境—行为可供性的便捷性要素供求差率
Fig.7 Supply-demand gap ratio for convenience elements in children's school commuting environment-behavioral affordance

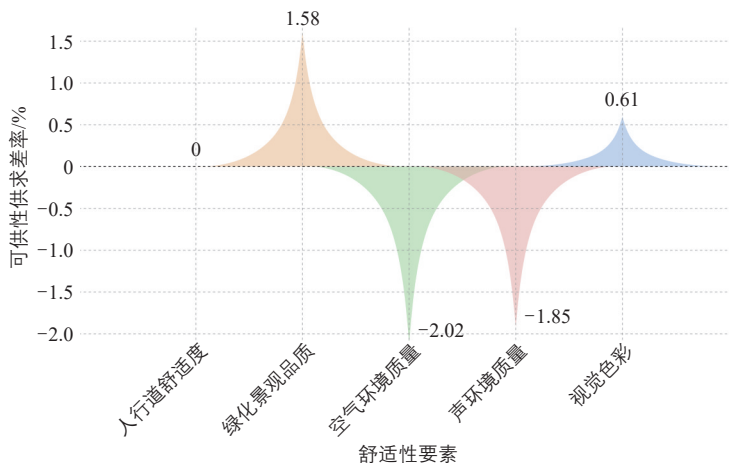


图8 儿童通学环境—行为可供性的舒适性要素供求差率
Fig.8 Supply-demand gap ratio for the comfort elements in children's school commuting environment-behavioral affordance

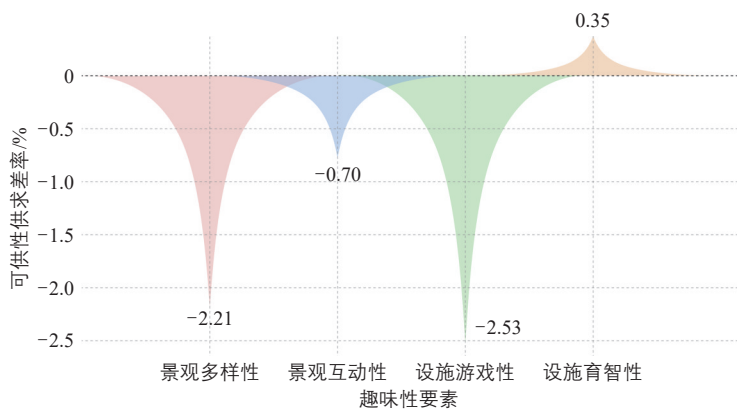


图9 儿童通学环境—行为可供性的趣味性要素供求差率

Fig.9 Supply-demand gap ratio for the enjoyment elements in children's school commuting environment-behavioral affordance

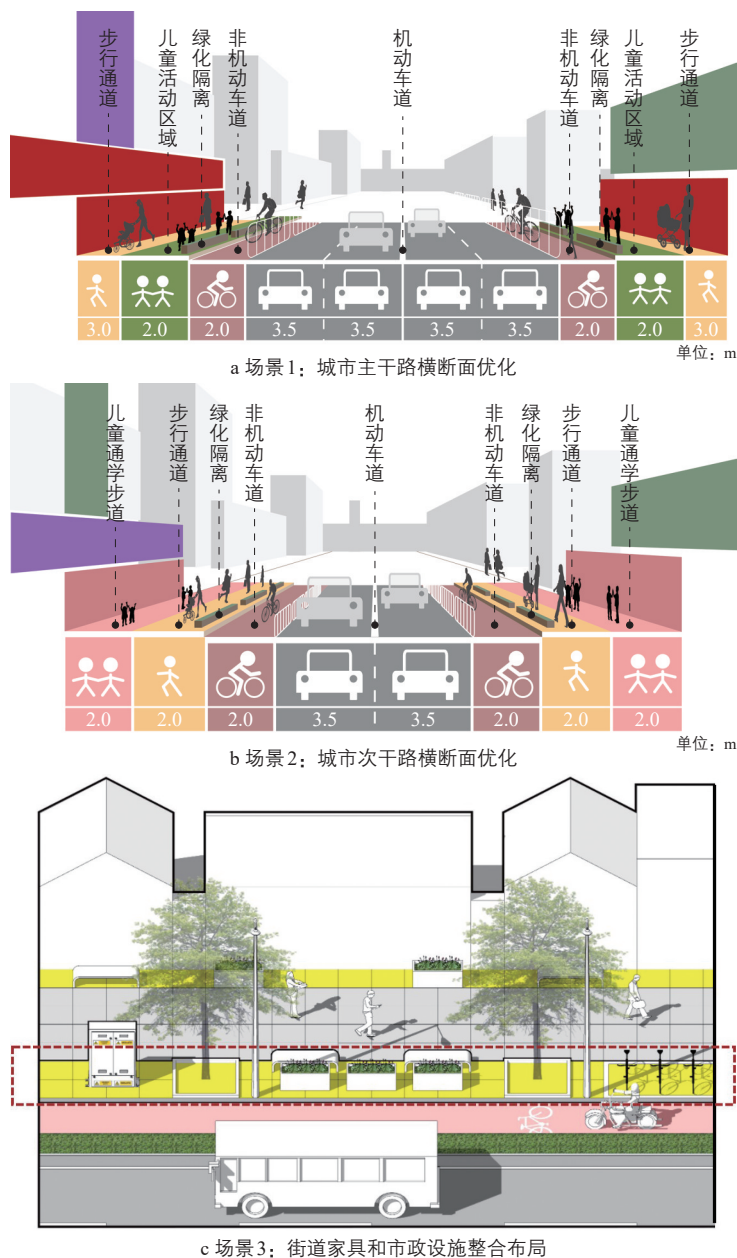


图10 儿童通学环境空间利用典型场景

Fig.10 Typical scenarios of spatial utilization in children's school commuting environment

门，对学校周边各类空间在不同时段的功能与使用方式进行动态调整，以时间换取空间。

3) 激活机会空间，提升精细化设计水平。

① 机会空间的利用与功能植入：识别研究区域内的潜在机会空间(如建筑前区、边角空间等)，并依据其规模、区位及周边属性植入适宜功能，促进儿童与空间的互动，提升通学活力。例如，在建筑前区设置休憩座椅，提供短暂停留场所，同时需综合考虑人流量，避免干扰环境，并与现有景观相协调。

② 消极空间的激活与精细化改造：针对未被充分利用的空间，可通过整治提升与精细化设计赋予新功能。结合游戏、体育等设施的合理配置，从多样性、互动性与游戏性等多维度提升通学环境的趣味性(见图11)。例如，可拆除街边绿地的封闭围挡，通过铺设石板步道、增设木质攀爬架、布置沙坑等方式，将其转化为以自然元素为主的场地，可供儿童进行游戏与创造性活动。

4.2 设施优化

儿童通学环境的设施优化策略包括重点设施配置、设施信息可读以及设施儿童友好3个方面。

1) 优先补充和改造关键节点设施，满足儿童通学需求。

应重点完善与儿童步行安全密切相关的设施，如道路交叉口过街设施、交通稳静化设施、道路标志及监控设备等。健全过街设施，引导儿童有序过街，减少人车冲突。优化街道智慧设施(如监控设备、环境监测装置、应急求助设施、导引系统等)，实现对通学环境与行人活动的实时监测与引导。

2) 提升设施信息可读性，强化环境感知。

应增强街道警示标志、道路指引标志等信息的传达效果，通过放大文字、加注拼音、采用易于儿童理解的图示等方式，帮助儿童更好地获取信息。对人行道、交叉口、通学路径等区域，可采用特殊色彩或材质的铺装，适度加强对儿童的感官引导，辅助其感知环境，并对其他交通参与者起到提示作用。

在设施设计中，应有意识地通过形制、色彩、尺度等方面的调整，提高设计意图的可读性，使儿童易于感知并理解设施功能与使用方式，避免因误解或误用引发安全隐患。

3) 提升设施儿童友好性，融入趣味元素。

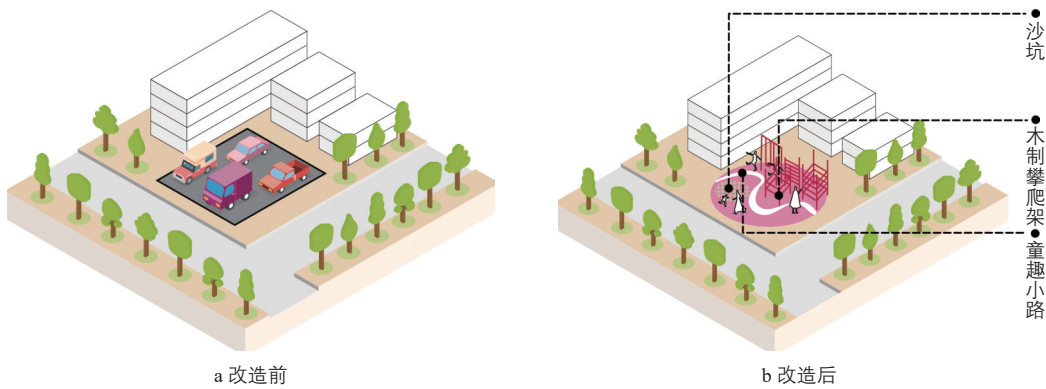


图11 儿童通学环境消极空间改造前后对比

Fig.11 Comparison before and after the renovation of negative spaces in children's school commuting environment

在设施设计中，应充分考虑儿童的“一米视角”及身心发育特征，满足其使用需求。对影响安全或舒适度的要素(如材质、尺度、植物选择等)需严格把控，并审慎确定设计主题。同时，在保障安全与舒适的前提下，鼓励融入趣味元素，呼应儿童的游戏需求，提升设施的游戏性。

4.3 协同治理

儿童通学环境的协同治理策略主要包括部门协同管理与多元共治共享两个方面。

1) 统一目标，明确部门职责。

部门协同管理应在统一目标的基础上，明确各方职责与联合行动方案。通过把握儿童通学环境的控制性与引导性指标，由上级部门牵头统合各部门目标。以提升儿童通学环境的安全性、便捷性、舒适性与趣味性为主要方向，落实主体责任，建立健全责任体系。

2) 拓宽公众参与渠道，提升协同治理水平。

多元共治共享主要指拓宽以儿童为主体的公众参与渠道，提升治理效能。应坚持围绕公众需求开展规划设计，全面拓宽儿童、家长、学校等多元主体参与决策的途径，充分听取各方意见，并借助信息化手段搭建公众参与平台。通过生动有趣的形式，由专业人员对儿童开展城市规划建设相关的引导与培训，提升其表达能力与参与积极性。鼓励学校、社区广泛开展安全教育日等活动，引导儿童参与，广泛收集其对通学环境的实际需求，以辅助规划部门进行设计决策。

5 结束语

作为生态心理学中阐释物理环境与使用

者互动关系的重要媒介，可供性理论为儿童通学环境研究提供了充分的理论依据，同时引入了基于儿童行为特征、心理特点与个体差异的新视角，为深入探讨儿童通学环境优化提供了有效支撑。以儿童通学环境为代表的城市街道更新设计，是推动儿童友好城市建设、构建全龄友好型社会的重要环节。当前，中国正深入推进以人为本的新型城镇化，应系统总结国内外实践经验，深入研究儿童通学交通特征，结合城市实际提出创新性的通学环境优化方案，为构建以人民为中心的儿童友好城市贡献力量。

参考文献：

References:

[1] 刘铮. 安全视角下校区附近儿童通学路径景观改造：以西安市康乐路为例[D]. 西安：西安建筑科技大学，2021.
Liu Zheng. Landscape renovation of children's school commuting path near schools from the perspective of safety[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2021.

[2] 刘旭日. 基于可供性理论的儿童通学环境优化策略研究[D]. 北京：北京建筑大学，2023.
Liu Xuri. Research on the optimization strategy of children's school commuting environment based on affordance theory[D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2023.

[3] 李卉. 基于使用者行为模式的广州小学通学道设计研究[D]. 广州：华南理工大学，2015.
Li Hui. Research on the design of way to elementary school base on user behavior pattern in Guangzhou[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015.

- [4] 汤优, 张蕊, 杨静, 等. 北京市学龄儿童通学出行行为特征分析[J]. 交通工程, 2017, 17(2): 53-57.
Tang You, Zhang Rui, Yang Jing, et al. A study of travel patterns of the school-age children in Beijing[J]. *Journal of Transportation Engineering*, 2017, 17(2): 53-57.
- [5] 张蕊, 许伊婷, 汤优, 等. 二孩政策下学龄儿童通学出行行为及优化策略[J]. 城市交通, 2020, 18(2): 30-36.
Zhang Rui, Xu Yiting, Tang You, et al. Children's school-bound traveling behaviors and strategies under the two-child policy[J]. *Urban Transport of China*, 2020, 18(2): 30-36.
- [6] 韩治远, 费晨仪, 陈宇琳, 等. 基于新技术手段的通学路交通环境安全性评估: 以北京市为例[J]. 城市交通, 2020, 18(2): 58-66.
Han Zhiyuan, Fei Chenyi, Chen Yulin, et al. Safety environment assessment of school route with new technologies: a case study of Beijing[J]. *Urban Transport of China*, 2020, 18(2): 58-66.
- [7] 林芷珊, 林广思. 基于可供性理论的儿童友好型开放空间研究现状与展望[J]. 风景园林, 2022, 29(2): 71-77.
Lin Zhishan, Lin Guangsi. Research status and prospects of child-friendly open spaces based on affordance theory[J]. *Landscape Architecture*, 2022, 29(2): 71-77.
- [8] 陈泓. 基于可供性理论的乡村社区儿童户外活动空间设计探析[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2016, 32(18): 148-149.
Chen Hong. On the design of children's outdoor activity space in rural communities based on availability theory[J]. *Journal of Chifeng University (natural science edition)*, 2016, 32(18): 148-149.
- [9] 易芬. 居住区在儿童户外体力活动方面的可供性研究: 以南京市奥体新城青桐园为例[J]. 建筑与文化, 2016(6): 151-153.
Yi Fen. Affordances of residential district environment for children's outdoor physical activities: a case study in garden Qing, Nanjing[J]. *Architecture & Culture*, 2016(6): 151-153.
- [10] 曲琛, 韩西丽. 城市邻里环境在儿童户外体力活动方面的可供性研究: 以北京市燕东园社区为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2015, 51(3): 531-538.
Qu Chen, Han Xili. Affordances of urban neighborhood environment for children's outdoor physical activities: a case study in Yandongyuan, Beijing[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2015, 51(3): 531-538.
- [11] Gibson J J. The ecological approach to visual perception[M]. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
- [12] Maier J R A, Fadel G M. Affordance based design: a relational theory for design[J]. *Research in Engineering Design*, 2009, 20(1): 13-27.
- [13] Mitra R. Independent mobility and mode choice for school transportation: a review and framework for future research[J]. *Transport Reviews*, 2013, 33(1): 21-43.
- [14] Battista G A, Manaugh K. Stores and mores: toward socializing walkability[J]. *Journal of Transport Geography*, 2018, 67: 53-60.
- [15] Gaver W W, Smith R B. Auditory icons in large-scale collaborative environments[J]. *ACM SIGCHI Bulletin*, 1991, 23(1): 96.
- [16] Gaver W W. Situating action II: affordances for interaction: the social is material for design[J]. *Ecological Psychology*, 1996, 8(2): 111-129.
- [17] Kyttä M. Affordances of children's environments in the context of cities, small towns, suburbs and rural villages in Finland and Belarus[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2002, 22(1/2): 109-123.
- [18] HEFT H. Affordances of children's environments: a functional approach to environmental description[J]. *Children's Environments Quarterly*, 1988, 5(3): 29-37.
- [19] Hartson R. Cognitive, physical, sensory, and functional affordances in interaction design [J]. *Behaviour & Information Technology*, 2003, 22(5): 315-338.
- [20] 宋天明. 基于可供性理论的大学生校园广场景观评价与设计研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2018.
Song Tianming. Landscape evaluation and design of university campus square based on affordance theory[D]. Shenyang: Shenyang Jianzhu University, 2018.
- [21] 王妍妍. 基于可供性理论的儿童户外活动空间评价与优化研究: 以济南市社区生活圈公共绿地为例[D]. 济南: 山东建筑大学, 2022.