引用格式：陈岚，许春敏，陈春华，等. 以公共交通为导向的发展模式(TOD)型社区步行环境感知评价及优化建议——以成都市为例[J]. 工业建筑，2025，55(8)：131-140. CHEN Lan，XU Chunmin，CHEN Chunhua，et al. Perception Evaluation and Optimization Strategies for the Walking Environment in TOD Communities：a Case Study of Chengdu[J]. Industrial Construction，2025，55(8)：131-140 (in Chinese). DOI：10.3724/j.gyjzG24092605

以公共交通为导向的发展模式(TOD)型社区步行环境感知评价及优化建议*——以成都市为例

陈　岚[1,2]　许春敏[1]　陈春华[1,2]　谭　林[1]　樊　霑[3]

(1. 四川大学建筑与环境学院，成都　610065；2. 四川大学工程设计研究院有限公司，成都　610065；3. 崇州市规划和自然资源局，四川崇州　611200)

摘　要　以公共交通为导向的发展模式(TOD)下的步行友好型社区建设对实现城市可持续发展具有重要意义。然而，现有城市侧重于TOD的高强度开发，对行人的步行感知体验关注不足。运用重要性-表现(IPA)分析法，从便捷性、多样性、美观性、恢复性和安全性5个维度构建TOD社区步行环境感知评价模型，选取成都市6个TOD社区为样本，从居民感知视角评价其步行体验。结果表明：成都市TOD社区步行环境中配套服务设施、休闲活动空间、路面平整度、步行路权等9项因子表现较差；同时，基于研究区的资源主导性，将TOD社区分为商业集聚型、公园网络型、教育聚集型三类，其中教育聚集型TOD社区居民对恢复性、多样性两方面的重视度较高，但满意度较低；商业集聚型TOD社区居民对恢复性与安全性满意度较低；公园网络型TOD社区步行环境便捷性未达到预期。最后，针对不同类型的TOD社区，从疗愈功能、慢行体系、步行安全等方面提出针对性的策略与措施。

关键词　TOD社区；步行环境；行人感知评价；IPA分析法

Perception Evaluation and Optimization Strategies for the Walking Environment in TOD Communities：a Case Study of Chengdu

CHEN Lan[1,2]　XU Chunmin[1]　CHEN Chunhua[1,2]　TAN Lin[1]　FAN Zhan[3]

(1. *College of Architecture and Environment，Sichuan University，Chengdu* 610065，*China*；2. *Engineering Design & Research Institute Co.，Ltd.，Sichuan University，Chengdu* 610065，*China*；3. *Chongzhou Municipal Bureau of Planning and Natural Resources，Chongzhou* 611200，*China*)

Abstract：The construction of walking-friendly communities under the Transit-Oriented Development (TOD) model is of great significance to the realization of sustainable urban development. However，many cities focus on the high-intensity development of TOD，paying insufficient attention to pedestrians' walking perception experience. In this paper，the Importance-Performance Analysis (IPA) method was used to construct a perception evaluation model of the walking environment in TOD communities，based on five dimensions：convenience，diversity，aesthetics，restorative quality，and safety. Six typical TOD communities in Chengdu were selected as samples to assess their walking experience from the perspective of residents' perceptions. The results showed that 9 factors—including supporting service facilities，leisure activity space，pavement flatness，and pedestrian right-of-way—performed poorly in the walking environment of TOD communities in Chengdu. At the same time，based on the resource dominance of the

*成都市哲学社会科学规划项目(2021BS099)。

第一作者：陈岚，博士，副教授，主要从事城市更新与空间规划工作。

通信作者：陈春华；cch3777@126.com。

收稿日期：2024-09-26

© 2025 工业建筑

study area, the TOD communities were divided into three categories: commercial agglomeration, park network, and educational agglomeration. Among these, residents of the educational agglomeration communities paid more attention to restoration and diversity but reported lower satisfaction. Residents of commercial agglomeration TOD communities were less satisfied with restoration and safety. Meanwhile, the walking environment convenience in park network TOD communities failed to meet expectations. Finally, for different types of TOD communities, targeted strategies and measures were proposed from the aspects of healing function, slow traffic system, and walking safety.

Keywords: TOD community; walking environment; pedestrian perception evaluation; IPA

0　引　言

以公共交通为导向的发展模式（TOD）社区是指城市中交通区位较好的社区，其主要以轨道交通站点为起点、以5～10 min的步行距离为空间范围[1]。此外，成都在公园城市建设中提出：TOD社区是以地铁、轻轨、巴士等公共交通为中枢，以5~10 min步行路程为半径，形成同时满足居住、工作、购物、娱乐、出行、休憩等需求的多功能社区。Cervero等[2]在原有“3D”原则的基础上提出5D原则，即Design（合理的尺度设计）、Density（高密度的开发）、Diversity（业态的多样混合性）、Distance（适宜的出行距离）和Destination（能方便到达的目的地）。TOD社区呈现出以公共交通为导向，鼓励绿色出行、可达性较高、空间尺度适宜、多元功能混合等特征。从出行需求上来看，TOD社区居民在生活出行、身体锻炼和社会交往等方面呈现出更强的步行出行需求，其步行环境质量直接影响居民活动体验及生活满意度，安全、舒适、便捷的步行环境能够增强居民步行意愿，提升居民生活品质。

关于TOD地区步行环境的研究，国外起步较早。20世纪60年代，德国为缓解中心区交通拥堵率先开展了步行环境与轨道交通共同发展相关实践[3]。此后，国外学者纷纷开始探索TOD地区步行环境的影响因素、分析方法及改善策略。例如，有学者探讨影响行人步行意愿的因素[4]，验证了TOD社区较传统社区更能促进居民步行的观点[5]，并探讨改善站点周边步行环境的策略[6]。也有学者创新研究方法，通过整合地理大数据和居民访谈小数据探讨环境感知对社区居民步行行为的影响[7]。近年来，国内对于TOD地区步行环境的研究主要集中在以下几个方面：1）分析日本、新加坡、韩国等国外TOD地区步行空间理论与优秀实践项目[8-11]，在规划布局、空间设计等方面汲取可借鉴的经验。张震宇等[12]通过分析韩国TOD地区步行体系的空间特征，提出当前国内TOD规划实践缺少对更大尺度步行网络的统筹考虑。2）以TOD站点周边慢行空间为研究对象，探究影响因子[13-14]。例如，陈泳等[13]通过测评站点地区的宜步行性，分析其主导问题及影响因素。3）以TOD站点周边为研究范围，对其步行环境进行评价，分析站点周边步行环境现状及现存问题，为改善步行环境提出合理建议[15-19]。

总体来看，对于TOD地区步行环境的研究，多数学者的研究范围局限于TOD站点周边，研究内容集中在站点周边步行便捷性、步行空间质量、步行接驳等方面，对TOD社区步行体系及步行环境质量的研究尚不充分。此外，既有研究多从城市设计等宏观角度出发，运用地理信息系统（GIS）、智能大数据等定量研究方法展开研究，对微观尺度行人感知研究不足。在TOD社区正在或即将大规模展开建设的背景下，TOD社区居民对步行环境的实际需求及满意度都是值得深入研究的问题。基于此，从行人环境感知视角出发，构建适用于TOD社区步行环境的感知评价模型，通过定性与定量分析相结合，探讨TOD社区居民需求与步行环境现状，并据此提出优化提升策略，以期为居民营造绿色舒适的步行环境，为步行友好型TOD社区的科学规划与建设提供依据和参考。

1　研究设计

1.1　研究区概况

2019—2023年年底，成都已全面启动实施24个TOD项目，正在推进出行便捷、配套完善、绿色低碳的TOD社区生活模式。成都在社区规划中融入公园城市理念，将社区与产业、公园、街区结合，致力于打造“公园城市中的TOD社区”。因此，选取成都市TOD社区作为研究对象具有一定代表性和典型

性。从成都市已全面实施启动的TOD项目中选取6个具备轨道站点-商业-住宅-空间环境一体化且分布位置、资源禀赋、社会经济状况互不相同的样本社区(图1)。如四川师大社区、万盛社区临近大学城,将教育、商业、TOD枢纽、居住等进行了多维度多层次串联。双凤桥社区、梓潼宫社区结合现有轨道交通站点,创造出便捷高效的地上与地下步行环境。幸福桥社区、二江寺社区利用城市景观资源,延续绿色脉络,建设为蓝绿交融的公园城市社区。

TOD社区是集居住、工作、娱乐、休憩等需求于一体的多功能社区,但其因所在区位、资源禀赋、空间布局等不同,居民步行需求亦有所差异。因此,需通过分类研究,深入挖掘不同类型TOD社区的独特属性,针对每类社区特有的步行环境问题,提出差异化的优化策略,更加科学地指导和推动TOD社区步行环境的建设和发展。本研究从社区的土地利用现状出发,根据其资源分布倾向,划分为相应资源型的TOD社区。

1.2　TOD社区步行环境指标体系构建

TOD社区较一般社区具有一定差异,其外部空间更加强调公共空间的连通、功能的复合高效、空间尺度适宜与视觉绿色体验。从成都市TOD社区步行体系的特征出发,沿用指标评价法,以TOD规划5D原则为指导,综合国内外社区步行环境相关研究[20-26]、实际访谈和调研数据,从便捷性、多样性、美观性、安全性、恢复性5个维度选取18个因子构建感知评价体系(图2),并对指标的定义进行详细阐释(表1)。

1.3　研究方法

在定性研究方面,采用半结构访谈法,对TOD社区居民展开深度访谈,通过居民分享的日常步行出行情况,了解社区居民对周边步行环境的主观感受以及步行需求。

在定量研究方面,基于问卷调查收集TOD社区居民步行出行特征、步行环境感知重要性与满意度评价等相关数据。于2023年9月—2024年6月,对样本社区居民(14岁以上)进行随机抽样调查。发放问卷共计600份,最终收回有效问卷544份,有效率达90.7%。问卷包括个人基本信息、步行出行特征以及社区步行环境感知评价3部分。第1部分包括性别、年龄、文化程度等基础信息。第2部分包括步行出行态度、步行出行频率以及可接受的步行范围。第3部分由重要性量表和满意度(表现性)量表组成。量表采用李克特量表法,感知重要性用“非常重要、比较重要、一般、较不重要、极不重要”5级语义描述;感知表现性用“非常满意、比较满意、一般、比较不满意、非常不满意”5级语义描述,并赋予相应的计算分值:5、4、3、2、1。为确保问卷质量,通过多次调研,对量表中不易理解的指标和不清晰的问题进行修改,形成最终问卷。在定量分析方面,运用SPSS 27.0软件对相关数据进行分析,通过EFA分析法构建TOD社区居民步行环境感知评价维度;利用IPA分析法分析TOD社区步行环境感知重要性与满意度评价,得到各维度及各指标因子的重要性和表现性差异,以此探究TOD社区行人步行偏好与步行环境感知。

2　结果分析

2.1　描述性统计分析

受访者中男性256人(47.1%),女性288人(52.9%),详见表2。从居民步行出行数据来看,高达73.9%的受访居民喜爱步行出行,其中约20.6%的居民日步行出行频率超过4次,大部分受访居民(85.6%)可接受的步行范围为800 m,其中44.8%的居民可接受的步行范围达到1000 m。这一数据与既往研究印证的600 m可接受步行距离相比有了较大提高,可以看出居民步行出行态度较为积极,若能够提供优质的步行环境,不仅有利于推进15 min社区生活圈建设,更有利于促进TOD社区居民绿色低碳出行。

2.2　信效度及探索性因子分析

运用SPSS 27.0软件对所收集的数据进行分析。对量表进行信效度检验,结果显示:重要性-满意度整体量表克隆巴赫系数为0.795(α>0.7);取样适切性量数(Kaiser-Meyer-Olkin,KMO)为0.769(α>0.7),巴特利特球形度检验的显著性值P<0.001。即量表总体信度与各项检验值表现较好,说明该量表模型适合进行因子分析,可进一步进行分析。

运用探索性因子分析法(EFA)对TOD社区步行环境的重要性与满意度评价数据进行维度划分,对矩阵进行正交旋转,保留因子载荷大于0.400的指标项,结果显示:18个因子指标项被划分为5个成分,分别为便捷性、多样性、美观性、恢复性及安全性。从旋转后的因子载荷矩阵(表3)中可看出指标因子之间关联性较强,累计方差贡献率为



(a) 四川师大TOD社区



(b) 万盛TOD社区



(c) 梓潼宫TOD社区



(d) 双凤桥TOD社区



(e) 梓幸福桥TOD社区



(f) 二江寺TOD社区

图1　研究样本社区概况

Fig. 1　Overview of the sample community

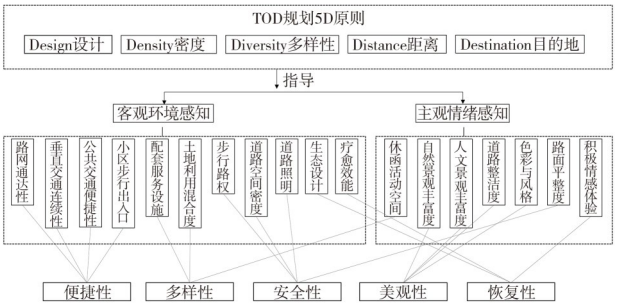


图 2　TOD社区感知评价体系构建

Fig. 2　Construction of the TOD community perception evaluation system

表 1　TOD社区步行环境感知评价指标

Table 1　Perception evaluation indicators of the walking environment in TOD communities

维度	指标	指标定义
便捷性	路网通达性 A1	道路整体网络布局的通达程度
	垂直交通连续性 A2	地上地下交通的组织情况和衔接程度
	公共交通便捷性 A3	范围内公共交通便捷程度
	小区步行出入口 A4	小区步行出入口的数量与便捷程度
多样性	配套服务设施 B1	餐饮、购物、服务类配套服务的多样性
	休闲活动空间 B2	路旁活动场所丰富度
	土地利用混合度 B3	范围内土地利用类型的多样性和混合度
美观性	自然景观丰富度 C1	景观中自然景观类型的丰富程度
	人文景观丰富度 C2	景观中人文景观类型的丰富程度
	道路整洁度 C3	步行环境干净整洁程度
	色彩与风格 C4	视觉色彩体验感与设计风格
安全性	路面平整度 D1	路面平整情况，台阶与坡道情况
	步行路权 D2	机动车、非机动车道、人行道宽度比例
	道路空间密度 D3	道路中所摆放物体的位置与数量
	道路照明 D4	夜间道路照明情况
恢复性	生态设计 E1	将自然生态融入步行环境
	积极情感体验 E2	能够引发联想，给予行人积极情绪的空间
	疗愈效能 E3	缓解注意力下降与精神疲劳等

74.920%，整体解释度较高，说明对数据进行主成分分析及IPA分析具有较高可行性。

2.3　IPA分析

2.3.1　感知评价整体维度差异分析

通过IPA分析法对因子载荷旋转矩阵提取的5个维度进行分析，对TOD社区步行环境感知的重要性均值 I 和表现性均值 P 的差值进行对比分析（I–P 差值），数据显示：美观性、恢复性维度指标项的 I–P 差值为负值（表4），表明行人感知的重要性均值低于表现性均值，而便捷性、多样性、安全性指标项的重要性均值略高于表现性，说明指标并未达到居民预期要求，有待后续重点提升。

表 2　样本基本信息描述

Table 2　Descriptive statistics of sample characteristics

基本信息		数量	占比/%	步行出行特征		数量	占比/%
性别	男	256	47.1	步行出行态度	非常喜爱	136	25.0
	女	288	52.9		一般喜爱	266	48.9
年龄	15~25岁	184	33.8		无偏爱	122	22.4
	26~45岁	152	27.9		一般厌恶	20	3.7
	46~60岁	120	22.1	出行频率	一天≥4次	112	20.6
	＞60岁	88	16.2		一天1~3次	344	63.2
文化程度	初中及以下	154	28.3		一周4~6次	50	9.2
	高中或中专	142	26.1		一周1~3次	38	7.0
	本科或大专	174	32.0	可接受步行范围	500 m以内	20	3.7
	硕士及以上	74	13.6		800 m以内	58	10.7
拥有交通工具类型	小汽车	280	51.5		1000 m以内	222	40.8
	电动车	102	19.1		1500 m以内	124	22.8
	自行车	40	7.4		1500 m以上	120	22.0
	摩托车	10	1.8	总计		544	100.0
	无	110	20.2				
总计		544	100.0				

表 3　旋转后的因子载荷矩阵

Table 3　Rotated factor loading matrix

代码	成分1	代码	成分2	代码	成分3	代码	成分4	代码	成分5
A1	0.77	D1	0.81	C1	0.85	B1	0.83	E1	0.73
A2	0.92	D2	0.89	C2	0.86	B2	0.86	E2	0.83
A3	0.92	D3	0.81	C3	0.75	B3	0.87	E3	0.80
A4	0.92	D4	0.91	C4	0.71				

方差累计贡献率=74.920/%，克隆巴赫（Alpha）系数=0.795，适切性量数（KMO）=0.769。

2.3.2　感知评价指标因子差异分析

依据问卷数据得出TOD社区步行环境各项因子的重要性和满意度统计值见表5。为反映各项指标的重要性和满意度差别程度，分别对重要性和满意度均值进行配对样本 t 检验，p 值表示差别程度，p<0.05表示差异显著，p<0.01表示差异很显著。从分析结果来看，18项指标中共有16项指标差异很显著、2项指标差异显著，说明居民对其指标的重要性和满意度认知存在明显差异。从 I–P 均值差来看，18项指标中，8项指标的重要性与满意度均值差为负，说明其重要性低于表现性；10项指标的重要性

表 4　感知评价整体维度 IPA 分析

Table 4　IPA of the overall dimensions of perception evaluation

序号	维度	重要性均值 I	重要性标准差	表现性均值 P	表现性标准差	均值差 $I-P$	t 值	p 值
1	便捷性	4.34	0.572	4.25	0.573	0.09	2.110	0.036
2	多样性	4.02	0.913	3.67	0.683	0.35	5.114	0.000
3	美观性	3.89	0.599	4.30	0.602	−0.41	−7.672	0.000
4	安全性	4.24	0.637	3.40	0.607	0.84	16.828	0.000
5	恢复性	3.47	0.779	3.89	0.688	−0.42	−8.007	0.000

与满意度均值差为正值，说明表现性低于重要性。

根据上述数据及分析，使用 IPA 分析法对指标因子进行深入探究，坐标原点为重要性和表现性（满意度）的均值（3.98，3.90），以重要性为横轴，表现性为纵轴，建立两者 IPA 分析图。根据各项指标的 I 值和 P 值将其定位在四象限内（图 3）。从 IPA 四象限图来看，落在第Ⅰ象限的共有 5 项指标，落在第Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ象限的指标因子数量分别为 4 项、3 项、6 项。

第Ⅰ象限（优势区）：感知重要性和表现性均较高的部分，说明居民在日常步行生活中的需求能够得到相对充分满足。共有 5 项指标因子，分别是路网通达性（A1）、垂直交通连续性（A2）、公共交通便捷性（A3）、小区出入口位置（A4）及自然景观丰富度（C1），其中 4 项指标均属于便捷性维度，说明成都 TOD 社区在交通方面表现较好且自然景观较为丰富。

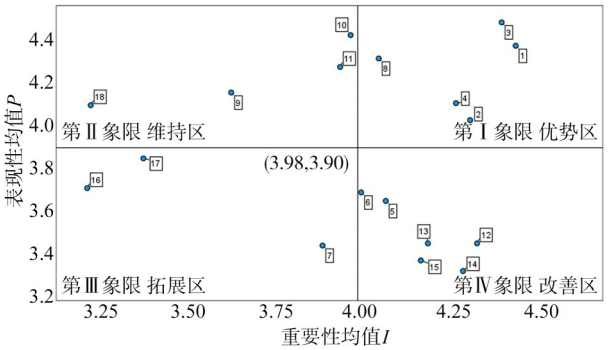


图 3　感知评价因子 IPA 分析

Fig. 3　IPA of perception evaluation factors

第Ⅱ象限（维持区）：行人感知重要性低而表现性高的象限。此象限包含人文景观丰富度（C2）、道路整洁度（C3）、色彩与风格（C4）、疗愈效能（E3）4 项指标。其中 3 项美观性维度指标都达到较好的反馈体验，这得益于成都建设公园城市，致力于营造良好生态环境的政策。

第Ⅲ象限（拓展区）：落在该区域意味着这些指

表 5　感知评价指标 IPA 分析

Table 5　IPA of perception evaluation indicators

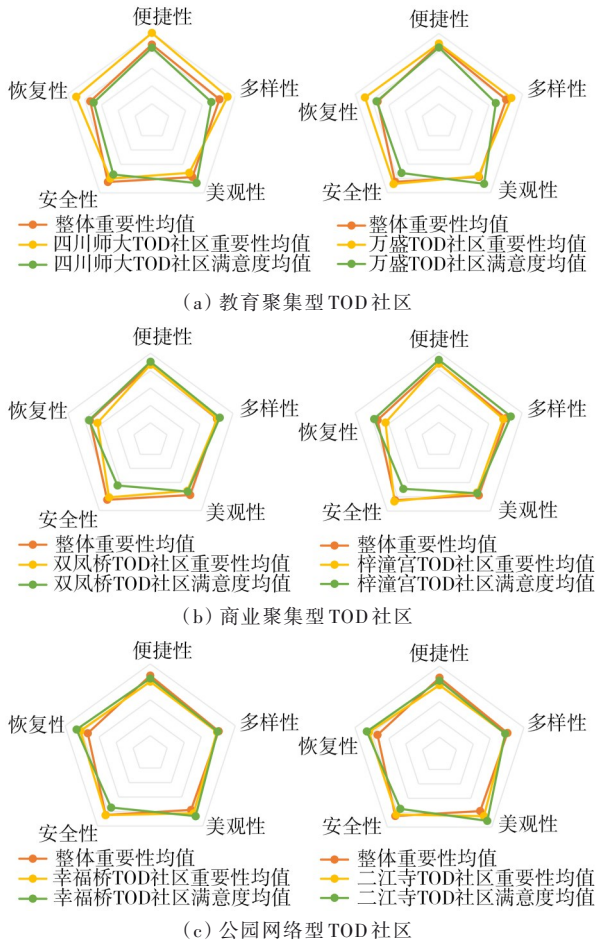
序号	指标	重要性均值 I	重要性标准差	表现性均值 P	表现性标准差	$I-P$ 差值	t 值	p 值
1	路网通达性	4.43	0.622	4.38	0.655	0.05	1.995	0.021
2	垂直交通连续性	4.30	0.651	4.03	0.775	0.27	5.051	0.000
3	公共交通便捷性	4.39	0.638	4.49	0.665	−0.10	−1.807	0.042
4	小区步行出入口	4.26	0.650	4.11	0.763	0.15	2.698	0.007
5	配套服务设施	4.06	0.949	3.65	0.897	0.40	5.035	0.000
6	休闲活动空间	3.99	1.029	3.69	0.692	0.29	4.126	0.000
7	土地利用混合度	3.88	0.972	3.44	0.852	0.44	5.899	0.000
8	自然景观丰富度	4.04	0.770	4.32	0.770	−0.28	−4.094	0.000
9	人文景观丰富度	3.62	0.724	4.16	0.775	−0.54	−8.291	0.000
10	道路整洁度	3.96	0.755	4.43	0.651	−0.47	−7.564	0.000
11	色彩与风格	3.93	0.823	4.28	0.769	−0.35	−5.062	0.000
12	路面平整度	4.32	0.701	3.45	0.948	0.87	12.715	0.000
13	步行路权	4.18	0.714	3.45	0.732	0.73	11.689	0.000
14	道路空间密度	4.28	0.717	3.32	0.762	0.96	16.329	0.000
15	道路照明	4.16	0.705	3.37	0.722	0.79	13.678	0.000
16	生态设计	3.41	0.898	3.71	0.753	−0.30	−7.849	0.000
17	积极情感体验	3.57	0.854	3.85	0.821	−0.48	−7.123	0.000
18	疗愈效能	3.32	0.840	4.10	0.952	−0.78	−12.290	0.000

标的重要性和满意度感知评价分均偏低，包括土地利用混合度（B3）、生态设计（E1）、积极情感体验（E2）3项指标。这些指标或出于某些原因在过去没有作为规划重点进行建设亦没有引起居民重视，但并不意味着这些指标不会影响行人步行体验。随着现代社会的快速城市化，城市居民的身心健康面临着越来越大的压力，步行日渐成为居民舒缓压力与精神疲劳的重要方式，居民希望通过具有探索性、延展性及亲和感的步行空间来恢复身心。因此，后续规划建设中，应当对上述因子进行弹性规划，及时关注居民需求，做到建设过程如若出现需求能及时补充。

第Ⅳ象限（改善区）：感知重要性高但表现性低的象限，设计者与规划者需要重点关注该象限内的指标，其是改善行人步行感知的关键要素。其中配套服务设施（B1）、休闲活动空间（B2）、路面平整度（D1）、步行路权（D2）、道路空间密度（D3）及道路照明（D4）6项指标均分布在多样性和安全性维度中。部分社区生硬地以围墙为界限，造成步行空间割裂，忽视了步行环境的多元化空间营造以及相关配套设施的完善。TOD社区还具有与城市轨道交通接驳的特征，其轨道交通站点区域人流密集，交通接驳方式众多，人流、车流的组织较为复杂，行人步行路权易受到挤压，步行者存在安全隐患。另外，夜间照明对于延长居民夜生活，保障居民夜间安全有着重要意义，部分社区如双凤桥TOD社区，存在夜间照明照度不均、覆盖面过窄、功能单一等问题。随着社区生活圈的发展，社区居民对安全的步行空间及丰富的步行体验要求也会越来越高，后期对于此部分指标应当重点改进提升，以增强居民幸福感。

2.4　不同社区类型的问题表征

基于成都市土地利用现状，参考现行的《城市用地分类与规划建设用地标准》，绘制社区用地性质图。从社区的土地利用现状出发，可根据其资源分布的倾向，定义为相应资源型的TOD社区，对6个样本社区依据以上标准进行分类。商业密集型TOD社区范围内分布着众多商业场所；公园网络型TOD社区周边建有大型综合型公园及街头游园等，居民步行15 min可达；教育聚集型TOD社区周边大学、中小学等教育资源丰富，其社区主要服务人群除社区居民外还包括学校师生。根据调查数据，绘制社区步行环境感知评价雷达图（图4），以居民整体重要性感知为参考，横向对比三类社区感知评价差异，纵向对比单个社区重要性与满意度感知评价均值。



（a）教育聚集型TOD社区

（b）商业聚集型TOD社区

（c）公园网络型TOD社区

图4　社区步行环境感知评价雷达图

Fig. 4　Radar charts of walking environment perception evaluation for communities

2.4.1　教育聚集型TOD社区

以四川师大、万盛TOD社区为代表，与整体重要性均值相比，该类社区居民对恢复性、多样性两方面的重要预期较其他社区高，但满意度评价较低，未达到居民需求。教育聚集型TOD社区居民，尤其是青年教师、学生家长及青少年群体，对步行环境的恢复性和多样性有着较高的期待，他们表示：“希望能够通过步行活动缓解压力、促进身心健康”“步行途中要是有丰富的活动设施及景观变化就好了”。信息爆炸、学业与工作压力、人际关系复杂化等多重因素交织下，居民精神与心理健康问题日益凸显，其中青少年群体占比较大。教育聚集型TOD社区毗邻大学及中小学，服务人群除社区居民外，还包括周边学生，因而更为关注步行环境的恢

复疗愈功能。样本社区现有步行环境未能充分考虑到居民的心理健康需求,缺乏足够的生态绿地、休闲设施或文化艺术元素来促进心灵的放松与恢复,未来社区规划需注重恢复性步行体系的构建。

2.4.2　商业集聚型TOD社区

以双凤桥、梓潼宫TOD社区为代表,该类社区在恢复性方面重要性和表现性均较差,其余4个方面重要性均值与整体重要性均值较为一致,但在满意度方面,安全性满意度评分较低,说明该社区居民步行安全感较低。一方面,商业集聚型TOD社区步行环境中硬质景观占比较大,生态性不足,缺乏环境亲和感,一定程度上会增大行人压力,不利于行人恢复身心。另一方面,TOD社区人流、车流较普通社区更为密集,增加了交通冲突的可能性,部分区域机动车道与人行道、非机动车道之间缺乏有效的隔离措施,导致步行者行走时感到不安。居民表示:“步行过程中容易受到非机动车干扰,部分道路人车混行,非常不安全”。此外,社区部分人行道被侵占,部分商家将商品外摆至人行道上,杂物堆积、非机动车乱停乱放等现象也进一步挤占步行空间,不仅阻碍行人通行,还可能导致视觉盲区,增加交通事故的风险。此外,夜间或光线较暗时段,部分人行道照明不足、路面破损及不平整,增加了行人跌倒等意外事件的风险。

2.4.3　公园网络型TOD社区

公园网络型TOD社区以幸福桥、二江寺为代表,该类社区因其周边公园绿地丰富,享有得天独厚的自然景观资源,能够给予居民较美视觉体验,缓解居民精神压力,在美观性、恢复性方面重要性评价均值较高且满意度亦较高。然而,其便捷性满意度较低,部分居住区出入口未结合公园出入口考虑,导致绕路系数增大,不仅增加居民的时间成本,还降低公园的可达性,影响公园的服务效果。居民表示:“居住楼背后就是公园,但是每次都得从前门出去,绕小区半圈才能走到公园”。此外,社区轨道站点、居住区与蓝绿空间接续不足,存在绿色步行不畅等问题,如二江寺TOD社区中南湖湿地公园与江安河滨河绿道以及滨河小游园之间缺乏有效的连接,居民在绿色步行过程中需要穿越繁忙的交通路段或未经开发的空地,不仅影响居民的绿色步行体验,还降低了蓝绿空间的生态功能和景观效果,不利于社区的可持续发展。

3　结论与建议

3.1　结　论

对于TOD社区来说,一方面居民可以实现便捷高效地出行,另一方面,其相对应的交通混乱、环境嘈杂、绿化空间被压缩,站点与社区之间的衔接不畅等问题相较于传统社区也更为突出。本研究以TOD社区步行环境为研究对象,从便捷性、多样性、美观性、安全性、恢复性5个维度出发,构建适用于TOD社区步行环境感知的评价模型,梳理IPA分析图中各象限指标因子分布情况与成因,采用定量与定性相结合的方式对6个TOD社区居民步行环境重要性及表现性的差异进行分析,探讨当前TOD社区居民的实际需求以及当前步行环境建设的优势与不足,弥补了既有研究视野局限于TOD站点周边的不足,为未来TOD社区的建设与更新提供依据和指导,有益于营造高质量步行环境,推动城市绿色低碳发展。主要结论如下:

1)在居民感知偏好层面,TOD社区居民认为步行环境重要性程度:便捷性>安全性>多样性>美观性>恢复性。

2)样本TOD社区步行环境因子中配套服务设施、休闲活动空间、路面平整度、步行路权、道路空间密度及道路照明6项因子表现性较差,土地利用混合度、生态设计、积极情感体验3项因子表现性较差且未受到居民重视。

3)教育聚集型TOD社区居民对恢复性、多样性两方面的重视度较高,但满意度评价较低;商业集聚型TOD社区居民对恢复性与安全性两方面满意度评价较低;公园网络型TOD社区居民认为社区步行环境便捷性未达到预期,尚有提升的空间。

但是,本研究尚存在一定的局限性,如在高温热浪期间,居民的步行出行情况较其他季节有着显著的区别,而此次调研尚未在炎热夏季进行,未考虑高温等极端天气的影响。针对现存局限性,未来的研究可补充讨论夏季TOD社区步行环境感知情况,与当前研究对比,进一步讨论高温热浪对居民步行行为的影响。

3.2　讨　论

TOD社区居民步行出行态度较为积极,85.7%的受访居民可接受的步行范围为1000 m,22.1%的居民可接受的步行范围超过1500 m,与普通社区相比,TOD社区更能促进居民步行。步行环境感知方面,TOD社区居民将便捷性视为首要因素,反映了

现代城市居民对于高效出行方式的需求。便捷性不仅关乎出行时间，更涉及到公共交通站点与社区内部空间的无缝对接[26]，是TOD理念的核心体现。居民在追求高效出行的同时，也较为关注步行环境的多维度品质，因此在设计TOD社区时，需全面考虑居民的多元需求，关注空间中使用者的特征、使用方式及体验[27]。不同类型的TOD社区在步行环境需求上呈现出一定的差异性，在规划与设计TOD社区时，应充分考虑社区的特异性需求，制定差异化的优化策略。

3.3　建　议

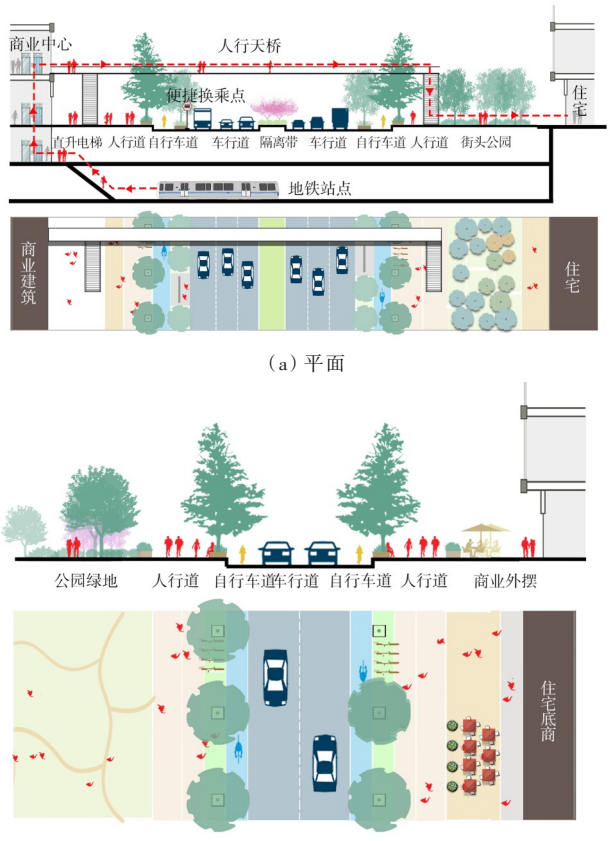
本研究对成都市6个典型TOD社区进行实证分析，以行人感知为视角展开评价，采用主客观相结合的方法，分析成都市TOD社区步行环境现状问题与居民实际需求，并针对现存问题提出以下优化提升建议。

3.3.1　针对教育聚集型TOD社区：注重步行疗愈功能、打造多元步行空间

教育聚集型TOD社区应注重步行环境的恢复疗愈功能，可设置冥想花园、心理健康步道、自然互动区等。在步行路径中融入与心理健康相关的设计，路侧绿带种植具有疗愈作用的植物，设置情绪调节站、健康监测设施、鼓励性标语等，为居民及师生提供缓解压力的空间。此外，可运用温暖、柔和的色彩搭配，营造温馨、舒适的步行环境，利用自然或人工光源，创造富有层次感的光影效果，提升人与环境的互动感。此类社区居民期待在步行过程中获得新奇的体验、社交的机会以及自我表达的空间。因此，设计中可利用路侧用地营造安全丰富的活动空间，满足不同居民的步行活动需求，如增设创意艺术装置、互动游戏区、青少年活动中心等，亦可利用数字技术增强步行趣味性，如设置AR探索游戏、智能健身器材，提升步行路线的吸引力。

3.3.2　针对商业集聚型TOD社区：构建人车分离交通体系、提升步行安全感

商业集聚型TOD社区居民对恢复性与安全性两方面满意度评价较低。针对安全性，一是需要加强人行道管理，禁止商家将商品外摆至人行道，同时加强对杂物堆积、非机动车乱停等现象的整治。二是保证TOD社区在规划时将人与车在空间上分离，减少车辆对行人的影响，实现路权平衡，并利用清晰的标志区分人行道和车行道，构建人车分离交通体系。成都市可因地制宜，选择在TOD站点较小范围内采用二层连廊、地下通道等空间形式，同时配合商业广场和公共空间，实现各种交通模式的便捷换乘和社区步行空间的回归（图5）。完善无障碍设施，减少不必要的台阶或高差设计，保持道路平整，对人行道表面存在的裂缝、凸起等问题进行修补与重新铺设，系统性地提升步行环境的安全性。三是增加照明设备，在步行道、交叉口等关键区域增设照明设备，确保夜间行走的安全性和视觉舒适度，还可采用智能照明系统，根据人流量和时间段自动调节亮度，节约能源的同时提升照明效果。



（a）平面

（b）立体

图5　人车立体、平面分离示意

Fig. 5　Schematic diagram of grade-separated and at-grade pedestrian-vehicle separation

3.3.3　针对公园网络型TOD社区：打造连续绿色步行网络，缝合城市步行空间

公园网络型TOD社区步行环境需针对便捷性进行优化。首先对现有社区出入口进行重新评估，确保其与周边公园的出入口实现有效对接，减少居民到访公园的绕行距离，在必要位置增设步行通道或调整交通流线，以提高公园的可达性和吸引力。在城市道路规划层面缝合不同用地，构建多功能、高密度、高强度的步行连廊网络，设计中以“叙事性

景观”串联步行空间，以空间情景主导慢行体验，同时结合点、线、面不同层次的生态绿地，通过增设生态廊道、滨水步道等方式，加强社区与公园之间蓝绿空间的联系，打造连贯的绿色步行网络，建立公园+小游园+微绿地多层次的社区绿道体系。运用多功能的广场和公园绿地织补网络化的城市步行空间体系，让居民实现公园和社区的双向通行。以自然过渡的方式营造开放型社区步行环境，实现步行空间与每个细部的缝合，达到人行步道和公共服务资源以及轨道交通站点之间深度融合的目标，从而建立安全、连续、生态的步行网络体系。

参　考　文　献

[1] 刘泉. 轨道交通TOD地区的步行尺度[J]. 城市规划，2019，43（3）：88-95.

[2] CERVERO R，OLGA L，SARMIENTO E J，et al. Influences of built environments on walking and cycling：lessons from Bogotá [J]. International Journal of Sustainable Transportation，2009，3（4）：203-226.

[3] MONHEIM R. Pedestrian areas and pedestrian traffic in city centers [M]. Bonn：Ronner Geographical Treatises，1980.

[4] HSU K C，LIN S W，LEONGET Y Y，et al. Enhancing the pedestrian environment and walking willingness around Mass Rapid Transit（MRT）Stations in Asian Cities - an empirical study of Taipei [J]. Transportation Planning and Technology，2024，47：489-513.

[5] LU Y，GOU Z，XIAO Y，et al. Do transit-oriented developments（TODs）and established urban neighborhoods have similar walking levels in Hong Kong? [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health，2018，15(3)，555.

[6] LAMOUR Q，MORELLI A M，MARINS K R，et al. Improving walkability in a Tod context：spatial strategies that enhance walking in the BelÉM Neighborhood，in São Paulo，Brazil[J]. Case Studies on Transport Policy，2019，7(2)：280-292.

[7] SI Q，ANTHONY G Y. Understanding the effects of environmental perceptions on walking behavior by integrating big data with small data [J]. Landscape and Urban Planning，2023，240，104879.

[8] 陈泳，严佳. 步行活动与轨道交通的共生：德国老城步行化发展的公共交通策略[J]. 上海城市规划，2017，1(1)：1-8.

[9] 刘泉，张莞莅，钱征寒. 基于老龄化视角的TOD地区步行尺度：以日本选址优化规划为例[J]. 国际城市规划，2021(2)：40-49.

[10] 肖锐琴. 香港空中步行系统精细化设计与启发[J]. 上海城市规划，2021(1)：119-126.

[11] 张震宇，刘泉，赖亚妮，等. 日本轨道站点地区的智慧TOD模式解读[J]. 南方建筑，2022(12)：72-82.

[12] 张震宇，李建智，武虹园，等. 韩国轨道站点TOD地区步行空间规划的经验与启示[J]. 规划师，2022，38(11)：138-146.

[13] 陈泳，何宁. 轨道交通站地区宜步行环境及影响因素分析：上海市12个生活住区的实证研究[J]. 城市规划学刊，2012(6)：96-104.

[14] 徐伟星，曾鹏，刘蓓蓓，等. 微观建成环境对地铁站域可步行性的影响研究：以大连为例[J]. 现代城市研究，2024(5)：106-113.

[15] 费跃，温旭丽，刘云，等. 建成环境对轨道站点早高峰步行接驳比例的影响研究[J]. 现代城市研究，2024(3)：80-85.

[16] 郭杨，胡希军. 城市居住与工业混合用地街区步行道的布置优化[J]. 工业建筑，2023，53(6)：66-74.

[17] 胡昂，郭仲薇，戴维维，等. 基于差异层级大数据的地铁站域街道空间品质多维评价：以成都市中心城区为例[J]. 西安建筑科技大学学报（自然科学版），2020，52(5)：740-751.

[18] 柏巍. 快节奏·漫生活：基于轨道站点的社区营造：以宁波地铁1号线TOD社区设计为例[J]. 规划师，2015，31(10)：63-68.

[19] 郭巍，侯晓蕾. TOD模式驱动下的城市步行空间设计策略[J]. 风景园林，2015，22(5)：100-104.

[20] 赵梦妮，甄峰，姜玉培. 城市社区步行环境综合评价及优化策略研究：以南京主城区为例[J]. 现代城市研究，2021，36(2)：41-48.

[21] 鲁斐栋，谭少华. 城市住区适宜步行的物质空间形态要素研究：基于重庆市南岸区16个住区的实证[J]. 规划师，2019，35(7)：69-76.

[22] YAN Q，LUO S，JIANG J. Urban residents' preferred walking street setting and environmental factors：the case of Chengdu City [J]. Buildings，2023，13(5)，1199.

[23] 张伊博，卓晴，王璨. 高密度城市步行适宜性研究：以香港岛地铁站沿线区域为例[J]. 规划师，2024，40（增刊1）：109-116.

[24] 黄丽蒂，刘双双，郑博丹，等. 面向老龄社会的社区建成环境可步行性测度研究[J]. 南方建筑，2024(1)：107-114.

[25] 姜玉培，甄峰，张振龙. 面向人本治理的社区生活圈休闲步行与环境协调关系及影响因素研究：以南京市为例[J]. 人文地理，2023，38(4)：62-71.

[26] 张雯洁，潘海啸. 从“站城”一体到“站社”一体：未来社区下的轨道TOD开发设计策略：以宁波为例[J]. 城市发展研究，2024，31(6)：73-80.

[27] 石健，李凤会，李芳，等. TOD4.0阶段交通枢纽地区景观设计策略：以深汕综合交通枢纽地区为例[J]. 规划师，2023，39(11)：138-146.