

谢波, 谭徐媛. 基于准自然实验方法的都市绿道暴露与居民心理健康的因果机制研究[J]. 风景园林, 2024, 31 (4): 29-35.

基于准自然实验方法的都市绿道暴露与居民心理健康的因果机制研究

谢波 谭徐媛

摘要: 【目的】城市绿色空间是影响居民心理健康的重要因素，城市绿道建设已被认为是有效的绿色空间干预措施之一，探究城市绿道与居民心理健康的因果机制，对于优化绿色空间规划布局、提升居民心理健康水平具有重要的理论意义。【方法】运用准自然实验方法，以体力活动变化量、生理健康变化量、情绪状况变化量为中介变量构建结构方程模型，分析城市绿道暴露与居民心理健康水平变化的因果机制。【结果】1) 绿道暴露可直接显著影响居民心理健康水平，也可通过身体健康得分变化量、身体质量指数(BMI)变化量两个中介变量间接影响心理健康水平。2) 绿道暴露仅能直接影响女性群体的心理健康得分变化量；并通过BMI变化量间接作用于女性心理健康，通过中高强度体力活动时间变化量和身体健康得分变化量作用于男性心理健康。【结论】揭示了绿道暴露与居民心理健康水平变化的多路径因果机制以及男性和女性群体中存在作用路径和中介变量的差异。未来可通过优化绿道可达性、差异化配套绿道公共服务设施等健康导向的绿道规划措施，促进居民心理健康水平的提升。

关键词: 风景园林；城市绿色空间；城市绿道；绿色暴露；心理健康；准自然实验；结构方程模型 (SEM)

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“出行行为视角下城市道路网络对交通事故的非线性效应与作用机制研究”(编号 42371252)；广州市哲学社科规划 2022 年度课题“广州加快低碳发展推动绿色化转型研究——公园城市减碳机理与规划路径”(编号 2022GZYB28)

中图分类号: TU984

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2024)04-0029-07

DOI: 10.3724/j.fjyl.202310110459

收稿日期: 2023-10-11

修回日期: 2024-03-05

开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)



随着城市化水平的不断提高，城市居民的生活节奏不断加快，久坐、熬夜等不良生活方式盛行，各类精神疾病等心理健康问题日益凸显。2022 年世界卫生组织 (WHO) 的报告指出，2019 年全球约有 9.7 亿人患有精神障碍，超过 3 亿人患有焦虑症，2.8 亿人患有抑郁症^[1]。《中国城镇居民心理健康白皮书》和《健康中国行动 (2019—2030 年)》指出^[2-3]：中国仅有 10.30% 的城镇人口处于心理健康状态；抑郁症和焦虑障碍患病率分别达到 2.10% 和 4.98%。因此，如何应对居民心理健康问题，不仅成为世界各国重视的核心议题，也是中国建设“健康中国”和“健康城市”的重要内容。

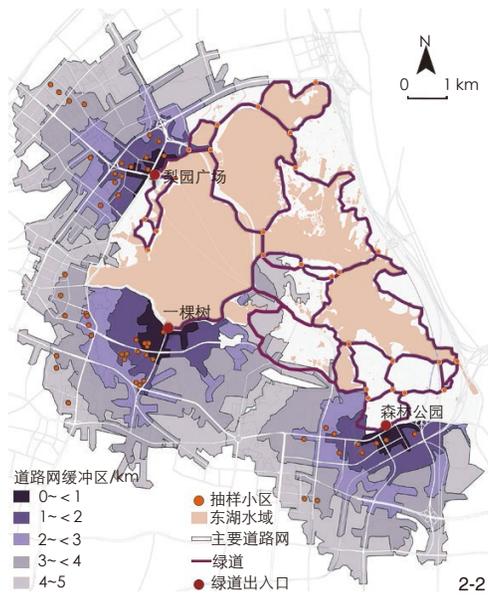
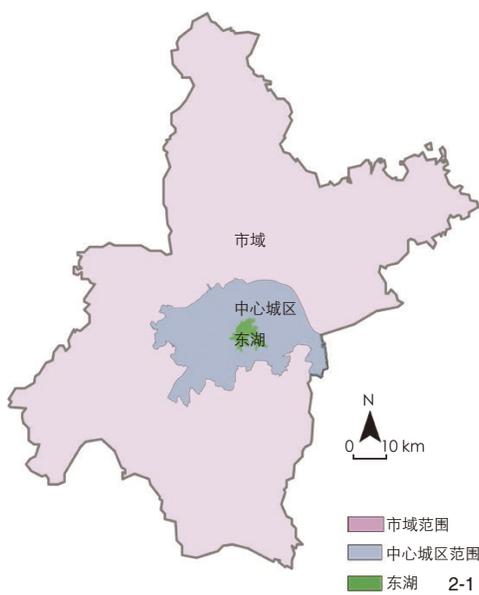
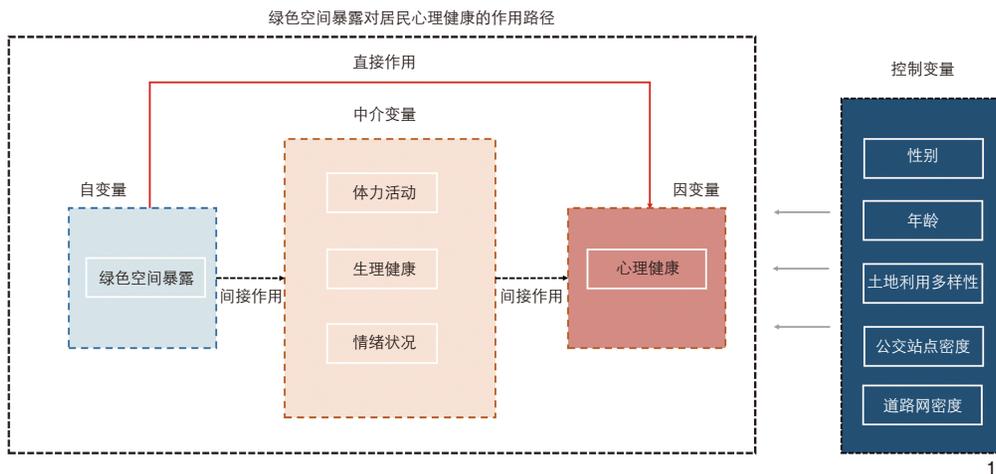
城市绿色空间是具有人工、半自然或自然植被的公共区域^[4]，包括已开发的公园、廊道和待人工利用的绿地等^[5]。其中，城市绿道是一种可供行人和骑行者进入的线型绿色空间，通常为沿着河滨、风景带等的自然和人工廊道^[6]，生态景观丰富多样，能够满足社会文化、生态、休憩、美学等多样化功能需求，为周边居民带来持续的健康效应。然而，城

市快速扩张导致绿色空间的规模和品质不断下降，由此引发的环境问题日益突出，公共健康受到威胁。《“健康中国 2030”规划纲要》强调了提升城市生态环境品质对于促进全民健康的重要作用^[7]。绿色空间作为城市生态环境的重要组成部分，是提升城市居民心理健康水平的重要资源^[8]。因此，深入探究城市绿道对居民心理健康的影响与作用机制，对于科学制定绿色空间干预措施、促进居民心理健康水平具有重要理论和实践意义。

大量横断面研究论证了城市绿色空间对居民心理健康的直接促进作用^[9-10]，探讨了体力活动、社会凝聚力等中介变量在绿色空间与心理健康之间发挥的作用^[11-12]。少量研究采用准自然实验方法^[1]，发现城市绿道的建设有助于提升实验组居民（距绿道 2 km 范围居民）的心理健康水平^[13-14]。此外，现有研究还发现不同社会经济水平群体使用绿色空间的机会和动机不同^[15]，且城市绿色空间对不同性别群体的心理健康增益效果存在差异^[6]。例如，良好的社区绿色空间可达性能够增强女性进行户外体力活动的意愿^[16]；绿色空间暴露有助于

女性释放压力和恢复精神，有缓解女性抑郁症状的作用^[17]。然而，既有研究存在以下局限：首先，横断面研究易产生居住自选择偏差问题，即居民的主观态度和偏好影响其居住地点的选择^[18]，且易忽视邻里环境等其他因素的影响，难以有效揭示绿色空间与心理健康之间的因果机制；其次，目前鲜有研究基于准自然实验方法纳入绿色空间建设前后多个中介变量，探究城市绿色空间暴露对居民心理健康变化的影响路径和因果机制；最后，尽管有学者关注到绿色空间健康效应的性别差异，但仍旧缺乏对不同性别群体之间的因果机制差异的研究。

因此，本研究采用鉴别因果关系的准自然实验方法，以武汉市东湖绿道为例，通过开展绿道周边居民的健康跟踪调查，在构建绿色空间和居民心理健康关系的研究框架基础上，运用结构方程模型 (structural equation model, SEM) 探究绿道暴露与居民心理健康的因果机制，识别城市绿道暴露对全样本受访者、不同性别受访者心理健康的影响路径，为完善绿色空间与居民心理健康的因果机制



1 绿色空间暴露与居民心理健康的因果关联机制框架
Framework of the causal mechanism between greenway exposure and residents' mental health

2 东湖绿道区位 (2-1)、主要出入口的道路网缓冲区和抽样居住小区位置 (2-2)
Location of the East Lake Greenway (2-1), and locations of the road network buffer zones at main entrances and exits as well as the residential communities sampled (2-2)

研究框架、鉴别绿色空间的健康效应差异性、优化绿色空间布局、提升居民心理健康水平提供参考。

1 研究框架

城市绿色空间对居民心理健康具有直接效应和间接效应^[19]。在直接效应中，大量研究表明绿色空间可以直接促进居民的心理健康水平，如增加积极情绪、保持内心平静等^[9, 20]。在间接效应中，城市绿色空间影响居民心理健康的中介变量包括体力活动、生理健康、情绪状况等方面^[11, 21]。1) 在体力活动方面，

城市绿色空间能够鼓励和引导居民进行体力活动，例如步行、跑步、骑行等^[18]，从而缓解居民抑郁情绪、减少心理压力。2) 在生理健康方面，城市绿色空间对居民的身体健康有促进作用，身体健康和心理健康密切相关，更好的身体健康往往有助于提升心理健康水平^[22]。同时，现有研究发现绿道暴露有效抑制了居民身体质量指数 (body mass index, BMI) 水平的增加^[23]，而 BMI 也被证实在城市绿色空间与居民健康之间发挥了中介作用^[24]。3) 在情绪状况方面，观赏或接触绿色空间等自然环境有助于居民缓解心理压力、改善情绪和

恢复注意力等^[25]，从而提升心理健康水平。4) 体力活动、生理健康和情绪状况三者之间存在相互作用关系。研究表明，体力活动的增加可以减少体内过量的激素，减轻抑郁，降低超重和肥胖风险；而超重和肥胖与居民的情绪状况有关^[26]，并且容易导致各种影响生理健康的慢性疾病^[23]。此外，为了减少受访者因生活经历和选择偏好所造成的心理健康水平偏差，在研究框架中纳入个体特征 (性别、年龄) 和邻里环境因素 (土地利用多样性、公交站点密度、道路网密度) 作为控制变量。综上所述，绿色空间不仅能直接影响居民心理健康，还能通过提高居民体力活动水平、促进生理健康、改善情绪状况等路径间接影响居民心理健康 (图 1)。

2 数据与方法

2.1 研究区域与数据来源

武汉市东湖绿道作为高密度城市建成区内的大型绿色空间，是武汉市民开展健身活动、社会交往活动的核心区域，它位于中心城区的东湖生态风景区 (图 2-1)，全长约 102 km，由原有的机动车道改造而来，服务设施完善、生态景观丰富多样。东湖绿道一期于 2016 年 12 月正式开放，全长 28.7 km；二期于 2017 年底向市民开放，全长 73.28 km。

研究团队通过抽样调查方法，在东湖绿道 3 个主要出入口的 0~<1、1~<2、2~<3、3~<4 和 4~5 km 范围的 5 个道路网缓冲区内，随机选取高收入和低收入居住小区各 1~2 个，共计 52 个居住小区 (图 2-2)。于基线期 (2016 年 4 月) 和随访期 (2019 年 4 月) 对东湖绿道周边 52 个小区的居民进行了问卷调查，前后两期分别回收有效问卷 2 331 份和 1 020 份，问卷答复率为 43.8%。根据信度检验结果，问卷总体的 Cronbach's α 值为 0.898 (大于信度判断标准 0.700)，表明调查问卷具有较高的信度。采取分层抽样的方法选取个体受访者参与问卷调查，最终选取 0~<1 km 范围内的 431 个受访者，1~<2 km 范围内的 335 个受访者，2~5 km 范围内的 254 个受访者 (基线期和随访期的受访者一致)。本研究中受访者的个体特征、社会经济特征、心理健康、生

理健康、体力活动等数据来源于问卷调查，建筑、土地利用、道路网络等邻里环境数据和房价数据来源于武汉市规划部门、OpenStreetMap和百度地图（2019年V1.0版）。

2.2 变量测度

本研究的自变量为绿道暴露水平，因变量为心理健康得分变化量（变化量=随访期得分-基线期得分）。绿道暴露水平以居民所在居住小区质心与东湖绿道出入口的路网距离来衡量^[21]，将5个道路网缓冲区的路网距离分别设置为值1~5，路网距离越大表明居民接受的绿道暴露水平越小。心理健康得分通过健康国际量表 SF-12（12-item short form health survey）的4个维度测度和计算，得分越高表明心理健康状况越好。

中介变量包含体力活动、情绪状况、生理健康3个方面。体力活动方面，采用国际体育活动问卷评估中高强度体力活动时间和步行时间来衡量体力活动强度，时间越长代表受访者的体力活动水平越高。生理健康方面，采用健康国际量表测度并计算身体健康得分，询问受访者的身高和体重并计算得到受访者的BMI。情绪状况方面，通过询问受访者过去4周的心情状况进行打分，得分越高表明总体情绪状况越优。以上中介变量均采用绿道建设前后的变化量，即随访期与基线期的差值，且均进行了极差标准化。

控制变量包括个体特征和邻里环境因素两方面。个体特征包括年龄、性别、职业、受教育程度等，由于本研究聚焦于绿道暴露与不同性别群体心理健康的因果机制，因此控制变量的个体特征仅采用年龄和性别；邻里环境因素包括居住小区质心500m缓冲区内（按路网距离计算）的土地利用多样性、道路网密度和公交站点密度。

2.3 研究方法

本研究采用准自然实验方法开展绿道周边居民的健康跟踪调查，并运用SPSS 25.0和AMOS 25.0开展数据分析。首先，采用配对t检验探究绿道暴露前后居民健康状况的变化情况。其次，采用SEM探究绿道暴露对于居民心理健康水平变化的因果机制，采用极大似然法对模型进行参数估计，并基于修正指数（modification

表1 样本特征统计分析
Tab. 1 Statistical analysis of sample characteristics

变量类型	变量	全样本		男性		女性	
		占比/%	平均值(标准差)	占比/%	平均值(标准差)	占比/%	平均值(标准差)
自变量	绿道暴露水平	0~<1 km	42.25		38.82		44.89
		1~<2 km	32.85		37.92		28.94
		2~<3 km	9.51		9.26		9.70
		3~<4 km	8.53		7.45		9.36
		4~5 km	6.86		6.55		7.11
因变量	心理健康得分	基线期	52.43(7.47)		52.09(6.80)		52.69(7.95)
		随访期	52.73(7.48)		52.46(7.02)		52.94(7.81)
		变化量	0.31(3.26)**		0.38(2.85)**		0.25(3.55)
中高强度体力活动时间/ min · wk ⁻¹	基线期	660.00(657.52)		633.30(639.09)		680.50(671.15)	
	随访期	708.71(682.05)		695.26(684.13)		719.03(680.85)	
	变化量	48.71(287.42)***		61.97(331.96)***		38.53(247.68)***	
步行时间/ min · wk ⁻¹	基线期	530.21(378.30)		518.58(382.89)		539.14(374.82)	
	随访期	561.40(399.19)		544.81(408.97)		574.13(391.40)	
	变化量	31.19(206.26)***		26.23(205.20)**		34.99(207.17)***	
中介变量	身体健康得分	基线期	50.18(8.04)		50.30(7.61)		50.08(8.36)
		随访期	49.21(8.50)		49.44(8.34)		49.04(8.63)
		变化量	-0.96(3.82)***		-0.86(3.78)***		-1.05(3.86)***
BMI	基线期	22.61(3.01)		22.67(3.21)		22.56(2.85)	
	随访期	22.65(3.01)		22.72(3.19)		22.60(2.86)	
	变化量	0.04(0.87)		0.05(0.85)		0.04(0.89)	
情绪状况	基线期	3.05(0.78)		3.04(0.78)		3.06(0.78)	
	随访期	3.04(0.81)		3.00(0.81)		3.06(0.80)	
	变化量	-0.02(0.52)		-0.04(0.52)		0(0.53)	
控制变量	年龄	50.79(16.15)		51.01(16.29)		50.62(16.05)	
	性别			43		57	
	土地利用多样性	1.67(0.43)		1.69(0.42)		1.65(0.44)	
	道路网密度	6.55(1.86)		6.49(1.81)		6.60(1.89)	
	公交站点密度	7.59(6.47)		7.29(6.11)		7.83(6.72)	

注：*、**、***分别表示配对t检验的显著性水平： $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ 。

indices, MI)对初始模型进行适度调整。

3 结果与讨论

3.1 样本特征统计分析

经样本特征统计分析（表1），受访者主要位于绿道主要出入口2km范围内。受访者平均年龄为50岁左右，男女比例较为均衡，社会经济水平覆盖面广，居住小区周围邻里环境整体良好。配对t检验的分析结果表明，相比基线期，随访期的中高强度体力活动时间和步行时间的平均值显著增加，身体健康得分平均值显著减少，BMI的平均值略有增加，情绪状况的平均值则略有减少，心理健康得分中全样本和男性受访者平均值显著增加，而女性受访者则略有增加但无显著变化。

3.2 模型拟合优度

初始模型（图3）适度调整后得到模型拟

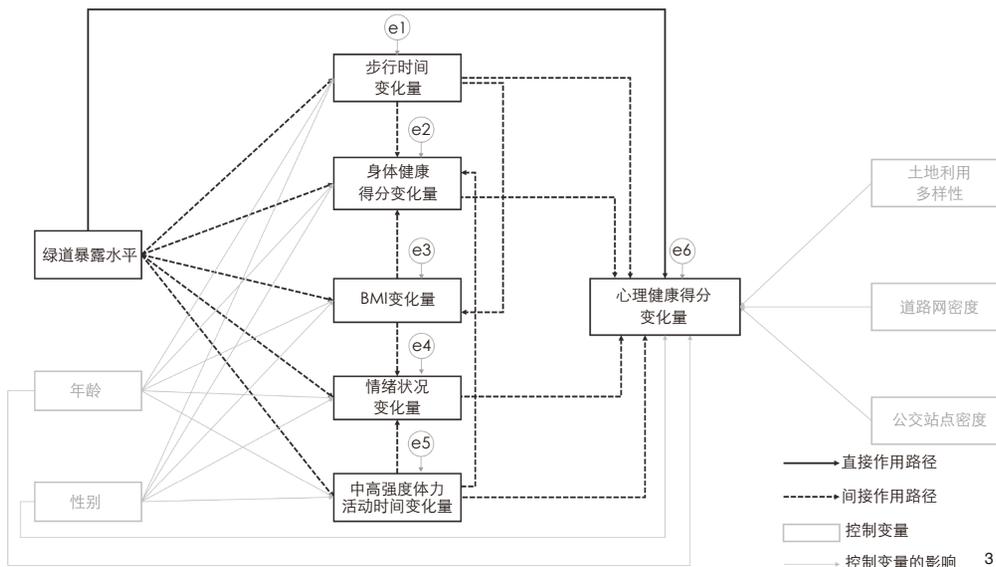
合度检验结果（表2）。模型1、模型2和模型3分别对应全样本、女性和男性受访者。参照标准对结果进行评估：卡方检验的 $p > 0.05$ 、卡方自由度比（CMIN/DF） < 3.00 、近似误差均方根（RMSEA） < 0.05 、标准化均方根残差（SRMR） < 0.05 ，表示模型拟合良好；规范拟合指数（NFI）、非规范拟合指数（NNFI）、比较拟合指数（CFI）、模型整体适合度指数（GFI）均 > 0.90 ，表示模型拟合可接受。总体而言，本研究构建的SEM模型拟合良好。

3.3 链式中介效应检验

运用Bootstrap自助抽样法和Visual Basic编程语言对绿道暴露影响全样本、女性和男性受访者心理健康的链式中介效应进行检验。

3.3.1 全样本受访者的中介效应

结果表明绿道暴露对全样本受访者的心



3 绿道暴露影响居民心理健康的初始模型
Initial model of the influence of greenway exposure on residents' mental health

表2 结构方程模型的拟合度检验
Tab. 2 Test of the degree of fitting of the structural equation model

模型类型	p值	CMIN/DF	RMSEA	NFI	NNFI	CFI	GFI	SRMR
模型1 (全样本)	0.110	1.409	0.020	0.958	0.961	0.987	0.995	0.021
模型2 (女性)	0.080	1.547	0.031	0.941	0.929	0.976	0.992	0.027
模型3 (男性)	0.079	1.500	0.034	0.905	0.906	0.962	0.988	0.035

理健康具有显著的直接或间接影响 (图 4)。直接效应方面, 全样本受访者居住小区质心距绿道的距离越大, 绿道暴露水平越低, 心理健康得分的增加量越少, 这与现有研究结论一致^[13]。原因可能在于居民的绿道暴露水平越低, 使用绿道开展体力活动或社会交往活动的频率越低^[26], 因而绿色空间对居民心理健康的改善作用越小。中介效应路径 1c 表明 (表 3), 绿道暴露水平越低, 身体健康得分减少量越大, 进而带来心理健康得分的增加量越小 (效应值=-0.022, $p=0.005$)。可能的原因在于绿道暴露的影响效应随着距离的增加而减弱, 居民的体力活动增益有所减少^[18, 27], 且随着年龄的增长, 居民身体机能逐渐衰退, 因而身体健康得分减少量提升, 进而使得居民心理健康得分的增加量降低。而路径 1d 中 BMI 的中介作用显著 ($p=0.006$), 与前人研究结论一致^[24]。

路径 1a 和 1b 的效应值均与直接效应的

效应值方向相反, 即表现为遮掩效应。遮掩效应的路径 1a 和 1b 均表明, 绿道暴露水平越低, 居民心理健康得分的增量越大 (效应值=0.003, $p=0.032$; 效应值=0.003, $p=0.042$)。路径 1a 形成的原因可能在于, 随着绿道暴露水平的降低, 居民步行前往绿道的意愿虽有减弱, 但总体步行时间仍处于增长趋势, 进而降低了身体健康得分的减少量, 并带来居民心理健康得分的增加量提升。路径 1b 形成的原因可能在于, 尽管随着绿道暴露水平的降低, 居民 BMI 的增加量有所提升, 但基线期和随访期的 BMI 均处于正常范围 ($18.5 \leq \text{BMI}$ 的平均值 < 24), 进而降低了身体健康得分的减少量, 并提升了心理健康得分的增加量。

3.3.2 不同性别受访者的中介效应对比分析

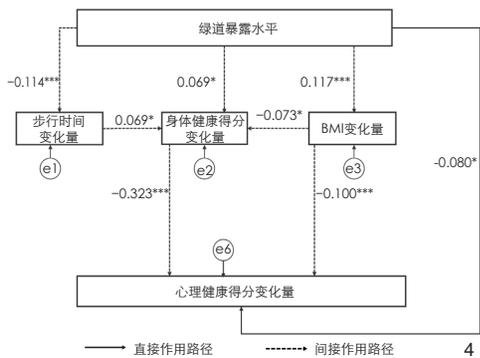
对于男性和女性受访者, 绿道暴露水平的提升可以直接促进女性群体心理健康变化 (效应值=-0.117, $p=0.001$, 图 5), 但并未发现对于男性的直接作用 (图 6)。可能的原

因在于, 相比于男性, 女性更能感知到绿色空间易于接近的特征^[29], 增加访问绿道的频率可以促进其心理健康水平的提升。中介效应方面, 路径 2c 表明女性受访者以 BMI 变化量为中介变量 (表 4), 而路径 3a 和 3b 表明男性以中高强度体力活动时间变化量和身体健康得分变化量为中介变量 (表 5)。原因可能在于男性和女性的绿色空间使用模式和偏好不同^[4]。相比于男性, 女性倾向于在安全便捷的绿道步行^[18], 且绿色空间对于女性 BMI 变化量的影响效应强于男性群体^[30], 因此有助于抑制女性 BMI 水平的增加, 降低产生焦虑和压抑情绪的风险, 从而促进其心理健康水平的提升; 而男性更倾向于使用绿道进行中高强度体力活动提升生理健康水平^[31], 进而改善其心理健康水平。

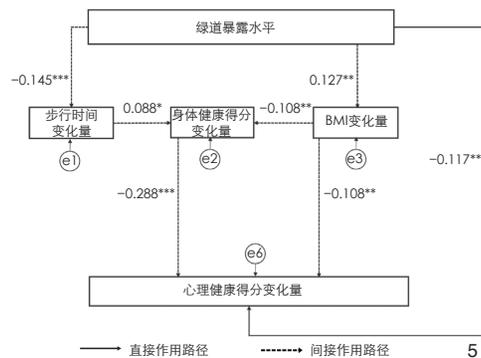
4 城市绿道优化策略及建议

本研究基于东湖绿道建设前后的居民健康效应调查问卷, 识别了城市绿道暴露对全样本受访者、不同性别受访者心理健康的影响路径, 发现绿道暴露水平越低, 即绿道可达性越低, 全样本受访者的心理健康得分增加量越少。对于不同性别的受访者而言, 绿道暴露水平的降低会直接或间接通过影响 BMI 的变化量从而影响女性受访者心理健康水平, 通过影响中高强度体力活动时间的变化量和身体健康得分变化量间接影响男性受访者心理健康水平。总体而言, 绿道暴露水平的提升会促进居民心理健康增益效果的提高, 且由于不同性别受访者的绿色空间使用模式和偏好的不同, 绿道暴露与其心理健康水平的因果机制存在差异。

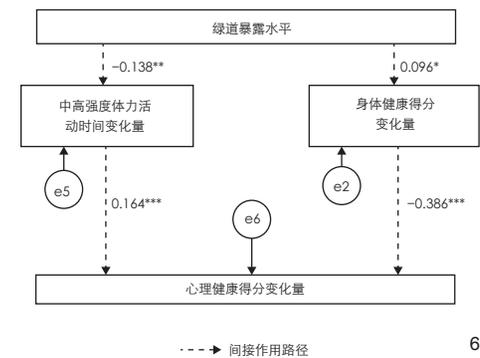
基于研究结果, 笔者从以下 3 个方面提出武汉市东湖绿道的优化策略。1) 绿道的可达性对于提升居民心理健康水平发挥了关键作用。建议在绿道周边人口密度高、居住用地规模大的区域增加绿道次要出入口, 并通过混合开发周边用地、配置完善的公共交通系统和建设安全、便捷、连续的慢行系统, 提升绿道出入口与居住小区的连通性, 提高居民访问绿道的频率, 进而间接提升居民心理健康的增益效果。2) 城市绿道对于居民体



4 绿道暴露影响全样本受访者心理健康的作用路径
Effect path of greenway exposure on the mental health of all respondents sampled



5 绿道暴露影响女性受访者心理健康的作用路径
Effect path of greenway exposure on the mental health of female respondents



6 绿道暴露影响男性受访者心理健康的作用路径
Effect path of greenway exposure on the mental health of male respondents

力活动与身体健康的改善作用是提升心理健康水平的重要因素。建议完善绿道的公共配套设施，在开敞空间配置健身活动场地和设施，引导居民开展多样化的体力活动以保持正常的 BMI 水平，使居民获得更高的身体健康效益进而间接提升心理健康水平。3) 城市绿道暴露与不同性别群体心理健康的因果机制存在差异性，因此需要针对不同性别群体的绿色空间使用特征精细化配置服务设施。建议城市绿道的规划设计注重提升步行道的连续性和安全性，按照合适的距离间隔配置舒适的休憩座椅，以满足女性群体对于步行活动和降低 BMI 水平的需求，进而提升心理健康水平；对于男性群体而言，建议以绿道串联健身活动场地，增加中高强度体力活动的机会，提升身体健康水平，进而促进心理健康水平的提升。

5 结论与不足

本研究揭示了绿道暴露与居民心理健康水平变化的多路径因果机制，鉴别了不同性别群体的绿色空间健康效应的差异。这些发现为城市高密度建成区的大型绿色基础设施优化提供了新的视角，为以绿色空间干预措施推动“健康中国”和“健康城市”建设，进而为提升居民心理健康水平与福祉提供了新的思路。但本研究仍然有一些局限性，有待后续进一步开展。一是采用问卷调查方法和国际量表测度的是居民主观健康评价结果，未来需要采用智能设备以客观测度居民健康水平；二是仅识别了绿道暴露与不同性别群

表3 全样本受访者的链式中介作用结果
Tab. 3 Results of chain mediation on all respondents sampled

效应类型	路径	效应值	95%置信区间	p值
直接效应	绿道暴露水平—心理健康得分变化量	-0.080**	[-0.126, -0.031]	0.003
遮掩效应	1a: 绿道暴露水平—步行时间变化量—身体健康得分变化量—心理健康得分变化量	0.003*	[0.003, 0.000]	0.032
	1b: 绿道暴露水平—BMI变化量—身体健康得分变化量—心理健康得分变化量	0.003*	[0.003, 0.000]	0.042
中介效应	1c: 绿道暴露水平—身体健康得分变化量—心理健康得分变化量	-0.022**	[-0.022, -0.041]	0.005
	1d: 绿道暴露水平—BMI变化量—心理健康得分变化量	-0.012**	[-0.026, -0.003]	0.006
总效应		-0.108		

注：*、**、***分别表示在 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ 水平上显著。

表4 女性受访者的链式中介作用结果
Tab. 4 Results of chain mediation on female respondents

效应	路径	效应值	95%置信区间	p值
直接效应	绿道暴露水平—心理健康得分变化量	-0.117**	[-0.840, -0.058]	0.001
遮掩效应	2a: 绿道暴露水平—步行时间变化量—身体健康得分变化量—心理健康得分变化量	0.004**	[0.001, 0.009]	0.003
	2b: 绿道暴露水平—BMI变化量—身体健康得分变化量—心理健康得分变化量	0.004*	[0.000, 0.012]	0.033
中介效应	2c: 绿道暴露水平—BMI变化量—心理健康得分变化量	-0.014*	[-0.040, -0.001]	0.033
总效应		-0.123		

注：*、**、***分别表示在 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ 水平上显著。

表5 男性受访者的链式中介作用结果
Tab. 5 Results of chain mediation on male respondents

效应	路径	效应值	95%置信区间	p值
直接效应	绿道暴露水平—心理健康得分变化量	—	—	—
中介效应	3a: 绿道暴露水平—中高强度体力活动时间变化量—心理健康得分变化量	-0.011*	[-0.057, -0.004]	0.011
	3b: 绿道暴露水平—身体健康得分变化量—心理健康得分变化量	-0.037**	[-0.037, -0.073]	0.006
总效应		-0.048		

注：*、**、***分别表示在 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ 水平上显著；“—”代表未发现直接效应。

体心理健康的因果机制，未来还需要进一步开展绿色空间与不同社会经济特征群体心理健康的因果机制研究，探究绿色空间健康效应的社会公平性。

注释 (Note):

① 准自然实验方法是一种非随机化分配的实验，被试者分配到实验组或控制组由自我选择决定，可以通过分析干预或自然发生事件前后的结果变化来确定事物之间因果关系。

参考文献 (References):

[1] World Health Organization. World Mental Health Report: Transforming Mental Health for All[EB/OL]. (2022-06-17) [2023-09-01]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049338>.

[2] 中华医学会健康管理学分会.《中国城镇居民心理健康白皮书》正式发布[EB/OL]. (2018-04-29) [2023-09-01]. <https://jiankang.cctv.com/2018/04/30/ARTIWF496N6d9O0lrldJM4rG180430.shtml>.

Chinese Medical Association Branch of Health Management. *The White Paper on the Mental Health of Urban Residents in China* Officially Released[EB/OL]. (2018-04-29) [2023-09-01]. <https://jiankang.cctv.com/2018/04/30/ARTIWF496N6d9O0lrldJM4rG180430.shtml>.

[3] 健康中国行动推进委员会.健康中国行动 (2019—2030) [EB/OL]. (2019-07-15) [2023-06-01].http://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content_5409694.htm.

Health China Action Promotion Committee. *Health China Action (2019—2030)*. (2019-07-15) [2023-06-01]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content_5409694.htm.

[4] LACHOWYCZ K, JONES A P. Towards a Better Understanding of the Relationship Between Greenspace and Health: Development of a Theoretical Framework[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 118: 62-69.

[5] 杨振山, 张慧, 丁悦, 等.城市绿色空间研究内容与展望[J].*地理科学进展*, 2015, 34 (1): 18-29.

YANG Z S, ZHANG H, DING Y, et al. Progress and Prospect on Urban Green Space Research[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34 (1): 18-29.

[6] 谢波, 伍蕾, 王兰.基于自然实验的城市绿道对居民中高强度体力活动的影响研究[J].*风景园林*, 2021, 28 (5): 30-35.

XIE B, WU L, WANG L. Exploring the Intervention Effect of Urban Greenways on Moderate-to-Vigorous Physical Activities of Residents: A Study Based on Natural Experiment[J]. *Landscape Architecture*, 2021, 28 (5): 30-35.

[7] 新华社.中共中央国务院印发《“健康中国2030”规划纲要》[J].*中华人民共和国国务院公报*, 2016 (32): 5-20. Xinhua News Agency. The State Council, the Central Committee of the Communist Party of China Issued the *Outline of "Healthy China 2030" Plan*[J]. *Gazette of the State Council of the People's Republic of China*, 2016 (32): 5-20.

[8] 刘晔, 何嘉锐, 王若宇, 等.城市绿色空间对心理健康的影响: 研究进展与展望[J].*热带地理*, 2023, 43 (9): 1747-1759.

LIU Y, HE J R, WANG R Y, et al. The Impact of Urban Green Space on Mental Wellbeing: Research Progress and Recommendations[J]. *Tropical Geography*, 2023, 43 (9): 1747-1759.

[9] HARTIG T, MITCHELL R, DE VRIES S, et al. Nature and Health[J]. *Annual Review of Public Health*, 2014, 35: 207-228.

[10] WHITE M P, AICOCK I, WHEELER B, et al. Would You Be Happier Living in a Greener Urban Area? A Fixed-Effects

Analysis of Panel Data[J]. *Psychological science*, 2013, 24 (6): 920-928.

[11] 谢波, 肖扬谋, 王潇.城市绿道使用对居民健康的影响研究: 以武汉东湖绿道为例[J].*中国园林*, 2022, 38 (11): 40-45.

XIE B, XIAO Y M, WANG X. Exploring the Effect of Urban Greenway Use on Residents' Health: Evidence from the East Lake Greenway in Wuhan, China[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2022, 38 (11): 40-45.

[12] 岳亚飞, 杨东峰, 徐丹.城市蓝绿空间对老年心理健康影响机制的探究与检验[J].*风景园林*, 2022, 29 (12): 71-77.

YUE Y F, YANG D F, XU D. Exploration and Examination of the Influence Mechanism of Urban Blue-Green Space on the Elderly's Mental Health[J]. *Landscape Architecture*, 2022, 29 (12): 71-77.

[13] 谢波, 王潇, 伍蕾.基于自然实验的城市绿色空间对居民心理健康的影响研究: 以武汉东湖绿道为例[J].*地理科学进展*, 2021, 40 (7): 1141-1153.

XIE B, WANG X, WU L. Exploring the Effect of Urban Greenspace on Residents' Mental Health Using a Quasi-Natural Experiment: Taking Wuhan East Lake Greenway as an Example[J]. *Progress in Geography*, 2021, 40 (7): 1141-1153.

[14] XIE B, LU Y, ZHENG Y L. Casual Evaluation of the Effects of a Large-Scale Greenway Intervention on Physical and Mental Health: A Natural Experimental Study in China[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2022, 67: 127419.

[15] 袁媛, 陈玉洁, 刘晔, 等.广州社区绿化环境对居民自评健康的邻里影响[J].*地理学报*, 2021, 76 (8): 1965-1975.

YUAN Y, CHEN Y J, LIU Y, et al. The Neighborhood Effect of Residential Greenery on Residents' Self-Rated Health: A Case Study of Guangzhou, China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76 (8): 1965-1975.

[16] CERIN E, LESLIE E, DU TOIT L, et al. Destinations that Matter: Associations with Walking for Transport[J]. *Health & Place*, 2007, 13 (3): 713-724.

[17] GASCON M, SANCHEZ-BENAVIDES G, DADVAND P, et al. Long-Term Exposure to Residential Green and Blue Spaces and Anxiety and Depression in Adults: A Cross-Sectional Study[J]. *Environmental Research*, 2018, 162: 231-239.

[18] HE D S, LU Y, XIE B, et al. Large-Scale Greenway Intervention Promotes Walking Behaviors: A Natural Experiment in China[J]. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 2021, 101: 103095.

[19] 辛昱铮, 陆伟, 孙佩锦.基于公众心理健康视角的绿色空间研究与展望[J].*风景园林*, 2022, 29 (3): 79-85.

XIN Y Z, LU W, SUN P J. Research and Prospect of Green Space from the Perspective of Public Mental Health. *Landscape Architecture*, 2022, 29(3): 79-85.

[20] TOST H, REICHERT M, BRANU U, et al. Neural Correlates of Individual Differences in Affective Benefit of Real-Life Urban Green Space Exposure[J]. *Nature Neuroscience*, 2019, 22 (9): 1389-1393.

[21] 李智轩, 何仲禹, 张一鸣, 等.绿色环境暴露对居民心理健康的影响研究: 以南京为例[J].*地理科学进展*, 2020, 39 (5): 779-791.

LI Z X, HE Z Y, ZHANG Y M, et al. Impact of Greenspace Exposure on Residents' Mental Health: A Case Study of

Nanjing City[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39 (5): 779-791.

[22] YANG M, DIJST M, FABER J, et al. Using Structural Equation Modeling to Examine Pathways Between Perceived Residential Green Space and Mental Health Among Internal Migrants in China[J]. *Environmental Research*, 2020, 183: 109121.

[23] HE D S, LU Y, XIE B, et al. How Greenway Exposure Reduces Body Weight: A Natural Experiment in China[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2022, 226: 104502.

[24] ULMER J M, WOLF K L, BACKMAN D R, et al. Multiple Health Benefits of Urban Tree Canopy: The Mounting Evidence for a Green Prescription[J]. *Health & Place*, 2016, 42: 54-62.

[25] 干靓, 杨伟光, 王兰.不同健康影响路径下的城市绿地空间特征[J].*风景园林*, 2020, 27 (4): 95-100.

GAN J, YANG W G, WANG L. Spatial Characteristics of Urban Green Space Under Different Health Impact Pathways[J]. *Landscape Architecture*, 2020, 27 (4): 95-100.

[26] GOODMAN E, WHITAKER R C. A Prospective Study of the Role of Depression in the Development and Persistence of Adolescent Obesity[J]. *Pediatrics*, 2002, 110 (3): 497-504.

[27] XIE B, LU Y, WU L, et al. Dose-Response Effect of a Large-Scale Greenway Intervention on Physical Activities: The First Natural Experimental Study in China[J]. *Health & Place*, 2021, 67: 102502.

[28] XIE B, PANG Z, HE D S, et al. Effects of Neighborhood Environment on Different Aspects of Greenway Use: Evidence from East Lake Greenway, China[J]. *Journal of Transport Geography*, 2023, 106: 103488.

[29] SANG Å O, SANG N, HEDBLUM M, et al. Are Path Choices of People Moving Through Urban Green Spaces Explained by Gender and Age? Implications for Planning and Management[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020, 49: 126628.

[30] O'CALLAGHAN-GORDO C, ESPINOSA A, VALENTIN A, et al. Green Spaces, Excess Weight and Obesity in Spain[J]. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2020, 223 (1): 45-55.

[31] COHEN D A, MCKENZIE T L, SEHGAL A, et al. Contribution of Public Parks to Physical Activity[J]. *American Journal of Public Health*, 2007, 97 (3): 509-514.

图表来源(Sources of Figures and Tables):

文中所有图表均由作者绘制，其中图 2-1 的底图审图号为鄂 S (2023) 009 号，图 2-2 底图来源于武汉市自然资源和规划局。

(编辑 / 项曦)

作者简介:

谢波 / 男 / 博士 / 武汉大学城市设计学院、湖北省人居环境工程技术研究中心教授 / 研究方向为健康地理与城市规划

谭徐媛 / 女 / 武汉大学城市设计学院在读硕士研究生 / 研究方向为健康地理与城市规划

XIE B, TAN X Y. Research on the Causal Mechanism Between Urban Greenway Exposure and Residents' Mental Health Based on a Quasi-Natural Experiment[J]. *Landscape Architecture*, 2024, 31(4): 29-35. DOI: 10.3724/j.fjyl.202310110459.

Research on the Causal Mechanism Between Urban Greenway Exposure and Residents' Mental Health Based on a Quasi-Natural Experiment

XIE Bo, TAN Xuyuan

Abstract:

[Objective] Mental health is a fundamental aspect of residents' health. However, in the context of rapid urban development, the pace of life for urban residents has accelerated significantly, leading to the prevalence of unhealthy lifestyles such as prolonged sedentary behavior and sleep deprivation. Consequently, various mental health issues including mental illness have become increasingly prominent. Therefore, addressing this mental health crisis has not only emerged as an urgent global concern but also constituted a crucial component in the construction of a healthy city in China. Urban greenways are linear green spaces accessible to pedestrians and cyclists. They are developed along natural and artificial corridors, such as riverfronts and scenic zones, to deliver health benefits to surrounding residents. As an integral component of urban ecological environments, green spaces serve as a significant resource for improving the mental health of urban residents. However, rapid urbanization has resulted in a decline in both the quantity and quality of urban green space, leading to increasingly prominent environmental problems and threats to public health. Therefore, conducting an in-depth exploration into the influence mechanism of green spaces on residents' mental health holds great theoretical and practical significance for formulating intervention measures aimed at improving residents' mental health.

[Methods] This research initially purposes a hypothesis regarding the relationship between urban green space and residents' mental health. Subsequently, a quasi-natural experiment is conducted by administering a questionnaire survey to residents in 52 communities surrounding the East Lake Greenway during the baseline period in April 2016 and the follow-up period April 2019. Descriptive statistical analysis and reliability analysis are then performed on the survey data using SPSS 25.0 and AMOS 25.0. Finally, with changes in physical activity, physical health and emotional status as mediating variables, the research constructs a structural equation model (SEM) to analyze the causal mechanism linking urban green space intervention with changes in residents' mental health while identifying potential differences between male and female groups.

[Results] Greenway exposure may directly influence residents' mental health in a significant manner, and may also indirectly influence mental health through two mediators, namely changes in physical health score and body mass index (BMI). However, greenway exposure does not indirectly enhance mental health by influencing emotional changes. Furthermore, there are gender-specific differences in the causal mechanisms between greenway exposure and mental health. In the female group, greenway exposure may directly influence the magnitude of change in mental health scores, whereas no significant direct relationship is observed between greenway exposure and changes in male's mental health scores. Regarding indirect influence, greenway exposure influences the mental health of females through BMI changes, while the relationship between greenway exposure and men's mental health is mediated by changes in physical activities with moderate-to-high intensity and physical health scores. This research reveals the intricate causal mechanism linking

greenway exposure to changes in residents' mental health, while also identifying gender-specific disparities in the health influences of green spaces. To further enhance the benefits offered by the East Lake Greenway for improving residents' mental health, several measures can be implemented. Firstly, enhancing the accessibility of urban greenways is of crucial importance in promoting residents' mental health. It is recommended to increase secondary entrances and exits of the greenway within residential areas characterized by high population density and extensive residential land surrounding the greenway. Additional measures include fostering mixed development of land around the greenway, establishing a well-equipped public transportation system, as well as creating a safe, convenient and continuous slow traffic system. Hence, the connectivity between greenway entrances and residential areas and the frequency of residents to visit the greenway can be improved, consequently indirectly amplifying the positive influence on their mental health. Secondly, urban greenways have the potential to enhance residents' physical activity and overall physical health, thereby improving their mental health. This research proposes to improve the public service facilities of greenway and strategically allocate fitness activity venues and amenities within open spaces to help diversify physical activities among residents. This approach may greatly benefit residents' physical health and help them maintain optimal BMI levels, ultimately contributing to indirect improvement of residents' mental health. Thirdly, variations exist in the causal mechanisms underlying the influence of urban greenway exposure on the mental health of different gender groups. Consequently, it is imperative to carefully configure service facilities based on distinct characteristics pertaining to green space utilization among various groups. The research proposes that urban greenway planning and design should primarily focus on enhancing the continuity and safety of walking paths while also providing comfortable seating at appropriate intervals to cater to the requirements of females for walking activities and reducing BMI levels. For males, the research recommends optimizing greenways as physical activity venues to facilitate their engagement in moderate to vigorous physical activities and improve overall physical fitness, thereby promoting their mental health.

[Conclusion] This research provides a novel perspective on improving the quality of large-scale green infrastructure in densely populated urban areas, thereby contributing to the promotion of "Healthy China" and "Healthy City" through green space intervention for improving the mental health and well-being of urban residents. In future research, efforts will be made to optimize experimental design for objective measurement of residents' health outcomes. Additionally, there will be a focus on investigating the causal mechanism underlying the influence of green space on mental health among different groups with diverse socioeconomic characteristics, as well as exploring the social equity related to the health effects of green space.

Keywords: landscape architecture; urban green space; urban greenway; green exposure; mental health; quasi-natural experiment; structural equation model (SEM)

Authors:

XIE Bo, Ph.D., is a professor in the School of Urban Design and Hubei Habitat Environment Research Centre of Engineering and Technology, Wuhan University. His research focuses on health geography and urban planning.

TAN Xuyuan is a master student in the School of Urban Design, Wuhan University. Her research focuses on health geography and urban planning.