

DOI: 10.5846/stxb202104060883

杨冰慧, 陈 烨. 城市绿地雾霾对老年人行为决策与身心健康的影响. 生态学报, 2022, 42(9): 3782-3793.

Yang B H, Chen Y. Influence of haze in urban greenspace on behavioral decision-making and physical and mental health of the elderly. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(9): 3782-3793.

城市绿地雾霾对老年人行为决策与身心健康的影响

杨冰慧, 陈 烨*

东南大学建筑学院, 南京 210096

摘要:高密度城区绿地已成为老年人群主要的活动场所,而雾霾对暴露其中的老年人有健康隐患。在健康老龄化的国家战略背景下,基于绿地暴露与雾霾暴露之间的正负关系,在雾霾暴露和老年人群之间搭建技术路径。通过实测循证实验、结构性问卷访谈探索绿地中雾霾对老年人出行决策及身心健康的影响。运用相关性和中介效应分析发现老年人对雾霾存在认知局限,多元的内在驱动力导致去公园绿地的决策感性多于理性。综合舒适度在雾霾与活动人数之间存在显著的部分中介效应。绿地 $PM_{2.5}$ 浓度对老年人身心状态自评有负面影响,存在决策导致的健康隐患。研究成果凸显了提升健康老龄化举措的紧迫性以及积极推动景观环境适老性优化的重要意义,对当下人居环境建设有一定的借鉴价值。

关键词:雾霾;绿地;老年人;健康;中介效应; $PM_{2.5}$

Influence of haze in urban greenspace on behavioral decision-making and physical and mental health of the elderly

YANG Binghui, CHEN Ye*

School of Architecture, Southeast University, Nanjing 210096, China

Abstract: As important green infrastructure, greenspaces in high-density central urban districts serve as an important outdoor space for the surrounding residents, especially the elderly. Meanwhile, the ambient air pollution via particulate matter in such areas is closely related to the physical and mental health of the elderly visitors who suffer long-term exposure. This study is initiated to build a technological path between haze exposure and the elderly based on the positive and negative relationship between greenspace exposure and haze exposure under the background of the national strategy of healthy aging. In addition, the structured questionnaire interviews and the measured evidence-based experiments were conducted to collect data including physical environment data, crowd activity data, haze cognition data and basic population information. Combined with various statistical analyses including correlation analysis and mediating factor analysis, the impacts of haze in urban greenspaces on the decisions of the elderly to go out to visit such spaces as well as their physical and mental health were explored. A total of 138 crowd activity data and climate data were recorded, and 200 valid questionnaires were obtained. The results showed that the physical exercise and the social contact were two main reasons for the elderly to the greenspaces, and the typical activities of the elderly varied with the difference of physical environment using correlation and mediating effect analysis. Moreover, the air quality of six research sites reached or even be above moderate pollution ($PM_{2.5} \geq 115 \mu g/m^3$) during more than 70% of the survey period, suggesting that the air quality was worrying and exposed elderly visitors to serious health risks. According to questionnaire, the cognitive limitations on the potential hazards of haze were commonly existed in the elderly due to insufficient understanding of haze, vague perception and psychological neglect. In addition, the multiple and complex internal driving forces led to the decision-making of the elderly people to go to the greenspaces more perceptual than rational. Overall, there is no prominent correlation between $PM_{2.5}$ concentration and crowd activities, showing that haze has little impact on the travel decision of the elderly since their insensitivity to haze pollution.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51578130)

收稿日期:2021-04-06; 网络出版日期:2022-01-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenye@seu.edu.cn

There exists a gap between the cognitive decision of the elderly and the actual potential health hazards of haze. The results highlight the urgency of measures to promote healthy aging, and the importance of actively promoting the optimization of elderly-oriented landscape, which has certain reference value for the current human settlement environment construction.

Key Words: haze; greenspace; the elderly; health; mediating effect; $\text{PM}_{2.5}$

《“健康中国 2030”规划纲要》中明确提出健康老龄化,“建立健全环境与健康监测、调查和风险评估制度”、“开展环境污染对人群健康影响的评价”。一直以来,南京市高度重视雾霾治理,2020 年南京环境质量公报显示, $\text{PM}_{2.5}$ 年均值 $31.3\mu\text{g}/\text{m}^3$,同比下降 21.4%。但与 WHO 制定的年均浓度准则值($10\mu\text{g}/\text{m}^3$)、美日年均浓度标准($15\mu\text{g}/\text{m}^3$)仍然差距较大。当前医学研究证明,雾霾中 $\text{PM}_{2.5}$ 成分是对人体伤害最大的物质^[1],其浓度越高,越容易诱发呼吸系统病症、心血管病^[2]、胃肠道不良影响^[3]和癌症^[4]等,甚至与人抑郁指数呈显著正相关^[5]。此外,其他学科对 $\text{PM}_{2.5}$ 的研究还涉及源解析^[6],变化规律^[7],气象因素的影响^[8],土地利用的影响^[9],浓度扩散模拟^[10],植被对颗粒物的缓解作用^[11]等方面。

快速城市化发展导致城市绿地破碎化严重,分散的小规模绿地已成为高密度中心城区居民户外活动的重要场地。作为绿地中的主要使用人群,相较室内,老年人更倾向在自然环境中活动^[12]。绿地已成为家庭、工作场所之外,老年人进行社交锻炼的“第三场所”^[13],能够促进其身心和社交体验,提升其整体幸福感^[14]。公园绿地中的个体活动类型通常可以分为体力型和社交型两大类,对身心健康各有侧重。当前大部分学者聚焦前者,公园能通过促进体力活动的频率、时长及水平降低患肥胖、心血管病的可能性^[15];社交型活动有益于心理健康,如聊天、下棋等两人及以上的社会性活动^[16],能使人愉悦、缓解工作压力等^[17]。

此外,绿地能通过减少空气污染改善居民健康的观点已成为景观领域学者的共识^[18]。针对城市绿地,学者们多从不同尺度探讨颗粒物的时空分布规律、影响因子以及消减的作用机理等^[19]。由于动态的气象条件、不均匀的地表性质、排放源的不均匀分布、地形和其他人类活动, PM 浓度在时间和空间上有很大差异^[20],并且绿地对 $\text{PM}_{2.5}$ 的削减在不同地点的效果也不相近^[21]。综合比较城市公园、学校、居住区内的多个绿地小场所,发现地点、时间对 $\text{PM}_{2.5}$ 的浓度有极其显著的影响^[22]。即使在一个公园中,不同景观要素构成的小场地的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度也存在显著差异且存在时间变化^[23]。在影响颗粒物浓度的环境因子方面,绿地中的绿化覆盖率、天空可视因子、植物绿量、植物群落结构、种植密度、郁闭度、配置模式、绿地面积、冠层容积盖度、植物多样性等与颗粒物浓度直接相关^[24]。植物群落中不同垂直高度的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度存在差异^[25]。并且,绿地植被对颗粒物浓度的影响也取决于交通密度、污染源位置^[26]。气象参数,如降水、降雪、风速风向、温度、湿度等,是影响颗粒物浓度的又一重要因素,且对不同粒径的颗粒物作用不同^[11]。最终,绿地的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度通过植物个体的微观结构和群落生态系统的沉降、阻滞、吸附作用和一系列动态复杂的过程得到消减^[27]。

以上研究聚焦雾霾暴露对人们健康的影响,雾霾在场地中的时空分布规律、消减机制等,以及老年人在绿地中活动健康效益,在绿地雾霾对老年人的行为决策以及身心状态的影响方面尚有欠缺。目前,根据官方气象数据,城市绿地存在不同程度的雾霾(以南京市为例),而老年人又存在认知功能退化,对新生事物的关注程度不足、基于新知识的感知和判断能力不足等问题。因此,绿地中的雾霾对老年人的出行决策和身心状态的影响不容忽视。

基于以上问题,本文从出行决策的角度,探索了绿地暴露与雾霾暴露对老年人群的行为与心理的双重影响机制。通过老年人对于绿地中雾霾的感知程度的研究,弥补了以往研究对于绿地中雾霾与人群活动联系不足的问题。本研究综合考虑污染源的位置、城市河流和气象条件等环境影响因素,通过绿地特征要素、与城市主干道的距离差异等筛选了高密度中心城区小规模、分散且受人欢迎的多个典型绿地空间。过程中采用实测循证,问卷访谈等方法,并运用相关统计学软件进行定量分析,旨在探索并构建绿地暴露与雾霾暴露对老年人出行决策和身心健康的正负影响的研究基础,推动健康老龄化举措和景观环境的适老性优化。

1 研究方法

研究通过结构性问卷访谈、实测循证实验,结合不同场地的实测数据量化分析 $PM_{2.5}$ 对老年人出行决策和身心状态的影响程度(图 1)。其中,我国一般女性职工在 50 岁退休,也成为公园绿地的主要使用者^[28—29],因此本研究将老年对象定为年龄在 50 岁及以上的人群。

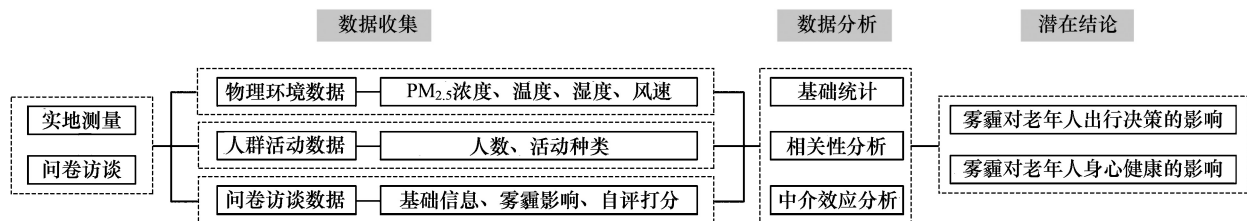


图 1 研究路径

Fig.1 Research path

1.1 研究地点-绿地和场所的选择

调研发现南京秦淮河沿线有大量高密度老旧居住区,且沿线公园绿地中有大量老年人群。考虑到城市主干道是主要粉尘来源,同时为了避免单一类型绿地可能存在的 $PM_{2.5}$ 差异不明显的问题,本研究综合分析场地物理环境特征差异、老年人群的环境偏好和与同一条城市主干道的垂直距离,由近及远选择了位于城市主干道及秦淮河之间的四个典型城市绿地,包含一个邻近街道的城市广场 A、介与城市街道与河流之间的小型绿地 B、滨水绿地 C 和滨水城市公园 D。进一步,选取公园绿地中六处人流量较大、有典型活动发生的代表性场所作为观测点。在规模较大的城市广场 A 中选择场地 A1 和 A2,根据线性滨水公园的特征在 D 中选择以硬质广场为特征的 D1 及山水相间的场地 D2,该山体高度约 35m。六处场地具有活动的密集性和多样性,绿地因子及污染源距离的差异性特征,且均为老年人群活动聚集区(表 1、图 2)。

表 1 场地描述与活动统计表

Table 1 Site description and activity statistics

绿地编号 Greenspace number	绿地名称 Name		位置特征 Location feature		
	汉中门广场		临近街道		
	场所编号	场所描述	活动分类	比例	活动项目
A	A1	北侧树荫绿道	社交型	97.5%	闲坐交流、下棋打牌等
			体力型	2.7%	快走健身等
	A2	中央开放广场	社交型	82.4%	跳舞、带娃等
			体力型	39.2%	打球、快走等
B	正大园		临近街道+滨水		
	B	内含器材	社交型	31.3%	交流闲谈等
			体力型	87.5%	健身器材锻炼等
C	秦淮河滨水绿地		滨水		
	C	中部开阔的平台广场	社交型	21.1%	闲坐交流等
			体力型	83.1%	快走、跑步、遛狗等
D	石头城公园		滨水		
	D1	中段硬质小广场	社交型	86.7%	唱歌跳舞、乐器等
			体力型	77.8%	观赏、拍照等
	D2	"鬼脸照镜" 景点	社交型	75.5%	交谈、乐器、放风筝等
			体力型	60.7%	观赏、慢跑等

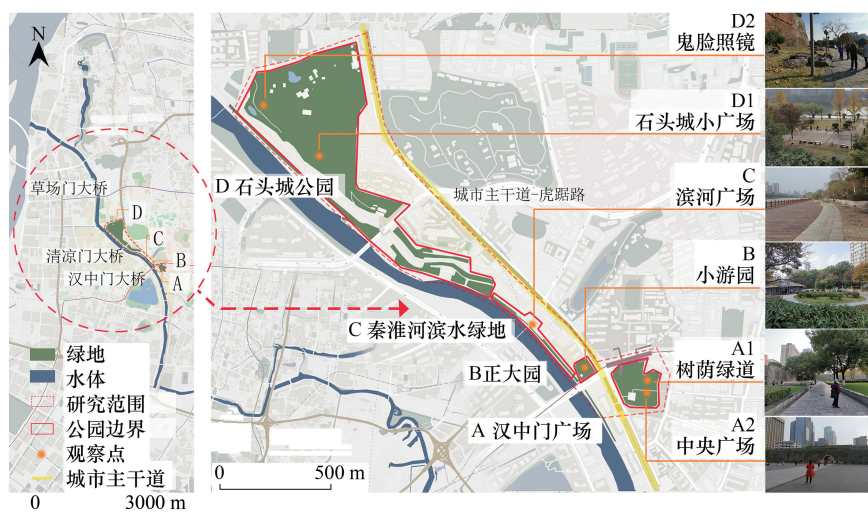


图2 研究区位图

Fig.2 Research area map

1.2 调研时间的选择

根据南京市气象局近五年空气监测数据,选择雾霾最严重的月份 2020 年 12 月到 2021 年 1 月展开调研。根据活动人群的稳定时段,确定为 8:00—11:30 和 13:30—16:30;实际测量时控制在 30min 之内依次连续采集 6 个观察点的物理环境数据。

1.3 数据采集

研究共记录了 138 次人群活动数据和同期的气候环境数据。在测量环境数据的同时针对老年人群发放问卷。是基于当天空气质量情况,选择雾霾较严重的时候才进行发放,最终筛选了 200 份有效问卷。

1.3.1 环境物理数据采集

本研究采用美国 TSI 公司的手持式粉尘仪 (TSI-8534) 检测各场所的 $PM_{2.5}$ 浓度;使用手持式风杯式风速表 (16025) 测量平均风速和风向;使用德国 TESTO 公司的温湿度记录仪 (TESTO 175H1) 实时记录温湿度。从参数的易获取性、便捷性角度出发,采用风景园林学科领域应用广泛、综合性高且能较好反映本研究场地舒适情况的陆鼎煌综合舒适度公式^[30]进行计算:

$$S = 0.6(|T - 24|) + 0.07(|RH - 70|) + 0.5(|V - 2|)$$

式中, S 为综合气候舒适度指数, T 为气温 ($^{\circ}C$), RH 为相对湿度 (%), V 为风速 (m/s)。

1.3.2 主观意愿数据采集

在场地观察测量同时,展开结构式问卷访谈。问卷包括三个部分:基础信息、雾霾影响、自我感受。第一部分包括受访者的性别年龄等基本人口统计学信息及其在绿地的活动时长、出行距离等行为特征信息。第二部分关注轻微雾霾天对老年人去公园绿地的行为影响,如雾霾天是否选择出行,原因为何;轻微雾霾天仍然去绿地活动的前提下,出行方式、时段等发生何种变化。第三部分采用李克特五级量表评估轻微雾霾天老年人在绿地活动的身心状态,包括生理、心理、社会三个层面;雾霾天对其出行的干扰程度;轻微雾霾天仍然选择出行,各要素的吸引程度。第三部分的自评报告由两级指标构成:一级指标包括生理、心理、社会健康的直接影响以及动机层面的间接影响,由相应二级指标取算术平均值得出,其中各单项指数等权看待;二级指标的单项指数,由各个观测变量通过加权算数平均值得出。将每项二级指标值除以最高标度,再乘以 100 用百分制标注。

$$Y = \frac{1}{5N} \times 100 \sum_i^n S_i \times m_i = \frac{20}{N} \sum_i^n S_i \times m_i$$

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

式中, Y 表示二级指标指数, X 表示一级指标指数, S_i 表示相应分值, m_i 表示分值对应人数, $i=1, n \leq 5$ 。

1.4 数据分析

对问卷结果和人群活动、物理环境数据进行描述性统计的基础上, 利用 SPSS (v.25) 对 $PM_{2.5}$ 浓度、舒适度、人群活动数据进行相关性和中介效应分析。相关性分析可以衡量两个变量的关联程度; 中介效应指的是自变量 X 对因变量 Y 的影响是通过中介变量 M 实现的, 用来分析产生 $X-Y$ 关系的内部作用机制。中介效应的检验方法采用被广泛采纳的基于抽样非正态分布的 Bootstrap 法。它具有较高的统计效力, 直接检验乘积系数 ab [31–32]。

2 结果与分析

2.1 描述性统计结果

2.1.1 场地环境与行为数据

气象局基站的采样通常在高空进行, 且为固定式装置, 其所测数据与本研究采用的专业级手持式粉尘仪 (TSI-8534) 在人视高度 (1.5m) 的实测数据有差异。实测数据针对人们活动的空间高度和范围, 通常高于官方气象数据。这与公众在日常生活中认为“空气质量与气象报道存在差异”的主观感受一致, 也与 $PM_{2.5}$ 浓度在植物群落中有竖向差异的结论相符 [25]。

根据中国生态环境部发布的 AQI 技术规定 (HJ633—2012) [33], 当日 $PM_{2.5}$ 平均浓度 $\leq 75 \mu g/m^3$ 时, 空气质量为优和良; 当 $75 \mu g/m^3 < PM_{2.5} \leq 115 \mu g/m^3$ 时, 为轻度污染; 当 $PM_{2.5} > 115 \mu g/m^3$ 时, 为中度污染及以上。138 份实测数据表明, 70% 以上的调研时段内, 六个场地空气质量均达中度污染及以上, 说明城市绿地中雾霾现状堪忧, 对人体存在危害。另外, 不同观察点在同一测量时段的 $PM_{2.5}$ 浓度存在差异但并不明显, 更多表现在不同测量日期之间, 如 Day9 和 Day10 (图 3)。对六个场所的测量数据取平均值, 石头城公园的两个场所 (D1、D2) $PM_{2.5}$ 平均浓度最高, 汉中门中央广场 (A2) 最低 (表 2)。这与不同场地绿地特征要素 (绿化覆盖率、植被结构等) 的不同以及测量期间气象要素 (温湿度、风速等) 的差异有关。

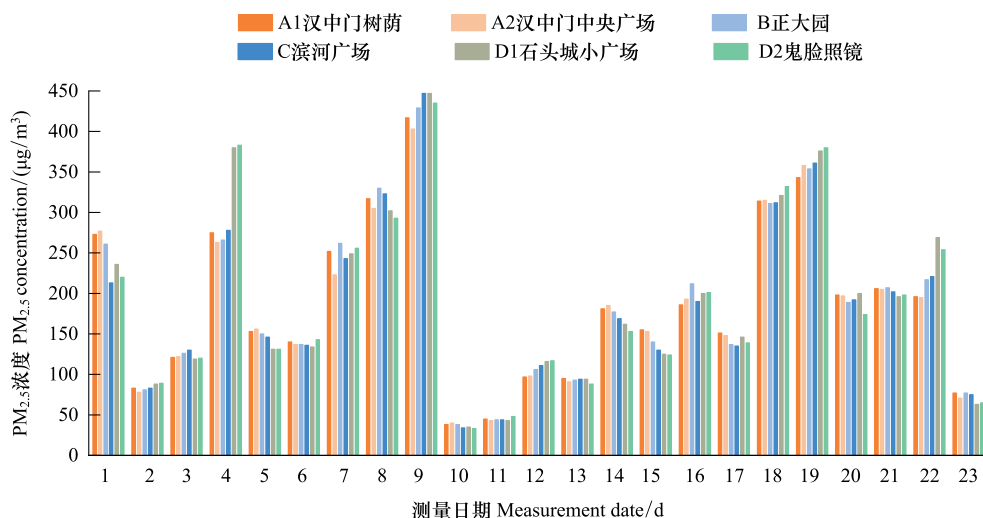


图 3 场地 $PM_{2.5}$ 浓度真实值对比

Fig.3 Comparison of real values of $PM_{2.5}$ concentration

公园绿地的位置及格局差异使各观察点的典型活动有所不同 (表 1)。A1 和 A2 场所, 老年人主要开展下棋打牌、交流闲坐等社交型活动; B 和 C 场所中, 老年人主要进行体力型活动, 如打球、使用健身器材锻炼等;

而 D1 和 D2 场所中,老年人群社交型活动和体力型活动发生的比例都很高。总体而言,6 个场所的社交型(65.8%)和体力型活动(58.5%)平均比例都超过一半,表明锻炼身体和社会交往为促使老年人来公园绿地活动的主要原因。此外,还有观赏、静坐等其他活动。

表 2 $PM_{2.5}$ 浓度统计表
Table 2 Statistical table of $PM_{2.5}$ concentration

场地 Site	A1	A2	B	C	D1	D2
$PM_{2.5}$ 平均值/($\mu g/m^3$) Average of $PM_{2.5}$	187.5	185.0	188.9	185.6	192.7	190.3
空气优良比例/% Proportion below light pollution	8.7	13.0	8.7	13.0	13.0	13.0
轻度污染比例/% Proportion of light pollution	17.4	13.0	17.4	13.0	8.7	8.7
中度污染及以上比例/% Proportion of moderate pollution and above	73.9	74.0	73.9	74.0	78.3	78.3

2.1.2 人群基础信息

基于问卷数据归纳出 200 位受访者的背景信息和出行特征(表 3)。结果显示调查对象男女比例接近,男性偏多(54%);年龄主要在 60—79 岁之间,占比为 67.5%。大部分受访者均为本地人,且多独自步行(87.5%)去公园绿地。在公园绿地的选择上,37%的老年人不太在意步行距离(>15min),其次是 5—10min 步行范围(24.5%)和 5min 步行范围(21.5%)的绿地。77%的老年人活动时长在 1—3 小时。出行原因上,锻炼活动的需求最高(94.5%),其次是自然环境的吸引(70%)、无目的性出行(54.5%)和会友交流(37.5%),无目的独立出行的比例反映了前往绿地已成为老年人改善孤独感的主要途径。

表 3 基础信息统计表
Table 3 Basic information statistics

特征 Features			比例 Proportion/%		
性别 Gender	男	54.0	来源 Hometown	南京	84.5
	女	46.0		其他	15.5
年龄 Age	50—59	12.0	活动时段(多选) Activity period (Multiple choice)	7:00 前	2.5
	60—69	33.5		7:00—9:00	24.5
	70—79	34.0		9:00—12:00	41.5
	≥ 80	20.5		12:00—15:00	53.5
				15:00—18:00	28.0
外出情况(多选) Number of people	一人	87.5		18:00—20:00	14.0
(Multiple choice)	夫妻二人	17.0		20:00 后	0.5
	朋友二人	4.0	活动时长 Activity duration	<1h	16.5
	三人及以上	6.0		1—3h	77.0
活动距离 Distance	5min 步行	21.5		>3h	6.5
	10min 步行	24.5	吸引原因(多选) Reasons (Multiple choice)	无目的	54.5
	15min 步行	17.0		自然环境	70.0
	>15min 步行	37.0		锻炼健身	94.5
出行方式 Transportation	步行	96.5		会友	37.5
	骑车	2.0		其他	1.0
	公交	1.5			

2.1.3 雾霾对城市绿地出行的影响

考虑到老年人的认知基础,调研中将专业术语“雾霾、 $PM_{2.5}$ ”更换为“粉尘大雾、空气污染”等老人容易理解的词汇。问卷结果显示,几乎全部的老年人在雾霾天都想出门;其中一半以上的老人视程度做判断,较差的空气质量会在一定程度上削弱他们出门活动的欲望。访谈过程中了解到老人的认知大多根据视觉判断,80%

表示在近两年基本没遇到雾霾很严重的情况,这表明老人对雾霾的认知程度与实际情况有偏差。其次,对于雾霾天选择出门(91.5%)或不出门(98.2%)的原因,起主导作用的要素都是锻炼健身。在轻微雾霾天,多数会按照自己的作息习惯,不因雾霾改变出门时段(85%)、时长(76.5%)和距离(94.5%);另有23.5%的老人会缩短出门时长,15%的老人会等雾霾散一点后再出门。访谈发现这部分老年人对雾霾散去的判断就是等太阳出来,或是接近中午和下午,是一种经验性的认知(表4)。

表4 雾霾影响统计表

Table 4 Statistical table of haze impact

选项 Option	比例 Proportion/%	选项 Option	比例 Proportion/%
雾霾天是否出门	不出门 2.0	轻微雾霾天出门时段	不影响 85.0
Go out or not in haze	视程度决定 55.0	Activity period in haze	影响(挑雾霾轻的时候) 15.0
	会出门 43.0	轻微雾霾天出门时长	减至≤1h 21.5
雾霾天出门的原因(多选)	无目的 47.0	Activity duration in haze	减至1—3h 2.0
Reasons for out in haze	自然环境 39.5		不影响 76.5
(Multiple choice)	锻炼健身 91.5	轻微雾霾天出门距离	减至5min 步行 2.0
	会友 31.0	Distance in haze	减至10min 步行 1.5
	就近 41.5		减至15min 步行 1.5
	其他(包括不出门) 3.0		不影响 94.5
雾霾天不出门的原因	对身体不好 56.0		增至>15min 步行 0.5
Reasons for not out in haze	易出交通事故 1.0	轻微雾霾天出门方式	不影响 99.5
	其他(仍会出门) 43.0	Transportation in haze	改为公共交通 0.5

2.1.4 自评报告

问卷最后一部分采用李克特五级量表收集老年人对雾霾于身心状态影响程度的自我评估。将问题变量进行整合,综合统计结果见图4。雾霾主要危害老年人的社会健康(77.6),而对生理健康的负面影响最弱(86.7),尤其对身体健康产生危害的指标最不敏感(89.0)。换言之,雾霾主要通过降低老年人社会联结感以及削弱绿地吸引力(61.8)间接影响老年人健康程度。但整体得分情况也反映出老年人对雾霾潜在的健康隐患不敏感,因此其出行决策受雾霾影响较小。

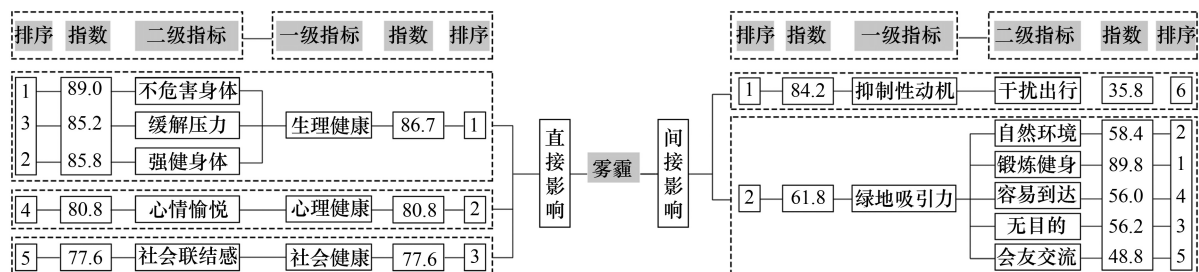


图4 雾霾健康影响自评指标结构图

Fig.4 Structure chart of haze health impact self-evaluation index

在雾霾干扰人出行的程度上,觉得几乎不干扰和干扰程度较小(1—2分)的老人比例占76.5%,大部分老人实际对雾霾不在乎。在轻微雾霾天仍然出门活动的情况下,84%的老人觉得雾霾对身体基本没有负面影响(1—2分)。轻微雾霾天的前提下,吸引老年人出门的原因和程度见图5:第一层次的原因是自然环境和公园可达性(平均分为2.80—2.92)、以及锻炼健身(平均得分最高,4.49),表明老年人出行决策与环境及可达性关系较弱,以外出强身健体为主要目的。第二层次是无目的性去公园,平均得分为2.81,41%(4—5分)和49.5%

(1—2 分)的两极分段表明了无目的下的随机性。第三层次是会友等社交性活动,平均得分为 2.44,众数为 1 分(52.5%)。有 32.5%的老年人觉得即使空气较差,朋友的吸引力仍然更强(4—5 分),说明涉及到多人的社交型活动受影响较大,反映了集体决策的效果。

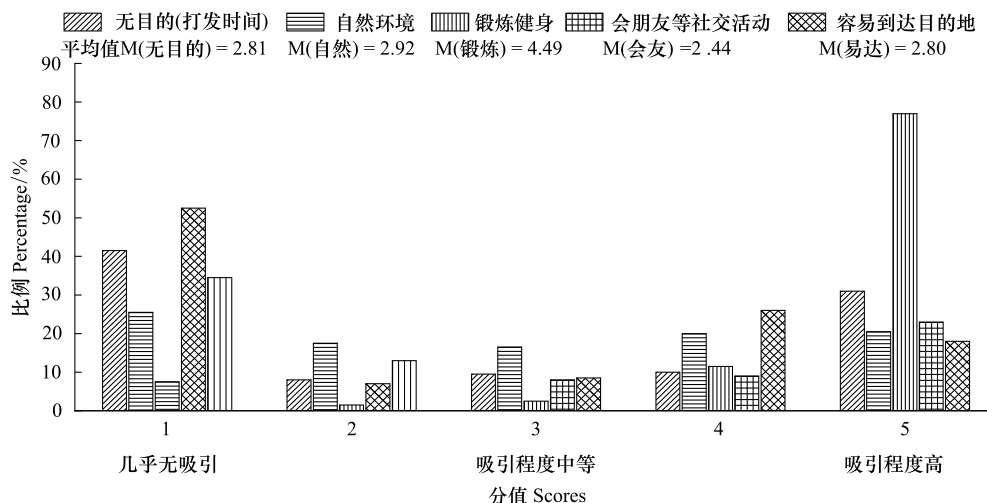


图 5 影响要素自评柱状图

Fig.5 Influence factors self-evaluation histogram

统计影响要素打分为 4—5 分的比例,将其与问卷第一部分非雾霾前提的吸引要素结果做对比。结果表明,雾霾天气的有无对老年人出行吸引原因影响最大的是自然环境,轻微雾霾天仍被自然环境吸引而选择出门的比例相较非雾霾天减少了 29.5%,其次是无目的出行,减少了 13.5%。这说明,雾霾主要通过降低老年人心中绿地自然环境质量以及削弱其出行的无意识来降低老年人去绿地活动的可能性,从而间接影响老年人身心状态。在绿地活动过程中,主要通过降低社会联结感来直接影响老年人身心状态。

根据 WHO(2020)的研究,健康涉及身体、精神和社会福祉三方面。自评报告最后一部分探究轻微雾霾天下,老人坚持去绿地活动后的精神感受。采用心情愉悦,缓解压力,强健身体和社会联结感 4 个指标进行评估,分别对应上述 3 个层面:强健身体和缓解压力针对生理健康;心情愉悦针对个体心理健康;社会联结感对应社会健康。结果表明,50%以上的老年人都为这 4 个指标打了 5 分,体现轻微雾霾对其在绿地活动的整体心理影响不大。其中,心情愉悦、缓解压力和强健身体的平均分都高于 4 分,表明即使存在雾霾,绿地活动仍可提高大部分老年人生理、心理健康的自我评估水平(图 6)。雾霾危害与绿地正面影响的对比揭示老年人普遍低估了绿地雾霾,在对雾霾认知不断增进的情况下,依然对绿地的健康效益具有信心。侧面反映出健康老龄化举措的紧迫性以及积极推动景观环境的适老性优化的重要意义。

2.2 相关性分析结果

依次对六个场地的 $PM_{2.5}$ 浓度和人数、活动类型、综合舒适度做相关性分析。结果表明,在 $PM_{2.5}$ 和场地活动人数方面,仅 C 的 $PM_{2.5}$ 与人数有显著的负相关性,影响程度高($r=0.541, P<0.01$),即 $PM_{2.5}$ 浓度越高,场地内活动总人数越少。而其他场地的 $PM_{2.5}$ 和人数均无显著相关性。在 $PM_{2.5}$ 和场地活动类型方面, A2 的 $PM_{2.5}$ 浓度与体力型活动有显著的正相关性,影响程度高($r=0.531, P<0.01$),即 $PM_{2.5}$ 浓度越高,体力型活动比例越高。B 的 $PM_{2.5}$ 与体力型活动占比有一定正相关,但关联性不大, ($r=0.484, P<0.05$),即空气污染越严重,人们进行健身锻炼等体力型活动占比越高,这两个结果侧面反应人们对雾霾不敏感。在 $PM_{2.5}$ 和综合舒适度方面, B、C、D1 三个场所中,二者有一定程度的负相关性($-0.47 \leq r \leq -0.43, P<0.05$) (表 5)。整体而言, $PM_{2.5}$ 浓度与场地人群活动没有显著的相关性,但是与场地综合舒适度呈显著负相关性($r=-0.400, P<0.01$),表明老年人对雾霾不敏感,雾霾对老年人出行决策影响不大。但是雾霾本身与场地物理气象环境紧密相关,因此,采用

中介效应模型进一步挖掘场地气象环境在雾霾与人之间的关系。

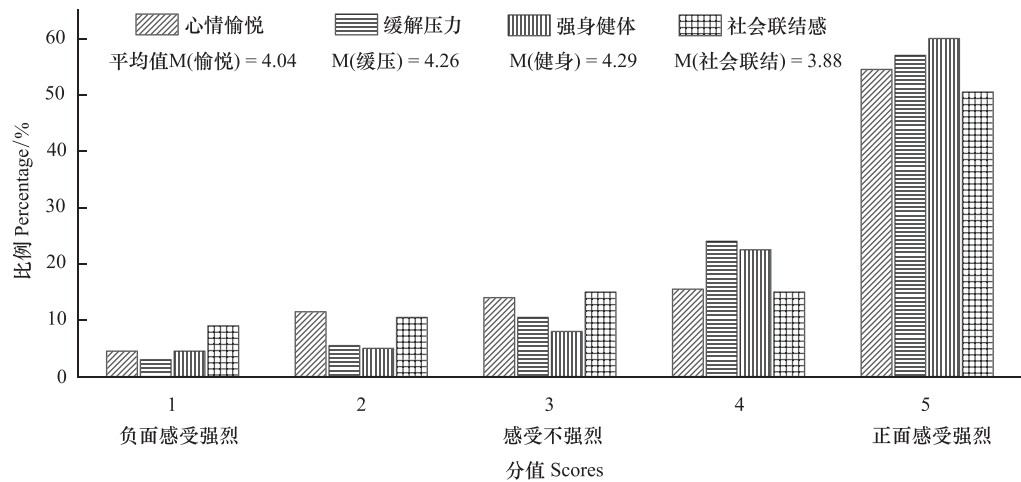


图 6 心理影响自评柱状图
Fig.6 Psychological influence self-evaluation histogram

表 5 相关性分析结果统计表

Table 5 Statistical table of correlation analysis results						
场所 Site	相关性分析 Correlation analysis		人数 Number of people	社交型活动 Social activities	体力型活动 Physical activities	综合舒适度 Comprehensive comfort
A1 汉中门树荫	PM _{2.5}	<i>r</i>	-0.247	-0.195	0.074	-0.377
		<i>P</i>	0.257	0.373	0.736	0.076
A2 汉中门中央广场	PM _{2.5}	<i>r</i>	0.166	-0.109	0.531 **	-0.384
		<i>P</i>	0.450	0.621	0.009	0.071
B1 正大园	PM _{2.5}	<i>r</i>	0.122	0.093	0.484 *	-0.471 *
		<i>P</i>	0.581	0.673	0.019	0.023
C1 滨河广场	PM _{2.5}	<i>r</i>	-0.541 **	-0.208	0.333	-0.463 *
		<i>P</i>	0.008	0.341	0.121	0.026
D1 石头城小广场	PM _{2.5}	<i>r</i>	0.038	-0.281	-0.272	-0.430 *
		<i>P</i>	0.862	0.194	0.209	0.041
D2 鬼脸景点	PM _{2.5}	<i>r</i>	-0.174	0.170	-0.272	-0.366
		<i>P</i>	0.428	0.438	0.210	0.086
整体 Whole	PM _{2.5}	<i>r</i>	-0.104	-0.069	0.079	-0.400 **
		<i>P</i>	0.226	0.421	0.355	0.000

** $P<0.01$, * $P<0.05$; R: 相关系数 Correlation coefficient; S: 显著性 Significance

2.3 中介效应分析结果

以 PM_{2.5} 浓度为自变量, 场地活动人数为因变量, 综合舒适度为中介变量进行中介效应分析(图 7、表 6)。

表 6 中介效应检验结果

Table 6 Mediating effect test results									
项目 Item	<i>c</i> 总效应 Total effect	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i> × <i>b</i> 中介效应 Mediating effect	<i>a</i> × <i>b</i> 95% 置信区间 (95% Boot CI)	<i>c'</i> 直接效应 Direct effect	检验结论 Test conclusion	效应占比公式 Effect proportion formula	效应占比 Effect proportion
PM _{2.5} ≥舒适度≥人数	-0.018	-0.008 **	-1.875 *	0.015	0.019 — 0.157	-0.033 *	部分中介	<i>a</i> × <i>b</i> / <i>c</i>	83.3%

** $P<0.01$, * $P<0.05$

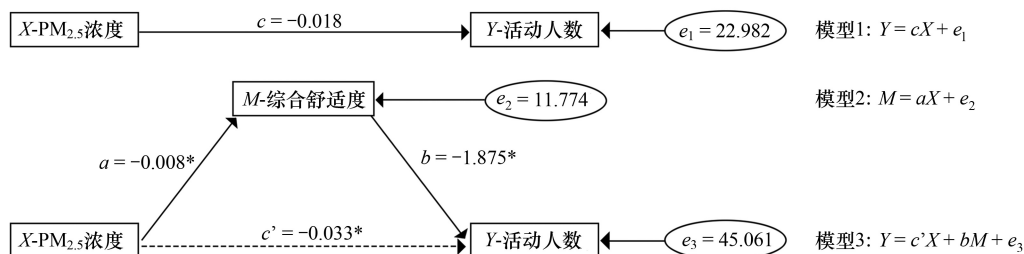


图7 综合舒适度的中介效应模型

Fig.7 Mediating effect model of comprehensive comfort

结果发现, ab 乘积项的 95% CI(置信区间)不包含 0,说明中介变量综合舒适度在 $PM_{2.5}$ 影响人数的关系中具有显著的中介效应。另外, ab (中介效应)与 c' (直接效应)符号相反,直接效应和中介效应都显著,说明综合舒适度为部分中介变量。 $PM_{2.5}$ 对人数的总效应,等于直接效应 -0.033 加上间接效应 0.015 ,总效应为 -0.018 ,中介效应占比为 83.3%。

3 讨论

3.1 绿地中雾霾会对老年人的身心健康产生负面影响

138 次实测数据中,对应时段 $PM_{2.5}$ 浓度达到优良的平均比例仅为 11.6%,六个场地的平均 $PM_{2.5}$ 浓度都在 $180\mu g/m^3$ 以上,按照环境空气质量指数 AQI 规定(HJ633—2012),这个数值属于重度污染。当 $PM_{2.5}$ 在 $150.5—250.4\mu g/m^3$ 时,空气质量为非常不健康,心脏疾病患者、老年人和儿童应避免所有活动^[33]。

同比状态下,可参照的官方气象数据与实测数据有差异,导致老年人并不能准确获取生活中常去的公园绿地真实的空气情况,而这些地点恰恰是他们长期暴露其中,活动联系紧密的场所。此外,关于心情愉悦程度和社会联结感的问卷调研显示:有 16%的老人表示雾霾天使其心情低落,19.5%的老年人表示雾霾使其孤单感加剧。这说明在老人能确认雾霾天的情况下,其对老人的心理健康也存在着负面影响。然而,雾霾危害与绿地活动正面影响的对比结果表明老年人群普遍低估了绿地雾霾的负面危害,侧面反映健康老龄化举措的紧迫性和积极推动景观环境的适老性优化的重要意义。

3.2 绿地中雾霾影响下的老年人出行的认知决策与综合决策

研究发现,对雾霾的初步认知决策不影响老年人群的出行活动,综合舒适度在雾霾对人出行影响中起到显著的中介作用。大部分老年人对雾霾不敏感并缺乏对雾霾及其健康危害的正确认知,多是靠经验性的视觉感知判断。即使有部分老年人关心雾霾指数,常规渠道也难以获得绿地中真实 $PM_{2.5}$ 数值。在实际调研过程中,还询问了受访者对于雾霾整体的认识,仅有 6 位表明对最近某天因雾霾感到身体不适,另仅有 6 位对雾霾有定量认知。

影响老年人出行决策的主要原因还来自活动类型及其对健康的影响力。有高达 91.5%的老年人表示尽管有雾霾,也坚定地认为活动有益健康,出于需要仍选择出门进行各类活动。以雾霾天为先决前提的情况下,可以认为老年人群去公园绿地的决策是基于综合性的判断:包括对雾霾的感知认知程度、各种活动的强大影响力和其他如可达性等因子,而对雾霾危害的认知所起的作用极其有限。

4 结论

本文主要探讨了城市绿地中雾霾对老人的出行决策和身心健康的影响。结果表明绿色公共空间中空气质量并不乐观。但由于对雾霾的认知不足、感知模糊以及心理上的忽视,老年人不能做出日常去公园活动的合宜决策,存在较大健康隐患。

本研究揭示的老年人对雾霾的认知决策与雾霾健康隐患之间的反差,反映出绿地空气质量提质升级的必

要性,在《“健康中国 2030”规划纲要》强调的健康老龄化理念下的人居环境建设中有一定借鉴意义。此外,考虑到官方气象数据与实测数据的差异,提出以下建议:在公园中增设相关仪器,实时监测绿地 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度和其他健康相关指标,使老年人能直观、方便地获取公园绿地的空气情况,起到提示作用;将来可根据官方测量站点所处高程,探索基于高程差异弥合近地面数值的技术手段;加强普及雾霾知识,帮助老年人对空气污染有正确的防范;改善室内空间设计,为老年人在雾霾天提供合适的室内活动场所;完善未来公园绿地的智能化设备,顺应智慧城市的发展趋势;在跨学科合作的基础上,积极探索景观设计手段,从设计角度改善公园环境微气候,提升绿地空气质量。比如增加面向污染源的遮蔽度,形成通风廊道,因地配置吸尘能力强的植物,合理配置植物群落来增加对 $\text{PM}_{2.5}$ 的阻滞效果等。

参考文献 (References):

- [1] Dzierzanowski K, Popek R, Gawrońska H, Sæbø A, Gawroński S W. Deposition of particulate matter of different size fractions on leaf surfaces and in waxes of urban forest species. *International Journal of Phytoremediation*, 2011, 13(10): 1037-1046.
- [2] 吴春芳, 林勇, 乐建培, 孙倩昀, 汪月娥. 空气污染物 $\text{PM}_{2.5}$ 含量与某城区呼吸系统和心血管系统主要疾病指标阳性检出病例数的相关性研究. *标记免疫分析与临床*, 2017, 24(8): 929-933, 942-942.
- [3] Beamish L A, Osornio-Vargas A R, Wine E. Air pollution: an environmental factor contributing to intestinal disease. *Journal of Crohn's and Colitis*, 2011, 5(4): 279-286.
- [4] 秦晓健, 万方宁, 张海梁, 戴波, 施国海, 朱耀, 叶定伟. 空气污染 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与癌症的关系//第八届中国肿瘤学术大会暨第十三届海峡两岸肿瘤学术会议. 济南: 中国抗癌协会, 2014: 84-84.
- [5] 林琳, 朱旭, 江光荣. 雾霾对地区 GDP 增长率的影响: 抑郁情绪的中介效应. *心理科学*, 2018, 41(3): 627-632.
- [6] Dimitriou K, Kassomenos P. Local and regional sources of fine and coarse particulate matter based on traffic and background monitoring. *Theoretical and Applied Climatology*, 2014, 116(3/4): 413-433.
- [7] Tian L, Hou W, Chen J Q, Chen C N, Pan X J. Spatiotemporal changes in $\text{PM}_{2.5}$ and their relationships with land-use and people in Hangzhou. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(10): 2192.
- [8] Chen Z Y, Cai J, Gao B B, Xu B, Dai S, He B, Xie X M. Detecting the causality influence of individual meteorological factors on local $\text{PM}_{2.5}$ concentration in the Jing-Jin-Ji region. *Scientific Reports*, 2017, 7(1): 40735.
- [9] Yang H O, Chen W B, Liang Z F. Impact of land use on $\text{PM}_{2.5}$ pollution in a representative city of middle China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, 14(5): 462.
- [10] Cui P Y, Li Z, Tao W Q. Wind-tunnel measurements for thermal effects on the air flow and pollutant dispersion through different scale urban areas. *Building and Environment*, 2016, 97: 137-151.
- [11] Zhu C Y, Zeng Y Z. Effects of urban lake wetlands on the spatial and temporal distribution of air PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ in the spring in Wuhan. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018, 31: 142-156.
- [12] 曹文珺. 基于环境行为学的城市社区户外空间适老化设计研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2020: 95.
- [13] Garvin T, Nykiforuk C I J, Johnson S. Can we get old here? Seniors' perceptions of seasonal constraints of neighbourhood built environments in a northern, winter city. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 2012, 94(4): 369-389.
- [14] Levy-Storrs L, Chen L, Loukaitou-Sideris A. Older adults' needs and preferences for open space and physical activity in and near parks: a systematic review. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2018, 26(4): 682-696.
- [15] Kemperman A, Timmermans H. Green spaces in the direct living environment and social contacts of the aging population. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 129: 44-54.
- [16] Gehl J. *Public Spaces, Public Life*. Copenhagen: Danish Architectural Press, 2004: 110-115.
- [17] Qin J, Zhou X, Sun C J, Leng H B, Lian Z W. Influence of green spaces on environmental satisfaction and physiological status of urban residents. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2013, 12(4): 490-497.
- [18] Pui D Y H, Chen S C, Zuo Z L. $\text{PM}_{2.5}$ in China: measurements, sources, visibility and health effects, and mitigation. *Particuology*, 2014, 13: 1-26.
- [19] Santiago J L, Buccolieri R, Rivas E, Calvete-Sogo H, Sanchez B, Martilli A, Alonso R, Elustondo D, Santamaría J M, Martín F. CFD modelling of vegetation barrier effects on the reduction of traffic-related pollutant concentration in an avenue of Pamplona, Spain. *Sustainable Cities and*

- Society, 2019, 48: 101559.
- [20] Han L, Zhao J Y, Gao Y J, Gu Z L, Xin K, Zhang J X. Spatial distribution characteristics of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in Xi'an City predicted by land use regression models. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 61: 102329.
- [21] Cai L Y, Zhuang M Z, Ren Y. A landscape scale study in Southeast China investigating the effects of varied green space types on atmospheric $PM_{2.5}$ in mid-winter. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020, 49: 126607.
- [22] Qiu L, Liu F, Zhang X, Gao T. The reducing effect of green spaces with different vegetation structure on atmospheric particulate matter concentration in Baoji city, China. *Atmosphere*, 2018, 9(9): 332.
- [23] 闫珊珊, 洪波. 公园绿地不同景观空间 $PM_{2.5}$ 分布特征及其影响因素研究. *风景园林*, 2019, 26(7): 101-106.
- [24] Gao T, Liu F, Wang Y, Mu S, Qiu L. Reduction of atmospheric suspended particulate matter concentration and influencing factors of green space in Urban Forest Park. *Forests*, 2020, 11(9): 950.
- [25] 于璐, 王誉洁, 孙丰宾, 童群, 施思, 晏海, 邵锋. 植物群落不同垂直高度对 $PM_{2.5}$ 浓度的影响. *中国城市林业*, 2019, 17(1): 1-5.
- [26] Leonard R J, McArthur C, Hochuli D F. Particulate matter deposition on roadside plants and the importance of leaf trait combinations. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2016, 20: 249-253.
- [27] 范舒欣, 李逸伦, 李坤, 张梦园, 郝培尧, 董丽. 城市绿地植物群落特征对亚微米颗粒物的影响. *生态学报*, 2021, 41(1): 213-223.
- [28] Liu B Y, Chen Y, Xiao M. The social utility and health benefits for older adults of amenity buildings in China's Urban Parks: a Nanjing case study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(20): 7497.
- [29] 任斌斌, 李延明, 卜燕华, 刘婷婷. 北京冬季开放性公园使用者游憩行为研究. *中国园林*, 2012, 28(4): 58-61.
- [30] 陆鼎煌, 吴章文, 张巧琴, 李礼, 俞广浩, 龚海南. 张家界国家森林公园效益的研究. *中南林学院学报*, 1985, (2): 160-170.
- [31] 方杰, 张敏强. 中介效应的点估计和区间估计: 乘积分布法、非参数 Bootstrap 和 MCMC 法. *心理学报*, 2012, 44(10): 1408-1420.
- [32] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展. *心理科学进展*, 2014, 22(5): 731-745.
- [33] 环境保护部. HJ 633—2012 环境空气质量指数(AQI)技术规定. 北京: 中国环境科学出版社, 2016.