恢复性自然环境对城市居民心智健康影响的荟萃分析及规划启示

A Meta-analysis of Restorative Nature Landscapes and Mental Health Benefits on Urban Residents and Its Planning Implication

陈箴 翟雪倩 叶诗韵 张颖倩 于珏
Chen Zheng, Zhai Xueqian, Ye Shiyun, Zhang Yingqian, Yu Jue

摘要: 研究证明, 自然对于城市居民的心智健康有一定的修复作用。为了系统性验证这种修复作用的效果, 本文根据相关关键词和两篇标志性论文引用筛选出 63 篇相关论文, 并在此基础上对其中描述统计数据汇报完整的 21 篇文献结论进行了量化荟萃分析。文献证据表明, 人们主观上认为短时自然体验具有恢复性 (标准化均值差 SMD, Standardized Mean Differences=1.28), 自然的这种恢复性在具体健康影响上主要体现在对情绪的有效调节 (SMD=1.37) 和对压力的有效减低 (SMD=-1.00), 但对以注意力为主认知能力改善的文献证据, 目前尚不明显 (SMD=0.10) 且仍存在一定矛盾, 需要进一步研究。

Abstract: Evidences suggest that a negative impact of urban built environment on residents' mental health, while nature environment reveals a restorative effect on this negative impact. This study extracts 63 related papers based on keywords and citation tracking of two key references, and examines 21 literatures with complete descriptive statistics through quantitative meta-analysis. Results reveal that nature restorative effect is perceived after short-term exposure (Standardized Mean Differences, SMD=1.28). The health benefits of nature are primarily found in emotion regulation (SMD=1.37) and arousal/stress reduction (SMD=-1.00). The impact on attention and related cognitive performance is insignificant (SMD=0.10) with conflicting results which require further investigation.

关键词: 恢复性环境; 注意力恢复理论; 减压理论; 自然健康效应

Keywords: Restorative Landscape; Attention Restoration Theory; Stress Reduction Theory; Health Benefits of Nature

国家自然科学基金 (51408429), 浦江人才 (14PJJC099), 同济大学高密度人居环境实验室项目, 中央高校基本科研业务费专项资金, 同济大学建筑设计研究院 (集团) 有限公司重点项目研发基金, 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室自主与开放课题 (2015KY06) 共同资助

作者: 陈箴, 博士, 同济大学建筑与城市规划学院景观学系助理教授。
zhengchen@tongji.edu.cn

翟雪倩, 代尔夫特理工大学景观硕士研究生

叶诗韵, 上海建工设计研究院有限公司

张颖倩, 同济大学建筑与城市规划学院景观学系硕士研究生

于珏, 同济大学外国语学院助理教授

1 研究背景

1.1 建成环境对健康的影响

随着城市化的加速和城市人口的增加, 在人们生活水平显著提高的同时, 各种城市疾病越来越突出。自 20 世纪末中国城市化进程持续增长, 城市化率以年均 1 个百分点持续增加了 20 余年^[1]。以上海为例, 2005—2014 年 10 年间, 城市人口增长 29%, 约 489 万人, 建成区面积从 820 km² 增长到 999 km², 而近五年新增建成区面积一直维持在 15% 左右^[2]。随着城市化进程的推进, 城市中的各种疾病日趋蔓延, 心理问题日益突出。近几年实证调查研究数据表明, 中国的城市化发展对城市居民心理健康的影响, 已影响到大脑功能, 并导致精神疾病的发病率增加及病症加重^[3-5]。

越来越多的研究开始探索城市生活和情绪行为障碍 (Emotional and Behavior Disorder)、心境障碍 (Mood Disorder)、神经系统疾病等的统计关系——已成为城市健康研究的国际研究前沿热点。托斯特 (Tost) 等人 2015 年在《自然—神经科学》(Nature Neuroscience) 上就城市环境对居民健康的影响进行了综述^[6]。他们指出尽管城市居民一般生理健康水平优于乡村居民 (主要是因为教育、经济、医疗设施), 但精神健康却低于乡村居民; 且 15 岁以前所居住的城市环境对心理健康的负面影响最为显著。目前解释城市社会环境对精神健康影响的主流理论是社会漂移理论 (Social Drift), 即不良的精神健康水平导致社会水平向下移动。托斯特等指出, 城市环境对心智健康的影响主要来源于两大类心理压力源: 一个是高复杂度、高异质性、高变化率的城市景观及其中有害的社会环境, 另一个是被迫缩短的社会距离以及对个人空间的入侵。

对于城市规划设计师而言, 我们对下面这些问题感兴趣: 暴露在不同的环境中, 将如何影响人们的应激反应和情

绪,进而如何影响人们的心智健康和认知能力?是否可以通过研究人对于不同环境的情绪反应以及认知能力变化,设计更有利于人心智健康的城市环境?西方关于环境感知的研究表明,对比建成环境,更多接触自然环境对城市居民的生理及心理健康都有恢复性的良性影响^[7-15]。按照马斯(Maas)等人就绿地布局和流行病分布的相关统计结果表明,在公园1 km半径内居住,经常接触绿地的居民,其冠心病、脖颈及肩周疾病、背部疾病、抑郁、焦虑、上呼吸道感染、气喘、偏头疼、头晕、肠道疾病、尿路感染等诸多疾病的发病率显著低于居住在离公园更远地区的居民^[16,17]。

自然环境对人的健康影响,可以概括为情绪健康和认知健康两个方面,统称为心智健康。其中情绪健康主要包括减轻焦虑等负面情绪促进正面情绪^[18]、降低血压^[19]、减缓压力^[20]等。认知健康主要表现在提高注意力^[18]和改善工作记忆^[18,21]两方面。也有一部分将情绪和认知两种影响结合考虑,评价为自然环境的综合恢复性体验^[22,23]。

1.2 理论背景及主要研究进展

1.2.1 有关情绪的理论

因为大部分恢复性影响集中体现在情绪和认知能力上,所以在了解自然对人的恢复性健康影响之前,必须先了解环境心理学关于情绪的理论。拉塞尔(Russell)把情绪的文字描述进行主成分分析^[24],发现大部分情绪可以简化成一个二维模型(图1)。

拉塞尔指出复杂的情绪可以被简单的理解成两个主要维度,一个是和偏好程度相关的情绪效价(Valence),即图中

图1 拉塞尔情绪模型
资料来源:参考文献[24]

的Y轴,从喜欢(第一、第二象限)到不喜欢(第三、第四象限);另一个和兴奋程度相关的情绪唤醒度(Arousal),即图中的X轴,从低兴奋度(第二、第三象限)到高兴奋度(第一、第四象限)。研究情绪的认知心理学综述指出,将情绪效价和唤醒度分开测量集中分析的效果,其效果要远好于离散的情绪指标测量^[25]。

1.2.2 自然环境对健康恢复性影响的理论

主流学术观点认为自然环境比起建成环境,具备对情绪和认知的某种正面修复性效应。证明自然对心智健康的这种修复效应主要有三种研究方法:流行病学研究、问卷调查和实验^[26]。其中实验方法能够更严格地控制工作压力、医疗水平、经济水平等影响健康的其他外部因素。目前实证表明自然环境对人的恢复性健康影响主要体现在以下四个方面。

(1) 对情绪效价的影响。一般来讲,更加自然的环境刺激容易引发更加正面的情绪,而更加城市化的环境却更容易引起负面的情绪^[10],持续的负面情绪对心智健康是有害的。情绪效价方面的研究,同审美偏好研究^[27-29]有密切的联系。

(2) 对唤醒度的影响。卡普兰(Kaplan)的减压理论(Stress Reduction Theory)认为恢复性主要体现在生理心理应激兴奋及其引发的疲劳的恢复上^[30,31]。乌尔里希(Ulrich)指出人对于各种(包括环境在内的)刺激下产生不同程度的心理或生理兴奋反应(即唤醒),这种反应往往是不受文化社会影响的一种本能反应^[30]。持续一定时间的兴奋/压力容易引起疲劳,持续的兴奋状态对心智健康是有害的。自然环境能够缓解这种生理或心理的兴奋,而大部分城市环境只会加剧这种兴奋。

(3) 对认知能力(主要是注意力)的影响。卡普兰的注意力恢复理论(Attention Restoration Theory)认为自然的恢复性主要体现于对注意力的恢复^[32]。他指出注意力分为两种:一种需要消耗精力,比如读书、工作等;一种不需要消耗精力,比如观察自然。前一种持续一定时间以后注意力会耗损,人会疲倦;而后一种不需要消耗精力的注意力活动对前一种需要消耗精力的注意力有一种修复效果。所以在我们工作了一段时间疲倦的时候,看一会儿自然甚至是自然的照片可以帮助我们更好地集中精力工作。

(4) 对主观恢复性综合评价的影响。在卡普兰注意力恢复性理论基础上,哈蒂格(Hartig)针对恢复性环境的四大特征(远离度[Being Away]、魅力度[Fascination]、延展性/和谐性[Extent/Coherence]、相容性[Compatibility])设计了主观恢复性量表^[33],并在此基础上进一步拓展了活力、新颖性等特征。

学者往往认为环境对情绪效价、唤醒度、认知能力和主观恢复性综合评价这四方面是相互影响、相互作用的^[30,32,34]。虽然有越来越多的实验实证支持环境对人的情绪、认知等心智健康的影响，但由于大部分研究实验样本量比较小，测量关注的方面也有限，造成研究之间的结论前后一致性较弱，结论的外在效度（External Validity）欠佳。虽然有一些综述^[7-9]和荟萃分析^[15]的文献，但尚无分类统计的荟萃分析。故本文将分别按照情绪效价、唤醒度、认知能力和主观恢复性综合评价这四方面，对建成环境和自然环境对于情绪的影响进行分类的量化分析。

2 研究目的及方法

2.1 研究目的

为了对建成环境和自然环境对人的情绪和认知等心智健康的实证影响有一个更完整的视角，研究搜集了在建成环境和自然环境中短期暴露对人心智健康影响的相关文献，就其在主观恢复性综合评价、情绪效价、唤醒度、认知能力等四个方面的影响进行了荟萃分析，并对其效应进行系统量化分析，旨在更好地量化自然和城市建成环境在这四方面对人的心智健康的影响。研究将回答以下具体问题：

- （1）目前针对自然和城市建成环境对人们心智健康影响的实验，分别主要采用什么测量手段和指标来描述并测量主观恢复性综合评价、情绪效价、唤醒度和认知能力？
- （2）就目前文献的实证证据而言，自然和城市建成环境对人心智健康的影响，从这四方面来讲，究竟差异有多大？
- （3）有没有新的技术和手段可以帮助我们更好地测量不同环境对这四个方面心智健康的影响？

2.2 研究方法

本研究采用了荟萃分析（meta-analysis, 又称元分析）方法。荟萃分析是采用将若干实验结论通过统计标准化手段进行整合，得出可靠性高的整合评价方法^[35]。荟萃分析中评价各实验最重要的标准化指标是效应量（Effect Size）^[36]，本文采用了效应量测度最常用的指标之一——标准化均值差（SMD: Standardized Mean Difference），用来描述自然环境和城市环境对心智健康影响的差异。

本研究在 Google Scholar、ScienceDirect 和 WebofScience 等数据库中，利用恢复性环境（Restorative Landscape），注意力恢复理论（Attention Restoration Theory），减压理论（Stress Reduction Theory），绿色 / 自然（Green/Nature）的健康效应 / 幸福感（Health Benefit/Well-being）等作为关键词组合，并根据卡普兰^[32]和乌尔里希^[20]的两篇标志性文献作为被引指标进行进阶搜索，初步统计获得文献 131 篇。去除重复以及同主题关系弱的，进一步获得 63 篇关于建成环境和自然对人们心智健康影响的文献（表 1）。我们对这 63 篇文献考察的具体实验环境、关注方面以及具体采用的测量指标进行了分析。可以看到，大部分文献主要考量的是自然和城市建成环境的对比。但值得注意的是，这些文献对于自然和城市的界定标准并不统一。自然既包括原生自然，也包括人工自然的环境；而城市同样也包括有一定绿化和完全没有绿化的两种城市建成环境；然而几乎没有文献同时考察了原生自然、人工自然、有绿化建成环境、无绿化建成环境这四级梯度的景观类型。所以需要进一步量化不同自然梯度对人的恢复性影响，还有赖于景观类型更为完整的实验设计。

表 1 建成环境和自然对心智健康影响的文献列表（n=63）

编号	作者	时间	景观类型				关注点	测量指标
			原生自然	人工自然	有绿化建成环境	无自然建成环境		
1	Berman MG et al	2008	—	植物园	安娜堡市中心		注意力	倒序数字广度, ANT
2	Berto R	2005	高恢复性自然	—	低恢复性城市		注意力	SART 正确率, 反应时间, D-prime
3	Berto R	2007	湖泊自然	—	城市街道	—	—	自评情绪
4	Berto R	2010	自然（高低恢复性）	—	城市（高低恢复性）	—	注意力	正确率及反应时间, 自由回忆平均得分
5	Bodin M, Hartig	2003	自然 / 野生动物保护区	—	街道 / 居住区	—	情绪、注意力	自评情绪、注意力测试
6	Butryn TM, Furst	2003	—	公园	街道 / 居住区	—	情绪	自评情绪
7	Chang et al	2008	—	窗外自然的办公室	—	窗外城市	情绪、注意力	—
8	Cuvo AJ et al	2001	—	室外绿色环境（未准确定义）	—	室内客厅	投入	特定动作观察
9	Diette GB	2003	山涧牧场、自然之声	—	—	无自然景观或声音	疼痛感、焦虑感	自述健康状况
10	Grahn P	1997	—	—	高自然度学校操场	低自然度学校操场	生病天数、注意力、运动机能	注意力测试、行为观察、运动机能测试

续表

编号	作者	时间	景观类型				关注点	测量指标
			原生自然	人工自然	有绿化建成环境	无自然建成环境		
11	Harte JL, Eifert	1995	—	—	大学校园	健身房/实验室、购物中心和室内	情绪、生理变量	自评情绪、血压或心率、激素水平（肾上腺素）
12	Hartig T	2003	树林、自然保护区	—	—	高密度办公区、零售业	压力、愤怒、攻击性、血压	注意力测试、情绪测试、血压
13	Hartig T et al	1991	公园、荒野	—	街道/居住区	—	情绪、注意力、生理变量	自评情绪、注意力测试、血压或心率
14	Hartig T et al	1997	自然	—	城市	—	—	自评情绪
15	Hartig T et al	1999	—	花园	街道/居住区	—	情绪、记忆回顾	自评情绪
16	Hartig T et al	2003	自然/野生动物保护区	—	街道/居住区	—	情绪、注意力、生理变量	自评情绪、注意力测试、血压或心率
17	Hartig T, Staats	2006	森林（无人）	—	斯德哥尔摩市区	—	—	自评情绪，自评注意力
18	Heerwagen J	1990	自然	—	—	白墙	压力、平静、紧张感、心率	自评情绪，自评注意力
19	Herzog R et al	1997	自然	—	城市	—	—	活动适宜性
20	Herzog R et al	2003	自然	—	城市	—	—	自评情绪
21	Herzog TR, Chernick	2000	不同开放度森林	—	不同开放度城市	—	平静、危险感	访谈、问卷
22	Hull RB, Michael	1995	—	公园	—	健身房/实验室、购物中心和室内	情绪	自评情绪
23	Isaacs AJ et al	2007	—	公园	街道/居住区	—	情绪、身体活动量	根据问卷自评情绪、身体和心理健康
24	Kaplan R	1993	—	含自然要素景观	—	不含自然要素景观	生活积极性、满意度、耐心、挫败感、健康状态、恢复效果	自评情绪状态
25	Kaplan S et al	1989	—	含自然要素景观	—	无景观、不含自然要素景观	小病、职业满意度	自评情绪状态
26	Kerr JH et al	2006	—	—	大学校园	实验室	情绪	自评情绪
27	Kuo FE	1998	—	—	小区内绿化率（四等级）	—	社会联系、安全度、调整能力	邻里社交关系测试、问卷、访谈
28	Kuo FE	2001	—	住宅窗外树远景有建筑	住宅窗外高楼有草地	—	认知能力	DSB, 生活自理能力
29	Kuo FE, Sullivan	2001a	—	—	小区内绿化率（四等级）	—	攻击行为、犯罪率	犯罪率
30	Kuo FE, Sullivan	2001b	—	住宅窗外树远景有建筑	住宅窗外高楼有草地	—	注意力、攻击性、暴力	犯罪率
31	Kuo FE, Taylor	2004	—	室外绿色环境（未准确定义）	街道/居住区	健身房/实验室/购物中心和室内	注意力、父母评价	注意力测试、多动症症状
32	Laumann K et al	2001	自然/森林自然	公园	城市	—	—	自评情绪
33	Leather P	1998	—	窗景自然度	—	—	工作压力、满意度、整体幸福感	自评情绪状态
34	Li Q et al	2008	森林	—	街道/居住区	—	生理变量、免疫功能、睡眠时间	激素水平（皮质醇、肾上腺素）、免疫球蛋白浓度或NK活性、T淋巴细胞、白细胞数量
35	Lohr PM	2006	—	多树型城市背景	—	无生命城市背景	情绪回应、血压、皮肤温度	皮肤导电率、血压
36	Maas J	2006	—	—	居住区绿地数量（半径1,3 km）	—	总体健康度	自述健康状况
37	Moore EO	1981	—	农场、树	—	监狱	压力、患病率	患病率
38	Nakamura R, Fujii	1992	—	—	篱笆	混凝土围墙	放松效果、EEG、压力	大脑活动、
39	Ottosson J, Grahn	2005	—	含果树、不同花种园林	—	室内环境	集中力、心率、血压	注意力测试、血压、心率

续表

编号	作者	时间	景观类型				关注点	测量指标
			原生自然	人工自然	有绿化建成环境	无自然建成环境		
40	Park BJ et al	2007	森林	—	—	—	情绪、生理变量、大脑活动	自评情绪、激素水平（皮质醇等）、绝对血红蛋白浓度
41	Peacock J et al	2007	—	公园	—	健身房 / 实验室、购物中心和室内	情绪	自评情绪
42	Plante TG et al	2006	—	—	大学校园	健身房 / 实验室、购物中心和室内	情绪	自评情绪
43	Plante TG et al	2007	—	—	大学校园	健身房 / 实验室、购物中心和室内	情绪	自评情绪
44	Purcell TG et al	2001	湖泊自然	—	城市街道		—	自评情绪
45	Scholz U, Krombholz	2007	森林	—	街道 / 居住区	—	生理变量、运动操作	血压或心率
46	Staats H	1997	不同开放度可达性的森林景观	—	—	—	满足感	自评情绪状态
47	Staats H	2003	高密度森林区、路径、无人	—	—	购物街、交通、居住区、城市公园、有人	注意力	访谈、问卷
48	Staats H, Hartig	2004	自然	—	城市		—	自评情绪
49	Stigsdotter UA	2004	—	—	工作场所绿化率、园林可达性（四等级）	—	舒适度、满足感、整体幸福感、压力	访谈、问卷
50	Taylor FA	2002	—	窗景自然度（四等级）	—	—	男女性自律性	行为观察、注意力测试
51	Taylor FA et al	2001	—	室外绿色环境（未准确定义）	—	街道 / 居住区 / 健身房 / 实验室 / 购物中心和室内	注意力、父母评价	注意力测试、多动症症状
52	Taylor FA, Kuo	2009	—	公园	街道 / 居住区	—	注意力	注意力测试
53	Teas J et al	2007	—	—	大学校园	健身房 / 实验室、购物中心和室内	情绪、生理变量	自评情绪、血压或心率、激素水平（唾液淀粉酶）
54	Telles S, Srinivas	1998	—	花园	—	—	生理变量	血压或心率
55	Tennessen CM, Cimprich	1995	自然	有道路的自然	中远的有自然的建筑群	很近的建筑		注意力，情绪
56	Tsunetsugu Y et al	2007	森林	—	—	—	情绪、生理变量、免疫功能	自评情绪、血压或心率、激素水平、免疫球蛋白浓度或NK活性、T淋巴细胞、白细胞数量
57	Ulrich RS	1979		耕地	工商业		焦虑感、悲伤感	自评情绪
58	Ulrich RS	1981		耕地、水体	工商业		身心状态、alpha、情绪	问卷、访谈、大脑活动、心率、血压
59	Ulrich RS	1984	—	树	—	砖墙	抱怨、住院天数、止痛剂剂量、护士评价	止痛剂剂量、住院天数、
60	Ulrich RS	1991	—	种植、水体	—	交通、人行道	恐惧感、愤怒感、注意力、接受能力、恢复效果、压力缓解能力	血压、皮肤导电率、肌肉紧缩度、心率
61	Van den Berg AE	2003	森林、水体	—	一侧或两侧临河街道	—	恢复能力、快乐、愤怒、压抑、紧张、压力感、注意力	注意力测试、情绪测试
62	Wells NM	2000	—	窗景自然度（五等级）		—	—	行为观察
63	Yamaguchi M et al	2006	森林	—	街道 / 居住区	—	生理变量	激素水平（唾液淀粉酶）

资料来源：作者整理

在 63 篇文献的基础上, 研究进一步去除了未能成功获得原文的样本 ($n=7$), 没有同时汇报方差和均值的样本 ($n=20$), 或不涉及自然和建成环境对比的样本 ($n=8$), 以及其他原因 ($n=7$), 最终筛选出 21 篇文献 (表 2)。针对这 21 篇文献, 我们进一步考量了实验干预的方法 (如刺激是采用照片还是实景, 参与实验的被试人员是运动的还是静止的等等), 参与实验被试的构成以及招募方式, 实验设计的

类型, 有无前测等。我们特别将主观恢复性综合评价、情绪效价、唤醒度、认知能力四个方面的影响分别列出, 并把不能纳入这四个方面的量化指标一律列入其他。我们可以看到, 在考察的 21 篇文献对于恢复性体验的量化评价中, 主要集中在主观恢复性综合评价、情绪效价和认知水平三个指标, 对于唤醒度的测量相对比较薄弱。

表 2 用于荟萃分析的文献列表 ($n=21$)

编号	作者	时间	干预方法	景观类型				关注点	测量指标					参与人员	招募方式	实验设计	前测	样本量 (n)
				自然环境中的自然 (如森林等)	人工自然 (如公园等)	有绿化的建筑群	无自然要素的建成环境 (街道、室内等)		主观恢复性	情绪效价	唤醒度	认知	其他					
1	Berman MG et al	2008	近 1 小时行走 / 照片	—	植物园	街道 / 居住区	—	情绪、注意力	—	—	—	DSB, ANT	—	大学生	志愿者	随机顺序交叉试验	有	12, 30
2	Berto R	2005	照片	高恢复性自然	—	—	低恢复性城市	注意力	—	—	—	SART 正确率, 反应时间, D-prime	—	大学生	志愿者	相同顺序交叉试验	无	32
3	Berto R	2007	照片	湖泊自然	—	城市街道	—	—	PRS	—	—	—	—	老年人	志愿者	—	—	50
4	Berto R	2010	照片	自然 (高低恢复性)	—	城市 (高低恢复性)	—	注意力	—	—	—	SART 正确率, 反应时间, 记忆	—	大学生	志愿者	相同顺序交叉试验	无	31
5	Bodin M, Hartig	2003	1 小时跑步	自然 / 野生动物保护区	—	街道 / 居住区	—	情绪、注意力	PRS	EFI, NMS	NMS-Anxiety/Depression	DSFB, SDMT	—	积极运动的人	志愿者	随机顺序交叉试验	有	6, 12
6	Butryn TM, Furst	2003	跑步 4 英里	—	公园	街道 / 居住区	—	情绪	—	POMS, EFI, TDRS	POMS-anxiety	—	—	积极运动女性	志愿者	随机顺序交叉试验	有	30
7	Chang et al.	2008	照片	窗外自然的办公室	—	—	窗外城市	情绪、注意力	—	皱眉肌肌电, SAI	BVP	EEG alpha (左右脑各一)	—	大学生	志愿者	随机顺序交叉试验	无	38
14	Hartig T et al	1997	录像 / 现场	自然 (室内室外高 R 低 R 录像现场)	—	城市 (室内室外高 R 低 R 录像现场)	—	—	PRS	—	—	—	—	大学生	志愿者	随机对照试验	无	78
17	Hartig T, Staats	2006	照片	森林 (无人)	—	斯德哥尔摩市区	—	—	PRS	问卷情绪	—	问卷反思	—	大学生	志愿者	随机对照试验	有	104
19	Herzog R et al	1997	照片	自然	—	城市	—	—	compa- libility	—	—	—	—	大学生	志愿者	随机对照试验	无	40, 63
20	Herzog R et al	2003	照片	自然	—	城市	—	—	PRS	—	—	—	—	大学生	志愿者	相同顺序交叉试验	无	90
21	Herzog TR, Chernick	2000	—	森林, 草地	—	不同开放度城市	—	—	—	—	平静感	—	危险性, 开放度, 养护, 自然感	大学生	志愿者	随机顺序抽样交叉试验	无	231
28	Kuo FE	2001	窗户 (长期)	—	住宅窗外树远景有建筑	住宅窗外高楼有草地	—	认知能力	—	—	—	DSB, 生活自理能力	—	公共住宅居民	志愿者	对照试验	无	512

续表

编号	作者	时间	干预方法	景观类型				关注点	测量指标					参与人员	招募方式	实验设计	前测	样本量 (n)	
				自然环境中的自然 (如森林等)	人工自然 (如公园等)	有绿化的建筑群	无自然要素的建成环境 (街道、室内等)		主观恢复性	情绪效价	唤醒度	认知	其他						
30	Kuo FE, Sullivan	2001	窗户 (长期)	—	住宅窗外树远景有建筑	住宅窗外高楼有草地	—	注意力、攻击性、暴力	—	—	—	—	—	公共住宅居民	志愿者	对照试验	无	145	
32	Laumann K et al.	2001	照片 / 录像	自然 / 森林自然	公园	城市		—	PRS	—	—	—	—	大学生	志愿者	相同顺序交叉试验	无	321	
44	Purcell TG et al	2001	照片	湖泊自然	—	城市街道		—	PRS	—	—	—	—	大学生	志愿者	随机对照试验	无	117	
47	Staats H et al	2003	照片	高密度森林区、路径、无人	—	—	购物街、交通、居住区、城市公园、有人	情绪	恢复性	偏好，散步意愿，恢复性评价	—	—	—	思虑评价，社会性刺激评价	大学生	志愿者	随机顺序交叉试验	无	20
48	Staats H, Hartig	2004	照片	自然	—	城市		—	—	PRS	—	—	—	大学生	志愿者	随机对照试验	—	50	
52	Taylor FA, Kuo	2009	行走	—	公园	街道 / 居住区	—	注意力	—	—	—	DSB	—	多动症儿童	志愿者	随机顺序交叉试验	有	34	
55	Tennessen CM, Cimprich	1995	窗户	自然	有道路的自然	中远的有自然的建筑群	很近的建筑	—	—	POMS	POMS-anxiety	DSFB, NCPCT, SDMT, AFI,	—	大学生	志愿者	—	无	36	
61	van den Berg AE et al.	2003	录像	自然 (有水/没水)	—	城市 (有水 / 没水)	—	情绪和注意力	—	POMS	POMS-anxiety	d2 注意力测试	—	大学生	志愿者	随机对照试验	有	106	

资料来源：作者整理

3 研究结论

3.1 环境影响研究中的测量方法

根据环境对心智健康影响的四个主要方面——主观恢复性综合评价、情绪效价、情绪唤醒度和认知能力——分别介绍荟萃分析文献实验主要采用的测量方法。

3.1.1 主观恢复性综合评价

主观恢复性综合评价最主要测量方法是哈蒂格的主观恢复性量表 (PRS: Perceived Restorative Scale)^[37]。该量表主要考察恢复性环境中的远离度 (Being Away)、魅力度 (Fascination)、延展性 / 和谐性 (Extent/Coherence) 和兼容性 (Compatibility) 四个关于环境体验的主观恢复性综合性评价指标。综合主观恢复性指标是对于环境体验的综合性描述，既体现了和情绪效价相关的兴趣 (如魅力度指标)，也体现了潜在的活动可能 (如兼容性)，以及环境认知中和平时环境场景的综合判断 (远离度、延展性 / 和谐性)。

3.1.2 情绪效价

对于情绪效价的测量主要针对情绪描述，考察手段以量表和问卷为主，最常采用的是用来描述实时情绪感受的情绪状态量表 (POMS: Profile Of Mood States) 和正负情绪量表 (PANAS: Positive And Negative Affect Scale)。其他使用的还有针对运动体验的运动导致情绪量表 (EFI: Exercise-Induced Feeling Inventory) 和跑步思虑程度量表 (TDRS: Thought During Running Scale)，针对负面情绪的负面情绪量表 (NMS: Negative Mood Scale) 等。除了量表测量情绪效价之外，也采用问卷和访谈进行考察^[38]，或者直接测量相关表情肌的肌电电压^[39]。

3.1.3 情绪唤醒度

对于情绪唤醒度的测量主要针对焦虑的主观感受和自主神经兴奋，考察手段以量表和生理测量为主。量表方面主要依靠状态焦虑量表 (SAI: State-Anxiety Inventory) 和负面情绪量表的焦虑抑郁指数和情绪状态量表中的焦虑指数。生理

测量方面主要通过采集手指血流脉冲 (BVP: Blood Volume Pulse) [39] 测量唤醒度。

3.1.4 认知能力

对于认知能力的测量主要针对注意力以及短时工作记忆, 考察手段主要采用认知实验。具体实验测量包括正序和倒序的数字广度测试 (DSF/DSB: Digital Span Forward/Backward), 注意维持任务测试 (SART: Sustained Attention to Response Task), 内克尔立方体双向稳态图形测试 (NCPCT: Necker Cube Pattern Control Task), 数字标示测试 (SDMT: Symbol Digit Modalities Test), 注意力网络测试 (ANT: Attention Network Test), 注意力功能测试指数 (AFI: Attention Function Index) 等多种测试方式。认知能力除了采用认知心理学标准测试之外, 也有采用问卷访谈 [38] 和脑电频谱能量 [39] 测量的。

3.2 环境对心智健康影响的效果

我们对 21 个文献中汇报了其均值、方差及有效样本量的有效指标进行筛选总结, 根据具体的指标类型进行进一步分类荟萃分析, 最后分别就指标分类及具体指标观测结果的统计效应量展开汇报。

3.2.1 主观恢复性综合评价

相对于城市环境, 人们对自然环境有更高的恢复性体验 (表 3, 分项综合 SMD=1.28, $p<0.001$)。在哈蒂格恢复性量表的各项指数中, 最能体现自然和城市差距的是远离度 (SMD=2.51, $p<0.001$)。这一定程度反映了在城市化影响的当下, 生活环境中的自然要素逐渐减少, 人们对于自然的向往首先体现在这种可以暂时脱离日常的城市环境的需求上。恢复性量表的其他几个常用指标, 包括延展 / 和谐

性 (SMD=1.38, $p<0.001$)、魅力度 (SMD=0.65, $p<0.001$)、相容性 (SMD=0.85, $p<0.001$), 以及新颖性 (SMD=1.11, $p<0.001$) 都能够捕捉到城市环境和自然环境体验的明显差异, 但活力指标的差异却并不明显。另外, 部分学者 [38,40,41] 采用的恢复性期望指标 (Likelihood of Recovery) 也观测到明显的城市和自然的预期体验差异 (SMD=2.53, $p<0.001$)。值得注意的是, 这种预期差异比实际体验差异更显著, 可能反映了人们的真实体验和加工后记忆之间存在的差异 [42]。换句话说, 自然的恢复性体验可能不仅会引起当下体验的情绪幸福感的提升, 更在体验的记忆加工中被强化, 可能会对体验者的生活满意度造成更显著的影响 [43]。

3.2.2 情绪效价

相对于城市环境, 自然环境能够有效促进正面情绪产生, 缓解负面情绪 (分项综合 SMD=1.37, $p<0.001$)。值得注意的是, 环境暴露对于正面情绪的作用要明显高于对负面情绪。自然环境能更有效地减少愤怒 (SMD=1.99, $p<0.001$) 和抑郁 (SMD=0.052, $p=0.003$) 等情绪, 并有效提高快乐 (SMD=0.63, $p=0.001$) 的情绪。与这种情绪调节一致的, 自然也更能诱发人们的偏好喜爱 (SMD=1.99, $p<0.001$) 和正面综合态度 (SMD=1.54, $p<0.001$)。即使我们不能清楚地解释为什么, 但我们却能够快速指认自己喜欢或者不喜欢的事物, 并且具备高度的一致性 [44]。这是因为我们的大脑除了我们通常意义上的思考之外, 还有一个快速的处理系统, 被卡内曼 (Kahneman) 称为系统 1 [45], 这个系统往往是自下而上的, 不少反应常常是不被人知觉的, 或者说是域下的 [46], 有些则以情绪的形式被知觉。这很可能就是为什么我们能够明确指认比起城市环境我们往往更喜欢自然环境, 但是却并不能很好地说明原因的缘故。在情绪效价指标体系中, 有些指标在本次荟萃分析中并没有显示出足够明显

表 3 恢复性体验的各项指标

指标	标准化均数差 (SMD)			统计检验		权重及来源		
	均数差	95% 置信区间 下限	95% 置信区间 上限	Z 值	p 值	权重 (%)	统计指标数	文献来源 (按权重排序)
综合 PRS 指标	1.738	1.622	1.854	29.45	<0.001	13.24	11	21,14,44,3
分指标——远离度	0.053	-0.037 5	0.481	0.24	0.808	0.97	3	6,5
分指标——延展 / 和谐性	2.533	2.290	2.775	20.50	<0.001	3.02	4	47,19,17
分指标——新颖性	2.506	2.375	2.637	37.43	<0.001	10.29	3	32,21
分指标——相容性	1.377	1.290	1.463	31.11	<0.001	23.57	11	14,21,32
分指标——魅力度	1.041	0.952	1.130	22.94	<0.001	21.75	7	32,21,47,17,19
相关指标——恢复性期望	1.109	0.967	1.251	15.28	<0.001	8.75	2	32
相关指标——活力	0.619	0.527	0.711	13.15	<0.001	20.83	3	21,32
分项综合	1.280	1.238	1.322	61.85	<0.001	100	44	计算得出

资料来源: 作者整理

的效应，比如 POMS 量表的综合指标及情绪混乱度指标，以及根据 PANAS 量表测量出的正情绪强度等（表 4）。

3.2.3 情绪唤醒度

相对于城市环境，自然环境能够有效平复潜在的情绪唤醒，让人们恢复平静（分项综合 SMD=-0.99, $p<0.001$ ）。值得注意的是，对自主神经的生理测量，如 BVP 血流脉冲（SMD=-25.34, $p<0.001$ ），可以很明显地考察情绪唤醒度，这比考察脑电 alpha（SMD=0.00, $p=0.984$ ）这样的复杂的中枢神经或如焦虑（SMD=0.63, $p=0.007$ ）、焦虑 / 抑郁（SMD=-0.32, $p=0.442$ ）、紧张（SMD=-0.45, $p=0.022$ ）这样的人的域上情绪知觉要明显很多。这和大脑系统 1 中的大量自下而上的情绪知觉加工是一致的^[45]（表 5）。

3.2.4 认知水平（注意力）

对认知水平的考察主要集中于对注意力的研究。相对于城市环境，自然环境对于认知水平的提高并不十分明显（分项综合 SMD=0.10, $p=0.062$ ）。对于注意力，自然体验究竟是

提高了还是降低了，存在貌似冲突的结论。这种冲突可能是因为自然对于认知水平的影响是综合的。一方面自然环境能够提高人的短时记忆力（SMD=0.46, $p<0.001$ ），这和卡普兰的注意力恢复理论的主张是一致的^[32]；另一方面，考察更为高级的具体功能性注意力网络时，可以发现经过短暂的自然环境体验后，人的执行网络（SMD=-0.185, $p<0.001$ ）、方位网络（SMD=-2.77, $p<0.001$ ）和警觉网络（SMD=-1.02, $p<0.001$ ）都有一定下降，而城市体验后却无此现象。目前尚缺乏足够的实验证据解释为什么会出现这种现象（表 6）。

4 规划设计建议

自然对心智健康有明显的影响，但很多城市居民接触自然的机会非常有限，特别是原生自然。出于规划设计考虑，哪些规划设计措施能够最有效地提高城市居民心智健康？

（1）合理化城市绿地系统布局，改善城市绿地的可达性
城市中的人工自然环境（如公园、绿色开放空间）能够有效提高城市周边居民的心智健康水平。同样进行半小时到一小时的体育锻炼（行走或慢跑），在人工自然环境中锻炼

表 4 情绪效价的各项指标

指标	标准化均数差 (SMD)			统计检验		权重及来源		
	均数差	95% 置信区间下限	95% 置信区间上限	Z 值	p 值	权重 (%)	有效指标数	文献来源 (按权重排序)
偏好喜爱	1.99	1.86	2.13	28.80	<0.001	47.12	4	21,47,44
态度 (正面) *	1.54	1.34	1.73	14.96	<0.001	21.33	8	47,48,17
愤怒 (减少) *	0.72	0.35	1.10	3.78	<0.001	6.16	2	63,5
快乐	0.63	0.24	1.02	3.18	0.001	17.98	1	63
抑郁 (减少) *	0.52	0.17	0.86	2.93	0.003	22.93	2	63,55
POMS 综合	0.17	-0.56	0.90	0.46	0.645	5.13	1	55
PANAS 正情绪	0.10	-0.40	0.61	0.39	0.693	10.68	1	6
情绪混乱度 (减少) *	0.07	-0.44	0.57	0.26	0.796	10.69	1	6
皱眉肌肌电 (减少) *	-0.54	-1.00	-0.08	2.31	0.020	13.06	1	7
分项综合	1.37	1.28	1.46	28.87	<0.001	100.00	12	计算得出

注：标注 * 的负情绪效价变量被翻转正负计算

资料来源：作者整理

表 5 情绪唤醒度的各项指标

指标	标准化均数差 (SMD)			统计检验		权重及来源		
	均数差	95% 置信区间下限	95% 置信区间上限	Z 值	p 值	权重 (%)	统计指标数	文献来源 (按权重排序)
焦虑 / 抑郁 *	-0.32	-1.13	0.50	0.77	0.442	4.27	2	5
焦虑	0.63	0.17	1.09	2.69	0.007	13.31	1	7
紧张	-0.45	-0.84	-0.06	2.28	0.022	19.03	1	63
压力	-0.50	-0.89	-0.11	2.54	0.011	18.92	1	53
平静 *	-5.18	-5.60	-4.77	23.39	<0.001	16.32	3	20, 5
脑电 alpha*	0.00	-0.32	0.32	0.02	0.984	27.99	2	7
血流脉冲 (BVP)	-25.34	-29.45	1.24	12.09	<0.001	0.17	1	7
分项综合	-1.00	-1.17	-0.83	11.64	<0.001	100	11	计算得出

注：标注 * 的和唤醒相反的变量被翻转正负计算

资料来源：作者整理

表 6 认知水平的各项指标

指标	标准化均数差 (SMD)			统计检验		权重及来源		
	均数差	95% 置信区间下限	95% 置信区间上限	Z 值	p 值	权重 (%)	统计指标数	文献来源 (按权重排序)
记忆力	0.46	0.30	0.62	5.65	<0.001	38.21	16	4,28, 55,1,55,2
准确率	-0.02	-0.24	0.21	0.13	0.896	19.29	5	4,2
反应时 *	-0.01	-0.23	0.22	0.05	0.962	19.10	5	4,2
执行网络	-1.85	-2.82	-0.88	3.75	<0.001	1.04	1	1
方位网络	-2.77	-3.92	-1.63	4.74	<0.001	0.74	1	1
警觉网络	-1.02	-1.48	-0.55	4.31	<0.001	4.58	2	2,1
分项综合	0.10	-0.01	0.21	1.87	0.062	100.00	30	计算得出

注：标注 * 的和认知能力相反的变量被翻转正负计算

资料来源：作者整理

比在有绿化的建成环境中锻炼更能促进心智健康^[47-50]。故此，合理化城市绿地系统布局，改善城市绿地的可达性，可以改善城市居民的心智健康水平。

(2) 提高户均绿视率，改善居住区绿地健康效益

合理绿地周边布局和界面设计，提高居住区设计绿视率和视觉质量。对低收入公租房住户的研究表明，同样是居住建筑开窗，有乔木组合较高绿视率的住户较单调草坪的较低绿视率的住户，前者攻击性和暴力行为有明显降低^[51]，表现出较好的情绪调节能力，同时其注意力等认知能力有明显提高^[52]。

建议在居住区设计中，适量提高乔木大灌配置，控制草坪比例，提高垂直绿化，鼓励立体绿化、阳台绿化，切实改善居民的绿色体验。目前居住区设计对绿地的控制主要只考察绿地率，很少涉及绿视率。为了提高居住区绿地的健康效益，建议在居住区控制性规划中引入户均绿视率指标。

(3) 在医院、学校、养老院等场所设计中，应适当考虑特殊心智健康需求

研究表明医院中合理的绿化配置和病房可见度，可以有效降低止痛药使用和炎症反应^[53]；学校中合理绿化布置和可见度（特别是食堂休息区的可见度）能有效提高学生认知水平和标准化考试成绩^[54]；而公租房的住宅绿视率较高的住户也表现出较高的生活自理能力^[52]。故此，在医院、学校、养老院等设计中，应适当考虑特殊心智健康需求，从绿地可达性和视觉可达性入手，最大化绿地的健康效应。

5 结语

综上所述，文献已经积累了自然恢复性体验对人健康影响的一定证据，为循证设计提供了基础。目前文献证据大部分集中在主观恢复性综合评价（n=44）和认知水平（n=30），主要是对卡普兰的注意力恢复性理论进行检验^[32]。虽然观看环境的被试人员对于主观恢复性评价有显著的效应量（SMD=1.28），但对认知水平的影响尚不显著（SMD=0.10），

存在貌似冲突的结论。对于情绪效价（n=12）和情绪唤醒度（n=11）的研究相对要少一些，主要是针对情绪调节和乌尔里希的减压理论进行检验^[20,31]。结论显示自然体验有明显的情绪调节（SMD=1.37）作用，可以促进正情绪，减轻负情绪。相对而言，对正情绪的促进作用比对负情绪的缓解作用更为明显。同时，自然环境能够有效地减轻情绪唤醒（SMD=-1.00）。相对而言，采用测量自主神经检验唤醒的效果显著优于采用量表的效果。

在过去的 30 多年里，自然恢复性体验对健康的影响，已经由早期的注意力恢复和减压两大理论逐步拓展成初具实证证据的循证科学^[55-57]。循证设计指的是能够有效量化预测设计策略的后果及其概率，并可通过实证证据进一步验证修正的设计方法。但其中很多重要的问题，如自然环境对于具体认知任务的影响，以及情绪效价、情绪唤醒度和认知能力之间的作用机制，目前尚无实证支撑的成熟理论解释。

随着神经认知技术的发展，我们能够更好地测量并描述不同环境对人的情绪和认知的影响。目前，采用核磁、脑电、近红外、眼动、电生理等多种手段探测环境认知过程中人的情绪体验^[18,58]、认知能力^[59]、认知过程^[12]已成为新的研究热点。随着越来越多便携式仪器的普及，实验者可以在现实的环境下真实地捕捉即时的环境体验^[6]。借助便携式脑电仪，通过分析人在认知环境过程中的脑网络特征^[59,60]，可以初步发现，人脑在感受自然环境时脑功能链接呈现更好的小世界特征，并具有更高的团簇系数，一定程度说明是更高效、更利于认知任务的脑网络连接。同时脑网络呈现出明显无尺度网络的幂率分布特征，并呈现出不同的斜率分布，而这种网络特性可能和脑网络的计算效率有关。借助便携式电生理仪，我们可以实现环境行走体验过程中脑电、心电、皮电、皮温、呼吸等多项生理指标的采集，并在此基础上绘制出不同人环境体验时压力源和兴趣源的情绪地图。在这些技术的推动下，我们将进一步扩展对自然恢复性体验以及健康影响的知识，实现基于实证的健康循证设计。UPL

参考文献

- [1] 朱凤凯, 张凤荣, 李灿, 等. 1993—2008 年中国土地与人口城市化协调度及区域差异[J]. 地理科学进展, 2014, 33(5): 647-56.
- [2] 中国国家统计局. 中国统计年鉴 2005~2014[DB/OL]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/>.
- [3] 潘国伟, 姜潮, 杨晓丽, 等. 辽宁省城乡居民精神疾病流行病学调查[J]. 中国公共卫生, 2007, 22(12): 1505-7.
- [4] 张广森. 社会学视角下的城市化进程中精神疾病现状探析[J]. 医学与社会, 2011, 24(12): 1-3.
- [5] 王强, 王成瑜, 任虹燕, 等. 城市化环境与精神分裂症的患病风险[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2013, 39(12): 758-63.
- [6] Tost H, Champagne F A, Meyerlindenberg A. Environmental Influence in the Brain, Human Welfare and Mental Health[J]. Nature Neuroscience, 2015, 18(10): 1421-31.
- [7] Velarde M D, Fry G, Tveit M. Health Effects of Viewing Landscapes—Landscape Types in Environmental Psychology[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2007, 6(4): 199-212.
- [8] Thompson C J, Boddy K, Stein K, et al. Does Participating in Physical Activity in Outdoor Natural Environments Have a Greater Effect on Physical and Mental Wellbeing than Physical Activity Indoors? A Systematic Review[J]. Environmental Science & Technology, 2011, 45(5): 1761-72.
- [9] Maller C, Townsend M, Pryor A, et al. Healthy Nature Healthy People: 'Contact with Nature' as an Upstream Health Promotion Intervention for Populations[J]. Health Promotion International, 2006, 21(1): 45-54.
- [10] Capaldi C A, Dopko R L, Zelenski J M. The Relationship Between Nature Connectedness and Happiness: A Meta-analysis[J]. Frontiers in Psychology, 2014, 5(3): 976-976.
- [11] Raffaele LaFortezza, Giuseppe Carrus, Giovanni Sanesi, et al. Benefits and Well-being Perceived by People Visiting Green Spaces in Periods of Heat Stress[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2009, 8(2): 97-108.
- [12] Valtchanov D, Ellard C G. Cognitive and Affective Responses to Natural Scenes: Effects of Low Level Visual Properties on Preference, Cognitive Load and Eye-movements[J]. Journal of Environmental Psychology, 2015, in press(43): 184-195.
- [13] Qin J, Zhou X, Sun C, et al. Influence of Green Spaces on Environmental Satisfaction and Physiological Status of Urban Residents[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2013, 12(4): 490-497.
- [14] Patrik Grahn, Ulrika K. Stigsdotter. The Relation Between Perceived Sensory Dimensions of Urban Green Space and Stress Restoration[J]. Landscape and Urban Planning, 2010, 94(3-4): 264-275.
- [15] Bowler D E, Buyung-Ali L M, Knight T M, et al. A Systematic Review of Evidence for the Added Benefits to Health of Exposure to Natural Environments[J]. Bmc Public Health, 2010, 10(18): 1961-1961.
- [16] Maas J, Verheij R A, Groenewegen P P, et al. Green Space, Urbanity, and Health: How Strong is the Relation?[J]. Journal of Epidemiology & Community Health, 2006, 60(7): 587-92.
- [17] Maas J, Verheij R A, Vries S D, et al. Morbidity is Related to A Green Living Environment [J]. Journal of Epidemiology & Community Health, 2009, 63(12): 967-73.
- [18] Bratman G N, Daily G C, Levy B J, et al. The Benefits of Nature Experience: Improved Affect and Cognition[J]. Landscape & Urban Planning, 2015, 138: 41-50.
- [19] Tsunetsugu Y, Lee J, Park B J, et al. Physiological and Psychological Effects of Viewing Urban Forest Landscapes Assessed by Multiple Measurements[J]. Landscape & Urban Planning, 2013, 113(3): 90-93.
- [20] Ulrich R. Natural Versus Urban Scenes Some Psychophysiological Effects[J]. Environment & Behavior, 1981, 13(5): 523-556.
- [21] Laumann K, Gärling T, Stormark K M. Selective Attention and Heart Rate Responses to Natural and Urban Environments[J]. Journal of Environmental Psychology, 2003, 23(2): 125-134.
- [22] Purcell T, Peron E, Berto R, et al. Why Do Preferences Differ Between Scene Types?[J]. Environment & Behavior, 2001, 33(1): 93-106.
- [23] Laumann K, Gärling T, Stormark K M. Rating Scale Measures of Restorative Components of Environments[J]. Journal of Environmental Psychology, 2001, 21(1): 31-44.
- [24] Russell J A, Snodgrass J. Emotion and the Environment[M]. Handbook of Environmental Psychology. 1987: 245-81.
- [25] Mauss I B, Robinson M D. Measures of Emotion: A Review[J]. Cognition & Emotion, 2009, 23(2): 209-237.
- [26] Tzoulas K, Korpela K, Venn S, et al. Promoting Ecosystem and Human Health in Urban Areas Using Green Infrastructure: A Literature Review[J]. Landscape & Urban Planning, 2007, 81(3): 167-178.
- [27] Shafer E L, Hamilton J F, Schmidt E A. Natural Landscape Preferences: A Predictive model[J]. J Leisure Res, 1969.
- [28] Kaplan R. Some Methods and Strategies in the Prediction of Preference[M] // Zube E H, Brush R O, Fabos J R. Landscape Assessment: Values, Perceptions and Resources. Stroudsburg, Pennsylvania; Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. 1975: 118-29.
- [29] Miller P A. Visual Preference and Implications for Coastal Management: a Perceptual Study of the British Columbia Shoreline[D]. Ann Arbor, Michigan; University of Michigan, 1984.
- [30] Ulrich R S, Simons R F, Losito B D, et al. Stress Recovery During Exposure to Natural and Urban Environments 1[J]. Journal of Environmental Psychology, 1991, 11(3): 201-230.
- [31] Ulrich R S. Aesthetic and Affective Response to Natural Environment[J]. Human Behavior & Environment, 1983, 6: 85-125.
- [32] Kaplan S. The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework[J]. Journal of Environmental Psychology, 1995, 15(3): 169-182.
- [33] Hartig T, Mang M, Evans G W. Restorative Effects of Natural Environment Experiences[J]. Environment & Behavior, 1991, 23(1): 3-26.
- [34] Han K T. An Exploration of Relationships Among the Responses to Natural Scenes Scenic Beauty, Preference, and Restoration[J]. Environment & Behavior, 2010, 42(42): 243-270.
- [35] Dersimonian R, Nan L. Meta-analysis in Clinical Trials[J]. Controlled Clinical Trials, 1986, 7(3): 177-188.
- [36] Jones D R. Meta-analysis: Weighing the Evidence[J]. Statistics in medicine, 1995, 14(2): 137-49.
- [37] Terry Hartig, Kalevi Korpela, Gary W. Evans, et al. A Measure of Restorative Quality in Environments[J]. Scandinavian Housing & Planning Research, 1997, 14(4): 175-194.
- [38] Staats H, Kieviet A, Hartig T. Where to Recover from Attentional Fatigue: An Expectancy-value Analysis of Environmental Preference[J]. Journal of Environmental Psychology, 2003, 23(2): 147-157.
- [39] Chang C Y, Hammitt W E, Chen P K. Psychophysiological Responses and Restorative Values of Natural Environments in Taiwan[J]. Landscape & Urban Planning, 2008, 85(2): 79-84.
- [40] Hartig T, Staats H. The Need for Psychological Restoration as a Determinant of Environmental Preferences[J]. Journal of Environmental Psychology, 2006, 26(3): 215-226.
- [41] Herzog T R, Black A M, Fountaine K A, et al. Reflection and Attentional Recovery as Distinctive Benefits of Restorative Environments[J]. Journal of Environmental Psychology, 1997, 17(2): 165-170.
- [42] Kahneman D. The Riddle of Experience vs. Memory [M]. TED Talk. 2010.
- [43] Kahneman D, Deaton A. High Income Improves Evaluation of Life but Not Emotional Well-being [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(38): 16489-93.
- [44] Gladwell M. Blink: The Power of Thinking Without Thinking[M]. 1st ed. New York: Little, Brown and Co., 2005.
- [45] Kahneman D. Thinking, Fast and Slow[M]. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.

(下转43页)