

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2026.02.011

<https://xuebao.xaut.edu.cn>

引文格式:解德威,刘健,魏俐宏,丁馨,郑昭佩.中国城市舒适度与城镇化水平的时空分异[J].西安理工大学学报,2026,42(2):263-270.

Xie Dewei, Liu Jian, Wei Lihong, Ding Xin, Zheng Zhaopei. Spatiotemporal differences between urban comfort and urbanization level in China[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2026, 42(2): 263-270.

中国城市舒适度与城镇化水平的时空分异

解德威¹, 刘健², 魏俐宏¹, 丁馨¹, 郑昭佩¹

(1. 山东师范大学 地理与环境学院, 山东 济南 250358; 2. 北京师范大学 灾害风险科学研究院, 北京 100875)

摘要:近年来中国城镇化进程的加快引起了城市舒适度的变化。本研究基于2003—2020年逐日气象数据探究了城市舒适度的时空分异,并建立城市舒适度和城镇化水平评价体系,系统分析了中国城镇化进程与城市舒适度的时空耦合关系。结果表明:①受热量影响,中国人体舒适度指数呈现显著的“南高北低”格局,西南山区最为舒适(一年中舒适天数达220天以上),青藏高原地区最不舒适(一年中冷不舒适天数大于270天)。②气候变暖与城镇化共同导致全国热不舒适天数普遍增加,舒适天数则呈现南北截然不同的趋势:南方舒适天数增加而北方减少,其中环渤海地区受城镇化影响最为显著($p < 0.05$)。③研究时间段内中国各城市城镇化进程与舒适度的耦合协调度持续改善,于2020年多数城市已达到良好协调水平,这表明中国城镇化发展已逐步从单纯追求规模扩张向注重环境质量转变。

关键词:人体舒适度; 城镇化; 耦合协调度; 时空分异

中图分类号: K903

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2026)02-0263-08

Spatiotemporal differences between urban comfort and urbanization level in China

Xie Dewei¹, Liu Jian², Wei Lihong¹, Ding Xin¹, Zheng Zhaopei¹

(1. College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250358, China;

2. Institute of Disaster Risk Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: In recent years, the acceleration of China's urbanization process has caused changes in urban comfort. Based on the daily meteorological data from 2003 to 2020, this study explored the spatiotemporal differences of urban comfort, established an evaluation system for urban comfort and urbanization level, and systematically analyzed the spatiotemporal coupling relationship between urbanization process and urban comfort in China. The results show that: ① Affected by heat, the human comfort index of China presents a significant pattern of "high in the south and low in the north". The southwest mountainous area is the most comfortable (more than 220 comfortable days in a year), and the Qinghai-Tibet Plateau area the most uncomfortable (more than 270 uncomfortable days in a year). ② Climate warming and urbanization lead to a general increase in the number of thermal uncomfortable days in China, while the number of comfortable days in the north and south shows a completely different trend: the number of comfortable days increases in the south and decreases in the north, and the Bohai Rim region is most significantly affected by urbanization ($p < 0.05$). ③ During the study period, the coupling and coordination degree between urbanization process and comfort level of Chinese cities continued to improve, and most cit-

收稿日期: 2024-09-14; 网络首发日期: 2025-07-14

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/61.1294.N.20250714.1358.002>

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(21BGL026)

第一作者: 解德威,男,硕士生,研究方向为生态环境保护。E-mail: 2844069890@qq.com

通信作者: 郑昭佩,男,博士,教授,研究方向为环境影响评价和生态环境规划。E-mail: zpzp999@163.com

ies are in a good coordination state in 2020, indicating that China's urbanization development has gradually changed from simply pursuing scale expansion to focusing on environmental quality.

Key words: human comfort; urbanization; coupling and coordination; spatiotemporal differences

改革开放以来,我国经历了快速的城镇化阶段,2019 年城镇化率已突破 60%^[1]。然而城市化的快速发展叠加于全球气候的变化,使中国各地年平均温度进一步升高,夏季极端高温出现得更为频繁,在高温热浪的背景下,人居环境的气候适宜性也在发生改变。城镇化带来的大气暖干化,对人体健康产生了显著的负面影响^[2]。高湿、干冷等气象状况也会影响人体稳态,使内分泌系统紊乱,导致疾病发病率提高^[3]。20 世纪以来,许多学者对人体舒适度进行研究,提出了多种人体舒适度指数,如早期的用于热气候的湿球黑球温度(WGBT)、用于冷气候的风寒当量指数(WCET),再到后来的同时适用于冷热气候的生理等效温度指数(PET)等^[4]。众多学者运用人体舒适度指数对环境的舒适程度进行了评价。尹文娟等^[5]对中国大陆人体舒适度进行计算,为城市规划与旅游提出了指导性建议。高理等^[6]通过温度、相对湿度、风速数据,分析了山东省人体舒适度的时空分布。徐诚等^[7]利用插值法和线性趋势法分析成渝地区人体舒适度的时空变化特征。近年来,随着城镇化进程的加快,人体舒适度与环境质量很大程度上受到了城镇化建设的影响,郑箐舟等^[8]分析了重庆市 1980—2020 年城郊站点人体舒适度差异并探究引起人体舒适度变化的原因,证明人体舒适度变化与城镇化过程密切相关。

城镇化的经济和人口发展模式对城市热环境产生较为显著的影响。城镇化进程过快引发的城市局部高温会增加居民感到热不舒适的日数。城镇化是社会经济发展的必然趋势^[9],评价城镇化水平与城市舒适度之间的耦合协调性显得尤为重要。城镇化水平的评价方法大致有两种——单一指标法和复合指标法。其中单一指标法往往采用人口城镇化率这一指标来反映城镇化水平,是国际上比较通用的方法^[10]。复合指标法构建的城镇化水平评价体系较为全面,往往涉及到“人口城镇化”、“社会城镇化”、“经济城镇化”等多个层次^[11]。然而不同学者对评价指标的选择和各指标的权重分配存在一定的争议。如何科学地构建评价体系并确定权重成了评价城镇化水平的一大重要问题。

中国幅员辽阔,不同气候区城市舒适度差异较大,且随着中国城镇化进程的加快,地区间舒适度差异也在发生变化^[12]。揭示城市舒适度的时空分异规律以及对城镇化进程的响应尤为重要。因此本文

采用人体舒适度指数这一指标表征城市的舒适程度,利用逐日气象数据定量分析了中国各城市舒适度的时空分异。选用国际通用的城镇化率这一指标代表城镇化水平,并以此为基础分析了 2003 年至 2020 年中国各地级市舒适度与城镇化水平的时空分异及其耦合协调度,以期为中国城镇化发展和人居环境的改善提供参考。

1 材料与研究方法

1.1 研究方法

1.1.1 人体舒适度指数计算

人体舒适度指数的计算公式为^[13]:

$$I = 1.8T + 32 - 0.55 \left(1 - \frac{H}{100} \right) \times (1.8T - 26) - 3.2V^{0.5} \quad (1)$$

式中: I 为人体舒适度指数; T 为日平均温度($^{\circ}\text{C}$); H 为日平均相对湿度(%); V 为日平均风速($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)。

为探究日尺度人体舒适度指数的差异,我们参照中国气象局规定的统一标准^[14],将每日的人体舒适度指数划为以下 3 类(表 1)。

表 1 人体舒适度指数的类别
Tab. 1 Categories of human comfort index

类别	人体舒适度指数	感觉程度
热不舒适	≥ 90	酷热,很不舒适
	$[85, 90)$	暑热,不舒适
	$[80, 85)$	炎热,大部分不舒适
	$[75, 80)$	闷热,少部分人不舒适
舒适	$[70, 75)$	偏热,大部分人舒适
	$[58, 70)$	最为舒适
	$[50, 58)$	偏凉,大部分人舒适
冷不舒适	$[38, 50)$	清凉,少部分人不舒适
	$[25, 38)$	较冷,大部分人不舒服
	< 25	寒冷,不舒适

1.1.2 相关性分析

地区的年平均人体舒适度指数并不能有效反映一年内人体对于热环境的感受。人体舒适度指数与人的舒适程度之间并非单调的线性关系,人体舒适度指数越高,环境并不一定越舒适。故本文在分析人体舒适度的驱动因子时,没有选择人体舒适度指数作为因变量,而是选取了冷不舒适天数、热不舒

适天数、舒适天数这些能较好地反映地区舒适程度的指标进行驱动因子分析。

为探究各因子对人体舒适度的影响,我们对地级市的舒适度指标(热不舒适天数、冷不舒适天数、舒适天数)和影响因子(气象因子、城镇化率)进行相关性分析,公式如下:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

式中: x_i 为第 i 个样本的某个影响因子的值; y_i 为第 i 个样本的舒适度指标; $\bar{x}$ 和 $\bar{y}$ 分别为某影响因子和舒适度指标在研究时间段内的平均值。 r 为正数则代表两个变量间存在正的相关性,且 r 越大,正相关性越强^[15]。

1.1.3 耦合协调度模型

耦合用来衡量多个要素之间的关联程度,协调是在耦合基础上衡量多个系统之间协调水平的定量指标^[16]。为了深入分析城市舒适度与城镇化水平之间的协调程度,本文引入耦合协调度模型来反映2个子系统整体功效和协同效应^[17]。以下是计算流程。

1) 数据归一化处理

对于城镇化率这一正向指标,

$$Y_i = \frac{X_i - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)} \quad (3)$$

表示对于人体舒适度指数这一区间型指标,取

$$M = \max\{59 - \min(X_i), \max(X_i) - 70\} \quad (4)$$

当 $X_i < 59$ 时, $Y_i = 1 - (59 - X_i)/M$; 当 $59 \leq X_i \leq 70$ 时, $Y_i = 1$; 当 $70 < X_i$ 时, $Y_i = 1 - (X_i - 70)/M$ 。

式中: Y_i 为第 i 个地级市某指标归一化后的值; X_i 为第 i 个地级市某指标的原始值。

2) 耦合协调度计算

$$C = 2 \sqrt{\frac{UR}{(U+R)^2}} \quad (5)$$

$$T = \alpha U + \beta R \quad (6)$$

$$D = \sqrt{CT} \quad (7)$$

式中: C 为耦合度; U 为城市舒适度系统,由归一化后的人体舒适度指数表示; R 为城镇化水平系统,由归一化后的城镇化率量化; T 为 U, R 系统之间的综合评价指标; α 和 β 分别为 U 系统和 R 系统的贡献度,由于两个系统对城市发展同样重要,因此取 $\alpha = 0.5, \beta = 0.5$; D 为 U, R 系统之间的协调程度,其大小介于 0 到 1 之间, D 越大,系统间协调度越高。根据 D 将人体舒适度和城镇化水平之间的耦合协调

度分成 10 个等级(表 2)。

表 2 耦合协调度划分标准

Tab. 2 Coupling coordination degree classification criteria

耦合协调度	等级	耦合协调度	等级
(0, 0.1]	极度失调	(0.5, 0.6]	勉强协调
(0.1, 0.2]	严重失调	(0.6, 0.7]	初级协调
(0.2, 0.3]	中度失调	(0.7, 0.8]	中级协调
(0.3, 0.4]	轻度失调	(0.8, 0.9]	良好协调
(0.4, 0.5]	濒临失调	(0.9, 1.0]	优质协调

1.1.4 相对发展度模型

相对发展度模型可以衡量两系统间的相对发展关系,公式为:

$$\delta = \frac{R}{U} \quad (8)$$

式中: δ 为相对发展度; R 和 U 分别代表城镇化水平系统和城市舒适度系统。结合研究区实际情况,将其划分为 3 种类型: $0 < \delta \leq 0.7$ 时,表明城镇化水平低于城市舒适度,为城镇化滞后型; $0.7 < \delta \leq 1.43$ 时,表明城镇化水平与城市舒适度相当,为同步发展型; $\delta > 1.43$ 时,城镇化水平高于城市舒适度,为舒适度滞后型。

1.2 数据来源

1) 气象数据

2003 至 2020 年的逐日气象栅格数据来源于国家青藏高原科学数据中心(<https://data.tpdc.ac.cn/>),空间分辨率约为 4 km。该数据是基于中国 699 个气象站的观测记录,使用薄盘光滑样条和随机森林两种方法进行空间插值生成的,经验证该数据集具有良好的精度^[18]。

2) 各地级市的城镇化率数据来源于国家统计局、各省市统计年鉴。

2 结果与分析

2.1 人体舒适度指数的时空分异

2.1.1 年尺度的人体舒适度指数

气象局规定的人体舒适度指数分级标准是日尺度的,可能不适用于年平均舒适度指数。因此我们根据自然断点法将年平均人体舒适度指数分为 5 类(图 1)。人体舒适度指数大致呈现南高北低的格局,其中部分地区人体舒适度指数显著区别于周边地区。如四川盆地,由于其独特的地形导致阴雨天气较多,缓解了南方高温带来的人体热不舒适效应。青藏高原东南缘则由于其充沛的降水,使得该地区舒适度高于青藏高原其他地区。

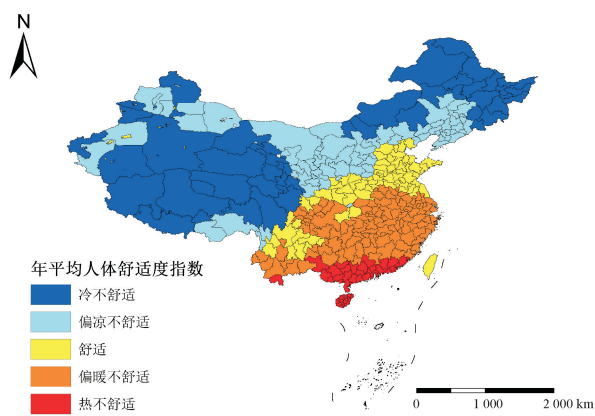


图1 中国年均人体舒适度指数的地区差异

Fig. 1 Regional differences in China's annual average human comfort index

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2024)0650 的标准地图制作,底图无修改。

2.1.2 日尺度的人体舒适度指数

南方地区舒适天数显著高于北方地区,其中云南省和台湾省最为舒适,年平均舒适天数能达到 220 天以上(图 2)。东南沿海地区炎热天气居多,一年中有 140 天以上人体感觉热不舒适。西北内陆地区一年中有一半以上时间处于冷不舒适状态,青藏高原区由于其独特的地形,一年中有 270 天以上是冷不舒适的。

2003—2020 年,北方地区年平均舒适天数和冷不舒适天数呈现不同程度的减少趋势,而热不舒适天数逐渐增多,这可能与全球气候变暖 and 城镇化建设带来的高温热浪有关。受到气温逐渐升高的影响,南方地区年平均舒适天数呈现增加态势,同时冷不舒适天数逐渐减少。

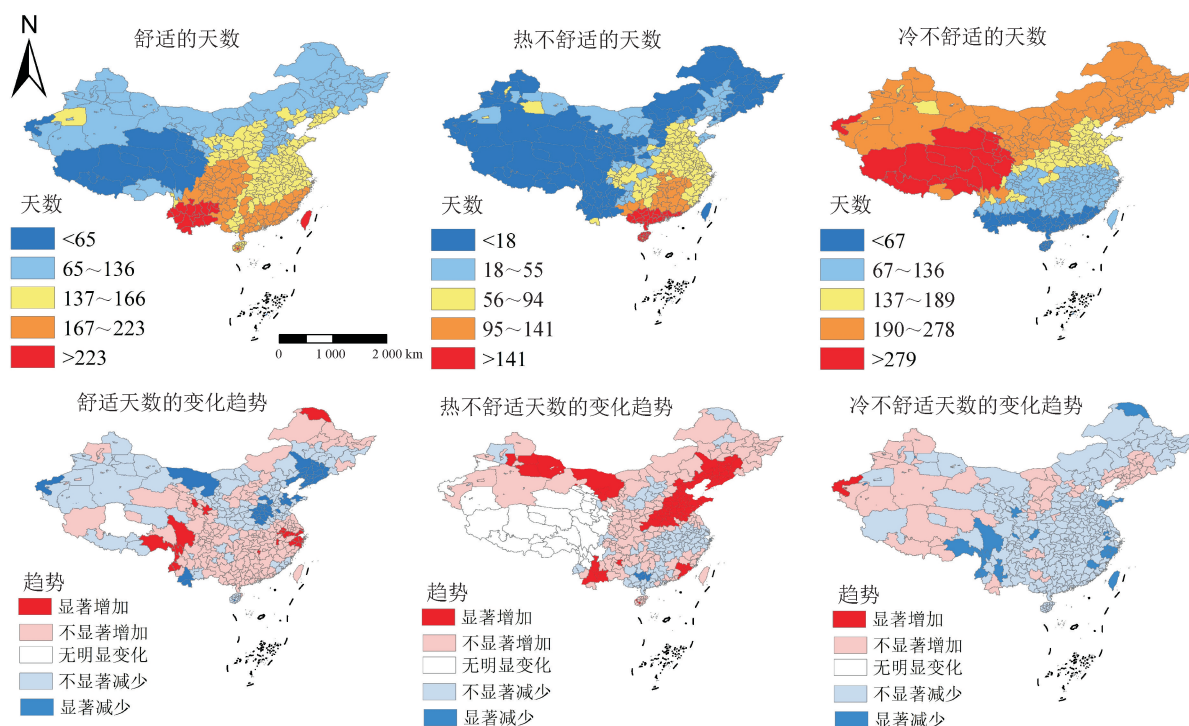


图2 地区舒适程度的时空分异

Fig. 2 Spatiotemporal differences in regional comfort levels

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2024)0650 的标准地图制作,底图无修改。

2.2 人体舒适度变化的驱动因子分析

2.2.1 气象因素对人体舒适度的影响

气温是影响城市人体舒适度的主要驱动因子(图 3),气温的升高显著减少冷不舒适天数($r = -0.61, p < 0.01$),同时增加热不舒适天数($r = 0.54, p < 0.01$)。降水可以增加大气湿度,并通过与气温的协同作用强化气温对人体舒适度的影响。风速的增加会轻微增加冷不舒适天数,同时缓解热不舒适,但风速对人体舒适度的影响较弱($r < 0.3$)。

2.2.2 城镇化进程对人体舒适度的影响

城镇化进程的加快增加了大部分城市的热不舒适天数(见图 4),其中环渤海城市群表现尤为突出($p < 0.05$)。城镇化对舒适天数的影响具有显著的南北分异。南方地区城镇化进程会增加城市舒适天数,而北方地区城镇化进程则会减少舒适天数,且环渤海地区城镇化进程对舒适天数的减少效果更为显著。对于冷不舒适天数,大部分地级市的城镇化进程带来的城市升温效应会减少冷不舒适天数。

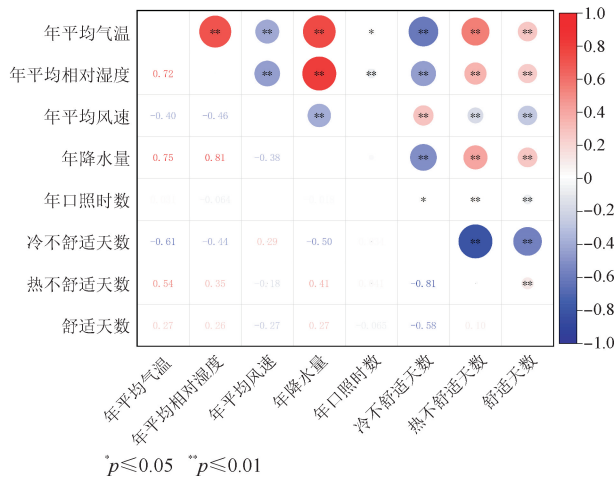


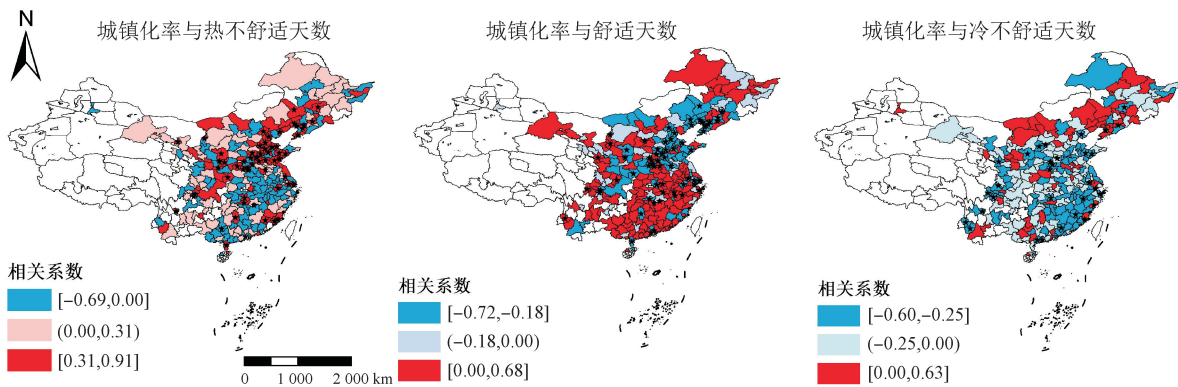
图3 舒适程度差异的驱动因子分析

Fig. 3 Analysis of the driving factors of the difference in comfort level

2.3 人体舒适度与城镇化水平的耦合协调度

早期的城镇化过程中,工业化和城市化的快速发展带来了严重的环境问题,使得人体舒适度较低,与较快的城镇化进程不协调^[19]。2003 年有 20 个城市处于失调状态(图 5)。随着区域协调发展构想的提出,人体舒适度与城镇化建设之间的矛盾逐渐减小,耦合协调度显著提高。研究时间段内,失调和勉强协调的城市数量显著减少,逐渐过渡为良好协调(图 6)。至 2020 年,除西藏自治区有个别地级市处于中度失调和轻度失调状态外,其余各地级市均处于勉强协调等级以上。

空间上,东部沿海地区人体舒适度与城镇化水平的耦合协调度高于内陆地区,沿海地区舒适的环境能吸引更多人口和企业向此集聚,促进城镇化水平的提高。而随着城镇化进程的推进,政府和企业会投入大量资金进行绿化,从而使舒适度进一步提高,形成良性循环。



注:图中黑色标记代表通过了显著性检验($p < 0.05$)

图4 城镇化对舒适度的影响

Fig. 4 Impact of urbanization on comfort

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2024)0650 的标准地图制作,底图无修改。

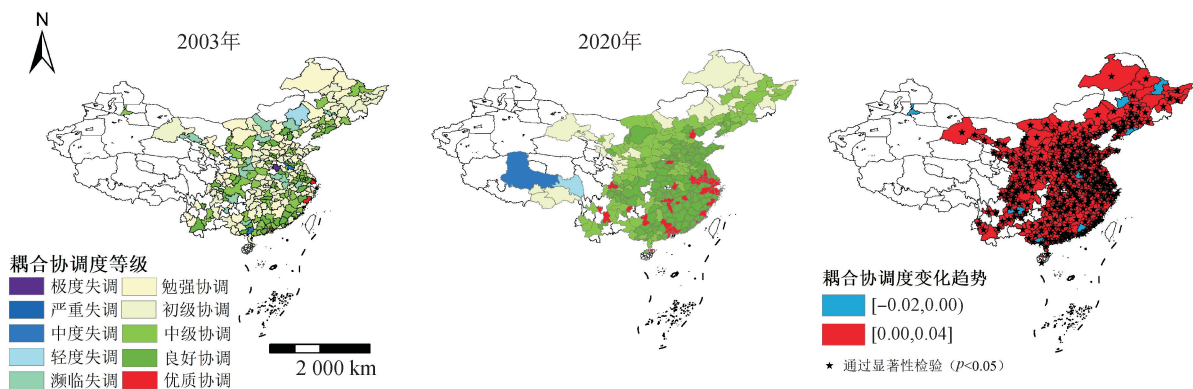


图5 耦合协调度的时空分异

Fig. 5 Spatiotemporal differences in coupling coordination

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2024)0650 的标准地图制作,底图无修改。

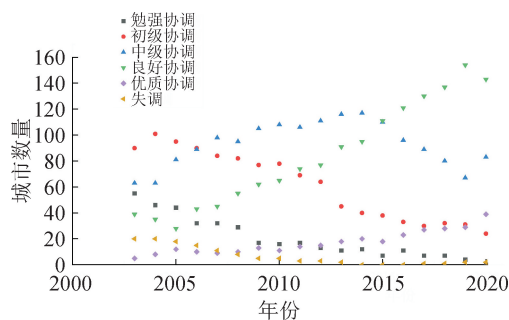


图 6 各协调程度的城市数量变化

Fig. 6 Changes in the number of cities with each degree of coordination

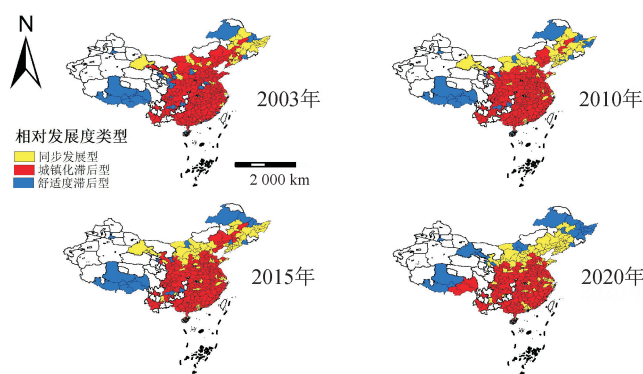


图 7 相对发展度的时空分异

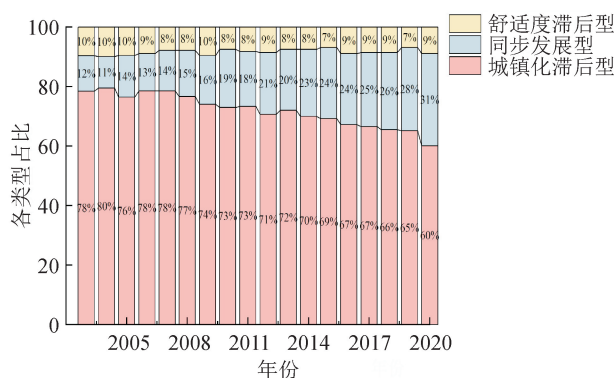
Fig. 7 Spatiotemporal differences in relative development

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2024)0650 的标准地图制作,底图无修改。

2.4 城镇化的相对发展度

城镇化滞后型城市集中分布于中国南方舒适气候区(图 7),占比超过 60%,主要分布在长江中下游平原、云贵高原及东南沿海地区。这类城市应依托气候优势,大力发展康养旅游业以推动城镇化进程,同时建立“宜居城市”品牌认证体系,吸引人才与企业入驻。

随着城镇化进程的推进,城镇化滞后型的地级市逐渐减少,并转变为同步发展型。舒适度滞后型的地级市多分布在高纬和高海拔地区,占城市总量的 10% 左右。此类城市可以适当加强工业活动,通过提升城市热岛效应调节局地气候。同时科学规划建设防风林带,通过抵挡酷寒的风来提高城市舒适度。



3 讨论

将利用青藏高原科学数据中心的逐日气象数据计算得到的各地级市人体舒适度指数与国内相关研究进行对比^[4-7,20],发现与利用该数据计算出的人体舒适度指数偏差很小,年平均人体舒适度指数偏差约在 5% 左右,证明本研究计算结果的合理性。

2003 年至 2020 年,年平均人体舒适度指数大致呈现由东南沿海地区向西北内陆地区递减的格局,且南方地区舒适天数显著高于北方地区。西南山区由于其独特的地形,气候较为凉爽,成为年舒适天数最多的地区^[21]。而青藏高原地区常年严寒,一年中冷不舒适天数达到了 200 天以上^[22]。

中国城市舒适度的差异主要受气温和降水影响,同时也与城镇化进程密切相关。在气候变暖和城镇化的双重作用下,各地城市的热不舒适天数普遍增加^[23]。而舒适天数则呈现明显的南北差异,南方地区有所增加,北方地区则呈现减少趋势。其中,环渤海地区表现尤为显著,快速的城镇化进程直接

导致了该区域城市舒适天数持续减少而热不舒适天数显著增加。

研究时间段内,大部分城市由最初的失调和勉强协调,逐渐转变为良好协调。随着新型城镇化战略的全面实施,“生态宜居”被纳入城镇化核心指标,政府越来越注重对城市气候的改善。同时第三产业占比提升、清洁能源的使用,显著降低了工业热污染的排放。这些因素共同促进了城镇化与舒适度的协调发展。

虽然本文中的评价体系能大致反映中国各地级市城镇化水平和城市舒适度的地区差异,但对于城镇化水平评价和舒适度评价的指标选择不夠全面,选择的指标较少。城镇化水平评价时,仅考虑人口城镇化率这一传统指标,未考虑卫生、绿化和居民生活水平等的指标。城市舒适度评价时未考虑水质、噪音等因素对舒适度的影响。选用更多的指标可以更好的反映中国城市城镇化水平和舒适度差异。且人体舒适度指数计算公式较为简单,未考虑极端高温、极端降水等事件对人体舒适度的影响。

4 结 论

1) 中国各城市的年平均人体舒适度指数大致呈现南高北低的格局。年舒适天数最多的地区位于西南山区,最少的地区位于青藏高原地区。

2) 2003—2020 年,受气候变暖和城镇化进程加快的影响,中国各城市的热不舒适天数普遍增加,同时冷不舒适天数减少。舒适天数则呈现南方增加而北方减少的趋势,与城镇化进程对城市舒适度作用的南北差异有关。

3) 城镇化与舒适度的耦合协调度持续提升,众多城市从初期的普遍失调和勉强协调逐步发展为良好协调。同时大量的城市由城镇化滞后型转变为同步发展型。这一转变表明,在新型城镇化战略指导下,人居环境改善与城市发展逐步形成了良性互动关系。

参考文献:

- [1] 王凯,林辰辉,吴乘月. 中国城镇化率 60%后的趋势与规划选择[J]. 城市规划,2020,44(12):9-17.
Wang Kai, Lin Chenhui, Wu Chengyue. Trends and planning choices after China's urbanization rate reaching above 60%[J]. City Planning Review, 2020, 44(12): 9-17.
- [2] 董冬,邵宇,罗毅,等. 植被配置结构对人体热舒适度影响的数值模拟研究[J]. 环境与职业医学,2023,40(8):900-909.
Dong Dong, Tai Yu, Luo Yi, et al. Numerical simulation of effect of vegetation configuration on human thermal comfort[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2023, 40(8): 900-909.
- [3] Sloan C, Moore M L, Hartert T. Impact of pollution, climate, and sociodemographic factors on spatiotemporal dynamics of seasonal respiratory viruses[J]. Clinical and Translational Science, 2011, 4(1): 48-54.
- [4] 陈笑,孙然好,李佳燕. 城市人体热舒适性评价的研究进展与展望[J]. 环境生态学,2023,5(9):28-36.
Chen Xiao, Sun Ranhao, Li Jiayan. Research progress and prospect of outdoor human thermal comfort evaluation in urban regions [J]. Environmental Ecology, 2023, 5(9): 28-36.
- [5] 尹文娟,潘志华,潘宇鹰,等. 中国大陆人居环境气候舒适度变化特征研究[J]. 中国人口·资源与环境,2018,28(增刊1):5-8.
Yin Wenjuan, Pan Zhihua, Pan Yuying, et al. The temporal and spatial characteristics of climatic comfortability on human settlement in China's Mainland[J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(S1): 5-8.
- [6] 高理,刘焕彬. 1991—2021 年山东省人体舒适度时空分布特征[J]. 海洋气象学报,2023,43(3):71-79.
Gao Li, Liu Huanbin. Spatial and temporal distribution of body comfort index in Shandong Province from 1991 to 2010 [J]. Journal of Marine Meteorology, 2023, 43(3): 71-79.
- [7] 徐诚,淡嘉,刘绿柳,等. 成渝地区气候舒适度特征及未来变化研究[J]. 成都信息工程大学学报,2023,38(4):472-477.
Xu Cheng, Dan Jia, Liu Lülüu, et al. Study on the characteristics and future changes of climate comfort in Chengdu-Chongqing Region [J]. Journal of Chengdu University of Information Technology, 2023, 38(4): 472-477.
- [8] 郑箬舟,何军,李深智,等. 重庆地区城郊人体舒适度变化特征差异及其影响因素分析[J]. 生态环境学报,2023,32(6):1089-1097.
Zheng Qingzhou, He Jun, Li Shen zhi, et al. Analysis on the differences and influencing factors of human comfort between urban and rural areas in Chongqing [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2023, 32(6): 1089-1097.
- [9] 孙阳,刘新,苏亚聪,等. 基于夜间灯光数据估算安徽省县级尺度城镇化水平[J]. 地球信息科学学报,2020,22(9):1837-1847.
Sun Yang, Liu Xin, Su Yacong, et al. County urbanization level estimated from nighttime light data in Anhui Province [J]. Journal of Geo-information Science, 2020, 22(9): 1837-1847.
- [10] 姜爱林. 城镇化水平的五种测算方法分析[J]. 中央财经大学学报,2002(8):76-80.
Jiang Ailin. Discuss on different measurement methods of urbanization level [J]. Journal of Central University of Finance & Economics, 2002(8): 76-80.
- [11] 蓝庆新,刘昭洁,彭一然. 中国新型城镇化质量评价指标体系构建及评价方法-基于 2003-2014 年 31 个省市的空间差异研究[J]. 南方经济,2017,36(1):111-126.
Lan Qingxin, Liu Zhaojie, Peng Yiran. The construction of evaluation index system for quality of new-pattern urbanization and its evaluation method: based on study of spatial differences among China's 31 provinces (cities) during the year of 2003 to 2014 [J]. South China Journal of Economics, 2017, 36(1): 111-126.
- [12] Zhang Dahao, Zhou Chunshan, Zhou Yi, et al. Spatio-temporal relationship characteristic of climate comfort of urban human settlement environment and population density in China [J]. Frontiers in Ecology and Evolu-

- tion. 2022,10: 953725.
- [13] 张群慧,常亮,顾小凡,等. 1979—2020 年柴达木盆地人体舒适度指数时空变化及趋势分析[J]. 干旱区研究, 2024, 41(8):1300-1308.
- Zhang Qunhui, Chang Liang, Gu Xiaofan, et al. Spatial-temporal variations and trends in the human body comfort index in the Qaidam Basin, China, during 1979-2020[J]. Arid Zone Research, 2024, 41(8): 1300-1308.
- [14] QX/T570-2020 气候资源评价 气候宜居城镇[S].
- [15] Shao Longyi, Cao Yaxin, Jones T, et al. COVID-19 mortality and exposure to airborne PM_{2.5}: a lag time correlation[J]. Science of The Total Environment, 2022, 806(Part 3): 151286.
- [16] 于洪雁,刘继生. 供给侧改革背景下的黑龙江省旅游需求和旅游供给耦合协调发展[J]. 地理科学, 2017, 37(9):1374-1381.
- Yu Hongyan, Liu Jisheng. Coupling coordination development of tourism demand and supply of Heilongjiang Province at the background of supply-side reform[J]. Geographical Science, 2017, 37(9):1374-1381.
- [17] 窦睿音,张生玲,刘学敏. 中国资源型城市“三生系统”耦合协调时空分异演变及其影响因素分析 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2021, 57(3):363-371.
- Dou Ruiyin, Zhang Shengling, Liu Xuemin. Spatial and temporal diversity patterns and influencing factors in “production system-life system-ecosystem” coupled coordination in resource-based cities in China[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2021, 57(3): 363-371.
- [18] Zhang Jieli, Liu Bo, Ren Siqing, et al. A 4 km daily gridded meteorological dataset for China from 2000 to 2020[J]. Scientific Data, 2024, 11(1): 1230.
- [19] 邱国玉,张晓楠. 21 世纪中国的城市化特点及其生态环境挑战 [J]. 地球科学进展, 2019, 34(6):640-649.
- Qiu Guoyu, Zhang Xiaonan. China's urbanization and its ecological environment challenges in the 21st century[J]. Advances in Earth Science. 2019, 34(6): 640-649.
- [20] 刘小菊,黄文敏. 2003—2022 年珠海市人体舒适度指数演变特征分析[J]. 海峡科学, 2024(6):1-4.
- [21] 李山,孙美淑,张伟佳,等. 中国大陆 1961-2010 年间气候舒适期的空间格局及其演变[J]. 地理研究, 2016, 35(11):2053-2070.
- Li Shan, Sun Meishu, Zhang Weijia, et al. Spatial patterns and evolving characteristics of climate comfortable period in the mainland of China: 1961-2010 [J]. Geographical Research. 2016, 35(11): 2053-2070.
- [22] 李积宏,周刊社,张东东,等. 西藏高原人体舒适度指数时空变化特征分析[J]. 干旱区地理, 2024, 47(6): 980-992.
- Li Jihong, Zhou Kanshe, Zhang Dongdong, et al. Spatial and temporal variation characteristics of comfort index of human body in Xizang Plateau[J]. Arid Land Geography, 2024, 47(6): 980-992.
- [23] 白莹莹,程炳岩,王勇,等. 城市化进程对重庆夏季高温炎热天气的影响[J]. 气象, 2015, 41(3):319-327.
- Bai Yingying, Cheng Bingyan, Wang Yong, et al. Influences of urbanization speed on the summer high temperature and sultry weather in Chongqing[J]. Meteorological Monthly, 2015, 41(3): 319-327.

(责任编辑 王绪迪)