

自然地理环境对城市建成区绿地率的综合作用研究

□ 刘志强, 李彤杉, 王俊帝, 邵大伟

[摘要] 探究自然地理环境对我国建成区绿地率的综合作用, 对因地制宜提升城市绿地建设水平具有重要价值。文章以我国建制市为研究单元, 基于不同自然区划, 采用地理探测器, 探究 1996 ~ 2016 年自然地理环境对建成区绿地率的综合作用及规律。研究表明: ①自然地理环境的影响作用于我国总体及不同自然区划均呈显著综合性, 各因素均凸显一定影响力, 共同奠定了建成区绿地率的基础水平及发展格局。②不同自然区划作用规律因其自然地理环境不同而具独特性, 各区域主导因子及综合作用呈现差异化。③主导影响因素与空间尺度具有密切关系, 对于大尺度空间, 热量是主导因素、水热条件是首要约束力; 对于较小尺度空间, 由于水热条件较为一致, 地形地貌为主导因素。

[关键词] 自然地理环境; 建成区绿地率; 自然区划; 综合作用; 地理探测器

[文章编号] J1006-0022(2019)08-0019-06 [中图分类号] JTU985 [文献标识码] B

[引文格式] 刘志强, 李彤杉, 王俊帝, 等. 自然地理环境对城市建成区绿地率的综合作用研究 [J]. 规划师, 2019(8): 19-24.

Comprehensive Effect of Physical Natural Environment on Green Space Rate of Built District in China/Liu Zhiqiang, Li Tongshan, Wang Jundi, Shao Dawei

[Abstract] It is of great value to explore the influence of natural geographical environment on the construction of urban green space in China. This paper takes cities in China as the research objects, uses geographic detector to explore the comprehensive effect and regularity of natural geographical environment on green space rate of built district from 1996 to 2016. The results show that: 1.The influence of physical geographical environment is remarkably comprehensive, each factor having a certain influence and together laying the foundation and development pattern of green space development. 2.The laws of different natural regions are unique, and the leading factors and comprehensive functions of each region are different. 3.The dominant factors are closely related to spatial scale. For large scale, temperature is the dominant factor, and hydrothermal condition is the primary constraint. For small scale, topographic and geomorphological characteristics become the dominant factor.

[Keywords] Natural geographical environment, Green space rate of built district, Natural division, Comprehensive effect, Geographical detector

0 引言

随着中国特色社会主义新时代的到来, 生态文明的发展理念愈发受到社会各界重视。发展城市绿地不仅是改善生态环境的关键环节, 还是建立美好生活不可或缺的重要部分^[1]。建成区绿地率作为衡量城市绿地建设水平的重要指标之一, 主要受自然地理环境与社会经济影响。其中, 自然地理环境不但对城市绿地建设水平提升

起到支撑或制约作用, 而且对社会经济具有重要影响。我国疆域广博, 海陆位置特殊, 孕育了复杂多样的自然地理环境。自然地理环境作为一个有机整体, 由光照、温度和水分等因素构成, 各因素相互联系、制约, 共同对建成区绿地率产生综合作用。自然地理环境中的各因素在不同区域的组合情况也不同, 为建成区绿地创造了不同的生境类型和发展条件。因此, 深刻剖析自然地理环境对我国建成区绿地率的综合作用, 有利

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (51778389、51878429)、江苏省研究生科研与实践创新计划项目 (KYCX17_2071)、江苏省“青蓝工程”及苏州科技大学风景园林学科建设共同资助项目

[作者简介] 刘志强, 硕士, 苏州科技大学建筑与城市规划学院副教授、硕士生导师、教务处副处长。

李彤杉, 苏州科技大学建筑与城市规划学院硕士研究生。

王俊帝, 硕士, 苏州科技大学天平学院、建筑与城市规划学院助教。

邵大伟, 博士, 苏州科技大学建筑与城市规划学院副教授、硕士生导师。

于因地制宜地制定建成区绿地率发展目标与政策,推进城市绿地建设科学发展。

当前,国外的相关研究已证实地形、气候等因素对城市绿地建设水平具有显著影响^[2-4];国内的相关研究从定性分析不断向定量探究深化,且研究的跨学科性增强,逐渐强调气候、地形等因素的作用与重要性,肯定了自然地理环境作为重要驱动力类别对城市绿地建设水平的重要性,并提出相应建设措施^[5-10]。综观现有研究,多为对单一类型因素的定性分析,缺乏对自然地理环境因素的综合考察,导致各类自然地理环境因素对我国建成区绿地率的综合作用未得到揭示。此外,部分定量分析主要采用计量回归方法,较少运用地理探测方式,而地理探测器作为揭示空间异质性驱动力的有效方法,具备检验便捷、可定量测度自然类影响因子的作用力大小等优势。自然地理环境是建成区绿地率提升的基石与重要支撑,目前尚需进一步研究我国不同自然区划的建成区绿地率的差异、自然地理环境对建成区绿地率综合作用的规律、主导我国总体及不同区

域的自然地理环境因素是什么等问题。只有解答了这些问题,才能厘清自然地理环境对建成区绿地率的作用机制。鉴于此,本文以1996~2016年为研究时段,以我国建制市为研究单元,基于不同自然区划,在刻画建成区绿地率空间差异特征的基础上,运用地理探测器探究20年来自然地理环境因素对我国建成区绿地率的综合作用及规律,以期制定建成区绿地率发展措施提供科学依据,从而有效指导与推动我国城市绿地的建设。

1 自然区划选择、指标选取与数据来源

1.1 自然区划选择

我国地形地貌复杂,跨经纬度广,各因素受地理纬度、海陆位置和海拔高度影响,在不同区域的作用效果差别巨大。因此,研究基于自然区、地势阶梯及气候区三类区划,分别探讨在不同自然区、海拔及气候条件下,我国建成区绿地率的区域差异特征及其自然地理环

境因素的综合影响作用:①三大自然区。我国自然区包括东部季风区、西北干旱半干旱区及青藏高寒区,各区内部的自然因素之间相互联系、制约,影响建成区绿地率的高低。②三大阶梯。地形是自然区划分的主要参考依据之一,我国地形具有阶梯特点,可划分为第一级阶梯、第二级阶梯和第三级阶梯,不同层级的阶梯海拔高度不同,对城市建成区绿地率产生了重要影响。③五大气候区。气候是自然区划分的另一主要参考依据,是影响建成区绿地率的因素之一。我国五大气候区包括温带季风气候区、温带大陆气候区、亚热带季风气候区、热带季风气候区和高原山地气候区。

1.2 指标的选取与来源

1.2.1 自然地理环境因素指标的选取与来源

自然地理环境因素包括光照、温度、水分、土壤和地形等。其中,光照、土壤数据较难获取,且土壤是气候的重要产物,可改造性较强,故研究主要选取地形、温度与水分三方面的指标,将地形细化为地势、地形地貌,将温度细化为年均温、日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的积温,将水分细化为年平均降水量、湿润度(表1),并对类型变量进行划分(表2)。

1.2.2 研究对象选取

研究以1996~2016年我国656个建制市为研究单元,由于临安、三沙和东方等48个城市缺失了较多年份的数据,最终确定了608个建制市为研究对象,并将各建制市对应至所属的自然区、地形区及气候区。研究从《中国城市建设统计年(报)鉴》(1996~2016年)提取建成区绿地率作为指标,并对数据不全的城市进行处理^②。

2 研究方法

研究进一步运用地理探测器,探究不同区域的主要影响因素及因子交互综合作用。

表1 影响因素探测指标

探测因子	探测因素	指标含义
X_1	海拔	地表形态起伏的高低与险峻的态势,包括地表形态的绝对高度和相对高差或坡度的陡缓程度
X_2	地貌 ^①	地势高低起伏的变化,即地表形态
X_3	年平均降水量	多年降雨量总和除以年数得到的均值
X_4	湿润度	地面收入水分(降水)与其支出水分(蒸发、径流)之比
X_5	年均温	年平均气温,是指全年各日的日平均气温的算术平均值
X_6	日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的积温	一年内日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间日平均气温的总和

资料来源:中国科学院资源环境科学数据中心,网址为<http://www.resdc.cn/Default.aspx>。

表3 交互探测表达式构成一览

表达式构成	表征含义
$P(A \cap B) < \min(P(A), P(B))$	因子A和B交互后非线性减弱
$\min(P(A), P(B)) < P(A \cap B) < \max(P(A), P(B))$	因子A和B交互后单线性减弱
$P(A \cap B) > \max(P(A), P(B))$ 且 $P(A \cap B) < P(A) + P(B)$	因子A和B交互后相互增强
$P(A \cap B) > P(A) + P(B)$	因子A和B交互后非线性增强
$P(A \cap B) = P(A) + P(B)$	因子A和B相互独立

资料来源:中国科学院资源环境科学数据中心,网址为<http://www.resdc.cn/Default.aspx>。

表 2 变量类型划分一览

类型变量	类型 1	类型 2	类型 3	类型 4	类型 5	类型 6
海拔	< 500 m	500 ~ 2 000 m	> 2 000 m	—	—	—
地貌 ^①	平原 (< 200 m)	台地 (200 ~ 500 m)	丘陵 (200 ~ 500 m)	小、中起伏山地 (500 ~ 2 000 m)	大、极大起伏山地 (> 2 000 m)	—
年平均降水量	< 200 mm	200 ~ 400 mm	400 ~ 800 mm	> 800mm	—	—
湿润度	< -60	-60 ~ -30	-30 ~ 0	0 ~ 40	> 40	—
年均温	< -5 ℃	-5 ℃ ~ 5 ℃	5 ℃ ~ 10 ℃	10 ℃ ~ 15 ℃	15 ℃ ~ 20 ℃	> 20 ℃
日平均气温稳定 ≥ 10℃期间的积温	0 ℃ ~ 1 000 ℃	1 000 ℃ ~ 3 000 ℃	3 000 ℃ ~ 5 000 ℃	> 5 000 ℃	—	—

资料来源：中国科学院资源环境科学数据中心，网址为 <http://www.resdc.cn/Default.aspx>。

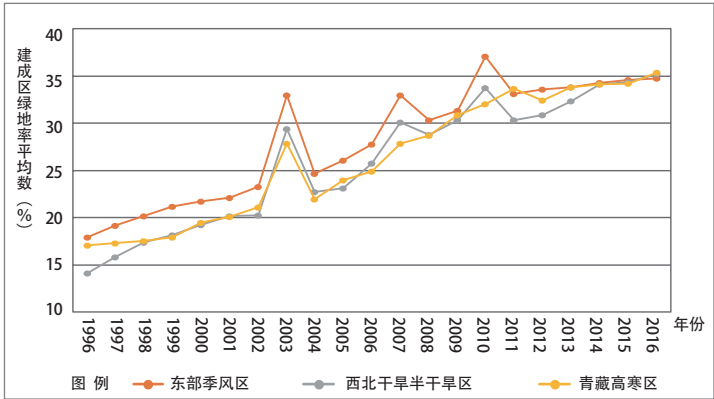


图 1 1996 ~ 2016 年我国三大自然区内的建成区绿地率平均数演变图

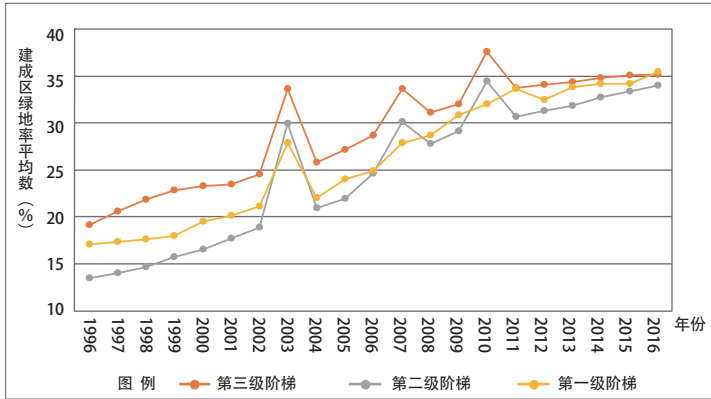


图 2 1996 ~ 2016 年我国三大阶梯内的建成区绿地率平均数演变图

2.1 数理统计

研究以平均值反映不同自然区划建成区绿地率演变情况，并结合绝对差异（标准差）、相对差异（变异系数）揭示各区划分异状况。

平均值的计算模型为：

$$AD = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_j}{j} \quad \text{公式 (1)}$$

其中， AD 表示某区划城市组建成区绿地率的算数平均值， Z_j 是第 j 个建制市的建成区绿地率， j 代表某区划建制市的个数。

标准差的计算模型为：

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (Z_j - AD)^2} \quad \text{公式 (2)}$$

其中， S 表示某区划城市组建成区绿地率的算数标准差， N 表示某区划研究单元的总个数。

变异系数的计算模型为：

$$C_v = \frac{S}{AD} \quad \text{公式 (3)}$$

其中， C_v 表示某区划建成区绿地率的变异系数， AD 、 S 分别表示某区划城市组建成区绿地率的算数平均值、标准差。

2.2 地理探测器分析

地理探测器现被广泛应用于社会经济因素和自然因素的影响机理研究，其因子探测可以识别影响因子，交互探测可以解释影响因子对因变量的交互作用^[11-12]。

(1) 因子探测分析。

因子探测主要用于分析某一环境因素和地理事物的变化在空间上是否具有显著的一致性。若具有一致性，则说明这种环境因素对地理事物的发生和发展具有决定意义^[12]。探测模型为：

$$P_{DU} = 1 - \frac{1}{n\sigma_U^2} \sum_{i=1}^m n_{D,i} \sigma_{U_{D,i}}^2 \quad \text{公式 (4)}$$

其中， P_{DU} 为影响因素对建成区绿地率的影响力探测指标； n 为城市数量； $n_{D,i}$ 为次一级区域样本数； m 为次级区域个数； $\sigma_{U_{D,i}}^2$ 为样带城市建成区绿地率的方差， $\sigma_{U_{D,i}}^2$ 为次一级区域建成区绿地率方差。假设 $\sigma_{U_{D,i}}^2 \neq 0$ ，模型成立， P_{DU} 的取值区间为 $[0, 1]$ ，当 $P_{DU} = 0$ 时，表明建成区绿地率空间分布不受影响因素的驱动， P_{DU} 值

越大表明自然地理环境因素对建成区绿地率的影响越大。

(2) 交互探测分析。

交互探测可以定量表征两个影响因子对建成区绿地率空间分布格局的作用。通过比较 A、B 图层的因子影响力与 C 图层的因子影响力，判断两个因子的交互作用对建成区绿地率空间格局的影响与单个因子的作用相比，是更强还是更弱^[12]（表 3）。

3 基于自然区划的我国建成区绿地率地域分异分析

3.1 不同自然区划内的建成区绿地率演变规律

3.1.1 三大自然区内的建成区绿地率演变规律

东部季风区的建成区绿地率长期高于青藏高原区及西北干旱半干旱区，在研究周期后期，由于社会经济等因素影响，各自然区的建成区绿地率水平越来越来

地理探测器正确引用：

[1] Wang JF, Li XH, Christakos G, Liao YL, Zhang T, Gu X & Zheng XY. 2010. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China. *International Journal of Geographical Information Science* 24(1): 107-127.
[2] Wang JF, Zhang TL, Fu BJ. 2016. A measure of spatial stratified heterogeneity. *Ecological Indicators* 67: 250-256.
[2] 王劲峰，徐成东. 2017. 地理探测器：原理与展望. *地理学报* 72(1): 116-134. [Wang JF, Xu CD. 2017. Geodetector: Principle and prospective. *Acta Geographica Sinica* 72(1):116-134.]

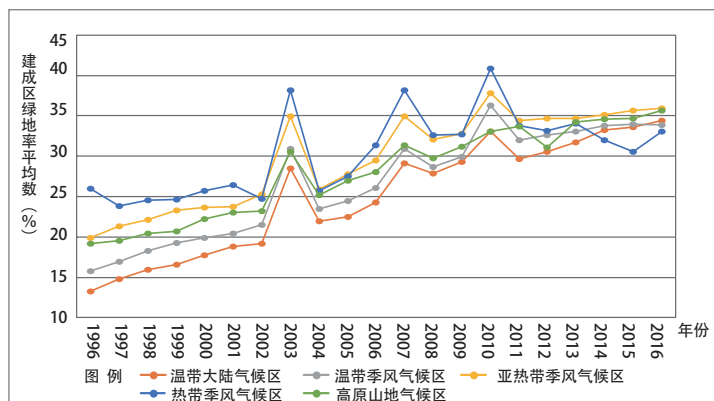


图3 1996~2016年我国五大气候区内的建成区绿地率平均数演变图

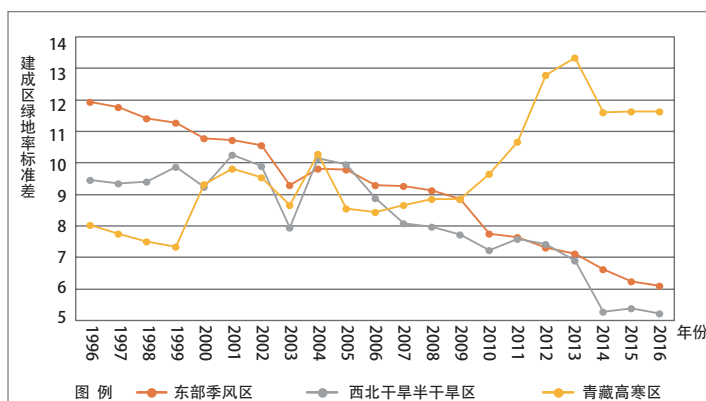


图4 1996~2016年我国三大自然区内的建成区绿地率标准差演变图

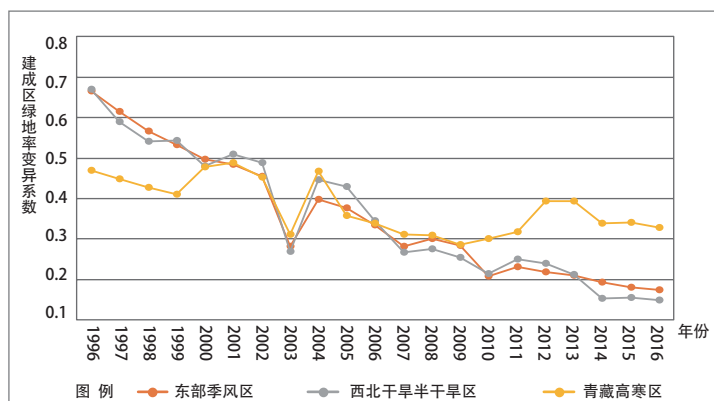


图5 1996~2016年我国三大自然区内的建成区绿地率变异系数演变图

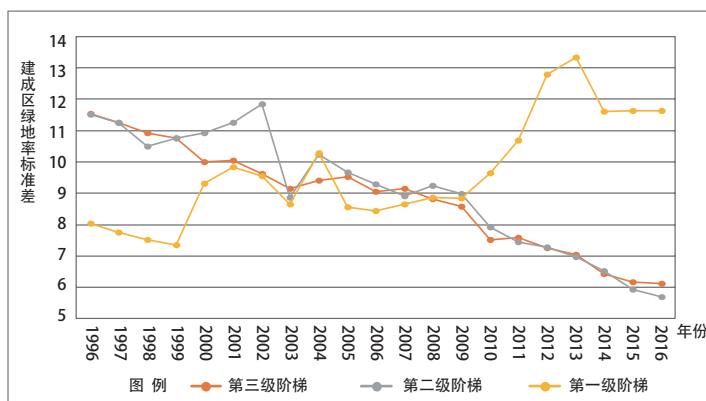


图6 1996~2016年我国三大阶梯内的建成区绿地率标准差演变图

越接近,表明建成区绿地率受自然地理环境条件制约,在温湿度较高、地形平坦的地区提升更快(图1)。

3.1.2 三大阶梯内的建成区绿地率演变规律

为探明各阶梯建成区绿地率发展水平及演变情况,研究对其平均值进行测算分析。20年来各级阶梯内的建成区绿地率明显上升,呈层级化特征,建成区绿地率受海拔影响。其中,第三级阶梯内的建成区绿地率明显高于其他区域,表明建成区绿地率受海拔高度制约,地形平坦的地区更有利于绿地发展(图2)。

3.1.3 五大气候区内的建成区绿地率演变规律

为考察建成区绿地率是否因不同温湿度影响而存在差异,研究对各气候区建成区绿地率平均值进行分析。20年来,虽然各气候区内的建成区绿地率差距逐渐缩小,但是不同气候区间初始水平差异很大,随温湿度减弱而展现递减态势,

反映出温湿度对建成区绿地率有重要影响,温度越高、湿度越大的气候区建成区绿地率越高(图3)。

3.2 不同自然区划建成区绿地率差异分析

3.2.1 三大自然区内的建成区绿地率差异

首先,三大自然区内的建成区绿地率的标准差呈缩小态势(青藏高寒区除外)。其中,东部季风区内建成区绿地率差异的降幅最为显著,反映出东部季风区的建成区绿地率发展较西北干旱半干旱区更均衡。其次,三大自然区内的建成区绿地率的变异系数均呈缩小态势。青藏高寒区内建成区绿地率差异较大,西北干旱半干旱区内建成区绿地率差异略高于东部季风区。最后,差异分析综合表明,东部季风区的建成区绿地率发展更为均衡,其良好的温度、湿度和地形等条件更利于区域内建成区绿地率协调发展(图4,图5)。

3.2.2 三大阶梯内的建成区绿地率差异

建成区绿地率较高并不意味着其内部发展态势良好,故研究进一步对各级阶梯内部差异进行探究:①总体上看,三大阶梯内的建成区绿地率的标准差随阶梯上升而降低。②三大阶梯内的建成区绿地率的变异系数均呈缩小态势,但第一级阶梯内的缩小趋势较弱。③第三级阶梯内的建成区绿地率更为均衡,地形、海拔对建成区绿地率具有重要影响,海拔越低其建成区绿地率更为均衡(图6,图7)。

3.2.3 五大气候区内的建成区绿地率差异

研究结合各气候区水平状况进行空间分异分析,对各气候区建成区绿地率差异进行解析:①各气候区内的建成区绿地率标准差显著缩小(高原山地气候区除外),且温湿度较高地区内的建成区绿地率差异的降幅较大。②各气候区内的建成区绿地率变异系数均呈缩小态势,但温湿度较低地区内的建成区绿地率差异度较

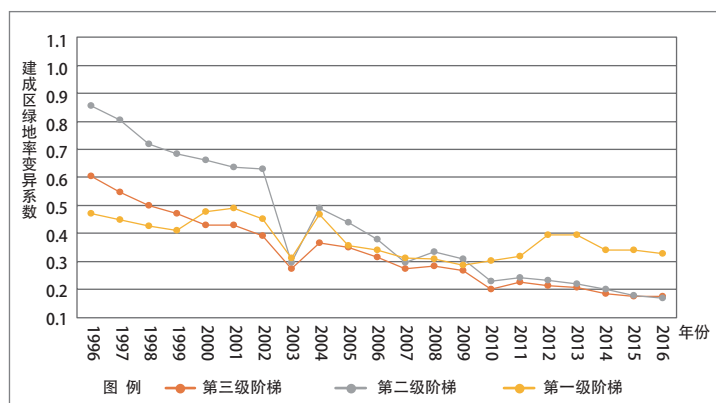


图7 1996~2016年我国三大阶梯内的建成区绿地率变异系数演变图

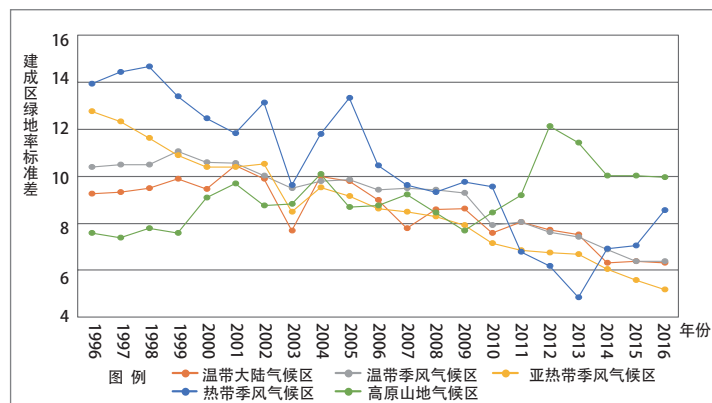


图8 1996~2016年我国五大气候区内的建成区绿地率标准差演变图

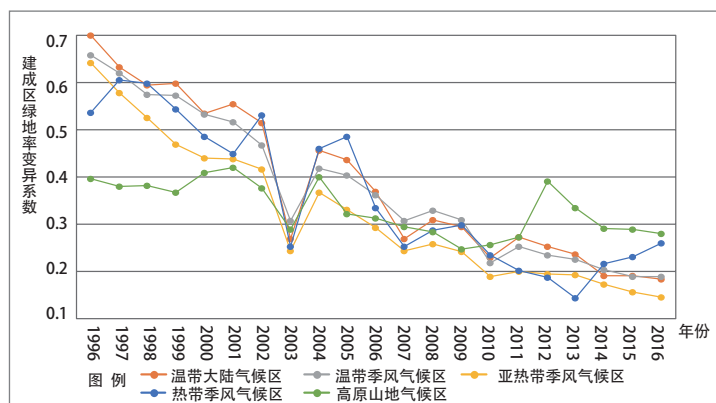


图9 1996~2016年我国五大气候区内的建成区绿地率变异系数演变图

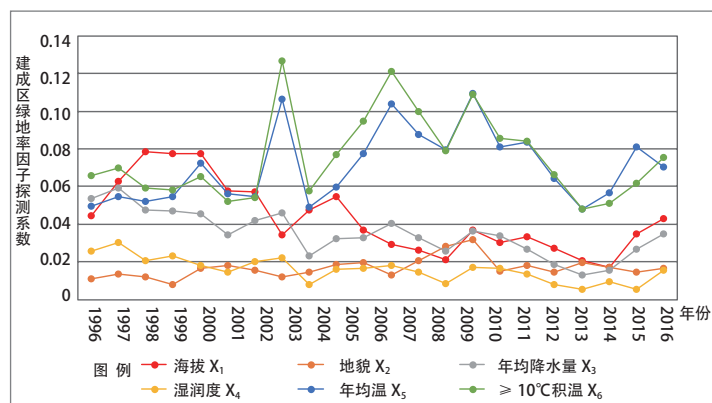


图10 1996~2016年全国建成区绿地率因子探测演变图

高。③高原山地气候区、温带大陆气候区等温度、湿度较低的气候区内的建成区绿地率均衡度低于热带季风气候区、亚热带季风气候区，这表明温湿度条件不均会阻碍区域内建成区绿地率差异缩小(图8,图9)。

4 自然地理环境因素对我国城市建成区绿地率的影响分析

4.1 全国自然地理环境因素探测分析

从自然地理环境因素看，一方面各自然地理环境因素对建成区绿地率均具有一定影响作用，并且影响力的大小随着时间的推移而改变；另一方面，自然地理环境因素在交互后均呈现协同作用关系，不存在独立作用的因素，同时交互作用正向强化了各因素的影响力，这表明当自然地理环境因素相叠加时，其对建成区绿地率的影响程度更大(图10)。

从温度与水分上看，首先年均温与

积温交替成为全国建成区绿地率的首要影响因子，且影响力显著高于其他因素。年均温与积温是衡量温度的重要指标，这表明温度是影响建成区绿地率的核心因素，对建成区绿地率的提升具有主导作用。其次，虽然年降水量重要性显著低于温度，但是其因子探测系数值仍明显较大，这表明水分对建成区绿地率有重要影响。最后，温度与水分交互作用最显著，这表明水热条件是对建成区绿地率至关重要的组合因素(图11)。

从海拔上看，首先海拔虽在最初两年对建成区绿地率演变影响力较弱，但随后影响力逐渐增大，同时海拔与其他因素交互的综合作用显著。这表明海拔随着时间变化对建成区绿地率的后发作用开始显现。其次，海拔的重要性从本质上反映出温度、水分对建成区绿地率起主导作用的规律。最后，海拔与城市绿地建设的难度与范围具有密切联系，提升海拔较高地区建成区的绿地率的难

度相对较大^[13]。

4.2 不同自然区域自然地理环境因素探测分析

不同自然区域的自然地理环境因素的组合情况差异显著，进一步考察各自然区划的主导因素特征，可揭示自然地理环境因素对建成区绿地率演变的综合作用规律。

(1) 多数自然区域的温湿度对建成区绿地率演变影响显著。从因子探测看，各影响因素在不同自然区域均具有一定作用，各因素并非独自发挥作用，表明不同自然区域的建成区绿地率均是多种因素综合影响下的产物。从交互探测看，温度与水分的交互探测值在大多数区域中仍占据主导地位，与全国总体建成区绿地率交互探测结果呈现出相似规律，表明温湿度对建成区绿地率的高低具有决定作用，降水充足、温度较高的地区建成区绿地率也相对较高。

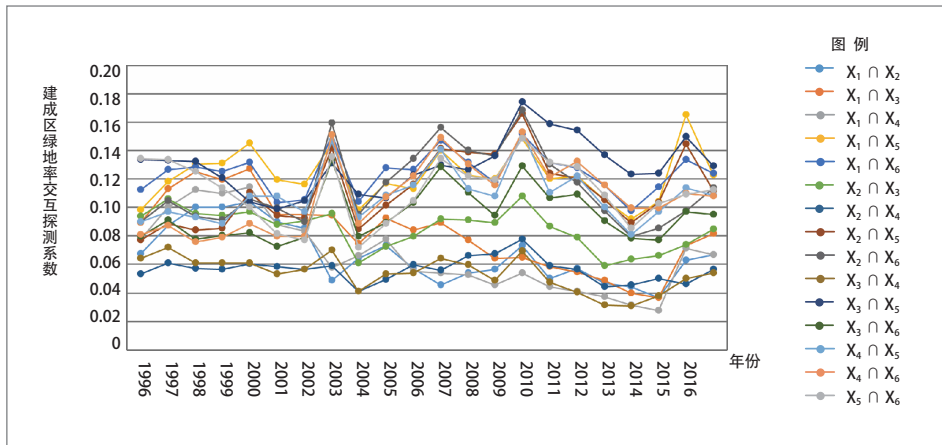


图 11 1996 ~ 2016 年全国总体建成区绿地率影响因子交互探测演变图

(2) 自然地理环境因素影响作用在不同区划的差异显著。在温湿度条件较差区域,如西北干旱半干旱区、第一级阶梯内及温带大陆气候区等,不但温度、水分通常在建成区绿地率演变过程中占据主导地位,而且两者的综合作用也高于其他因素。这表明水热条件相对海拔而言对建成区绿地率演变的影响更大^[14]。在亚热带季风气候区、热带季风气候区等温度较高、湿度较大的地区,海拔、地貌等因素对建成区绿地率演变的重要性尤为突出,且与其他因子交互的综合作用也较强,这表明海拔、地貌对该区域建成区绿地率的提升起决定性作用。

5 结论

综上所述,本文得出以下结论:①自然地理环境对我国建成区绿地率的影响具有综合性,其奠定了我国建成区绿地率的基础格局。各自然地理环境因素对建成区绿地率均具有一定影响,不同因素的紧密联系与相互渗透,共同构成自然地理环境这一有机整体。②自然地理环境对建成区绿地率的影响具有区域化特征。由于温度、水分及海拔等自然地理环境因素在各区域的组合情况不同,不同区域内影响建成区绿地率的主导因子也不同,且因子间的综合作用力也存在区别,形成了各区域独具特色的自然地理环境综合作用规律。③不同空间尺度的主导因素存在差异。在大

尺度内,热量是影响建成区绿地率的主导因素,水热条件是建成区绿地率提升的首要约束力,两者共同框定了建成区绿地率基础格局;在较小尺度内,由于水热条件较为一致,地形地貌通过改变局部水热条件而发挥间接作用,对建成区绿地率影响作用尤为明显。

[注 释]

- ①地貌类型划分依据为起伏高度。
- ②本文选取的城市所缺少的某年份建成区绿地率指标数值,均以该市前后两年建成区绿地率指标数值的平均值替代。

[参考文献]

- [1] 中共中央,国务院. 国家新型城镇化规划(2014—2020年)[S]. 2014.
- [2] Kendal D, Williams N S G, Williams K J H. Drivers of Diversity and Tree Cover in Gardens, Parks and Streetscapes in an Australian City[J]. Urban Forestry Urban Greening, 2012(3): 257-265.
- [3] Richards D R, Passy P, Oh R R Y. Impacts of Population Density and Wealth on the Quantity and Structure of Urban Green Space in Tropical Southeast Asia[J]. Landscape and Urban Planning, 2017(157): 553-560.
- [4] Kabisch N, Strohbach M, Haase D, et al. Urban Green Space Availability in European Cities[J]. Ecological Indicators, 2016(70): 586-596.
- [5] 叶骏骅. 我国城市绿化建设水平的区域差异及影响因素研究[J]. 生产力研究, 2013(6): 94-96.

- [6] 刘志强, 王俊帝. 基于锡尔系数的中国城市绿地建设水平区域差异实证分析[J]. 中国园林, 2015(3): 81-85.
- [7] 韩旭, 唐永琼, 陈烈. 我国城市绿地建设水平的区域差异研究[J]. 规划师, 2008(7): 96-101.
- [8] 刘志强, 王俊帝, 洪亘伟. 我国城市绿地与城市用地规模扩展关系分析——基于1996~2013年的省级面板数据[J]. 规划师, 2016(6): 98-104.
- [9] 伍伯妍, 钟全林, 程栋梁, 等. 中国城市绿地空间分布特征及其影响因素研究[J]. 沈阳大学学报: 社会科学版, 2012(2): 13-16.
- [10] 芮旻, 唐蓓佩, 王兴, 等. 国家园林城市时空演变特征及其影响机理[J]. 地理研究, 2018(1): 20-36.
- [11] Hu Y, Wang J F. Environmental Health Risk Detection with GeoDetector[J]. Environmental Modelling & Software, 2012(2): 114-115.
- [12] 吕晨, 蓝修婷, 孙威. 地理探测器方法下北京市人口空间格局变化与自然因素的关系研究[J]. 自然资源学报, 2017(8): 1385-1397.
- [13] 苏毅, 柏云, 王晶, 等. 黄土台塬地貌区海绵城市建设与规划设计探索——以西安市曲江新区为例[J]. 规划师, 2018(10): 66-70.
- [14] 蔡云楠, 温钊鹏. 提升城市韧性的气候适应性规划技术探索[J]. 规划师, 2017(8): 18-24.

[收稿日期] 2018-12-17