

我国设区市绿化覆盖率与绿地率区域耦合差异分析

——基于干湿气候区划的视角

申世广,刘 祥,孙新旺*,丁 莉

(南京林业大学 风景园林学院,江苏 南京 210037)

摘 要:绿化覆盖率和绿地率是衡量我国城市绿化发展水平的重要指标,长期以来我国都采用城市建成区绿化覆盖率比与绿地率高 5% 的经验数值来预测绿化覆盖率的大小,但随着我国城市绿化事业的快速发展,5% 的差值与城市绿地实际发展水平越来越不相符。为此,基于绿化覆盖率与绿地率之间特有的耦合关系,以 281 个设区市为样本,探究 1999—2017 年基于不同干湿气候区划下城市建成区绿化覆盖率与绿地率耦合差值状况。结果表明:1)不同干湿区划内的城市两指标都呈现出了协同性的增长趋势,表明我国城市的绿化水平都在同步提高。但不同干湿区划间两指标的平均差值各不相同:湿润地区是 3.73%、半湿润地区是 4.70%、半干旱地区是 3.13%、干旱地区是 3.33%;2)各干湿区内城市绿化覆盖率与绿地率平均差值的标准差分别为湿润区 0.19、半湿润区 0.57、半干旱区 0.88、干旱区 0.78,这表明 4 大干湿区划内城市 2 指标平均差值的离散程度为半干旱区 > 干旱区 > 半湿润区 > 湿润区。通过分析近 20 a 来我国城市绿化覆盖率与绿地率耦合平均差值,以期为我国各地城市预测绿化覆盖率提供参考。

关键词:绿化覆盖率;绿地率;耦合差值;干湿气候区划;设区市

中图分类号:S731.1

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2020)04-0236-06

Regional Coupling Differences of Green Coverage Rate and Green Space Rate of the Cities with Districts in China——A Perspective Based on Dry and Wet Climate Zoning

SHEN Shi-guang, LIU Xiang, SUN Xin-wang*, DING Li

(College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: Green space ratio and green coverage rate are important indicators to measure the level of urban greening development in China. For a long time, China has used the experience value of urban green coverage rate ratio by 5% higher than the green space rate to predict the green coverage rate. However, with the rapid development of urban greening in China, the difference of 5% is more and more inconsistent with the actual development level of urban green space. Therefore, based on the specific coupling relationship between green space rate and green coverage rate, this paper used 281 cities with districts as samples to explore the coupling difference between urban green space rate and green coverage rate based on different wet and dry climate zones from 1999 to 2017. The results showed that 1) two indexes in different wet and dry zones showed a synergistic growth trend, indicating that the greening levels of all cities in China increased simultaneously. However, their quantitative values of the mean difference of two indices were significantly different between dry and wet areas: they were 3.73%, 4.70%, 3.13%, and 3.33%, respectively in humid, semi-humid, semi-arid, and arid areas. 2) The standard deviations of the average difference between two in-

收稿日期:2019-09-12 修回日期:2019-11-11

基金项目:国家自然科学基金(31570703);江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD)。

作者简介:申世广,博士,副教授,硕士生导师。研究方向:生态园林与绿地系规划。E-mail:shensg@njfu.edu.cn

*通信作者:孙新旺,硕士,副教授,硕士生导师。研究方向:城市公共园林规划与设计。E-mail:sxinwang@163.com

dices in the areas mentioned above were 0.19, 0.57, 0.88, and 0.78, respectively, indicating that the degrees of dispersion of the average difference between the two indices were in the order of semi-arid area > arid area > semi-humid area > humid area. By analyzing the average difference between the urban green coverage rate and the green space rate in China in the past 20 years, the results of this study can provide a reasonable reference for predicting the green coverage rate in different cities in China.

Key words: green coverage rate; green space ratio; coupling difference; arid and humid climatic zoning; city with district

城市建成区绿化覆盖率和绿地率既是衡量我国城市绿地发展水平的重要指标^[1-2]。前者含义为“建成区范围内的绿化覆盖面积占建成区总面积的百分比”,后者含义为“城市建成区中各类城市绿地面积占建成区总面积的百分比”^[3]。此外,在“国家(生态)园林城市”、“国家卫生城市”和“国家环保模范城市”等各类城市称号的创建与评比中,它们也被列为了硬性考核指标^[4]。基于这 2 个指标间特有的耦合关系,长期以来,我国都采用绿化覆盖率比绿地率高 5% 的经验数字来预测绿化覆盖率的大小,如在建城[1993]784 号文件《城市绿化规划建设指标的规定》^[5]和《城市园林绿化评价标准(GB/T50563-2010)》^[3]都有绿化覆盖率比绿地率高 5% 这一提法。但我国地域广阔,气候复杂多样,植被生长情况千差万别,从城市绿化植被生长规律来讲,在绿地率的基础上加 5% 作为预测绿化覆盖率指标的大小是否符合各地城市的绿化实际,全国所有城市都采用这一数字是否过于简单和机械,为此,李金路^[6]曾在 1997 年利用全国城市 1986—1990 年绿化覆盖率和绿地率相关的有效数据,测算出当时二者之间的合理差值为 2.1%,并建议将此数据作为在绿地率基础上测算绿化覆盖率的依据。改革开放 40 a 来,我国的社会经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段,在高质量发展思想指导下,城市绿地规划建设也应从数量扩张向质量提升转变,绿化覆盖率和绿地率作为检验城市绿化质量的重要手段,理应对它们的差值做出更加准确的测算。为此从我国干湿气候区划的角度,探讨 1999—2017 年间不同干湿气候分区下城市绿地率与绿化覆盖率的区域耦合差异特征,旨在测算各干湿区城市绿地率与绿化覆盖率之间的差值大小,为我国城市绿地率与绿化覆盖率的合理测算提供参考依据。

1 基于干湿气候区划视角的我国设区市分布

1.1 干湿气候区划视角的提出

由绿地率和绿化覆盖率的定义可知,绿地率的高低主要是和城市建成区绿地面积相关,城市建成

区绿地面积的大小除了和地形、气候等自然因素有关外,更多的是受城市建成区规模、社会经济水平、发展政策等人文因素的影响^[7-9]。而绿化覆盖率的高低则主要取决于城市绿地植被的生长状况,一般而言城市绿化中植物几何体积越大,垂直投影的面积也越大,城市的绿化覆盖率就越高。目前衡量植被生长状况的指标主要有 3 种:三维绿量、植被指数(NDVI)和植被净初级生产力(NPP)。由于三维绿量在测算时需要把同一空间单元中的乔灌木等植被都统计在内^[10],这与绿化覆盖率的定义有较大出入,所以不宜作为研究绿化覆盖率影响因素的参考指标。植被指数(NDVI)和植被净初级生产力(NPP)都能较好的反映植被生长质量,植被指数可以定量地监测植被的动态变化,研究植被的生长状况^[11];植被净初级生产力则是通过计算绿色植物在单位时间和单位面积内所累积的有机物数量从而反映植被的生态生理过程^[12],两者在同一空间单元中都与绿化覆盖率的大小具有一致性的特点,因此可以作为分析绿化覆盖率的参照指标。从植被指数来看,气温和降水被认为是决定我国植被类型空间分布的决定性因素^[13-14],但二者对植被生长的作用机理在时空分布上并不一致,高志强等^[15]利用样带研究中国植被指数变化时得出:当一个样带中降雨量充足时,热量(气温)对植被指数的影响并不大;相反当一个样带的热量(气温)变化不大时,降雨量则成为制约植被指数大小的主要因子。同样李晓兵等^[16]在相关研究中也得出了降水条件的变化是影响中国植被特征变化的宏观控制因素的结论,并且与按照沿 400 mm 和 200 mm 等降雨量线所形成的空间区域内部 NDVI 变化过程具有相对一致性的特点,而 400 mm 和 200 mm 等降雨量线在《中华人民共和国气候图集》^[17]中恰恰也是我国半湿润区与半干旱区、半干旱区与干旱区的分界线。从另外一个反映植物生长质量的指标植被净初级生产力(NPP)来看,在同一时段内,与温度相比降雨量才是我国陆地 NPP 分布和变化的限制条件^[18-19],甚至还有学者研究得出我国 99.91% 的地区年平均 NPP 与降雨量之间呈正相关的结论^[20]。事实上,温度变

化只是影响植被指数的季相变化,在夏季沿同一经度上我国南北方之间植被指数相差并不大,但是沿同一纬度我国东西方之间植被指数差异巨大,这说明在热量相似的情况下,降雨量就成了植被覆盖变化的主要影响因子^[21]。我国城市绿化覆盖面积是以植被生长最茂盛的夏季测算为依据的,夏季正是全国各地热量差别最小的季节,因此在夏季降雨量就成了影响城市绿化覆盖面积大小的主导因素。而降雨量正是划分我国干湿气候区的最重要的指标^[22-23],同时考虑到在同一干湿区内 NDVI 变化过程与降雨量具有相对一致性^[14],因此,本研究从干湿气候区划的视角分析各城市绿地率与绿化覆盖率之间的耦合关系是合理的。

1.2 我国干湿气候区划下的设区市分布

本研究采用的干湿分区方案以《中国地理地图集》^[24]中划定的4区为依据:湿润区、半湿润区、半干旱区以及干旱区。选取我国大陆疆域范围内截止到2017年底剔除撤销的地级市(巢湖市)、新设的地级市(三沙市、林芝市、日喀则市等)以及一些数据缺失的城市(临沧市、陇南市、山南市、昌都市、吕梁市、定西市、海东市、中卫市、巴彦淖尔市等),以剩下的281个设区市为研究对象,将这些城市对应至所属的干湿气候区内。经统计,湿润区城市167个、半湿润区城市88个、半干旱区城市13个、干旱区城市13个(图1)。本研究之所以选择设区市为研究对象主要是考虑到城市级别越高,管理机构的实力就越强,城市相关数据的统计就越规范,准确性和可信度也就越大。

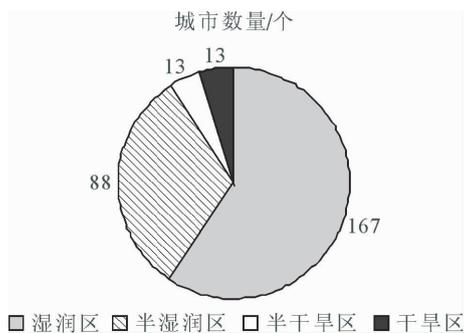


图1 我国各干湿区城市数量分布

Fig. 1 The number distribution map of cities in each dry and wet area of China

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

本研究时间跨度为1999—2017年,综合考虑该时期的行政区划调整和数据的可获得性,最终的分析数据包含281个设区市19a的样本。城市建成

区绿化覆盖面积,建成区绿地面积,建成区面积等原始数据均来源于历年的《中国城市建设统计年鉴》^[25]。

2.2 研究方法

2.2.1 平均值、差值 平均值反映组内个体间的数据集中趋势,公式如下:

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_1 \quad (1)$$

$$\beta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_2 \quad (2)$$

式中, α 、 β 分别表示某干湿区内某年份的所有城市建成区绿化覆盖率、绿地率的平均值, N 表示其干湿分区下所有城市的个数, X_1 为建成区绿化覆盖面积, X_2 为建成区绿地面积, Y 为建成区面积。

计算4个干湿区内所有城市某一年份下建成区绿化覆盖率和绿地率耦合的线性差值,公式如下:

$$D = \alpha - \beta \quad (3)$$

式中, D 表示某干湿区内所有设区市某一年份下建成区绿化覆盖率和绿地率耦合的线性差值。在此基础上再计算该干湿区内19a的差值平均值,计算公式如下:

$$V = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_j}{j} \quad (4)$$

式中, V 表示某干湿区内19a的差值平均值, D_j 表示第 j 年绿化覆盖率与绿地率的差值, j 表示年数。

2.2.2 标准差 标准差反映组内个体间的数据离散程度,数值越小说明离散程度越低,协同度越高,数值越合理,公式如下:

$$S = \sqrt{\frac{1}{Z} \sum_{j=1}^Z (D_j - V)^2} \quad (5)$$

式中, S 表示每一干湿分区下19a绿化覆盖率与绿地率差值的标准差, Z 表示研究总年数(1999年视为研究的第1年,2017年为第19年)。

3 我国设区市绿化覆盖率与绿地率耦合差值测算分析

首先各城市历年绿地率与绿化覆盖率的数值可由《中国城市建设统计年鉴》中的建成区面积、建成区绿地面积和建成区绿化覆盖面积计算得到,其次根据式(1)、式(2)计算得到各干湿区内所有城市历年绿化覆盖率与绿地率的平均数值,再次根据式(3)、式(4)计算得到全国和各干湿区内城市绿化覆盖率与绿地率的耦合平均差值,然后由式(5)计算各干湿区内城市绿化覆盖率与绿地率耦合平均差值的标准差。最后依据上述计算结果绘制出绿化覆盖率与绿地率平均值的变化趋势图以及二者的差值变化趋势图(图2~图11)。

3.1 我国城市绿地率与绿化覆盖率整体耦合趋势分析

从图2可以看出,全国历年城市绿化覆盖率和绿地率呈现协同性增长。图3则表明两者之间的差值整体呈现出下降的趋势,但波动较小,说明城市绿化建设由数量扩张逐渐向质量提升转变。经测算,全国设区市1999—2017年绿化覆盖率与绿地率的整体平均差值为4%。

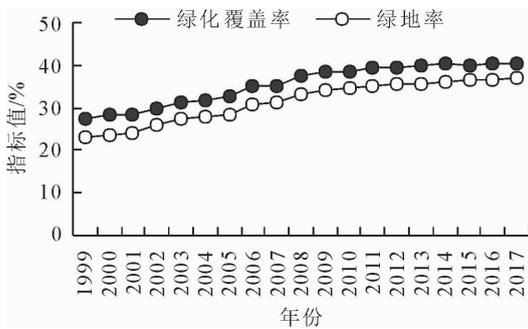


图2 全国历年城市绿化覆盖率与绿地率指标值变化趋势

Fig. 2 Trend chart of urban green coverage rate and green space rate over the years

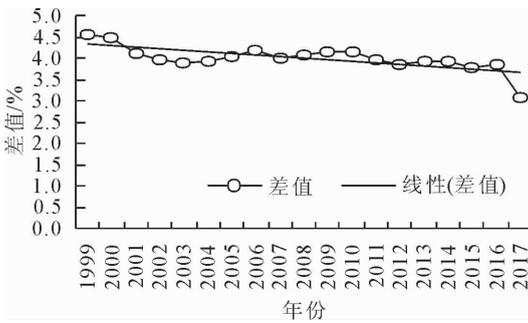


图3 全国历年城市绿化覆盖率与绿地率的差值变化趋势

Fig. 3 Trend chart of the difference between urban green coverage rate and green space rate over the years

3.2 4大干湿区内城市绿地率与绿化覆盖率耦合趋势分析

3.2.1 绿化覆盖率和绿地率发展趋势及差值分析

由图4、图6、图7、图10可知,4大干湿区内的设区市绿化覆盖率和绿地率与全国城市一样都保持着协同性增长的趋势,这与我国城市绿地建设水平不断提高的实际情况相符合;由图5、图7、图9、图11可知,虽然2项指标都呈现协同性增长,但不同干湿气候区城市的绿化覆盖率和绿地率指标数值差异较大:湿润区变化较为平缓;半湿润区变化呈现逐年降低的趋势;半干旱区在1999—2008年变化幅度较大,基本呈现出大起大落的现象,2008—2012年差值较小且基本稳定,从2012年差值开始变大,但在2013—2017年差值变化较为稳定;干旱区在1999—2006年差值变化幅度较大,2006—2013年差值开始逐渐增大,2014—2017年变得有所平缓。

根据式(4)计算得到的4大干湿区内城市建成区绿化覆盖率与绿地率的平均差值分别为:湿润区3.73%、半湿润区4.70%、半干旱区3.13%、干旱区3.33%。半湿润区与湿润区相比降雨量要少些,促使乔木比灌木和草本长势要好,所以半湿润区与湿润区相比绿化覆盖率与绿地率平均差值要大;干旱区较半干旱区,雨量更加缺乏,草本难以生长,绿化主要靠乔灌木实现,因此干旱区绿化覆盖率与绿地率的平均差值比半干旱区要大些。

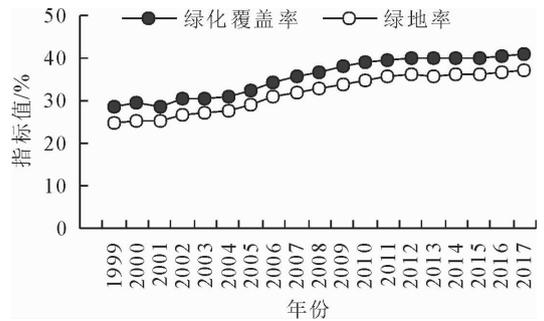


图4 湿润区历年城市两绿地指标值变化趋势

Fig. 4 Trend map of urban green land index values in humid areas over the years

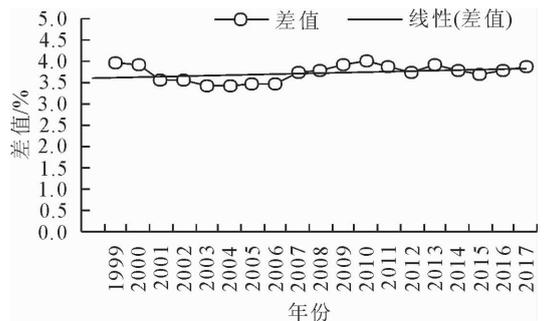


图5 湿润区历年城市绿化覆盖率与绿地率的差值变化趋势

Fig. 5 Trend chart of the difference between urban green coverage rate and green space rate in humid areas over the years

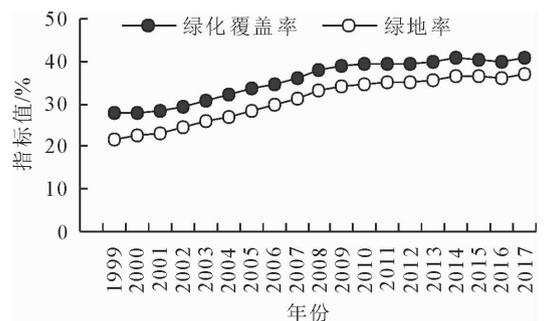


图6 半湿润区历年城市两绿地指标值变化趋势

Fig. 6 Trend pattern of urban green land index values in semi-humid areas over the years

3.2.2 标准差分析 根据式(5)计算得到各干湿气候区内城市绿化覆盖率与绿地率平均差值的标准差(保留2位小数):湿润区0.19、半湿润区0.57、半干

旱区 0.88、干旱区 0.78。其中湿润区标准差最小，表现的 2 种指标间的耦合度最好，反映出湿润区城市绿化覆盖率与绿地率发展最为协调；同理半干旱区城市建成区绿地发展则最不协调。由此可知，4 大干湿气候区内城市建成区绿化覆盖率与绿地率的平均差值的误差，由大到小分别为半干旱区 > 干旱区 > 半湿润区 > 湿润区。

两者确实存在特定的比例关系。但无论是全国还是各干湿气候区内，2 指标的平均差值都不相同，而且与 5% 的传统经验数值相比有较大出入。因此，全国所有的城市都在绿地率的基础上加 5% 作为预测绿化覆盖率的指标大小是不合适的。

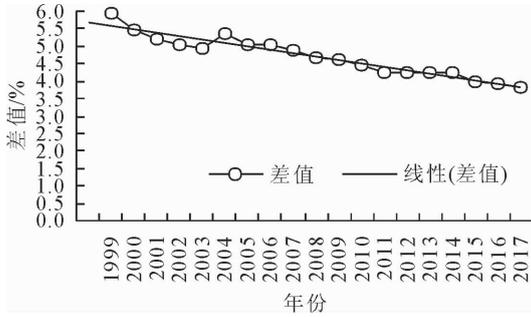


图 7 半湿润区历年城市绿化覆盖率与绿地率的差值变化趋势

Fig. 7 Trend chart of the difference between urban green coverage rate and green space rate in semi-humid areas over the years

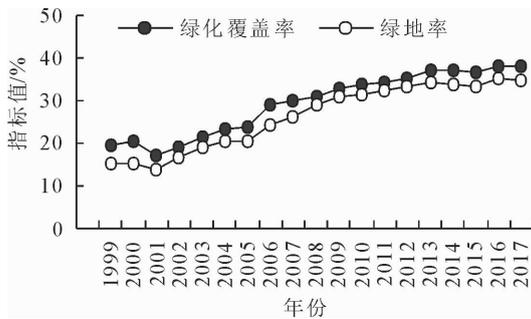


图 8 半干旱区历年城市两绿地指标值变化趋势

Fig. 8 Trend pattern of urban green land index values in semi-arid areas over the years

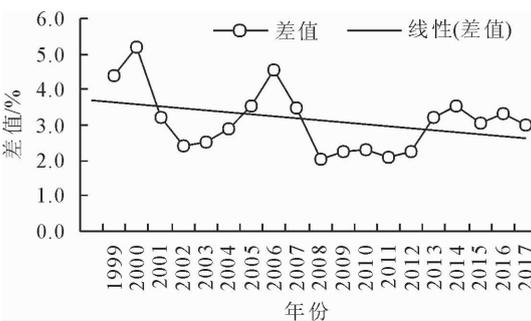


图 9 半干旱区历年城市绿化覆盖率与绿地率的差值变化趋势

Fig. 9 Trend chart of the difference between urban green coverage rate and green space rate in semi-arid areas over the years

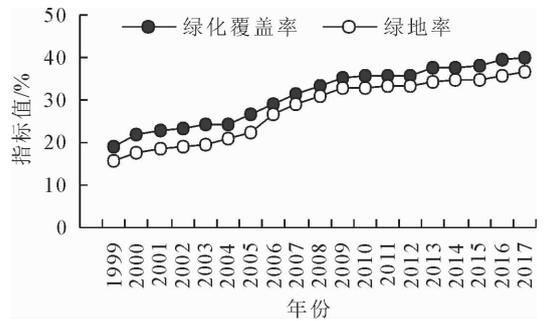


图 10 干旱区历年城市两绿地指标值变化趋势

Fig. 10 Trend pattern of urban green land index values in arid areas over the years

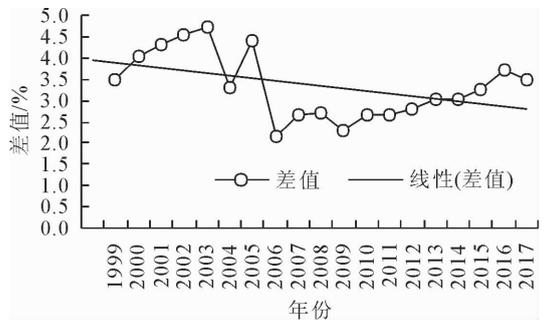


图 11 干旱区历年城市绿化覆盖率与绿地率的差值变化趋势

Fig. 11 Trend chart of the difference between urban green coverage rate and green space rate in arid areas over the years

本研究从干湿气候区划视角出发得出城市建成区绿化覆盖率与绿地率的平均差值分别为：湿润区 3.73%，半湿润区 4.70%，半干旱区 3.13%，干旱区 3.33%，这与以往相比具有较高的合理性，可以此数值作为不同干湿区内城市在绿地率的基础预测绿化覆盖率大小的依据。

由差值标准差大小可知，不同干湿区内城市建成区绿化覆盖率与绿地率的发展协同度有较大差异，这与城市的自然条件、社会经济条件等的差异都有一定的关系，所以也不排除有个别城市的绿化覆盖率与绿地率的耦合差值要比上述平均值偏离较大。但本研究的研究方法与结果为我国城市绿化覆盖率的合理确定，为逐步实现城市绿地建设的均衡协调发展提供了有效途径。

4 结论与讨论

通过对我国 281 个设区市建成区绿化覆盖率和绿地率的耦合趋势分析，可知绿地率和绿化覆盖水平持续提高，而且呈现协同性增长趋势，这也证明了

参考文献：

[1] 刘志强, 王俊帝, 邵大伟, 等. 中国省域建成区绿地率空间格局演变分析[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(1): 267-268.

- LIU Z Q, WANG J D, SHAO D W, *et al.* Spatial pattern evolution of provincial green rate of built district in China[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(1): 267-268. (in Chinese)
- [2] 戴菲, 陈明, 朱晟伟, 等. 街区尺度不同绿化覆盖率对 PM₁₀、PM_{2.5} 的消减研究——以武汉主城区为例[J]. 中国园林, 2018(3): 105-106.
- DAI F, CHEN M, ZHU S W, *et al.* Effects of different green coverage in block scale on PM₁₀ and PM_{2.5} removal—a case study of the main city of Wuhan[J]. Chinese Landscape Architecture, 2018(3): 105-106. (in Chinese)
- [3] 住房和城乡建设部.《城市园林绿化评价标准》GB/T 50563-2010[Z]. 北京: 住房和城乡建设部, 2010.
- [4] 孙玮. 基于 ARIMA 模型与 Holt-Winters 模型的建成区绿化覆盖率的预测[J]. 现代物业, 2014, 13(5): 112-114.
- [5] 住房和城乡建设部. 城市绿化规划建设指标的规定[Z]. 北京: 住房和城乡建设部, 1993.
- [6] 李金路. 从统计上看我国城市绿地率和绿化覆盖率的数量差[J]. 中国园林, 1997, 13(3): 17-18.
- [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.
- HAN X, TANG Y Q, CHEN L. Regional difference in urban green space in China [J]. Planners, 2008(7): 96-101. (in Chinese)
- [8] 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.
- LIU Z Q, WANG J D. Empirical analysis on regional differences of urban green space construction level in China based on theil indices[J]. Chinese Landscape Architecture, 2015(3): 81-85. (in Chinese)
- [9] 徐骅, 刘志强. 我国不同行政级别城市的建成区绿地率差异实证分析[J]. 苏州科技学院学报: 工程技术版, 2016, 29(2): 51-57.
- XU H, LIU Z Q. Empirical analysis on differences of green space rate of built districts in cities of different administrative levels of China[J]. Journal of Suzhou University of Science and Technology: Engineering and Technology, 2016, 29(2): 51-57. (in Chinese)
- [10] 刘立民, 刘明. 绿量——城市绿化评估的新概念[J]. 中国园林, 2000(5): 32-34.
- [11] 孟晗, 黄远程, 史晓亮. 黄土高原地区 2001—2015 年植被覆盖变化及气候影响因子[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(1): 211-212.
- MENG H, HUANG Y C, SHI X L. Vegetation coverage change and climate impact factors in the Loess Plateau from 2001 to 2015[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(1): 211-212. (in Chinese)
- [12] 李恒凯, 欧彬, 刘雨婷. 基于 MOD17A3 的南岭山地森林区植被 NPP 时空分异分析[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(6): 197-198.
- LI H K, OU B, LIU Y T. Temporal and spatianl variation of vegetation NPP in Nanling based on MOD17A3 [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2017, 32(6): 197-198. (in Chinese)
- [13] 刘多森, 蔡蔚棋. 中国不同植被类型水热条件的数值辨识[J]. 地理科学, 1983, 3(2): 95-102.
- LIU D S, CAI W Q. On the numerical identification of hydrothermal condition for different types of vegetation in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 1983, 3(2): 95-102. (in Chinese)
- [14] 李晓兵, 史培军. 中国典型植被类型 NDVI 动态变化与气温、降水变化的敏感性分析[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 379-382.
- LI X B, SHI P J. Sensitivity analysis of variation in ndvi, temperature and precipitation in typical vegetation types across China [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2000, 24(3): 379-382. (in Chinese)
- [15] 高志强, 刘纪远. 基于遥感和 GIS 的中国植被指数变化的驱动因子分析及模型研究[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(2): 155-163.
- GAO Z Y, LIU J Y. The study on driving factors and models of NDVI change based on remote sensing and GIS in China [J]. Climatic and Environmental Research, 2000, 5(2): 155-163. (in Chinese)
- [16] 李晓兵, 史培军. 基于 NOAA/AVHRR 数据的中国主要植被类型 NDVI 变化规律研究[J]. 植物学报, 1999, 41(3): 314-324.
- LI X B, SHI P J. Research on regulation of NDVI change of chinese primary vegetation types based on NOAA/AVHRR data[J]. Acta Botanica Sinica, 1999, 41(3): 314-324. (in Chinese)
- [17] 中央气象局. 中华人民共和国气候图集[M]. 北京: 地图出版社, 1973.
- [18] 孙睿, 朱启疆. 中国陆地植被净第一性生产力及季节变化研究[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 36-45.
- SUN R, ZHU Q J. Distribution and seasonal change of net primary productivity in China from April, 1992 to March, 1993[J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(1): 36-45. (in Chinese)
- [19] 陶波, 李克让, 邵雪梅, 等. 中国陆地净初级生产力时空特征模拟[J]. 地理学报, 2003, 58(3): 372-380.
- TAO B, LI K R, SHAO X M, *et al.* Temporal and spatial pattern of net primary production of terrestrial ecosystems in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(3): 372-380. (in Chinese)
- [20] 仲晓春, 陈雯, 刘涛, 等. 2001—2010 年中国植被 NPP 的时空变化及其与气候的关系[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(9): 16-22.
- [21] 孙红雨, 王长耀, 牛铮布, 等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系——基于 NOAA 时间序列数据分析[J]. 遥感学报, 1998, 2(3): 208-209.
- SUN H Y, WANG C Y, NIU Z B, *et al.* Analysis of the vegetation cover change and the relationship between NDVI and environmental factors by using NOAA time series data [J]. Journal of Remote Sensing, 1998, 2(3): 208-209. (in Chinese)
- [22] 张庆云, 陈烈庭. 近 30 年来中国气候的干湿变化[J]. 大气科学, 1991, 15(15): 72-81.
- [23] 翟盘茂, 邹旭凯. 1951—2003 年中国气温和降水变化及其对干旱的影响[J]. 气候变化研究进展, 2005, 1(1): 16-18.
- [24] 《中国地理地图集》编委会. 中国地理地图集[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2013.
- [25] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城市建设统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018.