

城市绿地的热岛效应缓解作用

——以常德市城市公园为例

□ 乔玮洁

[摘要] 城市公园是城市绿地的主要类型之一，是城市结构的重要组成部分，对缓解城市热岛效应有显著作用。本研究基于遥感数据，通过对城市公园特征的分析，并利用ENVI提取城市公园内部以及周边缓冲区的地表温度、植被覆盖度、归一化湿度指数，研究城市公园及其周边环境对城市热岛效应的缓解效率。通过研究得出以下结论：公园内部的水体面积与绿地面积对地表温度成反比，且与植被覆盖度、归一化湿度指数呈显著相关；缓冲区地表温度受植被覆盖度、归一化湿度指数影响，且呈非线性关系。研究结果表明，不同的绿地覆盖率以及水体面积对公园地表温度以及缓冲区有一定的降温作用，对未来城市公绿地系统规划设计具有一定的参考价值。

[关键词] 城市公园；缓冲区；热岛效应；降温作用

城市下垫面的改变使城市市区温度高于周边郊区或者更偏远区域的温度，形成城市热岛效应，也成为城市热环境恶化的主要原因，不利于居民生活健康^[1]。研究表明，城市公园在缓解城市热岛效应方面有显著作用，建设系统的城市公园绿地系统，将是缓解极端城市气候、提高居民生活幸福指数的重要途径。而当城市绿地被“灰色”基础设施侵占时，对应区域的地表温度将会升高，且影响地表湿度指数^[2]。过往研究显示，绿地面积、归一化植被覆盖指数（NDVI）、植被覆盖度（FVC）等绿地基本特征值对降低地表温度有决定性影响^[3]。岳晓蕾等通过对保定中心城区的城市绿地不同的时间序列进行分析，对绿地面积与降温效率进行定量研究，结果表明不同城市绿地类型对于城市地表温度有不同的降温效率^[4]；佟华等以北京为例，对绿地规划形态对于夏季城市热岛缓解影响进行了分析论证，证明城市绿地的形态将影响自然风向，同时对周边区域有降温作用^[5]。综上所述，学界对于城市公园的内部基本特征及其周边环境的降温效率研究还不够深入，对地表参数指标与降温效率的关系的研究还可进一步加强。本文在前人研究基础上，通过对湖南省常德市夏季城市公园的遥感数据进行分析，探究公园内部基本特征与地表温度的关系，同时进一步研究其绿地面积、水体面积、NDMI与公园周边缓冲区的地表温度的关系，旨在为城市绿地系统规划提供一定的参考策略。

1 研究区域及研究数据

本研究范围为湖南省常德市武陵区，其地处大陆性亚热带季风气候区，总面积约29.53km²。本研究集中对武陵区中心5个面积较大、使用人员密集的城市公园进行分析，分别为滨湖公园、屈原公园、白马湖公园、丁玲公园以及诗墙公园。该5个公园内部特征参数、地理位置以及周边用地性质均有异质性，其研究结果具有一定的代表性。

本次研究数据选取2017年8月Landsat 8卫星遥感数据，空间分辨率为30m，该数据云量少、影像清晰，同时包含热红外波段（SWIR）。研究首先利用ENVI5.4软件对遥感数据进行前期处理，通过热辐射定标、大气校正、影像矢量图形裁剪等基本处理后，对常德市武陵区5个城市公园内部的绿地面积、水体面积进行测量，并用ArcGIS划分出间隔100m、总计宽度为500m的公园周边缓冲区，进一步提取公园内部的FVC、NDMI以及LST，并对缓冲区的基本地表参数与LST进行拟合分析，研究公园特征以及缓冲区对城市热岛效应的降温影响。

2 研究方法

2.1 地表特征参数提取

通过ENVI5.4将遥感数据进行反演，分别对城市公园与周边缓冲区的地表特征参数进行提取。

(1) 选择TM5和TM4波段得出归一化植被指数

[基金项目] 校级科研项目“基于热舒适数值模拟的城市公园适应气候变暖的研究”（编号：19YB25）研究成果。

[作者简介] 乔玮洁，湖南文理学院芙蓉学院，教师，硕士。

(NDVI) (如公式1), 在此基础上进一步计算植被覆盖率 (FVC) (如公式2):

$$NDVI = (TM5 - TM4) / (TM5 + TM4) \quad (1)$$

$$FVC = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) \quad (2)$$

(2) 利用TM5和TM6波段进行归一化湿度 (NDMI) 地表特征参数的运算 (如公式3):

$$NDMI = (TM5 - TM6) / (TM5 + TM6) \quad (3)$$

(3) 经过计算地表比辐射率、黑体在热红外波段的辐射亮度 [B (T_s)] (如公式4), 根据普朗克公式的反函数求得真实的地表温度 (LST) (如公式5):

$$B(T_s) = [L\lambda - L\uparrow - \tau(1 - \epsilon)L\downarrow] / \tau\epsilon \quad (4)$$

$$T_s = K_2 / \ln(K_1 / B(T_s) + 1) \quad (5)$$

其中: 公式4中, ϵ 为辐射率, τ 为大气透过率, T_s 为地表真实温度。公式5中, Landsat8 ETM+遥感图像中, $K_1=774.89$, $K_2=1321.00$ 。

2.2 分析方法

第一, 计算公园内部的植被覆盖度、归一化湿度指数、地表温度等基本地表特征参数ASCII数据的平均值, 通过对公园基本特征参数的测量与提取, 进行内部各特征指数的相关性分析, 同时分析其 p 值, 并进行各参数的回归分析, 对比 R^2 系数; 采用皮尔逊相关系数分析, 取值范围为[-1,1]。第二, 通过对缓冲区内的地表基本参数进行计算, 运用SPSS 20完成相关性分析, 并进行曲线拟合分析。

3 结果与分析

3.1 城市公园地表参数与内部温度的关系

研究范围中的公园拥有不同的下垫面占比构成 (如水体面积、绿地面积等) 参数特征, 其中城市公园绿地面积排序为屈原公园>白马湖公园>丁玲公园>滨湖公园>诗墙公园 (0.13km²>0.12km²>0.11km²>0.10km²>0.01km²), 水体面积大小为滨湖公园>白马湖公园>丁玲公园>屈原公园>诗墙公园 (0.19km²>0.15km²>0.10km²>0.03km²>0km²)。经过ENVI软件对遥感影像的分析, 发现各个公园地表温度如下: 丁玲公园>诗墙公园>白马湖公园>屈原公园>滨湖公园 (39.65°C>38.24°C>38.18°C>37.56°C>36.31°C), 其中屈原公园周长最长, 为4.8km, 白马湖公园为武陵区范围内总面

积最大的城市公园。基于数据的相关性分析可得 (如表1所示), 研究范围内的城市公园的总面积、周长、绿地面积以及水体面积等固有属性参数, 与公园内部温度无显著相关性, 但其绿地面积、水体面积依旧对降低城市地表温度有积极影响。其他特征参数如NDMI以及FVC与LST呈显著负相关, 其中NDMI相关性系数为-0.96, 低于0.01, 与内部温度呈强显著负相关。

通过线性回归分析, 公园内部FVC随着植被面积增加而升高, 与前人研究中提到绿地面积与FVC呈正相关的研究结果一致, 同时对热环境有一定的降温作用^[6]。此外, 分析结果显示NDMI与水体面积呈正比关系, 当公园内部或周边有大面积水体时, 其对LST的降温影响指数高于绿地面积, 即在缓解城市热岛效应中, 水体比绿地作用更为明显。

3.2 缓冲区特征参数对城市热环境的影响

缓冲区内部地表参数与降温幅度的相关性分析结果显示, 城市公园周边缓冲区对城市地表温度存在一定的降温效果, 缓冲区内的FVC与降温幅度呈现显著正相关, 可增强城市公园的降温效应, 而数据显示NDMI与降温幅度呈负相关, 某些学者的研究成果相左。通过对缓冲区的整体研究发现, 由于屈原公园以及诗墙公园的特殊滨河地理位置, 其周边缓冲带多为水体, 而研究证明, NDMI受其影响较大。为进一步探讨缓冲区内归一化湿度指数与降温之间的关系, 本研究选取以属性参数相似、公园内部温度差异较大的屈原公园与丁玲公园的缓冲区为例, 通过采用线性函数、二次函数、立体函数指数函数进行相关数据拟合分析, 结果显示NDMI与累计降温为非线性函数关系, 丁玲公园周边缓冲区NDMI与累计降温的回归函数表达式为: $y = -0.037x + 0.007x^2 + 0.131$, $R^2 = 0.112$; 屈原公园的回归函数表达式为: $y = -0.027x + 0.042x^2 + 0.14$, $R^2 = 0.741$ 。通过进一步对比, 屈原公园在周边水体影响下, 比所处内陆的丁玲公园的累计降温速度更快, 效果更明显。从图示中可看出, 滨河的屈原公园曲线拟合的 R 方系数为0.741, 证明研究具有较好的代表性。该结果表明在城市规划过程中, 通过合理的城市公园周边环境设计, 适当提高植被覆盖度以及归一化湿度指数, 将能增强城市公园缓解热岛效应的效率。

4 结论

本文以湖南省常德市武陵区中大型城市公园为例, 对公园内部, 如绿地面积、水体面积、总面积、总周长等基本公园特征以及LST、NDMI、FVC等基本地表特征指数进行相关性分析, 并通过进一步研究城市公园周边500m缓冲区的地表参数, 得出城市绿地在缓解城市热岛效应中的重要性。基本结论如下。

(1) 公园内部的绿地面积与水体是影响地表温度的重要因素, 与地表温度变化虽无显著相关性, 但是对改善热环境有积极影响。

(2) 公园的部分内在属性, 如总面积、周长, 对地表温度无明显影响, 在进行城市公园规划设计时, 不能一味追求公园面积, 而应更重视其内在结构设计。

(3) 提高公园周边缓冲区内部的植被覆盖度以及归一化湿度指数有助于调控地表温度, 可考虑在城市绿地规划与建设中可增加绿地与水体面积, 以降低城市地表温度。

此外, 本研究由于研究方法以及研究场地具有一定的局限性, 遥感数据存在一定的时间误差, 且由于为夏季时期数据, 无法解释冬季时期的城市公园地表参数对

降温效率的影响, 同时还应充分考虑城市公园以及周边环境的其他温度影响要素, 如植被的种类与高度、铺装类型以及周边建筑占地面积等, 在将来的城市绿地相关研究中, 还需更系统、更量化地探究城市热岛效应的影响因素, 以更直观、有效地为城市设计者提供价值参考。

参考文献

[1]周红妹,丁金才,徐一鸣,等.城市热岛效应与绿地分布的关系监测和评估[J].上海农业学报,2002(2):83-88.
 [2]冯娟慧,高克昌,钟水新.基于GRAPES数值模拟的城市绿地空间布局对局地微气候影响研究——以广州为例[J].南方建筑,2014(3):10-16.
 [3]Robert D B,Jennifer V,Natasha K,et al.Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change[J].Landscape and Urban Planning,2015,138(3):118-131.
 [4]岳晓蕾,林菁,杨宇翀.城市绿地对热岛效应缓解作用研究——以保定市中心城区为例[J].风景园林,2018,25(10):66-70.
 [5]佟华,刘辉志,李延明,等.北京夏季城市热岛现状及楔形绿地规划对缓解城市热岛的作用[J].应用气象学报,2005(3):357-366.
 [6]李斌,王慧敏,秦明周,等.NDVI、NDMI与地表温度关系的对比研究[J].地理科学进展,2017,36(5):585-596.

表1 公园特征参数与内部地表温度相关性

特征参数	绿地面积	水体面积	FVC	NDMI	周长	总面积	LST
内部温度	-0.064	-0.355	-0.883*	-0.960**	-0.298	0.108	1

注: *P<0.05; **P<0.01