

杨 浩, 孟 娜, 张 辉. 热环境视角下的城市间最小生态安全距离研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(15): 200–204.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.053

# 热环境视角下的城市间最小生态安全距离研究

杨 浩<sup>1,2</sup>, 孟 娜<sup>3</sup>, 张 辉<sup>2</sup>

(1. 北京市社会科学院, 北京 100101; 2. 北京大学经济学院, 北京 100871; 3. 北京师范大学政府管理学院, 北京 100875)

**摘要:**划定城市间“最小生态安全距离”作为研究城镇化进程中治理城市间复合污染问题的全新思路,对实施城市可持续发展战略具有重要意义。基于热环境视角通过解析 3 种假设情景来揭示城市间“最小生态安全距离”的表现形式与实质内涵,并据此构建测量方法及理论模型对北京与天津 2 个典型城市进行模拟检验。研究结果显示:2003—2013 年北京市和天津市城市热岛区域呈现出逐年接近、连片发展的空间分布格局。10 年间,北京市和天津市的城市热岛面积迅速扩大,由 2003 年的 1 096.98、370.32 km<sup>2</sup>,增加到 2013 年的 8 188.06、4 567.54 km<sup>2</sup>;京津 2 地城市间的热环境“最小生态安全距离”衰减明显,由 2003 年的 80.76 km 锐减到 2013 年的 1.44 km。最后提出了建设城市通风走廊、科学规划城市绿地系统、利用科技手段减少热污染排放的对策建议。

**关键词:**城市热环境;密度分割;最小生态安全距离;京津地区

**中图分类号:** TU984.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)15-0200-05

在 2014 年 3 月的全国环境保护工作会议中国家环保部首次提出了“最小生态安全距离 (the minimum distance forecological security, MDSE)”的概念。这是我国城镇化进程中治理城市间复合污染问题的全新思路,包含了生态保护、安全底线、资源承载力和环境容量的综合性概念。但迄今为止,学术界对于“最小生态安全距离”的实质内涵还缺乏较为明

晰的界定。城市热环境作为城市生态系统的重要组成部分,随着城市化进程的加快,城市人口的快速增加,城市建筑密度的大幅提升,以城市热岛效应为代表所引发的一系列热环境负面效用逐渐成为人们关注的焦点。现阶段城市热环境问题已经不是单纯的气候环境问题,而是影响城市化进程和城市生态环境良性发展的重大阻碍<sup>[1-6]</sup>。因此,测量基于热环境视角的城市间最小生态安全距离,不仅能够设置为设置城市发展的“刚性界限”和“生态安全底线”提供理论依据,还能够为解决城市集中发展所显现出来的城市群热环境冲突和叠加等新型环境问题提供科学参考。

收稿日期:2018-03-09

基金项目:中国博士后科学基金面上项目(编号:2018M631383);北京市社会科学院青年项目(编号:2017B4758)。

作者简介:杨 浩(1983—),男,吉林长春人,北京大学在站博士后,北京市社会科学院助理研究员,研究方向为土地行政、政府绩效评估、政府经济管理。E-mail: yanghaojldx@163.com。

通信作者:张 辉,教授,博士生导师,研究方向为区域经济学、产业经济学、土地经济学。E-mail: nk94zhang@126.com。

## 1 相关研究综述

划定城市增长边界是解决城市空间蔓延带来热岛效应的有效手段。自 20 世纪 70 年代美国俄勒冈州划定第一条城市

[13] 叶 慧,雷建平,左建军,等. 微生物脂肪酶概况及其动物营养效应的研究进展[J]. 饲料工业,2012,33(12):37–40.

[14] 兰立新,肖怀秋. 微生物脂肪酶生物学特性及分离纯化研究进展[J]. 江苏调味副食品,2009,26(5):1–5.

[15] 徐启峻,滕宏飞,黄 程,等. 一株柱状假丝酵母产脂肪酶条件的优化研究[J]. 中国油脂,2015,40(5):70–75.

[16] 顾美英,张志东,茆 军,等. 低温脂肪酶产生菌的筛选及发酵条件研究[J]. 农产品加工. 学刊,2006(11):4–6,72.

[17] 东秀珠,蔡妙英. 常用细菌系统鉴定手册[M]. 北京:科学出版社,2001.

[18] Bergey D H, Holt J G, Krieg N R. Bergey's manual of systematic bacteriology[J]. Bergeys Manual of Systematic Bacteriology, 1989, 38(4):443–491.

[19] 雷启义,邹 凯,周江菊,等. 脂肪酶活力测定方法及其比较[J]. 凯里学院学报,2011(6):43–45.

[20] Rashid N, Shimada Y, Ezaki S, et al. Low-temperature lipase from psychrotrophic *Pseudomonas* sp. strain KB700A[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2001, 67(9):4064–4069.

[21] Mahadik N D, Puntambekar U S, Bastawde K B, et al. Production of acidic lipase by *Aspergillus niger*, in solid state fermentation[J]. Process Biochemistry, 2002, 38(5):715–721.

[22] 王 艳,李大平,刘世贵. 紫外线和硫酸二酯诱变五株亚硝化单胞菌的硝化活力比较[J]. 四川大学学报(自然科学版),2003(1):181–183.

[23] 刘海洲,刘均洪,张媛媛,等. 南极假丝酵母诱变育种及产脂肪酶条件优化[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版),2009(3):226–229,237.

[24] 武晓炜,吴志国,王艳敏,等. 甲胺磷降解菌的紫外诱变及高产菌株的筛选[J]. 河北省科学院学报,2005(3):71–73.

[25] 刘 光. 黑曲霉脂肪酶的分离纯化及其性质研究[D]. 广州:华南理工大学,2013.

[26] 沈永强,刘慈俊,张景六,等. 阿氏假囊酵母 (*Eremothecium ashbyii*) Du-32 脂肪酶的研究[J]. 微生物学报,1974(1):95–102.

[27] Verger R. Lipases: structure, mechanism and genetic engineering[J]. Biochimie, 1992, 74(2):209–214.

增长边界后,该州的城市由粗放外延式拓展转向内涵式发展。此后,许多国家在城市建设中受到国际认可的城市“精明增长”等理论的启发均通过城市增长边界方式来划定调控城市形态,以此来提高城市发展效率与提升生态环境质量<sup>[7]</sup>。2013 年 12 月中央城镇化工作会议明确要求根据区域自然条件,科学设置开发强度,划定每个城市特别是特大城市的开发边界。但是长期以来,我国传统城市规划建设中大多以人口边界或经济规模边界作为城市增长边界的判定,进而划定城市建设用地扩展的边界线,却没有从真正意义上形成改善和防范城市生态环境风险的“生态环境边界”<sup>[8]</sup>。因此,通过从建设用地需求“正向”规划转向以生态空间保护为目标的“逆向”规划与之结合,具有重要的科学意义<sup>[9]</sup>。《国家新型城镇化规划(2014—2020 年)》中也提出,要把生态文明建设理念全面融入城镇化过程,划定生态保护红线,合理控制城镇开发边界,促进城市紧凑发展。因此,通过明确城市间的热环境“生态安全底线”是防范城市空间发展风险的重要措施,也是本研究的出发点。

近年来,许多学者从生态安全等级、格局角度对城市间的生态安全距离进行了深入的研究。李绥等基于景观生态安全格局理论和 RS、GIS 技术,选择地形条件、洪水危害、土壤侵蚀、植被覆盖、地质灾害和生物保护 6 个要素作为城市空间扩展的生态约束条件,分析了南充市的生态安全等级分布,得出了南充市市域范围内整体生态安全状况较好,低生态安全水平区域较集中地分布于市区南部的嘉陵江下流区域和城郊西部山地的结论<sup>[10]</sup>。胡海德等利用实地调查和 Landsat TM 遥感数据,分别构建了大连市水土保持、水源保护、防洪 3 种安全格局,并在具体应用时根据城市的特点和发展阶段,对 3 个水平的生态安全格局进行取舍,最后对生态安全格局研究的思想 and 构建方法进行了梳理<sup>[11]</sup>。周锐等以河南省平顶山新区为例,结合 GIS 得到水资源安全、地质灾害规避、生物多样性保护 3 种单一过程的生态用地数据,应用最小累积阻力模型构建了平顶山新区生态用地的安全格局。提出了研究区域内最小生态用地,即底线型生态用地的面积为 88.44 km<sup>2</sup>,占研究区总面积的 29.35%,缓冲型和理想型生态用地的面积分别为 22.28 km<sup>2</sup> 和 43.87 km<sup>2</sup> 的结论<sup>[12]</sup>。欧定华等以成都市龙泉驿区为研究区,在景观分类与景观格局现状分析、景观格局变化特征与驱动因子分析、景观格局变化潜力与动态模拟、区域生态安全评价与变化趋势预测研究基础上,建立基于 PSO 算法原理的景观格局空间优化模型与算法,对经济发展、生态保护、统筹兼顾 3 种情景景观空间布局进行优化,提出了一种能有效平衡经济发展与生态保护矛盾关系的景观生态安全格局<sup>[13]</sup>。江源通等结合平潭综合实验区总体规划,从城市生态安全角度出发,在对平潭岛生态环境本底条件的调研基础上,选取与平潭岛的城市生态安全关系密切的 6 个关键生态因子进行深入分析,并通过层次分析法和 GIS 空间叠置法综合多要素分析了平潭岛的生态敏感性,最终有针对性地提出了面向新一轮大规模城市开发热潮的平潭岛城市生态安全格局<sup>[14]</sup>。从已有研究文献来看,不同学者尽管已注意到城市绿地、景观格局等因素对城市生态安全影响显著<sup>[15-20]</sup>,但仅从“城市建成区绿地率、绿化覆盖率和人均公共绿地面积”数字指标层面上,采取“分散集团式”原则去考虑城市安全边界

布局,显然没有将城市空间特征与空间布局最大生态效益发挥出来,这也是现阶段城市生态安全格局研究中普遍存在的缺陷。要合理测算和确定城市之间的生态安全距离,必须要将城市热环境水平作为城市生态安全的重要变量加以分析,为城市热环境自然消解提供预留空间。

## 2 基于热环境的城市间最小生态安全距离内涵

本研究在借鉴城市生态安全格局与缓冲带等理论的基础上,将科学界定基于热环境的城市间最小生态安全距离内涵和表现形式,在借鉴城市生态安全格局与缓冲带等理论的基础上,将基于热环境的城市间最小生态安全距离界定为:为防范城市之间热环境风险和保障人类宜居环境,要求城市间承载人类经济社会活动的城市用地间隔一定的距离作为生态缓冲带,以最大限度地发挥生态用地降温效益从而消解城市间热环境叠加污染。城市之间对于城市用地间隔的最小要求即为城市间“最小生态安全距离”。

本从简单到复杂,从理论到实际,从以下 3 个思路出发,建立基于热环境的城市最小生态安全距离理论与模型。

### 2.1 假定城市 A、B 的内部规划固定, A 位置固定, B 位置不定

该思路假设 A、B 为相邻 2 个建设用地较为规则的大型城市(假设理想情况呈圆形),并且 2 个城市的规模、布局、功能定位一致,热岛中心均处于城市中心位置且均匀向外辐射,辐射能力一致,其中 A 为已建城市,且位置固定, B 为规划或拟建城市,其位置待定。

本情景方案如图 1 所示,据此思路构建数学模型如下:

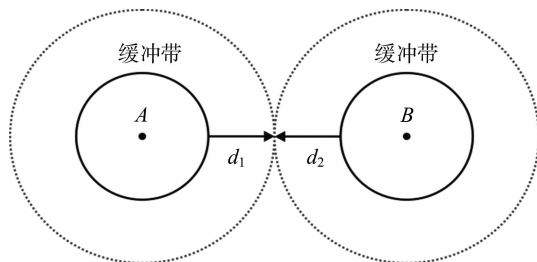


图1 最小安全距离假设情景一

设城市 A 的中心坐标为  $(X_A, Y_A)$ , 半径为  $R_A$ 。图 1 中实线圆环为城市 A 的建成区,虚线圆环表示城市 A 的热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  衰减为 0,即虚线圆环外区域将不再受城市 A 的热辐射影响。此时,城市 A 的建成区边缘到热岛效应衰减缓冲带边缘的距离为  $d_1$ 。该情景已假设 2 个城市的规模、布局、功能定位一致,热岛信号函数衰减距离也一致(即  $d_1 = d_2$ ),但城市 B 位置不定,假设城市 B 中心坐标为  $(X_B, Y_B)$ , 半径为  $R_B$ 。

如果城市 B 的中心坐标满足:

$$\begin{cases} X_B = R_A + d_1 + d_2 + R_B \\ Y_A = Y_B \end{cases} \quad (1)$$

此时,城市 A、B 的建成区边缘的距离即为 2 个城市的最小生态安全距离,即  $d_1 + d_2$ 。其几何意义为城市 A 的热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  与城市 B 的热岛信号函数  $UHI_B(x, y)$  同时衰减到 0,即  $UHI_A(x, y) + UHI_B(x, y) = 0$ ,此时 2 个城市热辐射影响范围相切。

因此,计算城市最小生态安全距离就是计算目标函数:

$$\min d = \sqrt{(X_a - X_b)^2 + (Y_a - Y_b)^2} \quad (2)$$

式中: $X_a$ 、 $Y_a$ 、 $X_b$  和  $Y_b$  分别为城市 A、B 建成区边缘坐标。

约束条件为:城市 A、B 之间的热岛信号函数叠加后的最小热岛强度不超过某一安全阈值  $I$ ,即:

$$\min \{ UHI_A(x, y) + UHI_B(x, y) \} < I \quad (3)$$

当城市热辐射等于背景场温度时,热岛信号函数为 0,此时城市 A、B 的热环境相互不干扰,即  $I=0$ 。

该情景对城市最小生态安全距离进行了几何学定义,而且在新建城市选址、规划新建城市规模时防止城市间热环境交叉污染具有理论价值。

## 2.2 假定城市 A、B 的位置和内部规划固定

该思路假定 A 和 B 分别为已建成和规划在建的 2 个相邻大型城市,且 A、B 这 2 个城市间相隔距离固定,城市功能定位、城市热环境特征明确,热岛中心均处于城市中心位置且均匀向外辐射。城市 A 的热辐射能力固定,城市 B 不定。在此条件下,根据 A、B 城市热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  和  $UHI_B(x, y)$  衰减距离研判现有建设或规划条件下城市间热环境是否存在风险。

本情景如图 2 所示,据此思路构建数学模型如下:

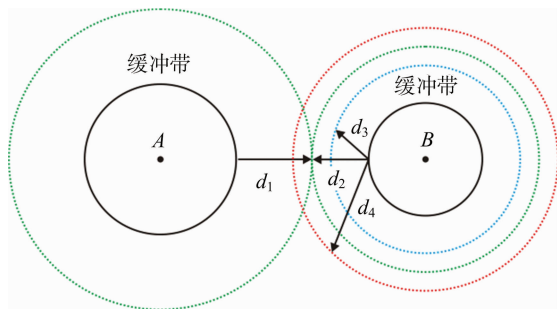


图2 最小安全距离假设情景二

设城市 A 的中心坐标为  $(X_A, Y_A)$ , 半径为  $R_A$ 。图 2 中黑色圆环为城市 A 的建成区,绿色圆环表示城市 A 的热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  衰减为 0,即圆环外区域将不再受城市 A 的热辐射影响。此时,城市 A 的建成区边缘到热岛衰减缓冲带边缘的距离为  $d_1$ 。设城市 B 的中心坐标为  $(X_B, Y_B)$ , 半径为  $R_B$ 。假设城市 B 的热环境特征存在 3 种情况,即城市 B 的热岛信号函数  $UHI_B(x, y)$  衰减为 0 时距离 B 城市建成区边缘的距离分别为  $d_2$ 、 $d_3$  和  $d_4$ 。

当城市 A 的热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  与城市 B 的热岛信号函数  $UHI_B(x, y)$  同时衰减到 0 时,此时  $d_1 + d_2$  即为城市 A 和 B 的最小生态安全距离,2 个城市热岛衰减缓冲带圆环相切(绿色圆环);当  $d_3 < d_2$  时(蓝色圆环),即热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  和  $UHI_B(x, y)$  没有同时衰减到 0,2 个城市热岛衰减缓冲带圆环相离,说明 2 个城市中间具有较多的生态用地足以削减 2 个城市产生的热环境污染,2 个城市建设用地仍具有扩展潜力空间;当  $d_4 > d_2$  时(红色圆环),即热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  和  $UHI_B(x, y)$  重叠,2 个城市热岛衰减缓冲带圆环相交,说明 A、B 这 2 个城市热环境污染叠加,已发生热环境冲突,必须通过优化生态用地空间布局改善城市热环境问题。

该情景对通过最小生态安全距离判定相邻城市间是否存在

在热环境风险、挖潜城市增长空间具有理论价值。

## 2.3 城市形态不规则时对模型的修正

以上 2 种情景均假设在理想情况下,即 2 个城市用地形状规则,且城市热环境辐射均一。但在现实中,绝大多数城市布局并非如此,而且城市热环境空间异质性较大。故本情景将假设 A、B 这 2 个城市规划建设用地布局为不规则的多边形,且热环境辐射也不均一。在此基础上,按照前述 2 种情景的思路,测算城市之间基于热环境的最小生态安全距离。

图 3 中绿色虚线为城市 A 热岛信号函数衰减为 0 的边界,紫色虚线为城市 B 热岛信号函数衰减为 0 的边界。由于城市形状不规则且热环境异质性大,因此当 A、B 城市热岛信号函数衰减为 0 时,并非为简单的相交、相离或相切关系。如图 3 所示,仅 P 点为热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  和  $UHI_B(x, y)$  同时衰减为 0 的点,即 P 点到城市 A、B 建成区边缘的最短距离之和为 2 个城市的最小生态安全距离。由于 A、B 这 2 个城市上半部分建成区距离较近,因此热岛信号函数叠加,叠加区域  $S_1$  存在热环境风险,需要优化热岛衰减缓冲区内生态用地格局,区域  $S_1$  即为热环境风险区域;A、B 这 2 个城市下半部分建成区距离较远,当热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  和  $UHI_B(x, y)$  衰减为 0 时,未出现热岛信号函数叠加,因此区域  $S_2$  周围仍具有城市建设用地扩展潜力,即为城市扩展潜力区。

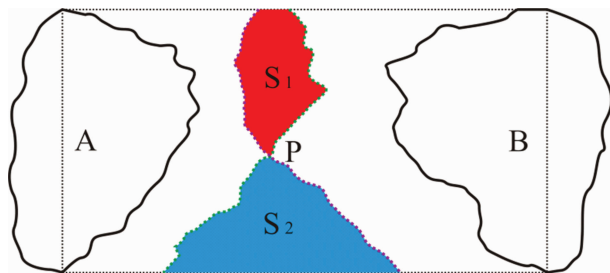


图3 最小安全距离假设情景三

针对这种情况,利用多智能体模型,选取代表城市用地扩展需求、城市间空间形态对热环境的影响机制、生态用地空间形态和布局降温机制的空间指标作为输入数据,输出不同城市扩展情景,基于重构的城市群热环境曲面,寻找最佳生态安全距离,在热环境风险区域周围优化生态用地空间配置,针对城市扩展潜力区域划定城市增长边界,以此来城市之间的热环境调控。

在图 4 中,绿色虚线为土地利用格局优化后热岛信号函数  $UHI_A(x, y)$  和  $UHI_B(x, y)$  同时衰减为 0 的曲线,2 个城市边缘到该曲线的距离之和是最佳生态安全距离。A、B 这 2 个城市下半部分为城市扩展潜力区域  $S_3$  和  $S_4$ ,城市边缘区的黑色虚线即为城市增长边界。在这种城市增长边界条件下,2 个城市距离刚好为最佳生态安全距离,并且城市建设用地具有最大的空间扩展潜力。

该情景对通过最小生态安全距离理论研判相邻城市间是否存在热环境风险,对于通过划定城市增长边界、优化生态用地布局、调控城市间热环境具有重要的实践意义。

## 3 城市间最小生态安全距离的测算

### 3.1 城市地表温度测算

目前,城市热环境曲面拟合模拟,由于其精确、直观等特

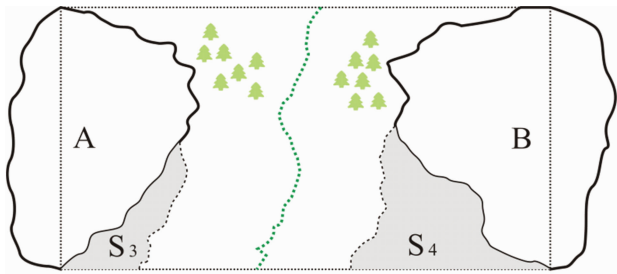


图4 最小安全距离优化方案

点成为目前进行城市空间形态研究的重要手段之一。热力系统的地表温度可以表示为：

$$T_s(x,y) = T_{s1}(x,y) + T_{s2}(x,y)。(4)$$

式中： $(x,y)$  分别为像元坐标； $T_s(x,y)$  为地表温度； $T_{s1}(x,y)$  为背景温度； $T_{s2}(x,y)$  为热力系统局部热异常导致的温度增量。

在研究城市热岛效应时，通常考虑乡村地区地物热惯性相对稳定，将其作为背景场，即地表温度  $R(x,y)$ 。如果在  $R(x,y)$  温度背景场上叠加城市地区热异常则会表现出城市热岛效应。那么，由城市热岛效应导致的温度增量  $T_{s2}(x,y)$  定义为热岛信号函数  $UHI(x,y)$ 。因此，热力系统的地表温度可转换为：

$$T_s(x,y) = R(x,y) + UHI(x,y)。(5)$$

因此，根据公式(5)，分别抽象出乡村地表温度场  $R(x,y)$  和热岛信号函数  $UHI(x,y)$ ，即可拟合城市热环境曲面。

3.2 城市间最小生态安全距离的测算

为定量测算城市间热环境最小生态安全距离，选取北京与天津 2 个相邻城市作为研究区域，京津 2 市在区位上毗邻，地理位置上处于京津冀城市群的中心地带，而且在城市空间结构中也处于核心位置，2 市之间的经济联系远大于其他城市，是决定和影响整个区域的经济中枢和增长重心。因此，本研究主要从城市热环境视角来测算京津 2 市在城市发展进程中导致的城市间“最小生态安全距离”的变化。

采用 2003—2013 年 10 年期间 MODIS-LSTs 数据产品作为地表温度数据源来生成热环境模拟空间曲面，将京津 2 市的热环境模拟空间曲面作为输入数据，进一步测算最小生态安全距离。由于不同季相地表温度有明显差异，为揭示其空间分布特征规律，需要将地表温度正规化处理并通过密度分割技术，将城市热环境进行分级处理。

$$T_{ni} = \frac{T_{si} - T_{smin}}{T_{smax} - T_{smin}}。(6)$$

式中： $T_{ni}$  表示第  $i$  个像元正规化后的值； $T_{si}$  为第  $i$  个像元的地表温度； $T_{smax}$  表示城市群地表温度的最大值； $T_{smin}$  表示城市地表温度的最小值。

通过密度分割技术将地表温度划分为低温、次低温、中温、次高温和高温等 5 个热力等级(表 1)。同时，将次高温区和高温区作为城市热岛区域来加以研究。并依此来测量基于热环境的城市间最小生态安全距离。

2003—2013 年北京市和天津市的城市热岛面积呈逐年扩大的趋势，从区域空间发展趋势上来看，呈现出连片发展的空间分布格局(图 5)，而 2 市之间的最小生态安全距离呈现急剧衰减的趋势(图 6)。2003 年北京市城市热岛区域面积

表 1 地表温度等级区间划分标准

地表温度等级	温度范围
低温	$T_{ni} < T_{mean} - 1.5s$
次低温	$T_{mean} - 1.5s \leq T_{ni} < T_{mean} - 0.5s$
中温	$T_{mean} - 0.5s \leq T_{ni} < T_{mean} + 0.5s$
次高温	$T_{mean} + 0.5s \leq T_{ni} < T_{mean} + 1.5s$
高温	$T_{ni} \geq T_{mean} + 1.5s$

注： $T_{ni}$  为正规化后的像元值， $T_{mean}$  为正规化后所有像元平均值， $s$  为温度标准差。

为 1 096.98 km<sup>2</sup>，天津市城市热岛区域面积为 370.32 km<sup>2</sup>，北京市和天津市最小生态安全距离为 80.76 km。2013 年北京市城市热岛区域面积增加了 7 091.08 km<sup>2</sup>，城市热岛面积为 8 188.06 km<sup>2</sup>，是 2003 年的 7.46 倍，天津市城市热岛区域面积增加到 4 567.54 km<sup>2</sup>，是 2003 年的 12.33 倍，北京市和天津市最小生态安全距离仅为 1.44 km。10 年间，北京市和天津市城市热岛面积增长率分别为 709.11 km<sup>2</sup>/年和 349.77 km<sup>2</sup>/年，最小生态安全距离衰减率为 7.93 km/年。

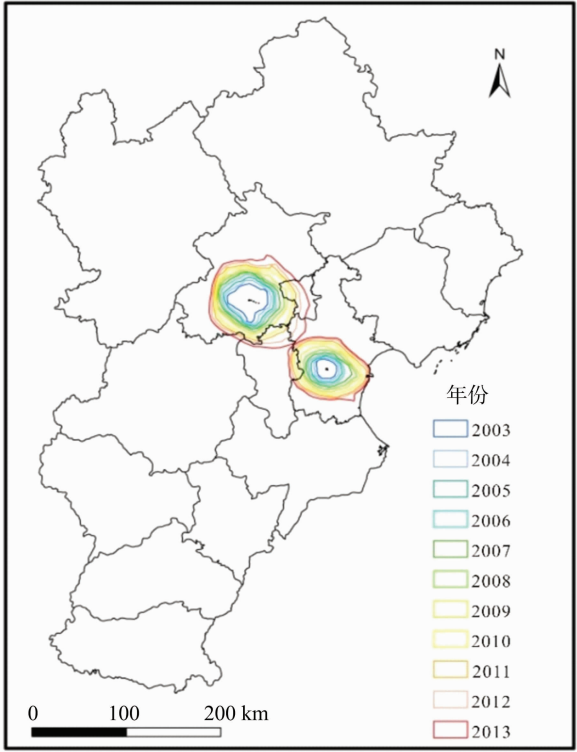


图5 2003—2013 年最小生态安全距离空间分布

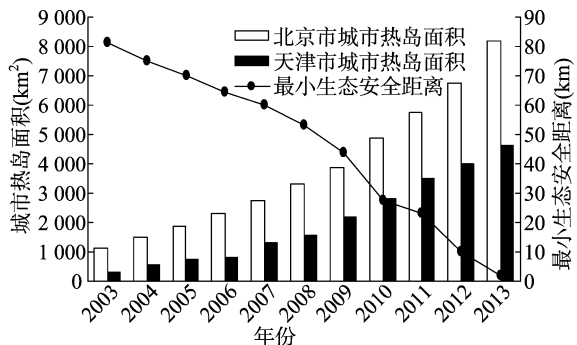


图6 2003—2013 年最小生态安全距离随时间的变化



## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本研究在界定热环境视角下城市最小生态安全距离实质内涵的基础上,通过建立数学模型对 2003—2013 年北京市与天津市的热岛容量及城市最小生态安全距离进行测算。通过以上分析得出结论:(1)2003—2013 年北京市和天津市城市热岛区域从空间上逐年接近连片发展趋势;(2)10 年间,北京市和天津市的城市热岛面积迅速扩大,已由 2003 年的  $1\,096.98\text{ km}^2$ 、 $370.32\text{ km}^2$ ,增长为 2013 年的  $8\,188.06\text{ km}^2$ 、 $4\,567.54\text{ km}^2$ ;(3)北京市和天津市的城市间最小生态安全距离逐年接近,由 2003 年的  $80.76\text{ km}$ ,急剧衰减为 2013 年的  $1.44\text{ km}$ ,京、津 2 市的最小安全距离的演变过程表明区域热环境水平呈逐渐恶化的趋势。

### 4.2 讨论

目前,国际社会已积极研究预防和解决城市热岛效应的有效方法和措施。《国家中长期科学技术发展规划纲要(2006—2020 年)》也对城市热岛效应在其形成机制以及调控方法等方面的研究提出明确要求。但对城市热环境的研究不能仅仅停留在现象的揭示层面,为了保证城市热环境治理的科学性、权威性,必须对热环境进行模拟与预测,这就要从热环境的形成机制出发进行深入研究,并在此基础上提出城市间热环境调控措施,来保障相邻城市的最小生态距离处于合理区间。综上所述,提出以下政策建议:

(1)建设城市通风走廊。其原理是在城市边缘区域营造一个通风口,将郊外的风引入城市中心区,以此来增加城市空间的空气流动性,进而达到缓解城市热岛效应的目的。具体做法是:依据所在城市的自然地形和地貌,在确定生态冷源和热环境控制区的相对位置上结合风向风速玫瑰图,选择通风截面较大的街道来建设城市通风走廊。通风廊道设置仅适合一些新城建设,在老城区改造过程中由于现有景观格局已经形成,建设进程中会面临着许多现实困难。

(2)科学规划城市绿地系统。对于一些无法改变城市景观结构的旧城区可以重点采取对绿地板块的有效整合,优化城市绿地设计规范,建设城市绿地数据库,增种适合的树木、草地等方式来有效提高城市绿地系统的覆盖面积与服务效率,从而形成有效的“绿地效应”,削弱和缓解“热岛效应”所带来的危害。

(3)利用科技手段减少热污染排放。提倡城市利用太阳能、风能、生物质能、地热能等非常规能源,提高能源效率,倡导低碳经济等,减少热污染排放。同时,针对城市热容性较高的沥青路面和水泥路面,在市政资金充裕的情况下可以考虑逐步改造成生态透水路面,以此来减少城市“热岛效应”的形成。

### 参考文献:

[1]王璐瑶. 武汉土地利用对城市热环境的影响研究[D]. 武汉:华中师范大学,2016.

- [2]Zhang Y, Bao W J, Yu Q, et al. Study on seasonal variations of the urban heat island and its interannual changes in a typical Chinese megacity[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2012, 55(4): 1121–1128.
- [3]Yang X, Zhao Y, Chen R, et al. Simulating land use change by integrating landscape metrics into ANN-CA in a new way[J]. Frontiers of Earth Science, 2016, 10(2): 245–252.
- [4]Su Y X, Chen X Z, Liao J S, et al. Modeling the optimal ecological security pattern for guiding the urban constructed land expansions[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2016, 19: 35–46.
- [5]Zhang Z L, Liu S L, Dong S K. Ecological security assessment of Yuan River watershed based on landscape pattern and soil erosion[J]. Procedia Environmental Sciences, 2010, 2(6): 613–618.
- [6]严靖壹, 郑欣悦. 城市热岛效应及对策研究——以四川天府新区通风走廊为例[J]. 住宅与房地产, 2017(3): 267.
- [7]刘海龙. 从无序蔓延到精明增长——美国“城市增长边界”概念述评[J]. 城市问题, 2005(3): 67–72.
- [8]杨建军, 周文, 钱颖. 城市增长边界的性质及划定方法探讨——杭州市生态带保护与控制规划实践[J]. 华中建筑, 2010, 28(1): 122–125.
- [9]俞孔坚, 王思思, 李迪华, 等. 北京城市扩张的生态底线——基本生态系统服务及其安全格局[J]. 城市规划, 2010, 34(2): 19–24.
- [10]李绥, 石铁矛, 付士磊, 等. 南充城市扩展中的景观生态安全格局[J]. 应用生态学报, 2011, 22(3): 734–740.
- [11]胡海德, 李小玉, 杜宇飞. 大连城市生态安全格局的构建[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2013, 45(1): 138–143.
- [12]周锐, 王新军, 苏海龙, 等. 平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建[J]. 生态学报, 2015, 35(6): 2003–2012.
- [13]欧定华. 城市近郊区景观生态安全格局构建研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2016.
- [14]江源通, 田野, 郑拴宁. 海岛型城市生态安全格局研究——以平潭岛为例[J]. 生态学报, 2018, 38(3): 769–777.
- [15]贾滨洋, 柏松, 李玫, 等. 最小生态安全距离在“多规合一”中的地位与作用[J]. 中国环境管理, 2016, 8(3): 25–29.
- [16]Yu Q, Yue D P, Wang J P, et al. The optimization of urban ecological infrastructure network based on the changes of county landscape patterns: a typical case study of ecological fragile zone located at Deng Kou (Inner Mongolia)[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 163: 155–166.
- [17]Liu G, Liang Y, Cheng Y, et al. Security patterns and resistance surface model in urban development: case study of Sanshui, China[J]. Journal of Urban Planning & Development, 2017, 143(4): 215–224.
- [18]蒙古军, 王雅, 王晓东, 等. 基于最小累积阻力模型的贵阳市景观生态安全格局构建[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(7): 1052–1061.
- [19]郭其伟, 朱瑜葱. 以缓解热岛效应为目的的热环境模拟分析——以西安市为例[J]. 生态经济, 2016, 32(3): 161–164.
- [20]刘航, 申格, 黄青. 近 10 年武汉市城市热岛效应演变及其与土地利用变化的关系[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(9): 1466–1475.