

# 卫星遥感对邢台市2024年的热岛效应分析

张梓瑶<sup>1,2</sup>, 郝巨飞<sup>1,2\*</sup>, 杨丽娜<sup>1</sup>, 赵玉兵<sup>1</sup>

<sup>1</sup>河北省邢台市气象局, 河北 邢台

<sup>2</sup>河北省环境气象创新团队, 河北 石家庄

收稿日期: 2025年4月25日; 录用日期: 2025年5月23日; 发布日期: 2025年5月30日

## 摘要

利用FY-3D气象卫星的遥感监测数据, 对邢台市2024年度夏季热岛效应进行了分析, 结果显示: 2024年夏季邢台市全市平均气温28.1°C, 较常年同期偏高1.8°C, 为显著偏高年份。其中6月、8月为显著偏高年份, 7月为正常年份。邢台市强热岛区域主要集中在城镇化程度较高的地区以及钢厂等热源工厂集中地区, 农业种植区域、山区以及植被覆盖茂密区域大多呈弱热岛或无热岛现象。陆表高温与下垫面关系密切, 以不透水层为主的城区陆表温度较高。从空间分布上看, 夏季发生热岛效应面积最大并且较强热岛级别以上的区域主要分布在市区, 其次是城镇化程度相对较高的区域。从热岛强度等级分布来看, 邢台市以无热岛区为主, 主要分布在郊区耕地, 强冷岛和较强冷岛主要分布在西部山区等植被覆盖比较茂密区域。强热岛区和较强热岛区面积较小, 主要分布于人口密集的城区。

## 关键词

卫星, 遥感, 热岛效应

# Analysis of the Heat Island Effect in Xingtai City by Satellite Remote Sensing in 2024

Ziyao Zhang<sup>1,2</sup>, Jufei Hao<sup>1,2\*</sup>, Lina Yang<sup>1</sup>, Yubing Zhao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Xingtai Meteorological Bureau of Hebei Province, Xingtai Hebei

<sup>2</sup>Environmental and Meteorology Innovation Team of Hebei Province, Shijiazhuang Hebei

Received: Apr. 25<sup>th</sup>, 2025; accepted: May 23<sup>rd</sup>, 2025; published: May 30<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

Using the remote sensing monitoring data of FY-3D meteorological satellite, the heat island effect of Xingtai City in summer 2024 was carried out. The results show that the average temperature of Xingtai

\*通讯作者。

文章引用: 张梓瑶, 郝巨飞, 杨丽娜, 赵玉兵. 卫星遥感对邢台市2024年的热岛效应分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(3): 485-494. DOI: 10.12677/ccrl.2025.143049

City in summer 2024 is 28.1°C, which is 1.8°C higher than the same period of normal years, which is a significantly higher year. Among them, June and August are significantly high years, and July is a normal year. The strong heat island area in Xingtai City is mainly concentrated in areas with a high degree of urbanization and areas where heat source factories such as steel mills are concentrated. Agricultural planting areas, mountainous areas, and areas with dense vegetation cover mostly show weak or no heat island phenomenon. The land surface temperature is closely related to the underlying surface, and the land surface temperature is higher in the urban area dominated by the impermeable layer. From the perspective of spatial distribution, the areas with the largest heat island effect in summer and above the strong heat island level are mainly distributed in urban areas, followed by areas with a relatively high degree of urbanization. According to the distribution of heat island intensity grade, the non-heat island area is the main area, mainly distributed in the suburban cultivated land, and the strong cold island and strong cold island are mainly distributed in the western mountainous area and other vegetation coverage areas. The area of strong heat island and stronger heat island is small, mainly distributed in densely populated urban areas.

## Keywords

Satellite, Remote Sensing, Heat Island Effect

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

城市热岛效应是指城市中心区域的气温明显高于周边郊区,从而在温度空间分布上形成类似“岛屿”的现象[1]-[3]。这种效应不仅加剧了城市高温出现的频率和高温灾害,还带来了显著的经济损失和生态影响[4]-[6]。英国学者 Howard 在 1833 年发现伦敦市内的温度比郊区高[7],而 Manley 在 1958 年首次提出了城市热岛(Urban Heat Island, UHI)的概念[8]。国内外学者利用遥感技术对城市热岛效应进行了大量研究。Schwarz *et al.* 利用多种热岛强度指数对 263 个欧洲国家展开分析,最后认为不同类型的指数会对分析结果产生较大影响[9], Peng *et al.* [10]和 Zhou *et al.* [11]分别在研究全球和欧洲的城市热岛效应时,基于 CCA 计算了城市和郊区的平均温度差异,从而构建了较为合理的热岛强度指数。朱焱等利用 Landsat 卫星资料遥感分析发现苏州存在比较明显的城市热岛效应,并且随着城市化过程热岛范围进一步扩展[12]。孙良宵等[13]发现江苏省夏季热岛强度前期受城区升温影响呈明显增强,后期受郊区升温影响呈明显减弱,高温对整个城区的热岛效应影响有限,但对城市核心区的热岛效应影响明显。阴瑜鑫等[14]发现人口密度是长江中游城市群热岛效应的主控因子。邢台市位于河北省中南部,太行山脉南段东麓,华北平原中部,晋冀鲁三省之中,本文通过对邢台市 2024 年度的城市热岛进行了卫星遥感分析,以期在城市规划与生态城市建设提供科学依据。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 遥感资料

卫星影像资料来源于风云气象数据网,采用 2024 年夏季(6~8 月)FY-3D 卫星,空间分辨率为 1 km 的晴空遥感资料,地表温度遥感资料使用了 FY-3D 气象卫星的合成地表温度。

### 2.2. 城市热岛效应的概念及评定指标

城市热岛效应是指一个地区(主要指城区内)的环境温度高于周边郊区的现象,可以用两个代表性测

点的气温差值(城市中某地温度与郊区气象测点温度的差值)表示。本文中城市热岛是指卫星遥感监测的地表热岛(Surface Urban Heat Island), 即利用热红外遥感反演的城区与郊区地表温度差值来表示, 选择本市农田所在区域作为郊区背景。

城市热岛强度(Urban Heat Island Intensity, UHII)是遥感反演的地表温度与参照区域温度的距平等级, 是评价城市热岛效应强弱的定性指标, 可直接表示强度的大小和范围。本文中热岛强度采用卫星遥感影像反演得到的地表温度来计算[15]: 日热岛强度  $\leq -7^{\circ}\text{C}$ , 强冷岛;  $-7^{\circ}\text{C} < \text{日热岛强度} \leq -5^{\circ}\text{C}$ , 较强冷岛;  $-5^{\circ}\text{C} < \text{日热岛强度} \leq -3^{\circ}\text{C}$ , 弱冷岛;  $-3^{\circ}\text{C} < \text{日热岛强度} \leq 3^{\circ}\text{C}$ , 无冷岛;  $3^{\circ}\text{C} < \text{日热岛强度} \leq 5^{\circ}\text{C}$ , 弱热岛;  $5^{\circ}\text{C} < \text{日热岛强度} \leq 7^{\circ}\text{C}$ , 较强热岛; 日热岛强度  $> 7^{\circ}\text{C}$ , 强热岛。

城市热岛比例指数(Urban Heat Island Proportion Index, UHPI)是指区域内城区温度高于郊区温度的热岛强度等级的面积加权比重, 是区域内的热岛强度大小的一个定量指标。本文对区域城市热岛效应的评估依据表 1 进行等级划分。

**Table 1.** Grading criteria for regional urban heat island effect assessment

**表 1.** 区域城市热岛效应评估等级划分标准

等级	热岛比例指数(UHPI)	等级含义
1	[0, 0.2]	轻微或无
2	(0.2, 0.4]	较轻
3	(0.4, 0.6]	一般
4	(0.6, 0.8]	较严重
5	(0.8, 1.0]	严重

### 3. 结果和讨论

#### 3.1. 气温概况

2024 年夏季(6~8 月), 邢台市全市平均气温  $28.1^{\circ}\text{C}$ , 较常年同期( $26.3^{\circ}\text{C}$ )偏高  $1.8^{\circ}\text{C}$ , 为显著偏高年份, 为有气象记录以来最高年份。各县(市、区)平均气温为  $27.6^{\circ}\text{C}$ (邢台、内丘)~ $28.51^{\circ}\text{C}$ (任泽、宁晋)。与常年同期相比, 邢台、新河偏高  $0.8^{\circ}\text{C}$ ~ $1.3^{\circ}\text{C}$ , 为偏高年份; 宁晋、任泽、巨鹿、平乡偏高  $2^{\circ}\text{C}$ ~ $2.4^{\circ}\text{C}$ , 为异常偏高年份; 其他县(市、区)偏高  $1.5^{\circ}\text{C}$ ~ $1.9^{\circ}\text{C}$ , 为显著偏高年份(图 1、图 2)。

6 月份, 全市平均气温  $28.7^{\circ}\text{C}$ , 较常年同期( $26.1^{\circ}\text{C}$ )偏高  $2.6^{\circ}\text{C}$ , 为显著偏高年份, 为历年同期最高。除邢台、沙河以外, 其他各地月平均气温均突破历史同期极值。各县(市、区)平均气温为  $28.2^{\circ}\text{C}$ (临西)~ $29.5^{\circ}\text{C}$ (任泽), 与常年同期相比, 邢台偏高  $1.9^{\circ}\text{C}$ , 为偏高年份; 宁晋、任泽偏高  $3.3^{\circ}\text{C}$ ~ $3.4^{\circ}\text{C}$ , 为异常偏高年份; 其他县(市、区)偏高  $2.1^{\circ}\text{C}$ ~ $2.9^{\circ}\text{C}$ , 为显著偏高年份(图 3、图 4)。

7 月份, 全市平均气温  $27.8^{\circ}\text{C}$ , 较常年同期( $27.3^{\circ}\text{C}$ )偏高  $0.5^{\circ}\text{C}$ , 为正常年份。各县(市、区)平均气温为  $27.3^{\circ}\text{C}$ (邢台)~ $28.1^{\circ}\text{C}$ (宁晋), 与常年同期相比, 各县(市、区)气温距平  $-0.3^{\circ}\text{C}$ ~ $0.9^{\circ}\text{C}$ , 均为正常年份(图 5、图 6)。

8 月份, 全市平均气温  $27.7^{\circ}\text{C}$ , 较常年同期( $25.6^{\circ}\text{C}$ )偏高  $2.1^{\circ}\text{C}$ , 为显著偏高年份, 为历年同期最高。沙河、柏乡、宁晋、任泽、巨鹿、平乡、威县、临西月平均气温均突破历史同期极值。各县(市、区)平均气温为  $26.9^{\circ}\text{C}$ (内丘)~ $28.3^{\circ}\text{C}$ (平乡)。与常年同期相比, 邢台、内丘、新河、清河、隆尧、南宫偏高  $1^{\circ}\text{C}$ ~ $1.9^{\circ}\text{C}$ , 为偏高年份; 其他县(市、区)偏高  $2^{\circ}\text{C}$ ~ $2.8^{\circ}\text{C}$ , 为显著偏高年份(图 7、图 8)。

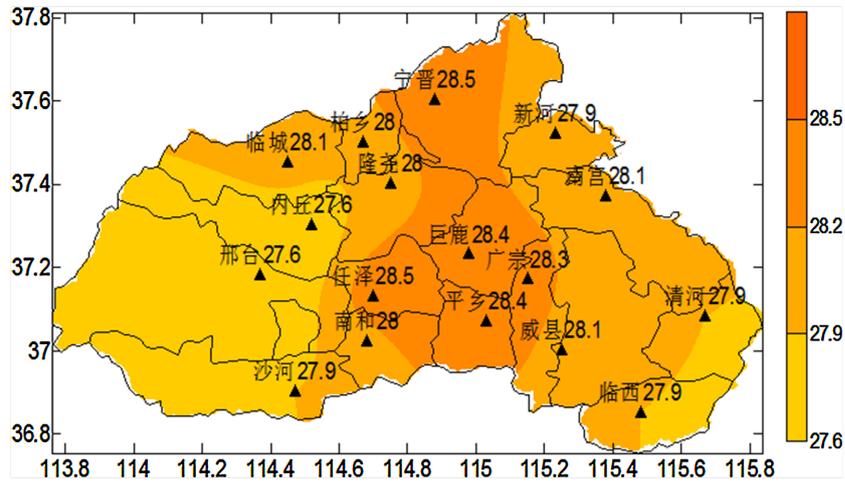


Figure 1. Summer average temperature distribution in Xingtai City (°C)  
 图 1. 邢台市夏季平均气温分布(°C)

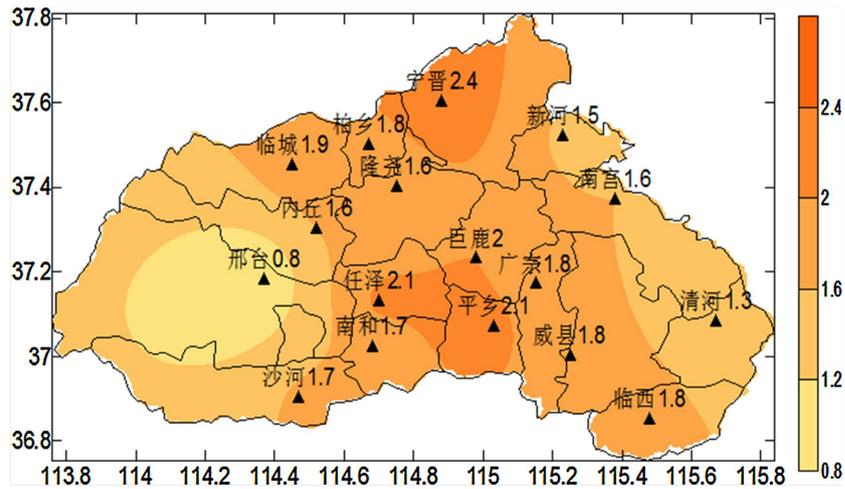


Figure 2. Summer average temperature anomaly distribution in Xingtai City (°C)  
 图 2. 邢台市夏季平均气温距平分布(°C)

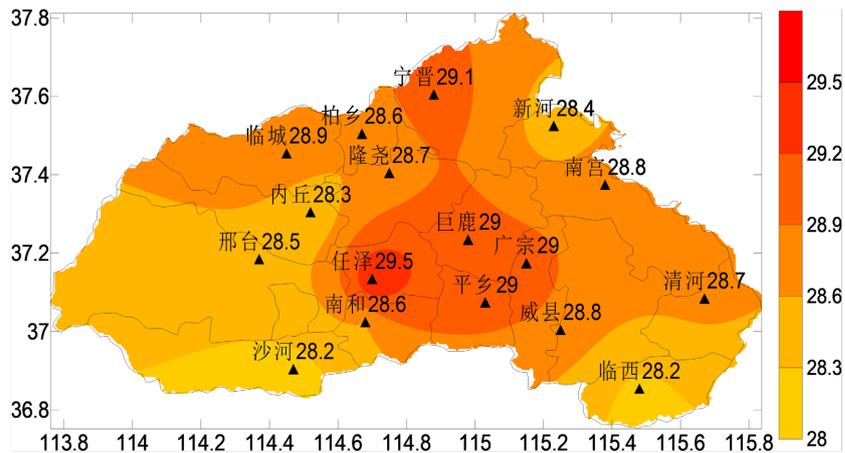
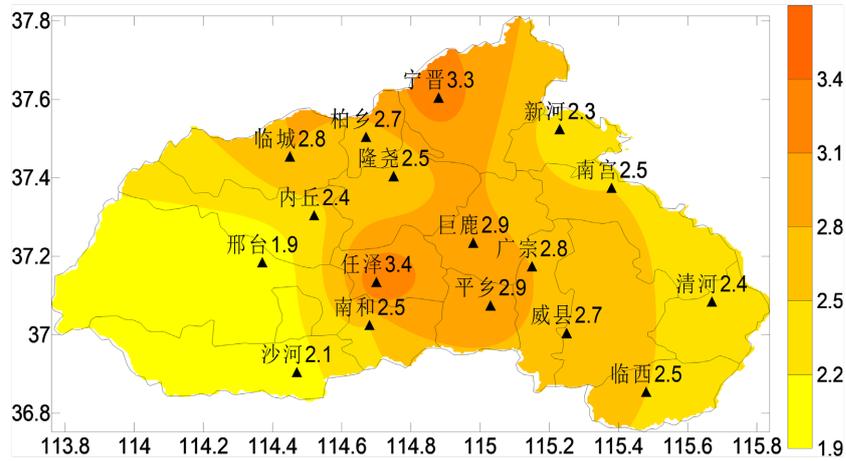
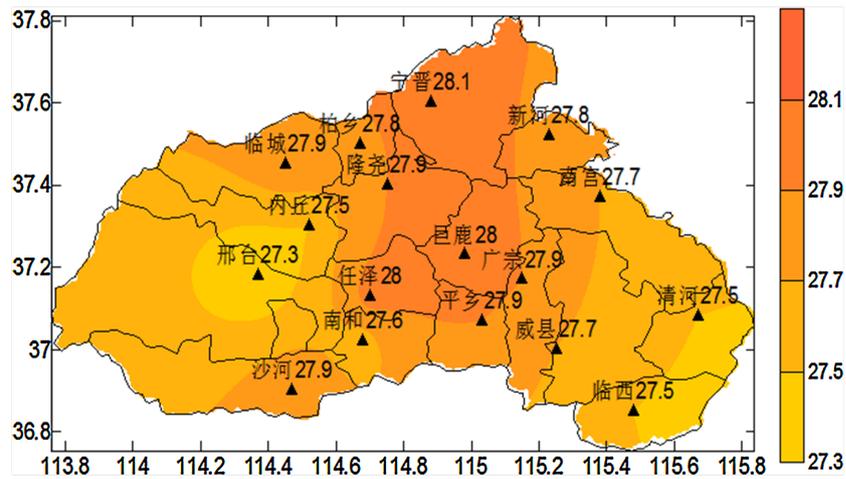


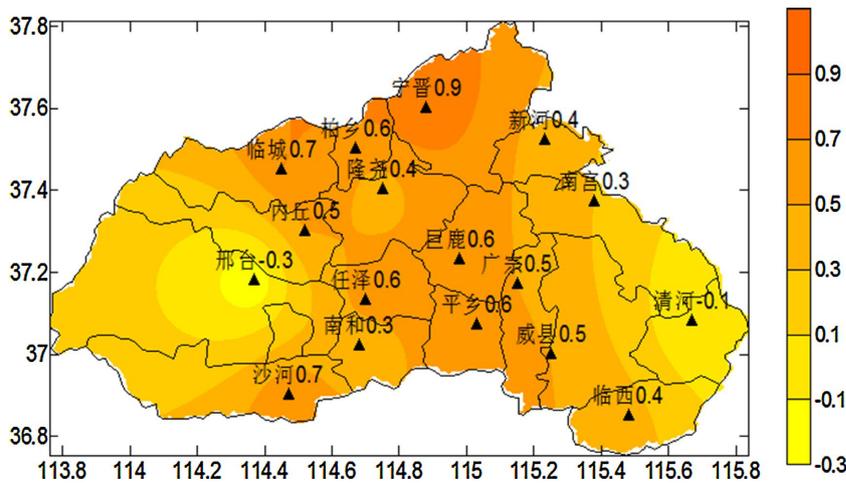
Figure 3. Average temperature distribution in June in Xingtai City (°C)  
 图 3. 邢台市 6 月份平均气温分布(°C)



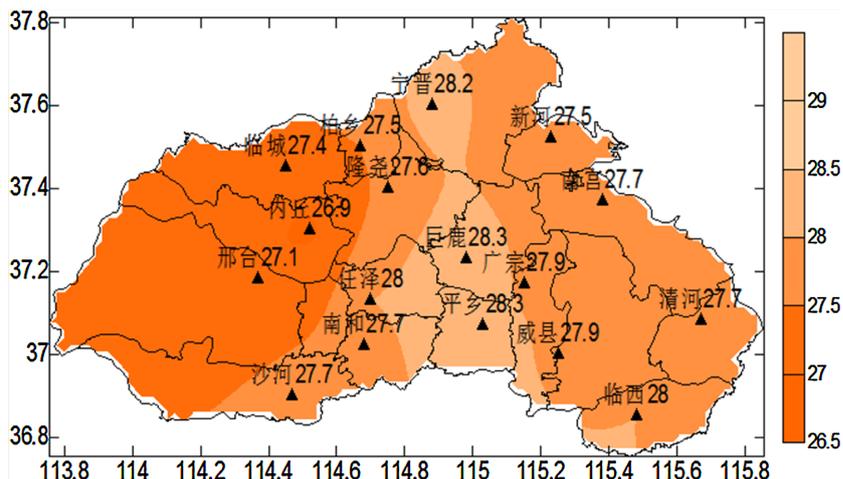
**Figure 4.** Distribution of the average temperature anomaly in Xingtai City in June (°C)  
**图 4.** 邢台市 6 月份平均气温距平分布(°C)



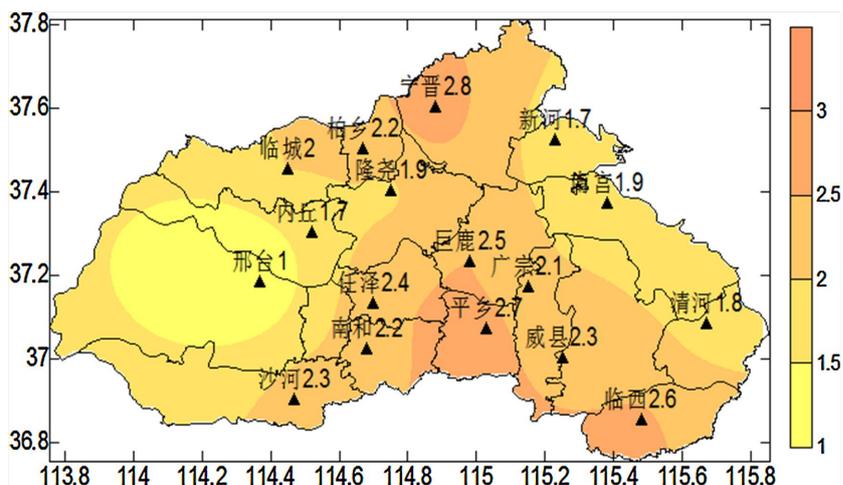
**Figure 5.** Average temperature distribution in July in Xingtai City(°C)  
**图 5.** 邢台市 7 月份平均气温分布(°C)



**Figure 6.** Distribution of the average temperature anomaly in Xingtai City in July (°C)  
**图 6.** 邢台市 7 月份平均气温距平分布(°C)



**Figure 7.** Average temperature distribution in August in Xingtai City(°C)  
**图 7.** 邢台市 8 月份平均气温分布(°C)



**Figure 8.** Distribution of the average temperature anomaly in Xingtai City in August (°C)  
**图 8.** 邢台市 8 月份平均气温距平分布(°C)

### 3.2. 陆表高温空间分布

陆表温度(Land Surface Temperature, LST)是指地表陆地最表层的热动力学温度, 太阳的热能被辐射到达地面后, 一部分被地面吸收, 使地面增热, 地面再通过辐射、传导和对流把热能传给空气[16]。

利用 FY-3D 气象卫星对 2024 年夏季(6~8 月)我市陆表高温进行反演并将多日均值合成显示: 全市大部分地区平均陆表温度在 40℃ 以下, 襄都区、信都区、清河县、宁晋县、沙河市等城镇化程度比较高的县(市、区)部分区域有陆表温度 40℃~45℃ 零散分布(图 9)。多日频次(图 10)显示: 各县(市、区)相对发达区域陆表高温出现频次最高在 7 次, 这说明陆表高温与下垫面关系密切, 以不透水层为主的城区陆表温度较高。

### 3.3. 城市热岛强度空间分布

2024 年夏季(6~8 月)我市陆表温度数据制作的的城市热岛强度多日合成图显示(图 11): 全市各县(市、区)均有不同程度的城市热岛现象。强热岛区域主要集中分布襄都区、信都区、宁晋县、清河县等城镇化

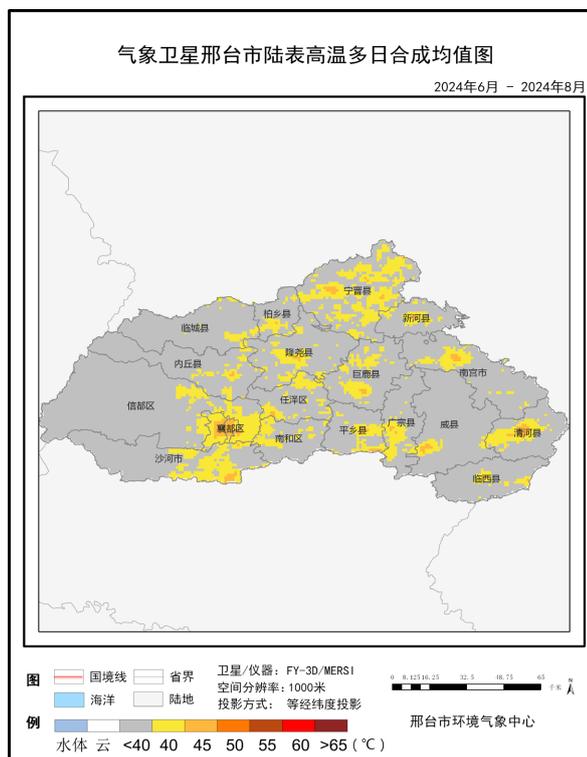


Figure 9. Land surface temperature multi-day synthesis mean map  
图 9. 陆表高温多日合成均值图

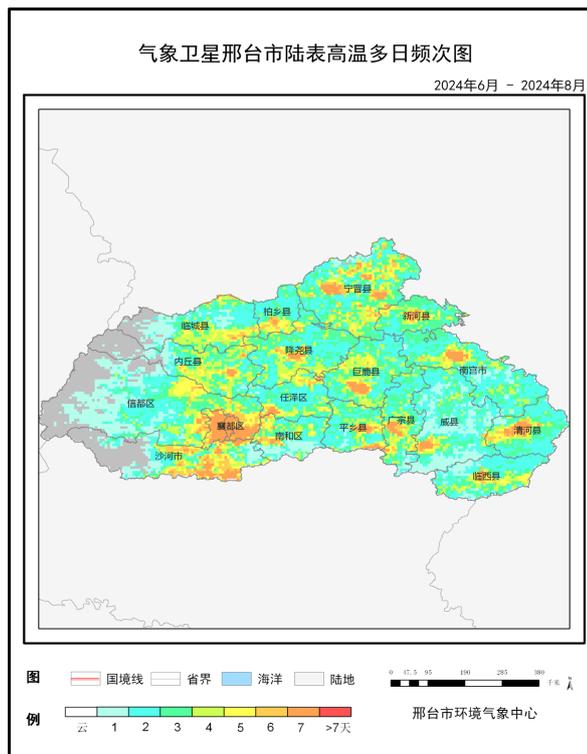


Figure 10. Land surface temperature multi-day frequency map  
图 10. 陆表高温多日频次图

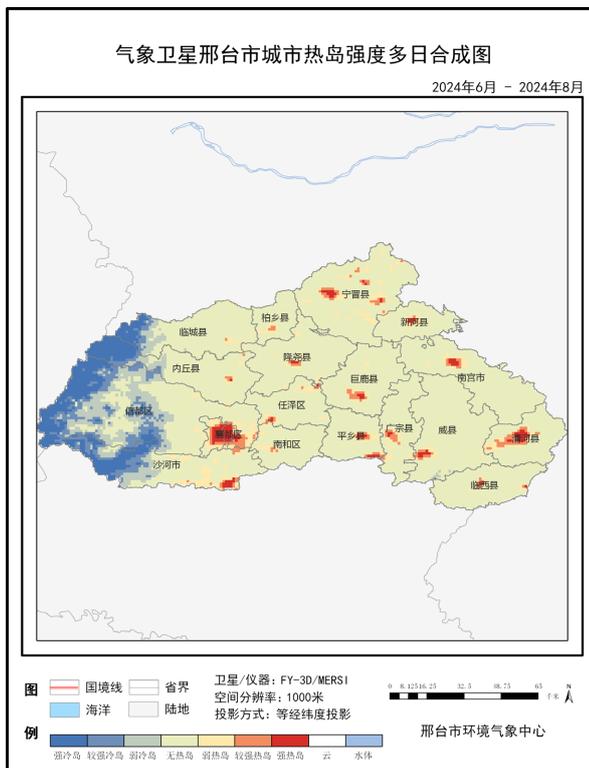


Figure 11. Multi-day synthesis map of urban heat island intensity  
图 11. 城市热岛强度多日合成图

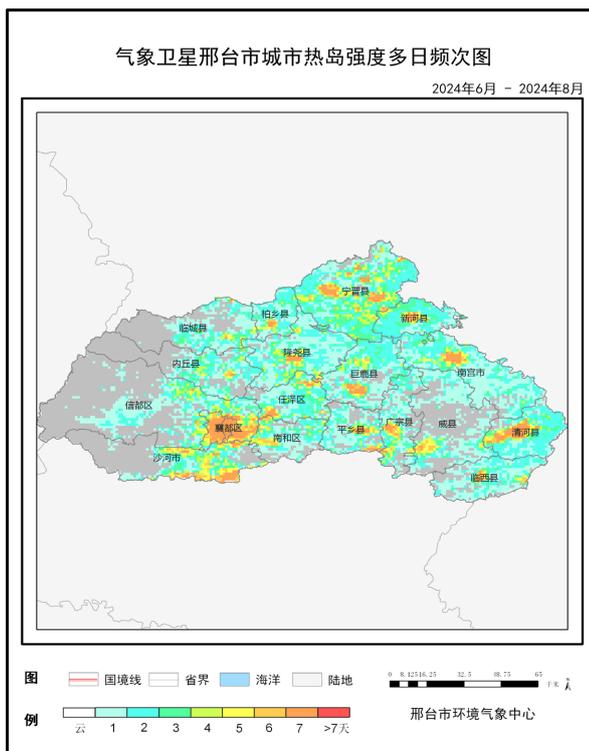


Figure 12. Heat island intensity multi-day frequency chart  
图 12. 热岛强度多日频次图

程度较高的地区以及钢厂等热源工厂集中地区，而农业种植区域、山区以及植被覆盖茂密区域大多呈弱热岛或无热岛现象。从多日频次(图 12)来看，襄都区、信都区、宁晋县、清河县、沙河市、南宫市等县(市、区)个别区域出现频次最高在 7 次，城市热岛效应明显。

### 3.4. 热岛比例指数和面积统计分析

6 月至 7 月，邢台市市中心城区热岛效应缓慢增强，热岛效应更为明显，达到一般级别，后随着气温回落，热岛效应转为较轻或者轻微级别。整体来看，全市夏季中心城区热岛比例指数为 0.244，热岛效应较轻，其中襄都区和信都区热岛比例指数最高，分别为 0.779 和 0.647，表明热岛效应较为严重。其余各县(区)热岛比例指数在 0.018 (临城)~0.173 (清河)之间，属于轻微或者无热岛级别。

整个夏季我市热岛效应面积为 1056.29 平方公里(图 13)，占全市总面积的 9%，热岛比例指数为 0.068，属于轻微等级，只有中心城区的热岛比例指数为 0.24，属于较轻等级。从空间分布上看，夏季发生热岛效应面积最大并且较强热岛级别以上的区域主要分布在市区(襄都区以及信都区)，其次是宁晋县、清河县等城镇化程度较高的区域。从热岛强度等级分布来看，邢台市以无热岛区为主，主要分布在郊区耕地，强冷岛和较强冷岛主要分布在西部山区等植被覆盖比较茂密区域。强热岛区和较强热岛区面积较小，主要分布于人口密集的城区。

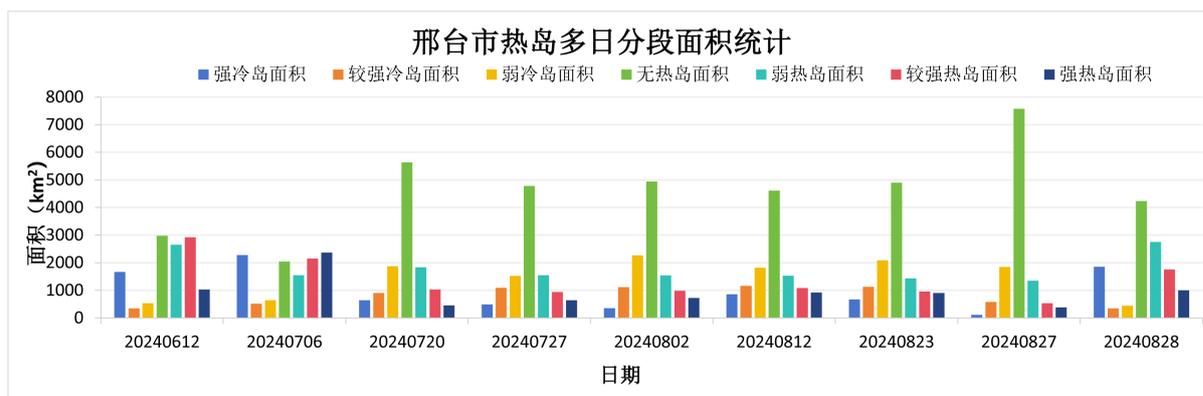


Figure 13. Statistics of the area of heat (cold) island in Xingtai City

图 13. 邢台市热(冷)岛面积统计

## 4. 结论

(1) 2024 年夏季，邢台市全市平均气温 28.1℃，较常年同期(26.3℃)偏高 1.8℃，为显著偏高年份。其中 6 月、8 月为显著偏高年份，7 月为正常年份。

(2) 强热岛区域主要集中在城镇化程度较高的地区以及钢厂等热源工厂集中地区，农业种植区域、山区以及植被覆盖茂密区域大多呈弱热岛或无热岛现象。

(3) 2024 年夏季，邢台地区城镇化程度比较高的地区有陆表温度 40℃~45℃零散分布。陆表高温与下垫面关系密切，以不透水层为主的城区陆表温度较高。

(4) 从空间分布上看，夏季发生热岛效应面积最大并且较强热岛级别以上的区域主要分布在市区，其次是城镇化程度相对较高的区域。

(5) 从热岛强度等级分布来看，邢台市以无热岛区为主，主要分布在郊区耕地，强冷岛和较强冷岛主要分布在西部山区等植被覆盖比较茂密区域。强热岛区和较强热岛区面积较小，主要分布于人口密集的城区。

绿色覆盖率越高,热岛强度越低。在城镇化发展的同时,要形成以绿地为中心的低温区域,成为人们户外游憩活动的优良环境,同时合理布局工业区和居住区,避免城市中心过于密集,利于改善城市的热岛效应。

## 基金项目

邢台市重点研发计划自筹项目(2022ZC187)。

## 参考文献

- [1] 季崇萍,刘伟东,轩春怡.北京城市化进程对城市热岛的影响研究[J].地球物理学报,2006,49(1):69-77.
- [2] 曾侠,钱光明,潘蔚娟.珠江三角洲城市群城市热岛效应初步研究[J].气象,2004,30(10):12-16.
- [3] 江颂,彭建,董建权,等.地表城市热岛效应的概念内涵与定量刻画[J].地理学报,2022,77(9):2249-2265.
- [4] 李佳雯,杨彬云,张曼玉,等.基于卫星遥感的长江三角洲地表热环境人口暴露空间特征[J].气象科技,2020,48(4):590-599.
- [5] 叶彩华,刘勇洪,刘伟东,等.城市地表热环境遥感监测指标研究及应用[J].气象科技,2011,39(1):95-101.
- [6] 张烨方,刘冰,冯真祯,朱彪.基于遥感影像大数据、卷积神经网络的福建省有效致灾雷电分布模型及应用[J].气象科技,2021,49(6):953-959.
- [7] Howard, L. (1833) *Climate of London from Metrological Observations*. 3rd Edition, Harvey and Dorton Press.
- [8] Manley, G. (1958) On the Frequency of Snowfall in Metropolitan England. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **84**, 70-72. <https://doi.org/10.1002/qj.49708435910>
- [9] Schwarz, N., Lautenbach, S. and Seppelt, R. (2011) Exploring Indicators for Quantifying Surface Urban Heat Islands of European Cities with MODIS Land Surface Temperatures. *Remote Sensing of Environment*, **115**, 3175-3186. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.003>
- [10] Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Oettle, C., Bréon, F., et al. (2011) Surface Urban Heat Island across 419 Global Big Cities. *Environmental Science & Technology*, **46**, 696-703. <https://doi.org/10.1021/es2030438>
- [11] Zhou, B., Rybski, D. and Kropp, J.P. (2013) On the Statistics of Urban Heat Island Intensity. *Geophysical Research Letters*, **40**, 5486-5491. <https://doi.org/10.1002/2013gl057320>
- [12] 朱焱,朱莲芳,徐永明,等.基于 Landsat 卫星资料的苏州城市热岛效应遥感分析.高原气象.2010,29(1):244-250.
- [13] 孙良宵,杭鑫,高苹,等.基于多年卫星遥感的江苏省夏季城市热岛特征分析[J].气象科学,2023,43(5):662-669.
- [14] 阴瑜鑫,张华,安慧敏,等.基于 GEE 的长江经济带城市群热岛特征及影响因素[J].生态学杂志,2023,42(1):160-169.
- [15] 梁诚.城市风廊构建及通风效应评估——以河南焦作市中心城区为例[D].[硕士学位论文].重庆:重庆大学,2022.
- [16] 杨虎,杨忠东.中国陆地区域陆表温度业务化遥感反演算法及产品运行系统[J].遥感学报,2006,10(4):600-607.