

遥感技术应用于河流对城市气候影响研究

齐静静, 刘 京, 郭 亮

(哈尔滨工业大学 城市水资源与水环境国家重点实验室, 哈尔滨 150001, qijingjinghit@msn.com)

摘 要: 为了确定松花江水域冬夏季对哈尔滨市及周边区域的影响, 给城市河流规划与合理利用提供正确的理论支持, 采用地面数据采集与遥感数据采集相结合的方法, 对2004年1月25日和6月1日的热红外遥感影像图进行分析, 以流经哈尔滨市的松花江段为研究对象, 根据冬夏季温度、相对湿度分布, 确定松花江城市河道对周边区域的影响. 研究结果表明: 在夏季, 市区温度较郊区温度低, 水域两侧地表温度呈递增分布, 且变化趋势北岸比南岸明显, 湿度市区较郊区高, 市区以松花江及毗邻地区为湿度分布中心, 且北岸比南岸影响半径大. 在冬季, 市区温度比郊区温度高约4℃, 水域两侧温度分布差异明显, 冰封水体表面温度与南岸温度接近, 比北岸温度高约2℃, 湿度分布符合城市干岛效应, 市区湿度比郊区低约1%. 该成果为后期地面定点观测和移动测量奠定了数据基础与技术支撑.

关键词: 松花江; 城市河道; 城市热气候; 遥感; 现场观测

中图分类号: X24

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2010)05-0797-04

Application of remote sensing technology in the study of river's influence on the urban climate

QI Jing-jing, LIU Jing, GUO Liang

(State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, qijingjinghit@msn.com)

Abstract: To investigate the influence of Songhua River on Harbin and its surrounding areas during summer and winter and present a theoretical support for correct utilization and optimization of the urban river, a ground data collecting approach combined with remote sensing data collecting is used to analyze the remote sensing images of January 25 and June 1 in 2004. This method based on the reach of Songhua River confirms the impact of Songhua River Basin on its adjacent areas according to the distributions of temperature and moisture in summer and winter. The results reveal that in summer the temperature inside the city is abnormally higher than that in the suburb area and there is a tendency of surface temperature increase from water area to both banks, moreover, that in the northern side is more manifest than that in the southern facet. While the suburb humidity value is comparatively low and the distribution of relative humidity is centered as the Songhua River and its adjacent areas, meanwhile, the influenced radius of northern bank is larger. In winter, the temperature inside the city is approximately 4℃ higher than that in the suburb area and the distribution of temperature along either side of Songhua River differs a lot. The surface temperature of the frozen river resembles that of southern bank, while it is 2℃ higher than that of northern bank. With urban humidity about 1% lower than that in the suburb, it is reasonable that the distribution of humidity of Harbin accords with the dry island effect in winter. This study lays a data base and a technical support for the pointing observation and moving measurement in the future.

Key words: Songhua River; urban river; urban climate; remote sensing; field observation

收稿日期: 2009-11-10.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50879015).

作者简介: 齐静静(1985—), 女, 硕士研究生;

刘 京(1972—), 男, 教授, 博士生导师.

由于城市和河流自身的复杂性以及技术手段上的局限性, 虽然近年来国内外关于城市河流资源的开发利用与保护的研究很多, 但都是主要集中在

河流自身的环境改善、生态修复、洪水治理以及景观建设等方面,从如何改善城市热气候入手的研究却较少.事实上,国内外的城市规划专业已经意识到城市河流可能对热气候产生的积极作用,但由于没有定量的理论分析基础,使得在具体规划实施中无法充分体现其价值^[1-2].正是由于城市河流对热气候影响的相关研究还非常缺乏,导致不能为城市河流规划与合理利用提供正确的理论支持.

环境空间数据的采集包括基于地面的数据采集与基于遥感的数据采集,其中基于地面的数据采集主要采用现场观测方法,现场观测又包括定点观测^[3]和移动测量^[4].基于地面的数据采集方法便于进行较长期的动态技测,其技术关键在于实测点和实测路线的选择要能够具有空间位置的代表性;但是人力、设备投入大,少数的测点难以反映区域内大气物理量在时间和空间上的分布,而且测试仪器虽然一般进行了防辐射处理,但依然会受到道路表面辐射以及车辆自身和周围汽车发动机或尾气排热的影响而出现误差.基于遥感的数据采集方法,观测范围广,观测周期及观测时间短,资料同步性好,图像显示直观,但是精度不高.

本研究以松花江流域哈尔滨段为研究对象,将上述两种方法相结合,重点研究城市整体以及城市河流周边的热湿分布特征.

1 研究区域概况

本文研究区域选取松花江流域哈尔滨城区段($45^{\circ}25' \sim 45^{\circ}30'N$, $126^{\circ}20' \sim 126^{\circ}25'E$)^[5](见图1).该区域全年气候变化明显,冬季在极地大陆气团控制下,气候严重干燥;夏季受副热带海洋气团影响,降水集中,气温温热湿润;春季多风,降水少,易发生干旱;秋季降温急剧,常有霜冻.年平均气温在 $2.7 \sim 5.0^{\circ}C$.松花江为季节性封冻河流,封冻期一般约为 140 d,畅流期约为 210 d.



图1 松花江流域哈尔滨段影像图

2 研究理论和方法

本文调研 2004 ~ 2008 年每年冬季与夏季

Landsat ETM+ 影像数据,因为这两日研究区域影像无云,且成像质量较好,最终选取 2004 年 1 月 25 日和 6 月 1 日的数据图像进行冬夏季的温度和湿度场对比分析.

2.1 图像处理

由于地球自转、大气折射、地形起伏、传感器姿态变化等多种因素的影响,使遥感图像产生辐射失真和几何变形,因此,在使用前必须先进行处理.

本研究利用卫星过境时刻的大气探空数据(包括大气温度廓线、大气湿度廓线数据,水汽、 CO_2 、 O_3 和 O_2 含量等数据)运行 6S 模型(the Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum)^[6],对 TM 数据进行精确的大气校正.这种模型是在假定无云大气的情况下考虑了水汽、 CO_2 、 O_3 和 O_2 的吸收,分子和气溶胶的散射以及非均一地面和双向反射率的问题,对不同情况下(不同的遥感器、不同地面状况)太阳光在太阳—地面目标—遥感器整个传输路径中所受到的大气影响进行了描述.另外,参照 1986 年的比例尺为 1:50 000 的地形图,并且通过 2000 年的 SRTM DEM(Digital Elevation Matrix)等数据,选取地面控制点 GCP 进行几何精校正.本研究结合多项式纠正法、共线方程纠正法和 DELAUNEY 三角形法^[7-8]3 种方法,以提高几何校正的精度,将误差精度控制在 <0.5 像元.

2.2 地表温度和相对湿度反演

本研究分别利用单窗算法^[9]和单波段算法^[10]将 TM 影像的像元所对应数据的灰度值(DN 值)转化为地表辐射温度,对两种反演方法的结果与验证结果进行比较后,选择单窗算法反演以提高其精度.通过分类影像获得 LSE 影像,估计每种类型的发射率值.通过对比辐射率进行校正,反演出地面的真实温度.

反演地表相对湿度时,利用地表温度日变化幅度、植被冠层和冠层空气温差、表观热惯量、热模型(蒸散比)等经验公式估测^[11-12].

在成图阶段,应用 ArcGIS 软件中的 ARCMAP,对结果进行成图.利用彩图表现区域地表温湿度的分布:将温度和湿度分为若干级别,再用不同的颜色来代表不同的温湿度级别.

3 结果与分析

3.1 夏季工况分析

3.1.1 温度分析

图2为哈尔滨市夏季地表温度分布图.从图可见,哈尔滨市区除局部工厂区外,人为热特征相对

不突出,热场中心不明显,总体温度为 33.69℃~36.45℃,而郊区气温反而明显偏高.形成这种气温分布的主要原因在于该年度哈尔滨市区域降水量比常年减少 30%~50%,而且出现了春夏连旱,导致农田和植被生长较往年差,植被覆盖度较低,在影像上显示多为裸土,从而造成地表温度较高.

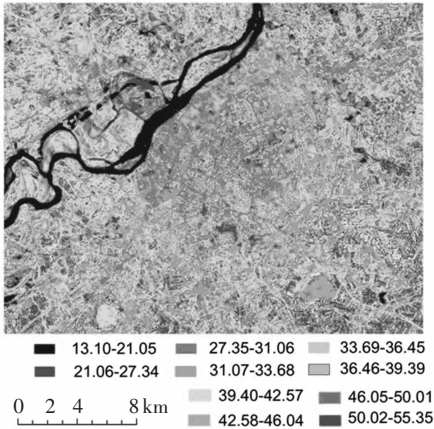


图 2 哈尔滨市夏季地表温度分布图

将松花江周边 4 km 区域地表温度进一步划分为 9 个等级,详细分析夏季松花江水域周边温度分布(图 3).影像分析表明:水体温度最低,比南北侧温度大约低 9℃,说明松花江作为城市冷源,在调节热气候方面具有很大的意义.其原因在于水体自身的热容量大,蓄热能力强;且河流一般具有较大的径流量,与小型的人工湖或水体景观相比,可以更好地传输热量.从图 3 可见,水域向两侧的地表温度存在递增分布的趋势,且北岸比南岸变化趋势明显,其原因在于南岸为哈尔滨市传统的城建区,沿岸建筑密集,遮挡作用使松花江表面形成的冷气流无法深入;而北岸以湿地、植被为主,地形相对开阔,有利于与河流之间的冷热交换.

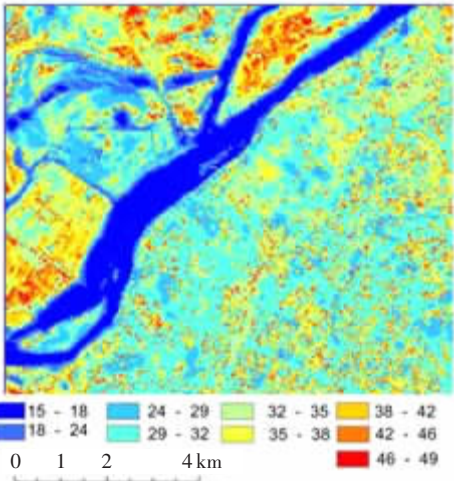


图 3 夏季松花江及周边区域地表温度分布图

3.1.2 湿度分析

图 4 和图 5 分别为夏季哈尔滨市地表相对湿度分布图和夏季松花江及周边区域地表湿度分布图.从两个影像分析可知,市区相对湿度约为 37.1%~41.9%,郊区由于干旱,湿度较低.通过对比分析,夏季哈尔滨市以松花江及其毗邻地区为湿度分布中心,北岸被南岸影响距离大.

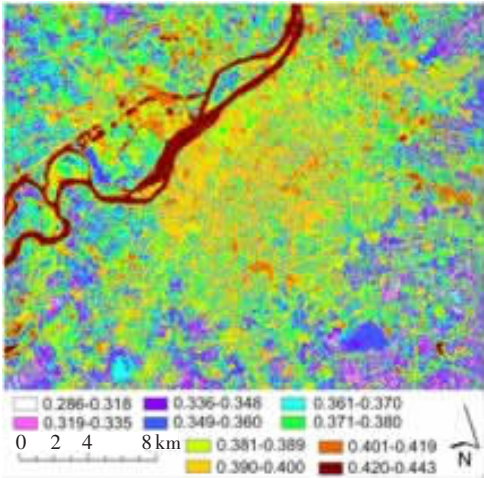


图 4 哈尔滨市夏季地表湿度分布图

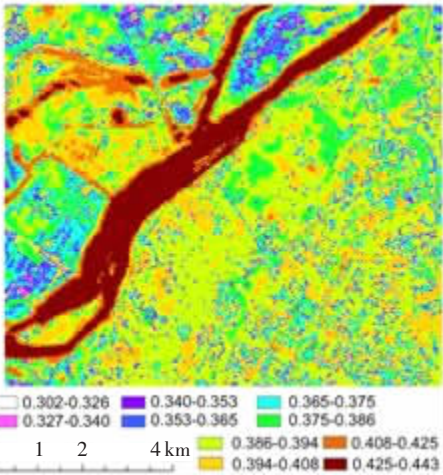


图 5 夏季松花江及周边区域地表湿度分布图

3.2 冬季工况分析

3.2.1 温度分析

图 6 为哈尔滨市冬季地表温度分布图.由图 6 可见,冬季哈尔滨市热岛效应明显,市区整体温度为 -15.32~14.13℃,比郊区高约 4℃.热场中心分布主要为:道外区和道里区的老城区和居民住宅密集分布区,人口相对集中,冬季燃煤采暖使得空气中 CO₂、气溶胶微粒等有害物的浓度增加,增大了吸热能力,加剧了热岛效应,另外动力区内的工业热排放也对城区温度升高起到促进作用.

将松花江周边 4 km 区域的温度进一步划分为 10 个等级,详细分析了冬季松花江水域周边温

度分布(图 7). 可见, 冬季以松花江北岸为边界, 水域两侧的温度分布有很大不同. 在冰封状态下水体表面温度大致为 $-14.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, 与南岸市区部分表面温度接近, 比北岸温度约高 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

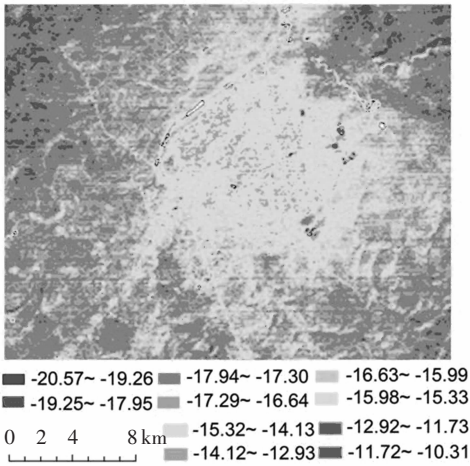


图 6 哈尔滨市冬季地表温度分布图

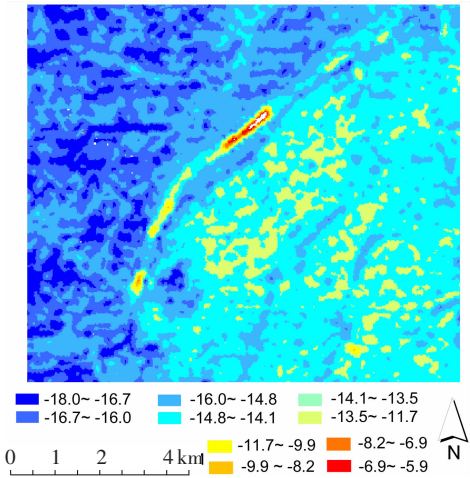


图 7 冬季松花江及周边区域地表温度分布图

3.2.2 湿度分析

图 8 和图 9 分别为冬季哈尔滨市地表湿度分布图和冬季松花江及周边区域地表湿度分布图. 通过对比分析, 冬季哈尔滨市的湿度分布符合城市干岛效应, 市区湿度比郊区湿度低约 1%. 松花江由于冰封, 对湿度分布的影响不很显著. 冬季湿度分布主要由城市化的因素决定.

4 定点观测点和移动测量路线的确定

本次研究通过对遥感影像数据的分析, 得出松花江流域哈尔滨城区段温湿度的大致分布, 进而确定观测点和移动测量路线. 首先, 从冬夏季温湿度分布图中选取典型区域, 找出特征点, 将其选作定点观测点; 其次, 尽量选取与河道夹角成 90° 的典型道路作为移动测量路线, 来分析得出松花江流域哈尔滨河段对城区及周边区域气候的具体影响.

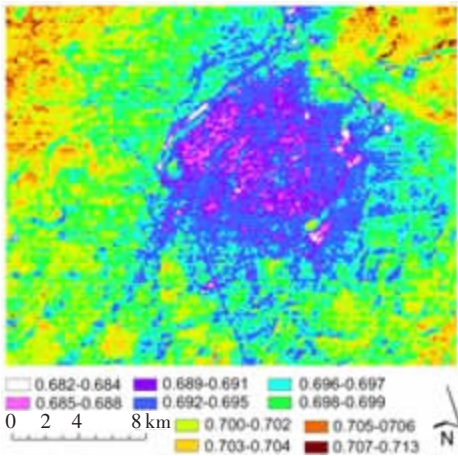


图 8 哈尔滨市冬季地表湿度分布图

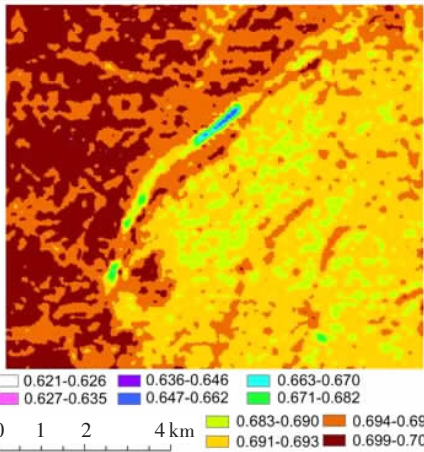


图 9 冬季松花江及周边区域地表湿度分布图

5 结 论

1) 夏季温度受松花江影响, 市区温度较郊区温度低, 沿江两岸水域向两侧的地表温度存在递增分布的趋势, 且北岸比南岸变化趋势明显.

2) 夏季湿度市区较郊区高, 市区以松花江及其毗邻地区为湿度分布中心, 在沿江两侧北岸比南岸影响半径大.

3) 冬季市区温度比郊区高约 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 以松花江北岸为边界, 水域两侧的温度分布有很大不同. 在冰封状态下水体表面温度与南岸市区部分表面温度接近, 比北岸温度高.

4) 冬季哈尔滨市的湿度分布符合城市干岛效应, 市区湿度比郊区湿度低约 1%.

5) 本次研究通过对遥感影像数据的分析, 得出研究区域温湿度的大致分布, 进而可以确定观测点和移动测量路线, 以得出松花江流域哈尔滨河段对城区及周边区域气候的具体影响.

致 谢

感谢国家自然科学基金课题“城市河流对城市热气候影响的研究”(50879015)和城市水资源(下转第 805 页)