

工矿城市地面热场的遥感调查及其对大气污染的影响*

盛业华 郭达志 韩国建 吴 瑜

(中国矿业大学采矿系, 徐州 221008)

摘要 以山西省晋城市为例, 采用航空热红外扫描方法获取冬季清晨(5:30—6:30)和中午(13:30—14:30)2个时相的图象信息, 以地面同步辐射温度数据作为温度定标, 进行图象的量化、几何纠正、热场分类等数字图象处理, 求取该市的地面热场强度, 从而得出清晨整个城市的热岛效应十分明显, 而中午热岛现象不明显, 地面辐射温度差2个时相均为10℃左右。根据低空气温和下垫面辐射温度, 建立了2者之间的线性关系, 并由此研究了地面热场对大气污染的不良影响。

关键词 红外遥感, 地面热场, 大气污染。

山西省晋城市煤炭产值居全市各行业之首。煤炭开采业带动和繁荣了当地经济的发展, 同时也引起了环境问题, 尤其是大气污染十分严重。而城市热环境对大气污染的形成和变化有很大的作用, 因此城市热环境调查工作在污染防治工作中具有重要意义。目前, 城市热环境研究的常规方法是作点、线的温度监测, 其突出缺点是观测点少, 宏观效果差, 对城市热环境的形成及其影响难以得到可靠、准确的效果。航空热红外遥感方法为解决这种问题提供了有效的技术手段。笔者等在1989-11-30组织了夜航(清晨5:30—6:30)和日航(13:30—14:30)的航空热红外扫描飞行, 以及同步的地面辐射温度测量, 干湿温度计气温测量, 以获取必需的地面热场分析资料, 并进行了分析和研究。

1 热红外扫描图象的处理

图像处理主要利用 ARIES-Ⅲ 图象处理系统完成。

1.1 量化处理

热红外扫描采用 JHY-2 型机载红外扫描系统, 获得了反映地物辐射能量大小的反转模拟胶片。为进行扫描图象的数字处理, 必须把模拟胶片转化成数字磁带, 即进行 A/D 转换。此步工作在数字图象处理系统中完成, 包括采样和量化。采样是把原图象分成 512×512 个象

元, 量化是把胶片记录的辐射能量的模拟亮度值按其大小量化成 256 级, 按下式计算:

$$I = \text{INT} \left\{ (W_A - W_{\min}) \times \frac{256}{W_{\max} - W_{\min}} \right\} \quad (1)$$

式中: INT 为取整函数; W_A 为胶片上某点的亮度值; $W_{\max}$, $W_{\min}$ 为胶片上最大和最小亮度值; I 为采样量化后的象元亮度值。

按上述方法将每幅热红外扫描图象数字化, 制成记录格式为 512×512 , 记录密度为 1600 PBI 的顺序记录的 CCT 数字磁带。

1.2 几何纠正

由于飞机飞行姿态变化、扫描仪扫描控制及模拟磁带回放的误差, 加上扫描图象本身的几何特性, 使热红外图象存在着严重的几何畸变。通过几何纠正把图象上的地物恢复到真实的空间位置。为了便于分析, 采用地面控制点法进行几何纠正。控制点从 1:1 万地形图上按易定位、易分辨、均匀分布的原则选取。每幅图象所选控制点数达 10 个以上。由于城市热场分析要求的几何精度不高, 可采用二元二次多项式进行坐标变换及线性插值方法重采样。从而得到效果比较理想的热红外校正图象。

1.3 热红外图象计算机热场分类

* 煤炭部科学基金资助项目

收稿日期: 1994-10-03

热红外扫描图象上的象元值是按辐射能量的大小而量化的,实际反映了地物辐射温度的差异。但由于热红外扫描仪没有内定标装置,对辐射温度值无法直接标定,故使用地面同步辐射温度测量数据与图象象元值对比,建立 2 者之间的联系。

地面辐射温度测量时充分考虑该市下垫面的特点,分别选定裸土、沥青路面、混凝土路面、房顶、煤堆、水体、耕地和植被作为测量目标,每种不同类型地物测量 3—5 点,对 30 个测温点所测辐射温度值与图象上的亮度值进行回归分析,求得:

$$t_{\text{日}} = 5.952 + 0.1004G \quad R = 0.827$$
$$t_{\text{夜}} = -9.825 + 0.0667G \quad R = 0.875$$

(2)

式中, t 表示地物辐射温度(℃); G 表示图象上对应象元的亮度值; R 为相关系数。

由于扫描仪的性能和测量误差的影响,图象上的灰度变化与地物辐射温度变化之间的关系不完全是线性的,而呈图 1 所示的曲线关系

(对于日航和夜航图象,仅是亮度变化点不同而已)。因此(2)式仅表示了线性变化区的关系。

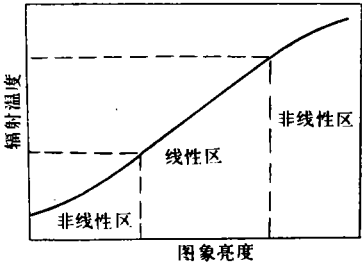


图 1 图象亮度与地物辐射温度间的关系

进行图象热场分类时,在线性区按等间隔分割;而在亮度值大或小的区域则应减小亮度值分级间隔,以使温度的分级间隔相等。

图象分类采用密度分割技术,根据象元亮度值的不同分成 7 级,每级用不同颜色表示,每种颜色代表一定的辐射温度范围。其对应关系见表 1。

经图象分类得出的温度值应是地物辐射温

表 1 日、夜航扫描图象象元值分级与温度关系

航次	分类级别 及对应颜色	1(紫红色)	2(深红色)	3(绿色)	4(橙黄色)	5(粉红色)	6(蓝色)	7(深蓝色)
日航	亮度值范围	255—180	180—160	160—140	140—120	120—100	100—80	80—0
	温度范围(℃)	>24	24—22	22—20	20—18	18—16	16—14	<14
夜航	亮度值范围	255—205	205—175	175—145	145—115	115—85	85—55	55—0
	温度范围(℃)	>4	4—2	2—0	0—-2	-2—-4	-4—-6	<-6

度,它与地物真实温度之间存在着如下的关系:

$$t_B = \epsilon^{\frac{1}{4}} \cdot t$$

(3)

就该工矿城市而言,其下垫面主要有煤、水、混凝土、沥青路面、土地等组成,这些地物的发射率 ϵ 均接近于 1,则式(3)可近似为 $t_B = t$ 。因此,划分的热辐射温度场近似等同于地面真实温度场。

根据图象的处理结果,可以编绘成城市地面辐射热场强度图(图 2、图 3)。

由图 2、3 可见,该市地面热场存在着明显的特点。

2 城市地面热场特点分析

2.1 中午地面热场

整个城市建成区域以中、高温为主,大

都被大于 16℃ 以上的等温区域所覆盖;而大于 22℃ 的高温区域出现的面积不大,主要分布在

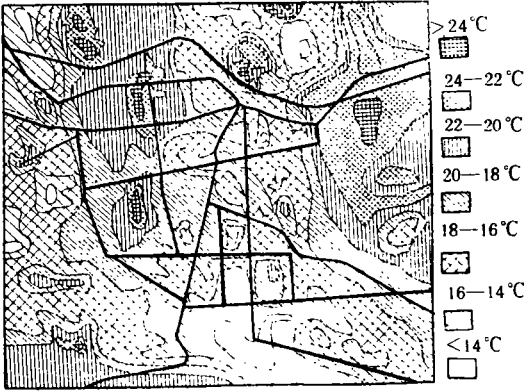


图 2 晋城市 1989-11-30 (13:30—14:30) 地面热场强度(℃)分布

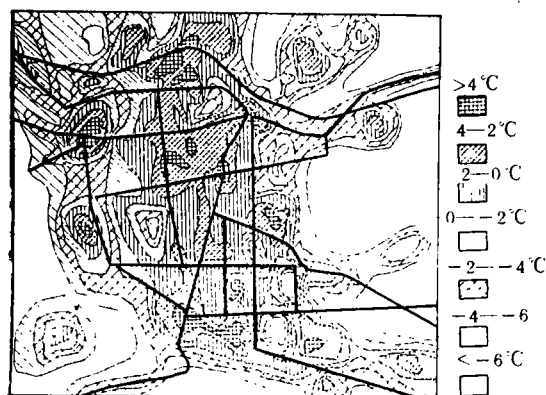


图 3 晋城市 1989-11-30 (5:30-6:30)
地面热场强度(°C)分布

大中型煤矿、炼铁厂等区域；低温区域主要出现在东部新建城区；老城区的地面辐射温度在 16℃—22℃ 之间；整个城市的热岛现象不十分明显，地面辐射温度差为 10℃ 左右。出现热场的原因主要是太阳热辐射造成地物升温。

2.2 清晨地面热场

清晨地面热场分布具有明显的规律性，从市区中部向东西两侧，正好由高向低变化，规律性明显，层次和界线清晰。整个城区均属 -2℃ 以上的清晨中高温区；-2℃—2℃ 的中温区与 2℃ 以上的高温区的面积几乎相等。高温区位于市区中部，包括煤矿、炼铁厂、主要商业区；中温区分布于各类居住区，分布形状与城市的形态大体一致；低温区位于城区以外及城区内菜地、公园等处。整个城市热岛效应十分明显，辐射温度差超过 10℃。

对比图 2、3 可见，不论是中午还是清晨，该市都存在着热岛现象，但在形态上清晨比中午更具有层次性、更清晰。

中午热岛出现的原因是城市下垫面中沥青，混凝土、煤等受太阳热辐射作用而增温，向外界的热辐射也增加，导致城市温度升高。此外，工业生产、交通以及城市建筑密度大，绿化率等因素也导致出现热岛现象。

居民烧煤取暖，炼铁厂，煤矿晚间持续作业是造成清晨热岛现象的主要原因，并使热岛呈明显的中心向外辐射形态。

3 地面热场对大气污染的影响

该市每日排放大量的大气污染物，主要来源于煤矿的粉尘，煤尘，运煤及其它车辆排放的尾气，煤加工业和炼铁业和其它工业排出的废气以及生活废气。大气监测结果表明，污染物的主要成分是 NO_x 、 SO_2 和 TSP，其中，TSP 严重超标。根据与地面热场遥感调查同步进行的大气污染物取样化验结果，位于该城市中心的大气污染物 NO_x 、 SO_2 和 TSP 浓度，清晨比中午分别高 2 倍、1.5 倍和 0.5 倍。

一个地区的大气污染程度与污染源所排出的污染物总量有关，但在时空分布上却是受到气象条件的控制^[1]。地面热场对大气污染的影响正是体现在地面热场的存在改变了低空气温场，从而形成城市“热岛”，热岛的动力效应能够增强夜间对流性的环流，市区污染的空气上升，迅速向郊区进行环流扩散，郊区的冷空气从低层吹入市区，这两股气流相遇时，会产生锋面逆温，阻碍了污染物的扩散。

为了研究低空气温场与地面辐射温度场之间的关系，在进行地面辐射温度测量的同时，用干湿温度计进行低空气温测量。对测得的 30 个点的 2 个时段数据进行回归分析，经检验均为显著相关(图 4)。

因此可以认为，低空气温与地面辐射温度之间存在着线性关系。但是城市低空气温受单一类型下垫面影响的可能性很小，气温往往是一定范围内不同类型下垫面的综合，而航空红外扫描图象上每个象元点正是记录了一定范围内不同下垫面总的辐射能量的平均值，根据图象划分的辐射温度是下垫面辐射温度的平均值。既然低空气温与下垫面的辐射温度之间存在着线性关系，那么低空气温场与地面辐射温度场具有相同的形态，则可将地面辐射温度场当作低空气温场。

从清晨和中午的地面辐射温度场分布图可看出，城市热岛效应清晨比中午更加明显。因此清晨的大气热力环流比中午强，所形成的锋面逆温也强。使得清晨大气污染物比中午更不

利于扩散,清晨各主要污染物浓度较中午大。

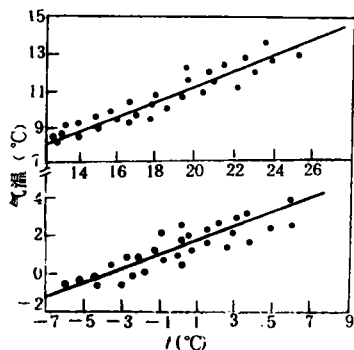


图4 地面辐射温度与低空气温关系

1. 清晨 $Y=1.357+0.367 \cdot t$ $R=0.7892$

2. 中午 $Y=3.624+0.382 \cdot t$ $R=0.8234$

大气污染监测评价结果表明,晋城市大气污染物日变化特征与地面热场有类似的分布和变化规律。特别是煤矿贮煤场,本身是一个大的污染源,白天受太阳辐射的影响,煤堆热辐射增强,达 36°C 以上,清晨其自身的辐射温度也超过 5°C ,造成了很强的地面热场中心,不利于大气污染物的扩散,因此在贮煤场附近大气

污染物浓度很高。喷水降温以及种植隔离林带措施,即可减轻污染又可减小其热场强度。

4 结语

航空热红外遥感图象及适量的地面实测数据,是研究城市地面热场可靠而有效的信息源。它克服了常规方法采样少,代表性差的缺陷。根据实测数据建立的低空气温与地面辐射温度之间的关系,有效地从地面热场特征角度分析了大气污染监测中,清晨大气污染比中午大气污染浓度大的原因。这一研究方法对阐明热环境与大气污染的关系有普遍的意义。

参考文献

- 1 刘天齐,林肇信,刘逸农. 环境保护概论. 北京: 高等教育出版社, 1982: 224
- 2 唐伶俐等. 国内资源遥感. 1993, 6(2): 6
- 3 周淑贞, 吴林. 环境科学学报. 1987, 9(3): 261
- 4 郭之怀等. 天津-渤海湾地区环境遥感论文集. 北京: 科学出版社, 1985: 80-91

(上接第 18 页)

(3) 故障诊断与恢复 当系统出现故障时,要迅速作出判断,并利用数据和日志的备份进行有效的恢复。

(4) 系统性能优化 根据运行情况,合理调整有关参数,使系统以最优状态运行。

7 JSEIS 的特点

JSEIS 是在我国建设的第一个比较完整的环境信息系统,具有如下特点:

(1) 系统的实用性较好。JSEIS 在设计和开发过程中强调忠实于现行管理系统,各管理模块的最终输出都与现行管理保持一致。

(2) 基本保证数据的完整性和一致性。在数据收集(特别是污染源数据收集)、系统设计中,统一了收集格式,既满足所有用户的需求,

又剔除了数据冗余,在数据库设计中,又进一步应用范式理论,对信息规范化。使数据的收集量减少 30%—40%,并保证了数据的一致。

(3) 技术先进。在计算机系统设计,采用了 90 年代最先进的客户机/服务器结构,具有很好的开放性和可扩展性,选用适应这种体系结构的 Sybase 作为数据库管理系统,从而保证了开发平台的先进性。

(4) 在设计和实施过程中,解决了一系列的技术难题,如保证数据的一致性、实现异构数据库间的数据转换、实现新旧管理系统和信息系统的过渡等。

JSEIS 是在我国第一次建设实施的系统,在数据规范化、环境管理规范化,以及决策支持系统的开发等方面还有待进一步努力。

lished along with a discriminatory analysis and a multiple non-linear regression analysis. Rates of qualitative discriminatory analysis were not less than 83.33%. The correlation indices of quantitative regression models (R^2) were over 0.81. Residuals showed the normal distribution. Predicted values LD_{50} by the regression equations were within a 95% confidence interval of observed values.

Key words: information theoretic indices, valence molecular connectivity indices, structure-toxicity relationship, organophosphorus pesticides, prediction of toxicity.

Design and Implementation of the Jiangsu Province's Environmental Information System.

Cheng Shengtong et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 15–18

The objects of Jiangsu Province's Environmental Information System (JSEIS) project and the implementation of the first phase of the project were discussed, the development procedure, hardware, software and network environment were also presented. The process of JSEIS development includes the data normalization, the design of unified data collection report system, the establishment of a basic database for data sharing and a applied database for each of 13 environmental management subsystems developed, the data exchange system among different database products and the data communication at both provincial and municipal levels. The JSEIS allows the data to have integrity, consistency and good practicality.

Key words: environmental management, environmental information system, database management systems.

Remote Sensing Investigation on the Ground Thermal Field and Its Influence on Air Pollution in an Industrial and Mining City. Sheng Yehua et al. (Dept. of Mining, China Univ. of Mining and Technology, Xuzhou 221008): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 19–22

In Jincheng City, Shanxi Province, the two temporal thermal infrared images were taken by means of airborne thermal infrared scanner in early morning (from 5:30 to 6:30) and midday (from 13:30 to 14:30) in winter. With reference to simultaneous ground radiation temperature data, some of digital image processing me-

thods, such as image quantization, geometric correction, and thermal field classification, were used for discovering the ground thermal field intensity in the city. Based on these, it was concluded that there is a very obvious ground thermal island effect in early morning and a vague one in midday, and the ground radiation temperature differences for both of the two temporal phases are about 10°C. In addition, the linear relationship between the low altitude air temperature and the ground radiation temperature were computed, and a bad influence of the ground thermal field on air pollution was found.

Key words: thermal infrared remote sensing, ground thermal field, air pollution.

Identification of Oils Spilt at Sea Surface Based on a Fuzzy Similarity Preference Ratio. Xu Hengzhen et al. (Institute of Marine Environ. Protection, State Oceans Administration, Dalian 116023): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 23–27

A model based on a fuzzy similarity preference ratio has been established to identify different kinds of oils spilt at sea surface, by introducing a concept of the fuzzy area of confidence level λ of a fuzzy similarity preference ratio. The identification of oils spilt at sea surface was found being largely influenced by kinds of oils, experimental errors, and weathering of oils. A Renqiu crude oil after a 30 days weathering was found to have an identifiable confidence level of fuzzy similarity preference ratio in the range of 0.005819 to 0.04641 making it different from other 13 kinds of oils. A Daqing crude oil after a 28 days weathering at sea surface was found to have such an identifiable confidence level in the range of 0.1101 to 0.2510 inclusive making it different from other 5 kinds of oils. The results from the actual identification of oils spilt at sea surface show that the present method was more precise than a fingerprint spectrograms-based identification method.

Key words: fuzzy, similarity preference ratio, identification, oil spill.

Production of Sintered Ceramsite from Coal Gangue, Fly Ash and Waste Gypsum. Sheng Zhaoqi et al. (Dept. of Environ. Eng., East China Univ. of Technology, Shanghai 200237): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 28–31

A lightweight construction aggregate was suc-