

遥感技术在天津城市环境监测中的应用*

郭之怀

战英豪

(中国科学院遥感应用研究所)

(天津市环境保护监测中心站)

1986年4月12日收到

遥感技术是一种先进的环境信息获取技术,在获取大面积同步和动态环境信息方面,是其它手段无法比拟和完成的,因此,应用日益广泛,许多国家相继将这一技术应用于环境监测与研究中,取得了显著的社会经济效益。如1969年美国圣·巴巴拉海底油井破裂和1974年日本水岛滩油罐事故中油对海洋污染的调查^[1],1976年德国对易北河下游热污染的调查^[2],1977年日本东京杉并区绿地的调查^[3],1980年日本广岛城市热环境的调查^[4]等,都曾采用遥感技术。大型的城市环境监测则较少见,美国1970年曾在波士顿进行过规模较大的航空遥感^[5],主要偏重于城市景观和环境背景(土地利用、交通运输、工程计划、市政设施)的调查,环境污染未做重点研究。国内近几年也相继做过一些遥感监测试验,如湘江热污染调查^[6],长春南湖水污染的分析^[7],大连海洋污染的监测^[8]等,一般多限于单项监测。为了更有效的推动遥感技术在环境监测与研究中的应用,我们选择天津一渤海湾地区开展了以城市环境为中心的多学科综合性航空遥感监测试验,本文将以此试验取得的认识为基础,对遥感技术在环境监测与研究中的应用效果,做一些初步讨论。

一、天津城市环境遥感监测概况

天津城市环境遥感监测试验区主区位于东经117°04'—118°,北纬37°15'—39°18'范围内,次区北到燕山,南到歧口,西起白洋淀,东到渤海湾,总飞行面积达1100多平方公里。

试验主要分两步实施,1980年春、秋、冬三季分别实施航空遥感监测,1981年—1982年为图象分析研究阶段。具体工作步骤如下:

(一) 多手段、多时相、多高度的航空遥感监测

为便于开展城市全环境的研究、探索遥感在城市环境中的适用性,制订了多手段、多时相、多高度的航空遥感监测方案。

1. 多手段 根据天津存在的主要环境问题以及各个课题研究的需要,使用航空摄影机、红外扫描仪、多光谱摄影机、18通道粒子计数器、光谱辐射计、红外测温仪、微波辐射计等遥感仪器,实施了彩色红外航空摄影、黑白航空摄影、红外扫描、可见-红外双通道扫

* 本课题是在陈述影先生指导下,由中国科学院环境科学委员会和天津市环境保护局于1980—1983年组织实施的,先后有中国科学院、天津市以及国家海洋局等所属37个单位,400多人参加。

描、多波段摄影、大气颗粒物采样,波谱测试,红外测温、微波测试等,提供了多种图像、多种数据和资料。

2. 多时相 为了获得同一地区不同季节、不同日期、不同时刻的遥感资料,以便研究污染物的时空分布,开展动态分析,在试验中有意安排了多时相的监测,分别在五、九、十二月进行了重复飞行,有些项目还在三个季节中选择早、午、晚进行了监测,通过上述监测获得了多时相的遥感资料,同时也为选择环境遥感的最佳监测时机提供了依据。

3. 多高度 为满足大范围宏观研究和典型地段、典型污染源分析的需要,分别在 750 米、1500 米、3850 米的高度上进行了航空摄影和红外扫描。对大气中的颗粒物的监测,在 200、400、800、1600、3000 米的不同高度进行分层采样,在 200 米高度上进行了波谱、红外、微波测试,从而获得了多层次的遥感资料。

(二) 同步观测

在空中飞行的同时,为了获得地面各种实态和现场资料,便于资料的互相参证,以利于综合分析,在地面和海上进行了多种多样的观测、取样和实地调查。其主要项目有波谱测试、温度场观测、气象观测、植物生态状况观测、植物季相节律观测、陆地摄影、海况观测,以及采集水、土、植物、大气颗粒物样品等,取得了大量观测资料和数据。

(三) 室内分析处理和模拟实验

对野外采集的水、土、植物、大气颗粒物样品进行了分析化验,还对某些植物进行了室内熏气、施污染物等中毒模拟实验。

(四) 图像处理与综合分析

为了提取某些专题信息,对典型污染源的遥感图像进行了等密度分割、相关掩模处理,对多波段影像进行了彩色合成,以及彩色红外影像的模数转换,多波段卫星磁带的计算机影像增强、密度变换、监督和非监督分类等处理。

在上述各项工作的基础上,利用获得的遥感图像和数据及有关资料开展了综合分析,以及量算、数据统计、相关分析、编图、绘图等一系列的分析判读工作。

二、监测试验结果

(一) 环境污染监测

1. 水环境的遥感分析

用遥感手段来研究水环境,主要是根据图像上水体呈现的颜色和形态等标志。水体在图像上呈现的颜色取决于水色、水中悬浮物和浮游生物、底质、水深等因素,当然也与所用胶卷的感色性有重要关系。尽管目前还难以直接从影像上确定水体的化学指标,但水体的颜色往往在一定程度上反映了污染状况。可以定性地确定水质污染状况。从本区地表水体来看,水质由清洁—轻度污染—中度污染—严重污染,水在彩色红外像片上相应呈现的颜色为青—蓝—紫褐—黑。水的形态标志主要是指水面的纹型、边界,它反映了水体

的状态、范围。是进行水体长度、面积等定量分析的主要依据。

凭借水体的颜色和形态标志,结合地面调查研究,我们对市区的地表水类型和利用状况进行了清查,绘制了地表水类型、功能等图件,量测了各类水面面积。已查明全市区共有水面 12925.1 亩,占市区总面积的 5.96%,其中园林水面占 19.86%。

以有机污染的指示植物——菹菜的群落分布为依据,结合取样分析化验,在海河沿线追踪污染源,发现了四新纱厂、粮油储炼厂偷排污水,造纸厂纸渣堆渗漏等污染状况。

利用水中悬浮物的示踪作用,发现春季蓟运河由于上游农田大量抽水灌溉,可使局部河段河水上溯,从而有可能引起污染的上行扩散,进一步阐明了 1974 年茶淀附近小麦大面积中毒的原因。同时以此为启迪,分析了茶淀河段汞污染严重的原因,认为尽管茶淀没有汞污染源,但本段有农田沥水排入河道,使入口附近悬浮泥沙增多,这样上游来水中的汞在此被悬浮泥沙吸附而沉降,从而使得茶淀河段底泥中汞含量增高。

2. 热环境状况的遥感分析

“热”也是环境中的一个要素,它是社会环境和自然环境综合作用的结果,各种污染通常都伴随着温度的上升,因此热状况也反映了城市环境的质量。

(1) 海河热污染的调查 我们利用多级、多时相的红外扫描图像上呈现的热污染源的位置、热水扩散状况和范围,结合地面观测,查明了海河热污染状况。海河全线 79 公里共有热污染源 23 个,热排水口 40 个(图 1)。并对热污染状况做了分段分级的评价,新红桥—解放桥为轻度热污染河段,解放桥—邢家圈为严重热污染河段,邢家圈—葛沽为中度热污染河段,葛沽—新河船厂为无热污染河段,新河船厂—海河闸为重度热污染河段。提出了海河热排水指标应限制在 33℃ 以内等建议。

(2) 天津城市热岛效应分析 利用多级、多时相的彩色热红外图像,结合地面观测和常规气象资料,着重从下垫面的辐射温度状况研究了天津的城市热岛效应,对热岛的时空分布特征、热岛强度、热岛成因进行了详细的分析。在彩色热红外图像上,热源的位置、热扩散状况、高温区、低温区均能以不同的色彩显示出来,天津的城市热岛在热图像上呈椭圆形,热岛的高值区犹如群峰耸立绕市区边缘分布。瞬时热岛强度可达 12℃。由于市区人工热源强度大、大气污染严重,建蔽率高和房屋密度大,绿化覆盖率低,因此热岛强度较大。并将城市下垫面的热力景观分成高温、常温、恒温、昼夜交错四个类型,分别研究了它们对热岛的影响,同时编绘了热岛强度图、热源强度图、热力景观图、地表温度分度图等图件。

实践证明红外扫描图像,尤其是经过加色处理的彩色热图像,能给出连续的定量的温度信息,再现地表温度实况,且有较强的同步性,能取得遥感范围内任意点位、任意剖面、任意区域的温度分布,这是地面手段难以办到的,因此,用这种手段来研究热岛效应比常规的研究方法或大面积布点、或巡回观测要节省人力、物力,既直观又准确。

3. 大气环境遥感分析

目前利用遥感手段直接监测大气污染尚有困难,但可根据植物被大气污染物伤害后的活力状况作为间接识别标志,进行分析判断,反演大气污染。

我们利用彩色红外像片,结合光谱测试、高平台摄影、植物季相节律观测、采样分析等手段研究了大气污染的生物效应。植物受大气污染危害后,生活力明显变弱,常常出现缺

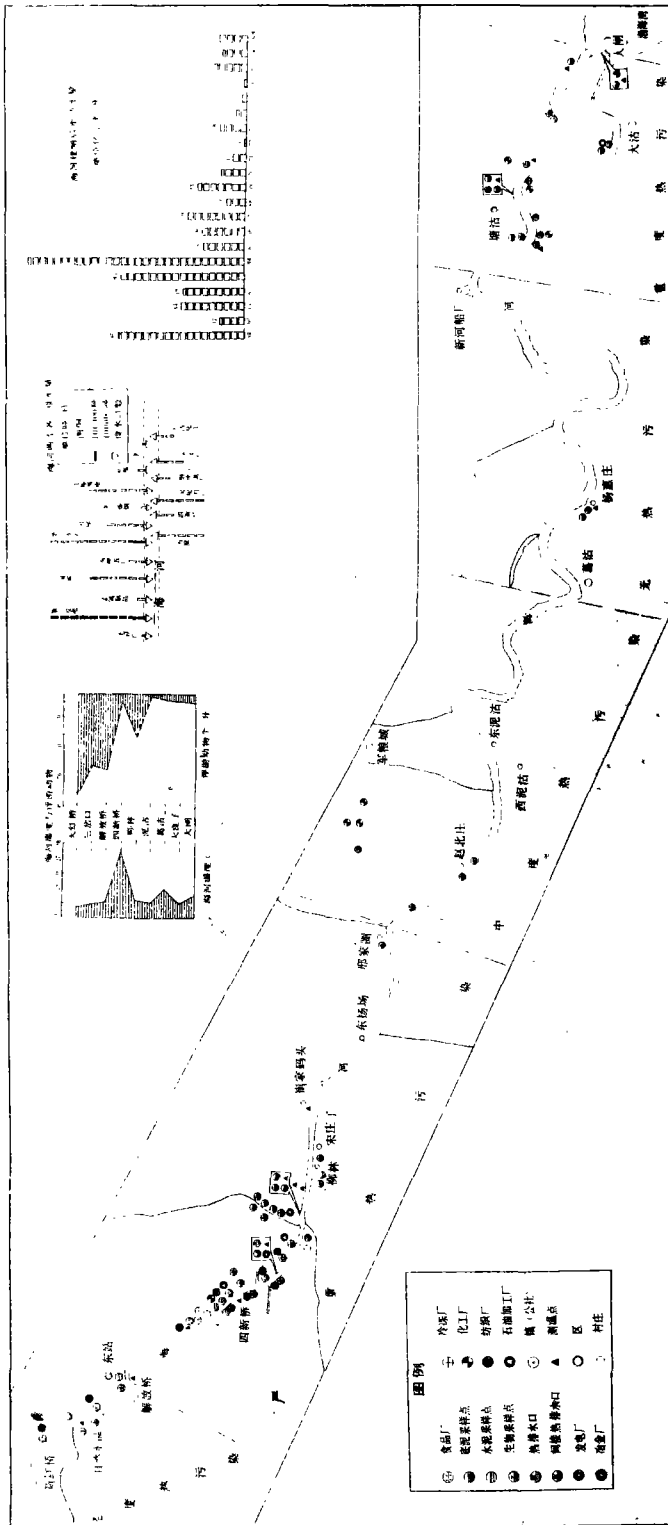


图 1 海河热污染状况图
 Fig. 1 Thermal Pollution Distribution Map of Haihe River

株断行,叶小枝短,树冠小,提前老化,叶片出现伤斑或失水干枯等现象,反映在彩色红外像片上,其颜色和形态与健康植物有明显差别。健康植物颜色鲜红,明亮,受害植物颜色晦暗或者失去红色而呈黄或绿色。根据这种特征,再结合形态等特征,可判定植被的污染源,圈出污染范围,划分危害程度,进而计算农田和园林树木的受害种类和面积。据此,绘制了第一发电厂的二氧化硫污染、酸类专用站的酸雾污染、搪瓷厂的氟气污染、碳黑厂的碳黑污染的区域和污染植被图。

利用植物的危害状况作为间接标志来监测大气污染状况、结果直观可靠。植物污染危害是在城市特定生态环境下,各种污染物长期作用的结果,是近地面综合污染的生物效应,它体现了污染物在不断变化的气温、湿度、风场、地物条件下的实际危害状况,与大气污染有明显相关关系。实质上这是从另一侧面评价大气质量的生物学手段,与通常环境评价中所惯用的综合污染指数有对应关系,前者是多要素实际作用的综合表现,后者为多个单一指标经权重考虑计算而来的,应该说前者更可靠可信。

4. 渤海湾近海环境污染的监测与分析

在试验中对渤海湾近海区($E 118^{\circ}$ 以西)实施了遥感监测,海面上还派出数艘船只进行采样、测试、海况观测。查明了河口海域的污染状况,认为海河口以有机污染为主,蓟运河口以悬浮泥沙污染为主。分析还表明,河口区海域叶绿素含量较高,预示仍有发生赤潮的可能。此外以悬浮物为示踪物研究了表层水流状况。

实践证明遥感技术可解决海湾环境监测工作量大、范围广、作业困难等问题。

(二) 环境背景的调查

1. 土地利用调查 利用1:1万正射影像图和多级彩色红外像片、结合地面调查,对天津市区和郊区的土地利用状况做了详查,编绘了相应的土地利用图件,查清了全市城乡工农业用地、荒地、滩涂等利用类型的面积和数量,为城市规划提供了依据。

2. 园林绿地调查 以1:1万彩色红外像片为主要依据,结合地面摄影、光谱测试、地面调查,对全市的绿地类型、树种进行了分析判读,编绘了天津市绿地现状图、天津市园林绿化现状图,量测出市区绿化覆盖及分布状况。查明全市区共有186万株树,公园32个,共有园林绿地4.81平方公里,平均每人占有园林绿地1.59米²,绿化覆盖率为9.18%。实践证明用彩色红外像片调查城市园林绿化是一种好的手段,是地面手段难以办到的。

3. 土壤植被调查 试验期间我们应用卫星图像和彩色红外航空像片,结合地面光谱测试和实况调查,编绘了天津市植被图、蓟县山区植被图、北大港水库水生植被图,方法简便、准确可靠。此外还编绘了土壤盐分、土壤盐渍化等图件。对植物季相节律进行了长期观测,通过这种研究可以分析城市环境中的植物物候进程及地域的差异,为分析城市环境质量提供了有力的依据。

4. 城市车流量的调查 试验中采用地面和空中摄影两种方法,调查了天津市主要道路的车流情况。编绘了自行车和机动车密度图、计算了车流量,为调整城市车流的流量、流向以及街道的改建提供了依据。有关部门还利用遥感资料做了立交桥和高速公路的选址选线、铁路的改线等工作。

5. 环境工程地质基础的调查 试验中我们综合使用各种遥感图像对全市的断裂构

造、海岸变迁等进行了分析,编绘了天津市断裂构造图、海岸变迁图,为城市建设提供了地质背景资料。此外还根据村落分布、农田排列等间接特征分析了古河道。

三、讨 论

1. 遥感技术与城市环境的需求相适应

城市环境是个复杂的生态系统,它具有多介质、多元、多层次、动态变化等特点。随着城市环境研究的发展和深入,采用单一的技术手段和常规的研究方法很难满足全部需要,迫切需要做技术手段的开发和方法的扩展。目前国内常规的技术手段和方法是:除了做人工的环境调查和统计外,多在近地面采用惯用的基础手段和微观实验的方法进行环境监测,逐个开展单项研究,然后进行综合评价。面对区域广阔的宏观环境,只好借助于合理布点,同步观测或巡回观测来概括全貌,这样尽管有一定的合理性和代表性,但毕竟存在一定的局限性,很难取得大区域同步瞬时的信息。同时,资料的获取与分析也费时费力,效率也低,因此,迫切需要引进与环境特点相适应的新技术、新方法。从上述试验结果来看,遥感正是与环境特点和需求相适应的新手段、新方法。

实践证明,遥感技术是先进的强有力的环境信息获取技术,在获取大范围、综合性、同步信息方面是任何其它手段所不及的,它通过图像上的信息,详细、全面、客观地反映地面景物的形态、结构、空间关系和特征,是地表状况的缩影,同一张图像可能包含着水、气、植被、土壤等多种叠加信息,因此,适于对城市进行全环境研究,既便于环境背景的综合研究,又便于开展污染物时空分布特征的研究,也可以做一定程度的定量分析工作,还可以利用遥感图像结合分析判读编制一系列的专题图件。从发展的观点看,遥感技术在城市环境监测与研究中有大潜力的,如波谱测试作为污染的先导指示和预测,某些应用模型的确立、城市数据库的建立,红外遥感对热扩散趋势和热容量的预测预报等等,遥感在这些方面将可发挥重要作用。今后随着科学技术的进步,传感器的不断发展与更新,图像处理技术的日臻完善和计算机软件系统的开发,必将从遥感图像上获得更多的环境信息,探测能力必将进一步得到增强,从而显示出巨大的生命力。因此,将遥感技术作为一种宏观监测手段引进环境,可以提高环境科学研究的广度和深度。

2. 关于遥感的社会效益问题

遥感不同于一般的工程技术,它近于软科学,很难用简单的数字来表示其效益,应该更多的着眼于它的社会和经济综合效益。遥感信息就是综合信息,是大气、水体、土体、植被乃至温度等多种信息的叠加与复合,因此在应用这种技术时应该几家合作集资,这样可以大大降低费用,各个部门和各个专业在使用遥感图像时可以信息共享,各取所需,提取本专业有用的信息。本次试验,环境、园林、气象、城市规划、测绘、城市交通、铁路、海洋、水利、农业、林业等部门都不同程度得到了效益。环境部门是这次试验的直接受益者,查明了一些常规手段难以解决的环境污染状况,摸清了环境背景,为环境规划、管理与决策提供了科学依据。园林部门进行了城市绿化现状调查,弄清了绿被率和绿化面积,圈定了典型污染场的污染范围,编绘了市区和分区绿化现状图。气象部门用之研究了城市热岛、气溶胶等颗粒物的分布。城市规划部门用来修正地图、调查房屋密度以及土地利用

状况。测绘部门用来进行海岸调查。交通部门监测了城市车流。铁路部门用来编绘了地形图, 海洋部门用来监测了海洋环境的污染状况, 水利部门完成了潘家口、陡河两水库的调查, 农林部门完成了土地资源普查。这样把各个部门收到的效益加起来算一笔总账, 显然效益是显著的。体现了一次试验多方受益。

3. 遥感手段在环境研究中的局限性

遥感技术手段尽管有许多长处, 但也有一定的局限性。目前它还解决不了化学指标的问题, 另外监测频度也有限, 为此, 在遥感监测时应与其它手段密切配合, 尤其要注意同步观测和布点取样, 以便开展相关分析和综合分析。

参 考 文 献

- [1] 童庆禧, 海洋石油污染的地面多光谱遥感试验, 区域环境学术讨论会文集, 科学出版社, 137—144 页, 1977年。
- [2] Ermittlung der Wärmeverteilung in der Unterelbe durch Fernmessung, Dtsch, Gewässerkd., Mitt., No. 5, 126—136 1976.
- [3] 大川文義、加藤晴行、大嶋太市, 都市における緑地調査に関する一考察, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 16, No. 4, 1977。
- [4] 菅 雄三, 航空機リモートセンシングによる広島市の都市熱環境調査, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 20, No. 4, 23—29, 1981。
- [5] Estes J. E. et al, Remote Sensing, Techniques for Environmental Analysis, 1974.
- [6] 濮静娟、刘侠等, 热红外遥感在地质方面的应用, 遥感文选, 科学出版社, 343—347 页, 1981年。
- [7] 冯家璋、赵华昌, 长春航空遥感试验的光学方法和图象解译应用实例, 遥感文选, 科学出版社, 24—29 页, 1981年。
- [8] 蔡铭昆等, 环境污染监测的航空遥感试验, 遥感在规划, 管理和决策中的应用与发展论文集, 测绘出版社, 128—132页, 1985年。

The Application of Remote Sensing Technology to Monitoring Urban Environment in Tianjin

Guo Zhihuai

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Zhan Yinghao

(Environment Protection Centre of Tianjin)

Abstract

Monitoring Environment of Tianjin is a synthetic experiment made mainly on the basis of urban environment, adopting multiple sensors, multirate and multiple altitude remote sensing technics. So abundant, various remote sensing environment informations have been obtained and developed a serious of multidisciplinary analysis. The study area consist not only urban districts and towns, plains and mountains, rivers and sea nearby. The analysis works consist contaminations of water, heat and air pollution, land use, green cover, engineering

geology condition and communication phenomenon of the environment background, hence, concerning urban planning and resources developing. Thus, series of problems which could not be solved by ordinary processes, can be worked out regarding environmental protection and urban construction of Tianjin and outstanding effects have been obtained.