

· 专论与综述 ·

环境遥感监测技术进展

黎刚

(江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

摘 要:分析了目前国内外遥感技术在环境监测中的应用进展,综述了遥感技术在大气环境监测、水污染监测、海洋监测、地表监测、固体废弃物监测中的应用情况及技术特点,指出了遥感技术应用于环境监测存在的关键问题和研究方向。

关键词:环境遥感;环境监测;“3S”技术

中图分类号: X87

文献标识码: A

文章编号: 1006-2009(2007)01-0008-04

Advance of Environmental Remote Sensing Monitoring Technology

LI Gang

(Jiangsu Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

Abstract: The author reviewed present progress of remote sensing technology in the environmental monitoring at home and abroad, summarized application and technological characteristic in atmospheric environment, water pollution, the sea, the ground and solid waste monitoring, indicated key problem in existence and the put forward research direction for environmental monitoring

Key words: Environmental remote sensing; Environmental monitoring; 3S technology

随着社会经济的发展,环境污染已成为一些国家的突出问题。近年来,环境监测技术得到了较大的发展,目前环境监测工作已经逐渐从静态的瞬时人工监测发展到动态的连续自动监测,但监测范围一般仍局限于点上,不能掌握大范围的动态变化。以卫星或飞机作为平台的遥感技术,由于将工作平台从地面上升到高空,可以同时得到大面积的动态信息,具有整体性和宏观性的特点,因而被用来弥补地面环境监测的不足,在环境保护中得到了越来越多的应用。目前研究人员在大气环境、水环境、生态环境等众多领域都开展了多方面的研究探索工作,并取得了较大的成果。

1 在大气环境监测中的应用

遥感技术不但可以快速、实时、动态地监测大范围的大气环境变化和大气环境污染,还可以实时、快速地跟踪和监测突发性大气环境污染事件的发生、发展,以便及时制定处理措施,减少大气污染造成的损失。因此,遥感监测作为大气环境管理和大气污染控制的重要手段之一,正发挥着不可替代

的作用。

1.1 对大气气溶胶的监测

气溶胶指悬浮在大气中的各种液态或固态微粒,通常所说的烟、雾、尘等都属于气溶胶。在气溶胶遥感监测方面,高分辨率的卫星遥感弥补了一般地面观测难以反映气溶胶空间具体分布和变化趋向的缺陷,为全球和区域气候研究及城市污染分析提供了研究资料。

国际上卫星遥感气溶胶的研究始于 20 世纪 70 年代中期,我国科学家从 20 世纪 80 年代中期也开始了这方面的研究。毛节泰等^[1]利用 MODIS 卫星资料测量了北京地区的气溶胶光学厚度,同时与地面光度计的测量结果比较,试验证明两种方法的测量结果比较接近,说明利用卫星遥感监测气溶胶是一种地基遥感监测较好的替代方法,可以弥补地基遥感地面观测空间覆盖不足的缺陷。刘桂青等^[2]于 2002 年在浙江临安进行了地面光度计及粒

收稿日期:2006-06-26;修订日期:2006-12-06

作者简介:黎刚(1974—),男,湖北荆门人,工程师,本科,从事环境监测工作。

子谱的观测,将观测结果与 MODIS 的气溶胶产品和空气污染指数 (API)进行了对比,发现两者之间具有很好的相关性。

1.2 对沙尘暴的监测

沙尘暴是严重的生态环境问题,同时也是严重的大气污染问题,它突发性强,危害巨大,属于大气气溶胶的一种极端情况。周明煜等^[3]利用 NOAA/AVHRR 资料分析了 1993 年 4 月北京、天津上空沙尘暴的特性,得出在沙尘暴发生时,AVHRR 可见光通道 1 和可见光通道 2 的反射率都有增加,沙尘暴强度越大,反射率增加也越大。目前对沙尘暴的遥感监测主要是利用 GMS 和 NOAA/AVHRR 数据,研究表明,GMS 的红外通道数据有利于确定沙尘暴的位置及大尺度监测沙尘暴的运动轨迹^[4]。由于 NOAA/AVHRR 数据不但可以监测沙尘暴反射辐射特性,而且可以在较大尺度上监测沙尘暴的时空分布^[5],因而是目前沙尘暴研究和监测的主要遥感信息源。

1.3 对臭氧层的监测

通过遥感监测可以了解对地球起保护作用的臭氧层受到破坏所形成的空洞,目前臭氧空洞还在不断扩大,对人类非常不利。自 1978 年以来,科学家们利用搭载在 Nimbus-7 卫星上的臭氧制图光谱仪 (TOMS)对大气中的臭氧进行了卫星观测,开创了利用遥感手段对全球变化进行研究的先河。Varotsos 等^[6]利用 1979 年—1992 年的 Nimbus-7 TOMS 遥感数据分析了希腊上空的臭氧衰减,研究结果表明,其上空的臭氧衰减率为每年 0.8%。利用 ERS-2 上搭载的全球臭氧监测实验装置 (GOMZ)和大气制图学化学扫描成像吸收光谱仪 (SCIAMACHY),还可对 CO 和 O₃ 体积分数进行全球制图^[7]。胡顺星等^[8]利用激光雷达对对流层 2 km~4 km 高度范围的臭氧分布进行了测量,结果表明,用 YAG 激光产生的两个波段 (266 nm 和 289 nm),可以得到比较精确的臭氧分布。

1.4 对有害气体的监测

人为或自然条件下产生的 SO₂、氟化物等对生物机体有毒害的气体,通常采用间接解译标志监测。植被受污染后对红外线的反射能力下降,其颜色、纹理及动态标志都不同于正常植被,利用这些特点可以间接分析污染情况。王雪梅等^[9]分析了卫星遥感像元信息构成的物理机制,将像元信息概化为土壤、植被、水体等基本信息类型的线性集合

与污染气体 (SO₂、NO_x)信息的简单叠加,首次从 TM 卫星数据直接定量提取珠江口地区大气污染气体累加浓度信息,实验结果表明,所提取的污染信息满足精度要求。

1.5 对城市热岛效应的监测

城市热岛效应也称大气热污染现象,是城市化发展导致城市气温高于外围郊区气温的现象。利用热红外遥感测定地物的辐射温度,推算出地物温度,进而根据热效应的差异,能有效地探测出热源。利用光学技术或计算机对热图像作密度分割,根据少量同步实测温度,正确绘制出城市的等温线,可详细反映该城市热污染的分布情况,分析城市温度和其他热能消耗与城市布局、建筑物类型、人口密度等的关系,分析城市热岛的时空分布特征、热岛强度、热岛成因等。

2 在水污染监测中的应用^[10]

2.1 水域分布变化和水体沼泽化

水体总体反射率较低,在波长 0.5 μm~0.7 μm 处相对较高,0.7 μm 之后由于水体红外光吸收严重,反射率很低。对于水域分布变化,选用 1.55 μm~1.75 μm 的多时域影像为宜。沼泽化在多时域图像上反映为水体面积缩小,从水体向边缘呈规律变化,显示出程度不同的植被特征。

2.2 水体富营养化

当水体出现富营养化时,由于浮游植物中的叶绿素对近红外光具有明显的“陡坡效应”,因而水体兼有水体和植物的光谱特征,在彩色红外图像上,呈现红褐色或紫红色。

2.3 泥沙污染

水体中泥沙含量增加会使水的反射率提高。随着水中悬浮泥沙浓度的增加及悬粒径增加,水体反射量也逐渐增加,反射峰亦随之向长波方向移动,即红移。由于水体在 0.93 μm~1.13 μm 附近对红外辐射吸收强烈,因而反射通量降低,受水分瑞利散射效应干扰,不适宜作为悬浮泥沙浓度的判定波段。定量判读悬浮泥沙浓度的最佳波段为 0.65 μm~0.85 μm。

2.4 废水污染和水体热污染

废水由于水色与悬浮物性状千差万别,特征曲线上的反射峰位置和强度也不一样。废水污染一般用多光谱合成图像监测,有的根据温度差异也可用热红外方法测定。热污染大多由工厂中排出的

热水造成,不仅危及水体中的生物,还影响农作物生长。热污染用热红外传感器很容易探测,其图像可显示出热污染排放、流向和温度分布的情形。对图像进行伪彩色密度分割,可绘制等温线,测出水中温度分布。

3 在海洋监测中的应用

长期以来,人们对海洋的调查只能通过船只在不同时间和不同地区对个别点监测,得到的数据量有限,难以满足经济生产的要求。要对海洋有深入的认识和了解,必须有更高效的测试手段,而遥感技术的出现和发展满足了这一需求。通过对遥感信息的分析、仿真和模拟,可以获得影响海洋理化和生物过程,如海冰运动、海流循环模式、海表面等温线分布、叶绿素浓度等相关参数,并应用于渔业生产、海上运输、海洋灾害监测和预报中。

3.1 在海洋渔业中的应用

海洋中的生物及其周围环境是海洋生态系统中的统一有机体,海洋中鱼类的集群范围、洄游路线和资源丰富度不仅受水温影响,而且与浮游植物生物量、营养物质浓度、海水盐度、溶解氧、潮汐和气象等因素密切相关^[11]。卫星遥感可实现对海洋信息大范围、高精度、全天候的同步采集,在渔场环境分析和渔情分析预报方面有极大的优势。

3.2 在海洋污染监测中的应用

海洋污染源主要有两类,一类是石油污染,包括船只排油、溢油事故、海上油井泄漏等;另一类是污水,包括工业污水和生活污水。当流入海洋的污水超过海洋的自净能力时,将使海洋生物受重金属或放射性物质污染,甚至大量死亡。污水中氮、磷等化学元素或其化合物含量过高,也会使局部海区的海水过营养化,发生赤潮现象。

卫星遥感可实现对海洋大范围、全天候的污染监测。利用卫星上的可见光/多光谱辐射传感器,不仅可以判定海面油膜的存在,还可以测定油膜扩散的范围、油膜厚度及污染油的种类。通过监测水温、水色和海面磷酸盐浓度等因素及变化,可以获知赤潮位置、范围、扩散漂移方向等信息。对 1990 年渤海老铁山水域石油污染的研究结果表明,通过对资源卫星数据的处理,可以将油膜从海水背景中区分出来,并能计算出各区的面积和油量;通过对污染发生后各天的气象卫星图像的对比分析,可以确定油膜的漂移方向,计算出其扩散速度和扩散

面积^[12]。

4 在地表监测中的应用

4.1 地面污染监测

应用遥感技术监测地面污水排放造成的污染,可应用航空遥感拍摄的像片,清楚地圈定其污染范围。例如,当灌溉的农田遭受污染后,作物生长在色调上发生特殊变化,能同其他禾苗区分开。此外,地下水污染也会引起地面植被发生变化,与正常生长区的作物有不同的光谱表现。多光谱成像仪能监测这些变化,从而圈定地面污染的分布范围,并进一步对地面污染作出预防规划。因此,应用遥感技术不但能圈定地面污染的分布范围,而且能够对地面污染进行规划性的预防,例如遥感综合技术在煤炭自燃隐火监测中的应用。煤炭的自然隐火不但每年要烧掉 10 亿 t 煤炭资源,还会造成大面积的污染。地矿有关部门应用航空红外扫描仪,煤炭总公司应用地面红外测温仪,按地表温度的细微差异圈定隐火区,区分出燃烧区和燃尽区,分析其蔓延方向及规律,为大规模整治煤炭隐火提供了新的方法和经验^[13]。

4.2 城市绿地遥感

遥感技术(RS)能快速准确地获取城市绿地的分布和绿化覆盖度信息,了解城市绿地景观的组成、种类和布局。许多学者对遥感在城市绿地环境调查中的应用进行了研究。石雪冬等^[14]将地理信息系统(GIS)和 RS 技术应用于广州市城市绿地系统总体规划,探讨了运用 GIS 和 RS 技术提取城市现状绿地数据的方法。邢诒等^[15]对深圳城市景观生态进行了遥感监测,动态分析了 10 多年来城市景观生态的变化,对城市绿地遥感也具有很好的借鉴作用。

4.3 土地利用变化监测

土地利用/覆被变化(LUCC)研究是遥感应用最广泛的领域之一。城市土地利用变化研究需要多时段、动态的遥感图像资料。要获得某区域土地利用变化的信息,首先需要对同一地区不同时间段的图件进行 LUCC 分类,这也是对土地覆盖进行动态监测的依据。在对 LUCC 动态监测的过程中,首先需要图像进行几何纠正和辐射纠正,然后通过变化探测,识别变化类型并进行变化制图。史培军等^[16]利用不同时间段的遥感影像,分析了深圳市 15 年来土地利用变化的空间过程及驱动力。

5 在固体废弃物监测中的应用

城市固体废弃物的类型主要有居民生活垃圾(如煤灰、塑料、纸、玻璃、纤维和金属等)、建筑垃圾、工业垃圾(如矿渣、冶炼废渣、炉渣、化工残渣及各种边角废料),以及混合垃圾(即以上几种废弃物的混合物)等。

利用遥感技术对固体废弃物进行监测管理,即根据有关的遥感图像解译标志,定期利用高分辨率遥感图像为信息源,进行固体废弃物堆积监测,通过全球定位系统(GPS)技术确定相应的空间位置,然后在GIS中对不同时相的固体废弃物污染信息进行比较,以确定其发展趋势,并结合城市产业布局及垃圾处理系统设置,实施相应的管理策略,以实现固体废弃物的动态监测和有效管理^[17]。利于从光谱特性中区分出城市固体废物的主要参量包括固体废物的含水量、固体废物的有机质含量及表面粗糙度等。利用这些参量与光谱的关系,通过选用合理的阈值,可以有效去除与城市固体废物无关的像元,以突出城市固体废物。北京市环境保护科学研究所曾用航空像片分析了北京市垃圾等废弃物的分布状况和特点。

6 展望

遥感技术问世 30 多年来,应用深度和广度都在不断拓展。根据遥感技术、地理信息系统、全球定位系统相结合的“3S 技术的发展趋势^[18]”,应推动其系统技术整合,并进入电子信息网络。应在国家有关部门支持下开展“3S 技术的应用研究,使“3S 技术在我国的环境保护领域发挥巨大作用。研究和应用的重点应是开发集 GPS、RS、GIS 于一体、适合环境保护领域应用的综合多功能型的遥感信息技术。

环境监测的内容很丰富,目前对于哪些指标能采用卫星遥感技术有效监测,及其最佳监测光谱分辨率、监测时间频率和监测空间分辨率还不是十分清楚,更没有形成实用模型数据库。因此,应加快环境遥感监测指标体系和国家环境信息系统建设。

[参考文献]

[1] 毛节奏,李成才,张军华,等. MODIS 卫星遥感北京地区气溶

胶光学厚度及与地面光度计遥感的对比[J]. 应用气象学报, 2002, 13: 127 - 135.

[2] 刘桂青,李成才,朱爱华,等. 长江三角洲地区大气气溶胶光学厚度研究[J]. 环境保护, 2003, 8: 50 - 55.

[3] ZHOU M Y, CHEN Z, HUNAG R, et al Effects of two dust storms on solar radiation in the Beijing - Tianjin area[J]. Geophys Res Lett, 1994, 21 (24): 2697 - 2700.

[4] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等. 关于我国华北沙尘暴天气的成因与治理对策[J]. 地理学报, 2000, 55 (5): 513 - 521.

[5] 方宗义,张运刚,郑新江,等. 用气象卫星遥感监测沙尘暴的方法和初步结果[J]. 第四纪研究, 2001, 21 (1): 48 - 54.

[6] VAROTSOS C A, CRACKELL A P. Ozone depletion over greeces deduced from nimbus - 7 TOMS measurements[J]. International Journal of Remote Sensing, 1993, 14 (11): 2053 - 2060.

[7] LOVELAND T R, BELWARD A S. The IGBP - DIS global 1 km land cover data set, discover first results[J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18 (15): 3289 - 3295.

[8] 胡顺星,胡欢陵,周军. 差分吸收激光雷达测量对流层臭氧[J]. 激光技术, 2001, 25 (6): 406 - 409.

[9] 王雪梅,邓孺孺,何执谦. 遥感技术在大气监测中的应用[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2001, 6 (40): 95 - 98.

[10] 李红清. 遥感技术在水环境保护中的应用探求[J]. 水利水电快报, 2003, 24 (3): 1.

[11] 王承恕. 现代通信网[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 250.

[12] 林晓鹏. 卫星遥感在海洋监测中的应用[J]. 福建水产, 2006, 3 (1): 58 - 60.

[13] 孙震,苏尚典,益建芳. 遥感综合技术在城市环境监测中的作用[J]. 测绘与空间地理信息, 2006, 29 (2): 94.

[14] 石雪冬,李敏,张宏利,等. 遥感技术在广州市城市绿地系统总体规划中的应用[J]. 测绘科学, 2001, 26 (4): 42 - 44.

[15] 邢诒,郑丙辉. 城市景观生态遥感监测技术研究[J]. 环境科学, 2002, 23 (增刊): 99 - 102.

[16] 史培军,陈晋,潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55 (2): 151 - 160.

[17] 张荣华. 遥感信息技术在城市生态、环境、旅游考古方面应用探讨[J]. 城市勘测, 2003 (2): 38 - 39.

[18] 张树普,李登科,景毅刚. “3S 技术在关中地区秸秆焚烧遥感监测中的应用[J]. 环境监测管理与技术, 2005, 17 (2): 17 - 20.

本栏目责任编辑 姚朝英