

季惠颖¹, 赵碧云²

(1. 云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650092;

2. 云南环境信息中心, 云南 昆明 650034)

摘 要: 阐述了当前遥感技术在环境监测中应用的现状, 介绍了国内水质遥感监测、大气环境遥感监测、生态遥感监测和全球环境遥感监测等方面的原理及应用。

关键词: 遥感技术; 环境监测; 应用综述

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2008) 02-0021-04

遥感技术是 20 世纪 60 年代在现代物理学 (如光学、红外、微波、雷达等)、计算机技术、空间技术等支持下形成的一门综合性探测技术。它在地学和环境学方面的广泛应用, 产生了十分可观的经济效益和显著的社会效益。目前, 人类面临着人口、环境、资源和灾害 4 大问题, 而遥感技术是调查、监测和分析这 4 大难题的最好手段之一。环境条件如气温、湿度的改变和环境污染大多会引起地物光谱特征发生不同程度的变化, 而地物光谱特征的差异正是遥感识别地物的最根本依据, 因此环境遥感便应运而生。遥感信息技术为环境科学提供了全新的研究手段。它标志着信息获取和分析处理方法等前沿、交叉学科的兴起, 具有重要的意义。遥感信息技术的理论和方法在环境监测、评估和环境灾害的调查以及在地理信息系统支持下的分析预测诸方面有着广泛的应用前景。

我国是发展中国家, 经济正处于高速发展时期, 环境问题较为严重。目前比较突出的环境问题主要有空气污染, 水污染, 工业污染, 土壤侵蚀, 土地退化、沙化, 湿地、草场、天然森林不断减少等。面对这些大面积的环境问题, 我们的监测与研究手段还基本停留在常规地面站监测阶段, 无论从时效上还是从了解掌握的具体程度上都不能满足环境保护事业发展的需求。遥感技术应用于环境监测上既可宏观观测空气、土壤、植被和水质状况, 为环境保护提供决策依据, 也可实时快速跟踪和监测突发环境污染事件的发生、发展, 及时制定处理措施, 减少污染造成的损失。其从空中对地表环境进行大面积同步连续监测, 突破了以往从地面研究环

境的局限性。随着相关学科领域的发展, 遥感图像的获取技术在不断的进步当中, 空间分辨率不断地向分米级、厘米级发展, 光谱分辨率不断细化, 遥感向多极化, 多波段及多种工作模式发展, 这都将提高遥感图像的质量, 扩大遥感的应用领域; 遥感图像处理技术的不断提高, 如神经网络、小波分析、认知模型、专家知识库, 人工智能、模糊技术等知识的引入与应用提高了遥感图像的认知能力, 这些都有利于遥感技术在环境监测中的应用。

1 遥感技术在水质监测中的应用

1.1 遥感监测水质的基本原理

根据卫星遥感国内外现有技术水平和我国已经掌握的技术, 水环境质量监测内容包括: ①全国湖泊富营养化调查, 主要遥感指标是叶绿素、透明度; ②近海海洋赤潮的监测, 主要遥感指标是水色、赤潮生物; ③大江大河污染带监测, 主要遥感指标是水色、悬浮物。

影响水质的主要因子有水中悬浮物 (浑浊度)、藻类 (如叶绿素、类胡萝卜素)、化学物质 (如营养物质、杀虫剂、金属)、溶解有机物 (DOM)、热释放物、病原体和油类物质等^[1]。应用遥感技术监测水质, 就是依靠监测光谱信号的改变, 再通过经验或分析模型把这些光谱的变化与水质参数联系起来。量测水质参数的最佳波段依赖于水质中的物质种类、浓度, 还有传感器的特性。通过遥感预测的水质参数有^[2]: 悬浮颗粒物、水体透明度、叶绿素浓度以及溶解性有机物、水中入射与出射光的垂直衰减系数和一些综合污染指标如营养状态指数等。

1.2 遥感技术在赤潮监测中的应用

遥感技术是一种利用电磁波辐射能间接探测目

标物技术, 它依据赤潮水体的光学和温度特性, 利用可见光和热红外遥感技术, 直接发现和监测赤潮的发展区域和动态变化。目前国内外对赤潮的遥感监测可大致分为三种模型: 一种是可见光波段范围内的海洋水色遥感监测; 另一种是利用赤潮水体的温度信息用热红外波段遥感监测; 第三种是叶绿素阈值模型。

我国的赤潮遥感监测应用始于 20 世纪 80 年代末期, 1989 年中国遥感卫星地面站接收并处理了渤海海区赤潮 TM 图像, 展示了利用卫星遥感技术监测赤潮的可能性^[3]; 1995 年至 1997 年国家海洋局第二海洋研究所开展了“海洋水产养殖区赤潮监测及其短期预报试验研究”, 该项目成功地监测和预报了发生在浙江等海区的赤潮, 开了国内赤潮卫星遥感实时监测和预测的先河^[4]; 九五期间, 国家海洋环境监测中心在国家“九五”科技攻关项目专题“赤潮灾害监测及评估研究”等项目支持下, 对渤海的环境问题与富营养化评价, 赤潮灾害的行政管理、赤潮发生的成因、动态过程和分布规律进行了深入的研究, 获取了形成 1998 年渤海特大赤潮的光谱特征, 开展了赤潮灾害经济损失评估方法研究。国家海洋环境监测中心成功地对 1998 年 8~10 月发生在渤海的赤潮灾害进行了业务化监测的尝试^[5]。1998 年, 黄韦良等^[6]提出了赤潮卫星遥感监测与实时预报的方法, 并利用这些方法成功地监测和预报了 1997 年 11 月发生在广东沿海和 1997 年 7 月发生在浙江的赤潮。

2 遥感技术在大气监测中的应用

2.1 大气环境遥感监测技术的基本原理

遥感监测就是用仪器对一段距离以外的目标物或现象进行观测, 是一种不直接接触目标物或现象而能收集信息, 对其进行识别、分析、判断的更高自动化程度的监测手段。它最重要的作用是不需要采样而直接可以进行区域性的跟踪测量, 快速进行污染源的定点定位, 污染范围的核定, 了解污染物在大气中的分布、扩散等, 从而获得全面的综合信息。

2.2 大气环境的被动式空基遥感监测

目前利用被动式空基遥感对大气环境监测主要包括: 对臭氧层的监测, 对大气气溶胶和温室气体如 CO_2 、甲烷 (CH_4) 的监测, 对大气主要污染物、大气热污染源以及突发性大气污染事故如沙尘暴等的监测。大气环境污染主要体现在大气污染物上, 大气污染物的种类约有数千种, 已发现有危害

作用而被人们注意到的有 100 多种, 其中大部分为有机物。

有学者^[7,8]用红外航片资料研究了环境污染区与植被的响应关系, 指出受污染杨树与正常健康的杨树相比, 光谱发射率在近红外波段有较大幅度的下降, 而在红波段则有所增加, 叶绿素指数也迅速减少, 因此叶绿素指数可成为反映大气污染的一个重要指标。L. BRUZZONE^[9]等利用搭载在 ERS-2 卫星上的 GOME 和 ATSR-2 传感器所接收到的数据, 通过两种方法对生物燃烧排放到对流层中的 NO_2 进行了计算, 一种是假设这两种传感器所获得的数据与 NO_2 浓度之间存在线性关系; 另外一种是用基于辐射传输方程神经网络的非线性无参数方法来反演 NO_2 浓度。实验结果表明, 这两种方法在实际反演 NO_2 浓度时效果较好。S. CORRADINI 等人^[10]利用劈窗算法计算了意大利 MtEtna 火山排放的 SO_2 , 试验证明, 运用该方法可较为准确地计算出 SO_2 的分布。1986 年赵柏林等^[11]利用 NOAA-PAVHRR 资料, 对海上大气气溶胶进行了研究, 由于是研究的尝试阶段, 仅对渤海上空一个点进行测量, 结果表明, 对气溶胶浓度计算所达到的精度可以满足气候和环境研究的需要。刘莉^[12]利用 GMS-5 可见光通道研究了湖面上空气溶胶光学厚度, 试验证明了该方法的可行性。

2.3 大气环境的主动式空基遥感监测

目前, 大气环境的主动式空基遥感监测主要是星载或机载的微波雷达。此外, 还有微波高度计和微波散射计。主动式雷达是由发射机通过天线在很短的时间内向目标物发射一束很窄的大功率电磁波脉冲, 然后用同一天线接受目标地物反射的回波信号而进行显示的一种传感器。不同物体, 回波信号的振幅、位相不同, 故接受处理后, 可测出目标地物的方向、距离等数据。目前, 许多国家都制定了空间雷达探测计划, 美国 NASA 于 1993 年首先利用机载的探测雷达监测了大气中气溶胶的分布, 1998 年 NASN 再次利用载有雷达的极轨卫星测量了大气中的气溶胶、水汽、臭氧等成分; 1994 年, Bourdon AIL^[13]在希腊雅典利用机载差分吸收雷达测量了该市上空的光化学雾, 获得了一些大气污染物空间分布数据, 如 SO_2 、 NO_2 、臭氧和气溶胶等的分布。胡顺星等^[14]利用激光雷达对对流层 2~4 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。刘金涛等^[15]采用

高光谱分辨率激光雷达 (HSRL) 系统, 同时测量大气风和气溶胶的光学特性, 取得了较好的效果。

3 遥感技术在生态环境监测中的应用

3.1 遥感技术应用于生态环境监测的原理

“遥感”即为“遥远的感知”。遥感技术就是根据电磁辐射 (发射、吸收、反射) 的理论, 应用各种光学、电子学和电子光学探测仪器对远距离目标所辐射的电磁波信息进行接收记录, 再经过加工处理, 并最终成像, 从而对环境地物进行探测和识别的一种综合技术。

不同环境体由于组成它们的分子和原子数量和排列组合方式不同, 它们所特有的发射的电磁波性质也不同, 它们反射外来电磁波的性质也就不同。因此不同的环境体发射不同波段的电磁波, 不同的环境体对太阳和人工辐射有不同的吸收和反射及透射能力, 这些差别经过“遥感”形成了不同的成像, 然后通过这些不同的遥感成像解译就可区分不同的环境体, 这就是遥感技术可进行宏观环境要素监测的原理^[16]。

遥感技术应用于宏观生态环境要素的监测, 具有视野广阔、获取的信息量多、效率高、适应性强、可用于动态监测等众多优点, 同时其技术方法成熟。尽快进行宏观生态环境的遥感监测, 对提高环境监测工作的水平, 扩大环境监测的影响力, 使环境监测基础工作与经济的发展、人们生活水平的提高、环境保护的要求相适应, 对最终控制我国生态环境状况恶化的趋势, 保护生态环境, 具有非常重要的现实意义。

3.2 在生态环境遥感监测与模拟中的应用

随着经济发展和人口不断增加, 人类社会经济活动的不断扩大, 对自然资源日益加大的开采消耗使生态环境受到越来越大的压力, 生态环境的恶化成为了实施可持续发展的重大制约性因素。因此正确地认识和评价生态环境质量, 把握不同县 (市) 域生态环境质量的差异, 监测和评估区域范围内生态环境在人类和自然因素共同作用下的状况和变化规律^[17], 对保护和改善生态环境具有重要意义。

刘高焕等^[18]建立了黄河三角洲土地利用遥感信息分类体系与动态变化识别模型, 开发了基于遥感与地理信息系统的盐碱地监测预报模型、盐碱地分区治理模型、海岸带蚀淤遥感监测模型、水体污染扩散模型、土地退化监测模型和土地利用变化时空分析模型等, 实现了区域生态环境的动态监测与

综合分析, 为黄河三角洲地区的生态环境建设与经济规划、分析与预测提供了信息技术体系与科学数据。

我国迫切需要建立卫星遥感生态环境监测技术, 以便能迅速监测全国范围内的生态环境变化状况, 分析其变化原因和发展趋势, 定期报告全国的生态环境状况、变化和发展趋势, 及时预警并提供决策意见, 为国民经济和社会发展提供服务。

3.3 遥感技术在湿地环境监测中的应用

遥感技术在整个湿地监测中具有重要性, 这是由于遥感技术具有监测范围广, 信息更新速度快, 周期短, 获取的信息量大, 并节省人力、物力和减少人为因素的干扰等特点。随着人类对湿地遥感认识的深入, 建立湿地遥感专家分类决策模型库, 实现湿地信息自动分类提取, 将是湿地遥感应用的发展趋势^[20]。湿地是生物多样性丰富、土地利用方式较多的生态系统, 利用遥感技术对大面积的湿地资源及其生态环境进行监测和分析显得尤为重要, 具有如下应用: ①利用多谱段数据比较容易判别土地覆盖及植被类型, 即可对湿地周边土地利用情况及湿地主要类型进行分类; ②从短波红外波段的数据可获取地面的表面湿度, 这就可以确定湿地的边界范围及面积变化情况; ③从红外及近红外波段如 TM3、TM4 可提取有关植被覆盖以及生长状态的信息, 并可制成植被指数图, 这有利于确定湿地及周边的生物多样性、生长状况及其变化, 并可对湿地植被类型进行进一步的分类, 通过地理信息系统把地理数据如地貌、地质图等与卫星遥感结合可获取更多的信息; ④通过矢量叠加, 可以把已有的图片数据覆盖到卫片上, 如土壤类型、道路、湖泊、植被的分布图等; ⑤ GPS 的应用可以使遥感判读和野外调查中的定位变得方便快捷。

4 遥感技术在全球环境监测中的应用

遥感图像和数据是现代地理信息的重要来源之一^[20]。遥感图像是一种综合性的地理信息源 (包括各种地理要素), 同时, 又是一种空间信息, 为地理现象的空间分布提供了定位、定量的数据。遥感数据比地图更进一步强化了地理综合体的形象和概念, 它提供了具有全息性质的交织在一起的可见景观实体影像。人地关系错综复杂, 难解难分, 通过其中相互依存、相互制约的关系, 人们可能由此及彼、由表及里, 超越直接的形象, 借助于间接的标志, 从中获取极其丰富的二次信息。因此, 遥感是一种运用物理手段、数学方法和地学规律相结合

的数据获取技术。在 21 世纪, 遥感技术不再是孤立的系统, 已达到了与全球定位系统、地理信息系统和网络技术紧密结合的水平, 可以为全球环境变化研究提供多维和动态的网络数据。

全球环境变化监测的一个重要问题是需要了解大气层具有辐射和化学重要性的微量气体在全球范围的时空分布和变化趋势, 特别是 CO_2 、 CO 、 CH_4 、 O_3 、 N_2O 、 NO_2 、 NH_3 、 $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ 、 H_2S 和 SO_2 。用雨云系列卫星搭载的被动式传感器第一次获得了温度和 H_2O 、 CH_4 、 HNO_3 的全球信息。1978 年发射的雨云 7 号上携带了 TOMS (总臭氧量制图光谱仪), 观测了全球臭氧分布, 在发现臭氧洞方面做出了贡献, 取得了与平流层中臭氧层的破坏有关的重要信息。当前, 数值模式在全球变化研究中起着重要作用, 测量结果的水平分辨率应大致相当于所使用的数值模式的水平分辨率。

5 结语

综上所述, 自遥感技术问世 30 多年来, 以应用为导向, 技术方法与手段日臻完善, 应用深度和广度不断拓展。遥感技术正在向“多尺度、多频率、全天候、高精度、高效快速”的目标发展。

大气和水污染、酸雨、气候变化、臭氧层耗竭等一系列环境问题不仅是我国也是全世界所面临的严重问题。地球只有一个, 所以几乎所有的环境问题都是全球性的, 都需要用全球的观点来研究和解决。为此, 采用卫星遥感这一面向全球的先进技术, 是全球及我国环境科学研究的必要途径, 它不仅可以为我们提供大面积、全天时、全天候的环境监测手段, 更重要的是能够为我们提供常规环境监测手段难以获得的全球性的环境遥感数据, 这些数据将成为我们进行环境监测、预报和科学研究不可缺少的基础。

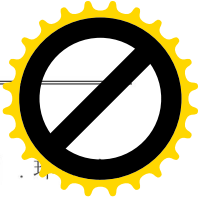
随着遥感技术的不断发展, 其在环境监测领域的发展非常迅速, 前景广阔。硬件方面, 一个重要的发展方向是研制能够选择性的监测某种或某类环境污染物浓度的高性能传感器。软件方面, 重点则在于遥感图像的定量分析, 即建立遥感监测图像与环境污染物或环境其它参数的定量关系。在此基础上, 强化 3S 技术, 建立遥感定量监测与 GIS 集成分析信息系统, 能实现遥感动态监测数据的管理、查询、分析以及对突发性环境污染事故实时监测和预警的功能。大量的环境遥感实践经验表明, 发展

和应用环境遥感技术将会直接促进环境保护工作的开展, 并带来巨大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] Thomas J S, William P K, Jerry C R et al Remote sensing in hydrology [J]. Advances in Water Resources 2002 (25).
- [2] Wezemak C T, Tanis F J, Bajza C A. Trophic state analysis of inland lakes [J]. Remote Sense Environ 1976 (5).
- [3] 胡德永, 王杰生, 王振生. 陆地卫星 TM 观测到渤海湾赤潮 [J]. 遥感信息, 1991, (3).
- [4] 肖清梅, 楼王秀林. 国内外赤潮卫星遥感技术与应用进展 [J]. 遥感技术与应用, 2002 (17).
- [5] 陈晓翔, 邓孺孺, 何执兼, 等. 赤潮相关因子的卫星遥感探测与赤潮预报的可行性探讨 [J]. 中山大学学报, 2001, 40 (2).
- [6] 黄伟良, 毛显谋, 张鸿翔, 等. 赤潮卫星遥感监测与实时预报 [J]. 海洋预报, 1998 15 (3).
- [7] 冯富成, 高会军. 大同矿区环境污染与植被生态的遥感调研 [J]. 中国煤田地质, 1998 (10).
- [8] 盛业华, 郭达志. 遥感信息在晋城矿区大气环境质量评价中的应用 [J]. 遥感信息, 1994 (2).
- [9] L. BRUZZONE, S. CASADIO, R. COSSU et al. A system for monitoring NO_2 emissions from biomass burning by using GOME and ATSR-2 data [J]. International journal of remote sensing 2003, 8 (24).
- [10] S. CORRADI, N. L. S. PUGNAGHI, S. TEGGI et al. Will Aster see the Etna SO_2 plume [J]. International journal of remote sensing 2003, 6 (24).
- [11] 赵柏林, 俞小鼎. 海上大气气溶胶的卫星遥感研究 [J]. 科学通报, 1986 (31).
- [12] 刘莉. GMS 卫星遥感气溶胶光学厚度的试验研究 [Q]. 北京: 北京大学地球物理系, 1999.
- [13] Bourdon A. Photonics Spectra [M]. 1997.
- [14] 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).
- [15] 刘金涛, 陈卫标, 刘智深. 高光谱分辨率激光雷达同时测量大气风和气溶胶光学性质的模拟研究 [J]. 大气科学, 2003, 27 (1).
- [16] 王建华, 范瑜. 遥感技术在宏观生态环境监测中的应用 [J]. 江苏环境科技, 2002 15 (1).
- [17] 朱晓华, 杨秀春, 谢志仁. 江苏省域生态环境质量动态评价研究 [J]. 经济地理, 2002 22 (1).
- [18] 刘高焕, 刘庆生, 叶庆华. 黄河三角洲生态环境遥感监测与模拟 [A]. 第一届环境遥感应用技术国际研讨会论文集 [Q]. 2003.
- [19] 张树清, 陈春, 万恩璞. 三江平原湿地遥感分类研究 [J]. 遥感技术与应用, 1999 14 (1).
- [20] 陈述彭. 以开放促进遥感事业的发展 [J]. 中国科学, 1994 18 (2).

(下转第 36 页)



设目标,也是建设现代生态城市的本质要求。大理市大气环境问题与其能源结构、机动车尾气、不利气象条件、扬尘以及居民生活面源等有很大关系,因此,要改善大理大气环境质量,应引导机动车消费、调整能源、产业结构,在加大城市绿地生态系统建设的同时,实施合理旅游策略,把大理建设成真正意义上的生态旅游城市。

参考文献:

- [1] 杨莉.旅游业对大理州经济增长的影响 [J].云南民族大学学报,2006 (2).
- [2] 刘志强,陈纪玲.中国大气环境质量现状及趋势分析 [J].电力环境保护,2007 (2).
- [3] 李江敏,覃楚艳,柴海燕.我国生态旅游发展现状及对策研究 [J].湖北大学学报,2007 (1).
- [4] 侯娜.旅游持续发展与旅游环境保护 [J].太原科技,

2006 (5).

- [5] 刘艳梅.大理市西洱河环境容量测算初探 [J].环境学导刊,2007 (2).
- [6] 杨曙辉,宋天庆.洱海湖滨区的农业面源污染问题及对策 [J].农业现代化研究,2006 (6).
- [7] 葛本伟.环境污染结构与城市发展关系初探 [J].固原师专学报,2006 (11).
- [8] 于海兰,付永胜,陈攀江,等.成都生态城市建设与大气环境质量的关系 [J].工业安全与环保,2006 (7).
- [9] 马民涛,郝莉.城市区域环境污染源的因子分析及管理 [J].北京工业大学学报,2007 (1).
- [10] 夏青,梁钰,江进财,等.沿海城市生态环境评价指标体系研究 [J].湛江师范学院学报,2007 (4).
- [11] 段庆钟,杨理芳.大理洱海湖滨区土壤酸化成因与修复技术初探 [J].中国农技推广,2004 (4).

Countermeasures on Eco—city Construction and Present Situation of Environmental Quality of Dali

HUANG Qi¹, LIW en—gen², HAN Li³

(1. Dali Environmental Supervision Detachment, Dali Yunnan 67100 China)

Abstract: The present situation of water quality and air quality and noise quality in Dali are concluded. The reasons leading to environmental pollution include industrial pollution and motor vehicle pollution and domestic pollution and pollution from increasing travelers. Finally, some countermeasures are pointed out to control pollutions.
Key words: environmental quality, problem, countermeasure, eco—tourism, Dali

(上接第 24 页)

Summarization of Remote Sensing Technology on Environmental Monitoring

JIHui—ying, ZHAO Bi—yun²

(1. Yunnan Normal University, Kunming Yunnan 650092 China)

Abstract: The application situation of remote sensing technology on environmental monitoring is introduced. The mechanism and application of water quality remote sensing monitoring and air quality remote sensing monitoring and ecological remote sensing monitoring and so on are pointed out in the article.
Key words: remote sensing technology, environmental monitoring, application