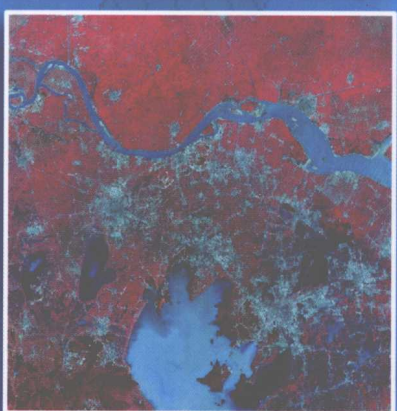
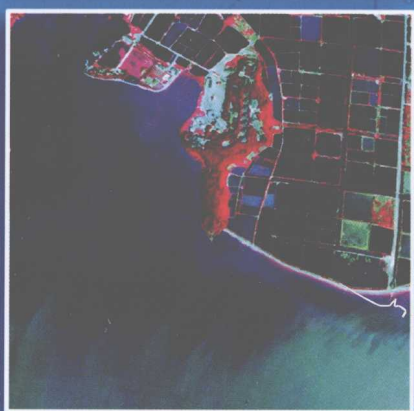


太湖水体环境遥感监测实验 及其软件实现

王 桥 张 兵 韦玉春 李旭文 等著



科学出版社

www.sciencep.com

太湖水体环境遥感监测实验 及其软件实现

王 桥 张 兵 韦玉春 李旭文 等著

- 国家 863 计划项目“环境遥感监测软件平台与业务运行示范(课题编号: 2003AA131060)”
- 国防科技工业民用专项科研计划项目“环境一号小卫星星座应用关键技术研究(项目代号: 科工技[2004]186)”

资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是作者对所完成的国家 863 计划项目“环境遥感监测软件平台与业务运行示范”等成果的提炼和总结。本书围绕太湖水环境遥感模型和软件系统的研究,系统地介绍了太湖水环境遥感的基本原理和方法,给出了太湖水环境遥感实验的技术方案和遥感监测软件设计,阐述了太湖水面光谱及水质数据采集分析、水环境遥感建模以及水环境遥感平台软件开发方法。以太湖水环境遥感应用示范为例,说明了太湖水环境遥感实验软件平台的实际应用。

本书内容丰富,图文并茂,实验数据翔实,可供遥感与地理信息系统相关领域的专家、学者、大专院校师生,以及环境保护、水利、国土资源、城市等部门从事遥感和 GIS 应用的人员阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

太湖水体环境遥感监测实验及其软件实现/王桥等著. —北京:科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-020535-3

I. 太… II. 王… III. 遥感技术-应用-太湖-水体-环境监测-研究
IV. X832

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 005159 号

责任编辑:彭胜湖 关 焱 / 责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2008年1月第一次印刷 印张:18 3/4

印数:1—1 500 字数:413 000

定价:90.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

本书撰写人员

王 桥 张 兵 韦玉春
李旭文 魏 斌 吴传庆
李俊生 李云梅 黎 刚

序

太湖蓝藻大暴发可以算得上是 2007 年一件有影响的大事了！实际上我国大江、大湖的水质事件绝非只此一件，去年太湖蓝藻并不比今年轻，只不过今年蓝藻污染的水居然直接钻到了人们的自来水管中。太湖的蓝藻事件和相应的巢湖、滇池、松花江等一系列湖泊、河流的污染事件以及我国江河湖海水质问题引起了公众的普遍关注。温家宝总理亲临太湖现场视察，并对今后的防范作出了部署，这就充分表明了我国政府对水质问题的重视。水资源的短缺已成为制约我国经济社会发展的重要因素。水环境的污染、水质的恶化日趋严重，全国大约 1/3 以上的工业废水和约 9/10 以上的生活污水几乎未经任何处理就直接排入河湖，使全国 1/8 以上的人口饮用着被污染的水，这种状况必然对我国本来短缺的水资源雪上加霜！采取一切必要手段，特别是调动一切科技力量，加强对我国水资源的研究，遏制水环境的恶化趋势，已成为摆在科技工作者，包括空间信息技术学者面前的紧迫任务。目前最为迫切的是需要对我国江河湖海，首先对重点流域的水环境进行高频度的定期监测，为水环境的治理和管理提供决策依据。但是，完全靠现有的地面监测，无论从监测的频次、时效还是代表性都远不能适应水环境管理与决策的需求。对严重的水质富营养化以及类似蓝藻暴发、海洋赤潮和污染泄漏等重大突发性、大范围的水环境问题，不仅不能及时捕捉，难以进行有效的监测，而且更谈不上常态性、业务化的监测了。遥感技术具有监测范围广、速度快、成本低的特点，特别是卫星遥感更具有便于进行长期、动态监测的优势，它可以与常规方法相互补充，甚至还可以发现一些常规方法难以揭示的污染源和污染物的迁移特征。遥感已成为国际上监测环境和水质的一种普遍使用的方法，它虽然尚未完全成熟并处于发展过程中，但遥感必将在海洋和内陆水质监

测中发挥越来越大的作用。

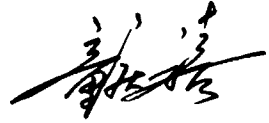
为了应对环境问题对我国经济社会发展的严峻挑战，我国已着手制定了自己的卫星环境监测计划。一个名为环境和减灾的小卫星星座的研制工作即将完成，并将于 2008 年发射，该系统由两颗光学卫星和一颗合成孔径雷达卫星组成，星座装备了宽覆盖 CCD 相机、红外多光谱扫描仪、高光谱成像仪、合成孔径成像雷达等多种类型的先进遥感器，是一个将空间分辨率、时间分辨率、光谱分辨率以及宽覆盖和全天候有机结合及有效集成的卫星系统，它将与地面环境监测系统相互配合，在环境监测中实现优势互补，发挥作用。

内陆水体光学特性非常复杂，它不仅受浮游生物的影响，还受到无生命悬浮物和黄色物质的影响，在水较浅的地区还要考虑水底物质对水体光学性质的干扰。海洋水色遥感无论在专用航天遥感器的研发，还是在算法模型的研究方面，都明显走在内陆水体遥感的前面，海洋水色遥感已经步入实用化的运行阶段；但对内陆水体来说，实用而有效的遥感监测却仍然是一个难点。

《太湖水体环境遥感监测实验及其软件实现》一书以促进我国将要发射的环境监测卫星的应用为目标，针对我国对流域水体环境监测的实际需求，以水网密布、流域水环境管理任务十分艰巨的太湖流域为示范地区，研究了流域水体污染遥感信息获取、分析、处理和应用中的关键技术问题；设计了流域水体污染及典型生态状况遥感监测业务运行技术体系；开发、建立了我国首个面向流域水环境遥感监测的软件平台，并开展了省级水环境遥感监测业务化运行示范。书中所涉及的许多内容在我国内陆水质遥感监测方面都具有开创性意义。这本书的出版是非常及时的，尤其面对我国当前越来越频繁发生的水质和水环境事件，以及为应对我国包括水污染在内的环境和灾害问题而研制并将很快发射的环境与减灾卫星星座的遥感应用问题，更具有许多启迪性作用；它将为我国科研单位和环保监测部门，特别是从事环境遥感监测的科技人员提供参考，有助于我国水环境遥感监测在理论和技术上发展，推动环境一号等国内外遥感卫星在水环境监测方面的深

入应用。

我非常赞赏该书的出版，并以此为序，祝贺作者们在水环境研究和遥感监测技术发展方面所做出的努力和取得的成就！



2007年8月28日

前 言

太湖是我国第三大淡水湖泊，流域总面积约 3.65 万 km²，正常水位下水面面积约 2338km²，平均水深 1.89m，蓄水量 47 亿 m³，年平均入湖水量 41 亿 m³，换水周期约为 300 天，环湖出入湖河流共有 100 多条，其中入湖河流约占 60%。太湖具有饮水、工农业用水、航运、旅游、流域防洪调蓄等多种功能，是长江三角洲地区社会发展的重要水资源。20 世纪 80 年代以来，随着社会经济的高速发展，太湖水质逐年下降，湖泊富营养化日趋严重，“九五”以来被列入国家“三河三湖”治理计划，成为我国水污染治理的重点区域。太湖从 1994 年以来开始处于富营养化状态，期间富营养化水平略有波动。但从 2004 年开始，太湖富营养化程度加重，处于中度富营养化状态，局部水域已处于重度富营养化状态。目前，对太湖水环境质量监测主要是依托环保部门在太湖湖体上设定的 21 个测点，采用定点采样的理化分析测量方法，对 pH、溶解氧、高锰酸盐指数、叶绿素、总磷、总氮等指标进行监测。监测周期较长，缺乏时空上的连续性，且费用较高，特别是相对于如此大面积的湖体，现有测点数量稀少，代表性不够，难以全面、及时地反映太湖水环境质量状况及其动态变化情况，迫切需要利用遥感技术对太湖水体环境质量进行大范围、连续、动态和准确的监测，把太湖水环境质量监测从定点监测发展到连续监测，从局域监测发展到大尺度监测，从静态监测发展到动态监测，从常规监测发展到预警监测。

遥感技术具有快速、连续、可视化程度高、信息量大等特点，在反映环境变化的连续性、空间性和规律性方面具有明显优势。随着全球性环境问题的日益突出，环境遥感监测已受到国际上的高度重视，世界各国纷纷出台各种环境遥感计划，并发射了一系列卫星，在生态环境监测中发挥了重要作用。目前在轨运行和正在计划发展的国内外卫星传感器所能提供数据的空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率越来越高，空间分辨率已从千米级发展到亚米级，重复观测频率从月周期发展到几小时，光谱波段跨越了可见光、红外到微波，光谱分辨率从多波段发展到高光谱、超光谱；遥感数据获取技术正迅速走向实时化、精确化、定量化和业务化。随着环境遥感技术的发展，国内外学者已在水环境遥感监测研究方面取得了大量成果，可为太湖水环境遥感监测提供重要的技术基础，但是现有方法大多还属经验性的，通常都是针对特定流域、特定时段和特定数据源，缺乏普适性和实用性，特别是缺乏适合太湖水环境保护实际工作需要的系统化、业务化的应用模型和软件系统研究。面对卫星遥感技术的迅速发展和太湖水环境遥感监测的迫切需求，有必要充分利用遥感技术的优势、挖掘现有卫星遥感数据的应用潜力，针对太湖水环境遥感监测业务运行的实际需要，从太湖水环境遥感监测的数据处理、参数反演、应用模型建立、业务系统开发、专题数据产品生产等方面开展系统的研究和试验，为形成实用化的太湖水环境遥感监测方法和业务运行系统提供必要的技术基础，为

遥感技术在环境保护中的业务化应用提供技术示范。

本实验是在国家 863 计划项目“环境遥感监测软件平台与业务运行示范项目(课题编号: 2003AA131060)”、国防科技工业民用专项科研计划项目“环境一号小卫星星座应用关键技术研究(项目代号: 科工技 [2004] 186)”的支持下, 针对太湖水环境保护管理和业务工作的实际需求, 综合利用卫星遥感技术、地理信息系统技术和计算机技术, 全面研究了太湖水环境遥感监测关键技术, 构建了包括指标体系、标准规范、模型方法、技术流程、业务系统等在内的太湖水环境遥感监测技术体系框架, 实际开发建立了具有业务应用能力的太湖水环境遥感监测实验软件系统, 并利用长时间序列遥感数据系统开展了太湖水环境遥感监测实验, 走通了相关技术流程, 验证和优化了相关方法, 取得了一系列实用成果: 在关键技术研究方面, 主要研究了太湖水体光谱数据采集和处理技术、面向水环境遥感监测的多源遥感数据的辐射纠正、几何纠正、表面反射和离水辐射分离等遥感数据处理技术、水环境遥感监测指标(包括叶绿素、总悬浮物、水温、可溶性有机物、总磷、总氮等)遥感特征分析技术; 在太湖水环境遥感监测模型建立方面, 主要研究了太湖水体主要遥感监测指标光谱分析模型、地面实测数据与遥感数据相关及统计模型、信息反演和信息提取模型、水体污染分类、分级模型等; 在太湖水环境遥感监测实验软件开发方面, 主要研究了水环境遥感监测系统的数据流和业务流、系统的结构功能, 开发了数据管理子系统、环境遥感数据处理子系统、环境遥感模型应用子系统、环境专题数据产品生产子系统和环境专题数据产品信息服务子系统, 形成了多类型、多专题、多空间分辨率、多光谱分辨率、多时相环境遥感数据的综合处理和应用能力; 在业务化应用示范方面, 主要研究了太湖水环境遥感监测的业务流程、技术规范、运行模式, 利用所开发软件生产了 10 个不同时期的太湖水体叶绿素浓度分布遥感专题图、总磷浓度分布遥感专题图、总氮浓度分布遥感专题图、总悬浮物浓度分布遥感专题图、水体表层温度遥感专题图、水体富营养化指数遥感专题图等多种类型遥感数据专题产品。通过本实验还形成了《太湖水环境遥感监测可行性分析报告》、《太湖水环境遥感模型研究报告》、《太湖水环境遥感监测指标体系及监测方法研究报告》、《太湖水环境质量遥感监测关键技术研究报告》、《太湖水环境地面数据采集与分析规范》、《太湖水环境遥感监测实验软件系统研制报告》、《太湖水环境质量遥感监测业务示范报告》、《太湖水环境遥感监测实验软件使用手册》等具体成果。

本书是对上述成果的系统总结, 试图围绕水环境保护工作的实际需要, 从太湖水体环境遥感监测业务应用的角度, 全面体现面向太湖水环境遥感监测的遥感数据获取与处理、地面数据采集与分析、模型方法建立与应用、软件系统设计与开发、业务系统示范与运行等整体研究和试验过程。全书共分七章。第一章主要从太湖水环境问题、太湖水体环境监测现状、太湖水体主要监测指标及监测方法、太湖水体水质状况及空间分布、太湖水体环境遥感监测实验的目的和内容等方面介绍了太湖水体环境遥感监测实验背景。第二章阐述了太湖水体环境遥感监测实验的原理和方法, 在对水体光谱特征进行分析的基础上, 具体分析了太湖几个主要遥感监测指标的光学特征, 并对水环境遥感监测方法和进展、影响水体环境遥感监测精度的因素、水体环境遥感数据源等进行了讨论。第三章针对太湖水环境遥感监测业务工作需要, 提出了太湖水环境遥感实验技术方案,

主要包括实验总体方案、实验技术规范、数据获取与处理方案、采样与光谱测量分析方案、遥感监测模型构建和参数反演方案、软件系统开发技术方案、业务示范技术方案。第四章从水面光谱及水质数据采集与分析基础、野外水面光谱实验、太湖水体水质参数的时空变化规律分析、实验室光谱实验等几个方面介绍了太湖水面光谱及水质数据采集与分析工作。第五章分别研究和建立了太湖悬浮物、叶绿素 a、总氮、总磷等太湖主要水环境指标浓度遥感反演模型。第六章从太湖水环境保护工作需要出发,探讨了太湖水环境遥感实验软件及系统集成,首先在进行太湖水环境遥感监测实验软件需求分析的基础上,对太湖水环境遥感实验软件总体结构和功能进行了全面设计,然后分别对数据管理子系统、遥感图像处理子系统、遥感模型应用子系统、环境专题数据产品生产子系统、环境专题数据产品网络发布子系统进行了设计与开发,最后给出了太湖水环境遥感监测实验软件应用实例。第七章分别应用 1997 年 5 月、1998 年 7 月、1998 年 8 月、2000 年 5 月、2001 年 1 月、2002 年 7 月、2003 年 11 月、2004 年 7 月、2005 年 3 月和 2005 年 4 月 Landsat TM 数据进行了太湖水环境遥感监测实验软件系统业务应用示范,不仅业务化生产了 60 多个水环境遥感监测专题产品,而且对模型精度和星地监测结果进行了分析对比,获得了一系列有价值的结论。希望本书的出版能够给我国水环境遥感监测工作带来一些实用的借鉴,给从事相关工作的同行和学者提供一些有益的参考。由于水环境遥感技术发展还处于探索阶段,加之本实验的时间、投入和人员水平有限,本书难免会存在许多不足,恳请读者批评指正。

本书的完成首先要感谢国家 863 计划项目和国防科技工业民用专项科研计划项目的资助,也要感谢项目承担单位国家环境保护总局信息中心、中国科学院遥感应用研究所、南京师范大学、江苏省环境监测中心的大力支持,还要感谢全体项目参加人员的共同努力,特别感谢闫国年、黄家柱、李云梅、魏斌、吴传庆、胡兴堂、李俊生、黎刚、牛志春、孙仲平、申文明、胡方超、申茜、张洁、严刚、王昌佐、厉青、张峰、刘晓曼、杨一鹏、熊文成等同事为项目实施和本书完成所付出的辛勤劳动。此外,本书的写作过程中还参考了大量国内外同行和专家的研究成果,正是在他们工作的基础上,本实验才能够得以进展,这里也一并向他们致谢。

目 录

序

前 言

第一章 太湖水体环境遥感监测实验背景	1
1.1 太湖水体概况	1
1.2 太湖水体环境问题	2
1.3 太湖水体环境监测现状	3
1.4 太湖水体主要监测指标及常规监测方法	6
1.5 太湖水体水质状况及时空分布	9
1.6 太湖水体环境遥感监测实验目标与内容	15
第二章 太湖水体环境遥感监测实验基本原理	17
2.1 水体的光学特性	17
2.2 水体的光谱特征	17
2.3 水环境遥感基本参数	19
2.4 太湖水体主要监测指标的光学特性	20
2.4.1 太湖水体主要监测指标吸收和后向散射特性分析	20
2.4.2 叶绿素光学特性	20
2.4.3 悬浮物的光学特性	25
2.4.4 有色可溶性有机物(CDOM)的光学特性	28
2.5 水体环境遥感监测方法及进展	29
2.5.1 基本原理	29
2.5.2 分析方法	30
2.5.3 经验方法	31
2.5.4 半经验方法	33
2.5.5 叶绿素 a 遥感监测回顾	35
2.5.6 悬浮物遥感监测回顾	37
2.5.7 可溶性有机物遥感监测回顾	39
2.5.8 溶解性有机碳遥感监测回顾	40
2.5.9 透明度遥感监测回顾	42
2.5.10 总氮遥感监测回顾	43
2.5.11 总磷遥感监测回顾	44
2.5.12 水体热污染遥感监测回顾	44
2.5.13 水体油污染遥感监测回顾	45
2.5.14 水体富营养化遥感监测回顾	47

2.6	影响水体环境遥感监测精度的因素	52
2.6.1	水体组分光学性质的相互重叠和干扰	52
2.6.2	大气因素	53
2.6.3	实验误差	53
2.6.4	不同遥感数据源的影响	53
2.7	水体环境遥感数据源	53
第三章	太湖水体环境遥感监测实验技术方案	59
3.1	实验总体方案	59
3.2	实验技术规范	60
3.3	遥感数据获取与处理	61
3.3.1	数据源	61
3.3.2	数据处理	62
3.3.3	TM 图像预处理	65
3.4	水质同步采样与光谱测量分析	67
3.4.1	水质同步采样与光谱测量	67
3.4.2	光谱分析	68
3.5	太湖水体环境遥感模型构建技术路线	69
3.6	太湖水体环境遥感监测方法研究的技术路线	69
3.6.1	叶绿素 a 遥感监测	71
3.6.2	浮游植物遥感监测	71
3.6.3	悬浮物遥感监测	72
3.6.4	有色溶解性有机物(CDOM)遥感监测	72
3.6.5	DOC 溶解性有机碳遥感监测	72
3.6.6	透明度遥感监测	72
3.6.7	总氮、总磷、总有机碳、化学耗氧量遥感监测	73
3.6.8	热污染遥感监测	73
3.6.9	基于遥感方法的太湖水污染评价	73
3.6.10	基于遥感方法的太湖富营养化状态评价	73
3.7	高光谱遥感监测模型构建	73
3.8	太湖水体环境遥感监测实验平台开发技术方案	75
3.9	太湖水体环境遥感监测软件系统业务应用示范技术方案	76
3.9.1	业务应用示范目的与内容	76
3.9.2	业务应用示范主要技术流程	76
3.9.3	业务应用示范产品制作	76
第四章	太湖水面光谱及水质数据采集与分析	80
4.1	水面光谱及水质数据采集与分析基础	80
4.1.1	水面光谱测量及其参数获取	80
4.1.2	水面光谱测量数据处理	81

4.1.3	水质采样及化验分析	84
4.1.4	环境参数观测	84
4.2	野外水面光谱实验	85
4.2.1	实验概况	85
4.2.2	水面光谱数据测量与整理	88
4.2.3	叶绿素对水体光谱特征影响分析	91
4.3	太湖水体水质参数的时空变化规律分析	92
4.3.1	水质参数的空间变化分析	92
4.3.2	不同时期相同测点的水质参数变化分析	93
4.3.3	太湖水体叶绿素含量时空分布特点分析	96
4.3.4	太湖水体叶绿素光谱响应特征分析	97
4.4	实验室光谱实验	100
4.4.1	总氮、总磷实验室光谱实验	100
4.4.2	总磷、总氮光谱特征分析	100
4.4.3	悬浮泥沙光谱特征实验	104
4.4.4	悬沙水体的光谱特征分析	104
4.4.5	悬沙浓度遥感监测的敏感波段分析	106
第五章	太湖水体环境遥感监测实验模型研究	108
5.1	太湖悬浮物浓度反演模型	108
5.1.1	太湖悬浮物遥感反演模式	108
5.1.2	太湖悬浮物浓度遥感机理模型	109
5.1.3	基于多光谱数据的太湖悬浮物浓度反演模型	111
5.1.4	基于高光谱数据的太湖悬浮物浓度反演模型	115
5.2	太湖叶绿素 a 浓度反演模型	123
5.2.1	太湖叶绿素 a 遥感反演回归分析	123
5.2.2	基于两波段比值的太湖叶绿素 a 反演模型	124
5.2.3	基于归一化数据的太湖叶绿素 a 反演模型	125
5.2.4	基于不同季节 TM 数据的太湖叶绿素 a 反演模型	128
5.3	太湖总氮和总磷浓度反演模型	132
5.3.1	基于高光谱数据的夏季总氮反演模型	132
5.3.2	基于高光谱数据的夏季总磷反演模型	134
5.3.3	基于多光谱数据的总氮反演模型	135
5.3.4	基于多光谱数据的总磷反演模型	138
5.4	模型精度分析与评估	139
5.4.1	模型显著性检验	139
5.4.2	悬浮物反演模型精度分析	140
5.4.3	叶绿素反演模型精度分析	142
5.4.4	总氮反演模型精度分析	144

5.4.5	总磷反演模型精度分析	144
5.4.6	模型精度分析结论	145
第六章	太湖水体环境遥感监测实验软件及系统集成	147
6.1	太湖水体环境遥感监测实验软件需求分析	147
6.1.1	太湖水体环境遥感监测数据处理功能需求分析	147
6.1.2	太湖水体环境遥感监测业务应用功能需求分析	148
6.2	太湖水体环境遥感监测实验软件系统流程	149
6.2.1	太湖水体环境遥感监测实验软件数据处理流程分析	149
6.2.2	太湖水体环境遥感监测实验软件业务流程分析	150
6.3	太湖水体环境遥感监测实验软件总体结构	151
6.4	太湖水体环境遥感监测实验软件总体功能	153
6.5	太湖水体环境遥感监测实验软件特点与逻辑结构	155
6.6	太湖水体环境遥感监测实验软件运行环境与物理结构	156
6.7	数据管理子系统设计与开发	158
6.8	遥感图像处理子系统设计与开发	161
6.9	遥感模型应用子系统	165
6.10	环境专题数据产品生产子系统	168
6.11	环境专题数据产品网络发布子系统	172
6.12	太湖水体环境遥感监测实验软件运行实例	174
第七章	太湖水体环境遥感监测实验软件系统业务应用示范	186
7.1	业务应用示范主要目的和内容	186
7.2	基于1997年5月4日Landsat TM数据的太湖水质遥感监测实验	186
7.2.1	97-05地面例行监测	186
7.2.2	97-05-04遥感监测实验	190
7.2.3	星地监测结果比对分析	192
7.3	基于1998年7月10日Landsat TM数据的太湖水质遥感监测实验	196
7.3.1	98-07地面例行监测	196
7.3.2	98-07-10遥感监测实验	197
7.3.3	星地监测结果比对分析	203
7.4	基于1998年8月11日Landsat TM数据的太湖水质遥感监测实验	207
7.4.1	98-08地面例行监测	207
7.4.2	98-08-11遥感监测实验	210
7.4.3	星地监测结果比对分析	213
7.5	基于2000年5月4日Landsat TM数据的太湖水质遥感监测实验	216
7.5.1	00-05地面例行监测	216
7.5.2	00-05-04遥感监测实验	220
7.5.3	星地监测结果比对分析	223
7.6	基于2001年1月15日Landsat TM数据的太湖水质遥感监测实验	225

7.6.1	01-01 地面例行监测	225
7.6.2	01-01-15 遥感监测实验	229
7.6.3	星地监测结果比对分析	232
7.7	基于 2002 年 7 月 13 日 Landsat TM 数据的太湖水质遥感监测实验	234
7.7.1	02-07 地面例行监测	234
7.7.2	02-07-13 遥感监测实验	238
7.7.3	星地监测结果比对分析	240
7.8	基于 2003 年 11 月 13 日 Landsat TM 数据的太湖水质遥感监测实验	243
7.8.1	03-11 地面例行监测	243
7.8.2	03-11-13 遥感监测实验	247
7.8.3	星地监测结果比对分析	249
7.9	基于 2004 年 7 月 26 日 Landsat TM 数据的太湖水质遥感监测实验	250
7.9.1	04-07 地面例行监测	250
7.9.2	04-07-26 遥感监测实验	250
7.9.3	星地监测结果比对分析	255
7.10	基于 2005 年 3 月 7 日 Landsat TM 数据的太湖水质遥感监测实验	257
7.10.1	05-03 地面例行监测	257
7.10.2	05-03-07 遥感监测实验	258
7.10.3	星地监测结果比对分析	262
7.11	基于 2005 年 4 月 8 日 Landsat TM 数据的太湖水质遥感监测实验	265
7.11.1	05-04 地面例行监测	265
7.11.2	05-04-08 遥感监测实验	268
7.11.3	星地监测结果比对分析	269
7.12	业务应用示范总结	272
参考文献	275

第一章 太湖水体环境遥感监测实验背景

1.1 太湖水体概况

太湖位于长江三角洲南缘,是我国第三大淡水湖,流域总面积 36500km²,行政区划分属江苏、浙江、上海、安徽三省一市。流域内分布有特大城市上海市,江苏省苏州、无锡、常州、镇江 4 个地级市,浙江省杭州、嘉兴、湖州 3 个地级市,共有 30 县(市)。

太湖是集饮用、农灌、航运、旅游、水产养殖和工业用水于一体的多功能水体,在流域工农业生产、人民生活等方面地位十分重要。湖体水面面积 2338km²,平均水深 1.89m,多年平均水位 3.05m,蓄水量 47 亿 m³,多年平均入湖水量 41 亿 m³,换水周期约为 300 天,环湖出入湖河道共有 100 多条。太湖西南部上游来水,主要来自浙江天目山脉的东、西苕溪和来自苏皖界山和茅山山脉的荆溪。东、西苕溪在湖州汇合后,主流由长兜港、小梅口注入太湖,其余由吴兴、长兴“七十二溇港”分散入太湖,另有一部分通过塘水路直接东泄。荆溪正流由宜兴大浦口注入太湖,洮湖、滆湖地区来水则由宜兴百渎流入太湖,另有一部分经京杭大运河直接东泄。吴兴、长兴沿湖诸溇港和宜兴百渎均有横塘连接,水量可以互相调节。太湖东北面出水也有上百条溇港(已湮废不少),其中主要的有梁溪口、沙墩口、胥口、鲇鱼口、瓜泾口、南厓等,越过京杭大运河入阳澄、淀泖湖群,再通过黄浦江、吴淞江和太仓、常熟间众多港浦入长江、入海。京杭大运河纵贯太湖北、东、南三面,沟通了众多东西向的排水河道,起着相互调节的作用。

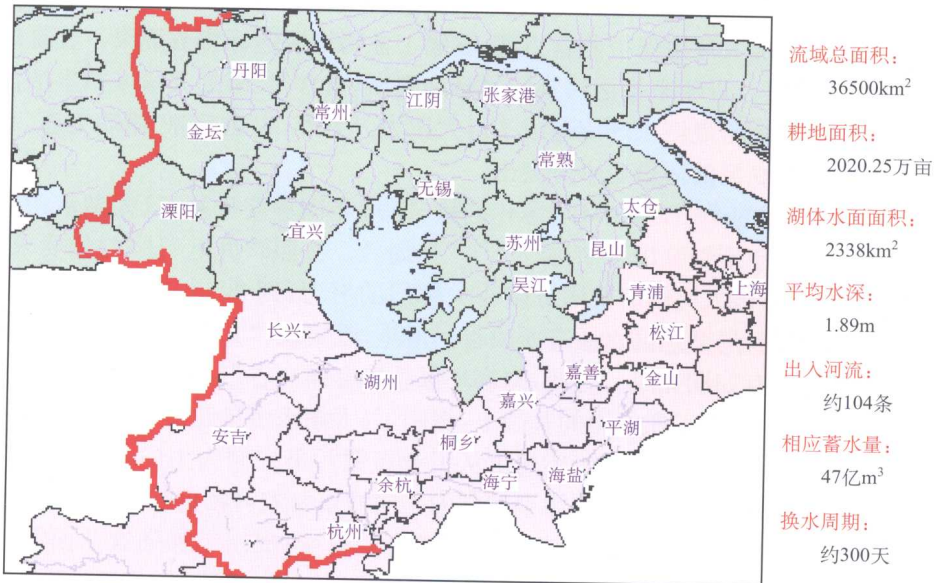


图 1-1 太湖流域概况图

1.2 太湖水体环境问题

太湖流域是我国经济发展最快的地区之一,人均 GDP 为全国人均的三倍多;农业总产值占全国的 3.1%;工业总产值占全国的 12.2%;财政收入占全国的 15.7%。太湖流域是我国经济发达、工业化与城市化程度较高的地区之一。人口稠密、经济快速发展也带来日益严重的环境压力。目前太湖水体存在的主要环境问题为:一是产污、排污集中。在这一区域内,2000 年排放 COD 49.15 万 t、TP 1.44 万 t、NH₃-N 13 万 t,单位面积的污染负荷产生量和排污量也是全国较高的区域之一。二是西、北太湖水体交换能力差。由于环太湖大堤的修建和入湖河道的人为控制,实际上太湖已接近封闭湖泊,太湖的水量交换需近一年时间。太湖主要补给水量来自西南部的苕溪和西部的南溪水系,约占总入湖水量的 70%,而出湖水量主要通过东太湖进入太浦河经黄浦江入海,约占总出湖水量的 60%~70%。太湖水体交换的活跃区在东南部,而太湖污染物主要来自流域的西北部(常州市)与北部地区(无锡市),约占全太湖三分之一的污染物通过西北部的直湖港、北部的梁溪河进入梅梁湖与五里湖,使交换能力本来就差的西、北部太湖水质严重恶化。三是湖体富营养化及入湖河道的有机污染问题十分突出。自 20 世纪 80 年代末以来,太湖湖体富营养化及入湖河道的有机污染问题日渐突出。湖泊集中全流域汇水,是流域污染的综合反映。既有城市化和工业化带来的污染,又有过量施用化肥及大量畜禽养殖带来的农业面源污染,还有湖泊开发利用方式违背生态规律的问题,这些问题加速了太湖富营养化的发展,如不加以控制,将导致湖泊沼泽化衰亡,必须通过长时间的努力,采取综合措施延缓和解决太湖富营养化问题,在全流域全面建立污染防治系统和生态恢复体系。四是仍有部分污染企业存在超标排放现象。太湖流域是经济高度发达的地区,部分企业仍在超标排放,必须进一步加大环境保护监管力度,巩固工业污染源达标排放成果。五是环境综合整治工作任务艰巨。近年来生活污染问题日趋突出,富含氮、磷的大量城镇生活污水未经处理直接进入水体,给流域水环境造成了巨大压力。另外,农业面源、船舶交通、水产养殖、畜禽养殖和河湖底泥的污染也十分突出。

为了加强对太湖的保护,遏制环境恶化趋势,1998 年国务院批复了《太湖水污染防治“九五”计划及 2010 年规划》(以下简称《“九五”计划》)。按照《“九五”计划》的要求,经过江苏、浙江、上海三省市人民政府及国务院有关部门的努力,到 2000 年底,太湖水质恶化的趋势得到初步遏制,局部地区水质有所改善。但是,距实现《“九五”计划》的要求仍有较大差距,部分目标没有如期完成。为此,国家环保总局会同三省市人民政府及国务院有关部门在认真总结前一阶段工作经验的基础上,编制了《太湖水污染防治“十五”计划》(以下简称《“十五”计划》)。《“十五”计划》体现了从工业点源污染控制为主向工业点源与农业面源污染控制相结合的转变、从城市污染控制为主向城市与农村污染控制相结合的转变、从陆上污染控制为主向陆上与水上污染控制相结合的转变;提出了加强农业面源污染控制、加快污水处理厂建设和湖滨带建设、增加生态环境用水量、继续开展污染底泥疏浚和小流域综合治理、加大产业结构调整 and 执法监督力度等措施;并对“十五”期间的各项水污染防治工作做出具体安排、实施本计划必将推动太湖水污染防治工作,使太湖水质得到进