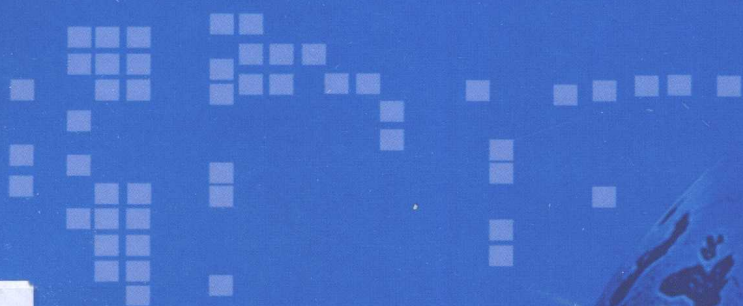




全国高校素质教育教材研究编审委员会审定

基于 3S 的江河水污染 监测与应用

李茂堂 姜永生 主编



中国出版集团 现代教育出版社

全国高校素质教育教材研究编审委员会审定

基于 3S 的江河水污染 监测与应用

李茂堂 姜永生 主编

现代教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于 3S 的江河水污染监测与应用/李茂堂 姜永生 主编. —北京:
现代教育出版社, 2008. 10

(中国教育理论与实践研究文库. 第 1 辑)

ISBN 978-7-80196-463-2

I. 基… II. ①李…②姜… III. ①遥感技术—应用—河流
污染—环境监测②地理信息系统—应用—河流污染—环境监测
③全球定位系统—应用—河流污染—环境监测 IV. X522.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 005238 号

基于 3S 的江河水污染监测与应用

李茂堂 姜永生 主编

责任编辑: 李浩研

封面设计: 张骐年

出版发行: 现代教育出版社

社 址: 北京市朝阳区安定门外安华里 504 号 E 座 邮编: 100011

电 话: 010-64251256

排 版: 科士洁文印中心

印 刷: 新颖印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 15.5

字 数: 363 千字

版 次: 2009 年 2 月第 1 版

印 次: 2009 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80196-463-2

定 价: 48.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

近几十年来,随着我国工农业生产的迅猛发展,江河、湖泊和海域受污染面和受污染程度呈增加趋势,直接威胁江河流域的环境安全和人体健康,危及工农业生产。另一方面,突发性水污染事件频繁发生,造成了巨大的经济损失和社会影响,引起了人们的高度关注。根据国家江河水环境安全战略“总体控制、重点改善、严防灾害、保障安全”的指导原则,中华人民共和国工业和信息化部(原中华人民共和国信息产业部)在2006年设立了“基于3S技术的江河流域水污染自动化测报和应急处理系统研发与应用”发展基金项目。该项目采用数据库技术、计算机模拟仿真技术、遥感遥测技术、卫星通信技术和地理信息系统技术等先进的空间信息技术,建立了对江河流域水污染进行自动化测报和应急处理的应用系统,为解决江河流域水污染问题提供了技术支撑和应用示范,对推进“健康江河流域”的发展模式,实现水资源永续利用和流域可持续发展的目标具有十分重要的现实与战略意义。

该书是在总结该项目成果的基础上完成的。全书共分6章:第1章为“概述”部分,主要介绍了我国江河水污染状况、“3S”技术及其在江河水污染治理中的应用现状,由李茂堂、姜永生、庞治国、黄伟锋编写。第2章为“信息采集与传输系统技术”,主要介绍了一种新的超宽时隙的时分多址的卫星通信技术,VSAT站多址技术和基于卫星通信的水利信息共享平台等内容,由李茂堂、李小涛和张晓红编写。第3章为“3S集成技术及水质遥感反演技术”,主要介绍了以遥感图像和地面实测数据为基础的水质反演模型技术方法,建立了生化需氧量遥感反演模型,同时,运用统计模型方法,间接地反演了其他种类水质参数,由辛景峰、孙庆先、孙涛、庞治国、李茂堂编写。第4章为“江河水污染评价与模拟仿真技术”,主要介绍了通用的水环境评价与模拟技术方法,开发了淮河干流典型河段二维水流与溶质运移模型,并进行了不同情景方案的水污染趋势模拟预测,由潘世兵、付俊娥、姜永生、孙庆先、柴福鑫编写。第5章为“系统综合数据库技术”,主要介绍了系统综合数据库的设计与建设,水污染事件应急反应决策支持和水污染测报及应急管理信息系统等内容,由张建立、李蓉、李茂堂编写。第6章为“水污染事件应急反应预案体系技术”,主要介绍了水污染事件应急预案体系和水污染事件应急预案效果分析等内容,由黄艺、孙敏、张飞舟编写。全书由李茂堂、姜永生统编,李小涛完成了书稿排版和编辑工作。

在该书的编写过程中,得到了中国水科院周怀东、彭文启、李纪人、程绪水、郑建民、刘晓波,中科院遥感所顾兴发、田国良、余涛和信息产业部陈英、杨旭东等领导和专家的支持,在此表示感谢。

由于本书涉及内容广泛、时间紧迫,书中难免有不妥当之处,敬请指正。

作 者

2008年11月10日

目 录

第1章 基于3S的江河水污染监测与应用	1
1.1 江河流域水污染现状简介	1
1.2 3S技术简介及应用现状	4
1.3 “3S”技术用于江河流域水污染监测的意义和目标	29
1.4 水污染监测技术的国内外相关技术发展与市场情况	30
1.5 小结	36
参考文献	36
第2章 信息采集与传输系统技术	39
2.1 总体介绍	39
2.2 卫星通信链路总体设计	43
2.3 VSAT站安装和调试	58
2.4 多媒体数据的压缩和传输	61
2.5 Directshow编程	78
2.6 小结	90
参考文献	90
第3章 3S集成技术及水质遥感反演技术	92
3.1 3S及其集成技术	92
3.2 3S在水资源领域的应用	93
3.3 国内外关于水质遥感监测的研究现状	95
3.4 水质遥感监测原理	98
3.5 基于实测高光谱数据的水质参数反演	103
3.6 基于陆地卫星遥感图像数据的水质参数反演	119
3.7 陆地卫星对污水和污染团的定性监测	132
3.8 小结	136
参考文献	137
第4章 江河水污染评价与模拟仿真技术	141
4.1 引言	141
4.2 水污染评价与模拟模型方法	144
4.3 河流水量水质数值模拟模型	156
4.4 淮河干流水量水质联合调度数学模拟模型	163

4.5 不同方案水污染传播的时空分布模拟分析	169
4.6 小结	173
参考文献	174
第 5 章 系统综合数据库技术	176
5.1 系统综合数据库设计与建设	176
5.2 水污染事件应急反应决策支持系统	198
5.3 水污染测报及应急管理三维信息系统	209
5.4 小结	211
参考文献	212
第 6 章 水污染事件应急反应预案体系技术	214
6.1 水污染事件应急预案体系	214
6.2 水污染事件应急预案效果分析	234
6.3 小结	239
参考文献	240

第 1 章 基于 3S 的江河水污染监测与应用

1.1 江河流域水污染现状简介

水污染指的是水体因某种物质的介入,而导致其化学、物理、生物或者放射性特性等方面特征的改变,进而影响水的有效利用,危害人体健康或者破坏生态环境,造成水质恶化的现象。根据 2005 年国家环境监测统计数据,长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河和辽河等七大水系的 411 个地表水监测断面中,Ⅰ~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 41%、32%和 27%。其中,珠江、长江水质较好,辽河、淮河、黄河、松花江水质较差,海河污染严重。主要污染指标为氨氮、五日生化需氧量、高锰酸盐指数和石油类。水污染给全国的工业、农业和人体健康等带来了严重的不利影响,造成的经济损失也是非常巨大的。近年来,因水污染而引发的水事纠纷也常常见诸报端。在洪涝灾害、干旱缺水、水环境恶化等问题中,水污染问题已十分严重,其造成的严重后果不亚于洪灾和旱灾。

尽管近二三十年来,国家在水污染防治方面出台了一系列水质标准和法律法规,但水污染的发展趋势仍未得到有效控制。地表水流经城市的河段有机污染较重,城市居民日常生活排放的污水和很多工业废水都含有大量的有机污染物,有的工业废水还含有有毒、有害的人工合成有机污染物质等,使国内大多数城市河流都存在严重的有机污染,导致城市水源水质下降和处理成本增加,对正在实施的可持续发展战略带来了严重的负面影响,严重地威胁到了城市居民的饮水安全和人民群众的身体健康,尤其是江河流域普遍遭到污染,且呈发展趋势。水利部对全国 700 余条河流约 10 万 km 河长开展的水资源质量评价结果表明:水质污染严重而不能用于灌溉(即劣于Ⅴ类)的河段约占 10.6%;水体已丧失使用价值,受到污染(相当于Ⅳ、Ⅴ类)的河段约占 46.5%。城市河流污染的形势更为严重,监测数据显示:在 14 个大中型城市的河段中,63.8%的河段污染较重,为Ⅳ类至劣于Ⅴ类水质。

河流以有机污染为主,主要污染指标是氨氮、生化需氧量、高锰酸盐指数和挥发酚等;湖泊以富营养化为特征,主要污染指标为总磷、总氮、化学需氧量和高锰酸盐指数等;近岸海域主要污染指标为无机氮、活性磷酸盐和重金属。这些因素构成了水环境问题影响范围广、危害严重、治理难度大等特征。

“九五”以来,我国重点流域水污染防治以淮河治理为先导,太湖、巢湖、滇池以及海河、辽河相继开始。通过采取工业污染源的末端治理,以及在产业结构调整 and 压缩过剩生产力中,取缔、关闭和淘汰生产工艺落后、设备陈旧、污染严重的企业等一系列措施,治理工作取得了一定成效,部分水域已经接近实现第一阶段的污染防治目标。“九五”水

污染防治作为我国历史上第一次大规模的流域水污染防治,积累了大量宝贵经验,对于开拓我国的环境与发展道路具有长远的战略意义。但是,从总体上看,重点流域的水污染防治工作进展还比较缓慢,取得的成果十分脆弱。在实践中暴露出来的一些问题充分说明,我国当前和今后一个时期流域水污染防治仍面临严峻的挑战。

“九五”期间“三河三湖”的治理仅仅是拉开了我国水污染防治的序幕。在大规模治理“三河三湖”的同时,必须看到,黄河、长江的污染问题也到了非治理不可的程度了。黄河这个中华民族的摇篮,它养育了人类,也无数次地给人类带来灾难。如今,由于人类活动的作用力,使黄河的环境问题日趋严重。1999年,在黄河流域的114个重点监测断面上,V类和劣V类水体分别占70%和56.2%,黄河主要支流的污染更为严重,而且黄河的污染主要来自支流。目前,黄河水量少,自净能力弱,水环境处于危机之中。在西部大开发中,黄河流域的经济发展将进入较快增长时期,黄河的水污染必然使沿岸的水资源短缺“雪上加霜”。

长江上游沿岸地区经济社会的快速发展和城市化进程的加快,使这一地区的污染物排放量迅速增长,污染问题随之加重,特别是三峡库区及其上游的水质正在不断恶化。如果不采取有效的措施,预计到2010年,长江上游重点地区的废水排放量将以年均4.1%的速度增长;沿江城镇生活垃圾入江量,将由1995年的约200万吨/年增加到2010年的467万吨/年;三峡库区的水体自净能力将大幅度下降。2009年三峡库区建成蓄水后,库区将由一个流速快、流量大的河流变成一个流速缓、滞留时间长、回水面积大的人工湖。水体稀释自净能力下降,水污染必然加重。根据预测,三峡工程建成后,湖区上游岸边污染带的主要污染物浓度将比建坝前增加2~10倍,将成为重污染区。

淮河流域水质污染问题十分严重,列全国七大污染流域之首。淮河总体水质现已超过IV类,突发性污染事故频发,城市段河流不少劣于V类水,水质型缺水问题在淮河地区也日益明显。淮河是我国七大江河之一,地处我国东部,位于东经112°~121°、北纬31°~36°之间,西起桐柏山、伏牛山,东临黄海,南以大别山和皖山余脉、通扬运河、如泰运河与长江流域相毗邻,北以黄河南堤和沂蒙山为界,地跨湖北、河南、安徽、江苏、山东5省40个市(地)172个县(市),总面积约 $27 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。淮河流域西、西南及东北部为山丘区,约占流域总面积的1/3,其余2/3范围为平原和湖洼区。淮河流域是我国重要的粮棉生产基地,煤矿等资源丰富,全流域人口1.65亿(2000年统计),人口密度达到615人/ km^2 ,是全国平均人口密度122人/ km^2 的4.8倍,居各大江、大河流域人口密度之首。预计2030年~2050年全国人口达到16亿时,淮河流域的人口将达到2亿左右,人口密度将达到740人/ km^2 ,将是我国人口最为密集、经济发展最具潜力的流域,该地区人口的增加和经济的迅速发展将使环境保护和水污染防治面临巨大的挑战。

淮河水系集水面积约 $19 \times 10^4 \text{ km}^2$,占流域总面积的71%,淮河全长约1000km,洪河口以上为上游,集水面积约 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$,河长为364km;从洪河口到洪泽湖出口中渡为中游,集水面积约 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$,河长为490km;洪泽湖中渡以下为下游,集水面积约 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$,河长为150km。淮河中上游水系呈不对称的扇形分布,南岸支流众多,有史灌河、溲河、东淝河和池河等。北岸主要支流有洪汝河、沙颍河、涡河和包浚河等,其

中,洪汝河、沙颍河发源于伏牛山区,其他河流发源于黄河南堤的平原地区。淮河下游为入江和入海通道。流域内湖泊众多,水面面积约为7000km²,占流域总面积的2.6%。总蓄水能力280亿m³,其中兴利库容66亿m³。较大的湖泊有洪泽湖、高邮湖、邵伯湖、南四湖和骆马湖等。

目前,淮河流域的水污染问题十分严重,是全国污染最严重的流域之一。2004年淮河流域11676km河长水质评价成果表明:水质较好的Ⅰ、Ⅱ类水河长占13.9%,水质尚可的Ⅲ类水河长占19.5%,水质劣于Ⅲ类的受污染河长占66.6%。淮河流域主要超标项目为高锰酸盐指数、氨氮、化学需氧量以及总磷。

淮北污染最严重的两条支流——沙颍河与涡河的污水下泄对淮河干流的水质有明显影响,特别是对在淮河干流上设有取水口的淮南、蚌埠两市的影响更大,关系到两市数百万人口的饮用水安全。

2004年7月中旬,淮河支流洪汝河、沙颍河、涡河上中游地区出现强降雨,形成了较大的洪水。汛前河道内积蓄的污水和沿岸城镇排放的大量工业废水和生活污水随洪水快速下泄进入同期来水偏少的淮河干流,对淮河中下游及洪泽湖造成了一定的污染影响。7月15日暴雨前,沙颍河河道内共有污染水量1.6亿m³,水质污染严重,颍上闸上水质氨氮为5~6mg/L。颍上闸从7月15日开始开闸放水到20日闸上水质恢复到Ⅳ类,期间共向淮河干流下泄污染水量3.8亿m³。涡河水系情况类似,暴雨前,涡河河道内共有污染水量0.78亿m³,蒙城闸从7月17日开闸到22日闸上水质恢复到Ⅳ类,共向淮河干流下泄污染水量1.6亿m³。两条河流总计向淮河干流下泄污染水量5.4亿m³。下泄的污染水体直到24日晚才全部进入洪泽湖,到26日才全部流出洪泽湖。

农村经济发展带来的农药、化肥、畜禽养殖的污染量大、污染面广,有一定的治理难度。从20世纪50年代到90年代,我国农药施用量增加近100倍,成为世界上农药用量最大的国家。我国每年因农药中毒的人数占世界同类事故中毒人数的50%。而且由于农药的大量流失,造成严重的水体污染。全国化肥使用量也在成倍增加,1995年是1978年的4倍。目前,偏施化学氮肥,使氮、磷、钾比例失调现象比较严重。而且化肥的利用率只有30%左右,大量的化肥流失,进入河流、海洋、湖泊,成为水体面源污染的主要来源。同时,由于大量化肥的使用,农村畜禽粪便的农业利用减少,畜禽业的集约化程度提高,加重了养殖业与种植业的脱节,畜禽粪便的还田率只有30%多,大部分未被利用。1998年全国畜禽粪便产生量是当年全国工业固体废物产生量的3.4倍,这些畜禽粪便大部分未经处理直接排入江河湖海。同时,作为农村经济的重要组成部分,乡镇企业的发展也一直是困扰农村环境的一大难题。据1991年和1997年两次全国乡镇工业污染源调查,乡镇工业二氧化硫、烟尘、化学耗氧量和固体废物排放量分别增长了22.6%、56.5%、246.6%和55.2%。在全国主要工业污染物排放总量有所控制的情况下,乡镇企业排污量却在增长,这将对水环境构成严重的威胁。

江河流域水污染突发事件是一种紧急事件或者紧急状态,它在一定条件下出现和爆发,严重影响社会或组织的正常运作,对生命、财产、环境等形成威胁和损害,超出了政府、社会和组织的常态管理能力。突发性环境化学污染事故具有突然发生、来势迅猛、在瞬间或短时间内排放大量的污染物质、起因复杂、难以判断、蔓延迅速、危害严重、影响

广泛等特点。随着我国工农业生产和经济建设的迅猛发展,水环境污染突发事件不仅在发生次数上,而且在污染的危害程度上均有增加的趋势。特别是一些重大环境化学污染事故接连发生,例如,1994 年广西兴安发生了人为砷酸钠污染井水事件,同年还发生了河南文峪金尾矿坝决口事故、湖北黄石铜尾矿坝决口事故、淮河流域大规模水污染事件;2000 年陕西丹凤县境内,载有剧毒氰化钠溶液的卡车翻入汉江支流铁峪铺河内;2001 年 8 月,广西陆川钛白粉厂 3 吨硫酸泄露,导致九洲江流域广东鹤地水库大量鱼虾死亡;2002 年 12 月中旬西江上游砒霜坠河事件引起社会恐慌;2003 年云南省的滇中铜冶炼厂排放的砷、铅严重超标;2004 年四川化工股份有限公司发生严重的氨氮超标排放,导致沱江流域严重污染;2005 年吴江恒祥酒精有限公司厌氧罐发生爆裂,造成河水变黑,危及下游浙江嘉兴几十万居民饮用水安全;2005 年 11 月 13 日中石油吉化公司双苯厂爆炸引发的松花江水体污染事件,对当地的生产、生活产生了很大的影响,导致哈尔滨市停水,引起邻国的严重关注。现在,我国已经进入了环境污染事故高发期。据环保总局 2006 年调查结果,总投资近 10152 亿元的 7555 个化工石化建设项目中,81% 布设在江河水域、人口密集区等环境敏感区域;在 127 个国家级项目中,布设在江河湖海沿岸的有 87 个,占 68.5%;我国各大水域的化工石化项目存在较为严重的环境风险,相应的防范机制却存在明显的缺陷。

根据国家江河水环境安全战略“总体控制、重点改善、严防灾害、保障安全”指导原则,应该充分做好江河流域水污染的预警、应急和减灾防灾工作。建立水污染自动化测报和应急处理系统,可全面提升应对突发性事件的能力,有效地增强对突发性事件的敏锐性,明确突发事件的责任,进一步完善处理突发性事件的机制,全面提高应急管理能力。因此,当务之急是针对我国主要江河流域的潜在环境突发事件的可能性、污染强度的分布、扩散速度和对周边环境的影响程度进行研究,采用先进的空间信息技术,建立我国主要流域环境突发事件的预测预警信息系统,为国家环境安全管理提供基础信息。

1.2 3S 技术简介及应用现状

3S 技术是遥感 (Remote Sensing, RS)、地理信息系统 (Geography Information Systems, GIS) 和全球定位系统 (Global Positioning Systems, GPS) 的统称,是空间技术、传感器技术、信息采集和处理技术、卫星定位与导航技术和计算机技术、通讯技术相结合,多学科高度集成的对空间信息进行采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用的现代信息技术。

1.2.1 遥感技术

1.2.1.1 遥感技术简论

遥感 (RS),顾名思义,就是遥远地感知。传说中的“千里眼”、“顺风耳”就具有这样的能力。人类通过大量的实践,发现地球上的每一个物体都在不停地吸收、发射和反射信息和能量,其中有一种人类已经认识到的形式——电磁波,并且发现不同物体的电磁波特性是不同的。遥感就是根据这个原理来探测地表物体对电磁波的反射和其发射的电磁波,从而提取这些物体的信息,完成远距离识别物体。

从广义来说,遥感(RS)泛指各种非接触、远距离探测物体的技术,而人们谈论的遥感是指电磁波遥感,即狭义的遥感,其定义是:从远距离、高空以至外层空间的平台上,利用可见光、红外、微波等探测仪器,通过摄影扫描、信息感应、传输和处理等技术过程,识别地面物体的性质和运动状态的现代化技术系统。

遥感技术包括传感器技术,信息传输技术,信息处理、提取和应用技术,目标信息特征的分析与测量技术等。遥感技术系统包括空间信息采集系统(包括遥感平台和传感器)、地面接收和预处理系统(包括辐射校正和几何校正)、地面实况调查系统(如收集环境和气象数据)和信息分析应用系统。

就像我们生活中拍摄的照片一样,遥感图片(图像)同样可以“提取”出大量有用的信息。从一个人的像片中,我们可以辨别出人的头、身体及眼、鼻、口、眉毛、头发等信息。遥感像片一样可以辨别出很多信息,如水体(河流、湖泊、水库、盐池、鱼塘等)、植被(森林、果园、草地、农作物、沼泽、水生植物等)、土地(农田、林地、居民地、厂矿的企事业单位、沙漠、海岸、荒原、道路等)、山地(丘陵、高山、雪山)等等;从遥感图像上能辨别出较小的物体,如一棵树、一个人、一条交通标志线、一个足球场内的标志线等。大量信息的提取,无疑决定了遥感技术的应用范围是十分广阔的。据统计,有近30个领域、行业都能用到遥感技术,如陆地水资源调查、水灾旱灾监测、江河流域水污染监测、土地资源调查、植被资源调查、地质调查、城市遥感调查、海洋资源调查、测绘、考古调查、空间环境监测和规划管理等。

遥感按遥感平台的高度分类大体上可分为航天遥感、航空遥感和地面遥感。航天遥感又称太空遥感(space remote sensing),泛指利用各种太空飞行器为平台的遥感技术系统,以地球人造卫星为主体,包括载人飞船、航天飞机和太空站,有时也把各种行星探测器包括在内。卫星遥感(satellite remote sensing)为航天遥感的组成部分,以人造地球卫星作为遥感平台,主要利用卫星对地球和低层大气进行光学和电子观测。航空遥感泛指从飞机、飞艇、气球等空中平台对地观测的遥感技术系统。地面遥感主要指以高塔、车、船为平台的遥感技术系统,地物波谱仪或传感器安装在这些地面平台上,可进行各种地物波谱的测量。

遥感按所利用的电磁波的光谱段分类可分为可见光/反射红外遥感、热红外遥感、微波遥感三种类型。可见光/反射红外遥感,主要指利用可见光($0.4\sim 0.7\mu\text{m}$)和近红外($0.7\sim 2.5\mu\text{m}$)波段的遥感技术的统称,前者是人眼可见的波段,后者即是反射红外波段,人眼虽不能直接看见,但其信息能被特殊传感器接受。它们共同的特点是:其辐射源是太阳,在这两个波段上只反映地物对太阳辐射的反射,根据地物反射率的差异,就可以获得有关目标物的信息,它们都可以用摄影方式和扫描方式获得图像。热红外遥感,指通过红外敏感元件,探测物体的热辐射能量,显示目标的辐射温度或热场图像的遥感技术的统称,波段范围为 $8\sim 14\mu\text{m}$ 。地物在常温(约300K)下热辐射的绝大部分能量位于此波段,在此波段地物的热辐射能量大于太阳的反射能量。热红外遥感具有昼夜工作的能力。微波遥感,指利用波长为 $1\sim 1000\text{mm}$ 的电磁波遥感技术的统称。通过接收地面物体发射的微波辐射能量,或接收遥感仪器本身发出的电磁波束的回波信号,对物体进行探测、识别和分析。微波遥感的特点是对云层、地表植被、松散沙层和干燥冰雪具有一定的穿透能力,且能夜以继日地全天候工作。

遥感按研究对象分类可分为资源遥感与环境遥感两大类。资源遥感是以地球资源作为调查研究对象的遥感方法和实践,调查自然资源的状况和监测再生资源的动态变化,是遥感技术应用的主要领域之一。利用遥感信息勘测地球资源,成本低,速度快,有利于克服自然界恶劣环境的限制,减少勘测投资的盲目性。环境遥感是利用各种遥感技术,对自然与社会环境的动态变化进行监测或做出评价与预报的统称。由于人口的增长与资源的开发、利用,自然与社会环境随时都在发生变化,利用遥感多时相、周期短的特点,可以迅速为环境监测、评价和预报提供可靠的依据。

遥感按应用空间尺度分类可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感。全球遥感是全面系统地研究全球性资源与环境问题的遥感的统称。区域遥感是以区域资源开发和环境保护为目的的遥感信息工程,它通常按行政区划(国家、省区等)和自然区划(如流域)或经济区进行。城市遥感是以城市环境、生态作为主要调查研究对象的遥感工程。

1.2.1.2 卫星遥感发展的趋势

利用卫星遥感途径获取信息已成为快速获得空间信息的一种最重要的途径,随着卫星技术、计算机技术的发展,遥感数据的时间、空间、波段精度均在大幅度提高。卫星遥感的发展趋势主要表现在以下几个方面:

1. 获取全球对地观测信息的遥感卫星迅速发展,遥感数据获取和处理的技术和能力全面提高

国际竞争和合作都在加强。世纪之交,全球新一代高性能遥感卫星和航空遥感平台正在加紧试验研制,并陆续投入商业化运行,计划发射陆地卫星的国家和地区不断增加,美、加、日、欧空局全天候、高分辨率、不依赖地面控制点自动测图的航天和航空遥感平台相继投入应用。空间信息领域的国际竞争日益激烈,一些国家为了保持其遥感卫星数据的市场优势,已经大幅度降低了陆地卫星的价格,免费开放了新一代多光谱气象卫星。同时,为推动商业化遥感的发展,国外一些公司推出了米级高分辨率的商业化遥感卫星图像,甚至一些公司已经推出和正在推出 0.25m 分辨率(甚至更高分辨率)的商业卫星图像,并不断改善其数据服务。面对激烈的国际竞争,各国(包括空间大国在内)在独立自主地发展本国遥感卫星的同时,都在积极利用全球可以获得的对地观测数据。

2. 随着微电子技术和新材料技术的不断突破,在卫星遥感传感器的分辨率不断提高的同时,对统一目标重复观测的时间分辨率也在迅速提高

目前,中空间分辨率卫星的时间分辨率已经达到 1 天以内。卫星的光谱分辨率也在加速提高,已经从 20 世纪 70 年代的 $50\sim 10\mu\text{m}$ 到目前的 $5\sim 10\mu\text{m}$,这使人类大大拓宽了视野,不仅可以观测可见光之外的物体,而且能够利用地球不同物体的波谱特征,分辨不同的物体,开展科学探索和环境、作物以及其他目标的监测预测。微波遥感及其自动测图技术,能够穿透云层和植被,使人类不受天气的影响,实现全天候对地观测。

3. 民用遥感卫星的研制向专业化和综合集成化两极发展

专用型的微小卫星以其投资和规模小、研制周期短等特点,在专业性遥感卫星的应用方面得到迅速发展,由企业通过市场筹资、融资,卫星数据产品的商业化营销将成为这类卫星的主要投资和运作方式;同时,各空间大国正加速研究开发具有新一代高性能、全天候多种传感器和实时定位、定量处理能力的大型综合性遥感卫星平台。

4. 卫星遥感技术的产业化步伐加速

卫星和遥感器的研制发射以及遥感数据产品加工服务的商业化水平不断提高。大部分国家先后开始采取“官助民办”的方式经营数据及其增值产品。

5. 各国政府重视公益性中分辨率卫星遥感及其地面设施的公益性应用

目前,世界上具有较大影响力的中高分辨率遥感卫星有15颗左右,这些卫星由于拥有的国家和组织不同、分辨率不同、投资渠道不同而具有不同的数据分发政策。总的来讲,中等分辨率的卫星数据由于主要应用于资源、环境、灾害监测、土地利用等公益事业,一些政府倾向于把卫星技术能力作为国家实力的标志。另一方面,高分辨率卫星数据则明显是走商业化的道路,尤其是米级分辨率的卫星更是如此,有的已经是完全的商业化。

1.2.1.3 我国遥感基础设施及其现状

从20世纪70年代开始,我国在利用国外卫星数据进行资源调查和灾害、环境监测的同时,开始应用我国返回式卫星开展各个领域的遥感应用。90年代以来,我国自行研制和成功发射了气象卫星、海洋卫星和以陆地资源和环境为主要观测目标的中巴地球资源卫星,成为继美、法、俄等国之后,能够独立研制、发射和运行对大气、海洋和陆地进行持续观测的卫星遥感大国,初步形成了对大气、海洋和陆地进行系统采集遥感信息的遥感卫星系列及其地面接收、处理、分发和应用系统。我国的民用遥感卫星研制相继取得巨大进展,自行研制和发射了6颗太阳和地球同步轨道气象卫星、第一颗以陆地资源和环境为主要观测目标的中巴地球资源卫星,以及第一颗以海洋环境为观测对象的海洋卫星,并且这些后续星也在陆续发射。已经发射的环境一号A星与B星和预计明年发射的C星将构成我国第一个环境和灾害监测预报小卫星星座,对全国环境和灾害的状况进行大范围、全天候、全天时的动态监测与预报。同时,“神舟”系列试验舱发射和回收的成功,为今后我国利用载人航天开展对地观测打下了基础。已于2007年10月24日成功发射的“嫦娥1号”卫星的技术水平达到了当今世界同类月球探测器的先进水平。“嫦娥1号”所用的CCD立体相机在研制中采用了许多创新技术,并在国内外首次提出采用一个大视场光学系统加一片大面阵CCD芯片,用一台相机取代三台相机的功能,实现了拍摄物的三维立体成像,“嫦娥1号”卫星的CCD相机已对月球背面进行了成像探测,并获取了月球表面的影像图。最近,通过引进技术与自主开发相结合,清华大学发射了我国第一颗有自主知识产权的微小卫星,在遥感卫星研制的产业化方面做了有益的探索。近几年来,通过引进技术与自主开发相结合,微小卫星的发射和应用试验已经起步。

遥感信息可分为航天遥感信息和航空遥感信息两种类型。我国航空遥感信息的获取及使用有着丰富的经验及数据积累。从50年代开始,我国在测绘、地质以及资源调查、城市和大型工程整合中广泛使用航空摄影遥感,目前已经具备年生产100~150万km²的航空摄影能力。目前,我国的航空遥感不断发展,技术上日趋成熟,以成像光谱、成像雷达和三维成像系统为代表的遥感技术系统已达到国际先进水平。随着我国卫星的不断发射成功 and 国外卫星的利用,我国自行研制卫星地面接收站及其相应的数据处理系统的能力不断提高,我国相继建成了具有较强接收能力的遥感卫星地面接收系统,能够接收和处理包括光学和雷达遥感数据在内的多颗遥感卫星数据,形成了按气象、海洋和陆地卫星三个遥感

卫星系列进行地面接收、处理和分发设施整合布局的总格局。并向国内外用户提供信息服务,其数据提供数量位居世界前列。

与此同时,国内外卫星遥感、定位和通信技术在我国国民经济各个领域的应用日益广泛,我国遥感应用的领域和规模不断扩大。据不完全统计,目前,全国已有 480 个单位,近万名科技人员直接或间接从事遥感技术和遥感应用工作。遥感在气象预报、国土资源概查和详查、主要自然灾害监测与损失评估、森林草场调查、土地和生态环境监测、农作物估产、测绘制图、资源勘察等方面,都得到了广泛的应用,为有关部门掌握客观情况,进行科学决策提供了科学依据。

1.2.1.4 我国遥感基础设施存在的问题

面对国际空间遥感技术领域日益激烈的竞争,目前,我国的卫星遥感、遥测技术发展还不能满足国民经济发展的需要,存在的主要问题是:我国自主获取的卫星遥感数据源不足,民用卫星定位数据尚属规模化应用;卫星地面接收网站及其处理设施的能力和国产化水平有待提高;大量遥感、遥测数据的利用和开发程度低;绝大多数的遥感应用尚未形成长期、稳定的业务化运行的信息系统,还不能持续、完整地为国家的重要决策提供依据;卫星遥感技术的开发和应用产业化程度较低等。

空间遥感技术的获取和处理能力将直接关系到一个国家的综合国力和国土安全。当前,我国民用遥感卫星技术水平不但与发达国家之间存在较大的差距,而且在某些方面落后于印度等发展中国家。面临这一严峻形势,必须集中力量,减少低水平重复整合,采取有力措施,加快技术创新,缩小差距,切实提高遥感卫星研制的效率和效益。我国空间遥感技术的差距主要表现在以下几个方面:

1. 我国自主的卫星遥感数据源严重不足

我国卫星遥感的应用是从利用国外遥感数据起步的,自主遥感卫星系统从整体上看与国外先进的资源卫星相比,在数据质量、标准化产品的规模化生产和稳定服务、卫星数据管理体制等方面还存在较大差距。到目前为止,我国在各个应用领域里所使用的卫星遥感数据绝大部分是从美国、法国的运行性卫星上接收或购买的,而且部门之间的数据共享水平低,低水平重复采购工作普遍。特别是近年来,西部大开发和资源调查、环境监测中的遥感应用发展迅速,各资源、环境部门大量重复购置国外卫星数据,重复工作的问题日益突出。我国气象卫星已发射多颗,但工作性能和稳定性与国外气象卫星还有差距,美国 NOAA、日本 GMS 卫星仍是目前业务应用的主要数据源;资源 1 号卫星和环境 1 号 A 星与 B 星虽已发射成功,但其有效载荷仍缺乏足够的稳定性和定量化,还未能形成向主要用户提供及时、完整的标准产品的规模化处理能力,整体上看,与国外先进的资源卫星相比,在技术和服务方面仍有较大差距,卫星的有效寿命及实际寿命与发达国家相比也有很大的差距;国民经济整合和新兴产业发展迫切需要的我国自主的民用多波段高分辨率卫星、全天候的雷达卫星数据和卫星定位数据尚属起步阶段。承担这类数据的我国航空遥感系统也未能形成长期、稳定的运行机制,在技术上除常规航空摄影之外,多属科研产品,更缺乏较大型综合性和续航能力强、商品化的航空遥感平台,难以满足业务化运行性的遥感动态应用系统所必须的高分辨率、全天候的、稳定、及时的信息源供给。

2. 未能形成覆盖全国的陆地民用卫星地面接收站网

以陆地资源环境为主要观测对象的综合性遥感卫星及其应用涉及的部门较多,包括农业、林业、土地、工程、水利、测绘、城市整合、地质、石油等,应用的领域广,数据需求量巨大,是全球卫星应用的重点和应用技术水平的标志。与此不相适应的是,长期以来,我国这类遥感卫星的地面接收处理系统的整合缺少统筹规划,未能协调形成覆盖全国的数据接收格局,遥感技术在国家宏观决策管理中的作用尚未充分发挥。20世纪90年代以来,国家曾经多次对遥感卫星及其地面系统的立项整合开展协调,避免了一些重复引进和重复整合,但合理布局 and 综合利用的问题仍然没有完全解决。加强国家的宏观管理,进一步理顺我国遥感卫星及其地面系统的管理体制和机制,对于促进今后我国民用遥感卫星系统的发展具有重要意义。

3. 受数据源和应用水平的制约,我国绝大多数遥感应用尚未形成长期稳定运行的业务系统

经过多次科技攻关及有关专业部门的努力,我国曾建立了主要农作物估产、资源和环境监测调查、森林草场覆盖面积调查等系统,但大多没有在全国范围内形成长期业务化运行的能力,还不能持续、完整地为国家的重要决策提供依据。除技术因素外,缺乏及时、稳定的数据保障和必要的统筹规划也是一个重要原因。

4. 国家对遥感及空间信息的统筹管理体制尚未形成

对于覆盖国内、国外遥感卫星的遥感信息采集、处理骨干平台整合,海量遥感时空系列数据的存储、共享和开发利用的政策和国家战略缺乏统筹规划和充分论证。我国自主的重大遥感卫星和地面系统的规划论证不够充分,卫星研制周期长、成本高、效益低、应用计划不完整,星地整合脱节、重复整合、重复引进、经费使用不当等,这些问题影响着我国卫星系统研发的效率和运行效益,制约着我国遥感技术及其应用的健康发展。

此外,遥感技术在军民结合、国内外结合、中央和地方结合等方面也存在一些矛盾和问题,需要及时解决,以便扬长避短,充分调动各方面的积极因素,促进其跨越发展。

1.2.2 地理信息系统技术

1.2.2.1 地理信息系统技术简论

地理信息系统(GIS),有时又称“地学信息系统”或“资源环境信息系统”,一般由计算机、地理信息系统软件、空间数据库、分析应用模型图形用户界面及系统人员组成,是一个专门管理地理信息的技术系统,它不但能分门别类、分级分层地去管理各种地理信息,而且还能将它们进行各种组合、分析、再组合、再分析等,还能查询、检索、修改、输出、更新等。地理信息系统还有一个特殊的“可视化”功能,就是通过计算机屏幕把所有的信息逼真地再现到地图上,成为信息可视化工具,清晰、直观地表现出信息的规律和分析结果,同时还能在屏幕上动态地监测“信息”的变化。总之,地理信息系统具有数据输入功能、预处理功能、数据编辑功能、数据存储与管理功能、数据查询与检索功能、数据分析功能、数据显示与结果输出功能、数据更新功能等。通俗地讲,地理信息系统是信息的“大管家”。

信息作为一种新兴的产业越来越受到人们的重视,信息革命的浪潮正冲击着人类社会。在这场革命中,GIS作为集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科

学、信息科学和管理科学于一体的新兴边缘学科迅速地兴起和发展起来。

GIS 研究计算机技术与空间地理分布数据的结合,通过一系列空间操作和分析方法,为地球科学、环境科学和工程设计,乃至企业经营提供对规划、管理和决策有用的信息,并能回答用户所提出的有关问题。

“在人们工作和生活中的信息,80%与地理位置有关”,80%甚至更多的单位和个人都需要 GIS,比如,在政府信息化系统建设中,GIS 软件已经成为如操作系统、数据库一样必不可少的基础支撑软件技术。使用 GIS 的政府部门,也早已不局限于资源环境口的如国土资源(包括地矿)、规划、环境、水利、地震、气象、农业、林业等部门,其他部门如公安、房管、城管、民政、统计、文物、工商、税务、广播、卫生、水务、交通甚至计划生育委员会等等,也都在使用 GIS 软件。

随着我国四化建设、改革开放的深入和社会主义市场经济的发展,从中央到地方,各行各业对 GIS 的需求越来越多,各种形式的 GIS,尤其是城市 GIS 和土地信息系统(LIS)正如雨后春笋般不断涌现。目前,地理信息系统进入了新的发展阶段,已成为一种包括硬件生产、软件研制、数据采集、空间分析及咨询服务的新兴信息产业,并开始为政府的职能转变提供宏观调控的现代化工具,尤其在我国已显示出巨大的潜在市场。

GIS 按其范围大小可以分为全球的、区域的和局部的三种,范围大的一般分辨率低,反之则高。通常,GIS 主要研究地球表层的若干个要素的空间分布,属于 2~2.5 维 GIS,布满整个三维空间建立的 GIS,才是真三维 GIS。一般也常常将数字位置模型(2 维)和数字高程模型(1 维)的结合称为 2+1 维或 3 维,加上时间坐标的 GIS 称为四维 GIS 或动态 GIS。

GIS 是一种特定而又十分重要的空间信息系统,它的发展经历了几个主要的技术转变:由传统的 GIS 技术阶段向面向组件(Components Oriented)GIS 技术的转变,由传统的 GIS 技术阶段向 WebGIS(万维网地理信息系统)技术的转变,由面向组件技术和 WebGIS 技术向面向服务式 GIS(Service GIS)技术的转变。

1.2.2.2 传统 GIS 技术

传统的 GIS 技术,是在面对单一对象(或者叫做面对单一任务)的基础上发展起来的,有的作者把传统的 GIS 技术也称之为面向对象(Objects Oriented, OO)的 GIS 技术。传统的 GIS 技术最早起源于 20 世纪 60 年代“要把地图变成数字形式的地图,便于计算机处理分析”这样的目的。1963 年,加拿大测量学家 R. F Tomlinson 首先提出了 GIS 这一术语,并建成了世界上第一个 GIS(加拿大地理信息系统 CGIS),用于自然资源的管理和规划。那时的 GIS 注重于空间数据的地学处理。

20 世纪 70 年代以后,随着计算机软硬件水平的提高,以及政府部门在自然资源管理、规划和环境保护等方面对空间信息进行分析、处理的需求,GIS 得到了巩固和发展。进入 20 世纪 80 年代后,GIS 的应用领域迅速扩大,商业化的软件开始进入市场,其应用从基础信息管理与规划转向空间决策支持分析,地理信息产业的雏形开始形成。

20 世纪 90 年代以后,伴随着计算机技术和网络技术的迅猛发展,GIS 的应用也日趋深化和广泛,在国土资源、农业、气象、环境、城市规划等领域成为了常备的工作系统。

尤其是自1998年美国前副总统戈尔提出“数字地球”的概念以来, GIS在全球得到了空前迅速的发展, 广泛应用于各个领域, 产生了巨大的经济效益和社会效益。

进入21世纪以来, GIS在各行各业的应用取得了快速发展, GIS平台软件已经从一项专业的软件技术, 发展成为十分重要的平台类软件, 在越来越多的领域发挥着重要作用。政府和企事业单位建立了大量的GIS应用系统, 这些应用系统不再是面子工程, 而是实实在在地在为业务管理服务。但是, 传统的GIS技术面临着一个困境, 那就是系统很难跟得上需求的快速变化。对系统维护工程师而言, 系统开发完成后, 一旦业务本身或业务流程发生了调整, 系统要不断修改维护, 工作量十分巨大。对于应用单位来讲, 若维护跟不上, 投入大量人力、物力和财力的系统刚刚建成, 在需求面前很快就变得落伍了, 以致于部分应用单位对GIS的应用缺乏信心。对开发商而言, 做完一个单位的系统, 若要推广到同行业其他单位, 会发现尽管业务差别不大, 但由于那些细小的需求差别, 原来的系统很难直接推广, 仍然需要对系统进行不少修改, 工作量仍然较大。这是GIS研发和应用领域共同面临的问题, 因此, 在GIS的应用领域中, 出现了由传统的GIS技术阶段向面向组件GIS技术的转变。

1.2.2.3 面向组件GIS技术

面向组件GIS技术的基本思想是把GIS的各大功能模块划分为几个组件, 每个组件完成不同的功能。各个GIS组件之间, 以及GIS组件与其他非GIS组件之间, 都可以方便地通过可视化的软件开发工具集成起来, 形成最终的GIS基础平台以及应用系统。

由于GIS组件可以直接嵌入MIS (Management Information System) 开发工具中, 对于广大开发人员来讲, 就可以自由选用他们熟悉的开发工具。而且GIS组件提供的API (Application Public Interface, Application Programming Interface) 形式非常接近MIS工具的模式, 开发人员可以像管理数据库表一样熟练地管理地图等空间数据, 无须对开发人员进行特殊的培训, 从而大大加速了GIS的发展。

在1996年到2000年之间, 组件技术带来了GIS领域十分重要的技术革命, 众多国际国内的GIS平台厂商纷纷把GIS移植到Windows操作系统, 并基于COM技术研发了大型组件式GIS (Component GIS) 平台。正是这一轮技术革命, 推动着GIS平台从一个带着特殊行业烙印的专业软件演化为通用软件, 并融入IT主流。

1. 组件是完成特定功能的、符合二进制标准的软件模块:

组件之间通过接口进行通讯, 客户程序也必须通过接口调用组件的方法和功能。组件技术的主要特征有:

(1) 可重用性。由于组件标准是建立在二进制基础上的, 因此可以重用组件对象的功能, 而不用考虑组件具体是如何实现的。

(2) 开发语言无关性。即组件的实现不依赖于某一种特定的编程语言, 并且编写组件的语言与调用组件的语言可以不同。

2. 组件式GIS开发平台通常可设计为三级结构:

即基础组件 (面向空间数据管理, 提供基本的交互过程)、高级通用组件 (面向通用功能) 和行业性组件 (抽象出行业应用的特定算法, 固化到组件中, 进一步加速开发过程)。