

遥感与水问题

李纪人

摘 要 介绍了10年来遥感技术在水资源领域的应用成果，特别是在洪涝灾害监测、水资源与水环境调查、旱情监测、土壤侵蚀调查、河口、河道、湖泊和水库泥沙淤积调查及大型工程选址和环境效益评估等领域的主要成就，并对未来遥感技术在相关领域的应用与开发提出了建议。

关键词 遥感 水问题

分类号 TP79：TV 21

REMOTE SENSING AND WATER PROBLEM

Li Jiren

(Remote Sensing Technology Application Center Ministry of Water Resources)

Abstract This paper introduces the achievements obtained in recent ten years on the application of remote sensing technology in water resources sector, especially to flood and water logging monitoring, water resources and environment investigation, drought monitoring, soil erosion investigation, sedimentation of river channel, river mouth, lake and reservoir, site selection of large_sized water project and lineation of water diversion between watersheds. The suggestions for future development are also proposed briefly.

Key words Remote sensing Water problem

0 引言

水是地球环境中最重要和最有活力的因素，它在某种程度上对其他环境要素起着制约与调节作用。因此，世界各国都对水问题予以特别的关注，而其中的水资源、水环境、洪涝灾害及旱灾又是人们关注的焦点。我国国土辽阔，自然条件复杂，这些问题尤为突出，已成为制约我国社会经济可持续发展的重要因素。遥感技术的引用与发展，为传统的水利科学注入了新的活力，使许多原来做不到的或做不好的事轻而易举地得到了解决，取得了明显的社会效益和经济效益，为水利行业的发展发挥了一定的作用。回顾近10年来遥感技术在水利行业的应用，其成果主要体现在对洪涝灾害的监测评估、水资源调查、水环境调查、河道及水库泥沙淤积、湖泊及河口演变、土壤水分及旱情监测等方面。

1 洪涝灾害监测评估

遥感技术很早就被用于洪水的监测工作，水利部遥感中心早在1983年就曾利用陆地卫星MSS图像监测了位于三江平原的挠力河的洪水，后来又采用NOAA(AVHRR)、

机载SAR、航空彩红外摄影等技术手段监测洪水。在最近10年中,遥感技术在洪水监测方面又取得了新的进展,主要表现在: 成功研制了机载SAR的实时传输系统,该系统有实时记录、显示和打印等功能; 广泛应用了星载SAR,包括RADARSAT、ERS-1、ERS-2和JERS-1数据; 组成了以航天(星载SAR)、高空(机载SAR)、低空(直升飞机)和地面观测站为网点的立体监测网,同时,利用气象卫星所具有的宏观与动态监测优势,基本上保证了对洪涝灾情和工情的及时监测; 在灾情评估方面有了新进展,正在建设包括社会经济在内的7大江河流域的基础背景数据库,目前,有些数据库已付之应用; 已在水利部遥感技术应用中心初步建成了以集成系统为基础的洪涝、旱灾监测评估业务运行系统,目前,该系统已投入试运行,计划从2001年开始正式运行。正是这些技术的发展,使遥感在1998年我国长江和东北地区发生特大洪水期间发挥了重大作用,及时为国家防汛抗旱总指挥部提供了科学的实时信息。洪水期间,水利部遥感技术应用中心用星载SAR对洪水作了5次监测,用机载SAR作了4次监测,并将嫩江决堤后的图像、土地淹没范围和土地利用专题图迅速地送到了大庆油田,在油田、大庆市的防洪以及生产调度中发挥了极大的作用。国家遥感中心航空遥感一部、中国科学院遥感应应用研究所、国家测绘局、国家卫星气象中心等单位也分别采用各种手段对洪涝灾害进行了有效的监测与评估。即将投入运行的洪涝灾害监测评估系统,是遥感技术在防洪减灾实际工作中迈上的新台阶,是遥感技术走上生产第一线的新标志。

2 水资源和水环境调查监测

我国水资源短缺,人均水资源仅为世界平均水平的四分之一,在世界各国人均水资源排名中列第88位。黄河、海河的季节性断流,湖泊的大面积萎缩,地下水位的降低等造成的我国可用水资源的短缺,已成为社会与经济可持续发展的主要制约因素之一。同时,水资源的短缺也造成了生态环境的日益恶化。此外,水的化学污染、油污染及热污染等水环境问题也比较严重,水环境对社会和经济发展的影响不亚于水资源短缺所造成的影响。而遥感技术在该领域具有广阔的应用前景,近年来,该技术已在水资源调查与水环境监测中发挥了很大作用。

2.1 水资源调查

80年代,在地表水体信息提取方面,一般多采用近红外遥感图像,而在近10年,则更多地利用SAR图像提取河流、水库及湖泊等水体信息; 遥感技术在寻找地下水方面,也有其独特优势。首先,可通过遥感图像查明与地貌、第四纪地质和新构造运动有密切联系的水文地质条件,判断含水层发育规律及各种边界类型,再结合物探结果,可较准确地评价地下水资源; 对岩溶水和裂隙水,主要是根据岩溶地貌和构造研究岩溶发育规律和寻找富水结构,将遥感资料与水文、水文地质和物探等资料拟合,可获得较准确的结果。波微遥感对地面有一定的穿透能力,可以发现地下古河网的综迹,寻找地下潜水层。

分布式或半分布式水文模型可以充分考虑下垫面条件(植被、土壤、土地利用、地形)分布的不均一性,从而更准确地反映产流量的时空变化和提高水文预报或模拟的准确性(李纪人,1997),这是大尺度或区域性水文模型的基本和必要的结构形式。遥感可以为这类水文模型提供反映下垫面条件的信息。此外,气象卫星和多普勒测雨雷达在降雨定量预报和测定方面的研究也有较大进展,已接近实用的要求。这些遥感手段可以将传统的点雨量监测变为面雨量监测,充分地反映出降雨量在空间分布上的不均匀性,弥补了雨量监测站稀少或没有的缺陷,为分布式水文模型提供了降雨量的输入参数。这些水文模型不但是水文预报和模拟的有力工具,也是估算区域水资源(包括地表

和地下)的有效手段。

遥感对积雪范围、雪的状态及融雪程度的监测十分有效。10年来,用SAR测定雪盖厚度有了新进展,对雪盖的水当量的估算更加精确。1998年长江大洪水的预测成功与汛前用遥感手段对青藏高原积雪的监测有密不可分的关系。融雪水是我国西部地区水资源的重要组成部分,目前遥感是冰川、融雪水资源调查最为有效的手段。

2.2 水环境监测

水资源的质量和水的数量同样重要。改革开放以来,在经济飞速发展的同时,我国的环境污染(包括水污染)日趋严重,成为亟待解决的问题之一。中央对水环境问题高度重视,例如在淮河流域采取的零点行动及上海市对苏州河的治理等都已取得了明显的成效。

遥感技术在水环境监测方面是大有可为的。利用航空热红外扫描图像确定热电厂排水口处水体的热污染;利用SAR图像确定海面油污染的范围及用红外扫描仪确定油膜的厚度;利用TM图像确定水生物(藻类)、赤潮的范围等等都是遥感技术应用的例子。近10年,在水质量定量监测方面的研究有了长足的进步,采用高光谱对水体所含化学要素的定量研究正在官厅水库和太湖进行,相信几年之后就会有可应用于生产实际的成果,为进行大面积的水环境监测提供先进而价廉的方法,从而取代传统的水样化验方法。

3 旱情监测

旱灾是影响我国农业生产的又一重大自然灾害,从其影响的程度和范围来讲,甚至比洪涝灾害还要严重,这种灾害所造成的经济损失更为巨大。遥感在旱情监测领域的应用难度比较大,尽管目前发展的以遥感数据为基础的监测方法很多,如热惯量法、作物供水系数法和作物缺水系数法等,但这些方法所提供的成果与生产部门的实际需要还相差甚远。尽管如此,遥感技术在该领域的应用成果仍然很多,首先是有了全国的耕地空间数据库,这样就可以只对农田而不是对全部土地进行旱情的评估;其次是注意到了用土地表层含水量推求土壤剖面含水量,而微波遥感在该研究领域有其特有的优势(虽然还存在要进一步考虑植被影响的问题)。

目前的一些方法各有其适用的季节或适用的地区,有些方法也由于无法及时获得与卫星监测同步的气象因子而难于投入使用。另外,由于各种方法之间所采用的干旱标准不一,因此,不同季节的模型之间不能无缝连接。正是由于以上问题,目前在旱情监测上,以遥感数据为基础的方法还没有达到业务运行的程度。

微波遥感在测定土壤水分方面的应用是十分有前景的,这是因为土壤的介电常数与土壤的含水量之间有密切的关系,而介电常数与微波后向散射系数又有很好的关系。目前的研究热点是如何消除植被的影响以及如何确定表层土壤含水量与土壤剖面含水量的关系,后者有热力学、水文学或热力学与水文学相结合的研究途径。

通过包气带水量平衡方程($\Delta W = P - R - E$)来计算时段内土壤含水量的变化(P 为时段降雨量; R 为时段径流量; E 为时段蒸散发量)。其中,蒸散发量一方面取决于由于气象条件(温度、风力、太阳辐射、湿度等)决定的蒸散发能力,另一方面也取决于土壤含水量,水文上有比较成熟的模型(赵人俊,1984)模拟这一过程,而遥感在监测流域蒸散发量方面的研究也有一定的进展。多学科的综合使遥感对土壤含水量、流域蒸散发量的监测成为可能,从而使旱情监测的实用化技术在不久的将来有较大的突破,为旱情监测评估的业务运行奠定坚实基础。

4 土壤侵蚀调查

土壤侵蚀量的大小受自然因素和人类活动的综合影响。除了与降雨、径流过程有

关外，还与土壤、岩性、地质、地貌、植被、地形、土地利用、水系分布等因素有密切关系，而遥感技术在获取这些宏观信息方面具有独特的优势。

根据动力作用类型，土壤侵蚀可分为水蚀、风蚀和融冰侵蚀三大类型；根据侵蚀强度，土壤侵蚀可分为剧烈、极强、强、中、轻及微6个等级；而根据侵蚀的危险程度，可分为毁坏、极险、危险、较险和无险5等。

由水利部遥感技术应用中心组织实施的全国第一次土壤侵蚀遥感普查，编制了各省、市、自治区1:50万比例尺和全国1:200万、1:250万和1:400万比例尺的土壤侵蚀现状图，建立了全国水土保持信息系统，这一成果通过国家级鉴定，于1992年经国务院批准正式发布，为国家制定水土保持规划和农业发展纲要提供了依据。目前，有关单位正在进行全国第二次土壤侵蚀遥感普查。通过这次普查，除了可以了解目前全国土壤侵蚀的现状外，还应该了解近10年来各种水土保持措施所取得的效果，比较治沟、治坡等工程措施以及生物措施的效果。

由遥感技术获取的下垫面信息，是研制流域产沙汇沙模型的基础资料。得益于遥感技术，近10年来研制的这类模型所考虑的下垫面因素已不仅仅只是土壤性质。遥感技术与数据模型的结合为土壤侵蚀及水土保持效果的预测和模拟提供可行的手段。

5 河口、河道、湖泊和水库泥沙淤积调查

遥感影像可提供悬移质泥沙浓度的信息，在枯水期可以反映河口、河道、湖泊和水库等水体由于泥沙淤积而形成的沙洲及浅滩的变化。

黄河是世界上著名的多沙河流，河床冲淤的频繁变化使之成为游荡性河道。黄河大堤的安危事关我国社会经济的大局。因此，每年汛前，用遥感技术确定黄河中下游河道的河势是不可缺少的工作。

河道与河口的冲淤变化对航道工程及港口建设也非常重要。在长江南通河段、长江口和珠江口分别用遥感技术作了一些卓有成效的工作。充分发挥遥感图像可以客观地记载历史的优势，采用跨年代多时相遥感影像，分析冲淤的空间和时间变化。在这里，遥感资料与水文及其他测量资料的互补也是十分必要的。

由于泥沙淤积，水库容量逐年变化，及时准确地了解这些变化是水库调度最基本的要求，对于防洪、发电、灌溉等都十分重要。利用多时相(包括建库后水位较低时)遥感影像及建库前的DEM，可以确定水库库容和库容曲线。与用全球定位系统定位结合回声测深仪测量的方法相比，这种方法具有快捷和成本低的优点，但精度相对较差，其关键在于是否有水位足够低时的遥感影像。鉴于我国目前多数大、中型水库建库后没有进行过库容测量而淤积情况又比较严重，这种方法虽然精度稍差，仍不失为一种简捷有效的方法，采用多时相遥感影像测量新安江水库的库容曲线就是一个成功的例子。对于湖泊而言，用以前的水下地形测量成果作DEM，也可以采用类似的技术途径测定湖泊蓄水容量的变化和蓄水量与水位的关系曲线。这些都是近10年来在水利行业中应用遥感技术的拓展。

6 大型工程选址和环境效益评估

大型水库、跨流域引水(例如南水北调)工程的选线、选址和环境效益评估，是遥感技术在水利水电建设领域中发挥作用的重要方面，它不但与工程建设本身的效益和安全有关，也直接影响当地居民的生活、生产与生态环境的平衡，有重大的社会和经济效益。

大型工程的建设对拟建地的自然条件特别是工程地质条件有许多严格的要求，还需要从技术经济的角度对不同方案进行评价，遥感技术可以提供各种所需的信息，提高工作的效率和质量。在三峡、小浪底、万家寨、二滩、东风及龙滩等水电站，以及

引沁入汾和珠澳供水等工程中都广泛利用了遥感资料，这些资料在区域稳定性评价和选择规划方案等方面起了重大作用。

水库建设技术经济评价和环境效益评估中的重要内容之一是水库的淹没调查，它涉及到移民、安置和赔偿等一系列复杂而敏感的问题。遥感技术可以调查淹没损失，在三峡、二滩及黑龙江上中游梯级开发规划中和十几个水库都采用了这一技术方法。遥感技术还可以调查移民安置区的环境容量，确定安置区在水、土(坡度较小的可开垦耕地的面积)和其他资源方面承受移民的能力。在三峡库区移民规划中，就进行了这一工作。这对于完成三峡水库移民任务并避免移后复返具有重要意义，为移民工作从单纯的赔款淹没损失调查向妥善安置移民的生活和生产前进了一大步。

综上所述，近10年来遥感技术在水利行业中有了更广泛更深入的应用，它已替代了许多传统的技术手段。但遥感技术在该领域的应用仍存在很多问题，如技术的实用化，解决问题的到位程度等。这些问题有待于遥感及水利专业人员在今后的应用中给予解决。相信到下一世纪初，在信息时代到来的时候，遥感技术必将成为解决一切水问题中不可缺少的手段和工具。

作者简介： 李纪人 博士，54岁，教授，博士生导师，现任水利部遥感中心副主任，兼任IAHS国际遥感委员会副主席，中国水利学会遥感专业委员会秘书长等职，发表及主编著作三部，论文52篇。

作者单位：水利部遥感技术应用中心，北京 100044

参考文献

- [1] 李纪人.遥感和地理信息系统在分布式流域水文模型研制中的应用.水文，1997，(6)
- [2] 赵人俊.流域水文模拟——新安江模型与陕北模型.北京：水利电力出版社，1984

收稿日期：1999-06-10