

洪涝灾害遥感监测研究

周 成 虎

(中国科学院 地理研究所
国家计划委员会)

提 要: 本文讨论了利用陆地卫星、气象卫星和航空侧视雷达等遥感技术进行洪涝灾情监测的技术方法,并应用于1991年江淮地区特大洪涝灾害的快速调查与分析。

主题词: 洪涝灾害 遥感 江淮流域

洪水的发生大多具有一定的突然性,持续时间短,灾害的地理位置易于辨识。而人们对洪涝灾害的预防和控制则是一个长期的过程。从洪灾发生过程看,人类对洪灾的反应可划分为以下四阶段:

(1) 洪水控制与洪水综合管理:通过“拦、蓄、排”等工程与非工程措施,改变或控制洪水的性质和流路,使“水让人”;通过合理规划洪泛区土地利用,保证洪水流路的畅通,使“人让水”。这是一个长期的过程,也是区域防洪体系的基石。

(2) 洪水监测、预报与预警:在洪水发生初期,通过地面的雨情、水情观测站网,了解洪水实时状况;借助于区域洪水预报模型,预测区域洪水发展趋势,并实时、准确地发出预警信息。这个过程视区域洪水特征,持续时间有长有短,一般为2—3天,有时更短,如黄河三花间洪水汇流时间仅有8—10小时。

(3) 洪水灾情监测与防洪抗险:随着洪水水位的不断上涨,区域受灾面积不断扩大,灾情越来越严重,这时除了依靠常规观测站网外,还需利用航天、航空遥感技术,实现洪水灾情的宏观监测。在得到预警信息后,及时组织抗洪队伍,疏散灾区居民,转移重要物资,保护重点地区。

(4) 洪灾综合评估与减灾决策分析:洪灾过后,必须立即对区域的受灾状况作出准确的估算,为救灾物资投放提供信息和方案,辅助地方政府制定重建家园恢复生产规划。

这四个阶段是相互联系的。第一阶段和第四阶段相互衔接,使整个系统形成一长期性工作。若从时效和工作性质上看,这四个阶段的研究内容可归为长期性的区域综合治理与工程建设和洪水灾害监测预报与评估二方面。本文着重于洪灾的遥感监测与调查研究。

1 洪涝灾情监测

洪涝灾情监测分为地面站网观测和宏观遥感动态监测(图1)。地面观测站网包括雨情

监测、水情监测和防洪工程设施安全状况监测。目前，我国在各大江河、湖泊、水库等地布设了8 700多个水文、水位观测台站，并在重要河段设立了防洪处段，负责监测防洪工程的安全。这些站网部分联结成网，部分以密码电报发送情报。在过去的几十年中，地面台站网在防洪抗灾中起了很大作用。当然，地面台站并不是专门为洪水灾害采集数据，而是为地球表面资源与环境信息采集的一部分，所以还不能满足洪灾监测的要求。虽然在布设观测站点时，考虑到站点的代表性。但这只是点上的观测数据，难以了解洪灾全貌。同时在紧急状态下，许多观测站遭到破坏，信息传输中断。遥感技术的应用将会从时间上和空间上弥补地面台站的不足。

洪水灾害遥感监测克服了常规站网监测在空间视野上、时相（天候）和可观察域（波段）方面的限制。多平台的遥感技术相互结合形成洪水灾害的全方位立体监测系统（图2）。

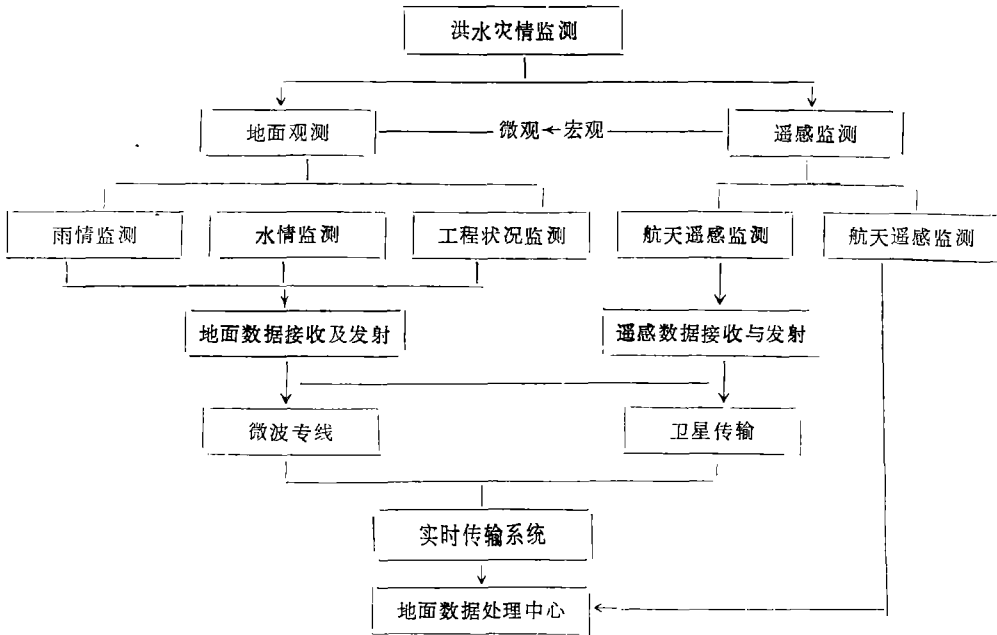


图 1 洪涝灾情监测系统
Flood regimea monitoring system

气象卫星的信息获取能力强，每天可获取同一地区两次观测资料，具有记录洪灾发展过程的能力，实现洪灾的动态监测；同时气象卫星的成像面积大，有利于获取宏观同步信息。例如，气象卫星AVHRR的扫描宽度约2 800km，在同等数据容量下，其成像面积相当于陆地卫星的 194 倍。但是，气象卫星的空间分辨率低，边缘几何畸变严重，因而定位与配准精度不够高，难以提供洪水灾情的定位数据，而且其大气校正问题仍较复杂。

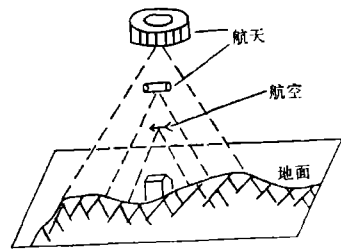


图 2 洪水灾害遥感监测立体系统
Multi-plat form remote sensing monitoring of flood regimen

陆地卫星 TM 具有分辨率高、信息量丰富的特点, 并具有近红外和热红外波段, 增加了洪水信息的获取能力和夜间成像机会。象元内各种地物的混合现象较少, 有利于提取洪灾专题信息, 特别是识别水体边界线。其特点是信息获取周期长, 难以反映洪灾的动态。

航空遥感具有灵活、方便、快速应急能力, 尤其是航空合成孔径侧视雷达, 可获取全天候大面积的洪灾信息, 对水体、线性地物尤为敏感。

这些不同波段、不同平台的遥感信息, 可通过一定的数字变换进行信息复合分析, 以便相互取长补短, 获取最佳专题信息。例如, TM 和 NOAA 复合, 既利用了 TM 的空间分辨率, 又利用了 NOAA 的时间分辨率优势, 提高了 NOAA 影像作为动态信息的使用价值; TM 和侧视雷达图像复合, 则是利用 TM 的光谱分辨率、时相分辨率和雷达的空间分辨率, 增强了 TM 的线性地物专题要素识别能力, 同时也扩大了雷达图象的地面覆盖面积。

2 洪水淹没范围遥感估算

洪水淹没范围估算是洪灾评估最基本的内容, 而遥感信息在此方面具有极大的优势。当然利用遥感, 我们还可以提供大面积农作物的受灾程度信息; 通过植物长势分析, 评估洪涝灾情等级; 利用雷达图象对线性地物反映的优势, 分析受淹村庄、冲毁的道路等。这里着重研究洪水受淹范围的遥感估算方法(图 3)。

(1) 遥感影像数字处理

利用遥感图像处理软件包, 如 I²S 系统, 进行图像匹配、自动分类处理等。对于航空遥感图象, 尤其是雷达影像进行扫描数字化。例如, 1991 年滁河流域全椒至滁州河段洪涝受灾范围雷达图象分析, 则先按航带将雷达影像数字化, 经几何纠正, 分航带辐射纠正, 航带间灰度一致化等计算机图象处理, 然后进行全区影像镶嵌和全景灰度规整化处理, 这样得到一幅空间分辨率达 30m、全景影像灰度一致的雷达影像。

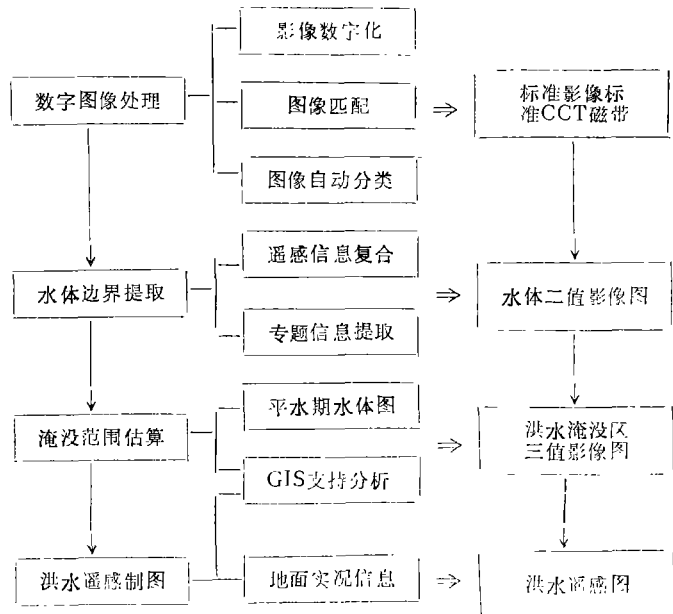


图 3 洪水淹没范围遥感估算方法流程

Diagram of flooded Area estimation by remote sensing

(2) 水体边界提取 通过多种信息源的信息复合、信息增强, 提取水体边界, 建立水体二值影像图, 其中 0 代表非水体区, 1 代表水体, 记为 Ω_w 。对于一幅图象的洪水边界, 可以从第一列的主河槽开始, 利用计算机自动跟踪查找, 可搜索出与平水期水体相连的所有区域。

(3) 洪水淹没范围估算 利用水体二值影像图,在GIS数据支持下,查找出平水期的实际水体范围,记为 Ω_R ,则洪水的实际淹没范围 Ω_{FA} 为:

$$\Omega_{FA} = \begin{cases} (i, j) \in \Omega_w, \forall (i, j) = 1 \\ (i, j) \in \Omega_R \end{cases}$$

Ω_{FA} 构成一三值影像图,其中FA (i, j) = 0,为区域陆地背景;FA (i, j) = 1,为原水体背景;FA (i, j) = 2,为实际洪水淹没范围。

(4) 洪水遥感数字制图 根据洪水淹没范围区三值影像图,从地理信息系统中提取区域基本背景要素,如公路、居民地等,得到洪水淹没图。同时根据地面实际调查数据,如淹没水深、淹没历时等,建立遥感信息与洪灾灾情相关模型,绘制洪水受灾状况图,以区别轻灾、重灾区。

3 1991年江淮流域特大洪涝灾害遥感调查

1991年夏季,江淮流域发生了特大洪涝灾害。太湖流域的降水量近于1954年,水位超过历史记录。为了能够快速、准确地了解区域受灾状况,我们利用了气象卫星、陆地卫星和航空合成孔径侧视雷达图象,分析研究区域洪灾状况。

在淮河流域,搜集了1991年洪水期间及前后有关时相的气象卫星资料¹⁾。其中1991年5月16日的图象作为水体本底情况;6月26日至7月23日期间的7幅图象反映了洪灾期间洪水变化的动态过程。并选取1990年7月23日的图象作对比分析。表1列出各时相图象上的水体面积。并由此可知:这次洪灾主要集中在5月16日至7月18日期间,以后洪水趋于稳定。

表 1 各时相水体面积统计值 单位: km²
Water body area in the NOAA images

图象时相	1990 7.23	1991 5.16	6.26	7.16	7.18	7.19	7.20	7.22	7.23	12.16
水体面积	4121	3528	4572	7214	8487	8628	8609	7063	8853	3400
备 注				有云		风云一号卫星	轨道偏离	有云		

在太湖流域洪涝灾害调查研究中,利用了两个时相的NOAA影像(1991.5.16, 1991.7.14.)、陆地卫星 TM 影像(1990.11., 1991.7.14.)和侧视雷达图象(1991.1.13., 1991.7.23.)。通过多时相遥感信息复合,可以清楚地读出7月23日仍处于淹没状态的地区,以及淹没区发展的状况。在遥感信息的自动分类处理和人机对话解译过程中,充分利用了地面洪灾实况记录信息(部分样区)和背景数据库中的土地利用现状,扣除部分水田等非

1) 周成虎、曹述五、盛永伟等.洪 水灾害遥感监测评价技术专题论文,1992.

洪水淹没区, 并根据各种复合信息, 区别受灾区的受灾程度。图 4 为综合所有这些信息的 1991 年太湖流域受淹区域分布图。

综上所述, 可以得出如下结论:

1. 遥感技术为洪水灾害的快速调查与评估提供了一条新路径, 为洪灾预警与综合治理提供即时信息。

2. 洪灾的遥感调查分析属于应用研究, 除了须进行一般性的数字处理外, 更应注重应用处理, 强调专题信息特征的研究, 研制洪灾专题遥感信息提取、复合与定量分析的软件包。

3. 把遥感图象处理与地理信息系统相结合, 不仅可提高图象处理的精度与准确性, 而且扩大了地理信息系统的数据源。

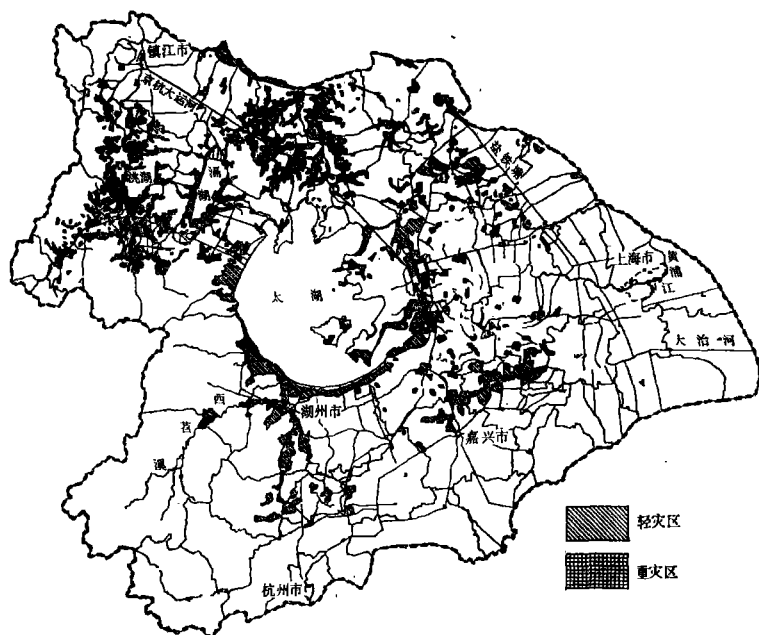


图 4 1991 年太湖流域洪涝受灾面积
Flooded Area in 1991's flood disaster in Taihu Basin

参 考 文 献

- (1) 陈述彭、赵英时. 遥感地学分析, 北京: 测绘出版社, 1990, 54-65
- (2) Chen Shuping, et al., Bulletin of Flood Damage Evaluation Information System and Wetland Use, China Science and Technology Press, 1991, 1-50.

FLOOD DISASTER SURVEILLANCE AND EVALUATION BY REMOTE SENSING

Zhou Chenghu

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State
Planning Commission of the People's Republic of China)

Subject terms: Flood Disaster, Remote Sensing, Taihu Basin

Abstract

Flood hazard is one of the major natural hazards which threaten mankind. Besides the flood control construction, it is also important to the disaster deduction to establish a flood monitoring system. This paper focused on the application of Landsat satellite, meteorological satellite and air-born side-looking radar to flood disaster investigation and evaluation. Based on the analysis of the thematic flood information characteristics of the remotely sensed data, flood inundation area calculation model was developed. This model included digital image processing sub-model, water boundary extraction sub-model, flooding-area calculation sub-model and flood mapping sub-model. The last part of the paper showed a successful application of the technology to the investigation and evaluation of the 1991's flooding in Taihu basin.