

流域洪水汛情的遥感监测分析方法及其应用

丁志雄,李纪人

(中国水利水电科学研究院遥感技术应用中心,北京 100044)

摘要:介绍了遥感技术在洪涝灾害监测评估中的作用以及目前的应用状况,指出针对流域洪水汛情的遥感监测分析是遥感技术在防洪减灾应用中的一个重要方面,提出了基于基础背景数据库、实时水文信息及多时相遥感影像对比等进行洪水汛情遥感监测分析的方法,在2003年淮河大洪水中的实例分析表明,利用遥感技术综合其它水文等相关信息,可以比较准确、及时、全面地把握整个流域洪水的汛情状况及其发展变化趋势,能够起到防洪减灾的作用。

关键词:流域洪水;汛情;遥感监测;淮河流域

中图分类号:P333.2

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2004)03-0008-04

1 遥感在洪涝灾害监测中的应用现状

遥感技术对灾害监测评估有特殊的优势和潜力,尤其是对洪涝灾害的监测评估在我国已有较长的历史。早在1983年,水利部遥感技术应用中心就用地球资源卫星遥感影像调查了发生在三江平原挠力河的洪水,成功地获取了受淹面积和河道变化的信息。通过“八五”、“九五”的科技攻关,建立了洪涝灾害遥感监测评估业务运行系统,特别是通过“九五”科技攻关,在软件、数据、模型与方法的集成方面,解决了以前国家攻关计划中没有解决好的一些问题,建成了一些试点区的基础背景数据库、图形库和图像库,使洪涝灾害的遥感监测评估水平提高了一大步,在国内外有较大的影响^[1]。

洪涝灾害的遥感监测评估系统解决了洪涝灾害发生后获取部分灾情信息的问题。在防汛指挥调度和防洪抢险中必须知道的是当前汛情的状况及其发展趋势,只有把握汛情的现状和发展趋势才能做到避免或减少洪涝灾害损失的问题。洪水汛情是一个变化的过程,目前常规的方法是通过地面上的水文实测站点获取的水文数据分析整个河流或流域的汛情状况^[2]。这些数据都是点上的分布特征,难于形成完整的面上信息。在以往的工作中,对洪水的遥感监测主要侧重于洪涝灾害的遥感监测及其对灾害损失的评估^[3],这对于及时、准确、全面地掌握洪涝灾害的状况和损失情况是非常有用的,对于救灾也有一

定的作用,但是要进一步达到防洪减灾的目的,还有些不足,需要在目前的应用水平上更进一步。

对于流域级的大洪水来说,汛情的发展变化是一个复杂的过程,受多种因素的影响。如降雨的时空分布特性、防汛指挥调度措施的运用、圩垸的破口、堤防的溃决等都会影响整个流域的汛情变化,其中防汛指挥调度措施的运用可以有效地控制和影响流域汛情的发展^[4],使之朝减轻或缓解洪涝灾害损失的方向发展。对流域洪水汛情的全局了解,是进行流域洪水防汛指挥调度的最基础的前提。遥感技术要在流域洪水汛情的监测中发挥作用,需要通过制定详细、周密的遥感监测方案,从而对流域汛情发展变化进行遥感监测,抓住洪水变化过程中最主要的特征。因此,遥感监测方案制定人员应该有深厚的水文、水力学方面的基础和丰富的防汛抗洪方面的知识,熟悉流域洪水汛情的发展变化特性,依据水文实测数据和预测数据,有预见性地预测流域洪水汛情的发展变化趋势,周密地制定监测方案,这样才能充分发挥遥感技术在流域洪水汛情监测分析中的作用。

2 基于遥感监测数据的流域洪水汛情分析

2.1 遥感监测汛情分析基础——基础背景数据库

用于洪涝灾害遥感监测评估的基础背景数据库包括:空间展布式社会经济数据库、本底水体数据库、地形(DEM)数据库以及其它相关数据库等。对于汛情分析这些数据都是最重要的基础背景资料。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50239090)

作者简介:丁志雄(1976—),男,江西南城人,博士研究生,主要从事防洪减灾及3S技术应用研究。

a. 空间展布式社会经济数据库.空间展布式社会经济数据库是在按行政统计单元获取的社会经济数据的基础上,利用空间展布模型展布到空间而形成的社会经济数据库.展布到空间上的社会经济指标考虑了洪水淹没范围与行政区域不匹配的问题,同时也考虑了社会经济数据在行政统计单元内分布不均匀的问题.这些数据在汛情分析时主要用于考虑已经受淹或可能受淹的社会经济指标以及洪涝灾害损失等.在重点防洪地区一般都应当建有这种相关的数据库,如在行蓄洪区建设的有关人口分布、各行业经济状况、撤退道路、避水庄台状况以及其它有关设施等分布情况的社会经济数据库.目前在七大江河部分地区已经建有或正在建设部分空间展布式社会经济数据库,如于2002年建设完成的淮河干流部分地区和洞庭湖24垸空间展布式社会经济数据库,以及正在建设的松花江、嫩江沿江26县和哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯等重点防洪地区的空间展布式社会经济数据库等^[1,5].

b. 本底水体数据库.本底水体是在洪水发生之前的水体分布情况,在洪水发生时是进行判断洪水淹没的对比水体.本底水体数据可以在洪水发生之前,通过对洪水可能发生区域(通过洪水风险分析或洪水模拟演进分析等方法获取)进行一次遥感影像监测,提取相关水体部分数据获取.根据历次洪涝灾害遥感监测资料,目前已经积累了部分地区具有时间序列特性的本底水体数据库.

c. 地形数据库.地形数据是分析洪水淹没范围最主要的基础背景数据,高精度的地形数据对分析洪水的水位、水深分布都是非常有效的.目前国家测绘局在全国七大江河重点防洪地区建设有1:10 000的地形数据,并且不断得到更新,在部分省市小范围内建设有更大比例尺的地形数据.

d. 其它数据库.其它数据库包括基础地理数据库、土地利用数据库、历史汛情数据库、历史灾情数据库等,这些数据库也是进行分析的重要参考依据.

2.2 遥感监测汛情分析方法

a. 利用基础背景数据库进行汛情遥感监测分析.遥感监测影像数据仅仅能够提供二维的平面信息,在进行汛情分析时如果没有其它背景数据作为辅助信息,它发挥的作用是有限的.例如依据空间展布式社会经济数据库可以确定受淹范围内的社会经济指标、灾害损失等;用本底水体数据库作对比可以确定因洪水造成的淹没范围;依据地形数据库可以确定水位和水深分布等;依据土地利用数据库可以确定不同的淹没土地类型和面积;依据历史汛情和历史灾情数据库可以确定相似情况下的汛情发展趋

势和洪涝灾害损失等.

b. 与实测水文数据结合进行汛情分析.地面实测水文数据是反映洪水汛情最主要的数据,也是制定遥感监测方案最主要的依据,在利用遥感影像进行汛情分析时这些数据也同样非常有用.众所周知,个体之和的优势要大于单个个体的优势,地面水文实测数据和遥感影像监测数据都可以反映洪水汛情的状况,如果将水文实测数据与遥感影像数据结合使用进行洪水汛情分析,其结果一定要好于各自分析的结果,充分利用实测水文数据进行洪水汛情遥感监测分析是决定分析成果好坏的关键.在基础背景数据库(如地形数据库等)的支持下,可以利用地面实测水文数据对洪水灾害监测的遥感影像数据进行分析,进一步挖掘出更丰富的水文信息.目前限于技术水平和基础背景数据库(地形数据库等)的不完备,利用遥感影像数据与实测水文数据结合进行汛情分析还处于相对简单的阶段,更深入的应用还有待进一步研究和开发.

c. 利用具有汛情变化特征的多个时相遥感监测影像数据进行对比分析.由于雷达发射的微波不受气候、云层的干扰,并可在一定程度内穿透物体,如森林、水体等,因此合成孔径雷达成像的遥感影像数据非常适合对洪水的遥感监测,并具有全天候的工作能力.我国“八五”科技攻关建立起来的以机载侧视雷达为核心的航空遥感洪涝实时监测系统,实现了预定目标:在遥感飞机飞临灾区上空数分钟内就能通过卫星把当地影像数字信息传输到防汛指挥部办公室.但利用遥感飞机的代价十分昂贵,除非在特大洪水条件下才有实用价值外,一般大多采用遥感卫星影像数据,如加拿大的雷达卫星(Radarsat) SAR数据.目前Radarsat-SAR能够做到2~3 d一次的观测周期,最高分辨率可以达到8 m,并且可以按特定的视角、方位进行编程接收数据,这对持续时间在10 d以上的洪水进行汛情动态变化的遥感监测是满足要求的.在制定详细周密的汛情遥感监测方案的前提下,利用同一区域多个时相的遥感监测影像进行对比分析,根据淹没或洪涝范围的变化,就能够分析出洪水汛情的发展变化趋势.这种分析带有一定的经验性,分析结果的水平取决于分析人员对遥感和洪水等方面的基础知识水平.

d. 结合防汛指挥调度措施运用前后汛情变化的特征信息进行汛情遥感监测分析.在现代防洪理念中,防汛指挥调度是以人为本、适应自然、给洪水以出路的现代治水方略的具体体现.上拦、下排、中蓄洪是从流域的角度考虑防汛指挥调度措施的运用,这些措施的运用可以在很大程度上影响洪水汛

情的变化,以最大可能地减少洪涝灾害损失.在制定洪水汛情遥感监测方案时就需要考虑这一情况,以便在进行汛情的遥感监测分析时对比分析洪水汛情在防汛指挥调度措施运用前后汛情的发展变化以及评估调度措施的运用效果.

e. 利用在流域内最新的防洪工程等方面的信息进行汛情遥感监测分析.随着现代人们防范水患意识的提高,防洪工程不断得到修缮和加固,或者建设新的防洪工程.这些最新的防洪工程往往对汛情的发展起着关键的控制作用,因此,在进行洪水汛情遥感监测时,分析人员需要充分了解和熟悉这些最新的防洪工程信息,以便作出更准确的分析和判断.

3 应用实例——淮河流域 2003 年大洪水汛情发展变化的遥感监测分析

3.1 淮河流域 2003 年汛情发展概况

2003 年夏季淮河流域发生了超 1991 年的特大洪水,从 7 月初开始到 7 月 20 号左右结束,共发生了 3 次洪峰,其中影响较大的主要是前面 2 次(时间从 7 月 2 日到 7 月 17 日左右).在这一次防汛指挥调度中,防汛部门除在上游利用水库拦蓄洪水以外,在下游启用新竣工的淮河入海水道排泄洪水,同时,在淮河中游先后启用了 9 个行蓄洪区行蓄洪水.

3.2 全流域汛情遥感监测分析

针对淮河流域汛情的发展态势和行蓄洪区启用等防汛调度手段的运用,中国水利水电科学研究院遥感技术应用中心从 7 月 5 日起分别针对不同的汛情发展情况,利用加拿大 Radarsat-1 卫星(空间分辨率 25 m)进行了 4 次动态监测.4 次监测时间分别是:7 月 5 日 17 时 22 分,7 月 7 日 6 时 11 分,7 月 9 日 10 时 5 分,7 月 12 日 18 时 18 分.利用已建的淮河干流部分地区空间展布式社会经济数据库等基础背景数据库以及其他水文等方面的信息进行了汛情的遥感监测分析.

图 1 为 7 月 12 日 18 时 18 分淮河流域汛情遥感监测图像(为显示清晰,图中只保留王家坝至荆山湖段影像),范围为淮河中游西起河南省淮滨,东至安徽省蚌埠市.根据相关水文站观测,卫星过境时淮河干流王家坝水位 28.69 m,正阳关水位 26.80 m,蚌埠水位 21.73 m.从遥感图像可以看到淮河干流河面宽阔.至卫星监测时为止,除少数堤段有漫溢及沿淮多个按调度预案先后运用的行蓄洪区以外,淮河干流大堤未发生大规模自然溃决.于 11 日 12 时 30 分打开下口门后又于 19 时 46 分上口门被打开的邱家湖行洪区已被水体充满.于 11 日 14 时启用的城东湖蓄洪区湖面面积显著向南扩大.荆山湖行洪区(7 日

0 时开始蓄洪)经过多日持续运用,水体面积已较 7 月 7 日监测时明显扩大,水体范围已充满整个湖区范围.从本次监测图像反映的情况看,由于淮河干流水位仍然居高不下,支流洪水汇集下泄受到阻碍,沿淮河两岸及支流内涝仍然严重,内涝的位置已经开始呈现由支流上游向淮河干流周边集中的趋势.

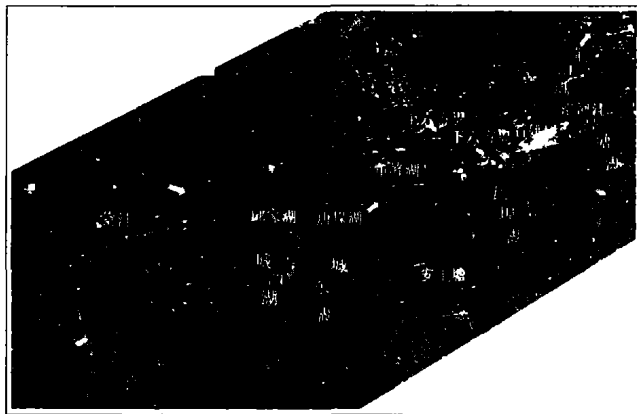


图 1 7 月 12 日 18 时 18 分淮河流域汛情遥感监测图像

3.3 行蓄洪区运用后淹没状况变化遥感监测分析

根据 7 月 5 日 17 时 22 分,7 月 7 日 6 时 11 分,7 月 9 日 10 时 5 分,7 月 12 日 18 时 18 分 4 次遥感监测结果,分别提取了蒙洼、上六方堤、下流坊堤、石姚段、洛河洼、荆山湖等区域动态遥感监测影像进行对比分析.

a. 蒙洼蓄洪区淹没变化遥感监测分析.在 7 月 5 日 17 时 22 分,7 月 7 日 6 时 11 分,7 月 12 日 18 时 18 分这 3 次遥感监测范围中都包含了蒙洼蓄洪区,如图 2 所示.

7 月 5 日 17 时 22 分与 7 月 7 日 6 时 11 分的蒙洼淹没状况相似,自 7 月 3 日 1 时王家坝开闸向蒙洼分洪到 7 月 5 日上午 6 时 30 分王家坝关闸停止分洪,共向蒙洼蓄洪区分洪 2.02 亿 m^3 .蒙洼蓄洪区蓄洪容量为 7.5 亿 m^3 ,从遥感图像可以看到,蒙洼蓄洪区内大大小小 120 多个庄台和主要道路尚未被淹没(图中蒙洼淹没范围内白色的点和线).7 月 12 日 18 时 18 分监测图像上反映的该区内蓄水水体与 7 月 7 日 6 时 11 分遥感监测到的情况比较,淹没范围明显扩大,整个蓄洪区水深分布有明显变化,基本反映了 7 月 11 日 2 时 36 分王家坝第二次开启,再次向蒙洼蓄洪区分洪的情况(7 月 14 日 12 时 42 分,蒙洼蓄洪区再度关闸,停止蓄洪,两次蓄洪共计 5.5 亿 m^3).

b. 上六方堤、下流坊堤、石姚段、洛河洼、荆山湖等行洪区淹没变化遥感监测分析.上六方堤、下流坊堤、石姚段、洛河洼、荆山湖等行洪区从 7 月 5 日到 7 月 6 日分别先后启用.7 月 7 日 6 时 11 分和 7 月 12 日 18 时 18 分这两次遥感监测的范围包括了



图2 蒙洼蓄洪区淹没状况发展变化遥感监测对比

这几个行洪区(见图3).从两个时相的图像上可以对比看到,上述行蓄洪区经过多日持续运用,7月12日18时18分这些行蓄洪区水体面积已较7月7日监测时要大,特别是荆山湖明显扩大,水体范围已充满整个湖区范围,说明这些行洪区得到比较充分的应用.

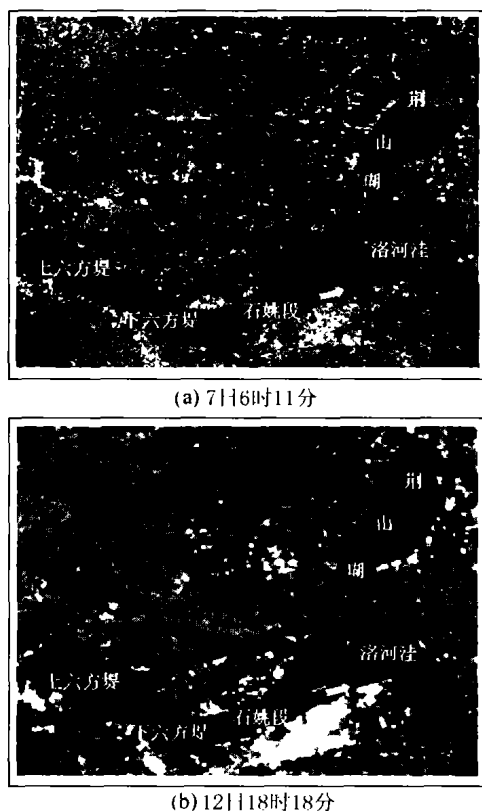


图3 上六方堤、下流坊堤、石姚段、洛河洼、荆山湖等行洪区淹没状况发展变化遥感监测对比

3.4 蓄洪区避水设施状况分析——以蒙洼蓄洪区为例

从3次蒙洼遥感监测图像(见图2)上可以看到,蒙洼蓄洪区内在第一次和第二次行洪之间受淹范围变化比较大,但是大部分避水庄台仍然是清晰可见的(没有受淹),表明蒙洼蓄洪区的避水庄台发挥了作用.但是,根据基础背景资料,1989年蒙洼人口为10.6万人,避水庄台高程在28.5m以上的总面积为190万 m^2 ,而到2003年人口已达15万人之多^[6],但可供避水的庄台面积并没有增加多少,所以在这一次蒙洼蓄洪区启用时需要向外转移人口是必

然的.

4 结 语

将遥感技术应用到流域及洪水的汛情监测中,利用基础背景资料和本文归纳总结的遥感监测汛情分析方法可以比较准确、及时、全面地把握整个流域洪水的汛情状况及其发展变化趋势,在一定程度上可以起到防洪减灾的作用.这一应用只是遥感技术在洪涝灾害遥感监测评估的基础上往前走了一小步,还存在一些问题和不足的地方,如遥感影像数据源的时空分辨率问题,对遥感影像数据洪水信息的挖掘不足等.

限于遥感影像的时间分辨率和空间分辨率问题,要做到对汛情的实时连续动态监测还存在困难,今后我国自行发射的用于自然灾害监测的小卫星群将有可能解决这一问题.在目前的情况下,对于汛情的遥感监测分析,仍需要既懂遥感知识又熟悉洪水发展特性的专业人员制定洪水汛情遥感监测方案,并对汛情现状和发展趋势进行分析.

参考文献:

- [1] 李纪人.遥感和地理信息系统在防洪减灾中的应用[A].国家遥感中心.中国遥感奋进创刊20年论文集[C].北京:气象出版社,2001.307~311.
- [2] 徐冠华,田国良,王超,等.遥感信息科学的进展和展望[J].地理学报,1996,51(5):397~406.
- [3] 黄铁青,张琦娟.自然灾害遥感监测与评估的研究与应用[J].遥感技术与应用,1998,13(3):66~70.
- [4] 钱正英,张光斗.中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告[M].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [5] 李纪人,丁志雄,黄诗峰,等.基于空间展布式社会经济数据库洪涝灾害损失评估模型研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2003,1(2),104~110.
- [6] 刘树坤.淮河流域的可持续发展及行蓄洪区的移民安置[J].水利水电科技进展,2001,21(2):23~25.

(收稿日期:2003-08-23 编辑:熊水斌)