

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2023409

宋文龙, 马建威, 孙亚勇, 等. 海河“23·7”流域性特大洪水启用蓄滞洪区洪水淹没全过程卫星遥感监测分析[J]. 中国防汛抗旱, 2023, 33(10): 31-36. SONG Wenlong, MA Jianwei, SUN Yayong, et al. Satellite remote sensing monitoring and analysis of the entire process of flood inundation in the activated flood storage areas of Haihe “23·7” basin-wide extreme flood[J]. China Flood & Drought Management, 2023, 33(10): 31-36. (in Chinese)

海河“23·7”流域性特大洪水启用蓄滞洪区 洪水淹没全过程卫星遥感监测分析

宋文龙 马建威 孙亚勇 李小涛 黄诗峰 刘宏洁 桂荣洁

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038;

2. 水利部遥感技术应用中心, 水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心(水旱灾害防御中心), 北京 100038)

摘要:受2305号台风“杜苏芮”减弱低压环流和冷空气共同影响, 2023年7月28日起, 海河流域普降大到暴雨, 局地特大暴雨, 导致发生海河“23·7”流域性特大洪水。本次流域性特大洪水过程海河流域共启用了8个蓄滞洪区, 基于多时相光学和雷达遥感数据, 开展了启用蓄滞洪区洪水淹没全过程遥感监测分析, 获取8个蓄滞洪区“启用—淹没—最大淹没—退水—全部退水”不同过程下的淹没水体范围和面积, 为动态掌握蓄滞洪区淹没情况、全面了解蓄滞洪区内洪水演进过程及开展洪水演进模拟分析和水工程调度提供了真实可靠的科学数据支撑。

关键词:海河“23·7”流域性特大洪水; 蓄滞洪区; 洪水淹没; 遥感监测

中图法分类号: TV122; TV873; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1673-9264(2023)10-31-06

0 引言

受2305号台风“杜苏芮”北上与冷空气共同影响, 2023年7月28日至8月1日, 海河全流域出现强降雨过程, 累计面降雨量155.3 mm。受其影响, 海河流域有22条河流发生超警戒以上洪水, 8条河流发生有实测资料以来的最大洪水, 大清河、永定河发生特大洪水, 子牙河发生大洪水, 海河流域发生了流域性特大洪水, 这次特大洪水是1963年以来海河流域最大的场次洪水。

为有效应对海河“23·7”流域性特大洪水, 海河流域先后启用了8个蓄滞洪区分洪蓄洪滞洪, 充分发挥流域防洪工程体系防洪减灾的综合作用, 最大限度减少洪水影响和损失^[1]。至9月26日东淀蓄滞洪区内滞蓄洪水基本排出, 已

无连片积水区域, 蓄滞洪区启用过程基本结束。

水利部遥感技术应用中心、水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心(水旱灾害防御中心)快速响应, 调度应用国内外多时相光学和雷达遥感数据, 开展了海河流域性特大洪水启用蓄滞洪区洪涝淹没全过程遥感监测分析^[2-5]。通过获取8个蓄滞洪区“启用—淹没—最大淹没—退水—全部退水”不同过程下的淹没水体范围和面积, 为动态掌握蓄滞洪区淹没情况、全面了解蓄滞洪区内洪水演进过程及开展洪涝演进模拟分析与水工程调度提供了真实可靠的科学数据支撑。

1 监测区域

监测区域主要涉及海河流域8个启用的蓄滞洪区, 包

收稿日期: 2023-10-18

第一作者信息: 宋文龙, 男, 正高级工程师, E-mail: songwl@iwhr.com。

基金项目: 防汛业务费“海河‘23·7’流域性特大洪水复盘与调查”; 三峡后续工作项目“三峡区间防洪安全遥感调查评估”。

括大清河水系小清河分洪区、兰沟洼、东淀蓄滞洪区、永定河系永定河泛区、子牙河系大陆泽、宁晋泊蓄滞洪区、献县泛区、漳卫河系共渠西蓄滞洪区(图1)。

(1)小清河分洪区位于大清河水系北支中游,用于分泄滞蓄永定河超标准洪水与当地河流洪涝,也是永定河防洪体系的重要组成部分,小清河分洪区涉及北京房山区、丰台区与河北涿州市等,于7月31日12时启用。

(2)兰沟洼蓄滞洪区地处大清河水系北支中游,北部为小营横堤,南界南拒马河左堤、东界白沟河右堤、西接自然高地,是大清河防洪体系的重要组成部分,兰沟洼蓄滞洪区包括行洪区和滞洪区两部分,于7月31日23时30分启用。

(3)东淀蓄滞洪区位于大清河水系下游,涉及河北霸州市、文安县和天津静海区、西青区,为大清河水系南北支洪水和清南、清北沥水的汇流地,洪沥水滞蓄后经独流减河和海河干流入海。东淀蓄滞洪区北靠中亭河,南界大清河右堤、开卡新堤、千里堤、子牙河右堤,东至西河闸枢纽,是一个南北窄东西长的行滞洪区,地势西高东低,于8月1日2时启用。

(4)永定河泛区位于永定河中下游,担负着永定河缓洪滞洪的任务,地跨河北廊坊市广阳区、安次区、永清县,北京大兴区和天津武清区、北辰区。永定河泛区上起河北固安县梁各庄,下至天津北辰区屈家店枢纽,地形自西北向东南倾斜,于8月2日6时启用。

(5)大陆泽、宁晋泊蓄滞洪区位于河北邢台市中部地区,属太行山山前冲积扇地带,其主要作用是缓滞滏阳河上游洪水,使之与滹沱河洪水错峰而由滏阳新河流入子牙新河安全下泄,防止河堤漫决,减少下游洪灾损失,从而达到保护天津市和下游地区的目的,于7月30日20时启用。

(6)献县泛区位于子牙河流域的滹沱河下游,主要容纳并宣泄滹沱河及滹沱河—滏阳河区间的洪沥水。献县泛区上游由岗南、黄壁庄两座大型水库控制,下游由献县枢纽控制,洪水主要通过子牙新河入海,于8月1日11时启用。

(7)共渠西蓄滞洪区位于漳卫河系卫河共产主义渠,均在河南鹤壁市浚县境内,启用后将确保下游地区防洪安全,于8月1日15时启用。



图1 海河流域8个启用蓄滞洪区空间分布图

2 遥感数据源

本次洪水监测分析共调度应用了25颗国内外光学和雷达卫星,具体如下。

(1)国产光学卫星:高分一号(GF-1)、高分一号B星(GF-1B)、高分一号C星(GF-1C)、高分一号D星(GF-1D)、高分二号(GF-2)、高分四号(GF-4)、高分六号(GF-6)、中巴地球资源卫星04星(CB-04)、中巴地球资源卫星04A星(CB04A)、环境减灾二号A星(HJ-2A)、环境减灾二号B星(HJ-2B)、资源一号02D星(ZY1E)、资源一号02E星(ZY1F)、资源三号03星(ZY3-03)14颗光学卫星^[6-7]。

(2)国产雷达卫星:高分三号(GF-3)、高分三号B星(GF-3B)、高分三号B星(GF-3C)、环境减灾二号E星(HJ-2E)、陆探一号A星(LT-1A)、陆探一号B星(LT-1B)、巢湖一号、涪城一号8颗合成孔径雷达卫星。

(3)国外光学卫星:哨兵2A、哨兵2B共2颗光学卫星。

(4)国外雷达卫星:哨兵1A合成孔径雷达卫星^[8]。

3 工作机制与监测方法

3.1 工作机制

快速成立应急专班,调配卫星资源、海量遥感数据存

储处理系统算力,保障人员队伍等,依托自主研发的水利应急遥感监测系统平台,制定了卫星调配计划、光学和雷达数据收集处理、蓄滞洪区淹没水体提取、监测分析报告编制、成果审核与上报等工作流程。监测上报成果包括了淹没范围、淹没面积、险工险段、决口漫堤、分洪口门、安全区状态等灾情信息。

3.2 监测方法

受蓄滞洪区下垫面类型复杂,多源雷达和光学数据光谱特性不一致、云覆盖,高秆作物下淹没范围难以直接提取等因素影响,蓄滞洪区淹没范围遥感精准提取十分困难。基于面向对象分割的水体提取算法可以对影像进行多尺度分割,充分考虑地物的光谱、形状等特征,将整个图像分成众多的“同质均一”的斑块,可以有效避免传统基于水体指数提取出现的“椒盐现象”,提取的结果更加具有完整性,且对细小水体的提取更加有效^[9]。本次监测工作采用自主研发的面向对象分割和人工目视判读相结合的淹没水体提取方法,对研究区内的淹没水体进行快速、高精度提取,并进一步考虑前后期变化、地面调查和有人机/无人飞机航飞结果,对结果进行目视校核和修正^[10]。

4 监测结果

(1)大清河系小清河分洪区。小清河分洪区共开展了

22期监测,从2023年7月30日起,至2023年8月22日结束,主要采用的数据包括GF-3、GF-3C、GF-1、HJ-2A等。小清河分洪区在7月31日12时开始分洪,8月2日淹没范围最大,随后开始退水,至8月22日已基本完成退水,淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图见图2。

(2)大清河系兰沟洼蓄滞洪区。兰沟洼蓄滞洪区共开展了23期监测,从2023年7月30日起,至2023年8月22日结束,主要采用的数据包括GF-3、GF-3C、巢湖一号、GF-1、HJ-2E等。兰沟洼蓄滞洪区在7月31日23时30分开始分洪,8月5日淹没范围最大,随后开始退水,至8月22日已基本完成退水,淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图见图3。

(3)大清河系东淀蓄滞洪区。东淀蓄滞洪区共开展了54期监测,从2023年7月24日起,至2023年9月23日结束,主要采用的数据包括GF-3、GF-3B、GF-3C、巢湖一号、GF-1、GF-1D、HJ-2E、HJ-2A等。东淀蓄滞洪区在8月1日2时开始分洪,8月11日淹没范围最大,8月14日开始缓慢退水,后开始使用抽水泵排水,至9月23日淹没范围已大幅减少,9月26日,滞蓄洪水基本排出,已无连片积水区域,淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图见图4。

(4)永定河系永定河泛区。永定河泛区共开展了25期

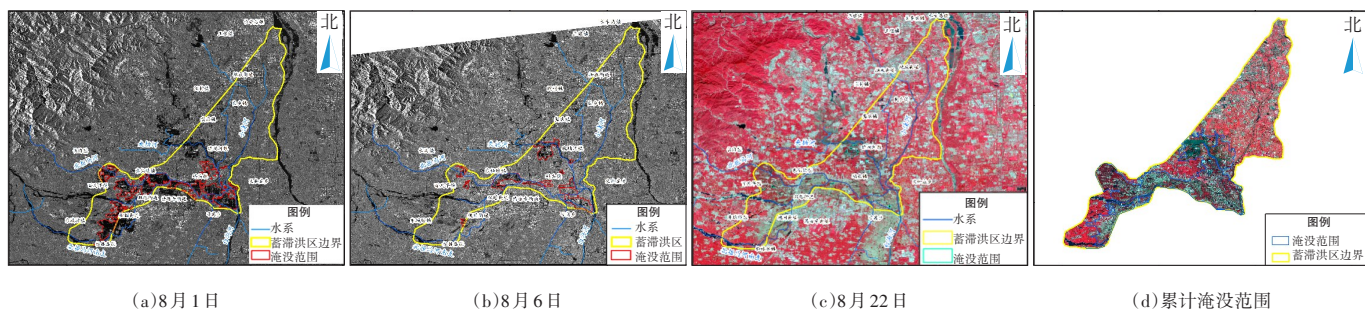


图2 小清河分洪区淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图

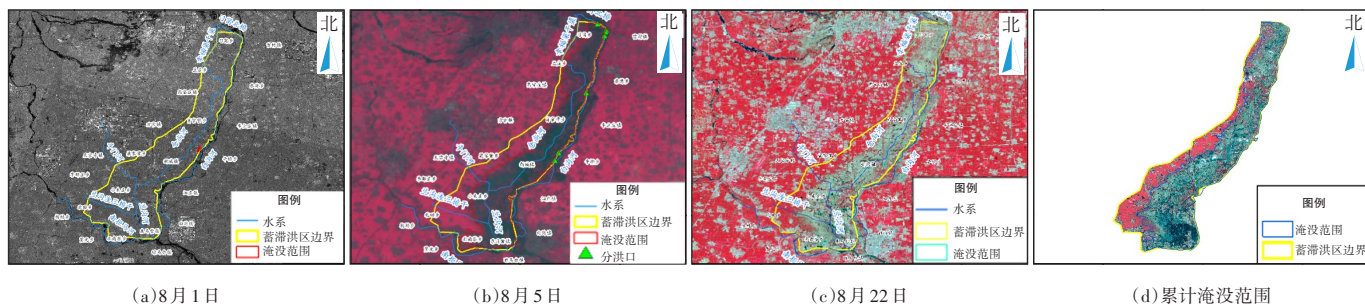


图3 兰沟洼蓄滞洪区淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图

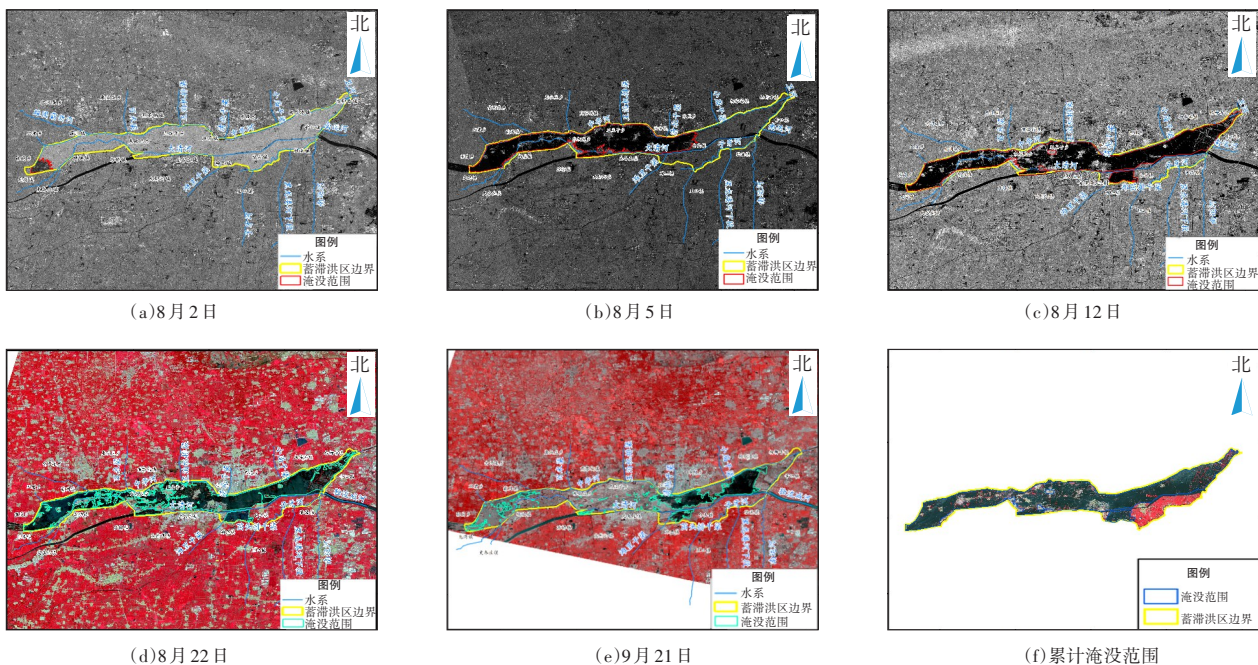


图4 东淀蓄滞洪区淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图

监测,从2023年8月1日起,至2023年8月23日结束,主要采用的数据包括GF-3、GF-3B、CB-04A、HJ-2E、ZY-1F等。永定河泛区在8月2日6时开始分洪,8月6日淹没范围最大,随后开始退水,至8月23日已基本完成退水,淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图见图5。

(5)子牙河系大陆泽蓄滞洪区。大陆泽蓄滞洪区共开

展了15期监测,从2023年7月31日起,至2023年8月22日结束,主要采用的数据包括GF-3B、GF-3C、哨兵2A、LT-1B、ZY-1E等。大陆泽蓄滞洪区在7月30日20时开始分洪,8月6日淹没范围最大,随后开始退水,至8月22日已基本完成退水,淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图见图6。

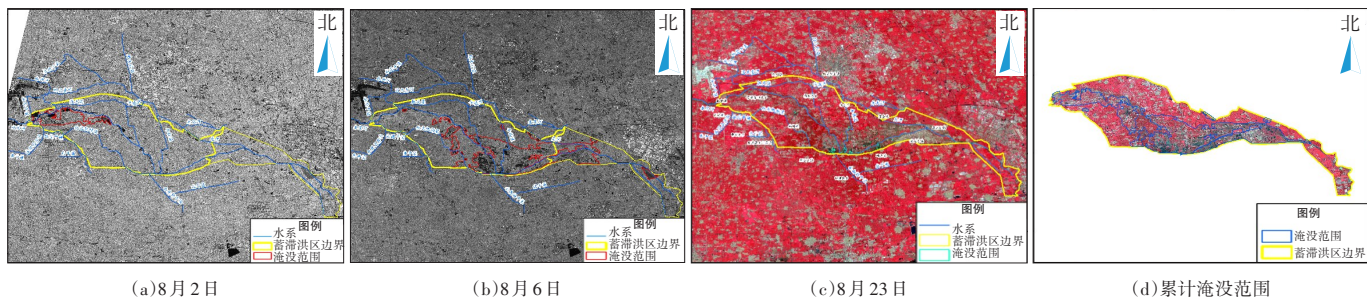


图5 永定河泛区淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图

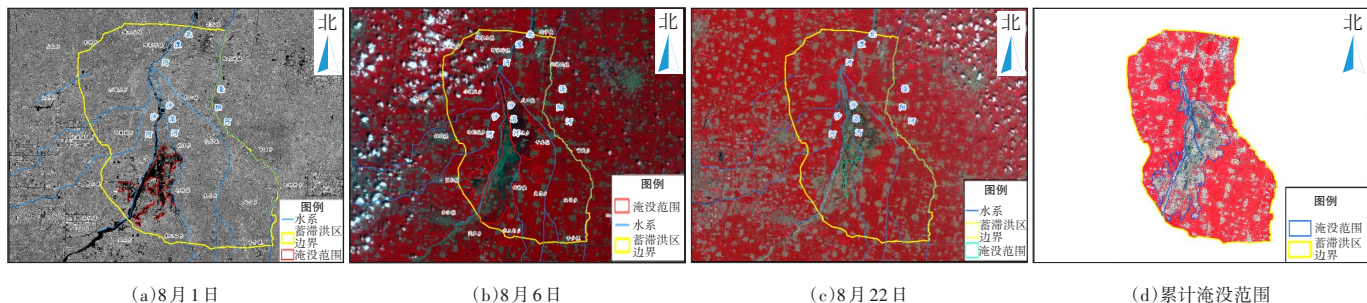


图6 大陆泽蓄滞洪区淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图

(6)子牙河系宁晋泊蓄滞洪区。宁晋泊蓄滞洪区共开展了16期监测,从2023年7月31日起,至2023年8月22日结束,主要采用的数据包括GF-3B、GF-3C、哨兵2A、HJ-2B、ZY-1F等。宁晋泊蓄滞洪区在7月30日20时开始分洪,8月6日淹没范围最大,随后开始退水,至8月22日已基本完成退水,淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图见图7。

(7)子牙河系献县泛区。献县泛区共开展了22期监测,从2023年8月1日起,至2023年8月22日结束,主要采用的数据包括GF-3、GF-3C、哨兵1A、HJ-2B、ZY-1F等。献县

泛区在8月1日11时开始分洪,8月8日淹没范围最大,随后开始退水,至8月22日已基本完成退水,淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图见图8。

(8)漳卫河系共渠西蓄滞洪区。共渠西蓄滞洪区共开展了12期监测,从2023年8月1日起,至2023年8月16日结束,主要采用的数据包括GF-3、GF-3C、哨兵1A、HJ-2B、ZY-1F等。共渠西蓄滞洪区在8月1日15时开始分洪,8月6日淹没范围最大,随后开始退水,至8月17日已基本完成退水,淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图见图9。

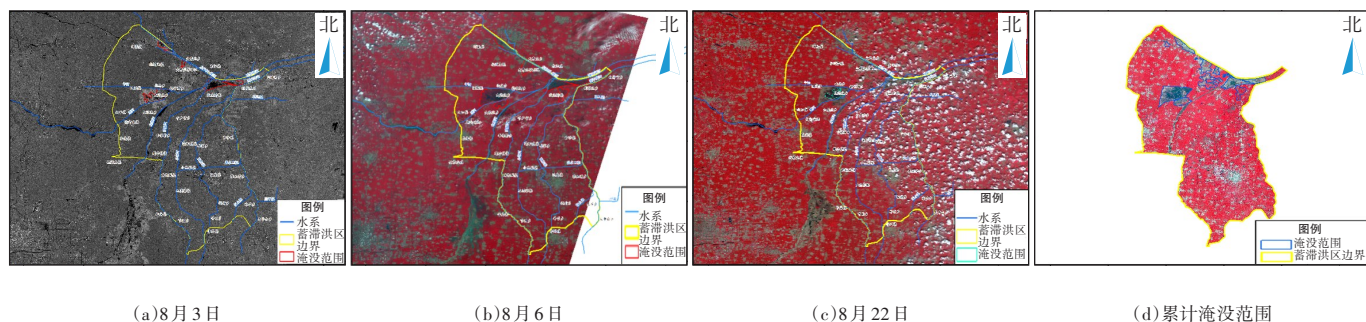


图7 宁晋泊蓄滞洪区淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图

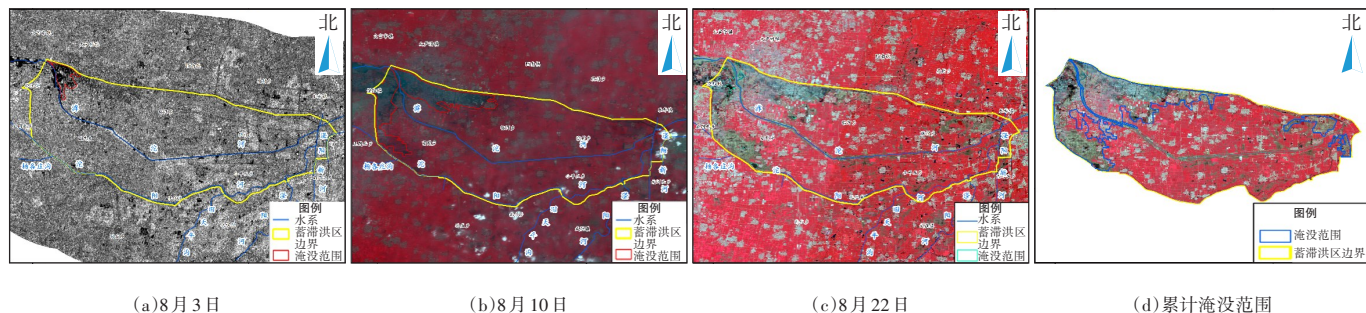


图8 献县泛区淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图

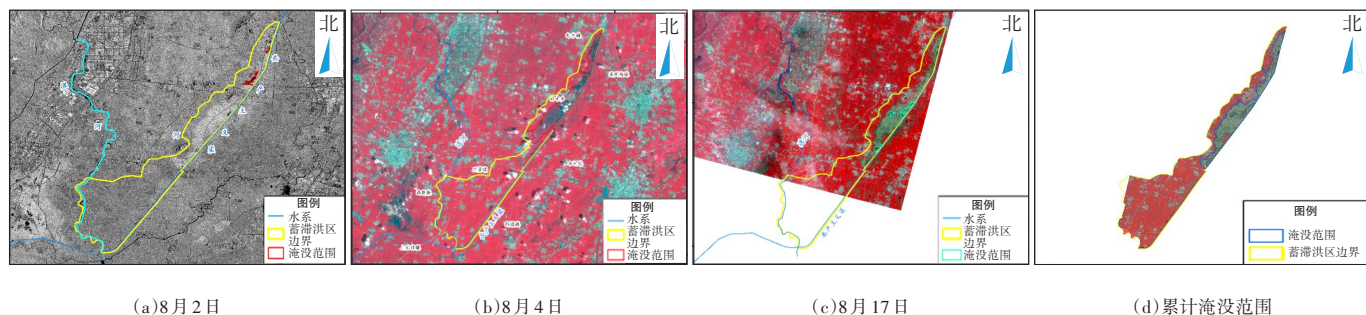


图9 共渠西蓄滞洪区淹没过程重要节点及累计淹没范围遥感监测示意图

5 结 语

水利部遥感技术应用中心充分调配应用25颗国内外光学和雷达等多源卫星遥感资源,实现了海河流域启用蓄滞洪区洪水淹没过程高频次、高精度的全过程遥感监测分析,可实现每日1~2次最高3次的覆盖监测能力,自主研发的水利应急遥感监测系统平台大大提高了多源卫星数据下载与数据处理分析效率,基本满足蓄滞洪区洪涝演进监测分析业务需求。同时结合现场调查和有人机/无人机航拍,为卫星遥感解译提供解译标志,提高了解译精度。天空地一体化协同监测体系为成功完成海河“23·7”流域性特大洪水启用蓄滞洪区洪水演进全过程遥感监测分析及模型模拟分析提供了有力支撑。

参考文献

- [1] 水利部召开海河“23·7”流域性特大洪水防御情况新闻发布会[J]. 中国防汛抗旱,2023,33(9):5.
- [2] 孙书腾,刘培,王光彦.基于多时相主被动遥感协同处理的洪涝灾害应急监测[J]. 水利水电技术(中英文),2022,53(9):25-35.
- [3] 李小涛,湛南渝,路京选,等.“哨兵”系列卫星数据在洪涝灾害监测中的应用[J]. 卫星应用,2019(11):48-51.
- [4] 陈德清,崔倩,李磊,等.基于多源信息融合的业务化洪水遥感监测分析[J]. 中国防汛抗旱,2021,31(4):1-5.
- [5] 魏振宽.应急减灾卫星发展历程、应用及展望[J]. 中国减灾,2023(5):12-13.
- [6] 孙伟伟,杨刚,陈超,等.中国地球观测遥感卫星发展现状及文献分析[J]. 遥感学报,2020,24(5):479-510.
- [7] 李素菊,魏振宽,王平,等.环境减灾二号A/B卫星应急管理应用研究[J]. 航天器工程,2022,31(3):9-17.
- [8] 李云.国外遥感卫星在应急减灾中的应用[J]. 卫星应用,2014(12):38-39,42-45.
- [9] 马建威,黄诗峰,许宗男.基于遥感的1973—2015年武汉市湖泊水域面积动态监测与分析研究[J]. 水利学报,2017,48(8):903-913.
- [10] 孙亚勇,黄诗峰,马建威,等.无人机组网遥感观测技术在洪涝灾害应急监测中的应用研究[J]. 中国防汛抗旱,2022,32(1):90-95.

Satellite remote sensing monitoring and analysis of the entire process of flood inundation in the activated flood storage areas of Haihe "23·7" basin-wide extreme flood

SONG Wenlong, MA Jianwei, SUN Yayong, LI Xiaotao, HUANG Shifeng, LIU Hongjie, GUI Rongjie

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038; 2. Remote Sensing Technology Application Center of the Ministry of Water Resources, Research Center on Flood & Drought Disaster Prevention and Reduction of the Ministry of Water Resources, Beijing 100038)

Abstract: Under the combined influence of the weakened low-pressure circulation of No. 2305 Super Typhoon Doksuri and cold air, from July 28, 2023, the Haihe River Basin was flooded with heavy to very heavy rainfalls, with exceptionally heavy rainfalls in some places. This resulted in Haihe "23·7" basin-wide extreme flood. A total of 8 flood storage areas were activated in the Haihe River Basin during this flood. Based on multi-temporal optical and radar remote sensing data, a remote sensing monitoring and analysis of the entire flood inundation process in the activated flood storage areas was carried out, and the extent and area of the inundated water bodies under the different processes of "activation-inundation-maximum inundation-flood subsided-flood subsided totally" in the eight flood storage areas were obtained. It provides real and reliable scientific data support for the dynamic mastery of the flooding situation in the flood storage area and the simulation analysis of flooding evolution and water conservancy projects scheduling.

Keywords: Haihe "23·7" basin-wide extreme flood; flood storage area; flood inundation; satellite remote sensing monitoring

责任编辑 姚力玮