

欧洲洪水感知系统及其应用启示

刘志雨

2013年5月下旬至6月上旬,中欧地区出现大范围、长历时的连续性强降雨过程,致使德国、捷克、奥地利等国家发生了“世纪洪水”,多瑙河水位超过了1954年的历史最高水位,易北河水位接近2002年特大洪水高水位。自从2002年中欧发生特大洪水以来,欧洲在提高防范和应对洪水事件能力方面成效明显,洪水管理计划得到评估,防洪措施已经实施,部门和国家间合作得以改进。欧盟委员会联合研究中心与其他委员会服务组织、国家气象水文服务中心以及其他研究机构一道,研发了欧洲洪水感知系统(European Flood Alert System——EFAS)。EFAS通过耦合空间上分布的水文模型和各种高分辨率、确定性和概率性的中期天气预报来实现欧洲范围内的极端天气事件预测和洪水预警预报与警报,并通过网站等方式向政府部门和社会公众发布,以增强社会防洪减灾预警意识,提高政府防洪应急管理水平和。

系统概述及其技术特点

欧洲洪水感知系统(EFAS)代表欧洲第一个水文业务网络,它以欧洲中期天气预报中心的集合预报系统为主要依据,向全欧洲各国国家水文服务中心、流域管理委员会、国际民众防护与灾害响应组织等提供预见期为3~10天的极端天气和洪水预报警报信息服务。EFAS是全球环境安全监测计划能源管理服务的一部分。欧洲一些国家有专门负责国家水文气象服务的网站,用户使用密码登录这些网站可以获取EFAS的洪水预报与警报。欧洲中期天气预报中心是EFAS的计算中心,其合作伙伴包括瑞典、斯洛伐克、荷兰和西班牙等国家。

自2012年9月以来,EFAS已在哥白尼应急管理服务投入业务运行。EFAS由几个联合体共同负责:数据处理和模型计算及Web服务由欧洲中期天气预报中心(位于英国雷丁)负责运行和维护;洪水预测分析和洪水警报发布由瑞典的气象和水文研究所、荷兰水运当局和斯洛伐克水文气象研究所负责完成;水文数据(欧洲主要河流历史和实时水位、流量数据)的收集由西班牙安达卢西亚区域农业、渔业和环境部以及私人公司ELIMCO共同负责完成。整个系统项目管理的主体仍然是欧盟委员会。



图1 EFAS系统框架结构

在欧洲区域尺度上,EFAS的洪水预测是通过耦合空间上分布的水文模型和各种高分辨率、确定性和概率性的中期天气预报来完成的,这些中期(3~10天)天气预报成果是由欧洲中期天气预报中心、德国天气服务中心和全球小尺度气候模式研究联合体提供,目的是促进气象水文集合预报和多输入预测技术的应用(图1)。

EFAS代表了欧盟委员会哥白尼应急管理服务的早期预警功能部分,EFAS还包含一个快速绘图功能,一旦发生洪水,在接收到受洪水影响国家的请求后,该系统可生成卫星遥感图像和洪水淹没图。欧盟哥白尼应急管理服务中心提供的来源于卫星遥感的地理空间信息参考地图和洪水淹没图可以登录相应网站查阅。

欧洲洪水感知系统具有4个方面的技术特点:手段方法先进。系统集成多源信息融合、气象集合预报、数值高程模型、分布式水文模型、地理信息系统、卫星遥感等先进信息技术和气象水文预报方法。预警早,范围广。EFAS致力于在洪水暴发前更好地保护欧洲的居民、环境和文化遗产。EFAS在时间上主要提供中期预报产品,预见期长达10天;在空间上预警范围覆盖全欧洲,主要关注中、大河流及跨界河流域。预警有效性很大程度取决于中期天气预报的精度。信息产品丰富。以点、线、面不同形态,采用图、表的方式,展现降雨空间分布、流域土壤实况与变化、江河洪水警告或警戒、山洪预警、实时洪水监视、洪水发生概率、洪水淹没遥感监测、应急响应行动等信息产品。此外,欧洲中期天气预报中心能够借助EFAS加深对陆地表层水文的理解,并对其极端天气的预报进行验证和诊断。全年自动运行。自2012年9月起,EFAS已经从一个研究项目成果转变成一个完整的业务应用系统,每天24小时、每年365天运行,为欧洲各国水文、气象、防灾减灾管理部门提供有关概率性洪水预报产品和早期警告信息。



△严重洪水预警,表示预期将要发生严重洪水,对生命安全有危险。
△洪水预警,表示预期将要发生洪水,需要立即采取行动。
△洪水警报,表示洪水可能来临,做好防范准备。

图2 EFAS发布的2013年6月3日洪水预报预警(红色和橙色三角形)概观

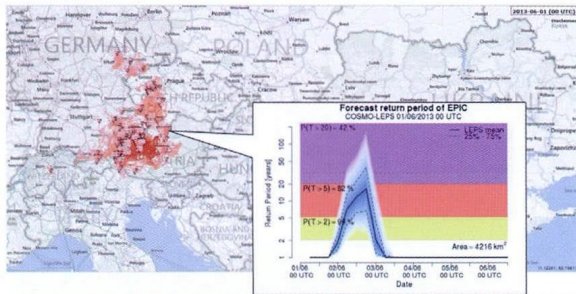


图3 EFAS发布的中欧极端降水事件和突发性洪水灾害概观图

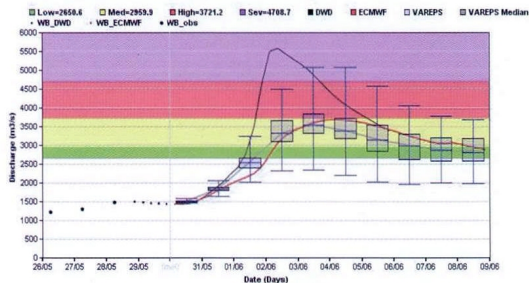


图4 EFAS多模型预测的德国东南部帕绍市的多瑙河洪水流量过程

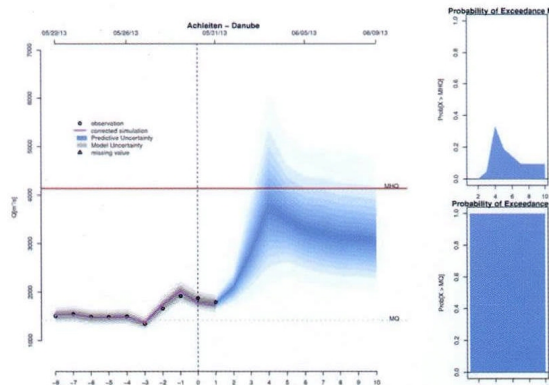


图5 无缝概率预报在多瑙河上靠近德国帕绍市的一个预报站上的应用图示

系统在2013年中欧“世纪洪水”应急管理中的应用

EFAS发布中期洪水概率警报,其目的主要是提供给欧洲各国水文气象预报服务中心一种早期“洪水警告”预测信息,提醒相关人员关注可能发生暴雨洪水的地区,以便及早觉察洪水的发生。同时,也为防汛部门提前做好工作准备,及时发布预警信息,尽快启动应急响应等提供技术支撑。EFAS自2012年投入业务运行以来,通过提高洪水感知和实时监视洪水灾害发生情况为欧洲各国应急管理提供帮助,特别是在2013年夏季中欧“世纪洪水”应急管理中发挥了作用。

2013年6月上旬,中欧地区易北河和多瑙河发生严重水灾,其支流遭受严重洪涝损害。5月底,欧洲洪水感知系统提前4~5天提醒了有关国家当局和欧盟委员会的应急响应中心,报告中欧可能出现极端降雨过程,引发大洪水。EFAS发布的2013年6月3日洪水预报预警概观参见图2。

随后,EFAS于6月1日作出预报,6月2—3日中欧地区可能出现极端降水事件(用极端降水指数EPIC的重现期表示),德国东南和奥地利西部可能发生突发性洪水灾害(红色三角形)。参见图3。

图4显示了EFAS多模型5月30日12时预测的德国东南部帕绍市的多瑙河洪水流量过程。不同的颜色显示不同的防洪警戒区。盒线图代表ECMWF集合概率预报结果,红色线表示ECMWF高分辨率确定性模型预报结果,黑色线代表的是德国天气预报中心(DWD)小尺度气候模式的预报结果。预测明确指出,4~5天后德国帕绍市将遭遇洪水袭击。

一旦接收到最新的洪水实时信息,EFAS会自动更新预测,以便获得一个无缝概率预报。图5显示了这种无缝概率预报在多瑙河上靠近德国帕绍市的一个预报站上的应用。图上右边显示预报流量超过重要防洪阈值(最极端的阈值的)的概率,从图5可以清晰地看到,4~5天后将有一个超过最大值(最极端的阈值)的洪峰出现。

只有当集合预报一致地显示相同的洪水信号特征时,EFAS才会发布警告和警报。图6说明了ECMWF集合预报的持久性和一致性。图中表格的左列显示预报发布时间(y轴),所预报的日期显示在x轴。表格中间的数字表示集合

EUE > HAL										
Forecast Day	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7
2013-05-29 00:00					8	16	14	10	2	
2013-05-29 12:00				2	12	24	16	12	4	2
2013-05-30 00:00					10	33	29	14		
2013-05-30 12:00					24	31	25	12	6	2
2013-05-31 00:00						31	31	22	6	2
2013-05-31 12:00					25	47	33	12		2
2013-06-01 00:00						88	78	61	33	16
2013-06-01 12:00					57	69	35	6		

图6 ECMWF集合预报的持久性和一致性展现图示

预报中超过报警阈值的百分比。可以清晰地看出,预见 5~6 天后(6月3—4日)存在一个持久的洪水信号。

关于我国大范围早期洪水预警系统建设的几点思考

我国是一个洪涝灾害频繁发生的国家。水文监测预报预警是防汛工作的一个重要环节。在过去的几十年里,我国洪水监测预报预警工作发展迅速,积累了丰富的宝贵经验。特别是1998年大水以后,洪水预报在模型方法、系统建设、作业管理、新技术应用等方面有了新的进展,已建成具有中国特色的专家交互式洪水预报系统,洪水预报预警业务日常化正稳步推进。目前,中央、流域、省级水文机构制作和发布近1700个水文站的短期洪水预报,这些预报站点主要是大江大河干流控制站、一级支流的重要控制站和重要二级支流的控制站,洪水预报预见期为12小时至3天。但是,相对于国外发展前沿,我国的洪水预报预警工作在新技术应用与信息服务方面仍存在不小差距,洪水预报预警的时效性、预见期和精度尚不能完全满足新时期防汛抗旱工作的新要求,需要向“两头”拓展,即向早期洪水预报预警拓展,为防洪应急管理提供预警信息服务;向中长期水文预测预报拓展,为水资源管理提供技术支撑。

在借鉴欧洲洪水感知系统应用经验的基础上,根据国内外遥感、地理信息系统和分布式水文模拟等技术在水文水资源领域应用的研究成果,针对我国实际情况,提出建立我国大范围早期洪水预警系统的设想。全国大范围早期洪水预警系统的任务是将水文气象监测的多源信息进行融合,同时对不准确、不完整、不确定和不一致的信息进行处理;从多种来源的水文气象资料中提取有效的信息,运用遥感技术、空间数据处理统计技术、气象学与气候学理论和算法,得到全国范围内降水、蒸散发能力空间分布的描述;将当前土壤含水量、水文气象信息输入具有一定物理基础的分布式水文模型中,生成模拟全国各计算子流域出口断面的流量(或水位)过程;根据设定的预警流量(或水位)阈值,自动发布洪水预警。系统主要包括:信息获取、数据处理、信息同化、水文模拟、洪水预警、可视化和系统管理等内容。

(1)信息获取子系统

信息获取子系统是对水文气象监测信息进行提取。获取的信息包括水文地面监测信息、天气雷达遥感图像信息、卫星云图信息、数值降雨预报成果及流域气候、下垫面地形、地貌、植被、土地利用、土壤类型、河流水系等辅助信息。

(2)数据处理子系统

数据处理子系统是对不同来源的水文气象数据进行综合分析处理,生成基于10km网格的全国范围不同时段(1小时、2小时、3小时或6小时)的水文气象信息产品,如基于地面雨量观测的全国逐1小时降雨量分布图、基于天气雷达遥感估算降雨的全国逐1小时雨量分布图等。

(3)多源信息融合子系统

信息融合子系统由地面信息融合、遥感信息融合、地面信息与遥感信息融合组成。地面信息融合处理主要针对地面水文气象监测数据,对人工观测和遥测数据进行融合处理,反映局部的水文气象状况;遥感信息融合是利用卫星遥感图像或天气雷达图像数据进行融合处理,反映水文气象参数和空间分布情况;地面信息与遥感信息融合是考虑信息源和监测原理的不同,利用二者的优势,得到更加准确的水文气象状况。

(4)水文模拟子系统

水文模拟子系统分布式水文模型建立在数字高程模型(DEM)基础之上,通过DEM可以提取大量的陆地表面形态信息,这些信息包含流域格网单元的坡度、坡向以及单元间的关系等,根据用户自定的最小集水面积大小和水利工程、水文观测站点的位置,同时可以结合实际的水文水系确定地表水路径、河流网络和子流域(计算单元)的边界。在DEM所划分的子流域单元上建立具有一定物理概念的水文模型(如VIC、TOPKAPI、新安江等水文模型),模拟子流域产汇流及河网汇流运动,生成各子流域出口断面的流量(或水位)过程。水文模拟计算包括植被的降水截留、融雪、蒸散发、降水入渗、非饱和带的土壤水运动、坡面流和河网的汇流计算等。

(5)洪水预警子系统

系统可根据预先设定的预报顺序定时自动完成预报,即:系统定时自动从实时雨水情数据库和预报调度专用数据库中获取实时和预报信息、数据预处理、预报模型参数状态,进行水文模拟计算,完成洪水预报;并可根据预先设定的告警阈值,实时检测洪水预报值是否大于告警阈值,当预报值超过该告警值时,系统提供实时预报自动告警。

(6)可视化子系统

系统的数据输入和输出结果的可视化通过GIS平台来表现,具体可实现如下一些功能:RS/GIS及水文气象数据管理,如DEM、土地利用图、水文气象站点属性、水文气象数据等;水文循环要素信息提取,如流域边界、河网、坡度坡向、水流方向、子流域划分、土地利用类型、土壤类型等;模拟计算结果的可视化表达,如模拟结果中土壤含水量的空间分布。

(7)系统管理

系统管理是对用户、测站、监测信息、预报模型等的管理。■

(作者简介:刘志雨,水利部水文局副局长工程师)