

淮河流域气象业务服务及科技发展

胡雯¹ 田红² 叶金印³ 徐胜⁴ 张晓红¹ 卢燕宇⁵

(1 安徽省气象局, 合肥 230031; 2 安徽省气候中心, 合肥 230031; 3 中国气象局气象干部培训学院安徽分院, 合肥 230031; 4 淮河流域水利委员会水文局, 蚌埠 233040; 5 安徽省气象科学研究所, 合肥 230031)

摘要: 淮河流域地处我国南北气候过渡地区, 天气气候复杂多变, 降雨时空分布不均。历史上, 黄河长期侵淮夺淮, 使其丧失入海口, 淮河流域水旱灾害频发, 淮河因此得名“最难治理的河流”。本文以淮河流域大型科学试验、水文气象科技、流域气象业务服务发展为主线, 分析总结科学试验和科技发展成果, 梳理流域气象业务发展历程。20世纪90年代以来, 围绕淮河流域气象防灾减灾的科学试验和技术研发持续推进, 成立了淮河流域气象中心, 流域气象服务机制和服务能力显著提升, 在流域防汛抗洪的关键节点发挥了重要作用。笔者提出了“十四五”流域气象服务发展设想。

关键词: 气象业务, 预报服务, 科研, 淮河流域

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2020.05.010

Meteorological Operation, Service and Scientific Research Development of Huaihe River Basin

Hu Wen¹, Tian Hong², Ye Jinyin³, Xu Sheng⁴, Zhang Xiaohong¹, Lu Yanyu⁵

(1 Anhui Meteorological Bureau, Hefei 230031 2 Anhui Climate Center, Hefei 230031

3 Anhui Branch of China Meteorological Cadre Training Institute, Hefei 230031

4 Hydrological Bureau of Huaihe Conservancy Commission, Bengbu 233040

5 Anhui Institute of Meteorological Science, Hefei 230031)

Abstract: The Huaihe River basin is located in the transitional region of China's north-south climate. The climate of Huaihe River Basin is complex and unpredictable, with large differences in the temporal and spatial distribution of rainfall. Historically, the Yellow River has invaded and seized Huaihe River for a long time, causing it to lose its estuary. The Huaihe River therefore became unruly and suffered from frequent floods and droughts, which gave it the name “the most difficult river to manage”. This paper focuses on the development of large-scale scientific experiments, hydro-meteorological science and technology, and meteorological services in the Huaihe River Basin. The achievements of scientific experiments, the development of science and technology, and the history of meteorological operations have been analyzed and summarized. Since the 1990s, scientific experiments and technical research and development have been carried out on meteorological disaster prevention and mitigation in the Huaihe River Basin. The Huaihe River Basin Meteorological Center was then established, which have significantly improved the mechanism and service capacity of meteorological services in the basin and played an important role in flood control and flood prevention in the basin. The development vision was accordingly proposed for the meteorological services in the basin during the 14th Five-Year Plan period.

Keywords: meteorological operation, forecast service, scientific research, Huaihe River Basin

0 引言

淮河流域地跨河南、安徽、江苏、山东及湖北5省, 人口众多, 城镇密集, 资源丰富, 交通便捷。流域处在我国南北气候过渡地区, 天气气候复杂多变, 降雨时空分布不均; 流域内平原广阔, 地势低平, 支流众多, 上下游、左右岸水事关系复杂, 人水争地矛盾突出。历史上, 黄河长期侵淮夺淮, 使其丧失入海口, 淮河变得桀骜不驯, 水旱灾害频发, 形成“大雨大灾, 小雨小灾, 无雨旱灾”的局面。淮河因此得名

“最难治理的河流”^[1]。

中华人民共和国成立以后, 淮河治理问题受到高度重视。1950年10月, 中央人民政府政务院发布《关于治理淮河的决定》, 制定了上中下游按不同情况实施蓄泄兼筹的方针。新中国水利建设事业的第一个大工程拉开了帷幕。在全国人民的支援下, 治理淮河第一期工程于1950年11月底开工。数十万民工和工程技术人员奋战在治淮工程的工地上。1951年5月, 中央治淮视察团把印有毛泽东亲笔题词“一定要把淮河修好”的四面锦旗, 分送到了治淮委员会和3个治淮指挥部, 极大地鼓舞了治淮大军的士气。70年来, 我国从一穷二白起步, 开拓进取、敢为人先, 掀起了

收稿日期: 2020年9月15日; 修回日期: 2020年10月10日
第一作者: 胡雯(1967—), Email: Huwen-hw@163.net

三大历史阶段的治淮高潮，建成了一大批标志性水利工程，取得了一大批影响深远的开创性成果，创造出一个又一个治水奇迹。在淮河流域大型骨干工程显示出巨大防洪减灾效益的同时，科技含量越来越高的非工程体系在防洪减灾中的作用日益凸显，推动实现了由控制洪水到管理洪水的巨大转变。这其中，气象服务在流域防汛抗旱科学决策中发挥着越来越重要的作用^[2-3]。本文对最近几十年淮河流域气象业务、服务、科研工作进行回顾和总结，展望未来流域气象事业的发展。

1 流域科学试验进展

气象科技创新是淮河流域防汛减灾能力提升的有力支撑。治淮70年，围绕这一主题的科学从来没有停下脚步。

作为我国南北气候自然分界线，淮河受东亚季风影响显著，是我国梅雨系统主要活动区和降水变率最大地区之一。淮河流域是研究能量和水分循环的理想试验场，一直以来是大气科学研究的热点区域。近20年来，以HUBEX为代表在淮河流域开展了一系列的国家大型科学试验，研究天气气候过程和机理以及多圈层相互作用等科学问题，为提升预报预测能力提供科学依据。

1.1 以 HUBEX 为代表的第一阶段科学试验

20世纪90年代末，针对东亚梅雨的预报能力不足等问题，以HUBEX为发端开启了流域能量与水循环、天气气候异常及演变的大型科学试验研究。HUBEX是1997—2001年国家基础研究重大项目之一，日本文部省也把HUBEX列入日本GEWEX/GAME计划之中，是20世纪末亚洲重大气候研究项目之一^[4]。HUBEX于1998—1999年开展了加密外场观测，成功地观测到江淮及淮河流域梅雨爆发前、梅雨期间，以及梅雨结束后不同天气条件下的重要降水天气系统和过程，捕捉到季风雨带北移、南撤的气候背景下，影响江淮和淮河流域的强降水天气过程与水文过程，尤其是多尺度梅雨云系条件下的 β 和 γ 中尺度能量与水循环过程（图1），完成了项目预定的科学目标^[5-6]。除HUBEX外，该阶段还开展了973梅雨锋暴雨外场试验，获取暴雨中尺度系统三维结构的第一手资料，深入研究梅雨锋中尺度暴雨的成因及机理（图2）^[7-8]。

1.2 2000—2010 年的第二阶段科学试验

在前期研究的基础上，2000—2010年，继续开展了陆气相互作用、天气系统结构和机理、气溶胶辐射效应等试验研究，进一步提升中尺度灾害监测预警

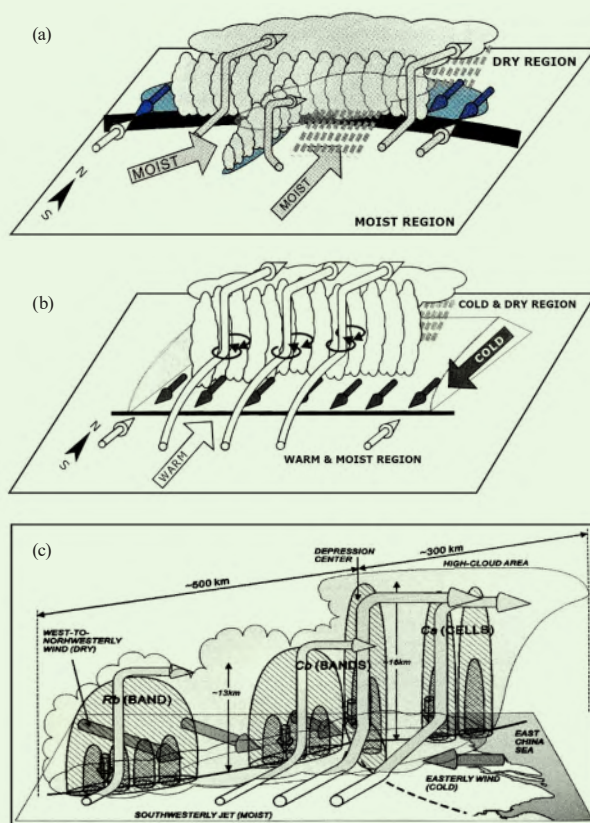


图1 HUBEX得到的副热带气团梅雨锋降水系统概念模型（a，箭头代表气流，粗实线是辐合线或梅雨锋，湿（干）空气位于辐合线以南），融合型冷锋型梅雨锋降水系统概念模型（b），以及梅雨锋中发展的中尺度对流系统三维结构概略图（c）^[6]

Fig. 1 (a) Conceptual model of Meiyu front precipitation system of subtropical air mass (The arrow represents the airflow, the thick solid line is the convergence line or the Meiyu front, and the wet (dry) air is located to the south of the convergence line); (b) conceptual model of the integrated cold front Meiyu front precipitation system; (c) three dimensional structure of mesoscale convective system developed in the Meiyu front^[6]

能力、提高梅雨预报预测准确率和评估气溶胶影响。中日双方进一步推进了“淮河地区低层大气通量与降水研究试验”（LAPS，2003—2006年），在淮河地区开展纵向剖面观测，进一步采用多普勒风廓线仪、多普勒声雷达、边界层通量观测铁塔等新型设备并结合加密地面和探空观测，获取东亚典型干湿气候过渡带——淮河流域的陆面异常状况和大气边界层各要素的高分辨率资料，揭示淮河流域大气边界层特征及其对降水系统影响作用的季节变化（图3），建立降水异常概念模型，改进和验证陆面过程参数化方法，提高梅雨期预报预测准确率^[9-11]。在973梅雨锋暴雨试验基础上，继续开展了973南方暴雨野外科学试验（2004—2009年），通过双多普勒雷达、双偏振雷达

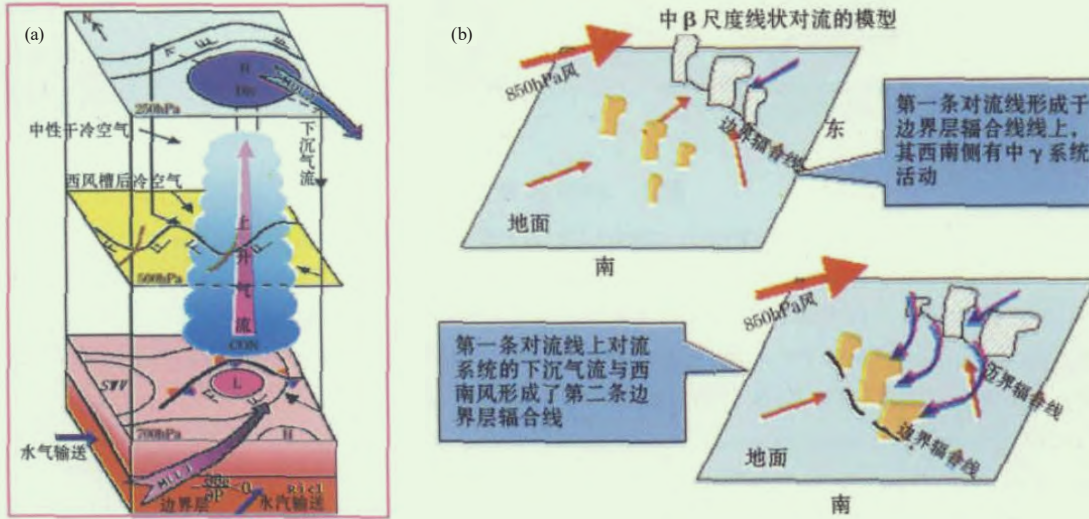


图2 中尺度暴雨系统的三维结构模型 (a) 和梅雨锋多尺度物理模型的 β 中尺度对流线模型 (b) [7-8]
Fig. 2 Three dimensional structure of the mesoscale heavy rainfall system (a) and the convective line model with the meso- β scale (b) [7-8]

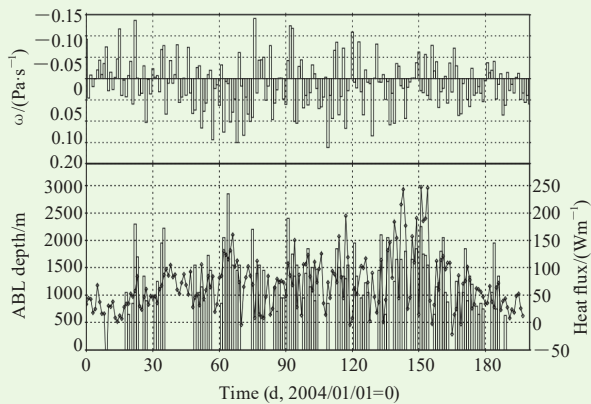


图3 LAPS试验观测到的每日最大边界层 (ABL) 高度 (b, 柱形) 和显热通量 (b, 线形) 的季节性变化以及从 NCEP/NCAR再分析资料中提取的32.5°N、117.5°E点00Z (08:00 LT) 处的925 hPa垂直速度 (ω ; a, 柱形), 负 ω 表示向上运动^[10]
Fig. 3 Seasonal changes in the observed daily maximum ABL height (b, bottom panel, bars), observed virtual sensible heat flux (b, bottom panel, rectangle with lines) between 08:00 and 16:00 LT, and the 925 hPa vertical pressure velocity (ω ; a, upper panel, bars) extracted from the NCEP/NCAR reanalysis at 00Z (08:00 LT) at 32.5°N, 117.5°E. Negative ω indicates upward motion^[10]

以及天-空-地三维立体观测, 掌握中尺度暴雨系统结构和机理 (图4), 提高中尺度灾害监测预警能力^[12-15]。为研究气溶胶气候效应, 中美双方合作在淮河流域开展了大气辐射综合观测试验研究 (ARM, 2008年), 依托云雷达、辐射计、风雷达等新设备, 测量云、气溶胶、辐射要素, 研究气溶胶-云相互作用, 掌握气溶胶对云、辐射影响, 首次评估了中国东南部气溶胶间接影响 (图5) ^[16-22]。

1.3 近 10 年的第三阶段科学试验

2010—2020年, 随着人类活动加剧, 大气污染问题凸显, 生态治理需求迫切, 以及观测技术的不断进步, 在淮河流域开展的大型科学试验逐步向人类活动与天气气候相互作用、立体协同观测精细化结构及演变等方向延伸 (表1)。例如“天气和边界层变化中长三角秋冬季霾过程的观测和模拟研究”通过地基遥感、在线分析、人工采样等多种方式加密观测, 融合多种观测资料揭示不同天气系统对边界层结构特征的影响, 以及不同边界层结构对霾过程的影响。“突发性强对流天气演变机理和监测预报技术研究”通过立体协同观测构建突发强对流天气的四维精细化结构, 开展强对流形成机制的诊断分析研究。此外, 近年来一系列国产化新型探测设备研发蓬勃发展, 由于淮河流域独特的气候特征和代表性, 大批科技成果转化试验和设备中试项目落地应用。

通过这些试验的开展推动了淮河流域综合观测系统发展, 积累了大量的试验观测资料和数据集, 促进了区域天气气候事件机理研究, 为提升预报预测能力提供了科学支撑。

2 流域气象科技发展

在围绕科学问题筹划推进大型科学试验的同时, 气象部门紧扣流域防灾减灾和经济社会发展需求, 统筹谋划、重点突破, 聚焦观测、预报、服务等领域关键技术开展研究, 形成了一系列研究成果, 不断提升业务服务的科技内涵和实效。

2.1 气象观测能力发展

在HUBEX等多个大型科学试验和气象业务科技

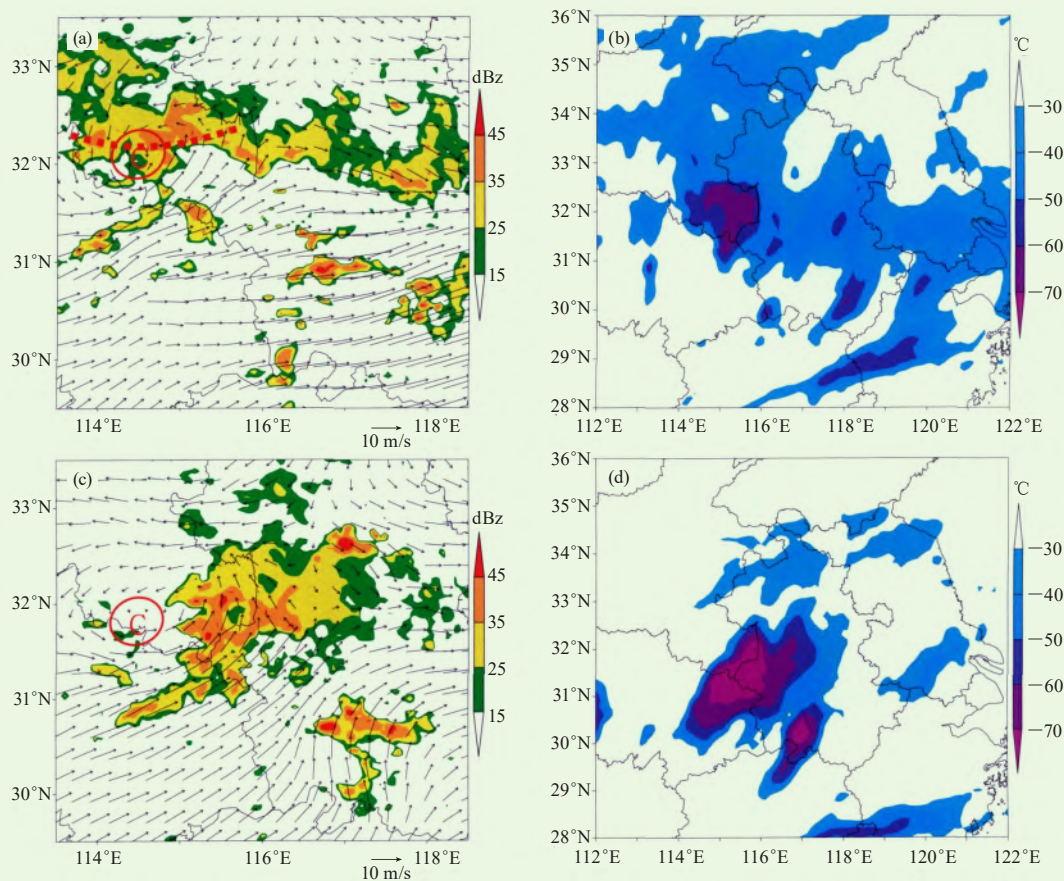


图4 2008年6月21日江淮地区850 hPa的南方暴雨野外科学试验 (SChEREX) 风场、雷达回波 (阴影, 单位: dBz) 和 TBB (单位: $^{\circ}\text{C}$) (a和b, 09时SChEREX分析场和TBB; c和d, 12时SChEREX分析场和TBB)^[14]
 Fig. 4 SChEREX wind field at 850 hPa, radar reflectivity (shaded, unit: dBz), and TBB (unit: $^{\circ}\text{C}$) for the Jianghuai region on 21 June 2008: (a) the SChEREX analysis field at 09:00 UTC; (b) TBB at 09:00 UTC; (c) the SChEREX analysis field at 12:00 UTC, and (d) TBB at 12:00 UTC^[14]

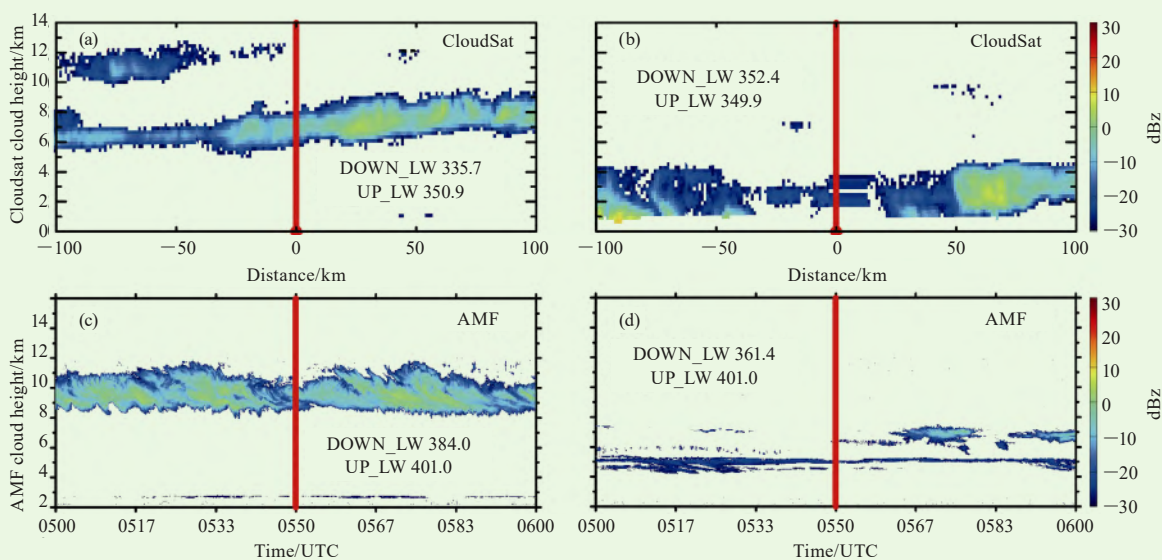


图5 AMF WACR和CloudSat云反射率在寿县站的比较 (a) 和 (c) 2008年10月31日; (b) 和 (d) 2008年11月16日^[21]
 Fig. 5 Comparison of CloudSat and AMF WACR cloud reflectivity profiles at the Shouxian site (a) and (c) 31 October 2008; (b) and (d) 16 November 2008^[21]

表1 近年来在淮河流域开展的大气科学试验

Table 1 Atmospheric science experiments conducted in the Huaihe River Basin in the past decade

方向	项目名称	类别	时间	牵头单位
天气气候	突发性强对流天气演变机理和监测预报技术研究	973项目	2014—2016	南京大学
	水相关气象要素探测系统研究与产业化	中科院区域重点项目	2017—2019	中科院合肥物质研究院
农田生态	水稻对高温发生发展过程的响应机制及应对技术研究	科技部行业专项	2015—2018	南京信息工程大学
	气溶胶消光光谱仪研制	科技部行业专项	2016—2018	中科院合肥物质研究院
大气环境	天气和边界层变化中长三角秋冬季霾过程的观测和模拟研究	国家基金重点项目	2016—2018	南京信息工程大学
	我国东部城市群污染天气观测及大数据平台建设	国家重点研发计划	2016—2020	上海市气象局

发展的双重推动下，淮河流域综合观测能力快速提升。已基本建成较为完备的多尺度嵌套的综合观测网（图6）^[23]，包括4700多个自动气象站、4个高空气象观测站、29部新一代天气雷达，以及近年来新增的风云四号和风云三号卫星直收站、风廓线雷达、激光雷达等新型监测设施，同时形成了服务于交通、旅游、农业和生态的应用气象站网体系。在寿县建立国家气候观测台，承担“气候系统观测和大气科学试验”两

大功能，是中国气象局首批国家气候观测台、气象野外科学试验基地和综合气象观测基地，有360亩^①基本农田作为观测区，拥有地面基准气候、近地层通量、大气成分、地基遥感廓线、农田生态系统等5个观测系统，提供6大类近百种观测数据，已形成通量、大气成分、梯度等标准化数据集，并共享发布^[23]。同时寿县观测台也已成为气象科技创新成果应用试验和新仪器应用中试平台，并作为“大气环境立体探测实验研究设施”的组成部分，融入合肥综合性国家科学中心建设。

2.2 预报预警技术发展

在灾害性天气监测预警方面，历时近20年，突破了组网雷达数据快速共享关键技术，研发了灾害性天气的自动识别方法，发展了融合雷达资料的灾害性天气短时临近预报技术，率先建立了基于新一代天气雷达的短临预报业务，推动预警准确率和提前量实现稳步提升（图7）^[24-26]。在智能网格预报方面，建立了无缝隙、高分辨率数值预报技术支持体系（图8），形成了从零时刻到10 d的智能网格预报产品库^[27]，实现定点定时定量精细化预报，促进了预报准确率的显著提升，以安徽省为例，2019年，24 h各项预报比中国局指导产品均有正技巧， ≥ 50 mm降水预报订正技巧全国排名第一。精细化的气象预报为流域防洪抗旱提供了有力的决策支撑。

2.3 流域气象服务关键技术发展

遵循新时期“两个坚持、三个转变”防灾减灾救灾新理念，构建了基于致灾过程的气象灾害风险评估技术，形成具有全国示范作用的风险业务体系，从天气预报向灾害风险评估延伸，提供更加精细的气象服务，实现防灾减灾的关口前移。基于观测、预报和服务等领域的研发成果，围绕流域气象服务，实现了面向流域的水文气象服务关键技术的集成，形成了融合实时雨水情监测、面雨量预报、气象水文耦合、暴雨洪水预警和灾害风险评估的技术体系^[28-30]（图9），率先建立比较完整的流域水文气象服务业务体系，流域水文气象服务不断发展。

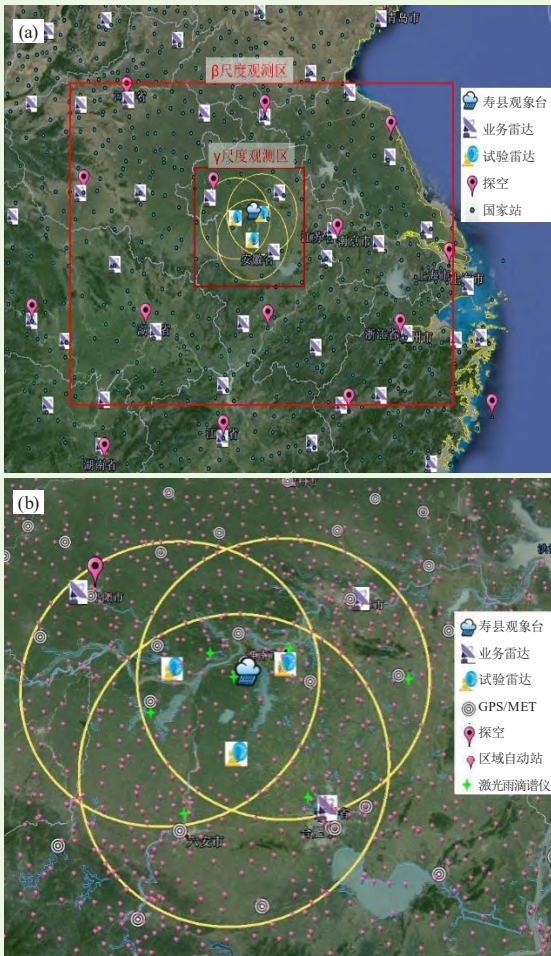


图6 淮河流域综合气象观测网 (b是a中的 γ 中尺度观测区)^[23]
Fig. 6 Comprehensive meteorological observation network in Huaihe River Basin (b the meso- γ scale observational region in figure a)^[23]

① 1亩=666.6m²。

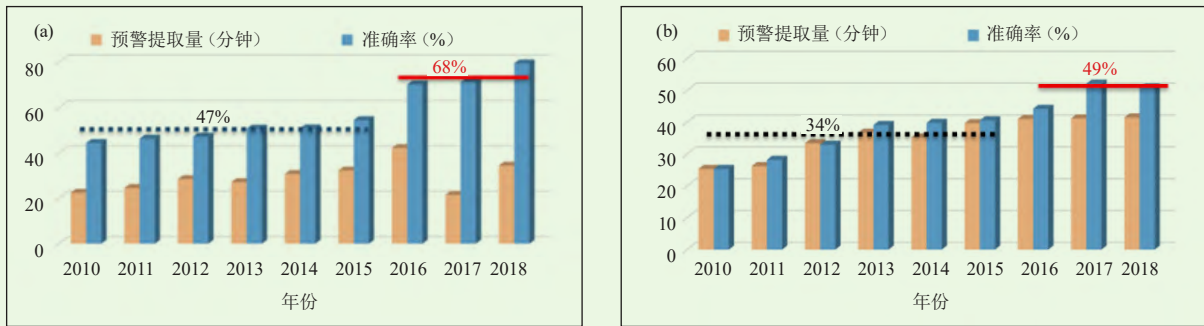


图7 暴雨 (a)、雷雨大风 (b) 的预警提前量和准确率的提升
Fig. 7 Improvement in warning lead time and accuracy for storms(a), thunderstorms and strong winds(b)



图8 无缝隙、高分辨率数值预报技术支撑体系
Fig. 8 Technical support system for seamless, high-resolution numerical forecast

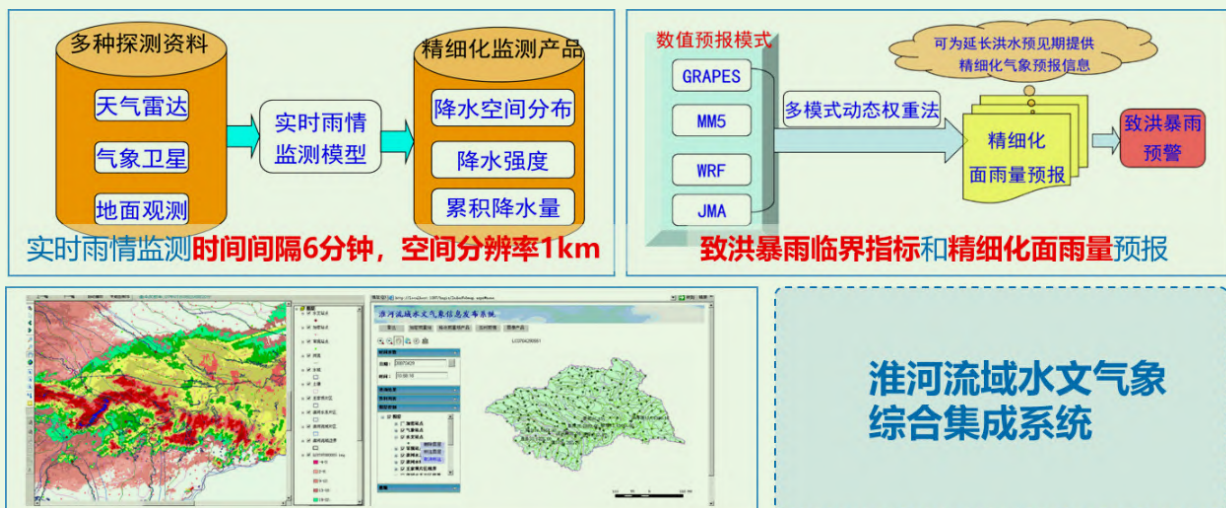


图9 淮河流域水文气象服务技术体系
Fig. 9 Hydro-meteorological Service Technical System of Huaihe River Basin

2.4 科技支撑条件

为推进流域气象科技研发和交流合作，安徽省气象局设立了“淮河流域气象开放研究基金”，从2007年起，持续资助来自国家级业务科研单位、高校科研机构、淮河流域各省市气象部门的科研业务人员，聚焦降水监测与预报预测技术、水资源与水旱灾害分析评估、淮河流域气象水文耦合模型、气候资源开发利用等领域开展科技攻关^[31-33]。通过开放基金的设立，提升了面向流域的预报预测能力，增强了水文气象服务能力，并且构建了与大学、科研院所的互动合作交流平台，推动了流域内各省气象部门的科研联动，培养和锻炼了一批青年业务科技骨干。基金的研究成果也为流域气象水文业务建设和服务提供了强有力的科技支撑。

3 流域气象业务服务不断发展

多年来，各级气象部门始终把守护淮河安澜作为汛期气象服务的重中之重，持续推进气象现代化建设，不断加强气象科技支撑，预报预测水平越来越高，产品越来越精细，服务方式越来越先进，为淮河防汛减灾的决策参谋作用越来越凸显。

3.1 1991年——卫星产品的应用

1991年淮河出现新中国成立以来罕见的洪水，新投入业务应用的卫星云图在王家坝开闸泄洪决策中发挥重要作用。6月14日晚，王家坝闸水位超过保证水位，针对是否开闸蓄洪，气象专家依据卫星云图和天气图，给出“雨带南压，降雨减弱”的预报意见，国家防总据此作出推迟开闸蓄洪的决定^[34]，为群众转移赢得宝贵时间。之后，卫星遥感持续开展洪涝灾害监测（图10），为省政府多争取了1亿元救灾款，有力的支撑了灾后重建工作。

3.2 2003年——卫星、雷达及中尺度数值预报的综合应用

卫星、雷达及中尺度数值预报的综合应用技术在2003年淮河流域防汛抗洪中提供了更加精细的服务支撑，满足了政府决策提出的“降雨几点开始，几点停止，能降多少，降在哪里，面雨量是多少”等一系列高要求。此时，我国首部S波段多普勒天气雷达已布设在合肥，FY-2静止气象卫星实现业务运行，MM5中尺度数值预报产品开始应用（图11）。在精准的气象预报服务保障下，2003年淮河汛情虽重于1991年^[35]，但淮河大堤安然无恙。

3.3 2005年——淮河流域气象中心成立

经历了几次洪水的反思后，流域气象服务面临着

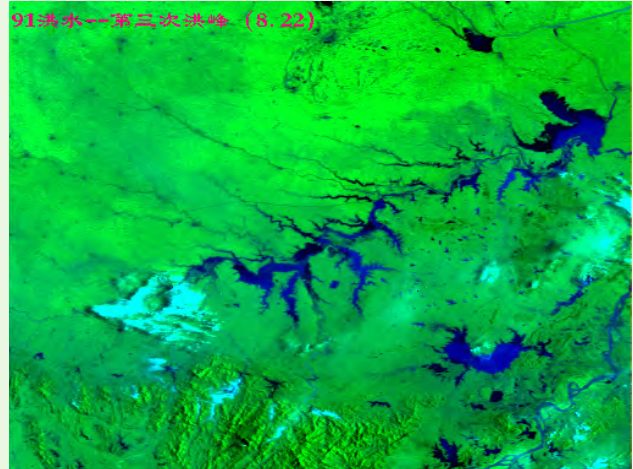


图10 卫星遥感监测1991年淮河流域洪涝灾害
Fig. 10 Satellite remote sensing monitoring of floods in the Huaihe River Basin in 1991

如何更加高效实现流域信息汇集和共享应用？如何形成适应需求的流域服务产品？如何建立流域会商研判及联防联控机制？等问题。为打破原有的机制藩篱，适应科学治淮的新需求，2003年淮河大水后，安徽省气象局、蚌埠市委市政府和淮河水利委员会共同提出在蚌埠组建淮河流域气象中心的设想。在中国气象局和流域四省的大力支持下，2005年3月淮河流域气象中心由中国气象局正式批准成立，行使流域气象信息汇集和服务两大职能，同时成立了淮河流域气象业务服务协调委员会，负责协调流域内的气象业务服务工作^[36]。

淮河流域气象中心作为第一个由中国气象局正式批准成立的以大江大河为服务对象的气象服务机构，以面向淮河水利委员会和淮河流域四省气象服务为重点，不断健全流域气象业务服务机制，完善流域业务服务方案，与水利部淮河水利委员会建立了资料信息交换机制，与河南、江苏、山东省气象局也实现了气象资料的实时汇集和共享。通过积极争取各类业务能力建设项目带动流域气象业务服务能力不断发展，中心成立15年来，在全国率先建立了较为完善的流域气象业务服务体系，流域业务服务建设模式在其他流域推广应用。

3.4 2007年——淮河流域气象中心第一次大考

2007年淮河雨季长达37 d，王家坝站7月10日出现超保证水位，12时28分王家坝闸开闸。汛期，王家坝站经历了长达26 d超警戒水位运行，启用10处行蓄洪区^[37-38]。流域气象业务服务能力建设成果在防汛决策中发挥了重要作用，全流域雷达拼图及降水估测产品、多模式集成面雨量预报产品、高分辨率水情遥感

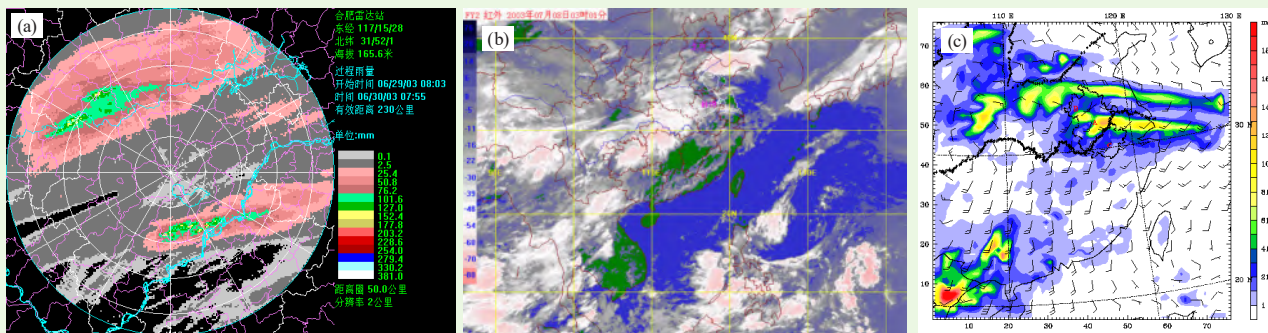


图11 雷达监测降水 (a)、卫星云图 (b) 和MM5模式预报降水 (c)

Fig. 11 Radar-monitored precipitation (a), satellite clouds (b) and MM5 model forecast precipitation (c)

监测产品等投入业务应用(图12)。时任国务院副总理、国家防总总指挥回良玉在检查指导淮河防汛抗洪救灾工作时对气象服务给予很高评价。大水之后,淮河流域气象中心被国家防总、人事部、总政治部联合

授予“2007年防汛抗旱先进集体”称号,获得了安徽省委、省政府授予的“2007年抗洪抢险先进集体”和中国气象局授予的“2007年重大气象服务先进集体”称号,交上了成立之后的第一份“答卷”^[34]。

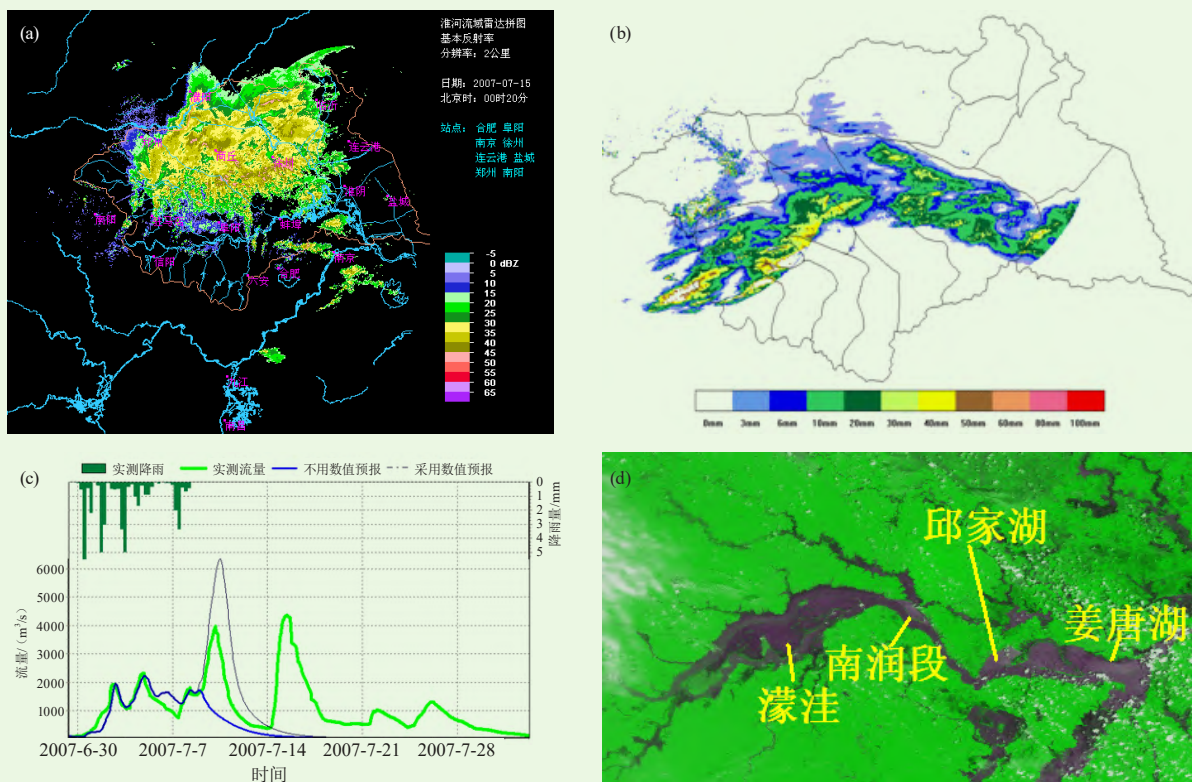


图12 全流域雷达拼图 (a)、降水估测 (b)、水文气象耦合预报 (c) 和水情遥感监测 (d)

Fig. 12 Basin-wide radar monitoring (a), precipitation estimation (b), coupled hydro-meteorological forecasting (c) and remote sensing monitoring of floods (d)

3.5 2020年——时隔13年的坚守与发展

2020年,持续强降水导致长江、淮河干流安徽段全线持续超警戒水位,巢湖持续超保证水位。防汛形势异常严峻^[39]。面对长江、淮河、巢湖防汛三线作战的巨大压力,气象部门从容应对,采取超常规举措,圆满完成这场防汛抗洪气象保障服务攻坚战,这得益

于多年来的科研技术和业务服务积累,流域气象业务服务能力得到显著提升。基于新一代天气雷达网降水监测预报技术和基于智能网格预报的精细化产品,提高了流域降水监测预报精度(降水估测误差<33%,2~6 h预报准确率由43%提高至52%),实现了流域逐3 h、5 km分辨率降水预报,预报时效可延长至10 d

(图13), 在汛期精细化气象服务中发挥了重要作用。王家坝气象监测预警中心的投入使用, 现场气象保障服务在针对性上的不断加码, 以及信息共享、产

品和服务材料制作流程和内容的不断优化, 有力支撑了防汛抗洪气象保障服务攻坚战^[39]。

在能力建设的基础上, 流域业务服务内涵和外

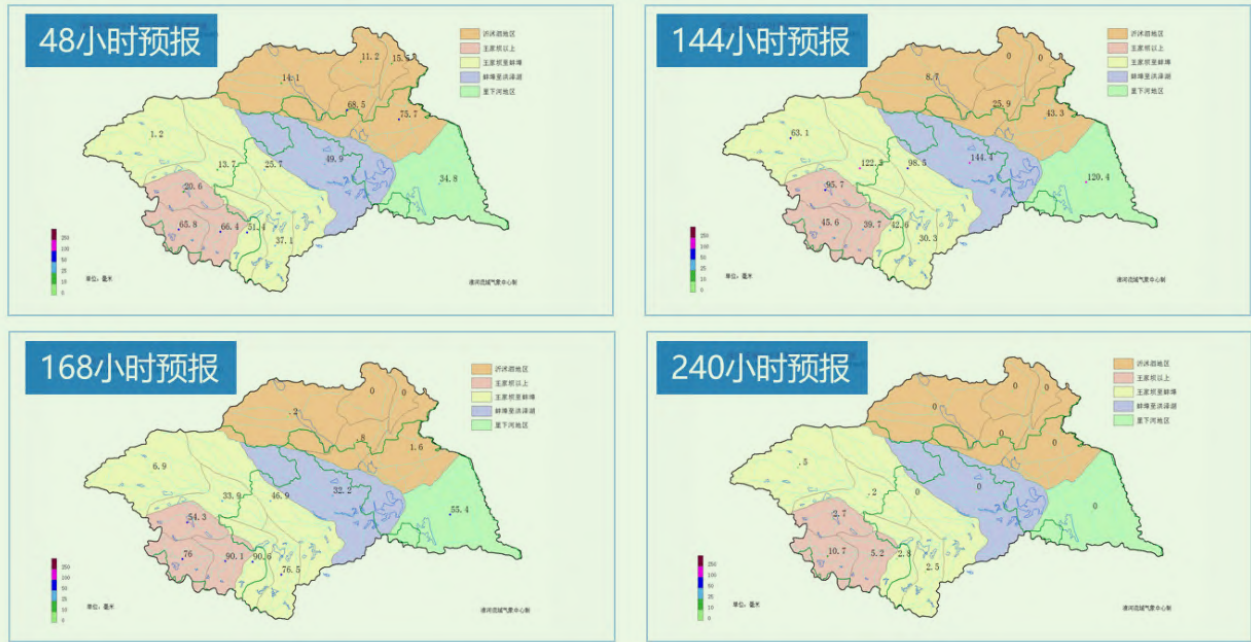


图13 基于智能网格的淮河流域面雨量2~10 d预报

Fig. 13 Areal precipitation forecast based on smart grid forecasting for 2–10 d in Huaihe River Basin

延不断延伸, 实现了面向安徽全省重点中小流域的气象精细化服务, 长江及新安江流域安徽段细分18片, 新安江流域细化12片, 滁河流域细化11片, 开展更加精细化的面雨量监测预报。同时加强新资料的应用, 应用高分卫星, 实现全天候雨情和水情监测, 空间分辨率提高至10 m。近年来, 气象部门从保障淮河流域防洪安全向粮食安全和生态安全拓展, 充分发挥气象的趋利避害作用。在几次大水过后的重建中, 气象部门发挥专业优势, 为沿淮人民提供“种什么”的科技参考^[40]; 在干旱之时, 气象部门积极开展人工增雨作业, 送来“救命之水”。

4 未来展望

习近平总书记视察安徽时强调: “要坚持以防为主、防抗救相结合, 结合‘十四五’规划, 聚焦河湖湖泊安全、生态环境安全、城市防洪安全, 谋划建设一批基础性、枢纽性的重大项目”。未来我们要认真贯彻落实总书记重要指示精神, 围绕需求, 着力发展流域气象, 适时启动第二轮淮河流域科学试验。面向生命安全、生产发展、生活富裕、生态良好, 聚焦监测精密、预报精准、服务精细, 总结流域中心发展成果和经验, 着力提升流域防汛抗旱气象服务能力, 强

化中小流域精细化监测预报及山洪、地质灾害气象风险预警服务, 完善城市和农业农村发展气象保障服务体系, 发展淮河流域生态建设和生态保护气象服务。

参考文献

- [1] 顾洪, 王世龙, 何华松, 等. 淮河流域规划与治理. 北京: 中国水利水电出版社, 2019.
- [2] 安徽省气象局, 安徽省气象学会. 安徽省气象志(1986—2005). 北京: 气象出版社, 2012.
- [3] 徐慧, 叶金印. 淮河气象水文服务民生现状与展望. 治淮, 2014, (9): 11-12.
- [4] 赵柏林, 丁一汇. 淮河流域能量与水分循环研究(一). 北京: 气象出版社, 1999.
- [5] Fujiyoshi Y, Ding Y H. Final report of GAME/HUBEX. GAME/HUBEX project office, 2006.
- [6] 丁一汇, 胡雯, 黄勇, 等. 淮河流域能量和水分循环研究进展. 气象学报, 2020, doi: 10.11676/qxb2020.064.
- [7] 倪允琪, 刘黎平, 高梅, 等. 长江中下游梅雨锋暴雨野外科学试验. 北京: 气象出版社, 2004.
- [8] 王欢, 倪允琪. 2003年淮汛期一次中尺度强暴雨过程的诊断分析和数值模拟研究. 气象学报, 2006, 64(6): 734-742.
- [9] 张雁. 中日科学家共同探讨边界层大气和降水关系. 气象科技合作动态, 2005, (6): 32-33.
- [10] Tanaka H, Hiyama T, Yamamoto K, et al. Surface flux and atmospheric boundary layer observations from the LAPS project over the middle stream of the Huaihe River basin in China. Hydrological Processes, 2007, 21(15): 1997-2008.
- [11] 胡雯, 王东勇, 张苏, 等. 淮河流域旱涝易发区农田的陆气相互作用——CO₂通量, 能量交换和水汽输送的季节变化特征. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 92-100.
- [12] 倪允琪, 周秀骥, 张人禾, 等. 我国南方暴雨的试验与研究. 应用气象学报, 2006, 17(6): 690-704.

- [13] 王德英. 2008年我国南方暴雨野外科学试验 (SCHeREX). 中国气象科学研究院年报, 2008, (1): 21-23.
- [14] 崔春光, 倪允琪, 李红莉, 等. 中国南方暴雨野外试验中尺度气象分析场的建立及其质量评估. 气象学报, 2011, 69(1): 26-40.
- [15] 倪允琪. 中国南方暴雨野外科学试验: SCHeREX. 北京: 气象出版社, 2013.
- [16] Lee K H, Li Z Q, Cribb M C, et al. Aerosol optical depth measurements in eastern China and a new calibration method. Journal of Geophysical Research, 2010, 115(D00K11), doi: 10.1029/2009JD012812.
- [17] Fan X H, Chen H B, Xia X A, et al. Aerosol optical properties from the atmospheric radiation measurement mobile facility at Shouxian, China. Journal of Geophysical Research, 2010, 115(D00K33), doi: 10.1029/2010JD014650.
- [18] Tang J P, Wang P G, Duan M Z, et al. An evidence of aerosol indirect effect on stratus clouds from the integrated ground-based measurements at the ARM Shouxian site. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2011, 4(2): 65-69.
- [19] Pan L, Lü D. A new method for retrieving equivalent cloud base height and equivalent emissivity by using the ground-based Atmospheric Emitted Radiance Interferometer (AERI). Science China: Earth Science, 2013, 56: 4353, https://doi.org/10.1007/s11430-012-4398-z.
- [20] 邱玉琚, 杨会文, 倪婷, 等. 基于美国AMF寿县观测的云特性研究. 大气科学学报, 2012, 35(1): 80-86.
- [21] Qiu Y J, Dong X Q, Xi B K, et al. Effects of clouds and aerosols on surface radiation budget inferred from DOE AMF at Shouxian, China. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2013, 6(1): 39-43.
- [22] 丁辉, 牛生杰, 张泽娇. 利用微脉冲激光雷达探测大气混合层高度和气溶胶垂直结构的初步研究. 大气科学学报, 2015, 38(1): 85-92.
- [23] 胡雯, 郑淋淋, 谢五三, 等. 淮河流域能量和水分循环观测系统. 气象学报, 2020, doi: 10.11676/qxb2020.063
- [24] 胡雯, 黄勇, 翟菁. 中尺度模式和新一代天气雷达产品识别云降水方法. 气象科技, 2007(4): 470-475.
- [25] 胡雯, 张晓红, 周昆, 等. 淮河流域一次致洪大暴雨的中尺度特征分析. 自然灾害学报, 2009(2): 62-72.
- [26] 李柏, 古庆同, 李瑞义, 等. 新一代天气雷达灾害性天气监测能力分析及其未来发展. 气象, 2013, 39(3): 265-280.
- [27] 朱佳宁, 邱学兴, 安晶晶, 等. 安徽省智能网格预报编辑系统的实现与应用. 软件, 2018, 39(10): 242-249.
- [28] 叶金印, 高玉芳, 李致家. 雷达测雨误差及其对淮河流域径流模拟的影响. 湖泊科学, 2013, 25(4): 593-599.
- [29] 黄勇, 胡雯, 张爱民, 等. 淮河流域致洪暴雨预警系统. 气象, 2006, (5): 106-110.
- [30] 张晓红, 陈兴, 罗连升, 等. 1960—2008年淮河流域面雨量时空变化及径流响应. 资源科学, 2015, 37(10): 2051-2058.
- [31] 李香颜. 洪水灾害风险分析及其对农作物的影响评估技术研究. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [32] 范伟, 何彬方, 姚筠, 等. 基于哨兵1号的洪水淹没面积监测. 气象科技, 2018, 46(2): 396-402.
- [33] 于彩霞, 邓学良, 石春娥, 等. 基于CALIOP的安徽沿淮地区霾天气溶胶类型及垂直分布特征. 环境科学学报, 2018, 38(4): 1317-1326.
- [34] 刘若馨, 冉瑞奎, 王若嘉. 淮水安澜梦正圆——淮河流域气象综合防灾减灾的安徽实践. 中国气象报, 2019-07-18(1), http://www.zgqxb.com.cn/zt/2019zt/20190422/2019042202/201907/t20190718_530291.html.
- [35] 毕宝贵, 矫梅燕, 廖要明, 等. 2003年淮河流域大洪水的雨情、水情特征分析. 应用气象学报, 2004, 15(6): 681-687.
- [36] 苏万明, 马高飞. 淮河流域气象中心成立. 新华网, 2005-03-21.
- [37] 王维国, 章建成, 李想. 2007年淮河流域大洪水的雨情、水情分析. 气象, 2008, (7): 68-74.
- [38] 赵琳娜, 杨晓丹, 齐丹, 等. 2007年汛期淮河流域致洪暴雨的雨情和水情特征分析. 气候与环境研究, 2007, 12(6): 728-737.
- [39] 王晨, 王兵, 刘佳颐. 三答解三问气象有担当——透视安徽防汛抗洪气象服务. 中国气象报, 2020-07-29(1).
- [40] 王亮. 安徽气象部门全力做好灾后生产恢复保障工作. 中国气象报, 2020-08-26(2).

“数字述说” 淮河治理70年

■ 本刊

◆ 淮河原是一条独流入海的河流, 自12世纪起, 黄河夺淮近700年, 极大地改变了流域原有水系形态。16世纪至中华人民共和国成立初期的450年间, 淮河平均每百年发生水灾94次, 被称为是“最难治理的河流”。

◆ 中华人民共和国成立70年治淮总投入9241亿元, 直接经济效益47609亿元, 投入产出比为1:5.2。历经70年建设, 淮河流域已经建成6300余座水库, 约40万座塘坝, 约8.2万处引提水工程, 规模以上机电井约144万眼。

◆ 淮河流域以不足全国3%的水资源总量, 承载了全国大约13.6%的人口和11%的耕地, 贡献了全国9%的GDP, 生产了全国1/6的粮食。截至2018年底, 淮河流域累计治理山丘区水土流失面积5.3万km²。

——基于《科技日报》等媒体报道摘编



HUBEX掠影



——丁一汇院士提供