

20 年来我国暴雨洪水监测预报的研究与前景

Studies on Monitoring and Forecasting of Torrential Rain—Flood in China during Last 20 Years and Their Prospects

刘式达

(中国气象学会, 副理事长 北京大学, 教授 北京 100871)

庞炳东

(北京气象学院, 副教授 北京 100081)

“75.8”特大暴雨洪水的震撼

1975 年 8 月 4 日 2 时, 3 号台风在我国福建省晋江登陆。5 日 20 时, 台风低压中心到达湖南常德附近后折向北行, 逼近河南并在该地区迂回。8 月 5~6 日, 板桥和石漫滩水库库区 2 小时降雨量分别达到 337 和 251 毫米, 7 日板桥水库附近林庄和石漫滩水库附近的郭林日降水量分别为 1 005 和 999 毫米。林庄 4 小时降水 642 毫米, 创国内纪录; 6 小时降水 830 毫米, 为当时的世界最高值。林庄、郭林和油房山的 5 天总降水量分别为 1 631、1 617、1 411 毫米, 这在国内外均属罕见。这场特大暴雨造成板桥、石漫滩两座大型水库、两座中型水库和 58 座小型水库失事。河南省 1 100 万人受灾, 1 700 多万亩农田毁于洪水, 560 万间房屋倒塌, 2.6 万人死亡, 京广铁路中断 18 天, 7 个县遭受毁灭性的洪水灾害。历史上, 称为“75.8”特大暴雨洪水。

“75.8”特大暴雨洪水灾害震撼了全国。针对暴雨预报的紧迫需求, 当时的中央气象局立即组织了由几十个单位、数百名科技工作者参加的“75.8”特大暴雨攻关会战, 开展了空前规模的灾害研究。从此, 我国的暴雨洪水监测预报研究工作迅速发展, 开创了一个新时期。可以说, “75.8”特大暴雨洪水是我国暴雨洪水监测预报研究工作的一个里程碑。

暴雨研究的突破与进展

20 年来, 暴雨研究取得新的突破和重大进展:

1. “75.8”特大暴雨洪水之后, 先后组建了 7 个有利于探测暴雨系统的中尺度气象研究实验基地。1976 年以后, 在我国北方、长江流域(包括淮河与浙

江)及华南开展了大规模的系统研究与实验。经过十几年的专项研究与实验, 组建了加密监测基地。80 年代中后期, 我国又组织了京津冀、长江中游、长江与珠江三角洲的短时灾害性天气监测与预报试验, 并参加了亚太地区的台风预报业务试验, 其中也包括很多暴雨方面的工作。这些基地具有时、空加密的监测网以及引用了遥感、遥测与电子计算机等新技术, 捕捉和分析了国内外大量实例, 发现了许多新情况, 揭示了暴雨发展形成的一些细微结构, 从而对暴雨形成的物理过程、水汽条件、地形与地面影响和触发机理等方面都有了新的认识。

2. 开展了暴雨理论的研究, 提出湿斜压大气理论、饱和湿空气动力学及高、中、低纬度天气系统相互作用理论。发现非平衡态大气加速变化是暴雨形成的一种主要机制, 边界层扰动对暴雨的发展演变起着主要的增幅与触发作用。暴雨系统中的能量转换研究指出, 中小尺度对流的能量可以转换成各种气象运动, 这种认识得到了观测事实的支持。

3. 我国从 70 年代起, 逐步引用和开发卫星气象技术, 现已建立了具有世界先进水平的气象卫星资料接收处理系统。设在北京、广州、乌鲁木齐的地面站和设在国家卫星气象中心的资料处理系统, 实现了全球卫星资料的快速接收、传输、处理、产品分发、存档及调度。我国还成功地发射了两颗“风云一号”试验性极轨气象卫星, 不久还将发射“风云二号”地球“静止”气象卫星。70 年代后期, 我国先后装备了 714 天气雷达 15 部、713 天气雷达 37 部、711 天气雷达 219 部, 已逐步建立了天气雷达探测网。运用卫星、雷达等遥感遥测技术以及电子计算机和高速信息传输系统, 侦测和发现了许多新的暴雨系统, 并进行了大量实例的解析研究。

近 20 年来, 我国所进行的暴雨实例的研究是世界上最多的。由此, 提出了一系列新的暴雨理论,

找出了暴雨出现的若干规律。进一步揭示了低空和
高空急流、台风、中层气旋、稳定度与重力波等暴雨
发展变化的关系。我国综合气象观测网的不断发展和
完善,中期数值预报业务系统的建立,国际间气象
信息资料的广泛交流,使天气预报获取的信息量
大大增加。气象卫星可提供每小时一次不同区域或
半球范围的各种云图。雷达探测可提供每小时一
次分层显示的回波资料,华东和中南还实现了区域
雷达资料拼图。同时,运用电子计算机技术,使得过
去主要是在事后才能剖析诊断的大气物理量,可在
暴雨出现之前就计算出来。因此,可以对暴雨形成
的参变因素进行大量测算和分析筛选。从而提
高了暴雨预报的准确度。

近年来,数值预报产品在台站预报业务中也得
到广泛的使用。国家气象中心已建立了有限区域套
网格模式(LAFS),做为全国降水预报的业务模式,
其预报结果在业务应用中取得了一定的效果。武汉
区域气象中心与中国科学院合作,建立了五层原始
方程细网格“江淮流域暴雨数值预报模式”。该模
式对强降水有关因子处理较好,对强降水的预报效
果也较好,与国际上同类模式相比,水平也是较高
的。

暴雨统计预报也得到很大发展,通过环流特
征、气象因子和各种物理量与暴雨变化的统计关
系,建立起暴雨统计预报方程。

为数值预报产品的释用而建立的完全预报方
法和模式输出统计方法,以及在数值预报模式中
考虑统计因素的动力与统计相结合的方法,近几年
来都在各地暴雨业务预报中得到较广泛的应用。

4. 发现了多种新类型的暴雨及其亚属,如点源
扩散型、弥合型、散乱型、间断型、急剧型、连
续型、局地型、大范围型与停滞或移动型等。

5. 开展了大、中尺度的暴雨数值模拟与数值
预报试验,并在某些试点地区开展了中尺度暴雨
数值预报的业务试验,某些气象台、站对重点防
洪防汛地区,开展了气象与水文结合的致洪暴雨
与洪水的研究及短、中、长期预报。

总之,“75.8”之后,由于各级领导的重视和
多方面的积极努力,我国的暴雨科学技术发展很
快,取得了重大进展与新的突破。受到国际上的
重视。目前,我国暴雨预报水平已跻身于国际先
进行列,并在防灾减灾和推动人工影响(催雨时
机)天气等有关科技的发展中发挥了效益。

洪水研究的成就

20年来在洪水研究中也取得了重大的进展。

“75.8”特大暴雨洪水灾害发生以后,主管部
门加强并改进了全国水情和防汛指挥系统,缩短
了信息传递的时间;重新审定了水库防灾安全标
准,再

次开展了全国性的水库安全复核,重新核算了水
库的设计洪水;对所有病险水库进行了除险加固
工作等。主要进展有以下几个方面:

1. 各地区各部门对设计暴雨进行了大规模系
统的综合研究,内容有:分区进行暴雨普查,建立
暴雨档案,全国各地绘制了《中国可能最大24小
时点雨量等值线图》,绘制了10分钟、1小时、6
小时、24小时、3天的点雨量场值、变差系数等
值线图,用以进行任何地点的点雨量频率计算;
汇编了6000河段、20000个大洪水调查资料,选
出92场有代表性的大洪水场次,编成《中国历史
大洪水》;研究了暴雨点面关系、时面雨型和暴
雨与季节变化的关系。以上这些研究为全国各
地中小水利工程设计暴雨提供了可直接应用的成
果,提出了一些有效的计算方法,并为暴雨特性
分析奠定了坚实的基础。

2. 重新审定了水库的资料和校核洪水标准。
“75.8”以前设计洪水一般采用基于数理统计
理论的频率分析法。“75.8”以后引入了水文气
象方法确定的可能最大洪水(PMF),并列入最高
一级校核洪水标准,和10000年一遇或5000年
一遇洪水并列。就是说,可以用PMF,也可以用
数理统计分析10000年或5000年一遇洪水。“
75.8”洪水以后,人们清醒地认识到可能出现
超标准洪水,原计算的设计洪水数据可能偏少,
从而存在漫顶垮坝的风险。为此,研究了混凝
土坝顶过水而不倒坝、过水土坝、自溃坝段、
非常泄洪道等技术措施。对于大型、重要工程,
多采用PMF为设计洪水标准,对一般性工程虽
然采用的设计洪水标准较低,但强调设立非常
泄洪措施以渲泄可能出现的超标准洪水,以保
证工程本身的安全。

3. 利用现代化的卫星、遥感、遥测技术及电
子计算机等手段进行洪水监测取得了很大的进
展。例如:用卫星遥感资料监测1991年6至7
月淮河流域和太湖地区的洪水及1994年华南
洪水等,为各级领导指挥防汛抢险救灾提供
了可靠的信息。又例如:进入80年代后,黄委
会利用遥测、遥感通信、计算机等现代化技术
建设了高效、可靠的防汛信息系统,建立了三
门峡到花园口的遥测系统,覆盖了三门峡以
下地区的无线电通信网和郑州的计算机预报
、调度中心,开发了具有水情收集和处理、洪
水预报、防汛调度作业等为防洪决策提供支
持的软件系统。防汛信息系统已形成框架,并
制定了发展规划。

4. 一维、二维洪水数学模型的研究工作取
得了很大进展。对辽河流域、海河流域、黄
河下游等作了洪水风险分析。“75.8”洪水以
后,制定了城市防洪标准。到1996年上海将
建成完整的管理洪水风险的决策支持系统等。

我国水文气象工作者面临的重任

回顾过去、展望未来,我国水文气象工作者面

临的重任是光荣而艰巨的。暴雨洪水是我国广泛多发的一种自然灾害,尤其是在我国人口密集、工农业发达的地区,影响更为重大。而且,水资源紧缺也是我国当前日益严峻的一个问题。这些,都要求我们对暴雨洪水预报的科技发展作出更大贡献。

1. 水文与气象结合,做好暴雨洪水监测预报工作

为保证水库安全,努力提高设计年洪水耗度,对重要水库上游或重要防汛河段的上游地区特大暴雨发生机制进行研究,是气象和水文协作的一个非常重要的方面。通过气象方法,分析不同区域特大暴雨形成的机制,推动可能最大暴雨的预测研究,争取新的突破。

在水库渡汛及发挥其防洪作用中,及时准确的暴雨和洪水预报是下游安全的有效保证。暴雨预报要和洪水预报相配套,并能达到实用的精度,以直接应用于水库调度的具体操作。为与流域水文模型配套,暴雨预报应进一步提供暴雨过程及分布情况,以及暴雨中心的移动速度和方向等。

2. 依靠科技进步,提高学科水平

电子计算机技术的发展,气象卫星和雷达技术的不断完善,使过去一些想做而不能做的事成为现实。自80年代以来,数值模式这种工具已被广泛采用,大量数值模拟结果被得出。由于观测资料所限,有的模拟产品还难以验证。关键的问题是要加强对模拟和预报产品的诊断和释用的研究。要研究新一代的暴雨数值预报模式所包含的更完整的物理过程,诸如积云对流参数化、边界层参数化及辐射参数化等;要发展包括陡峭地形的暴雨数值预报模式;尤其要注意发展非静力的数学模式,以更好地描写暴雨的峰值分布;应探索暴雨模式与洪水模式耦合的方案,以提早给出洪水的预见期。

3. 深入研究暴雨、洪水发生的机制和规律

由于暴雨形成的因素十分错综复杂,同时,暴雨的种类繁多,并有很强的地域性,所以暴雨的预测、预报一直是一个世界性的难题。随着人类对暴雨科学全面深入的认识,深入研究其发生的机理和规律,而不是满足于一两个个例分析,相信人类对暴雨预报的能力将日益提高。

几点建议

总结20年来失败的教训和成功的经验,提出以下几点建议:

1. 增强全民防灾意识,建立和逐渐完善全民避难系统

我国是一个自然灾害频繁发生的国家,其中约70%是气象灾害,尤以暴雨洪涝灾害比重最大。因暴雨所带来的一些次生灾害,如山体滑坡、泥石流、

山塘和水库垮坝给国民经济建设和人民生命财产造成的危害极为严重。随着国民经济的发展,气象灾害所造成的经济损失的绝对值呈上升趋势。自然界还有可能发生类似“75.8”型的特大暴雨,造成不可估量的经济损失。因此,要增强全民防灾意识,通过报纸、广播、电视、有线电视等新闻媒介加强防灾意识教育的力度。同时,应着手建立全民避难系统,增强整体防大灾抗大灾的能力,并随着经济实力的发展使其逐渐完善,防范于未然。

2. 增加暴雨洪水科学研究的投入

暴雨洪水科学研究的成果能够带来显著的经济和社会效益,其产出比不是用金钱可以简单计算的。例如,在1991年江淮流域发生特大洪水之前和洪水期间,气象部门及时提供了准确的暴雨预报,尤其是在6月15日决定安徽王家坝是否分洪的关键时刻,提供了准确的决策依据,省政府作出了推迟分洪的决定,使19 000多群众在洪水到达之前得以全部安全转移。这次决策服务产生了难以估量的经济和社会效益。又如,1994年有12个台风(热带风暴)在我国沿海登陆,国家气象中心和有关气象台对路径、强度、大范围的风雨预报基本准确,获得了满意的服务效果。其中,17号台风登陆时正值天文大潮,风速之大(50米/秒)、雨势之强(过程降雨量620毫米)、危害之严重(经济损失174亿元,死亡1 300多人),为建国以来所罕见。但由于国家气象中心和浙江省等有关气象台的预报、警报服务工作准确及时,浙江省人民政府及时组织转移了60万人,避免了重大的人员伤亡和经济损失。再如,1995年汛期,湖南省出现了7次连续2天以上的暴雨或大暴雨天气过程,湘中以北地区遭受了1954年以来最严重的暴雨洪涝灾害。对于这7次暴雨天气过程,有关气象台的预报准确率达85.7%,并主动积极地为政府领导和有关部门开展服务,取得了显著的成效。据湖南省有关部门统计,准确及时的暴雨洪涝预报避免了近40亿元的直接经济损失。

3. 充分利用暴雨资源,解决我国北方水资源短缺问题

任何事情都具有两面性。暴雨可以造成严重的洪水灾害,但也是宝贵的水资源。随着气象水文预报水平的提高,利用气象水文研究的最新成果,充分利用暴雨资源是有可能的。这方面的工作亟待科研立项,组织科研队伍攻关。例如,水库中的水是人类赖以生存、工农业生产赖以发展的宝贵资源,也是发电的动力。目前,水库的调度基本上还是以落地雨量为依据。为了提高时效,依气象水文预报为依托,利用计算机科学和人工智能科学的最新成果研制气象水文预测专家系统的时机已成熟。这项研究工作若开展得好,对我国充分利用暴雨资源,解

(下转第50页)

亿立方米。1986~1990年间,年均增产原油100万吨以上。胜利油田是东营市最辉煌的大型企业,也给现代黄河三角洲带来了现代化的飞跃。1949年,全区工业产值仅157万元,占工农业总产值的1.4%;1990年,地方工业产值已占地方工农业产值的66.9%。1989年,胜利油田用于勘探、开发的建设投资约47亿元,采购物资30多亿元,每年施工面积100万平方米以上,为地方工业的发展和劳动就业开拓了广阔的市场,逐步带动东营市地方工业围绕油田发展成综合工业体系;农村社会总产值增长312倍。现代黄河三角洲在10年内生产总值增长了3.5倍,建成3000多公里公路,两个海港和一个机场,初具规模的中小城镇拔地而起。一条“开发油气资源→发展石油化工→形成替代产业→走向长期繁荣”的持续发展战略正在推进。1988年,东营市已进入全国18个人均国民生产总值4000元以上城市的行列(占第15位),在全国城市5项综合指标(城市结构、经济效益、人口素质、生活质量、社会秩序)评比中,居山东各城市的首位。

但是,“二元结构”不能适应市场化经济改革的深入,从区域可持续发展能力建设角度看,更遗留留下严重的社会和环境问题,必须努力解决。

(1)胜利油田生产的原油,主要由管道输往淄博齐鲁石化公司,在青岛荒岛码头或仪征长江码头出口,七五期间,为国家创汇40多亿美元。而在当地仅留下不能外运的稠油和高硫油,由当地乡镇企业处理。油田排放的大量CO₂未加利用,齐鲁石化公司的排污严重污染小清河的下流和莱州湾。

(2)油气田的勘探尚在继续,现代黄河三角洲的合理土地利用必须统筹规划。例如1983年东营建市,由于考虑到西城区埋藏原油而在远离15公里以东处建设新区。又如黄河口的自然保护区也覆盖着埋藏丰富的油气田,如何协调应及早考虑。

(3)油田连年政策性亏损,难以为地方产业建设提供资金。地方经济不能从当地的资源优势中分享工业利益,造成区域产业结构的低水平和滞后,不能满足为石油产业提供广泛有效的服务,油田不得不自己搞“大企业,小社会”,加剧了“二元经济”的恶性循环。例如,为解决黄河北岸采油场职工生产生活问题,1983年建立东营市的同时,规划建设孤岛新城(仙河镇),目前建筑面积约40万平方米,8个居住小区已有人口3万,服务于50公里半径内的孤东、孤岛及三外采油场,并建有1.2万亩耕地,1000亩虾池,3000头猪场,5万只鸡场、1000亩淡水养鱼池,保障油田职工生活,形成浅海油田开发的陆上基地。

(4)国家与地方合作产油、开发资源,有利于原油与废气的综合利用。减少环境污染。如沥青分馏、氢气及CO₂的利用。又如在盐滩利用CO₂培养螺旋藻被誉为“21世纪超级绿色食品”,每克轻粉相当于1公斤蔬菜,蛋白质含量高达60~70%,富含人体必需的多种维生素、矿物质、酶和氨基酸。目前国内已建成螺旋藻工厂30多家,每年生产轻粉500吨左右,用于医药及保健食品。在东营市已具备充分的资源和环境条件,宜逐步形成规模生产。

(责任编辑 冷远猷)

(上接第58页)

决我国北方水资源短缺问题是大为有益的。这里有一个观念转变的问题,过去重在防灾,现在防灾虽仍要放在首位,但应考虑在防灾的同时如何最大限度地兴利,最大限度地利用暴雨资源。

4. 建立暴雨洪水科研成果推广基金

目前国外的数值预报模式在我国的试验反比国内的数值预报模式试验容易。究其原因,国外的模式容易得到,国内的模式却很难得到。这就大大阻碍了暴雨洪水科研事业的发展。国内的模式是研制者花费几年、几十年,甚至毕生的精力研制出来的,他们的劳动应该得到报偿。水利部、国家气象局若能建立暴雨洪水科研成果推广基金,把通过国家鉴定的、有价值的模式买下来,再在全国范围内免费推广,无疑会推动我国暴雨洪水科研事业的发展,所得到的社会、经济效益亦会远远大于投入。

(责任编辑 刘先曙)

(上接第61页)

陷也会日益突出,发达国家中产生毒品问题的种种因素将在我国逐步形成。那时,我国的肃毒工作将变得更为艰巨和复杂。为未雨绸缪,我们在追求经济和社会现代化的过程中,是否也应该对当代工业社会的文化缺陷有所警觉、有所防范?

提出这些问题,并非要主张放任毒品的泛滥。只是要提醒我国的政策研究部门注意毒品问题的复杂性,及早将中国的毒品问题研究置于一个较为广阔的经验背景中,以免重复他人走过的弯路。

(本文中有关我国和缅甸方面毒品情况的数据均引自云南省肃毒与发展研究中心、云南省东南亚研究会肃毒与发展研究中心的内部调研报告。)

参考书目

- [1](美)杰克·D·道格拉斯、弗兰西斯·C·瓦克斯勒著,张宁、朱欣民译:《越轨社会学概论》,P230~266,河北人民出版社,1987年,石家庄
- [2](美)弗·斯卡皮蒂著,刘泰星、张世灏译:《美国社会问题》,P259~284,中国社会科学出版社,1986年,北京

(责任编辑 蔡德诚)