

风雨变无常 神州气象新

——中国气象科学研究院暴雨研究“973”项目纪实

■本报记者 潘峰

由于面积广阔,地形复杂,我国是世界气候的脆弱地区之一。近年来,气候异常给我带来了严重的气象灾害,比如洪涝灾害,每年造成的经济损失在2000亿元以上,占到国内生产总值的1%-3%。由于我国气象灾害的严重性,我国重大气象灾害的特征、成因及预测已成为我国大气科学的前沿研究课题。

中国气象科学研究院在过去10年中已连续圆满完成了两个国家“973”项目,即“我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论的研究”(1999-2003,双首席,首席科学家之一倪允琪)和“我国南方致洪暴雨监测与预测理论和方法研究”(2005-2009,首席科学家张人禾)。经过十余年的研究,已经取得了重大的理论成果和实践成果。有幸的是2011年新的国家“973”项目“持续性重大天气异常形成机理和预报理论(2012-2016,首席科学家翟盘茂)”再次获得科技部批准立项。这就意味着中国气象科学研究院在强降水研究领域连续得到3个国家“973”项目的支持。为了进一步了解项目情况,本报专门拜访了中国气象科学研究院前任院长、首批国家“973”项目(1999-2003)首席科学家倪允琪教授。在倪允琪教授的侃侃而谈中,我们逐渐揭开了我国天气灾害“973”项目的神秘面纱。

项目背景 何为“973”计划

“973”计划,也就是国家重点基础研究发展计划,正式启动于1998年。“973”计划是具有明确国家目标、对国家的发展和科学技术的进步具有全局性和带动性的基础研究发展计划,旨在解决国家重大需求中的重大科学问题,以及对人类认识世界将会起到重要作用的科学前沿问题,提升我国基础研究自主创新能力,为国民经济和社会可持续发展提供科学基础,为未来高新技术的形成提供源头创新。

“973”计划的每个项目实施5年,每年审批一次。目前,2011年度项目申报评审工作已经结束,共有94个项目立项。其中,包括由中国气象科学研究院申报的“我国持续性重大天气异常形成机理与预测理论和方法研究”项目,这也是中国气象科学研究院申报的与暴雨研究有关的第三个“973”计划的获准项目。

“973”计划定位是以国家重大需求为导向,对我国未来发展和科学技术进步具有战略性、前瞻性、全局性和带动性的基础研究发展计划,目标是解决我国经济建设、社会可持续发展、国家公共安全和科技发展中的重大基础科学问题,在世界科学发展的主流方向上取得一批具有重大影响的原创性研究成果,为国民经济和社会可持续发展提供科学基础,为未来高新技术的形成提供源头创新,提升我国基础研究自主创新能力。“我国持续性重大天气异常形成机理与预测理论和方法研究”项目的立项是自1998年启动“973”计划项目以来,中国气象科学研究院获得的第6个国家“973”计划项目。10年多来,中国气象科学研究院的科学家团队和科研人员在气象基础和应用基础研究的前沿,勇挑重担,勤于耕耘,以气象事业发展的国家战略需求为导向,着力解决气象事业对经济社会发展中的关键科学问题,充分凝聚国内优秀气象科技人才和气象科研骨干团队,积极为气象事业的发展贡献力量。

暴雨研究 缘起九八特大洪灾

1998年的洪涝灾害,给我们国家造成3000多亿人民币的损失,还有1000多人口因这次洪涝而丧失了生命。倪允琪教授认为,洪涝灾害和旱灾不一样,洪涝灾害就像一个人急性病一样,突发性强,暴雨会引起人民生命财产的突然之间的损失。而旱灾一般来讲就像我们的慢性病,它影响的时间很长。同样会造成很大的损失,但主要的就是在经济上,尤其是农业生产。最近几年来,随着我国国民经济的发展,由于气象灾害所造成的损失,也随着国民经济的发展而增大。因此,我国整个经济因为气象灾害所受到的损失越来越大。

所以,我们非常有必要采取措施来预防洪涝灾害。倪允琪教授在他的一份研究报告中指出,暴雨主要可以分为3种:一种是梅雨锋暴雨(包括华南前汛期暴雨);一种是台风暴雨,或者比台风强度低一些的,我们就叫做热带气旋引发的暴雨;还有一种,就是我们夏天经常会遇到的局地对流引起的暴雨。那么,暴雨又是如何形成的呢?它需要3个条件:第一,要有足够的水汽;第二,一定要有上升运动,暖湿的空气上升遇冷凝结成水滴;第三,大气层结不稳定。正是在这样的基础上,中国气象科学研究院展开了对暴雨的持续研究。在此期间,倪允琪教授先后担任了“我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论”“973”项目的首席科学家之一(双首席)和“我国南方致洪暴雨监测与预测的理论和方法研究”国家“973”项目的课题组长、专家组成员和项目办公室主任负责人。

经过两个国家“973”项目的研究,倪允琪教授和张人禾研究员先后带领的团队取得了一批具有创新意义和应用前景的成果。主要成果包括:

1) 提出了完全基于多种实时观测资料的我国南方中尺度暴雨的多尺度物理模型;锋生、锋面动力学研究取得重要进展。



倪允琪(右二)在野外试验现场与研究人员讨论风廓线雷达的观测结果。

2) 提出了引发我国梅雨锋暴雨和南方暴雨的天气学模型,暴雨锋区环流演变概念模型以及在持续暴雨中形成双雨带的物理概念模型;针对梅雨锋深厚湿对流系统演变过程,提出了非线性对流—非对称不稳定发展的概念模型。国内首次利用高时空分辨率的观测资料和再分析资料构建了我国南方中 β 尺度(空间尺度仅有几十至一二百公里)的中尺度强对流系统的三维结构并提出了其发展机理。

3) 初步提出了形成我国南方持续性暴雨的大尺度环流异常和气候背景的物理模型。

4) 中尺度暴雨的定量卫星遥感反演的理论和方法研究取得了重大进展,其中个别领域如云导风产品质量和降水产品精度已经达到国际先进水平;从云内冰云结构反演到已经发表的反馈理论和方法得到进一步发展,发展了三维反演温、湿廓线的理论和方法。现在已经有能力利用卫星遥感反演中尺度暴雨系统的三维结构。

5) 成功研究了双多普勒雷达和三部多普勒雷达同步探测和反演中尺度暴雨系统的三维结构的理论和反演方法。发展了多部多普勒雷达组网反演技术,进一步发展了利用单部雷达反演风场的理论和反演方法。

6) 发展了配有三维变分同化系统的中尺度暴雨数值预报模式系统;在国内首次研制成功新一代非静力中尺度数值预报模式。

7) 进一步发展了以雷达和数值模式相结合的中尺度暴雨临近预报系统以及中尺度暴雨的快速循环分析与预报系统;自主创新发展了一种新的四维变分同化系统——历史拟合投影四维变分同化系统(HFP-4DVar)。

8) 成功实施了2001-2002年长江中下游梅雨锋暴雨野外科学试验和2008-2009年我国南方暴雨野外试验(SCHeREX),获取丰富的观测资料和生成高时空分辨率的气象再分析资料。在2009年8月我国首次实施机载下投式探空对我国南海台风的观测试验。

上述多项成果已在国家与地方气象业务部门、军事和水文部门应用,取得明显的社会效益。其中,梅雨锋暴雨的定量遥感技术与数值预报模式系统已在全国59个业务与研究单位使用,包括国家业务中心和省级业务部门、解放军总参气象中心与研究、黄河委员会与三峡气象服务中心以及高等学校与研究所。此外,中尺度暴雨数值预报模式系统AREMS还被推广到巴基斯坦、泰国、叙利亚、斯里兰卡等一些国家。

在广东、湖北、上海和安徽建成了4个中尺度观测与应用试验基地,并安装了由上述研究成果集成的中尺度灾害天气监测、预报平台(M-WAFS平台),形成了覆盖长江流域以南整个南部中国区域中尺度分析中尺度暴雨模式预报产品,并已把上述产品实时提供上述4个基地的气象预报部门的预报员使用,使野外试验资料不仅在研究上而且在业务上发挥重要作用。

第一个国家“973”项目“我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论”的部分成果于2006年获得了国家科技进步二等奖,同时还获得省部级一等奖四项、二等奖一项等六项奖项。上述两项国家“973”项目的研究人员已发表研究专著九本(2012年还将出版《暴雨研究》专著),论文九百余篇,其中SCI(E)250篇。

倪允琪教授认为,上述两项国家“973”项目的完成为提高我国暴雨的监测与预测能力打下了坚实的科学基础,并提供了先进的技术支撑。项目把两个国家“973”项目10年研究成果凝练和集成为一个模型、三个系统和一个数据库”,即一个我国南方中尺度暴雨的多尺度物理模型;3个集成应用系统,即中尺度暴雨的卫星遥感集成应用系统、中尺度暴雨的多普勒雷达反演集成应用系统以及配有三维变分同化的中尺度暴雨数值预报模式系统;1个数据库,即野外试验暴雨数据库。上述模型和系统不仅为提高我国暴雨预报水平提供更为坚实的理论基础,而且集中了

两个国家“973”项目在定量遥感和暴雨数值预报模式研究方面的主要成果,不仅填补国内空白,而且为我国暴雨监测与预测水平的提高打下了良好的科学基础,具有广泛的应用前景。

但是,倪允琪教授并没有沾沾自喜,反而觉得:“一开始我们对于形势估计得过于乐观,没有完全认识到国内这方面研究底子薄、基础差的实际情况。”但是经过10年努力,中国气象科学家们克服种种困难圆满地取得了预期的结果。在我国南方暴雨形成机理、监测与预报理论和方法研究方面向前迈出了坚实的一步,已经取得一批具有创新意义和应用前景的成果,其中有的已经在业务上得到了应用并发挥了很好的效益,有的在经过与业务磨合并进一步改进提高之后,有望在气象业务现代化中得到应用。科技部组织的先后两个国家“973”项目验收专家组对中国气象科学研究院主持的两个国家“973”项目给予高度评价,一致认为“成绩优异”。

理论指导实践 暴雨研究成果的应用

在“我国重大天气灾害形成机理和预测理论”项目进行到第三年的时候,已取得了一些重要的阶段性成果,其中之一就是形成了一个包含三维变分同化的中尺度暴雨预报模式系统(以下简称暴雨模式系统),并已经开始在我国气象业务数据平台支撑下实现完全自动化运行,并在安徽省和湖北省气象台投入业务试用。

2003年6月21日我国长江流域各省先后进入了梅汛期,尤其是安徽省沿淮、淮北地区降水与常年同期相比异常偏多,造成淮河流域自1991年以来最为严重的一次洪涝灾害。该暴雨模式系统对当年6月22-24日开始进入梅汛期的降水过程,6月30日副热带高压突然增强北抬,导致主要雨带转入江淮流域,并对该年江淮流域的洪水的转折性过程等几次关键性过程均做了较为准确的预报。

特别是2003年6月29日至7月3日,淮河流域出现了当年入汛以后的第三次连续性暴雨过程,连续5天的大范围暴雨,大暴雨直接造成淮河王家坝自1991年以来的第一次开闸蓄洪。该暴雨模式系统对这连续几次暴雨天气过程的发生、发展,出现的位置、时段、强度均显示出较强的预报能力,在关键时刻的预报服务中发挥出了重要作用。

2003年6月28日梅雨锋主雨带尚位于长江以北,模式预报29日起雨带将北抬,暴雨中心位于淮河流域,至7月3日模式预报一直显示主雨带稳定少动,暴雨、大暴雨集中在沿淮、淮北及江淮之间北部。实况,29日上述地区21个县市暴雨,4个县市大暴雨;30日16个县市暴雨,2个县市大暴雨;7月1日20个县市暴雨,1个县市大暴雨;7月2日3个县市暴雨,1个县市大暴雨;7月3日3个县市暴雨,8个县市大暴雨。5天内,从暴雨位置、强度、时段及其变化趋势来看,模式预报与实际相比基本吻合。

由于连续强降雨,2003年7月2日6时淮河王家坝水位陡涨至28.8m,距分洪水位仅差2cm。分洪意味着蓄洪区内18万亩土地顷刻淹没,1.9万人需紧急转移。如果后期没有明显降水,守住堤防不致决堤,将避免蓄洪区内百姓财产免遭巨大损失。而一旦降水持续,危及淮河干堤,洪水一泻千里,后果不堪设想。8时,安徽省防汛抗旱指挥部召开紧急会议,气象部门处于科学决策、正确决策、果断决策的风口浪尖,此时该暴雨模式系统预报结果显示2003年7月2日08时至7月4日08时淮河流域仍有强降雨发生,气象部门的领导和技术人员综合分析各种观测资料,就王家坝及时分洪提出自己明确意见,为科学调度运用水利工程、决战淮河汛情做出了重要贡献,产生了良好的社会效益。

湖北省气象局也从2002年汛期和2003年汛期连续两年使用本项目研制的模式系统对全

省的汛期暴雨做了试验性应用预报。自2002年5月该模式系统在武汉暴雨所完成安装调试以来,武汉暴雨所应用该模式在主汛期每天两次制作长江中游0-36小时降水量预报。其预报结论和该所其他预报产品一起实时进入湖北省气象局计算机系统,与武汉中心气象台业务平台联网,供气象预报员制作预报时调用参考。防汛关键时期,武汉暴雨所还依据模式预报结论每天早晚两次参与湖北省气象局组织的天气大会商,为科学防汛提供了重要依据,得到各级领导和预报员的好评。

上述试验性应用情况表明,国家“973”中国暴雨项目的部分研究成果能及时在国家急需的业务部门实施试验性应用,一方面国家“973”研究成果能及时在防汛抗灾中发挥作用,体现国家“973”项目的国家目标和国家需求;另一方面也及时通过试验性应用来检验“973”项目研究成果的应用性和解决国家需求的能力。

新的使命

我国气象预报一定会进入世界先进水平

每年夏天,华南地区的暴雨天气就会持续不断,每次暴雨天气过程都会给当地带来严重的气象灾害。倪允琪教授指出,暴雨天气预报一直是气象预报工作的难题。目前我国暴雨预报水平已经接近国际先进水平,在这个基础上,广大气象工作者仍在不断努力提高预报准确性,降低暴雨天气的危害。

暴雨的危害是巨大的,暴雨引起的山洪暴发、河流泛滥,不仅危害农作物、果树、林业和渔业,而且还冲毁农舍和工农业设施,甚至造成人员伤亡,经济损失严重。我国历史上的洪涝灾害,几乎都是由暴雨引起的,像1954年7月长江流域大洪涝,1963年8月河北的洪水,1975年9月河南特大洪涝,1998年我国长江流域全流域特大洪涝灾害等都是由于暴雨,甚至持续性暴雨引起的。如果暴雨预报的准确率能进一步提高,可以进一步降低气象灾害发生的严重程度。

“暴雨天气预报一直都是气象预报工作的难题。”倪允琪指出,中国是多暴雨的国家,几乎全国各地都会有不同程度的暴雨出现。5~6月间,华南地区暴雨频频发生。6~7月间,长江中下游常有持续性暴雨出现,历时长、面积广、暴雨量也大。因此,暴雨天气的预报就显得尤为重要。目前世界上暴雨预报最先进水平,准确率大约在15%~20%之间。这就是说,如果预报明天有无降水的国际先进水平是有7~8成的成功把握,那么要定地点、定时间和定量地去预报暴雨那只有1.5~2%的把握。而我国也基本达到了15%的水平,也已步入国际水平的行列。就暴雨天气自身来说,强度大、时间短、变化快、暴雨面积小,单部雷达回波或者天气云图有时也很难完整地显示出如此短时间的局地天气过程,在这样的情况下预报员想做出准确的诊断和预报十分困难。

倪允琪教授在充分肯定了目前气象预报工作的同时,也谈到了暴雨预报仍有很大的提高空间,目前中国气象学院的专家们仍在为之不断努力。特别是在防灾减灾方面,有效的暴雨预报可以大大降低暴雨天气的危害,为国民民生提供安全保障。

2008年,南方出现历史罕见的持续性低温雨雪冰冻,国家迫切需要气象部门对持续性降水支持中长期预报。这也让研究暴雨的“973”项目面临新的挑战——不但要研究夏季的持续性暴雨,还要研究冬季的持续性冰冻雨雪。

在预报方面,我国的全球模式预报能力只有6天,而这个6天也只能预报天气形势,还不是强降水。怎么办?

于是,第三个有关持续性强降水的“973”项目“我国持续性重大天气异常形成机理与预测理论和方法研究”应运而生。

在持续性强降水的机理方面,这一项目要解决两大问题:一是多尺度天气系统的相互作用对我国持续性重大天气异常的影响及其机理研究,二是揭示复杂下垫面强迫和陆海气相互作用对这种持续性重大天气异常影响的物理过程,尤其是青藏高原大地形的动力、热力作用及影响。

对此,由于超龄已经不再担任首席科学家,但仍为该项目核心科学家的倪允琪教授介绍说,第一仍然要发展全球数值模式,以提高天气形势预报的时效。在此基础上发展和强降水预报有关的中尺度的精细预报模式,实现滚动式的嵌套预报,这就需要研究一种新的动力学预报方法。

在研究多尺度、海陆气相互作用、高原地形等对持续性强降水形成的物理过程基础上挑选一系列的影响因子,然后运用统计学的方法加以分析,建立统计—物理预报模型,有望进一步改进预报8天到14天的逐日降水。从而提高对持续性暴雨和持续性冰冻雨雪等灾害天气的中长期预报能力。

为国奉献 科学家天生的使命

1964年,倪允琪毕业于南京大学气象系,随后留校任教,不久就赶上了文化大革命,科研工作一直没有正式展开。1971年,倪允琪幸运地被推荐进文化大革命后组建的第一个华东地区台风研究协作组,他和上海中心气象台、浙江省气象台、浙江省气象台合作研究台风路径预报,直到1980年。1980年,国家通过公开考试,准备选拔一些科学工作者到美国开展合作研究,倪允琪有幸成为其中之一。在经过了一年的英语补习之

后,倪允琪来到了威斯康辛大学,在威斯康辛大学气象系主任霍顿教授指导下开始接触气候动力学,并致力于研究全球大气环流数值模式。1984年5月,回到南京大学继续研究。直到1991年倪允琪再次接到了来自哥伦比亚大学研究海气相互作用的美籍著名科学家马克·肯的正式邀请,前往美国哥伦比亚大学研究海气相互作用及其数值模式。2年后,响应母校的召唤,倪允琪放弃了在哥伦比亚大学的优厚待遇,回到南京大学,担任大气科学系主任。1996年,倪允琪调任中国气象科学研究院院长,直至2001年9月。

当时的气象科学研究院,并不是一个让人羡慕的地方。只要看一看工作环境就能想象那个时候中国气象科学研究院的困难状态:建于1953年的筒子楼又破又旧,走在黑黑的楼道中,你甚至辨不清迎面而来的人;而窄窄的楼道还塞着书柜资料等杂物,走不好你就会撞到了什么楣上。这和国内其他国家单位是没法比的,和国外研究单位更是没法比。尽管如此,倪允琪还是一心扑在工作上,一方面主持气科院作为科技部重点改革试点单位的科技体制改革,另一方面要主持国家首批“973”项目之一的暴雨研究。为此他克服了在“973”项目中遇到的又一个一个难题。

在国家科技部和气象总局的大力支持下,中国气象科学研究院主持的两个国家“973”项目已经取得了一系列重要成果,但在整个项目运作过程中仍然遇到诸多问题。一是人员分散,研究人员来自于多个部门的不同单位,虽然每个参加项目研究的人员都与项目签订了专题合同,明确自己在专题中的任务,但在组织实施时每个参加人员都形同单干户,或小作坊,很难把握所有研究人员都在一个方向上展开研究,很难把各自的研究成果融合形成课题的整体成果。二是经费使用分散,由于人员分散,研究经费通常按各研究人员承担的任务轻重和对课题、项目总体目标任务完成的贡献和任务的重要性来确定研究经费的多少,这就必然造成研究经费使用分散和支持力度不够的格局,这样一来项目的协调和经费调剂能力就很弱,甚至没有调节能力。三是成果分散,如果按照传统项目管理与实施模式去完成成果的集成。一般的项目实施时,往往会按任务性质的不同被分割成若干的子课题,研究成果本身并非统一的整体。只有把各子课题的成果按照项目的内在规律和外在要求整合起来,真正形成项目的整体成果和系统成果,才具有应用前景。如果依照传统的管理模式和组织形式,项目主持单位不提供必要的研究条件和研究环境,不开展研究成果的集成和凝练,各子课题的成果分散在各自的实验室里或者各自为政地分散推广应用,“973”计划项目的研究成果满足国家需求这一重大目标几乎是不可能实现。克服这些困难的关键,正是倪允琪教授、张人禾研究员这些“973”项目的首席科学家及其整个团队对科研的满腔热情和对国家的一腔赤诚,再组织力量,甚至跨课题集成和凝练研究成果,最终形成如上面介绍的“一个模型、三个系统和一个数据库”的项目整体成果。

不仅如此,倪允琪教授还非常重视为国家培养人才。倪允琪教授透露,中国气象科学研究院从1999年第一个研究暴雨的“973”项目获批,到如今第三个研究暴雨的“973”项目即将启动并持续到2016年,中国气象科学研究院的暴雨研究历经15载,在同一研究领域连续获得3个“973”项目的支持,这在我国“973”项目发展史上也是并不多见的,靠的就是人才。

2011年3月8日至10日,在日本名古屋参加东亚地区中尺度强对流和暴雨研讨会的国外专家公认,中国科学家在暴雨研究领域的水平已明显提高。除了研究的前瞻性,最亮点的是科学家的年轻化。

倪允琪介绍,现在站在国际讲台上的很多是三十多岁的年轻科学家,而以前多为五六十岁甚至六十岁出头的科学家。短短十年,人才如雨后春笋般成长,奥秘何在?

影响人才成才的因素很多,倪允琪的经验是:首先要在大项目中锻炼人才,培育活跃、宽松的科研氛围,尤其是要敢于启用有潜力的年轻科学家担当重任。还要努力做到“派出去”和“请进来”。“派出去”就是年轻科学家到国外跟随最前沿的科学家做一两年研究,了解人家的研究思路、研究方法,不仅能提高自己,也能带动国内整个领域的研究水平。这些科学家回国后,不仅自己脱胎换骨,带来的研究生也大不一样。“请进来”就是专门请国际上的前沿学者讲学,加强国际学术交流合作。由于已经尝到了甜头,每年项目都要办一个夏季讲习班,邀请国外著名科学家举办专题讲座。

作为文革后的新一代知识分子,倪允琪这一辈科学家在我国科技发展史上起着承上启下的作用。现在在我国科技事业中起到中坚作用的中青年科学家,有很多都是他们的学生。同时,他们所进行的气象科学研究,也是功在当代利在千秋的伟大事业。

在展望未来的时候,倪允琪充满希望地说:“再过20年,我们点和点的观测距离可能只有一公里,甚至更小,也就是说,这个街道到那个街道之间的天气有什么差别,就可以用各种观测手段观测到,也可以在计算机里算出来。我们到那个时候,可以通过遥感设备,可以看到整个大气里边精细的三维风场的结构,甚至可以做长达三十天的天气预报。”总而言之,到那个时候,我国的气象科学和现在比,就像现在和三十年以前比一样,将会是一个全新的面貌。