



解密东亚气候“风云故事”

——记国家自然科学基金创新研究群体项目“东亚气候系统变化机制及预测方法”

■本报记者 甘晓

从11月初开始,全中国从北“冻”到南,许多地方比往年更早地迎来了初雪。今年冬天会不会更冷?明年春天和夏天的旱涝情况如何?这些已经成为当下人们最关心的问题。

在科学家看来,想要了解未来一年我国的气候如何变化,必须从理解“东亚气候变化规律和机制”这一科学问题入手。“在‘年际’这样一个时间尺度上,东亚气候变化有什么特征、驱动机制是什么,是我们通过研究想要获得的答案。”中国科学院院士、南京信息工程大学教授王会军告诉《中国科学报》。

自2015年以来,王会军带领的团队在国家自然科学基金创新研究群体项目“东亚气候系统变化机制及预测方法”(以下简称创新群体项目)支持下,围绕中高纬和东亚气候系统多尺度变化规律和机制、中高纬气候系统对东亚气候的影响和过程以及东亚气候系统的预测和预估等方面开展了系统深入的研究,取得若干重要进展。

研究中,他们不仅关注“年际”时间尺度,还关注“年代际”甚至数千年以前的古气候变化,致力于解密东亚气候的“风云故事”。

“冷板凳”赋能极端气候决策

时间回到2014年7月,持续高温、少雨天气导致华北和东北南部地区出现了严重干旱,一些省份的干旱程度甚至创了近60年之最。王会军敏锐地注意到这一现象,迅速投入研究工作中。他们通过系统分析大气环流特征、海温和海冰的作用,发现此次华北干旱事件是由太平洋海温异常、北太平洋海洋环流动力过程(以下简称创新群体项目)支持下,中国科学院海洋研究所(以下简称中科院海洋所)研究员袁东亮带领该创新群体取得重要突破性成果:发现了一支迄今赤道外最长、最强的,横跨北太平洋海盆的次温跃层潜流——北赤道次表层流,揭示其进入印尼海的路径以及动力机制,纠正了经典理论存在“阴影区”的错误;发现了连接太平洋和印度洋环流的一支洋流——印尼贯穿流的新分支,为太-印交换和全球海洋大输送带提供了新格局认识;同时揭示了北太平洋副热带环流西边界流——黑潮与近海环流相互作用对我国沿海环境的影响。该团队在国际上发起并引领的NPOCE(西北太平洋海洋环流与气候实验)国际合作计划得到国际学界的高度认可。

“冷板凳”赋能极端气候决策



王会军在学术会议上发言。 研究团队供图

变化。“年代际尺度的气候变化对国计民生至关重要,例如对华北地区干旱情况的预测将直接影响国家对水资源的决策。”王会军表示。

让基础研究为国家决策赋能是研究团队一路走来的不懈追求。2014年,他们获得创新群体项目支持,在“东亚气候系统变化机制及预测方法”领域开启新征程。

研究团队看到,在全球变暖的背景下,暴雨、干旱、高温等极端天气气候事件的频次和强度都有所增加。气候经常以一种极端的方式呈现在人类面前,这意味着,应对极端气候的防灾减灾工作将面临更大的挑战。

如何将研究成果服务于国家的防灾减灾?这是他们一直关注的问题。洪涝、滑坡泥石流是我国常见的重大灾害,每年均会造成重大的经济损失和人员伤亡,但此前对洪水和泥石流的预报主要停留在经验和统计的基础上,难以满足当前防灾减灾的需求。“我们需要更加精确地知道,在什么时

间、什么地点发生多大强度的滑坡,才能指导预警。”王会军解释,“真正科学的办法是从数学和物理角度来构建模型,建立预报系统。”

为此,他们下定决心,瞄准洪涝、滑坡泥石流动力学预报这一难题。其间,几位研究人员潜心钻研,克服了发表文章少、出成果慢带来的现实困难,甘愿坐“冷板凳”。最终,建立起一套适合于中国的高分辨率滑坡泥石流动力学数值预报系统,如今已在为防灾减灾提供相关帮助。

追踪6000年前古气候

对将来气候如何变化进行更可靠的预测,是气候学界的热门问题。想要预知全球变暖未来走向,从地球漫长的历史中寻找答案是一个有效的途径。

王会军指出:“我们需要距今很长时间的资料,告诉我们过去的气候,在此基础上分析当时的气候变化是什么原因造成的。”根据这一思路,科学

家们会找到若干年前一个类似的气候暖期,了解当时的季风、降水、水文、植被、冰川等特征。

这里的若干年前可能是上百年、上千年,甚至是更久的时间尺度。当现代气象水文观测资料不足以覆盖如此长的时间尺度时,科学家发展了另一种工具——地球系统模式。科研人员用融合了多种复杂大气物理过程的微分方程组来描述气候系统,方程的求解还需要超级计算机的帮助。

在创新群体项目的支持下,研究人员利用地球系统模式,“穿越”回6000年前全新世中期典型暖期,围绕当时的厄尔尼诺—南方涛动(ENSO)成因等科学问题进行深入研究。结果表明,一系列综合因素的共同作用导致全新世ENSO减弱,包括轨道强迫下亚洲和非洲季风降水及东西向环流增强、气候平均的信风加强、太平洋副热带环流增强、温跃层响应减弱等。

在创新群体项目成员看来,对古气候的“追踪”,有助于理解当下的全球变暖情况,并以此推测未来气候变

化的趋势。

团结一心聚力

在王会军带领的科研团队中,协作精神得到格外重视。“我们团队中的几位骨干成员已经在一起工作很多年,互相合作已经成为一种习惯。”

定期学术交流是开展协作的重要载体平台,科研人员积极参与则成为团队纪律。一次,针对研究生不积极参加学术活动、不愿分享学术研究的现状,王会军在组会上提出批评。正是在团结合作的氛围中,几位研究方向不同的骨干成员之间真正实现了戮力同心聚合力的效果。

“我们认识到,北极海冰和大气环流的变化,对东亚气候其实是非常重要的。”王会军介绍。敏锐的科学洞察力促使王会军和挪威科学家 Ola M. Johannessen 于2003年成立了竺可桢—南森国际研究中心(以下简称竺—南中心),致力于中高纬度气候变化的研究。依托该平台,中国和挪威的大气科学家开展

紧密合作,为创新群体项目开展东亚气候研究增加了“极地视角”。

例如,创新群体项目成员利用竺—南中心的合作研究,在对华北地区霾事件发生的原因研究中,将霾事件发生的频次与北极海冰覆盖度进行关联,发现二者之间在年际、年代际尺度上呈现反向变化。也就是说,北极海冰覆盖多(少)的日子里,华北发生霾的天数就会变少(多)。

王会军认为,这项研究结果提示我们,除了人类排放的污染物之外,气候驱动因素也是霾天气的“帮凶”。“近几年来,我们明显感到霾变少了,主要得益于大气污染物的治理,但也与中高纬气候系统的变化分不开。”

面向未来,创新群体项目成员们将继续用科技的力量,在复杂的风云变幻中,揭开东亚气候变化之谜。“气候预测非常难,我们还要不断努力,不仅在基础研究中取得突破,还要让科学论文走出实验室,在国家气候预测中体现价值,为国为民服务。”王会军强调。

《中国科学报》:作为从事基础研究的科学家,您如何理解基础研究与实际应用之间的关系?

王会军:我所从事的大气科学中确实有很多非常基础的研究,例如用数学和物理学的理论去描述大气中的非线性过程。这些基础研究看起来距离实际应用很遥远,但经过一段或长或短时间的检验,都会对国计民生产生重要影响。谁能想到当初提出的“蝴蝶效应”、非线性混沌理论和现在人们的日常生活密切相关?如果没有这些基础研究,我们就不能对大气的可预报性认识得如此深入,也就无法改进我们的预报手段,进而服务国家建设和人民生活。今年诺贝尔物理学奖

颁发给大气科学家,表彰他们在复杂系统方面的突破,也证明了基础研究终将走向实际应用。

当然,这要求科学家对现实需求保持高度敏感,要有胸怀祖国、服务人民的精神和情怀。例如,我们会非常关注洪水、干旱、污染等问题,遇到大寒潮、超级梅雨等事件时,都会迅速部署,主动开展研究。只有坚持不懈地去做,才能打通从基础研究到实际应用的全链条。

《中国科学报》:对于东亚气候变化系统研究这一领域未来趋势,您如何把握?

王会军:创新群体项目结束以后,我们获得了国家自然科学基金“气候系统预测研究中心”基础科

学中心项目的支持,我们的科学目标也从原来的东亚气候变化机制和预测的问题,扩展、深入到厄尔尼诺和南方涛动(ENSO)与海温的预测、延伸期天气预报以及年际—年代际气候预测等三大关键科学问题中。

具体而言,ENSO的预报涉及到海洋和大气的复杂耦合,要提高其预报水平,需要构建新的动力模型。延伸期天气预报是2周以上、3个月以内的天气预报,是天气预报领域新的世界性难题,缺乏成熟理论和方法。面向更长期的气候“年代际预测”研究也将被提上日程,这类预测的目标是未来10年,对国家区域性规划、生态建设来说意义重大。

乘风破浪心向深海

——记国家自然科学基金创新研究群体项目“西太平洋海洋环流动力过程”

■本报记者 张双虎

西太平洋是全球海温最高的水体——暖池的主体所在地,全球海洋大输送带在此流过,将太阳辐射热量带到高纬度海域,对全球气候产生重要影响。

从“十三五”开始,我国开始对西太平洋进行大规模调查研究。在国家自然科学基金创新研究群体项目“西太平洋海洋环流动力过程”(以下简称创新群体项目)支持下,中国科学院海洋研究所(以下简称中科院海洋所)研究员袁东亮带领该创新群体取得重要突破性成果:发现了一支迄今赤道外最长、最强的,横跨北太平洋海盆的次温跃层潜流——北赤道次表层流,揭示其进入印尼海的路径以及动力机制,纠正了经典理论存在“阴影区”的错误;发现了连接太平洋和印度洋环流的一支洋流——印尼贯穿流的新分支,为太-印交换和全球海洋大输送带提供了新格局认识;同时揭示了北太平洋副热带环流西边界流——黑潮与近海环流相互作用对我国沿海环境的影响。该团队在国际上发起并引领的NPOCE(西北太平洋海洋环流与气候实验)国际合作计划得到国际学界的高度认可。

出海

11月21日上午,青岛薛家岛码头。随着一声悠长的汽笛,“科学号”考察船缓缓离开港口,奔赴西太平洋执行国家自然科学基金委今年的共享航次计划。

“科学号”渐渐驶向浩瀚大海,一点点变小,最终消失在海平线。与此同时,中国的海洋学研究正一步步走向深蓝……

这支30多人的科考队伍要在未来80多天里,回收去年布放的潜标,收集观测数据,维护并重新布放潜标,按照国际GO-SHIP计划标准开展物理、化学、



2015年中印尼联合航次科考(左三为袁东亮)。 研究团队供图

生物、地质等多学科考察。“每次出海都有新挑战。”本航次负责人、中科院海洋所研究员张林林对《中国科学报》说,“早期出海科考,所里会举行个仪式,领导致辞、媒体报道、同事送别,仪式简短而隆重。近年来这些仪式都省略了,大家只是握握手,强调安全事项。”

因为出海前科考队进行了充分的准备,对设计方案反复思考、讨论,他们心里有了底气。

海洋环流研究高度依赖观测,科考队的重要任务之一就是取得海洋状态的实测数据,其中包括布设和回收深海潜标,进行长时间序列观测。

“最开始我们都没有做过这个东西(潜标)。”袁东亮对《中国科学报》说,“在湍急的西边界流内布设6000多米的深海潜标,当时在国际上也是首次,包括潜标系统怎么设计,海上怎么操作,采取什么技术方案,都没有经验可借鉴。”

在经历无数次研讨、设计、尝试和

修改后,该团队终于拿出了一套成熟的观测方案。

一套潜标观测系统,像一串硕大的珍珠项链静静地挂在那里。在长约6公里的“绳”上,最下端是近两吨的重物,将潜标固定在海底,沿着这条绳向上,每隔一段距离设置一个仪器和浮球,让潜标在海里保持“站立”。潜标上挂着30多个昂贵的仪器设备,用来监测洋流、水温、盐度等数据。

在“无风三尺浪”的大洋中,让这个近两吨重的“大项链”竖在海里并非易事。科考队员先放下浮球,然后以低速开动科考船,一边前进一边挂仪器、调整状态,小心放入海中。

“海上作业非常复杂,风向、洋流都要充分考虑,否则放出去的绳摆来摆去,如果碰到仪器、磨损绳子都会导致失败。”另一位创新群体项目成员、中科院海洋所研究员胡石建告诉《中国科学报》,“每次布放潜标,科考队员要连续在甲板上工作七八个小时。使用先进的‘科学号’调查船后,布放一

次能控制在三四个小时内。”

“这一整套东西放进海里,配重、浮球、仪器、绳子及各部分的连接部件,任何一个环节都不能出错,任何一个问题都可能造成潜标无法回收,或拿不到想要的结果。”袁东亮说,“因此,这不仅是个技术活,更是对体力、耐心、细心和团队协作能力的考验。”

历程

20世纪60年代,国际海洋学研究进入大规模海上立体观测实验阶段,但受限于资金、技术、仪器设备等因素,我国海洋学研究总体上还处于摸索阶段,连“跟跑”的条件都不具备。

2009年,我国西太平洋环流研究奠基人、中科院院士胡敦欣获得国家自然科学基金重大项目资助,在国际大规模西太平洋科考停滞15年的背景下,开启了新一轮西太平洋环流科考。

2011年,袁东亮担任国家自然科学基金委西太平洋开放共享航次首席科学家,带队赴西太平洋开展科学调查,圆满完成各项任务,从此开启了长达10年,至今还在延续的西太平洋科考篇章。

《中国科学报》:研究洋流、弄清洋流规律和机理有哪些重要意义?

袁东亮:海洋环流是全球物质和能量传输,尤其是热量输送的重要载体。西太平洋暖池直接影响我国东南沿海的水汽输送,对我国中中长期气候变化和短期气候预测有重要作用。此外,认识和研究海洋对国家安全很重要,同时便于人们开发海洋,更好地服务经济社会发展 and 人民生活进步。

《中国科学报》:我国洋流研究目前在国际上处于怎样的水平?

袁东亮:在海洋研究方面,我国从观测手段、研究方法到仪器装备都有了很大的进步,也取得了一批重要成果。这些年,我们和印尼紧密合作,取得很多有价值的观测数据。在西太平洋—印尼海海域,我们总体上处于国际前沿。

《中国科学报》:下一步我们有什么研究计划?

袁东亮:2007年,中科院组织开展“至2050年中国海洋科技发展路线图”的研究,我是海洋环境领域的规划者和主要撰写人。按照

“早期,我们在胡敦欣院士带领下,摸索着开展潜标观测和研究,为后来获得创新群体项目打下了基础。”袁东亮说,“那时候潜标很贵,每次出海只布放或回收一套(潜标)。”

2014年,我国开始在西太平洋和印尼海大规模布放潜标。此时袁东亮带领的创新群体项目团队已经经验丰富,“比较有信心了”。2015年底,创新群体项目负责人袁东亮带队去回收潜标时,我国在西太平洋已经布放了16套,在印尼海布放5套,形成20余套潜标组成的观测阵列。这一量级上的变化,奠定了我国开展海洋连续观测研究的基石。

此后,袁东亮又领导建设印尼海观测系统,到2018年,形成了印尼海10余套、西太平洋20余套的规模。目前,我国在西太平洋和印尼海已有30多套同步潜标,观测到大量珍贵数据,发现了很多前所未见的现象,取得了一批重要成果。

“我们一步一步一个台阶,每次都有不小的挑战。”胡石建说,“经过10多年探索,我们的一些理论和研究方法,已经成为一种范式,成为国际上其他研究团队的参考。”

袁东亮:在海洋研究方面,我国从观测手段、研究方法到仪器装备都有了很大的进步,也取得了一批重要成果。这些年,我们和印尼紧密合作,取得很多有价值的观测数据。在西太平洋—印尼海海域,我们总体上处于国际前沿。

《中国科学报》:下一步我们有什么研究计划?

袁东亮:2007年,中科院组织开展“至2050年中国海洋科技发展路线图”的研究,我是海洋环境领域的规划者和主要撰写人。按照

合作

“我们在国际合作方面做了大量工作。”袁东亮说,“不仅领导着NPOCE国际合作计划,还在印尼的内海,建起覆盖关键海峡的潜标阵列,获得了国际上仅中国才有的海洋观测数据。”

要研究印尼贯穿流就必须要在印尼的内海开展观测,必须通过国际合作才能实现。袁东亮介绍说,“通过国际会议和开展学术培训等活动,我们与印尼科学家建立起互信的伙伴关系,通过大量的沟通,并创新合作范式,使用印尼科考船完成了印尼海潜标阵列的建设。”

在印尼科考船上工作,研究人员不但要克服自然条件带来的困难,还要适应当地的生活和习惯。创新群体项目成员李峻曾在赤道地区四五十摄氏度的甲板高温下,因为衬衣扣子被晒出了燎泡,创新群体项目成员、首席科学家王晶则经历过晕船失窃航标的惊险……

“这些年轻人成长很快,已经褪去了初出茅庐时的‘青涩劲儿’。”袁东亮说,“他们中有两人获得了国家自然科学基金优秀青年科学基金项目资助,有8人曾任航次或航段首席,完全可以派出去独当一面。”

该路线图,2020年前,我们实现了在西太平洋—东印度洋海域布设观测阵列,形成局部研究优势的目标;下一步,至2035年,我们将计划将观测网拓展到整个印—太海盆。目前国际上在太平洋已经有了一些规划,我们会加强国际合作,形成“十字”观测网并参与国际热带太平洋观测系统TPOS计划;到2050年,我们国家的发展必然要求我们将海洋观测扩展到全球。那时候,我们将把全球海洋连起来形成“完整的故事”。