

海洋加速变暖,过去是,未来更是

■本报记者 王方

海洋变暖是全球变暖一个核心和最基本的指标。海洋是否变暖,如何变暖?不论是公众还是科学家,对此争议的焦点仍在于海洋观测数据的不确定性。

1月10日,中国科学院大气物理研究所(以下简称大气物理所)副研究员成里京联合美国圣一托马斯大学 J. Abraham、加州大学伯克利分校 Z. Hausfather 和美国大气研究中心 K. Trenberth 在《科学》上撰写论文,再次回答海洋变暖研究领域的重要问题:海洋在过去60年加速变暖,且变暖将在本世纪持续。

海洋变暖的争议

地球系统能量增加表现为全球气温升高、海洋增温、冰川融化等。由于海水比热容较大,海洋累积了全球变暖的主要信号:90%的全球变暖能量储存在海洋中。

自美国海洋和大气管理局 NOAA 研究员 S. Levitus 于2000年在《科学》撰文正式发表第一条全球上层海洋热含量变化时间序列,发现20世纪下半叶全球海洋表层升温的现象以来,全球海洋到底变暖了多少,一直是一个争议不断的问题。

“海洋变暖多少的争议来源于过去海洋观测数据质量和数量的不足。”成里京向《中国科学报》介绍。

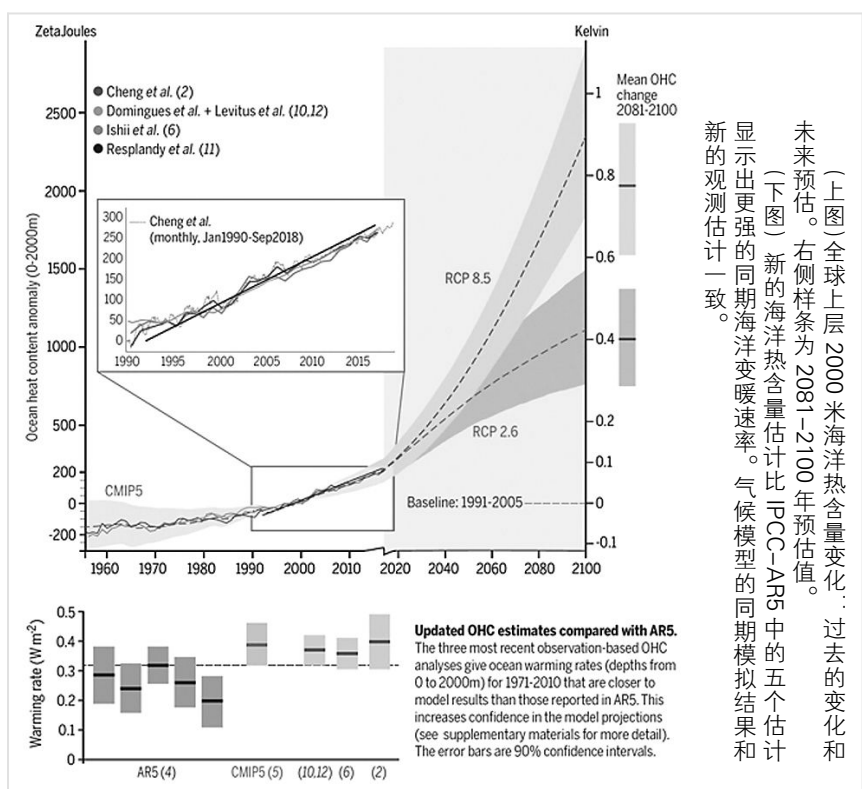
他解释道,“毕竟海洋面积异常广阔,平均深度达4000米,人类目前的观测手段仅仅主要在上层2000米。在2005年Argo浮标观测网建成之前,在南半球以及全球700米以下深海的观测都较为稀少。”

虽然2005年之后,海洋科学家们在海洋中布放了一些新的仪器Argo,得到了较好的全球海洋热含量估计,但是他们永远无法穿越到2005年之前,重新用高精度的仪器观测过去的海洋状况。这造成了历史海洋数据的不确定性。

数据不确定的一个例子是,在2013年发布的国际政府间气候变化第五期评估报告(IPCC-AR5)列出的5个1971至2010年间海洋热含量变化趋势估算中,最小的估计竟只有最大的估计的一半。

而自IPCC-AR5发布以来,研究人员发现传统的估算方法低估了过去几十年海洋热含量上升速率。

以往估算不确定性来源主要是“国际上传统的估计在海洋观测较为贫乏的区域假设海洋变化为零,换句话说,只要没观测,就假设海洋不发生任何变化。这种假设极大地低估了过去几十年海洋



（上图）全球上层2000米海洋热含量变化:过去的变化和未来自2018-2100年预估。(下图)新的海洋热含量估计与IPCC-AR5中的五个估计新的观测估计一致。气候模型的同期模拟结果和显示更强的同期海洋变暖速率。

变暖的速率”。成里京说道,另一个不确定性来源是“有偏差的历史观测数据(抛弃式探温仪 XBT)的订正方法不是最优的方法”。

对海洋变暖速度估算的不确定性,一方面限制了人们对全球变暖的科学认知,影响地球系统能量不平衡、气候敏感性等关键气候参数的估算;另一方面也阻碍了对气候模型的评估,从能量变化的角度,气候模型能否准确反映出过去的气候变化,进而对未来做出合理预估呢?

新技术新认知:海洋变暖在加速

大气物理所团队多年研究解决了历史海洋热含量估计中的一系列问题。

其2014年发表的海洋数据(抛弃式探温仪 XBT)订正方法是现在的“国际标准”,已经被用于美国海洋和大气管理局国家海洋环境信息中心 NOAA/NCEI 的数据库中。2019年英国气象局哈德来中心也将使用该团队的订正方法。

该团队于2016—2017年提出了新的“空间插值”方法。该方法有效解决了以往方法中的系统性偏差。基于这些进展提出的新的热含量估计显示出更强的历史海洋变暖速率,且海洋变暖在上世

纪90年代后加速。

此次在《科学》杂志发表的论文是对整个海洋变暖研究领域近年来主要进展的提炼和综合:包括大气物理所、日本气象厅、美国普林斯顿大学、澳大利亚在内的一些新进展已经能够得到更准确的历史海洋变暖估算,新的估算比传统估算显示出更强的海洋变暖。

将目光放在未来,未来海洋变暖将有多强?基于气候模型的预估是否可靠?文章证实,耦合模式比较计划5(CMIP5)模型集合平均可以非常好地模拟历史海洋变暖:1970—2010年间,CMIP5模拟的海洋上层2000米变暖速率为0.39 Wm<sup>-2</sup>,与最新的观测几乎一致,因此极大提升了模型对未来预估的可信度。

根据气候模型预估,假设未来不施行任何气候政策,2081—2100年间,整个上层2000米海洋将平均变暖0.78摄氏度(相对于1991—2005年间的平均状态),这是过去60年海洋变暖总量的6倍,海洋变暖速率持续加速;而假设未来将接近或达到《巴黎协定》目标,2081—2100年间海洋上层2000米将平均变暖0.4摄氏度,且变暖速率在本世纪下半叶降低。

据此,对海洋变暖来说,更强的变暖发生在未来。成里京表示,这是因为海

洋具有很强的稳定性,其对全球变暖的响应具有“滞后性”。因此,这篇论文提醒关注海洋变暖,以期更好地应对海洋变暖带来的气候风险。

关注海洋 关注未来

为什么要关注海洋变暖?“海洋和全球气候变暖对人类和生态环境都已经造成了严重的影响,若不治理,将造成更严重的后果。”成里京说道。

例如,由于海洋变暖和酸化,以大堡礁为代表的海洋珊瑚礁系统经历了连续三年大规模白化事件。他介绍,如果全球变暖持续,本世纪末99%以上的珊瑚礁系统将白化消亡。而珊瑚礁是25%的海洋生物赖以生存的环境,是海洋中的“热带雨林”。

2018年的台风“山竹”、“莱恩”等给登陆地造成了极大的经济和社会损失。“海洋是台风、飓风等极端天气的能量来源,更暖的海洋将导致未来台风更强、降水更多。”成里京说,根据国际政府间气候变化评估报告预估,随着海洋持续变暖,台风等极端事件及其降水都将增加。

同时,更暖的海洋将持续降低海水中的溶解氧含量,影响海洋生态系统,进而影响人类利用海洋渔业资源。

此外,海水温度升高的热膨胀效应贡献了目前海平面变化的约1/3,不断变暖的海洋将持续推升全球海平面,给沿海、低洼和小岛屿地区带来越来越多的气候风险。

“从2009年起我们就开始研究海洋观测数据,系统性探索如何修正海洋观测数据中的偏差,从而保证高质量的观测数据。”成里京表示,“未来一段时间,我们将持续在海洋观测和热含量领域深耕:继续提高更早期(1870—1955年)观测数据的质量,我们计划将现在的海洋热含量时间序列‘展’到更早期。”

这是因为,百年来的全球变暖是从19世纪末工业革命开始的,需要明确工业革命后海洋到底变暖了多少,但目前的海洋热含量时间序列最早只能到1940年。

除此以外,其团队还将持续探索海洋能量变化的物理机制:热量如何从上层海洋传递到深海?海洋热量输送和人类生活的地表温度变化有什么联系?这些科学问题的回答将增加人们对气候系统的认识,进而科学指导气候预估以及政策制定。

相关论文信息: DOI: 10.1126/science.aav7619

视点

当前,生态环境问题已经成为必须要面对的重要问题。这类问题涉及领域广泛、过程复杂、驱动因素众多,需要处理海量生态环境数据,这让全球生态环境问题的监测、分析和处理变得十分困难。随着大数据技术发展,解决这类问题有了新方向。

大数据技术是信息技术产业的一次重要技术变革,在数据库系统存储管理和分析处理能力上具有巨大的优势。因此,将大数据技术引入生态环境领域,把分散在不同行业领域的生态环境数据进行有效集成,并对集成数据进行存储管理、信息挖掘,才能更加高效地解决生态环境问题。

2016年3月,原环境保护部发布了《生态环境大数据建设总体方案》,要求把大数据技术作为推进环境治理体系和治理能力现代化的重要手段,实现生态环境综合决策科学化、生态环境监管精准化、生态环境公共服务便民化。

生态环境数据的范围

生态环境数据有其独有的特征。第一,生态环境大数据具有“空天地一体”的巨大数据量。从数据规模来看,生态环境数据量也已从TB级别跃升到PB级别。第二,生态环境大数据的类型、来源和格式具有复杂多样性。生态环境数据在内容上包括水、土、大气等多方面的数据;从地域上来讲,包括全球各个尺度,如海洋、森林、湿地等各类生态系统的数据库;从数据来源上说,有来自于气象、水利、国土、农业、林业、交通、社会经济等不同部门的各种数据,且同一种数据在不同部门的格式多样,使得各部门

之间的同类数据整合具有一定难度。整体上来看,生态环境大数据可以分为基础支撑数据、自然生态数据、环境监测数据、人文社会数据四个方面的内容。

基础支撑数据包含了基础地理、遥感影像、气象气象等方面的数据。自然生态数据包含了农田生态系统、森林生态系统、草地生态系统、荒漠生态系统、沼泽生态系统等方面的数据,例如,农田生态系统,包含农田环境要素、主要作物以及肥料农药等投入量、主要作物叶面积与生物量动态、病虫害记录、土壤微生物等;森林生态系统包含植物群落种类组成与分层特征、树种的更新状况、叶面积指数、鸟类种类与数量等。

环境监测数据包含了水环境、大气环境、土壤环境、噪声环境、核辐射环境等方面的数据。我国已经初步建立了一套网络监测系统,包括1436个空气质量监测站点、82个沙尘暴监测站点、1011个酸雨监测站点、956个地表水水质监测断面、20401个地下水监测站点、301个近海水质监测站点、35000多个土壤污染监测站点。

人文社会数据包含了经济发展、基础设施、能源消耗、公众参与、网络舆情等方面的数据。

共享生态环境大数据

■张洋 贺斯佳

随着新气象观测设备的推广和应用,气象观测水平由过去较少指标的常规观测到现在大量多指标的非常规观测,观测的频率和精度日益增加。气象监测站点遍布全球,截至2015年年底,中国已建有5万多个地面自动观测站,气候模式由最初的大气环流模式发展到今天的陆、海、空耦合模式,并向着包括人类生活圈在内的地球各个系统耦合的“气候系统模式”发展,所需的输入变量也从最初的气象数据拓展到现在的植被、土壤、水分、人类干扰等多方面全方位数据。2015年9月,中国科学院大气物理研究所等发布“地球数值模拟装置”原型系统,集成了土壤、大气化学、植被动力学、生物地球化学等模式和模块,仅需一整天就能够估算地球的大气、水、岩石等多个圈层长达6年的变化。此外,还可以从气候观测数据中挖掘新信息,从而扩大业务范围。美国一家公司使用降雨、气温、土壤状况等气象数据与农作物产量进行关联分析,来预测各地农场来年的产量和适宜栽培的品种,并将其以个性化保险服务的形式向农户出售,从而减少气象灾害带来的损失。

对于大气污染治理,地区间联防联控仍然是当下的共识,大数据地区大气质量管理、区域间协调和合作机制提供了技术和决策支撑。为预报空气污染状况,IBM公司与北京市政府联合开发了“绿色地平线”大数据平台系统,该系统能够结合当时的气象卫星资料、地面监测资料,根据当时气象条件以及周围所有的企业排放数据进行大数据分析,预测未来72小时的空气质量。在预测空气质量较差的地区,政府通过该地区工厂停工等辅助措施,减少空气污染物排放。

随着信息技术手段增强,生态环境大数据平台越来越完善,各类数据将加速整合,未来将在科学发展与社会经济各领域发挥越来越强的作用。

(作者单位:浙江大学环境与资源学院)

生态环境大数据相关文件

2016年3月,原环境保护部发布了《生态环境大数据建设总体方案》,把2016年至2018年作为基础建设年,主要完成生态环境大数据基础设施、保障体系建设和试点示范建设,基本形成大数据采集、管理和应用格局。《生态环境大数据建设总体方案》的首要建设任务就是要推动环境数据资源全面整合共享,这也是生态环境大数据建设的基础和关键。2019年至2020年为数据建设年,主要拓展深化大数据应用,形成生态环境大数据创新应用新业态、新模式和新技术。

2018年4月,生态环境部发布了《2018—2020年生态环境信息化建

“超级地图”助力土壤水力研究

■本报记者 张晴丹

土壤对于研究作物生长发育、农业污染、污染修复、洪涝灾害、水土流失以及全球气候变化等都具有重要作用,因此,研究土壤水力学参数意义非同一般。

近日,天津大学表层地球系统科学研究院副教授张永根成功绘制出全球首张精确到“一公里”的基于物理背景的土壤水力学“超级世界地图”。这张“超级地图”让土壤水力学参数研究更为方便,相关成果发表于地学权威期刊《水资源研究》。

“实测”和“预测”的弊端

土壤圈是表层地球系统最活跃的圈层,是联接大气圈、水圈、生物圈与岩石圈的核心要素,在地球生态系统中起到关键的作用。土壤水分及污染物运移模拟需要准确刻画非饱和带土壤水动力学参数。“无论是从小尺度的场地污染,还是全球尺度的陆面模型或气候模型,都需要土壤水力学参数为土壤圈与地下水及大气圈的水分传输提供关键参数。”张永根在接受《中国科学报》采访时表示。

一直以来,科学家获取土壤水力学参数主要靠“实测”和“预测”。但是,“实测”需要在土壤深处采样并送交专业机构检测,需要花费大量人力、物力和财力,成本高、周期长,还极不方便。比如,相比砂土而言,黏土渗透更慢,在实验室测量黏土的参数可能需要慢慢加压,水从饱和和“走”到非饱和再到干燥,可能需要很长时间,这给科学研究带来诸多不便。而对于全球尺度的模拟来说,实测相应参数更不现实。

通过转换函数“预测”是一种高效获得土壤水力学参数的方法。然而,目前用于预测土壤水力学参数的转换函数大多是基于描述土壤水分特征曲线的经验公式建立的,尚无基于物理背景的土壤水分特征曲线建立土壤转换函数。

正因如此,一张基于物理背景的描述土壤水分特征建立的、涵盖世界各地土壤水力学不同特性状况的“地图”,成为了学界亟待填补的空白。

真正为科学做贡献

从2012年开始,张永根就着手研究

这张“地图”。一个好的想法加科学的算法,让他不断对数据进行深度挖掘。

张永根介绍,他们利用广泛使用的转换函数 Rosetta,基于明确物理背景的 Kosugi 模型,通过利用机器学习 and 随机抽样等方法,构建了输入参数从简单到复杂、基于不同输入参数类型的五个不同等级的模型,可满足不同使用者的需求。

模型好不好,需要实验数据来验证。张永根利用从世界各地采集点获得的5万个土壤样品,提取出近12万个数据对模型进行验证,证明新建立的转换函数优于传统的基于经验公模型建立的 Rosetta 模型,并基于 SoilGrid 数据构建了全球第一张基于物理背景的土壤水力学“超级世界地图”。

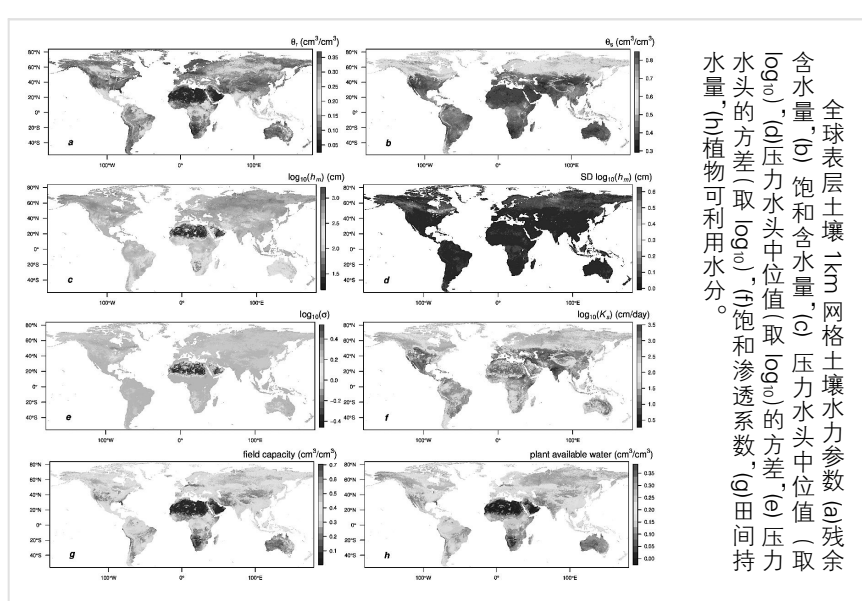
记者了解到,新建立的转换函数预测了全球1km网格表层土壤的残余含水量、饱和含水量、压力水头中位值、压力水头的方差、饱和渗透系数、田间持水量、植物凋萎系数、植物可利用水分等参数及其相应参数的不确定性,大大降低了土壤水力学参数研究的成本,进而降低研究土壤、地下水污染治理的成本。

做土壤水力学研究,“超级地图”的参数是必需的。比如,这些参数可以模拟土壤水运动的快慢和水流方向,还可以为精准农业、指导干旱地区灌溉节约用水等提供关键数据。

值得一提的是,这些数据和代码都是公开的,截至目前已经被下载2000多次,这让张永根非常高兴,“我们提供了全球的数据,可以方便大家下载。数据的公开,有助于科研人员做研究”。

为了能够提高预测数据的精度,张永根也呼吁科学家们把所有的资料实现共享,以方便大家使用,真正为科学研究做出贡献。

下一步,“我想把这些数据可视化,这样大家可以直接截取需要的国家或地区的数据。此外我们还会继续提升‘超级地图’的精度,并对数据进行尺度提升,因为在做全球气候模型或陆面模型时,通常需要的数据是10公里或者25公里,如何实现从‘一公里’到25公里的转变,这方面我们还将做进一步的研究,进而耦合到现有的陆面模型及气候模



型。”张永根表示。“希望通过我们的研究,对我国地下水资源保护,土壤污染治理,发展精准农业,提高天气预报和气候变化预测的精

度、降低不确定性等方面提供有力的科学支撑。”张永根说。

相关论文信息: DOI: 10.1029/2018WR023539

林业文化与自然遗产保护进入新时期

本报讯1月10日,北京林业大学文化与自然遗产研究院组织专家岁末盘点,揭晓了该领域2018十件大事。

2018年是自然遗产保护和管理事业的重要年份。《国务院机构改革方案》将自然遗产等自然保护地归口国家林业和草原局管理,该局自然保护地司应运而生,为我国自然遗产申报、保护管理等工作带来新的发展机遇,被评为具有里程碑意义的大事。

从6月起,全国集中开展包括自然遗产在内的自然保护地大检查行

动。国家林业和草原局这一履行党中央、国务院赋予新使命新职责新任务的重大行动,取得了显著成效,对于自然遗产保护起到了推动作用。

6月9日,国家林业和草原局、贵州省政府在京主办“文化和自然遗产日”大会。联合国教科文组织副总干事恩吉达为可可西里颁发世界遗产证书。国家林业和草原局世界遗产专家委员会委员领取聘书后积极开展工作,为我国自然遗产保护提供专业化的有力支撑。

7月2日,在第42届世界遗产大

会上,贵州梵净山获准列入《世界遗产名录》,成为我国第53处世界遗产,第13处世界自然遗产。梵净山申遗成功再次向世界呈现美丽中国的精彩,体现中国政府致力于遗产保护和生态文明建设的坚定决心。

加强大熊猫保护对维系生物多样性、平衡生态系统具有重要意义。10月29日,大熊猫国家公园管理局揭牌成立,跨川陕甘三省的国宝大熊猫主要栖息地、保护地,统一管理,标志着大熊猫保护的国家行动全面启动。

7月25日,黄山加入联合国教科

文组织世界生物圈保护区网络,成为全球首个集世界生物圈保护区、世界文化与自然遗产、世界地质公园于一体的自然保护地。

入选的大事还有:国务院正式批复同意盐城黄海湿地作为2019年国家申报世界自然遗产项目;9月14日世界遗产保护与发展新机遇峰会举办;6月7日,首届林业文化与自然遗产保护研讨会在北京林业大学召开;中国林业教育学会组织开展自然遗产保护公开课,举办大学生与自然遗产主题征文等活动。(铁铮)