

吴国雄 林海, 邹晓蕾, 等. 全球气候变化研究与科学数据[J]. 地球科学进展, 2014, 29(1): 15-22, doi: 10.11867/j.issn.1001-8166.2014.01.0015. [Wu Guoxiong, Lin Hai, Zou Xiaolei, et al. Research on global climate change and scientific data[J]. Advances in Earth Science 2014 29(1): 15-22, doi: 10.11867/j.issn.1001-8166.2014.01.0015.]

## 全球气候变化研究与科学数据\*

吴国雄<sup>1</sup> 林海<sup>2,3</sup> 邹晓蕾<sup>4,5</sup> 刘伯奇<sup>1</sup> 何 编<sup>1</sup>

- (1. 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029;
2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 国家自然科学基金委员会, 北京 100085;
4. 佛罗里达州立大学气象系, 美国, 佛罗里达, 塔拉哈西 FL 32306;
5. 南京信息工程大学资料同化研究与应用中心, 江苏 南京 210044)

**摘 要:** 在阐明气候系统和科学数据关系的基础上, 提出气候变化研究应该重视地球系统研究对科学数据的需求。在回顾我国近 10 年来全球变化研究概况的基础上, 指出了观测资料和数据再分析产品在全球变化研究中的重要性, 并进一步总结了国外气象数据共享情况, 最后对我国地球系统科学数据共享中心今后的发展提出了几点建议。

**关 键 词:** 全球变化; 科学数据; 地球系统; 气候系统; 数据共享

中图分类号: P467 文献标志码: A 文章编号: 1001-8166(2014)01-0015-08

当今, 全球变化与地球系统研究已成为一门涉及多时空尺度、多学科交叉融合的复杂科学。不仅包括观测、模拟与预测的科学研究, 还包括海量科学数据存储、信息分析和决策服务等多种信息技术要求。因此, 全球变化研究与科学数据之间的关系非常密切、互为依存。全球变化研究对科学数据有广泛的需求, 反之, 大量多参数、准确、高质量的科学数据也对全球变化研究具有不可低估的促进作用。所以, 建设全球变化与地球系统研究的数据和信息系统, 推动区域和全球数据共享是国际科技界的一项重要任务。国家地球系统科学数据共享中心经历了 10 年的发展, 取得了举世瞩目的成绩, 获得了我国地学界的一致好评。第一届地球系统科学数据论坛的召开, 也标志着我国为地球系统研究服务的科学数据共享事业已进入到一个新的阶段。

### 1 气候系统和科学数据

世界气候研究计划的设计开始于 20 世纪 70 年代末。气候学家们认识到气候变化不是孤立的单学科问题, “气候”不仅仅是气候本身, 而是一个系统, 其涉及地球环境的诸多方面。1979 年日内瓦第一次世界气候大会建立了世界气候研究计划, “气候系统”概念被全面接受并被理解为: 气候系统由大气圈、水圈、冰冻圈、岩石圈和生物圈构成, 气候变化是上述各圈层相互作用的结果。由此, 开展了对全球大气、海洋、海冰与陆冰以及地表的综合研究。随着先进观测技术的发展, 科学数据的急速增加, 气候研究得到了进一步发展, 扩展了人类对气候及其变化机制的理解, 提高了气候预报的准确率, 揭示了人类活动对气候的影响程度。随着世界气候研究计划(WCRP)的实施, 国际上先后推出了国际地圈生物

\* 收稿日期: 2013-08-12; 修回日期: 2013-11-14.

\* 基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项“东印暖池对年际气候变化信号的影响和响应”(编号: XDA11010402); 国家自然科学基金项目“夏季亚洲大地形双加热的变异及其对亚洲季风的影响”(编号: 41275088) 资助。

作者简介: 吴国雄(1943-) 男, 广东汕头人, 中国科学院院士, 主要从事气候动力学研究。E-mail: gxwu@lasg.iap.ac.cn

\* 注: 本文根据吴国雄于 2013 年 6 月 16 日在兰州召开的第一届地球系统科学数据论坛上的主题报告整理而成。

圈计划(IGBP)、全球变化人文因素计划(IHDP)和生物多样性计划(DIVERSITAS),并导致一门新学科——全球变化科学(又称地球系统科学)的产生。它以“地球系统”为研究对象,将大气圈、水圈、冰冻圈、岩石圈和生物圈视为一个整体,探讨地球系统各组成部分之间的相互作用,物理、化学和生物三大基本过程的相互作用,以及人与地球的相互作用相关联的地球系统运行机制,物质和能量的传输及转换通过这些过程得以实现。地球系统包括气候系统。地球系统运行的许多变化直接涉及气候变化。WCRP 启动了新的战略框架:地球系统的协调观测和预报(COPES),其目标是促进对地球系统变率和变化的分析与预测<sup>[1]</sup>。

地球系统中能量和水交换对多圈层之间的相互作用非常重要。进入地球系统的能量几乎全部来自太阳的辐射能。太阳辐射是驱动大气这部热机的唯一原动力。全球总能量年平均的长期趋势表明,整个地球系统处于一种准能量平衡状态(图1)。从大气系统的辐射能量平衡图(图1)中发现,如果入射

的太阳辐射为( $340.2 \pm 0.1$ )  $W/m^2$ ,到达地气系统的总入射太阳辐射中有( $100 \pm 2$ )  $W/m^2$  被反射回外部空间,这就是地气系统的行星反照率。地面吸收包括陆地、海洋、冰雪圈和生物圈的太阳辐射,占入射太阳辐射的一半左右( $165 \pm 6$ )  $W/m^2$ 。剩余约  $75 W/m^2$  的太阳辐射能量被大气所吸收。另外大气还接收从地面来的感热通量( $24 \pm 7$ )  $W/m^2$ 、潜热通量( $88 \pm 10$ )  $W/m^2$  以及长波辐射( $53 \pm 9$ )  $W/m^2$ ,大气所吸收的总能量(即太阳的短波辐射加地球的长波辐射)共达  $240 W/m^2$  左右。因此,被大气(包括云)吸收的太阳辐射能量是有限的,只占大气所接收的总能量的 30% 左右。换句话说,直接驱动大气运动的能量有 2/3 是来自下垫面。但是,工业革命以来,由于人类活动的影响,大气组成(温室气体和气溶胶等)以及地面状况均发生了显著改变,以上所述能量平衡状态已受到明显扰动。气候变化研究就是要描述这种扰动及其带来的气候效应,这对了解海陆气相互作用规律十分重要。

气候变化又和地球一大气的水循环紧密相关,

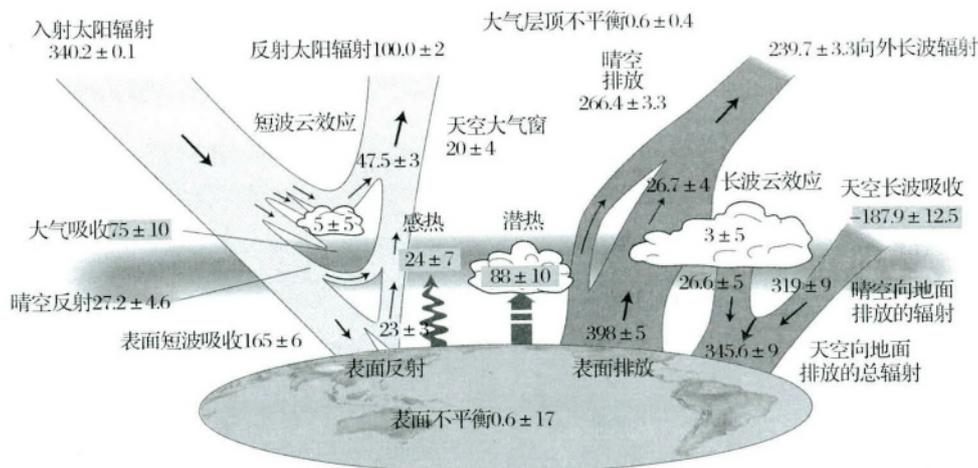


图 1 气候系统年平均能量平衡模型<sup>[2]</sup> (单位:  $W/m^2$ )

Fig. 1 The model of annual mean energy balance of climate system<sup>[2]</sup> (unit:  $W/m^2$ )

地球其实是一个表层由水主导的行星,地球表面的 70% 被海水覆盖。地球上绝大部分的水(约 97%)存在于海洋中,少量(约 3%)存在于地表,其中又有 3/4 存在于极地冰原上。大气作为水的第三个储库,实际包含的水量不足地球上所有水量的 0.001%,非常之少。但通过径流、蒸发和降水过程,在陆地和海洋表面与大气之间发生的水循环,实现了全球的水平衡(图2)。降水的分布是决定气候的一个关键因子,也是影响人类生活最重要的因子

之一。

以上可以看出对气候系统中各个圈层相互影响关系的理解,首先来自于各圈层能量分配比例和水资源分布等关键变量的精确估计。所以,气候系统或地球系统研究的关键是根据地球系统研究中最重要科学问题,利用切实可行的测量能力,获取关键变量的精确数据。因此,科学数据是开展气候研究的前提之一。我们必须根据地球系统基本的科学问题提出各自特定需求的关键数据,形成一种十分清

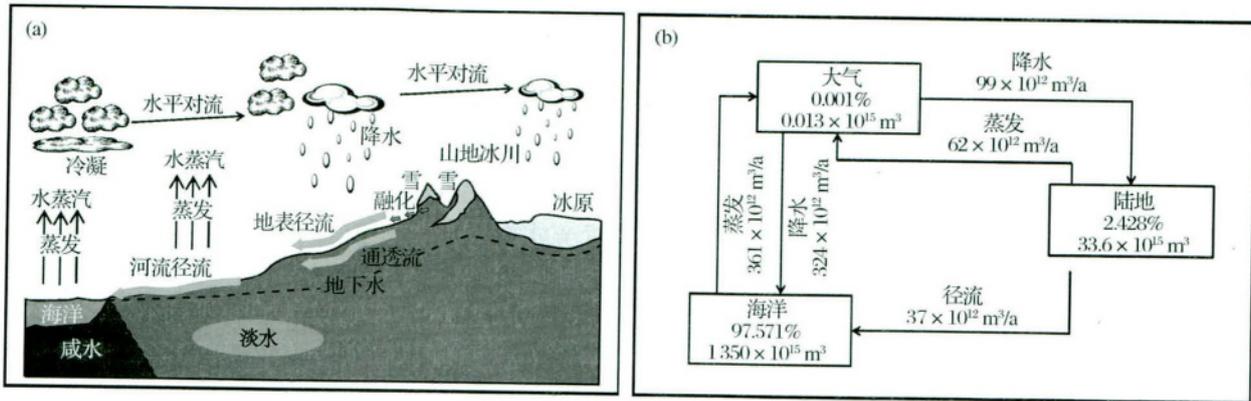


图 2 全球水循环(根据文献[4]重新绘制)

Fig. 2 Global hydrological cycle (reproduced from reference [4])

晰的需求关系<sup>[3]</sup>。

地球系统基本科学数据可以分成圈层内基本变量和圈层间相互作用通量 2 类。圈层内基本变量包括属于气圈、水圈、冰雪圈和生物圈内的大气温度、土壤水分、海面温度、初级生产力、河流水位和极地冰原速率等,它们的科学数据均从各自相应的单学科探测中获得。圈层间相互作用通量包括碳通量、土壤热通量、叶片光合作用速率、水汽通量、感热通量等,它们是多学科交叉研究所必需的,是气候系统研究对科学数据的重点需求。

## 2 我国的全球变化研究

20 世纪 80 年代起,我国全球变化研究大致经历了 3 个发展阶段<sup>[5]</sup>: 80 年代的起步阶段,90 年代的全面实施阶段和 21 世纪以后的发展时期。20 世纪 80 年代是全球变化研究酝酿、形成的起步阶段。在这阶段,中国学者叶笃正、刘东生等对于全球变化研究的认识完全与国际接轨,我国设立了中国科学院全球变化与研究项目和我国第一批国家自然科学基金重大项目,围绕世界气候研究计划(WCRP)和国际地圈生物圈计划(IGBP)开展了一系列的科学研究。20 世纪 90 年代是以 IGBP 为主的全球变化全面实施阶段,我国气候变化研究开始出现一个蓬勃发展的局面。我国建立了自行设计的气候系统动力模式;提出了气候和生态过渡带的概念,并研究了全球变化对生态过渡带的敏感性;提出了季风驱动的生态系统新概念;估算了对流层臭氧总量,并分析了中国地区大气臭氧柱总量;还开展了大量古气候和古环境的研究。21 世纪以来是以地球系统科学联盟(ESSP)为标志的全球变化研究纵深发展时期。我国全面部署了“十五”和“十一五”期间的全

球环境变化研究项目,在国家重点基础研究发展规划中优先安排了全球变化项目,国家自然科学基金委员会也推出了 2 项全球变化重大科学研究计划。

据统计,我国已有近 14 所大学、28 所研究所、40 个国家重点实验室和部门重点实验室,实施了国家科技部、国家自然科学基金委员会和中国科学院的 67 项国家级研究计划,1997—2003 年上述各部门分别投入了 3.52 亿、1.85 亿和 2.25 亿元人民币,资助方向包括全球变化过程与机理、人类活动对全球变化的影响、气候变化影响与适应、地球系统模拟与综合观测及其资料集成 4 个方面。特别是国家科技部自 2010 年以来实施了全球变化国家重大科学研究计划,制定了全球变化研究国家重大科学研究计划“十二五”专项规划,明确了以下 5 个主要研究方向:

(1) 全球变化的事实、过程和机理研究:全球气候变化的事实、成因及多尺度相互作用,海—陆—气相互作用的过程和机理及其与全球变化的关系,气候系统的敏感性、突变及其变化的可预报性,全球变化敏感区的气候与环境变化规律及其预测,日地关系、地球深部过程对全球变化的影响。

(2) 人类活动对全球变化的影响研究:全球温室气体排放、碳转移检(监)测技术体系的建立,大尺度土地与近海利用变化对全球变化的影响,人为气溶胶排放对全球变化的影响,人类活动对 20 世纪全球变暖的贡献。

(3) 气候变化的影响及适应研究:生物圈结构和功能对气候变化的响应与调控,冰冻圈的变化及其影响,气候变化对水资源和海洋环境的影响及人类适应途径,极端天气气候事件演变规律、影响与适应,全球变化对粮食安全和人类健康的影响与适应,

全球变化经济学、地球系统管理与综合风险防范 地球系统适应全球变化的弹性与阈值。

(4) 综合观测和数据集成研究: 全球变化关键参数和过程的综合观(监)测, 高精度遥感原理研究和星机地观测资料的校准, 多源观测数据的质量控制、同化、融合与集成及共享机制。

(5) 地球系统模式研究: 高分辨率气候系统模式的研发与应用, 地球系统模式的研发与应用, 近地空间环境模式和固体地球模式研发与应用, 地球系统模式的支撑环境研发。

过去 3 年收到的项目指南建议逐年递增, 共计达 187 项, 其中全球变化的事实、过程和机理研究 48 项、人类活动对全球变化的影响研究 19 项、气候变化的影响及适应研究 98 项、综合观测和数据集成研究 12 项以及地球系统模式研究 10 项。3 年中共受理项目申报 157 项, 以上 5 个方向项目的总数分别为 42, 10, 88, 7 和 10 项。通过网评和视频答辩, 已立项 44 个, 其中全球变化的事实、过程和机理研究 14 项、人类活动对全球变化的影响研究 6 项、气候变化的影响及适应研究 16 项、综合观测和数据集成研究 3 项以及地球系统模式研究 5 项。按年度分, 2010 年、2011 年和 2012 年分别设立了 20, 13 和 11 项, 2010 年和 2011 年度立项项目经费总额为 9.4 亿元, 平均约 2 800 万元/项。这些项目的实施大大推动了我国全球变化研究水平, 不仅获得了更多的科学数据, 同时也更加明确了对科学数据的需求。

### 3 资料的重要性和再分析产品

美国国家研究委员会 2012 年的报告指出, 气候资料的指导性作用激发了许多新发现和对机理的新认识<sup>[6]</sup>。资料是科学发现的基础。Trenberth 等<sup>[7]</sup>认为, 拥有高精度和高稳定度的观测资料是理解气候系统行为和发展、评价地球系统模式、探寻极端天气事件成因以及理解气候长期变化趋势原因的必要条件。Overpeck 等<sup>[8]</sup>也指出, 在产生大量气候数据的同时, 还需要用便于用户使用的格式存放数据。建立这种数据平台有助于扩展用户的种类和数量, 使气候数据能在全全球范围内得到共享, 被公众、私人 and 研究机构使用。

观测事实是地球科学发展的基础, 而观测事实则来源于各种资料。以气象资料为例, 20 世纪 30 年代, 著名气象学家 Rossby 通过分析等熵面上的天气系统演变特征, 发现并从理论上证明了 Rossby

波的存在, 开创了大气波动动力学, 为大气科学研究提供了新思路。因此, 气象资料是大气科学学科发展的基础。

不仅是科学研究, 气象资料对国家方针政策的制定也有重要影响。比如, 气象资料对如何合理应对全球气候变化问题至关重要。以碳燃烧为例, 由于我国没有自己的数据, 因此只能采用国外的资料来计算 CO<sub>2</sub> 排放量, 而无法考虑我国的实际情况(如碳的不完全燃烧等), 使计算结果大大高于实际排放量, 不利于国家在国际应对气候变化谈判中获得应有的权利。同时, 气象数据是提高气象预报准确率的基础, 随着观测数据不断增多, 诸如雷达、卫星等新型观测资料被应用到业务预报中, 天气预报准确率也在不断提高。此外, 气象数据对提高我国的防灾减灾也十分重要, 是提升气象服务对国民经济各行业贡献的重要支撑。总之, 气象数据无论对科学研究, 还是对业务预报和国家决策, 都至关重要。

地球科学观测系统(EOS)大致分为以下 5 个环节: ①原始数据的观测(包括空基和地基观测); ②原始观测数据的获取、预处理和备份; ③数据传输; ④数据的应用预处理、信息管理和存储; ⑤数据的发布、权限管理和使用。经过近 10 年的努力, 我国观测系统发展取得了长足的进步, 但是仍存在明显不足, 主要体现在缺乏对资料进行有效地误差订正和质量控制。以卫星观测资料为例, 风云 3 号 B 星上的微波温度探测仪通道 4 的资料存在明显的月光干扰和无线电干扰<sup>[9]</sup>, 其中月光干扰的误差可达 2 °C, 而无线电干扰对微波探测系统(Microwave Sounding Unit, MSU)观测的土壤湿度影响很大, 若不进行误差订正和质量控制, 所得资料就无法准确反映实际情况。因此, 改善资料的质量控制是推进我国地球科学观测系统向前发展的重点。在对原始资料进行质量控制后, 应用选定的数值模式进行资料同化, 把模式和资料进行最优结合, 产生再分析资料发布给用户, 这就是资料再分析的基本流程。我国在气象资料的应用领域落后于国际先进水平的一个体现是缺少自己的再分析资料产品, 这也是未来气象资料生产和共享工作的努力方向之一。

目前国际上主流的再分析资料集中在美国、日本和欧洲的发达国家(图 3)。其中美国的再分析资料主要有 NCEP/NCAR 的再分析资料集(R1)<sup>[10]</sup>、NCEP/DOE 的再分析资料集(R2)<sup>[11]</sup>、NCEP 气候再分析资料集(CFSR)<sup>[12]</sup>、NASA 的气候再分析资料集(MERRA)<sup>[13]</sup>, 以及新的全球数据同化项目“跨

20 世纪资料再分析计划”产生的 1871 年至今的 NOAA/CSU 气候再分析资料集<sup>[14]</sup>, 另外还有以区域为研究范围的 NCEP 北美区域再分析资料集<sup>[15]</sup>等。而欧洲的再分析资料主要由欧洲中期天气预报中心 (ECMWF) 发布, 包括 ERA-15<sup>[16]</sup>, ERA-40<sup>[17]</sup> 和 ERA-Interim<sup>[18]</sup> 3 种产品。每套再分析资料都有其自身特点, 如美国的几套再分析资料(尤其是 1979 年以后的产品) 同化了大量的卫星观测资料; 欧洲 ECMWF 的再分析资料 ERA-40 则同化了台站观测

的地表温度, 能够用于研究地表温度的年代际变化问题; 日本的 JRA-25 再分析资料<sup>[19]</sup> 同化了大量近年来亚洲地区的观测资料, 包括青藏高原和南海的科学考察资料, 因此能够准确反映近 25 年亚洲地区的气候特征。总之, 拥有自身特色的再分析资料产品能够在短时间内被大量用户接受和使用, 从而具有相当的国际影响力。为构建具有中国特色的权威性再分析资料集做好各自应有准备, 是我国各个资料中心未来工作的重点。

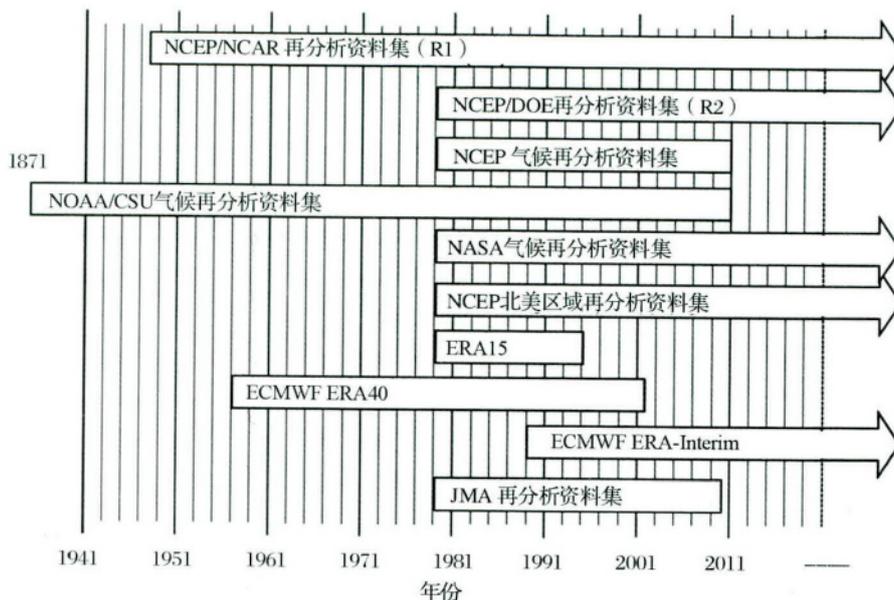


图 3 国际主流再分析资料简介

Fig. 3 Overview of the popular reanalysis datasets

## 4 国外气象数据共享情况

目前国际上主要的气象数据发布机构集中在欧洲、美国、亚洲等地区, 其中发达国家把对政府拥有和政府资助生产的数据采用“完全开放”的共享政策作为一个国家进入信息时代以来的基本国策, 而且用法律的手段给予保障。如美国联邦政府早在 20 世纪 60 年代就制定了“信息自由法”, 明确了政府应该公开的数据和信息, 经过几十年的发展, 到了 90 年代, 美国国家航空航天局建立的“分布式最活跃数据档案中心群”标志着美国国家层面的科学数据共享工作划时代的开始。

### 4.1 欧洲

欧洲气象数据主要集中在欧洲中期天气预测中心 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 和英国气象局哈德莱中心 (Met Of-

fice Hadley Centre) 2 个机构。

ECMWF 是由 34 个国家支持的政府间独立组织, 成立于 1975 年。其目标是发展中尺度天气预测的数值方法、为成员国提供预测服务、为提高预测水平而进行科学技术研究、积累气象数据等。他们拥有 45 年 (1957 年中期至 2002 年中期) 的同化数据 (ERA40), 同化了包括航海观测、飞机观测、高空探测以及卫星资料在内的观测资料。ERA40 包括分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ} / 1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ} / 0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$  的每日数据、日平均数据和月平均数据等, 但对中国只提供  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  的资料。

英国气象局哈德莱中心主要共享了海表温度和海冰资料、海平面气压资料和全球海洋分析等资料:

(1) 海表温度和海冰资料 (HadISST1) 为 1870 年至今  $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$  的全球逐月海表温度—海冰密集度合并观测数据。海温资料来源于英国气象局海

洋资料库。海冰资料源包括数字化图表和被动式微波获取,由于有补充的卫星海冰密集度资料,使得其均一性较好。

(2) 海平面气压资料(HadSLP2)是唯一将全球陆地—海洋观测气压合并的月平均数据(1850—2004年),分辨率为 $5.0^{\circ} \times 5.0^{\circ}$ 。HadSLP2使用了ICOADS海洋观测以及全球范围内2228个台站和陆地观测,利用最优插值法将其重建,再将高质量的格点数据叠加到重建数据上以恢复局部信息。

(3) 全球海洋分析资料(HadGOA)是在一系列的固定等温线和固定深度上的月平均次表层热量诊断,与传统方法(由海表至混合层深度的温度积分)相比,减少了温跃层垂直交换对分析资料的影响。其使用了经过质量控制的1956—2004年ENACT/ENSEMBLES观测资料。目前可获取的数据为:14℃温度距平序列、220 m温度距平序列,未平滑和平滑的四洋盆(Globe/Atlantic/Pacific/Indian Ocean)月距平资料,以及全球0~700 m海洋焓年距平序列。此外,Hadley中心和东安哥拉大学气候研究部合作研制了全球格点陆表气温CRUTEM3/CRUTEM3v和全球海陆气温距平月平均格点资料HadCRUT3/HadCRUT3v,空间分辨率为 $5.0^{\circ} \times 5.0^{\circ}$ 。

#### 4.2 美国

美国主要气象数据共享机构有国家海洋和大气管理局(NOAA)、国家航空航天局(NASA)和国家环境预报中心(NCEP),除了再分析资料共享外,还包括降水、气溶胶、云等观测资料:

(1) 降水资料:①美国气候预测中心降水综合分析资料(CPC Merged Analysis of Precipitation, CMAP)(低分辨率,陆地和海洋):全球降水的逐月、逐候数据,将雨量计观测数据和卫星反演的降水融合在一起。②全球降水气候项目(Global Precipitation Climatology Project, GPCP)(低分辨率,陆地和海洋):通过相关的微波、红外、探测数据的最优混合估计形成的全球降水资料。③全球降水气候中心(Global Precipitation Climatology Centre, GPCC)(高分辨率,陆地):基于全球64400个台站的质量控制数据制作而成的陆面降水资料。④美国大气和海洋管理局的重构陆面降水(NOAA's Precipitation Reconstruction over Land, PREC/L)(高分辨率,陆地):由超过17000个台站观测数据通过最优插值得到的全球陆面降水资料,台站观测包括全球历史气候网络(Global Historical Climatology Network, GHCN)和气候异常监测系统(Climatology Anomaly Monitoring

System, CAMS)。⑤热带降水观测项目(Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM)(高分辨率,热带):利用红外亮温资料,采用3B42算法得到的准全球降水估量数据(TRMM),以及CAMS和GPCC的综合降水数据(3B43版本),该资料的分辨率最高( $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ),但是时间尺度比较短(1998年至今)。

(2) 地表温度资料:戈达德空间研究所(Goddard Institute for Space Studies, GISS)。

(3) 海洋资料:①美国大气和海洋管理局的最优插值海表温度(NOAA Optimum Interpolation Sea Surface Temperature, OISST):使用卫星SST资料和海冰覆盖模拟的SST资料,在计算该分析资料之前,利用Reynolds等<sup>[20, 22]</sup>的计算方法,对卫星资料进行了误差订正。误差订正极大地提高了最优插值资料的大尺度准确性。②国际海气综合资料集(International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set, ICOADS):是目前最完整和最多样化的数据集,它提供了3个世纪以来的海洋表层资料,并且分为“标准版”和“加强版”2种。“标准版”海气综合数据集是用其气候数据的3.5个标准差进行限制校订,观测数据仅限于船舶观测。“加强版”海气综合数据集则使用更广泛的4.5个标准差进行校订,并使用船舶和海上平台原位观测数据。

(4) 气溶胶、云等资料:①国际卫星云气候资料(International Satellite Cloud Climatology Project, ISCCP):其中ISCCP数据集开始于1983年7月1日。ISCCP计划以4~5颗静止气象卫星、至少1颗极轨卫星监测全球。提供第一手的、系统的、全球时空尺度上的天气云图,通过收集和分析卫星测量辐射率数据来推算全球云的属性、日变化、季节性变化和年际变化特征。②MODIS/Terra(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, 是Terra卫星搭载的中等分辨率成像分光辐射计)观测的气溶胶、云、水汽、臭氧全球格点资料:这是Level3级MODIS全球 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ 逐月格点数据集,该数据集是将Level2级MODIS气溶胶(04-L2)、水汽(05-L2)、云(06-L2)、臭氧(07-L2)产品中的部分重要参数细化到 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ 的等角经纬网格产生的格点数据。③气溶胶自动观测网络(Aerosol Robotic Network, AERONET)站点Level2.0气溶胶逐日光学厚度数据集:它是由NASA为首建立的,其目的是利用地基太阳光度计获取全球具有代表性区域的气溶胶光学特性参数的基准资料,目前全球陆地和海洋分布有500多个观

测站,采用的观测设备主要是 CIMEL 系列太阳光度计。时间尺度从 1992 年 8 月 1 日开始。

#### 4.3 日本

日本气象数据共享机构主要是日本气象厅(The Japan Meteorological Agency, JMA), JMA 拥有日本 25 年再分析资料数据集(JRA-25),它是 JMA 与电力工业中心研究所(the Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI)联合研制的高质量全球再分析气象数据,提供了从 1979 年 1 月起每 6 小时和逐月的分析数据。JRA-25 是第一套亚洲承担的长期再分析数据,采用了 JMA 资料同化和预测系统,尤其是使用了 JMA 最新的同化系统以及较多的观测数据。此外, JRA-25 第一次建立了热带气旋风速廓线、SSM/I 雪盖资料、中国雪深资料、再处理 GMS-AMV 数据。它具有一些明显的优点,如 6 小时全球降水量的时空分布得到很好的重建;全球降水的长时间序列在所有再分析资料中质量最佳;热带气旋得到适当分析;副热带西海岸低云得到较好的模拟;雪深分析资料质量较好。

从以上这些国家所提供的气象科学数据集中能够发现一个共同的特点,就是他们都拥有具有自己特色、自己品牌的精品科学数据,这样才能在世界上成为具有影响力、被国际科学界乐于使用的科学数据。

## 5 展 望

我国科学数据共享工作经历了漫长的创业阶段,尤其是近 10 年来取得了长足的发展,在政府各部门协同推动下,在各领域科技工作者的努力下,我国科学数据共享体系已经初步建立,但与国际上发达国家相比,从立法、机制到科学数据的规范、标准、技术和服务等各方面,都还有很大差距,还有很长的路要走,未来的工作任重而道远。当前,从全球变化研究对科学数据的迫切需求出发,必须树立可共享的高质量资料数据集、科学数据的权威性,进一步提高对数据共享的认识,打造科学数据共享综合平台,以适应全球变化研究的新挑战,这也需要我们共同努力。

(1) 建立可共享资料数据集的技术要求很高,需要有巨大存储空间、快速传输网络技术以及完善的网站建设服务体系。

(2) 树立权威性数据集的科学要求很高,需要有完整的资料说明技术文档、有较高精确度和准确度的量化数据,能在权威性科学杂志发表根据该

数据集得到的科学研究新成果。

(3) 提高对资料共享的认识。共享数据的建立不仅需要大量人力和财力的投入,更需要一批鞠躬尽瘁、有经验的科学和技术人员。而且,用户可反馈很多有用的信息,使原数据集质量提高、应用拓宽、权威性增加,间接和直接增加了人力和财力资源。因此,分享数据是一件互益互得的事。

(4) 加强研究机构、高等院校和行业部门之间的交流与合作,建立具有自己知识产权的地球系统再分析资料数据集,打造具有中国特色的地球系统科学综合数据共享平台。

(5) 最近 5 年来国际全球变化研究新趋势的主要特征是进一步强调全球变化和人类社会可持续发展研究的紧密结合。国际科联和国际社科联共同推出更为综合的全球变化研究计划,即“未来地球:全球可持续性研究”(Future Earth-Research for Global Sustainability)。该计划体现了当前国际全球变化与可持续发展研究的最新方向,强调自然科学与社会科学研究的融合,构建研究者、使用者和政策制定者之间的共享平台,提高国际合作与协调的有效性,共同面对观测系统、预报系统、创新系统、聚焦研究和政策响应 5 个方面的挑战。这必然对地球系统科学数据共享工作提出了更高的要求。让我们共同努力,为在 21 世纪实现从地学大国向地学强国的转化作出自己的贡献。

#### 参考文献(References):

- [1] World Meteorological Organization. The World Climate Research Programme Strategic Framework 2005-2015 Coordinated Observation and Prediction of the Earth System (COPEs) [M]. Li Jianping, et al, translated. Beijing: China Meteorological Press, 2006. [世界气象组织. 世界气候研究计划 2005—2015 年战略框架: 地球系统的协调观测和预报[M]. 李建平等,译. 北京: 气象出版社, 2006.]
- [2] Stephens G L, Li J, Wild M, et al. An update on Earth's energy balance in light of the latest global observations [J]. *Nature Geoscience*, 2012, 5: 691-696.
- [3] Sun Jiulin, Lin Hai. Earth System Research and Science Data [M]. Beijing: Science Press, 2009. [孙九林, 林海. 地球系统研究与科学数据[M]. 北京: 科学出版社, 2009.]
- [4] Lee R K, Jumes F K, Robert G C. Earth System (Ver. 3) [M]. Zhang Jing, Dai Yongjiu, translated. Beijing: Higher Education Press, 2011. [Lee R K, Jumes F K, Robert G C. 地球系统(第三版) [M]. 张晶, 戴永久, 译. 北京: 高等教育出版社, 2011.]
- [5] Xu Guanhua. Some urgent program of research on global change in China [C] // Gong Peng, ed. Comments on Global Change Re-

- search ( Series One) . Beijing: Higher Education Press ,2010: 1-11. [徐冠华. 我国全球变化研究急需加强的几个问题 [C]// 官鹏. 全球变化研究评论( 第一辑). 北京: 高等教育出版社, 2010: 1-11. ]
- [6] National Research Council. A National Strategy for Advancing Climate Modeling[M]. Washington DC: National Academy of Sciences ,2012.
- [7] Trenberth K E , Anthes R A , Belward A , *et al.* Challenges of a sustained climate observing system[M]// Hurrell J W , Asrar G , eds. Climate Science for Serving Society: Research , Modeling and Prediction Priorities. Berlin: Springer ,2013.
- [8] Overpeck J T , Meehl G A , Bony S , *et al.* Climate data challenges in the 21st century[J]. *Science* ,2011 , 331: 700-702 , doi: 10. 1126/science. 1197869.
- [9] Wang X , Zou X L. Quality assessments of Chinese Fengyun-3B Microwave Temperature Sounder ( MWTS) measurements [J]. *IEEE Transactions on Remote Sensing* ,2012 , 50( 12) : 4 875-4 884.
- [10] Kalnay E , Kanamitsu M , Kistler R , *et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society* ,1996 , 77: 437-471.
- [11] Kanamitsu M , Ebisuzaki W , Woollen J , *et al.* NCEP-DOE AMIP-II reanalysis ( R-2) [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society* ,2002 , 83: 1 631-1 643.
- [12] Saha S , Moorthi S , Pan H L , *et al.* The NCEP climate forecast system reanalysis [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society* ,2010 , 91: 1 015-1 057.
- [13] Bosilovich M G , Chen J Y , Robertson F R , *et al.* Evaluation of global precipitation in reanalyses [J]. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* ,2008 , 47: 2 279-2 299.
- [14] Compo G P , Whitaker J S , Sardeshmukh P D , *et al.* The twentieth century reanalysis project [J]. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* ,2011 , 137: 1-28.
- [15] Mesinger F , DiMego G , Kalnay E , *et al.* North American regional reanalysis [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society* , 2006 , 87: 343-360.
- [16] Gibson J K , Kallberg P , Uppala S , *et al.* ECMWF Re-Analysis Project Report Series: 1. ERA Description [M]. United Kingdom: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts , 1997.
- [17] Uppala S M , Kållberg P W , Simmons A J , *et al.* The ERA-40 re-analysis [J]. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* ,2005 , 131: 2 961-3 012.
- [18] Dee D P , Uppala S M , Simmons A J , *et al.* The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system [J]. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* ,2011 , 137: 553-597 , doi: 10. 1002/qj. 828.
- [19] Onogi K , Tsutsui J , Koide H , *et al.* The JRA-25 reanalysis [J]. *Journal of the Meteorological Society of Japan* ,2007 , 85: 369-432.
- [20] Reynolds R W. A real-time global sea surface temperature analysis [J]. *Journal of Climate* ,1988 , 1( 1) : 75-87.
- [21] Reynolds R W , Marsico D C. An improved real-time global sea surface temperature analysis [J]. *Journal of Climate* ,1993 , 6 ( 1) : 114-119.

## Research on Global Climate Change and Scientific Data

Wu Guoxiong<sup>1</sup> , Lin Hai<sup>2 3</sup> , Zou Xiaolei<sup>4 5</sup> , Liu Boqi<sup>1</sup> , He Bian<sup>1</sup>

- ( 1. State Key Laboratory of Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics ( LASG) Institute of Atmospheric Physics , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100029 , China; 2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100101 , China;  
3. National Natural Science Foundation of China , Beijing 100085 , China;  
4. Department of Meteorology , Florida State University , Tallahassee , Florida FL 32306 , USA;  
5. Center for Data Assimilation Research and Applications , Nanjing University of Information Sciences and Technology , Nanjing 210044 , China)

**Abstract:** By illustrating the relationship between the climate system and the scientific data , a requirement of scientific data for the earth system research has been proposed to be paid more attention to climate change studies. The research progresses of global climate change in China for the recent 10 years have been reviewed and the important role of observation datasets and assimilated production in the global climate change has been pointed out. Furthermore , the meteorological data sharing situation in the world is also concluded. Finally , we put forward some suggestions on the future development of Data Sharing Centre of Earth System Science in China.

**Key words:** Global change; Scientific data; Earth system; Climate system; Data sharing.