



科技部创新方法工作专项(项目编号: 2015IM050200)

10000个

科学难题

10000 Selected Problems in Sciences

海洋科学卷

Ocean Science

“10000个科学难题”海洋科学编委会



科学出版社

科技部创新方法工作专项（项目编号：2015IM050200）

10000 个科学难题

10000 Selected Problems in Sciences

海洋科学卷
Ocean Science

“10000 个科学难题”海洋科学编委会

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《10000个科学难题》中的一卷,也是相对独立的专业书。书中介绍了海洋科学领域各个学科的重要科学难题,包含了国内外最新科学进展及学科前沿内容,对于了解海洋科学的未解之谜、启发学者的创新性探索,开启未来的研究方向有重要价值。全书内容新颖,撰写深入浅出,充分考虑了非本专业的人员能够读懂,有利于获取学科交叉的知识,适合于科研人员、研究生、大学生学习使用,也适合有兴趣的高中生选读。

图书在版编目(CIP)数据

10000 个科学难题. 海洋科学卷/《10000 个科学难题》海洋科学编委会.
—北京: 科学出版社, 2018.4

ISBN 978-7-03-057087-1

I. ①1… II. ①1… III. ①自然科学—普及读物②海洋学—普及读物
IV. ①N49②P7-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018) 第 062950 号

责任编辑: 万 峰 朱海燕 / 责任校对: 韩 杨
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 北京图阅盛世文化传媒有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 4 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2018 年 4 月第一次印刷 印张: 74 3/4

字数: 1 500 000

定价: 598.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

全球变暖如何影响极端天气气候事件·····	黄 刚 (1084)
全球增暖背景下不同大洋气候变化的差异·····	马 建 刘秦玉 (1089)
全球增暖背景下海洋水团的变化·····	许丽晓 谢尚平 (1094)
厄尔尼诺-南方涛动对全球变暖的响应·····	蔡文炬 贾 凡 王国建 (1098)
为什么北大西洋海表面温度具有年代际变异特征?·····	Rong Zhang (1103)
印度洋年代际变异的特征、机制和影响·····	杜 岩 (1107)
年代际时间尺度上海盆间的相互作用·····	李熙晨 (1111)
热盐环流与气候突变的关系·····	刘 伟 刘征宇 (1116)
大洋环流变化和年代际气候变率·····	刘征宇 (1120)
全球冰量变化如何调制全球气候变化?·····	田 军 马小林 (1123)
在温室气体持续增加的背景下为什么会出现全球变暖减缓·····	陈显尧 (1129)
为什么中国近海海平面变化存在很大的不确定性?·····	左军成 (1136)
区域及全球平均海平面上升·····	陈美香 (1141)
全球海平面上升速度在减缓么?·····	陈显尧 (1145)
全球变暖会使海洋的碳吸收能力减弱吗?·····	高众勇 孙 恒 (1148)
海洋酸化对铁可利用率的影响及其长期生态效应·····	姜 勇 汪 岷 (1152)
面对海洋酸化,物种会适应“优胜”还是走向“劣汰”·····	姜 勇 (1155)
全球变暖对浮游植物生物多样性的影响·····	俞志明 贺立燕 (1158)
全球气候变化背景下海洋生物成为“赢家”或“输家”的遗传决定因素·····	
·····	周广杰 梁美仪 (1162)
气候变暖背景下海岸带会有哪些类主要灾害?·····	李 响 (1166)
编后记·····	(1172)

全球变暖如何影响极端天气气候事件

How Global Warming Affects Extreme Weather and Climate Events

世界气象组织在近期的报告中指出,2001~2010 年是自 1850 年有全球地表气温测量数据记载以来最热的十年,比 20 世纪的第一个十年(1901~1910)增暖 0.88°C ^[1]。伴随着全球变暖,一些极端天气气候事件如热浪、寒潮,以及持续干旱也频繁发生,造成很多人员伤亡和巨大的经济损失,如 2003 年、2006 年、2010 年发生在欧洲的高温热浪^[2]、2014 年北美创记录的寒潮^[3],以及 2010 年中国云南严重的干旱。这些极端天气事件频繁发生和全球变暖是否存在联系呢?首先,全球变暖将直接会使极端高温天气发生更加频繁^[4]。从概率上来说,如果某一地区的气温在多年平均条件下呈正态分布,那么在平均温度处的天气出现的概率最大,偏冷和偏热天气出现的概率较小,极冷或极热的天气出现的可能性更小。由于全球气候变暖的影响,气温的平均值增加,这时偏热天气出现的概率将明显增加,并且原来很少出现的极热天气现在也可能频繁出现,高温热浪等极端天气气候事件将变得频繁(图 1(a))。

此外,全球变暖也有可能使有些地区气温变化的方差变大(图 1(b))。在半干旱区域,气温的升高会导致陆面变干,而陆面变干使陆面蒸发冷却能力减弱,从而升温的更快并通过感热加热大气,在中高纬度地区这种局地的加热作用可能导致大气阻塞高压的形成,进一步导致了气温的升高和陆面的变干^[5,6]。这种陆面-大气相互作用是欧洲近些年极端高温灾害形成的主要原因。随着全球变暖,这些地区土壤可能会变得更加的干燥,从而使这种反馈过程更容易发生,加大了气温变化的方差。气温平均值和方差的变大(图 1(c))使欧洲更容易发生极端高温天气事件^[7]。

当然全球不同区域气温的平均值以及方差的变化并非一致。有的地方升温更加明显,而另外一些区域甚至表现为降温^[8]。这种不均匀性使各地高温热浪的发生频率和强度的变化存在差异。为了更好的预估各个关键区域,如中国、欧洲、北美等地未来极端高温事件的变化,我们需要理解各地气温平均值和方差的不均匀变化,而这又受海洋海温非均匀变化、厄尔尼诺-南方涛动(El Niño-southern oscillation, ENSO)等海气耦合模态的演变、大气系统内部噪声,以及土壤湿度变化等因素影响。这些都有待进一步的研究。

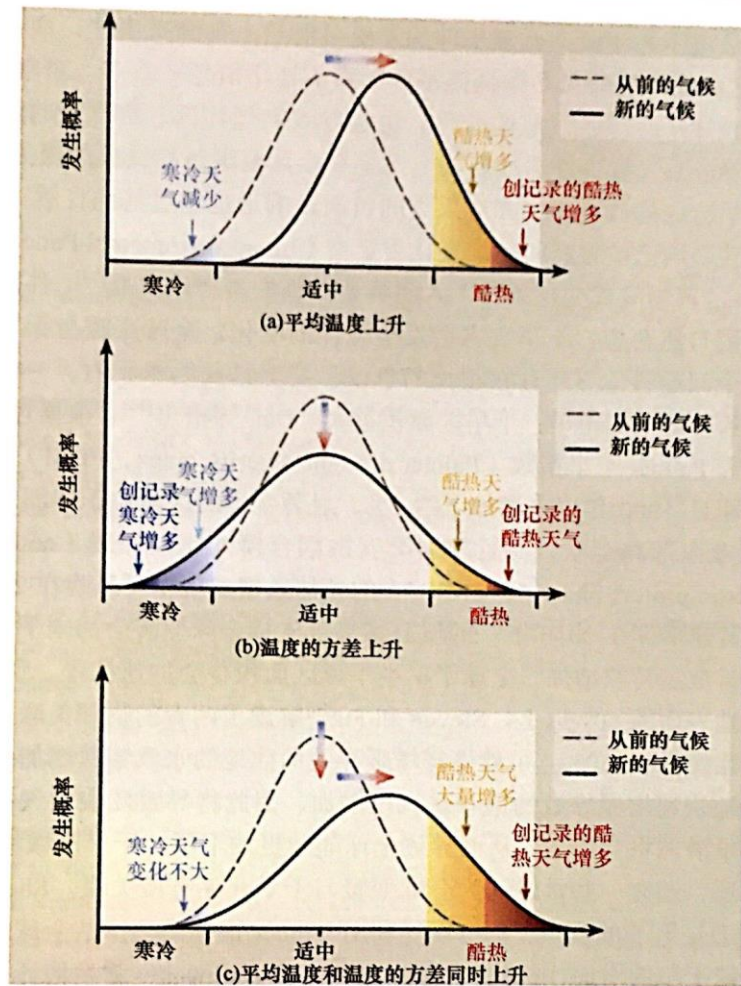


图1 平均温度增加(a), 方差增加(b)和两者皆增加(c)对极端温度的影响的示意图(IPCC 第一工作组报告)

相比极端高温事件, 全球变暖对冬季极端低温事件的影响还不明确。按照概率来说, 当温度的平均值升高时, 温度偏冷的日子就会相应减少。但是最近十几年北半球极端低温事件频发, 特别是2014年冬季北美创记录的寒冷使很多人对全球变暖表示怀疑^[9]。一些科学家认为全球变暖可能使极端低温事件更加频发。在极地地区存在冰雪-太阳辐射反馈过程: 全球变暖导致冰雪减少, 降低太阳反照率, 从而使地表接受更多的辐射变得更暖。这种反馈过程像一个放大器一样, 使高纬度地区变暖比中低纬度地区变暖更加明显, 从而降低南北温度梯度。温度梯度的降低, 使中高纬度地区大气环流更容易出现波状环流, 从而使极地地区寒冷空气容易入侵中纬度地区, 导致极端低温事件频发^[10]。但是也有一些科学家反对这种

理论,认为最近十几年极端低温事件频发更可能是一种随机事件,而与全球变暖无关^[9]。总之,全球变暖对冬季低温事件的影响还不清楚。

全球变暖除了会导致气温的变化,也会导致大气环流、水汽等的变化,从而对持续干旱等极端气候事件造成影响。干旱在全球范围每年造成的损失 60 亿~80 亿美元,干旱造成的经济损失和对人类的负面影响远远超过其他自然灾害^[11, 12]。干旱灾害及其影响已被政府间气候变化委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)列为气候变化条件下人类将要面临的最严峻挑战^[13]。伴随着全球气候变暖,我们自然会想:干旱灾害会发生怎样的变化?全球变暖与干旱存在关联吗?关于这个问题科学界还存在很大的争议,甚至是截然相反的。一种观点认为全球变暖导致陆地更加干旱,干旱区面积扩大。Dai 等指出^[14],根据过去 50 年的降水、径流和 Palmer 干旱指数(Palmer drought severity index, PDSI)观测资料,全球干旱面积自 1980 年以来增加了约 8%,显著变干的区域位于非洲、亚洲东南部、澳大利亚东部和南欧,并且根据第五次耦合模式比较计划(coupled model intercomparison project phase 5, CMIP5)的预估数据发现干旱风险在 21 世纪还将继续增加。黄建平等在 2016 年^[15]的研究结果也支持全球变暖会加剧干旱,指出如果温室气体排放量持续增加,全球干旱半干旱区面积将会加速扩张,到 21 世纪末将占全球陆地表面的 50%以上。Steven 和 Fu^[16]解读了两者的物理关联,指出陆地的增暖速度比海洋快 50%,虽然海洋增暖导致向陆地水汽输送增加,但不足以抵消由于陆地快速增温导致的饱和水汽压增加,因此将导致陆表大气相对湿度降低,大气蒸发潜力将会增加,从而导致全球陆地更加干旱,干旱区域将会增加。

与之相反,还有一些学者认为全球变暖与干旱并无直接关联。Sheffield 等在 2012^[17]反驳 Dai 等^[14]的观点,指出以往利用 Palmer 指标模型评估全球的干旱气候时,关于全球干旱的增加往往估计过高。基于 Thornthwaite 蒸发估计方法的全球 Palmer 指数 1980~2008 年的线性趋势为 $-0.032 \pm 0.008/a$,但如果采用基于综合考虑温度、辐射、水汽压差,以及风速的 Penman-Monteith 蒸发估计方法,全球干旱的线性趋势几乎为 0。因此全球变暖将会导致干旱的结论是可疑的,因为它并没有考虑大气边界层对全球变暖的响应过程,这一过程会改变地表太阳辐射和风速的大小,会对大气蒸发潜力的变化产生重要影响。蒸发的观测结果表明:因为地表太阳辐射和风速降低,全球陆表大气蒸发潜力在 20 世纪 70~90 年代有明显地降低。

极端天气气候事件的变化与全球气候变化的关系研究面临的主要难点有:

①全球气温降水等气象要素变化是非均匀的,这种非均匀变化会显著的影响到各个区域极端天气气候事件的变化。目前研究表明这种非均匀变化受气候系统能量重新分配影响,也受气候系统内部变率影响,但是这种能量重新分配和内部变率的物理过程尚未理解。这制约了未来各个区域极端天气气候事件变化的预估。②缺乏足够长的时空尺度的资料,因为许多极端天气气候事件的时空尺

度都比较小,且资料较短而且早先的数据存在很大的误差和缺测。③目前模式分辨率不够精细,不能对一些极端天气气候事件进行较准确的模拟和预报。因此目前关于极端天气事件的变化及其与全球气候变化的关系的研究尚处于起步阶段,对于未来的影响和评估尚有很大的不确定性。

参 考 文 献

- [1] World Meteorological Organization. The Global Climate 2001-2010: A Decade of Climate Extremes. 2013.
- [2] Fischer E M, Schär C. Future changes in daily summer temperature variability: Driving processes and role for temperature extremes. *Climate Dynamics*, 2009, 33(7-8): 917.
- [3] Wallace J M, Held I M, Thompson D W J, et al. Global warming and winter weather. *Science*, 2014, 343(6172): 729-730.
- [4] Climate change 2013. the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [5] Fischer E M, Seneviratne S I, Vidale P L, et al. Soil moisture-atmosphere interactions during the 2003 European summer heat wave. *Journal of Climate*, 2007, 20(20): 5081-5099.
- [6] Lau N C, Nath M J. Model simulation and projection of European heat waves in present-day and future climates. *Journal of Climate*, 2014, 27(10): 3713-3730.
- [7] Fischer E M, Schär C. Future changes in daily summer temperature variability: Driving processes and role for temperature extremes. *Climate Dynamic*, 2009, 33: 917-935.
- [8] Deser C, Knutti R, Solomon S, et al. Communication of the role of natural variability in future North American climate. *Nature Climate Change*, 2012, 2: 775-779.
- [9] Wallace J M, Held I M, Thompson D W J, et al. Global Warming and Winter Weather. *Science*, 2014, 343: 729.
- [10] Francis J A, Vavrus S J. Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes. *Geophysical Research Letter*, 2012, 39.
- [11] Wilhite D A. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. *Drought, A Global Assessment*, 2000, 1: 3-18.
- [12] Wilhite D. Drought monitoring and early warning: Concepts, progress and future challenges. World Meteorological Organization. WMO, 2006 (1006).
- [13] Seneviratne S, Nicholls N, Easterling D, et al. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, 2012: 109-230.
- [14] Dai A. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, 2012, 3(1): 52-58.
- [15] Huang J, Yu H, Guan X, et al. Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*, 2016, 6: 166-171.
- [16] Sherwood S, Fu Q. A drier future. *Science*, 2014, 343(6172): 737-739.

- [17] Sheffield J, Wood E F, Roderick M L. Little change in global drought over the past 60 years. *Nature*, 2012, 491(7424): 435-438.

撰稿人：黄 刚

中国科学院大气物理研究所, hg@mail.iap.ac.cn