

天气和气候极端事件的变化及其与全球变暖的联系

——纪念 2002 年世界气象日“减低对天气和气候极端事件的脆弱性”

丁一汇 张 锦 宋亚芳

(国家气候中心, 北京 100081)

提 要

2002 年 3 月 23 日世界气象日的主题是“减低天气和气候极端事件的脆弱性”。针对这个主题, 作者对以下四方面问题作了阐述: (1) 天气与气候极端事件以及脆弱性的定义; (2) 近百年来全球天气与气候极端事件的变化及其与全球气候变化的关系; (3) 未来天气与气候极端事件及其影响的预测; (4) 天气与气候极端事件的适应与减缓对策。由于篇幅有限, 未介绍中国在这方面的研究。

关键词: 极端天气与气候事件 脆弱性 全球气候变化 适应和减缓对策

1 什么是天气和气候极端事件?

根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第三次评估报告^[1], 极端天气事件是指某一地点或地区从统计分布的观点看不常或极少发生的天气事件。对于“不常”或“极少”发生的定义并不一致, 如用累积分布函数表示, 一般认为其发生的概率是相当于或小于第 10(或大于第 90)百分位数。根据这种定义, 极端天气事件的特征因地点而异。极端气候事件是指某一时段许多天气事件的平均状况是极端的(如一个季度的降水), 这种平均状况其本身既受到长时期该变量气候平均值变化的影响, 又受到方差变化的影响。作为一个例子, 图 1 说明平均温度增加(气候变暖)和方差(对平均值离差的平方值)增加对极端温度的影响。温度经常是呈正态分布的, 但这种正态分布表现出非定常性或不稳定性, 这是由平均值或方差的变化引起的, 首先, 平均值的增加可以导致新的破纪录的高

温值(图 1 a), 但在这种情况下, 变率并不发生变化, 由图 1a 可注意到, 最冷和最暖温度的范围并不变, 只是整个正态分布向高温一方移动, 从而比原来平均气候条件下出现更多的高温天气和破纪录的高温天气。如果平均值不变, 而变率增加, 则使冷和热极端事件的出现概率和绝对值都会增加(图 1 b)。有时气候平均值和变率都会发生变化(图 1 c), 这时可影响冷热极端事件发生的概率, 即在这个例子中, 热事件将更频繁的发生, 而冷事件的出现将大大减少。平均值和方差都发生变化, 可有不同的组合, 则导致的气候极端事件出现的结果也不同。因而, 即使已证实极端天气或气候事件已发生了变化, 如果不进行专门的分析研究, 一般情况下是难以确定这种变化是由平均值或方差或两者共同造成的。另外, 平均值变化率的不确定性也给确定方差变化带来困难, 因为所有的方差统计变量皆依赖于平均值。

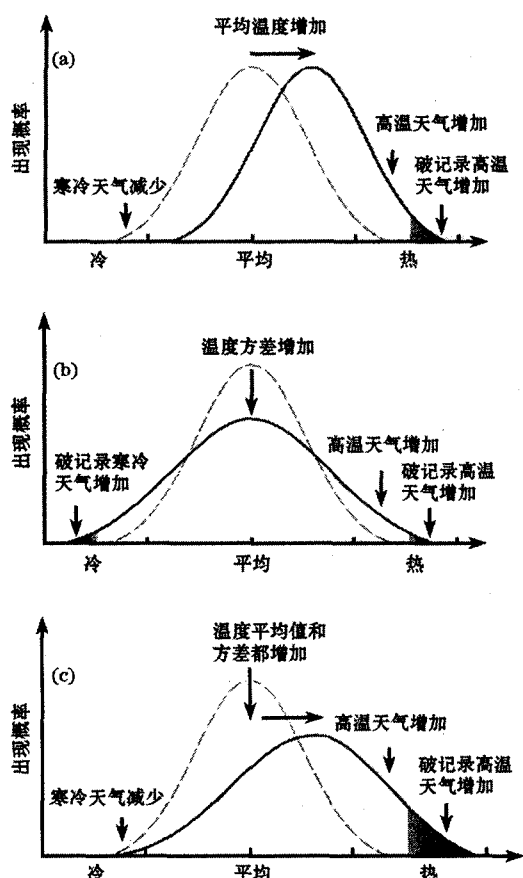


图1 平均温度增加(a),方差增加(b)和两者皆增加(c)对极端温度的影响的示意图

断线:从前的气候,实线:新的气候(取自 IPCC 第一工作组报告^[1])

对于不能以正态分布表征的变量如降水,情况要更复杂一些,尤其是对于干旱气候,例如平均总降水量发生变化的同时可伴有降水频率的变化或分布形态的变化(包括其变率)。所有这些变化皆能影响降水极值的各个方面,包括降水强度。

目前对于天气和气候极端事件还没有统一或标准的分类。从时空尺度上考虑,对于天气与气候极端事件可分为中小尺度和大尺度两类。前者包括龙卷风、雷暴、雹暴、雷电、强风、暴雨、风暴潮、沙尘暴等,这些极端天气事件,其持续时间虽短,但破坏力极强,根据WMO的资料,每年全世界造成的农业损失约为2亿美元。在美国,平均一年因雷电导致死亡的人数要比飓风、陆龙卷和冬季风造

成死亡的总数还要多。大尺度天气与气候极端事件主要有热带气旋、中纬度风暴、季风、热浪、低温冷害、暴风雪、干旱、厄尔尼诺/拉尼娜等。这些极端事件往往可以在大范围地区持续几天、数月或几个季节,对于广大地区甚至半球或全球的社会-经济与环境带来巨大的影响。据有关的统计资料表明^[2],每年约有25000人死于自然灾害,财产损失约为500亿到1000亿美元之间。1991年,90%的死亡人数是由水文气象灾害所致,其中干旱、洪水和风暴引起的灾害数量大量增加,是造成死亡的主要原因。亚洲是遭受灾害袭击最频繁的地区。

另外,也可以根据气象要素来划分天气与气候极端事件的种类,最近IPCC第一工作组(Scoping paper, 2001, 个人通信)建议,把天气与气候极端事件分为四种:(1)最高、最低温度,温度日较差,冷热期长度,热指数;(2)降水强度和频率,包括干旱和湿期;(3)热带和温带气旋,包括强度、路径、频率、位置、最大风速、最大可能强度、海表温度等,温带气旋包括风暴路径、海平面气压梯度、风、水位或风暴潮、浪高等;(4)雷暴和其它小尺度天气现象,包括雷暴、龙卷及相关现象,如冰雹、闪电、尘暴、水龙卷、倾盆大雨、冰雹、暴风雪、云涌等。

脆弱性是指一个系统受天气或气候变化(包括极端天气气候事件)有害作用的影响或敏感程度,也可理解为一个系统不能克服或抵御天气气候变化有害影响的程度。脆弱性的大小取决于经受的天气与气候变化的特征、量值和变化速率以及该系统的敏感性与适应能力。因而,一个系统或地区脆弱性越大则受天气与气候极端事件不利影响的程度越大,所发生的灾害程度也越大。往往,这些系统或地区的适应能力也比较弱。如何减少脆弱性,增强其适应能力是减少天气与气候灾害的主要途径,这正是2002年世界气象日的主题^[2]。

2 近百年天气和气候极端事件的变化

天气与气候极端事件变化及其与全球气候变化的关联的研究面临着两个主要难点:一是缺乏足够的资料,尤其是缺乏长时期时空分辨率较高的资料序列。因为许多天气气候极端事件的时空尺度都比较小;二是模式

分辨的尺度与用于验证模式结果的资料的尺度之间不匹配,前者较细,后者较粗。因而无法确定由模式模拟或预测的极端事件的正确性。目前关于极端事件的变化仍处于初步的研究阶段。根据 IPCC 第一工作组第三次评估报告^[1,3],最主要的结果可概括为四个方面(详见表 1):(1)极端暖日的概率增加,同时极端冷日概率减少;(2)夏季中纬大陆腹地

的干旱发生机会增加;(3)许多地区出现更强的降水事件(如暴雨);(4)热带气旋最大风速强度增加。该报告进一步指出即使 El Nino 的振幅不变或变化甚小,全球变暖仍然可能会导致干旱和暴雨具有更大的极端值,并在许多地区增加 El Nino 事件发生时期旱涝出现的风险。

表 1 20 世纪天气和气候极端事件的变化^[1,6]
(材料取自 IPCC 报告,2001 年)

极端事件	观测到的变化
地表温度日较差	陆地 1950~2000 年减少,夜间最低温度增加的速率比白天最高温度快一倍(可能)*
热日/高温天气	增加(可能)
冷日/霜日	几乎所有陆地地区在 20 世纪出现减少现象(很可能)
大陆降水	北半球在 20 世纪增加 5%~10%(很可能),但在某些地区出现减少(如北非、西非以及地中海部分地区)
暴雨事件	北半球中高纬地区增加(可能)
干旱频率和强度	在一些地区,夏季变干和发生干旱事件的概率增加(可能)。在有些地区(亚洲与非洲部分地区)最近几十年观测到干旱频率和强度增加。
雪盖	从 1960 年代卫星观测以来,观测到全球积雪面积减少了 10%。
El Nino 事件	与过去 100 年相比,最近 20~30 年频率、强度和持续性皆呈上升趋势。

* 表 1 和表 2 给出了信度级别^[5],其分级为:真正确定的(机会大于 99%);很可能(90%~99%机会),可能(66%~90%机会);中等可能(33%~66%);不可能(10%~33%机会);很不可能(1%~10%机会);特别不可能(<1%机会)

3 未来天气和气候极端事件及其影响的预测

未来 100 年,天气和气候极端事件的预测主要是根据气候模式做出的。在进行这种预测之前,必须对过去的模拟结果与实况进行比较,以确定其预测的信度或可靠性,同时还应从物理上分析预测结果出现的可能性。表 2 是未来 100 年天气和气候极端事件及其影响的预测^[1,6](参看 IPCC WG1 报告,2001;IPCC 综合报告,2001 年),可以看到,在几乎所有的陆地地区,热日和高温天气都增多,增加最明显的地区在土壤湿度减少的地区。日最低温度也在几乎所有的陆地地区表现出增加,并在冰雪退缩的地区较显著;霜日和寒潮将减少,地表气温和地表绝对湿度的增加使热指数增加(热指数是表征温度和水汽共同作用的一个量)。地表气温的增加也将造成“冷却度日”(某一天一旦温度超过某一阈值所需的冷却量)增加。预测降水极值将比平均值增加更大。降水事件的强度也将增加。极端降水事件的频率几乎各处都将

增加。夏季中纬大陆腹地将出现干旱化趋势。这是由于温度增加和潜在蒸发增加共同作用的结果。后者的增加不能被降水的增加所平衡。关于中纬度风暴强度、频率和变率的未来变化各模式之间结果不一致。关于热带气旋频率和形成地区的变化预测结果也很不一致。但热带气旋的平均和最大降水强度可能会有相当的增加。对于其它极端事件和现象由于资料不足或模式预测的信度不高以及了解甚少,难以作出肯定的预测,尤其是对一些中小尺度的现象,如雷暴、龙卷、冰雹、闪电等,不能在现代的全球模式中被模拟出来。对于温带气旋在将来如何变化也没有充分的分析结果。因而关于天气和气候极端事件的预测是十分初步的。

关于极端事件的社会-经济与环境影响是根据上述预测利用各种统计方法和有关模式作出的。由于其准确性取决于后者的信度,所以一般也仅作为一种参考。由表 2 可以看到,温度极值的变化可能造成农作物增加,牧业受损,需要更多的能源用于制冷,人

类迁徙和由高温天气造成的死亡人数将增加。如果霜日减少,将使与寒冷有关的人类迁徙减少,死亡减少,作物的冷害减少。现

在,从总体上还不能评估未来全球变暖对社会-经济的发展是有利还是有害的,这有待于进一步的深入研究。

表2 气候变率和气候极端事件及其影响的预测^[6]
(据 IPCC 综合报告,2001年)

21世纪极端气候现象预测及其出现的可能性	预测的影响
几乎所有的地区陆地最高温度上升(更高),热日和高温天气更多(很可能)	对老龄人群和城市中的穷人带来更多的疾病和死亡。旅游地点变动,许多作物受破坏的风险增加,制冷所需的电力增加,能量供应的可靠性降低。
几乎所有陆地地区最低温度上升(更高)冷日、霜日和寒潮更少(很可能)	与寒冷有关的人类迁徙和死亡降低。许多作物受破坏的风险减少,但对另一些作物风险会增加。病虫害和流行病的活动时期会延长,加热所需的能量减少。
更强的降水事件(许多地区很可能)	洪水、滑坡、泥石流和雪崩破坏增加,土壤侵蚀增加。洪水径流能够使一些泛滥平原的含水层更新增加。政府、私人洪水保险系统和政策部门的压力增加。
大多数中纬内陆腹地夏季变干的情况及其引起的干旱风险增加(可能)	作物产量减少。由地面干裂和收缩引起的建筑物基础破坏增加,水资源数量减少,质量降低。
热带气旋最大风速强度,平均与最大降水强度增加(某些地区,可能)	危及人类生命的风险、感染性流行病风险及其它风险增加。
在许多不同地区与 El Nino 事件有关的旱涝加剧(可能)	沿岸侵蚀和岸区建筑物与基础建设的破坏增加。沿岸生态系统如珊瑚礁和红树林的破坏增加。在旱涝多发区,农业生产力下降,在干旱多发区,水力发电的潜力降低。
亚洲夏季风降水变率增加(可能)	亚洲中纬和热带地区的旱涝程度与破坏加剧。
中纬度风暴强度增加	生命和健康风险增加,贫穷与基础设施损失,沿岸生态系统破坏加剧。

4 天气和气候极端事件的适应与减缓对策

2002年世界气象日选择“减低对天气与气候极端事件的脆弱性”这一主题目的是在充分认识这些极端事件对社会和国民经济造成的负面影响的基础上,加强预防、适应或减缓措施,把负面影响或由此造成的自然灾害减少到最低限度,以保持社会-经济的可持续性发展。为了实现这一目标,需要采取以下三个方面的措施或对策。

4.1 建立早期的预警系统

建立早期预警系统是减少天气与气候极端事件灾害最有效的措施之一^[2]。这包括监测、资料与信息传输和收集、预报或预测、风险评估以及制作气候资料集等方面。目前WMO的世界天气监测网与正在发展的全球气候观测系统(GCOS)在灾害监测中起着关键作用。监测系统主要包括约10000个陆地站,1000个高空探空站,几百个雷达站,每天提供75000多个观测结果的300多个航空气象资料和中继系统,7000多个自愿观测船与布放于赤道太平洋的TOGA-TOA浮标阵;6个极轨卫星和4个地球静止卫星,一个河流量监测网,近250个监测全球大气化学成分

(温室气体、臭氧和污染物)的全球与区域的本底观测站^[2]。WMO为保证每个国家都能获得这些资料和收集信息,为灾害警报和制作及时的天气与气候预报提供了必须的技术支持。WMO也通过全球电信系统保证了观测资料和加工产品的及时收集和交换。为此,3个全球和25个区域专业气象中心提供天气预报并制作的区域为重点的产品,如热带气旋、干旱、洪水、森林火灾等。世界天气研究计划和世界气候研究计划正在为改进和提高上述极端事件的预报做出贡献。1970年,发生在孟加拉国的强热带气旋曾使30万人丧生,但在1992年和1994年,由于预报水平的提高而具有更长的预警时间和具备更有效的适应对策系统,结果上述两年的死亡人数分别减少到1.3万人和200人^[2]。作为较长期的预防措施,要加强气候变率和气候变化的研究,在此基础上改进气候模式,不断提高气候预测的准确性,尤其El Nino预报和干旱的季节与跨年度预报。目前这方面已取得明显进展,不少国家(美国、日本、澳大利亚、中国等)已发布了试验性的季度和年际预报。这些气候预测结果对于气候的脆弱性分

析,风险评估以及制定防灾减灾的适应与减缓对策是非常重要的。

4.2 加强国际合作,发展和实施全球、区域和国家级减灾战略

WMO积极参与了国际减灾战略(ISDR)的实施并已经与其他组织在健康、农业和林业、水资源管理、人道主义救援、旅游等领域建立了合作关系。这些组织已针对一系列与天气气候和水有关的极端事件制定了预防措施和对策,其中IPCC(政府间气候变化专门委员会)通过三次气候变化的评估报告对于天气气候极端事件的变化和预测提供了大量有益的结果^[1,3]。在国家一级,各国的国家气象与水文部门也制定或正在制定和实施类似的国家减灾战略计划。他们在这些计划中起着协调和综合决策的关键作用。

4.3 加强天气气候极端事件变化原因及其与全球气候变化关系的研究

为达到此目的,IPCC第一工作组最近提出了下列需要进一步研究的科学问题:(1)改进强天气事件监测的资料集及其分析工作,从观测上确认这些事件是否增加。为了在将来检测他们,应建立共同的关于天气与气候极端事件的指数和指标。(2)了解导致极端事件的过程,在研究和改进模式或过程研究中改进对他们的表征和预测方法。(3)改进模式对强天气事件的模拟,并研究分析

这些极端事件的系统方法。(4)提高极端事件模式预测的信度。(5)研究极端事件的可预报性,包括在多大程度上它们是可能预测的,哪些极端事件,并在何地是需要和可以预报的。(6)研究预测极端事件的变化对基础设施建设计划、设计和相关应用的影响。(7)从观测和预测方面研究极端事件问题中的主要不确定性和未来需求。

致谢:作者参阅了中央电视台科技频道李如彬同志有关2002年世界气象日主题的中文资料,在此表示感谢。

参考文献

- 1 Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van Der Linden., X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, 2001: 881.
- 2 G. O. P. Obasi. *Reducing vulnerability to weather and climate extremes*, Information and Public Affairs Office, WMO, 2002.
- 3 McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White, *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, 2001: 1000.
- 4 Metz, B., O. Davidson., R. Swart and J. Pan. *Climate Change 2001: Minigation*, Cambridge University Press, 2001: 700.
- 5 Moss, R. H and Schneider, S. H.. *Uncertainties in the TAR: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting*, 2000: 48.
- 6 R. T. Watson (ed.). *Climate Change 2001: Synthesis Report*. Cambridge University Press, 2002: 148.

Changes in Weather and Climate Extreme Events and Their Association with the Global Warming

Ding Yihui Zhang Jin Song Yafang

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract

The theme for World Meteorological Days (WMD), 2002 is "Reducing vulnerability to weather and climate extremes". In the light of this theme, the following four problems are in general illustrated: (1) definitions of weather and climate extreme events; (2) changes in weather and climate extremes for the past 100 years on the global basis, and their association with global climate change; (3) projection of global weather and climate extreme events for this century; and (4) adaptation and mitigation response strategy for reducing vulnerability to weather and climate extreme events. Due to space limitation, studies in this regard made by Chinese scientists have not included.

Key words: Weather and climate extremes vulnerability global climate change adaptation and mitigation