

全球变暖 与中国极端气候事件变化

◎ 任国玉 陈峪

极端天气气候事件（以下简称极端气候事件），是指一个地点或地区发生概率较小的天气气候现象，又称异常天气气候事件。极端气候事件往往可以造成很大的危害。其中，高温（热浪）、低温（寒潮）、暴雨洪涝、少雨干旱、台风和沙尘暴等常能造成严重的自然灾害，引起人员伤亡和经济损失。

目前，科学界和公众关心的一个问题是：在全球气候变暖的背景下，全球陆地或一个特定区域的极端天气气候事件频率、强度是否发生了明显的趋势性变化？如果有明显的趋势性变化，其原因又是什么？

为了回答这个问题，相关学者已经开展了许多研究。依据过去60年左右的实测气象资料，研究者分析了全球陆地和不同地区各类天气气候事件的趋势变化特征和原因。目前有比较一致的认识。例如：1960年代以后，全球大部分陆地地区极端冷事件（如低温、寒潮、霜冻、冷夜和冷日等）发生频率逐渐减少，而极端暖事件（如高温、热浪、暖日和暖夜等）发生频率不断增多，极端冷事件的减少减弱比极端暖事件的增多加强更为明显；北半球大陆中高纬度多数地区降水增加了5%~10%，暴雨的发生频率增加了2%~4%；中低纬度地区夏季的极端干旱事件增多；热带气旋（包括台风）生成和登陆频数的变化趋势不明显，但在北美洲特别是加勒比海地区显著增多、增强^[1-3]。

全球范围内极端气温事件和北半球中高纬地区强降水事件的变化，一般被归因于人为排放温室气体导致的全球气候变暖。采用气候模式进行模拟研究发现，在大气中温室气体浓度持续增加的情况下，全球极端

气温和降水事件也出现了类似观测到的明显趋势性变化，说明过去半个世纪中极端气候事件频率的变化，可能主要与人类活动导致的全球变暖有联系^[3-4]。

以下主要依据最新的《气候变化国家评估报告》以及王绍武等（2005）、丁一汇等（2008）、任国玉等（2010）的文献^[5-8]，简要介绍针对中国地区极端气候事件变化的观测研究结果，希望对客观了解气候变化及其影响等问题有一定帮助。



我国西南地区极端干旱事件
2010年3月，我国西南地区多数地点降水量不足10毫米，且气温较常年同期偏高2~4℃，异常高温少雨引发严重干旱灾害。

极端气温事件

极端气温事件一般指各种气温异常现象，以及某一时段内气温的极值。因此，日最高和最低气温，年内或季节内最高和最低气温的极值，以及寒潮、高温日、低温日、热浪、霜冻、冷害等，都可以看作是极端气温事件。

1951年以来的近60年，全国年平均最高气温有较明显的升高，北方增温明显，且冬季增温最为明显；

年平均最低气温表现出更为一致的显著上升，全国平均最低气温上升速率比最高气温升温速率大近1倍，仍然是北方的冬季气温上升最显著。研究还发现，中国年平均最低气温开始显著升高的时间明显早于最高气温。由于平均最低气温一般比平均最高气温增加偏早、偏强，全国大部分区域年平均气温日较差呈明显下降趋势，东北、华北、新疆北部和青藏高原下降幅度最大，冬季下降趋势最明显。此外，由于冬季各月平均气温比夏季各月平均气温上升快，多数地区气温年较差趋向变小。

中国气象部门把日最高气温大于或等于35℃的日子定为高温日。1951年以来，全国平均高温日数趋势变化不明显，但长江中下游和华南地区有较显著的减少趋势，华北和西部部分地区则有增加趋势。大部分地区寒潮或低温事件频率明显减少、强度减弱。

在气象上，一般把日最低气温小于0℃作为发生霜冻的指示。过去60年，中国大部分地区发生霜冻的日数有显著的减少。与此相应地，如果把日最低气温大于0℃或5℃作为气候生长期的标志，则全国大部分地区气候生长期长度明显增加。

许多研究把日最高(低)气温大于全部(或30年)序列第90分位值的白天(夜晚)称作暖昼(夜)，把日最高(低)气温小于全部(或30年)序列第10分位值的白天(夜晚)称作冷昼(夜)。按照这种标准，1950年代以后全国多数地区暖夜、暖昼日数有增加趋势，暖夜日数增加更为明显，冷昼、冷夜日数一般明显减少，其中冷夜日数的减少最明显。

概括起来，在过去的60年，全国高温极端事件频率和强度变化一般较弱，而低温极端事件频率和强度则明显减小。高、低温事件频率和强度的变化与平均最高气温上升不明显、平均最低气温上升显著的特点完全一致。因此，在全球和区域气候变暖的背景下，中国地区多种极端气温事件发生的频率和强度，总体来看发生了较明显的趋势性变化。

对于中国极端气温事件变化的原因，目前一般认为主要与大气-海洋系统的多年代变化、人为排放温室气体导致的全球气候变暖等因素有关^[7]。但是，近年研究发现，城市化对中国地区台站观测的日平均气温和日最低气温具有重要影响^[6]。例如，在华北地区，1960—2001年国家基准气候站和基本气象站记录的平均最

低气温增加趋势中，至少有52%是由于城市化因素引起的^[9]。在现有的分析中，城市化造成的大气温资料序列增暖偏差一般还没有予以充分考虑或剔除。

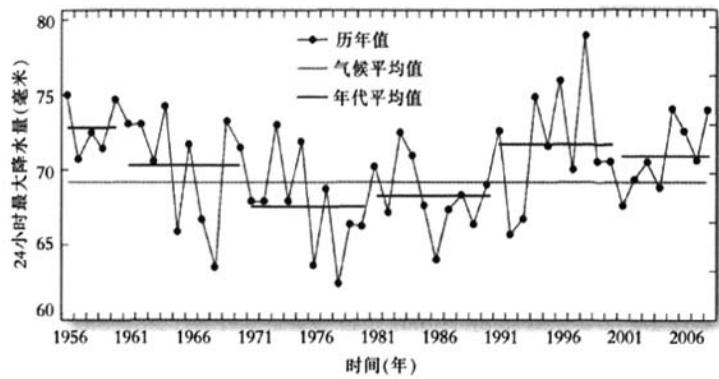
极端降水事件

极端降水事件是指各种降水异常的现象，以及某一段内降水的极值。极端降水事件包括暴雨或强降水，1日或3日持续最大降水量，最长连续无雨日或干期，气象干旱等。显然，人们有足够的理由关心，在全球变暖背景下，中国地区的极端降水事件频率和强度究竟发生了怎样的变化。

1日或3日持续最大降水量对于流域内洪水的形成和发展具有重要作用。最近的分析表明，1956—2008年，全国平均的1日(24小时)和3日持续最大降水量没有出现明显的趋势性变化，但在华北和东北地区趋于减少，而西北西部和南方部分地区则趋于增加。全国平均1日和3日持续最大降水量从1950年代中期到1970年代后期有减少现象，而从1970年代后期到1998年则有明显上升趋势，此后重又下降。

如果把24小时降水量超过50毫米作为暴雨，则中国记录到暴雨的观测站主要集中在东部季风区。自从1956年以来，总体上全国有暴雨地点的年平均暴雨日数没有明显趋势变化，但华北和东北大部分地区暴雨日数减少，而长江中下游和东南沿海地区一般增多，部分地点增多比较明显。

如果把24小时降水量大于全部(或30年)序列第90分位值的情况作为强降水事件，则1950年代中期以来中国东部强降水事件频数与暴雨日数趋势变化相似，但西部大部分地区强降水事件频数有较明显的增加。无论是暴雨日数，还是强降水事件频率，其趋势变化



1956—2008年中国大陆平均24小时最大降水量变化情况 年代平均值
中1950年代后期为1956—1960年平均，21世纪以来为2001—2008年平均，其余为10年平均。整个分析时期的趋势变化不明显。

的宏观尺度空间分布形式与总降水量趋势变化很接近。

一些研究发现,中国多数地区年或季节里,暴雨或强降水量与总降水量的比值有所增加,暴雨或强降水级别的降水强度也增加了,表明降水有向极端化方向演化的倾向。这种现象不仅出现在强降水事件增多的南方和西部,甚至出现在强降水事件减少的华北和东北。

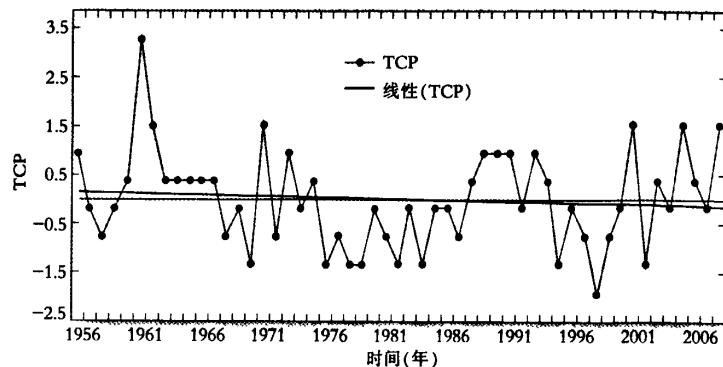
极端少雨的情况常常引起干旱。根据降水量和潜在蒸发量的消长关系,可以定义各种气象干旱指数,度量气象干旱程度。分析国家气候中心发展的一种综合气象干旱指数时间演变特征表明,全国气象干旱面积百分率在1951—2008年中有较显著的增加趋势,北方地区各大外流河流域干旱化尤为突出(邹旭恺等,2010年)。

全国范围的暴雨和强降水事件没有表现出一致的趋势性变化,说明目前还不能认为全球变暖已经对中国的主要降水事件频率或强度产生了任何影响。多数地区年或季节暴雨或强降水的强度增加,的确是一个非常值得关注的现象。如果这种变化是真的,可能与全球海洋变暖、全国大范围地面比高空变暖明显引起的大气温度直减率增加、以及人为排放的气溶胶影响等有联系。但是,目前对降水观测资料的系统偏差还没有进行认真评价,观测站附近风速普遍下降引起的虚假降水增加可能也是一个重要问题,需要今后开展深入研究^[6]。全国多数地区气象干旱面积百分率有明显增加,可能主要与现有气象干旱指数过分考虑了地面气温的影响有关,与实际的水文干旱或农业干旱变化趋势不一定完全相符。

其他极端事件

除了极端气温和降水事件,热带气旋(台风)、沙尘暴、强风、雷暴等各种尺度强烈天气现象也可算作极端气候事件。

热带气旋(台风)是影响中国沿海地区的重要极端风暴事件。1956—2008年期间,登陆中国的热带气旋频数存在弱的减少趋势,其中1998年成为有记录以来最少的一年,进入21世纪以后有一定上升。同样,近60年登陆中国的台风和超强台风频数也呈减少趋势。与登陆热带气旋频数减少相一致,1950年代以后热带气旋导致的中国大陆地区降水量总体上表现出下降趋势。



1956—2008年期间每年登陆中国大陆热带气旋个数(TCP)的标准距离平曲线。图中细虚线是标准化距平0值线。整个时期登陆热带气旋个数有微弱下降趋势,但变化不明显。

近半个世纪,中国北方沙尘暴发生频率整体呈现减少趋势,但在世纪之交的几年沙尘暴频率和强度有所增加。1970年代以前北方沙尘暴明显偏多,从1980年代中期开始显著偏少,1999年后有所上升,但仍明显低于常年水平。沙尘暴频率下降与北方地区平均风速、大风日数和温带气旋频数减少趋势基本一致。

近年对于雷暴等局地强天气现象随时间变化特征进行了若干分析。这些个例分析表明,在中国东部季风区的关中、三峡、广东、成都和山东等地区,雷暴发生频率有比较明显的减少趋势。

登陆中国的热带气旋(台风)数量变化,以及热带气旋生成的降水量变化,可能主要与热带海洋表层水温的年代尺度变动有关。进入1990年代以来,热带太平洋表层水温多呈现西低东高的厄尔尼诺形态,不利于西太平洋热带气旋(台风)的生成和发展。1998年登陆中国的热带气旋数最少,也和当年及前一年发生了极强大的厄尔尼诺事件有关。

北方沙尘暴事件频率长期趋向减少,直接的原因是沙尘源区降水增多和大风日数明显减少,后者可能与西伯利亚高压减弱有联系。冬春季大风日数减少和平均风速下降,也与北半球高纬度比低纬度地带变暖明显,亚洲中纬度地区中低空西风风速减弱有关。

尚待进一步研究的问题

综上所述,中国大陆极端气候事件频率和强度变化十分复杂,不同区域不同类型极端气候变化特点表现出明显差异。

从全国范围来看,过去半个世纪主要类型极端气候事件发生频率有增有减。极端气温出现了比较一致

的变化，异常偏冷事件明显减少、减弱，而异常偏暖事件有所增多、增强；暴雨或强降水事件频率变化具有明显的区域差异，但强降水事件强度似有普遍增加趋势；气象干旱事件影响范围有一定程度增加；登陆和影响中国东南沿海的热带气旋（台风）频数没有表现出明显趋勢性变化；北方地区的沙尘暴事件和东部季风区的雷暴事件发生频率趋于减少、减弱。

因此，就目前的研究结果来看，在全球气候明显变暖的半个世纪内，全国范围内部分类型极端气候事件确有增多或增强，但多数类型极端气候事件出现了减少或减弱的趋势，或者在趋勢性上保持相对稳定态势。从全国平均来看，对社会和经济具有重要影响的主要类型极端气候事件没有表现出总体增多或增强的趋势变化。

目前的研究在许多方面还需要加强。例如，极端气候变化的检测还需要利用更成熟的指数与统计方法；对于全国或各地区多种或多类极端气候事件的综合研究还较欠缺；观测资料的非均一性检测和订正问题尚未完全解决；地面观测资料，特别是地面气温资料的城市化影响偏差，还需要进行系统评价和认真订正。此外，目前对有关雷暴、龙卷风等小尺度强烈天气事件的气候变化分析还限于局地范围，对极端气候变化机理和原因的研究也比较欠缺。

跟踪·扫描

大鼠抗菌肽 Defb15 在精子成熟中起重要作用

[本刊讯]上海生命科学院生化与细胞研究所分子男科学重点实验室张永莲研究组，在2010年8月欧洲的《细胞与分子生命科学》(Cellular and Molecular Life Science)杂志上发表了关于大鼠附睾特异表达的抗菌肽Defb15(β -defensin15)促进精子成熟的最新研究成果。

精子在睾丸中完成分化但仍未成熟，需在附睾中经历复杂的结构与功能变化而获得运动能力和潜在的受精能力。但是目前只有很少分子被证明直接涉及该过程。张永莲研究组于2001年报道过附睾组织中的第一个基因——抗菌肽Defb(β -defensin)的

*Bin1b*基因，其表达除了具有抗菌活力外，还能通过激活精子的L型 Ca^{2+} 通道，启动精子运动。

随后研究者在哺乳动物中陆续发现大量Defb的基因。令人吃惊的是，它们大部分在附睾组织中显著表达，并具有区域表达特异性，然而并不清楚它们在附睾中是如何分工协作行使功能的。

该研究组的赵越博士等最近又在大鼠附睾中发现另一个Defb基因——*Defb15*，它的表达除具有广谱有效的抑菌活力外，还有维持精子运动能力和调控雄性生育力的功能。体内下调*Defb15*的表达后，精子的前向运动能力以及精卵结合能力显著下降，且雄鼠生育能力也明显降低。结合*Bin1b*和*Defb15*这两个Defb基因的研究结果，一个有趣的发现是：*Bin1b*在附睾头部中间区域特异表达，启动精子运动，而*Defb15*在附睾头部末端区域特

异表达，维持精子运动。因此研究者形成一个大胆推测：附睾中精子运动能力的获得，是一个多基因接力调控的过程，除附睾头部的*Bin1b*和*Defb15*外，可能在附睾体部、尾部表达分泌的一些其他Defb分子接力作用于精子，使精子逐步获得运动能力。因此该项工作提出，精子运动能力的获得，是附睾中多基因调控的结果。其中任何一步发生异常，都可能导致精子运动的缺陷。

生殖健康是人们关切的一个重要问题。目前在世界范围内，不育症的发病率已上升至15%，其中仅由男方原因导致的病例占1/3以上。生殖系统感染和精子成熟障碍是引起男性不育的主要原因。赵越等人的工作为临幊上有关弱精症的个性化诊断及治疗提供了一定的分子生物学知识基础。

(赵 越)

这些研究上的不足，在很大程度上限制了我们对全国极端气候事件频率和强度趋勢变化规律的认识。因此，上述结论还需要今后深入研究验证，并对其原因给出科学解释。

- [1] Alexander L N, Tapper X Zhang, et al. Climate extremes: progress and future directions[J]. *Int J Climatol*, 2009(29): 317–319.
- [2] Easterling D R, et al. Maximum and minimum temperature trends for the globe[J]. *Science*, 1997(277): 364–367.
- [3] IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*[M]// Solomon S D, Qin M Manning, et al. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 996.
- [4] Zhang X, Zwiers F W, Hegerl G C, et al. Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends[J]. *Nature*, 2007(448): 461–465.
- [5] 丁一汇, 任国玉. 中国气候变化科学概论[M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [6] 任国玉, 封国林, 严中伟. 中国极端气候变化观测研究回顾与展望[J]. *气候与环境研究*, 2010, 15(4).
- [7] 气候变化国家评估报告编委会. 气候变化国家评估报告(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [8] 王绍武, 伍荣生, 杨修群, 等. 中国的气候变化[M]// 秦大河, 丁一汇, 苏纪兰. 中国气候与环境演变(上卷), 第九章. 北京: 科学出版社, 2005: 63–103.
- [9] 周雅清, 任国玉. 城市化对华北地区最高、最低气温和日较差变化趋势的影响[J]. *高原气象*, 2009, 28(5): 1158–1166.

关键词：极端气候事件 全球变暖 气温 降水量
热带气旋 沙尘暴

