

编辑选编

太阳活动年代际变化对现代气候影响的研究进展——《地球科学进展》2013年第28卷第12期

太阳活动对现代气候变化尤其在年代际尺度的影响和贡献是亟待认识的科学问题之一。肖子牛等撰文回顾了近年在年代际尺度上太阳活动影响地球气候的新观测证据，侧重阐述了太阳总辐射、紫外辐射和宇宙射线影响气候的途径和气候系统响应机制的细节，以及对其评估验证的新进展。此外，还指出对观测资料不确定性的评估、气候系统对太阳活动效应的放大机制的数值检验以及对未来可能的太阳活动极端事件的影响预估是目前研究中面临的挑战。最后，展望了该领域可能取得突破的关键点，为未来的科学研究提供参考。

“2013年1月中国东部严重雾霾天气”专栏——《中国科学：地球科学》2014年第44卷第1期

近几十年来，随着中国经济的高速增长以及气候变化，雾霾天气的频繁发生及其强度的增强，对人民生活、人体健康以及我国经济和社会的可持续发展带来了越来越多的负面影响，因此雾霾备受关注。《中国科学：地球科学》组织了专栏，针对2013年1月发生在我国东部的强雾霾天气进行了研究，从气象角度提出了应对雾霾天气的对策和措施。

穆穆等分析了气象条件对雾霾的影响，提出气象科学与技术应对雾霾天气方面的对策。指出，对于雾霾天气的观测、形成机理、数值模拟乃至预测与防控，都需要发挥气象科学与技术的作用，更需要环保和气象领域的科学技术工作者与行业部门的密切合作。并对专栏中4篇论文的主要结论进行了简要介绍。

其中，王自发等介绍利用自主研发的嵌套网格空气质量数值预报

模式（NAQPMS）模拟研究2013年1月我国中东部的持续强灰霾天气，初步评估灰霾天气下大气细颗粒物（ $PM_{2.5}$ ）时空分布特征、传输规律和防控力度。结果表明：这一模式能够合理反映灰霾天气下中东部 $PM_{2.5}$ 的时空分布特征和演变规律。发现静稳天气京津冀地区仍旧存在显著的区域输送，并直接造成京津冀地区 $PM_{2.5}$ 浓度的累积，来自区域外的跨城市群输送对京津冀 $PM_{2.5}$ 浓度贡献为20%~35%，区域内输送的贡献为26%~35%，两者之和与局地污染源贡献相当。针对这次强霾的控制试验表明，当京津冀周边区域省份污染源不控制，河北、天津和北京的污染物排放需要消减90%，90%和60%以上才能实现京津冀区域 $PM_{2.5}$ 达标（二级标准），表明京津冀灰霾污染防治不仅需要重视区域内的联防联控，同时也需要其他城市群的协同控制。气象—大气污染双向反馈机制对强霾的形成也有非常重要影响，可使京津冀部分地区细颗粒物月均浓度增加30%，忽视这种耦合作用会导致模式对重污染期间污染物浓度的低估。

王跃思等介绍了中国科学院“大气灰霾追因与控制”专项组利用其建立的“中国气溶胶观测研究网”（CARE-China）对整个强霾污染过程进行了全程追踪观测，并对其成因进行了分析研究。本次强霾污染涉及我国整个中东部地区，污染最严重的京津冀地区共计发生5次强霾污染过程，其中两次超强过程发生在9—15日和25—31日，北京 $PM_{2.5}$ 小时浓度最高值分别达到680和530 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，石家庄和天津等重要城市强霾污染状况与北京相似。天气系统弱、强冷空气活动少和极不利于污染物扩散的局地气象条件及地理位置，是造成本次强霾污染形成的外部条件；一次排放的气态污染物向颗粒态的快速转化，是本次强霾污染“爆发性”和“持续性”的内部促发因子，特别是大气中燃油排放为主的大量 NO_x 促发了燃煤

排放气态 SO_2 向颗粒态硫酸盐的快速转化。通过 NO_x/SO_2 协同转化途径分析，发现气态污染物在细颗粒表面的非均相反应可改变大气颗粒物的粒径及化学组分，促使颗粒物中的二次无机盐（如硫酸盐和硝酸盐等）的比例逐渐增大，导致颗粒物吸湿性显著增强，从而对强霾污染形成起到了促进作用。

张人禾等利用资料诊断，从大气环流背景场和雾霾天气演变过程两个方面，分析了气象条件在这次持续性强雾霾天气发生中的作用。结果表明，2013年1月东亚冬季风异常偏弱，在中国东部区域，对流层中低层的异常南风有利于水汽向中国东部地区输送，500hPa的高压异常抑制了对流的发展，而表面风速的减弱不利于近地面附近的雾霾向区域外输送，水平风垂直梯度的减小减弱了天气尺度扰动的发展和大气的垂直混合，对流层低层异常逆温层的存在使得大气近地层变得更加稳定。这些气象背景场为雾霾天气的维持和发展提供了有利的气象条件。对雾霾天气演变过程的分析表明，雾霾天气区域内的表面风速及其上空对流层中低层的水平风垂直切变对雾霾天气过程具有动力影响，二者偏小（大）时雾霾天气偏强（弱），对流层中低层的层结不稳定性以及近地面层的逆温状况和温度露点差对雾霾天气的演变可以产生热力影响，层结不稳定性逆温偏大（小）以及温度露点差偏小（大）时雾霾天气偏强（弱）。多元线性回归分析的结果表明，热力和动力因子对这次雾霾天气过程具有大致相同的作用，气象因子可以解释超过2/3的雾霾天气逐日变化的方差，方差贡献达到0.68。

丁一汇等则用近50年（1961—2011年）我国雾和霾台站长期观测资料进行分析，得到雾日发生的频率呈先增（1980年之前）后减（1990年后）的变化，尤其是1990年以后明显减少，这与气候变暖引起的近地面相对湿度减小的趋势一致，而霾日发生的频率总体上

呈增加的趋势。据此,文章进一步讨论了大气湿度减少在雾—霾转变中的作用,结果表明霾日的平均相对湿度在69%左右,比以前得到的值低,这意味着霾粒子更不易向雾滴转换,这可能是导致雾日减少的主要环境因子之一;雾和霾转换的相对湿度阈值平均为82%左右;这个值也低于以前得到的值,因而在气候变暖条件下,主要由于温度和饱和比湿增加导致的中国近地面相对湿度减少对雾和霾形成的环境条件可能产生了明显的影响。也研究了霾与能见度的关系,结果表明随着霾日发生频率的增加,能见度有明显的下降,从1961年至今平均能见度从4~10km减小到2~4km,下降一半左右。

1958—2005年中国高空大气比湿变化——《大气科学》2014年第38卷第1期

郭艳君等利用经过质量控制和均一化的92站探空露点温度序列,研究了高空大气比湿气候学特征和1958—2005年比湿时间、空间演变以及不同时段线性变化趋势地区和季节差异。中国比湿气候场特征显示,垂直方向上90%以上的水汽集中在对流层中低层,空间呈南高北低的纬向分布。通过累积距平、滑动平均和突变点分析等方法研究了中国平均高空比湿的年代际变化,得到1958—2005年中国对流层中低层大气比湿经历“湿”、“干”、“湿”阶段性变化。不同时段线性变化趋势分析表明,1958—2005年对流层低层比湿呈上升趋势,对流层中层、高层和平流层下层为下降趋势;1979—2005年对流层低层上升趋势和对流层高层下降趋势均较整个时段明显增强。近50年来中国高空各层温度与比湿变化基本同步,统计达到显著相关,说明温度是影响比湿变化的重要因子。趋势的空间分布显示对流层下层全国大部比湿为上升趋势,且1979年以来上升趋势更加明显,对流层中层趋势呈北升南降分布,

对流层高层多为下降趋势。中国五个分区中西北地区对流层低层比湿上升趋势最明显,长江和华南地区升幅较小。1958—2005年对流层下层各季节比湿变化趋势差异较明显,上升趋势发生在夏、冬两季,1979—2005年四季比湿均呈上升趋势,其中夏季上升趋势最为明显。

不同观测分辨率强台风云系的遥感特征——《应用气象学报》2014年第25卷第1期

静止气象卫星的快速区域扫描是监测不同天气过程的有利手段。刘健等撰文以获取的风云静止气象卫星快速区域扫描数据为基础,选取2011年台风梅花(1109)及2012年台风海葵(1211)的观测数据,采用Hovmller分析图、变异系数等参数,研究不同时空分辨率观测数据对台风云系结构特征参数监测的敏感性影响。分析结果表明:可见光通道10min观测时间间隔配以1.25km空间分辨率可以很好地反映云系演变特征,在相同观测时间分辨率条件下,降低空间分辨率会对云系结构特征的提取有较大影响;在相同空间分辨率条件下,观测时间分辨率的降低对云系结构及演变特征的分析影响较小;基于变异系数的分析说明云像元特性在60min的观测时间间隔下发生了较大变化,如果以60min为观测时间间隔将会失去较多的云像元变化特征。水汽通道不同观测时间的变异系数差值小于红外通道1,说明云像元在红外通道1的特性演变对观测时间的敏感性高于水汽通道,提高观测频率可获取更多的云像元红外通道1的辐射特性。

近30年城市化对北京极端温度的影响——《科学通报》2013年第58卷第33期

王君等撰文基于1978—2008年北京地区20站均一化逐日气温资料,评估了城市化对温度和极端温度变化的影响。与以往研究不同,此研究采用聚类分析,客观地将

观测站点分为4类(城市站、近郊站、乡村站和山地站),并利用遥感夜晚灯光数据验证了分类结果的合理性。近30年来,城市化所致城市热岛增强的效应对城市站点平均气温增温趋势的贡献为10.9%(影响最大的站点该贡献达18.4%或0.12°C/10a),对最低气温增温趋势的贡献为12.7%(影响最大的站点该贡献达20.8%或0.19°C/10a),对温度日较差下降趋势的贡献为24%(影响最大的站点该贡献达37.4%或0.15°C/10a)。城市化效应对城市站点最高温度影响较小,但对极端暖夜(冷夜)的增加(减少)趋势贡献为12.7%或2.07d/10a(29.0%或5.06d/10a)。

1998年夏季西北太平洋副热带地区30~60天季节内振荡特征——

Advances in Atmospheric Sciences, 2014, Vol. 31, No. 1.

Lu Riyu等研究了1998年夏季西北太平洋副热带地区30~60天对流振荡特征以及西北太平洋热带与副热带振荡之间的关联程度。分析表明,1998年夏季在西北太平洋的热带及副热带地区30~60天振荡都表现得异常强烈,为研究副热带振荡及其与热带振荡之间的关系提供了机会。进一步研究表明,30~60天振荡从西北太平洋副热带地区向西传播,到达中国东部;并且,副热带30~60天振荡受到南海和西北太平洋热带地区的两种机制影响:(1)从热带地区直接向副热带地区传播;(2)热带和副热带地区之间的跷跷板型。而后者是主要影响机制。

NOAA全球温度时间序列年度排名的不确定性——Uncertainty in annual rankings from NOAA's global temperature time series. *Geophysical Research Letters*, 2013, Vol. 40, No. 22.

全球温度年度排名是气候监测重要的组成部分。然而,每年全球温度时间序列的值存在一定的不确定性,这也导致了排名的不确

定性。美国国家海洋和大气管理局（NOAA）国家气候数据中心的Arguez等采用Monte Carlo方法对该中心发布的全球陆-海表面温度（NOAATMP）时间序列进行了不确定性分析。结果表明，年与年之间的持续性对结果和假设的统计独立性影响不大。对1880—2012年温度时间序列的分析显示，最暖年的最高概率出现在2010年（约36%）、2005年（约28%）、1998年（约11%）。与NOAATMP时间序列的标准误差相比，基于观测数据得到的几个最暖年之间的差异相对较小。不过，1997—2012年间的每一年的温度都要比1880年以来的大多数其他年份更高（置信水平为95%）。

城市土地利用影响下的鹿特丹城市热岛的空间变异——Spatial variability of the Rotterdam urban heat island as influenced by urban land use. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2014, in press.

瓦赫宁根大学的Heusinkveld等利用一种新颖的骑自行车观测（如图所示）方法，评价了鹿特丹一天内的温度空间变异，在当地时间2009年8月6日的中午和傍晚分别进行了两次观测，每次观测都在两个小时内完成，当天最高气温达到30.4℃。观测发现，由于城市不同区域地表覆盖特征的不同，导致夜间城市温度的空间差异可达7K。中午的观测结果显示，城市公园的温度要比市中心低4.0K，而市中心温度比周边郊区高1.2K。但位于鹿特丹机场的一个WMO气象站的温度信号受到了来自机场跑道和城市方向的城市热岛（UHI）效应的影响。总体上，不论白天还是夜晚，植被覆盖好、建筑物密度低的区域都具有最



低的温度。回归分析也显示，夜间UHI现象与土地利用有关，植被覆盖良好的居民区能够明显减缓夜间的UHI效应。利用自行车观测数据，构建了一个多元线性回归模型，并使用4个城市固定气象站3年的夏季UHI统计数据对其进行了独立验证。回归模型再现了城市热岛夜间空间变异中的4.3%的偏差，利用该模型生成了鹿特丹及周边区域的热岛地图。这张地图表明，缺乏绿化或接近大型水体的高密度城市结构在夜间很容易受到高温热浪的影响。分析一个位于海港区的城市气象站的数据，也发现水体的升温效应相当明显，其夜间UHI的频率分布与市中心的气象站类似。该热岛地图可以作为一种有价值的规划工具，以减轻夜间城市热胁迫或识别热浪期间的住宅区高温风险。

基于非城市气象站数据的伊比利亚半岛的夏季极端温度趋势——Trends in summer extreme temperatures over the Iberian Peninsula using non-urban station data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2014, in press.

基于20个远离城市影响并规则分布的气象站1961—2010年间的夏季（6—8月）日温度数据，西班牙Extremadura大学的Acero等使用极值理论（EVT），特别是阈值顶点（peaks-over-threshold, POT）方法，研究了伊比利亚半岛的热浪事件趋势。首先，将所使用的整个研究时段的夏季温度数据按最大值（ T_{max} ）到最小值（ T_{min} ）进行排列，超过95百分位定义为热浪事件。然后，使用一种“滑动拆分”方法选取了超出阈值的独立极端温度事件，并将这些事件的出现日期拟合成一个泊松过程。通过分析POT方法的尺度参数、泊松强度、平均值、低值（25百分位）、高值（75百分位）等参数的变化趋势，发现，当出现热浪时，泊松强度的最优趋势显著增加。对 T_{min} 和 T_{max} 值的

分析表明，低值区比高值区的增长趋势更为显著，特别是 T_{max} ，其方差反而出现了下降。研究认为，在伊比利亚半岛，极端温度事件预期正在增加，但达不到平均值的增加幅度，因为方差呈现出减小趋势，这也表明方差在极端气候的描述上具有重要作用。

迅速城市化下的植被覆盖和地表反照率变化：以华南区域为例——Modifications in vegetation cover and surface albedo during rapid urbanization: a case study from South China. *Environmental Earth Sciences*, 2014, in press.

植被覆盖和地表反照率是气候和陆面模式中的两个重要参数。中国气象局气象干部培训学院的侯美亭等以华南广州地区为例，使用高分辨率的Landsat TM/ETM+数据和中等分辨率的MODIS数据，分析了迅速城市化对植被覆盖度（GVF）和地表反照率的影响。研究发现，在1990年，从广州市中心至远郊，GVF逐渐升高，短波反照率出现了明显的下降趋势。而在2000年，沿城市—乡村的空间梯度上，反照率并没有出现明显变化，这与低反照率城市建筑的增多和土地覆盖格局的异质化增高有关。而MODIS反照率尽管不能捕捉到Landsat数据所反映的异质化细节，但二者之间存在明显相关。在不需要高分辨率反照率数据的情况下，更易利用的MODIS数据是一种较好的选择。

陆面模式、遥感和GRACE卫星蒸散产品的不确定性——Uncertainty in evapotranspiration from land surface modeling, remote sensing, and GRACE satellites. *Water Resources Research*, 2014, in press.

目前，蒸散（ET）产品正在逐渐增多，评价它们的不确定性具有重用意义。德克萨斯大学奥斯汀分校的Long等使用不需要真实ET先验信息的Grubbs估算方法，评价了4种

陆面模式 (Noah, Mosaic, VIC, SAC) 输出的ET产品, 两种遥感数据 (MODIS, AVHRR) 反演的ET, 以及源于水分收支平衡的GRACE蒸散产品的不确定性。研究区域为美国中南部的3个流域, 涵盖了干旱到湿润的不同气候特征。研究发现, 陆面模式输出的ET具有最低的不确定性 (大约5mm/month), MODIS或AVHRR反演的ET产品具有中度不确定性 (10~15mm/month), GRACE蒸散产品的不确定性最高 (20~30mm/month)。空间分辨率和不确定性之间存在折衷关系, 例如, 不确定性较低的陆面模式也具有较低分辨率 (约14km), 而较高分辨率的MODIS或AVHRR蒸散产品 (约1~8km) 具有较高的不确定性。未来估算ET时, 应考虑将陆面模式和卫星遥感产品相结合, 以发挥二者的优点。

有关气候振荡的讨论: CMIP5大气环流模式与基于天文周期的半经验谐波模式之间的对比——Discussion on climate oscillations: CMIP5 general circulation models versus a semi-empirical harmonic model based on astronomical cycles. *Earth-Science Reviews*, 2013, Vol. 126.

全球地表温度 (GST) 记录的功率谱显示出9.1年、10~11年、19~22年和59~62年几种主要的周期。在许多长期的古气候记录中, 也发现了相似的振荡。然而, 美国ACRIM实验室的Scafetta对IPCC第5次评估报告 (AR5) 使用的国际耦合模式比较计划5 (CMIP5) 大气环流模式 (GCMs) 进行分析, 发现这些模式不能重建上述的这些变率。特别是从2000年到2013年上半年, 尽管观测数据显示GST基本保持稳定, 然而GCM预测的变暖速率达到了2°C/100a。相比, “气候由特定的自然振荡所调节”的假说在多种时间尺度上可能更适合于GST记录。例如, 准60年的自然振荡同时解释了1850—1880年、

1910—1940年和1970—2000年的变暖期, 1880—1910年和1940—1970年的变冷期, 以及2000年以来的GST稳定期。这个假说暗示了观测到的1970—2000年全球地表增暖 (0.5°C) 的50%可归因于气候系统的自然振荡, 而不是归因于如CMIP3和CMIP5 GCMs模拟的人为强迫。从而, CO₂加倍的气候敏感效应应该减少一半, 例如, 从2.0~4.5°C (IPCC, 2007) 减少到1.0~2.3°C, 而且中值由3.0°C减至1.5°C。近代的古气候温度重建也显示了比2000年初建立的曲棍球温度重建更大的工业化前的变率, 这暗示了太阳活动对气候变化的较强贡献和人为因素对气候变化的较弱影响。观测到的自然振荡可能是由天文强迫所驱动。9.1年振荡好像是长期的太阳一月亮潮汐振荡的一个结合, 尽管准10~11年、20年和60年振荡典型地存在于主要由木星和土星驱动的太阳和日球振荡之中。基于日球振荡的太阳模式也预测到准长期 (例如, 115年) 和千年 (例如, 983年) 的太阳振荡, 其可用于回报全新世的气候振荡。该研究推荐使用一个由6个特别的天文振荡所组成的半经验气候模式来构建年代至千年尺度的自然气候变异, 再加上一个由GCM平均模拟推断出的辐射变暖组分 (其效应需减少50%) 来估算人为和火山活动对气候变化的贡献。这个半经验模式重建的1850—2013年的GST格局明显好于任何一个CMIP5 GCM模拟的结果。在相同的CMIP5人为释放情景下, 该模式预测2000—2100年平均变暖可能达到0.3~1.8°C, 这个范围显著低于原始CMIP5 GCM集合预报的增温范围 (大约1~4°C)。下一步的研究需要寻找太空—气候的耦合机制, 以发展更先进的解析和半经验气候模式。

流域尺度的土壤湿度: 遥感技术——Soil moisture at watershed scale: Remote sensing techniques. *Journal of Hydrology*, 2014, in press.

许多有关陆面过程的研究需要

高空间分辨率的土壤湿度数据。然而, 被动微波遥感反演的土壤湿度的分辨率目前比较低 (约25km)。南卡罗来纳大学的Fang等提出了解决这个问题的两种不同的方法。第一种, 基于日温度变化和由植被条件调节的平均土壤湿度之间的热惯性关系, 建立了一种土壤湿度降尺度算法。以俄克拉荷马的一个小流域为例, 将本算法应用到AMSR-E和SMOS土壤湿度产品, 生成了2010和2011年生长季的1km土壤湿度降尺度数据。第二种, 利用不同时间获取的主动雷达数据之间的差异, 对被动微波遥感反演的土壤湿度进行降尺度。同实地观测获取的土壤湿度相比, 这两种方法都具有较好的效果。

失控和潮湿的地球温室气候的延迟开始——Delayed onset of runaway and moist greenhouse climates for Earth. *Geophysical Research Letters*, 2014, in press.

在目前太阳的主序星阶段内, 太阳正在缓慢地变亮, 这将威胁到地球表面的可居住性, 因为变亮的太阳将会导致地球湿度加大, 最终形成失控的温室气候。一维气候模式预测, 当太阳常数在目前水平上增加6%时, 灾难性的热失控将会被触发。然而, 科罗拉多大学Boulder分校的Wolf等使用一个三维气候模式 (NCAR CAM3) 研究太阳变亮下的地球命运, 发现在CO₂和CH₄浓度不变的情形下, 地表的可居住性可能被维持在较大的太阳常数下。研究指出, 太阳常数增加15.5%时, 全球平均地表温度将稳定在312.9K, 而此时, 尽管地球的气候非常炎热, 但水散失和热失控也达到了极限, 从而地球将保持安全。当太阳常数增加16%时, 对流和垂直扩散框架出现了数值不稳定性, 这限制了进一步的模拟。尽管如此, 本研究结果意味着地球气候可能在至少15亿年或更长时间内保持安全。