

## 编辑选编

中国气象学会成立90周年纪念专刊  
——《气象学报》2014年第72卷第6期

本期《气象学报》继续刊载了4篇中国气象学会成立90周年纪念专刊文章。

李泽椿等对近10年中国现代天气预报的发展与应用情况进行了回顾。文章指出,近10年来,随着数值预报技术的进步,探测手段的日臻完善和丰富,以及高性能计算机快速发展和应用,现代天气预报技术取得了显著的进步,其中快速更新同化分析和预报、集合预报、概率预报以及数字化预报等新技术的应用,促进了中国天气预报业务水平的提高,在中国防灾减灾、保障社会经济发展和人民安康福祉的气象服务中发挥了重要作用。回顾和介绍了近10年中国现代天气预报新技术,主要包括基于中尺度模式的多源资料快速更新同化预报技术,提供灾害性、极端性天气预报的不确定性信息的集合预报和概率预报技术及高时空分辨率气象要素的数字化预报技术,并展望了未来发展趋势。

基于青藏高原在亚洲夏季风系统大气水分循环过程的重要地位,从青藏高原对全球大气水分循环重要作用的视角,徐祥德等综述了青藏高原大气水分循环过程中青藏高原局地热力对流、高原的“阶梯式”水汽流爬升“第二类条件不稳定(CISK)”物理模型、青藏高原视热源结构影响及多尺度水汽汇流通道、海洋-青藏高原“水汽源-汇”结构、青藏高原跨半球垂直环流圈水分循环结构、青藏高原大气水分循环综合模型等的相关研究进展,剖析了青藏高原大气水分循环综合模型的研究背景,探讨了青藏高原特殊大地形热力驱动机制及其云水效应,描述出与青藏高原热力驱动的亚洲区域和跨半球垂直环流圈水分循环结构,揭示了青藏高原

热力强迫与海洋-大气-陆地水文过程特殊的相互反馈作用。青藏高原发源的亚洲河流水系是为人口众多的亚洲区域供给生活、农业和工业用水的重要水资源之一。因此,认识在全球变暖背景下青藏高原的水分循环及其对水资源变化影响至关重要,仍需深入地探讨青藏高原大气水分循环机制及其全球影响效应。

黄建平等以干旱半干旱区的极端降水事件为切入点,分析了中国干旱半干旱区的极端降水事件次数和极端降水量的变化特征,旨在为干旱半干旱区的洪涝灾害研究提供科学依据。结果表明,进入21世纪以来,中国110°E以西的干旱半干旱区极端降水事件的日数有所增多,而110°E以东的区域日数都有所减少。干旱半干旱区极端降水量的变化也呈现出西增东减的分布,大部分干旱半干旱区的极端降水量变化占总降水量变化的40%以上,一部分地区能达到50%,甚至100%~200%。从季节变化来看,春季天山以北、新疆南部、甘肃敦煌和内蒙古包头以北地区极端降水量增加较多,夏季110°E以西的干旱半干旱区极端降水量均增大明显,秋季陕西榆林、内蒙古鄂尔多斯、包头和呼和浩特等地极端降水量增大较明显。

为获得中国不同区域大气气溶胶化学组成的总体“图景”,进一步探讨污染治理方向,需要分区评估其化学成分浓度水平、组成与来源特征。张小曳通过对近地层中国内陆大气气溶胶中6种主要化学成分(硫酸盐、硝酸盐、铵、有机碳、黑碳和矿物气溶胶)至少有1a观测研究的评估分析,获得不同区域气溶胶化学成分质量浓度水平与组成的评估结果,认识到在气溶胶污染最严重的4大区域(即北京以南的华北与关中平原区域、以长三角为主体的华东区域、以珠三角为主体的华南区域以及四川盆地)的PM<sub>10</sub>中矿物气

溶胶(所占比例在20%~38%)、硫酸盐(14%~24%)、有机碳(11%~18%)是3个主要组分;其中华北与关中平原气溶胶污染在中国最重,硫酸盐浓度在35~47μg/m<sup>3</sup>(远高于北京(13~18μg/m<sup>3</sup>))、有机碳28~45μg/m<sup>3</sup>(约是北京(19~22μg/m<sup>3</sup>)的1.8倍)、硝酸盐19~22μg/m<sup>3</sup>(约是北京(9.9~12μg/m<sup>3</sup>)的2倍)、铵14~16μg/m<sup>3</sup>(仍然比北京(6.2~8.4μg/m<sup>3</sup>)高1倍),黑碳在北京和北京以南城市的浓度差别不大(9.1~12μg/m<sup>3</sup>)。这其中燃煤对硝酸盐和有机碳气溶胶的贡献超过50%,农业活动是铵的最重要来源。华东、华南和东北城市区域气溶胶化学成分浓度水平与北京相近,但四川盆地城市站各组分浓度均高于北京,污染较重。西北兰州城市站,除了黑碳浓度低很多、硝酸盐浓度稍高外,其他气溶胶化学成分浓度水平与北京相当。西北偏远区域沙漠站点,各种气溶胶化学成分的浓度都要远低于北京。青藏高原和云贵高原城市站气溶胶化学成分浓度与北京相比也明显偏低。不同区域气溶胶化学组成分析显示,燃煤、机动车、城市逸散性粉尘和农业活动是4个最需要关注的污染源,加强除发电行业外的燃煤脱硫,进一步消减燃煤氮氧化物、一次有机碳和挥发性有机物排放,并有效减少农业活动排放到大气中的氨,更有效限制硫酸盐和硝酸盐的形成是已有大气污染治理对策基础上,未来应特别关注的控制方向。

基于T213集合预报的延伸期产品释用方法及初步试验——《气象》2014年第40卷第11期

基于T213集合预报系统2008年1月中国及附近区域500hPa高度和850hPa温度的1~15d预报资料,构建延伸期产品释用方法,通过对逐日11~15d预报资料做集合平均和后向衰减权重系数滑动平均,进而得

到延伸期(11~15d)候平均和候距平预报,并对预报效果进行检验,结果表明:对11~15d预报场做集合平均和后向衰减权重系数滑动平均均能降低预报误差,改善整体预报效果。由此得到的500hPa高度场和850hPa温度场11~15d候平均预报误差与逐日控制预报第5天的水平相当,候距平相关系数均接近0.6,整体而言效果较好,具备一定的应用价值。500hPa高度场和850hPa温度场11~15d候距平预报在中国大陆地区位相准确率均较高,东南沿海和东北部分地区稍差,且850hPa温度场的位相准确率整体高于500hPa高度场。候距平预报对延伸期(11~15d)的大范围持续性异常距平具有较强的捕捉能力,对异常距平出现的范围和分布、强距平中心的位置的预报均较好,但强度整体偏弱。

#### 大气扩散集合预报技术和确定性预报技术在日本福岛核事故全球扩散中的对比分析——《中国科学:地球科学》2014年第44卷第11期

将集合预报技术引入到大气扩散数值模拟中,这是提高大气扩散数值模拟能力的一种新的、有效的手段。2011年3月受日本东北部9.0级大地震影响,日本福岛第一核电站发生核泄漏事故。盛黎等以此次核泄漏事故的全球扩散为研究对象,通过运用不同的大气扩散预报技术(集合预报和确定性预报),模拟了福岛核泄漏释放出来的放射性物质在全球的扩散过程,并利用监测资料对模拟结果进行了对比分析和评估。文中采用的集合预报技术共三种,分别为气象场扰动技术MET、湍流扰动技术TUR和基于大气扩散物理过程参数化方案的集合预报技术PHY。模拟结果显示:集合预报的扩散轨迹模拟技术能更好地模拟粒子随大气环流扩散的过程;此外,与MET和TUR相比,确定性预报和集合预报PHY模拟扩散范围偏小,扩散速度偏慢,且无法模拟出4月初日本福岛核放射物质向我国东部

海域扩散的过程。这是因为MET和TUR技术核心是对平均速度和湍流速度进行扰动,这种三维扰动,会促使污染物向更远方向进行扩散,水平方向扩散连续也更符合监测情况;PHY主要是对扩散物理过程参数进行扰动,以垂直速度的扰动为主,造成扩散范围偏小、水平方向扩散不连续。此外,监测站点与模拟结果的时间序列对比分析结果表明:模拟结果均能较好反应浓度趋势演变,不过模拟浓度偏低,尤其是确定性预报和PHY试验;此外,通过与监测站点的比较得出:与PHY相比,MET和TUR在平均浓度和最大浓度出现概率上具有更大优势。

#### 青藏高原中部大气水汽稳定同位素捕捉到印度洋台风“费林”信号——《科学通报》2014年第59卷第35期

大气水汽稳定同位素的变化不仅在长时间尺度上与气候因子相关,而且对于极端天气事件也十分敏感。崔江鹏等通过分析青藏高原中部那曲地区大气水汽 $\delta^{18}\text{O}$ 变化,发现2013年10月15—16日在印度洋台风“费林”爆发期间,大气水汽 $\delta^{18}\text{O}$ 达极低值-42.1%,平均值低于一般值16.6%。大气水汽同位素与同期气象观测结果对比分析表明该极低值与水汽来源相关。TRMM卫星日降水量分布及水汽反向追踪模型结果显示,该水汽来源于南部的孟加拉湾。这表明即使在季风结束期,印度洋水汽可以通过极端天气事件影响到青藏高原;这也表明极端天气事件有可能通过稳定同位素信号影响不同介质的稳定同位素记录。

#### 集合均方根滤波同化地面自动站资料的技术研究——《大气科学》2015年第39卷第1期

模式地形与观测站地形高度差异一直是地面资料同化面临的棘手问题,合理的同化方案能够将地面自动站资料有效的同化到中尺度数值模式中。邵长亮等首先采用Guo等(2002)的方案实现了在WRF模

式中应用集合Kalman滤波方法同化地面自动站资料;然后对方案进行调整,对10m高度风场、2m高度位温、2m高度露点和地表气压进行同化。通过均方根误差分析,模拟结果和同化增量分析来确定集合平方根滤波(EnSRF)同化地面自动站资料的有效性,并进行敏感性试验分析检验模式对各要素物理量的响应状况。结果表明:在EnSRF同化系统中应用Guo等(2002)的方案将地面自动站资料进行同化到数值模式中,能够部分改善模拟结果;地面观测资料(温度、湿度、风场、地表气压)中各物理量分别同化到数值模式都能影响18小时降水预报,但各物理量所起作用大小不同,其中对结果影响最大的是露点;使用位温、露点分别代替温度、比湿进行同化模拟效果更好,对自动站资料的同化也更加有效。

#### 基于副热带高压异常活动个例的动力模型重构与变异特性剖析——《地球科学进展》2014年第29卷第11期

张韧等针对1998年夏季造成我国严重洪涝灾害的副热带高压异常活动,基于动力系统重构思想和遗传算法,从1998年观测资料时间序列中反演重构了副热带高压活动的非线性动力模型,并结合天气实况进行了副热带高压活动变异的动力特性分析。结果表明,针对副热带高压异常个例实际观测资料反演重构的副热带高压活动的非线性动力模型,可客观描述副热带高压活动(特别是异常活动)特征并予以合理的机理解释。进一步的分析讨论表明,随着强迫参数的逐渐增加,副热带高压动力系统将会发生平衡态的分岔、突变,平衡态的上述变化与实际天气过程中的副热带高压北跳、南落以及副热带高压双脊线现象有很好的对应关联,并可对其进行合理的机理解释,进而为副热带高压等难以准确构建解析模型的复杂天气系统的机理分析和动力特性讨论提供参考。

**塞内加尔河流域基于去除季节趋势的NDVI和SIWSI的植被冠层水分胁迫与模拟蒸散评价**——Evaluating EO-based canopy water stress from seasonally detrended NDVI and SIWSI with modeled evapotranspiration in the Senegal River Basin. *Remote Sensing of Environment*, 2015, in press.

在如非洲萨赫勒这样的半干旱地区，植被的重要性不言而喻。而利用遥感获取一些植被参数，对了解这些地区的植被变化具有相当的重要性。基于红波段与近红外的归一化植被指数（NDVI）是目前应用最广泛的植被遥感指数，而丹麦哥本哈根大学的Olsen等将NDVI与短波红外水分胁迫指数（SIWSI）进行了对比，以分析使用SIWSI是否比NDVI能获得更多的季节内的植被短期尺度变化信息。研究使用了来自MSG对地静止卫星搭载的自旋增强可见光红外成像仪（SEVIRI）的遥感数据，以及分布式水文模型模拟的蒸散数据（Eta），评价了2008年塞内加尔河流域的NDVI和SIWSI的时空变化。结果显示，在空间上，日NDVI和SIWSI与Eta高度相关（相关系数平均皆为0.73），这表明了该流域植被南北梯度的重要性。而通过对比去除季节趋势后的NDVI、SIWSI这两种植被指数与10天平均Eta之间的关系，发现对于稀树草原、草原、灌丛和植被稀疏土地所有4种土地覆盖类型，SIWSI与Eta的相关都要高于NDVI。这表明，去趋势后的基于近红外与短波红外的SIWSI能够改善季节内植被水分胁迫的检测。

**季风加热与北极冰层快速融化的一种连接途径**——A pathway connecting the monsoonal heating to the rapid Arctic ice melt. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 2015, Vol. 72, No. 1.

美国佛罗里达州立大学的Krishnamurti等的这项研究给出了北极冰层快速融化与季风的一种联系。每年，对流层顶附近的行星尺度的亚非季风向外吹时，会携带一个纵向传播、并占据了整个热带地区近一半的

强大的反气旋环流。近年来，南亚季风已经使印度西北部和巴基斯坦的降水增加，这也促进了这一地区更为强烈的局地反气旋的向外流动。这些强烈的上层高压区携带来自季风带的热量向西移动至中亚，甚至加拿大北极地区的快速冰层融化区域。本研究以气流的轨迹、热含量以及热通量异常定义了这种壮观的移动途径，在过去20年，热含量以及热通量等上述的这些异常呈现出缓慢增加的趋势。将季风与北极冰层快速融化联系在一起是本研究的新贡献。这可以由热含量异常具有高的正值的垂直气柱从亚洲季风带到加拿大北极的移动得到证实。本研究也将这些热力学波列（定义了这种途径）与传统的动力波列进行了对比。

**使用卫星遥感数据估算地面PM<sub>2.5</sub>的高分辨率空间分布**——Using satellite remote sensing data to estimate the high-resolution distribution of ground-level PM<sub>2.5</sub>. *Remote Sensing of Environment*, 2015, Vol. 156.

虽然地面监测可以准确的测量PM<sub>2.5</sub>，但与遥感相比，它在空间覆盖和分辨率上存在局限。不过，基于卫星的遥感监测虽能提供具有较高的空间分辨率和连续空间覆盖的气溶胶光学厚度（AOD）产品，但它不能直接测量地面PM<sub>2.5</sub>浓度。目前已开发了一些基于观测和基于模拟的方法，以从卫星AOD产品和稀疏的地面观测数据中获取地面PM<sub>2.5</sub>浓度。然而，以观测为基础的方法很少考虑气溶胶特性（如气溶胶成分和粒度分布）对AOD-PM<sub>2.5</sub>关系的影响。另一方面，虽然基于模拟的方法考虑了这些特性，但结果仍然受到了模型的不确定性的影响。为此，香港科技大学的Lin等提出了一种考虑主要气溶胶特性影响的基于观测的方法。该方法估算了气溶胶特性对吸湿增长、粒子消光效率以及粒度分布的相关影响，并将其纳入AOD-PM<sub>2.5</sub>的关系中。研究使用该方法量化了中国的PM<sub>2.5</sub>分布。结果显示，对于中国565个站点的年和月平均PM<sub>2.5</sub>值，卫星反演和

地面观测之间存在良好的一致性和显著的空间相关。这表明，该方法可以测量大规模的PM分布，其验证结果至少与基于模拟的估计一样好。结果还表明，这种方法具有在国家、区域和城市尺度上高分辨的识别PM<sub>2.5</sub>空间分布的能力，能为空气污染控制策略、健康风险评估等提供有用信息。

**一个基于高分辨率卫星影像的全球湖泊清单**——A global inventory of lakes based on high-resolution satellite imagery. *Geophysical Research Letters*, 2014, Vol. 41, No. 18.

准确描述全球湖泊的数量和大小对于量化湖沼对全球碳循环的贡献至关重要。然而，全球湖泊的数量很难估计。法国国立地球科学研究所—国家科学研究中心（INSU-CNRS）的Verpoorter等使用高分辨率的卫星影像（Landsat 7/ETM+），制作了一个全球水体数据库（GLOWABO），该数据库包括了全球所有面积大于0.002km<sup>2</sup>的湖泊。同时，GLOWABO包含了全球约1.17亿个湖泊的地理和形态信息，所有这些湖泊的总面积达约为500万km<sup>2</sup>，这是地球土地面积（冰川除外）的3.7%。其中，大型和中等规模的湖泊占据了总湖水面积的绝大部分。总的来说，全球的湖泊不太丰富，但是与之前基于统计推断的估计相比，GLOWABO给出的湖泊总面积更大。利用GLOWABO，可以开展全球规模的基本湖沼问题的评估，给在大尺度上量化湖沼对生物地球化学过程的贡献提供了一个基础。

**评价方差缩放的气候重建技术及对极值捕获的检验**——Measuring the skill of variance-scaled climate reconstructions and a test for the capture of extremes. *The Holocene*, 2015, in press.

使用回归和代用指标作为自变量进行气候重建，其结果不可避免地偏向均值，以及显示出较低的方差和对极端事件的低估。对均值和方差进行缩放可能会使目标气候数据更接近真实范围，但与基于回归的重建相

比,这种缩放也随之会使误差增长。然而,目前没有简单的方法可以用来量化增加的误差的大小。英国斯旺西大学的McCarroll等给出了一个简单的度量和非参数检验方法,以判断对方差进行缩放是否会使对极值的“捕获”得到显著改善,其中,极值定义为超出所度量的气候数据的上下10%范围。研究使用3个个例,分别为冰融化与春季温度、树木生长和夏季温度、树轮中的氧同位素和夏季降水,检验了所给出的方法。结果发现,基于树木生长的北欧北部夏季气温重建很好地捕获了冷夏,但对最温暖夏天的捕获率并没有好过预期。未能正确捕捉到最暖的年份,对于解释过去很温暖的夏天出现的频率和规模具有重要意义。

**分析基于2003—2011年SCIAMACHY观测的中国的低对流层CO<sub>2</sub>季节性变化**——Interpreting seasonal changes of low-tropospheric CO<sub>2</sub> over China based on SCIAMACHY observations during 2003-2011. *Atmospheric Environment*, 2015, in press.

大气中的CO<sub>2</sub>浓度呈现出强烈的季节性变化。分析区域的CO<sub>2</sub>季节性周期可能有助于改善对某些区域的CO<sub>2</sub>源和汇的解释。基于长期(2003—2011年)的来自于扫描成像大气吸收光谱仪(SCIAMACHY)反演的数据,国家卫星气象中心的Wang等分析了中国的CO<sub>2</sub>柱平均干气体摩尔比(XCO<sub>2</sub>)的季节性周期和年际变化。结果表明,2003—2011年,XCO<sub>2</sub>在中国增加了约4.2%,但季节性波动保持了相似的格局,其平均振幅为9.35ppm。XCO<sub>2</sub>最高浓度出现在春季,最低值总是出现在夏季。基于多年平均值,就可以看出XCO<sub>2</sub>的季节信号,它在较寒冷的季节增加,而在12月一次年2月期间会下降。本研究也进一步探讨了导致这种季节特征的潜在影响因素,包括归一化植被指数(NDVI)、气温以及对中国的人为CO<sub>2</sub>相对贡献较大的火力发电和水泥等工业生产。分析发现,

CO<sub>2</sub>的季节变化与NDVI和气温的变化关系密切。不过,2003年以来中国的人为CO<sub>2</sub>排放量的增长可能是由煤燃烧和水泥生产的快速增长造成的。

**整个美国西部山区气候变暖趋势的人为放大**——Artificial amplification of warming trends across the mountains of the western United States. *Geophysical Research Letters*, 2015, Vol. 42.

美国西部主要的山地气候站网观测显示,高海拔区域的气候变暖比低海拔区域更快。然而,美国蒙大拿大学的Oyler等仔细评估了这个气候站网的温度观测,发现在高海拔区域观测到的极端气候变暖是由于不均一性(观察规范、仪器或站址的变化)造成的,而不是气候条件本身的变化。随着不均一性的去除,该站网1991—2012年的较高海拔站点的最低温度变化趋势,从+1.16°C/10a ( $p < 0.01$ ,  $\pm 0.122^\circ\text{C}$ )下降到了+0.106°C/10a ( $p = 0.39$ ,  $\pm 0.122^\circ\text{C}$ ),这与海拔较低站点的最低温度变化趋势(+0.069°C/10a)在统计上并没有显著差异。目前,长期广泛使用的网格气候产品保留了虚假的温度变化趋势,从而将1981—2012年美国西部依赖于海拔的变暖放大了217%~562%。在气候变暖背景下,山地气候趋势的这种人为放大可能使整个美国西部山区对气候变化的影响被高估了。

**CO<sub>2</sub>浓度升高导致的植物生长增强被水和氮的共同限制所抑制**——Plant growth enhancement by elevated CO<sub>2</sub> eliminated by joint water and nitrogen limitation. *Nature Geoscience*, 2014, Vol. 7, No. 12.

大气中CO<sub>2</sub>浓度的升高对于植物生长具有施肥效应,而由此导致的植物对CO<sub>2</sub>吸收的增加,可能反过来会减慢大气中CO<sub>2</sub>水平的增加和相关的变暖。当水分供应不足时,CO<sub>2</sub>施肥效应可能会加强,因为CO<sub>2</sub>浓度的升高也导致了植物水分利用效率的改善。然而,当植物生长受到养分供应的限制时,CO<sub>2</sub>施肥效应可能会

减弱。土壤养分和水分的变化是如何共同影响CO<sub>2</sub>施肥效应的,目前不得而知。为此,美国明尼苏达大学的Reich等设计了两组不同水平的大气CO<sub>2</sub>、土壤氮和夏季降水控制试验,以分析两种处理下的多年生草地的植物生物量水平,试验在露天下进行,时间长度为5年。研究发现,CO<sub>2</sub>施肥效应的存在与否依赖于可利用的氮和水分的量。具体来说,当夏季降水、氮的供应,或两者都在较高的水平时,CO<sub>2</sub>浓度的升高导致植物生物量增加了33%以上。但是,当降水和氮均处在较低水平时,升高的CO<sub>2</sub>浓度并没有增加植物生物量。由此,研究认为,由于水和养分的限制广泛存在于世界不同区域,故上升的大气CO<sub>2</sub>浓度对植物生物量的正效应可能不是无处不在的。

**四川盆地及其邻近地区的雨季降水**——Rainy-season precipitation over the Sichuan basin and adjacent regions in southwestern China. *Monthly Weather Review*, 2015, Vol. 143, No. 1.

使用2003—2010年高时空分辨率的卫星反演降水资料(CMORPH降水资料),中国气象科学研究院的钱婷婷等分析了四川盆地及其邻近区域夏季(雨季)平均降水的空间变异及昼夜传播特征。四川盆地位于青藏高原东部,很容易出现强降水,降水峰值往往出现在夜间和清晨。雨季期间,四川盆地大尺度环境场的主要配置特征为中、低对流层弱的辐合、对流层上部有向北的急流。在这种配置下,本研究将本区域降水格局独特的昼夜变化与特殊的地形地貌联系起来。研究发现,在雨季,当地昼夜降水量最大值主要向下坡和东南方向移动(从白天的青藏高原向晚上的四川盆地)。降水量最大值的次级移动出现在从深夜到凌晨,由云贵高原的东北下坡朝四川盆地移动。由于四川盆地和周围山脉之间的大的地形(高度)反差,四川盆地和邻近地区的降水移动与多个区域尺度的山地平原螺旋管循环紧密联系在一起。