

编辑选编

数值天气预报检验方法研究进展

——《地球科学进展》2014年第29卷第3期

数值天气预报检验是改进及应用数值模式的重要环节。近年来,模式检验中的观念不断更新,适用于不同预报产品及不同用户需求的模式检验方法也不断涌现。潘留杰等首先简单回顾了以列联表为基础的传统的模式检验方法。其次重点总结了伴随高分辨率数值预报而出现的空间诊断检验技术,按照检验目的的不同,诊断方法可以归纳为:(1)基于滤波技术的分辨模式在不同时空尺度上预报能力的邻域法、尺度分离法;

(2)利用位移偏差诊断模式预报位置、面积、方位、轴角等与观测差异的属性判别法、变形评估法。然后阐述了集合样本成员的概率分布函数(PDF)、集合预报与观测概率分布函数相似程度、事件发生的概率预报等集合预报检验方法。最后论述了空间诊断技术、集合预报检验方法的适用领域,并讨论了模式检验中存在的一些问题及未来的发展方向。

交互集合耦合模式系统模拟检验

——《地球物理学报》2014年第57卷第4期

清华大学地球系统科学研究中心在一个标准耦合模式(SC)的基础上建立了交互集合耦合模式系统(IE),该系统可以实现多个不同大气模式或者同一大气模式采取不同初值组成的多个分量集合之后与海、陆、冰模式进行耦合。辛晓歌等利用同一大气模式七个不同初值分量与其他模式分量开展在线集合耦合试验,利用积分稳定之后100年的试验结果,分析了IE在减小海气界面大气噪音的情况下,对北太平洋海表面温度(SST)变率和ENSO的模拟,并与SC模拟结果进行了对比。分析表明,IE减小了北太平洋中高纬度SST

方差的85%以上,表明该区域SST变率主要受大气的影 响,且主要是通过改变海表湍流热通量实现的。黑潮延伸区和北太平洋中部副热带涡旋区域平均SST 8年左右的低频周期主要受来自大气内部动力过程的驱动。在集合耦合模拟中,无论是副热带涡旋区SST与ENSO的联系,还是ENSO与北太平洋中高纬度SST的联系都能模拟出来,而标准模式未能模拟出这些现象,意味着大气噪音过强将掩盖ENSO与太平洋热带外SST的联系。IE对与ENSO关联的“太平洋—北美”(PNA)遥相关型的合理模拟,并通过湍流热通量对海表温度的影响,是其能够更好模拟ENSO与北太平洋中高纬度SST关系的重要原因。文章通过分析验证了所建立的交互集合耦合模式系统的合理性,揭示了该系统在海气相互作用研究领域具有一定应用前景。

太阳活动与地球表面温度变化的周期性和相关性——《科学通报》2014年第59卷第14期

赵新华等基于太阳黑子历史数据、太阳总辐照(TSI)重构数据和实测地球表面平均温度数据(全球、陆地、海洋),利用小波分析和交叉相关分析等方法,考察了太阳活动和地表温度变化在数百年时间尺度上的周期性及相关性。主要结果有:

(1)在所考察的时间范围内,太阳活动(包括黑子和太阳总辐照)存在4个置信度高于95%(白噪声)的主周期变化,分别为11a周期、50a周期、世纪周期和双世纪周期全球温度存在64.3a的主周期变化,接近太阳活动的50a周期;(2)太阳活动与全球温度变化具有22, 50a的显著共振周期;(3)太阳活动与地表温度长期变化的相关性高于其短期变化的相关性,以黑子为例,它与地表温度年均值的相关系数为0.31~0.35, 11a滑动平均值相关系数为0.58~0.70, 22a滑动平均值相关系数为0.64~0.78, 太阳总辐照与地表温度的相关性高于

黑子与地表温度的相关性;(4)太阳活动在近100年里有明显增强,它与全球温度(包括陆地、海洋)近100年的升温是一致的,太阳活动与海洋温度的相关性略高于太阳活动与陆地温度的相关性。这些结果表明,太阳活动在百年时间尺度上对于地表温度的变化具有不可忽略的影响。

黄山地区不同高度云凝结核的观测分析——《大气科学》2014年第38卷第3期

李力等为研究华东高山地区云凝结核(Cloud Condensation Nuclei, CCN)沿山峰的垂直变化特征,2011年6月利用云凝结核计数器(Cloud Condensation Nuclei Counter, CCNC)在黄山三个不同高度处对CCN进行观测。观测结果表明,不同高度的CCN浓度随时间的变化趋势基本一致,CCN浓度随高度的升高而减小,过饱和度为0.8%时山顶、山腰、山底CCN浓度平均值分别为1105.62、1218.39和1777.78 cm^{-3} ,山底的高CCN浓度(大于1000 cm^{-3})出现频率大于山腰和山顶,表明山底受周边污染源的影响较山顶和山腰大。山顶和山底的日变化曲线均为双峰型,两个峰值分别出现在午前和午后,与大气边界层高度及山谷风变化有关。利用公式 $N=CS^k$ 拟合了山顶在不同天气条件下CCN活化谱,并分析了其变化特征。结果显示,晴天、雨天和雾天的C值分别为2798、384、765,小于一些污染城市,属于清洁大陆型核谱。研究结果有助于改进对华东背景地区云凝结核时空分布的认识,为该地区云雾核化在数值模式中的表达提供观测依据和参数化方案。

深圳大气PM_{2.5}来源解析与二次有机气溶胶估算——《中国科学:地球科学》2014年第44卷第4期

黄晓锋等基于2009年全年在深圳开展的PM_{2.5}样品采集与分析,应用正向矩阵因子解析(PMF)模型对其主要来源及时空变化规律进

行了解析, 结果表明, 深圳市区(大学城点)大气PM_{2.5}年均浓度为42.2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 其中二次硫酸盐生成、机动车排放、生物质燃烧和二次硝酸盐生成是最主要来源, 对PM_{2.5}总质量分别贡献了30.0%, 26.9%, 9.8%和9.3%; 高氯源、重油燃烧、海盐、扬尘和冶金工业分别贡献了PM_{2.5}总质量的2%~4%。不同源贡献的时空变化规律显示, 机动车排放主要为本地源, 二次硫酸盐和生物质燃烧主要为区域源, 而本地排放和区域传输对二次硝酸盐生成都有重要贡献。二次有机气溶胶(SOA)的识别一直是颗粒物源解析的难点, 在研究中结合了PMF模型与OC/EC比值法对PM_{2.5}中SOA进行了估算, 结果表明, 深圳市区(大学城点)PM_{2.5}中SOA年均浓度为7.5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 占有机物质量的57%, 机动车排放是SOA前体物的最主要来源。研究可为国内今后更深入地开展PM_{2.5}污染与源解析研究提供相关案例借鉴。

BJ-RUC系统模式地面气象要素预报效果评估——《应用气象学报》2014年第25卷第3期

闵晶晶利用自动气象站逐小时地面观测资料, 采用客观检验方法对北京市气象局快速更新循环预报(BJ-RUC)系统在2008—2010年5—9月的预报结果进行检验, 初步评估了BJ-RUC系统对地面气象要素的业务预报性能。结果表明: BJ-RUC系统对地面气象要素预报与实况的变化趋势有很好的一致性。其中, 2m温度预报整体偏高, 误差范围为-1.5~1.5 $^{\circ}\text{C}$, 早上和傍晚偏大, 正午偏小; 2m相对湿度的预报整体偏低, 误差为-25%~0, 白天偏大, 夜间偏小; 10m风速预报明显偏大, 午后尤为显著, 误差为0.6~1.2 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; 6h累积降水的晴雨预报效果较好, TS评分可达到0.4。系统在初始起报时次的稳定性较差, 从第3个起报时次开始逐渐稳定, 但预报误差随着预报时效的增长逐渐

增大, 12h内的预报误差较小, 预报结果较可靠, 在短时临近预报中具有参考价值。

雷暴潜势预报中几个基本问题

——《气象》2014年第40卷第4期

王秀明等讨论了基于雷暴发生三要素的雷暴潜势预报思路在业务预报应用中的一些具体问题, 澄清一些容易混淆的概念。内容包括大气层结不稳定与对流; 雷暴触发机制与抬升作用及其与天气系统的关系; 如何处理雷暴发生三要素“足够”的问题; “流型识别”与“配料法”的综合应用等。层结不稳定是雷暴发生三要素之一, 也是短时预报分析的重点, 文章讨论了各种中尺度不稳定在雷暴发生中的作用, 给出了估计CAPE值时空演变的着眼点, 对位势不稳定和对称不稳定概念及其判据进行了较深入的讨论。

京津冀区域大气霾污染研究意义、现状及展望——《地球科学进展》2014年第29卷第3期

频发的霾污染是目前京津冀最严重的环境问题。如何协调区域经济合理快速发展与防止大气环境恶化, 已经成为公众关注的焦点, 也是各级政府亟待解决的问题之一。王跃思等对国内外典型大气污染事件的产生及治理历程进行了简要回顾; 结合我国当前霾污染问题产生的特殊性, 分析了京津冀区域霾污染研究对经济和社会发展、气候和环境变化、人体健康和区域和谐发展的现实意义; 阐述了京津冀霾污染现象频发的主要客观要素和内在原因, 并分析了当前研究工作中的不足。最后, 在全球气候变化的大背景下, 推测了京津冀及东亚地区未来大气污染的发展趋势。

科学大数据与数字地球

——《科学通报》2014年第59卷第12期

大数据研究正发展为科技、经济、社会等各领域的关注焦点, 诸多国家已将大数据研究上升至国家战

略层面。郭华东从时空角度论述了大数据的缘起、内涵与发展势态, 分析了科学大数据成为科学研究新途径的历程——科学范式开始从模型驱动向数据驱动发生转变。给出了科学大数据的定义及科学大数据计算的应对策略。进一步地论述了数字地球学科的基本理论框架和数字地球中的数据系统, 指出了数字地球学科具有大数据的鲜明特点。最后以“胡焕庸线”形成机理的空间认知研究为例, 具体阐述了数字地球学科中的大数据研究的理论和方法。指出试图通过简单地堆砌、耦合“胡焕庸线”中的子系统 and 子过程的机理模型从而达到获取“胡焕庸线”形成机理的空间认知模型是不可行的, 而应该在数字地球平台上对于海量空间数据和社会经济数据进行虚拟汇聚, 经过一定流程的预处理过程, 进行相关数据空间的表征和建模, 在精简的数据空间进行挖掘和分析。

气候变暖背景下青藏高原山地灾害及其风险分析——《气候变化研究进展》2014年第10卷第2期

崔鹏等基于青藏高原1930—2010年山地灾害实例, 分析了气候变暖对青藏高原山地灾害的影响。结果表明: 在气候变暖背景下, 冰湖溃决灾害增多, 冰川泥石流趋于活跃, 特大灾害出现频繁, 灾害链生特征明显, 表现出时间和空间上的延拓性, 巨灾发生概率增大; 在藏东南地区表现出雨热同期的气候特征, 构成了利于冰川类泥石流形成的条件; 波密县城位于两条泥石流危险区的建筑物占地面积由1988年0.014 km^2 扩展到2012年1.004 km^2 , 人口与经济密集区与灾害高风险区重叠, 加之气候变化导致的灾害危险性增加, 青藏高原灾害风险显著增大。上述结果提供了气候变化对青藏高原山地灾害影响的证据, 初步阐述了其影响特征, 有助于山地减灾和进一步认识气候变化对山地灾害的影响机理。

大气环流模式反映降水低频变化的能力如何——How well do general circulation models represent low-frequency rainfall variability? *Water Resources Research*, 2014, Vol. 50, No. 3.

大气环流模式（GCMs）提供了全球和大陆尺度大气变量的可靠模拟，但是在区域至流域尺度上，GCMs对于与水资源管理有关的一些重要变量的模拟能力有限。与观测相比，GCM模拟的一系列不确定性导致了输出结果的短暂（随时间而变化）和系统（不随时间变化）的偏差。对水资源基础设施管理而言，GCM的一个重要偏差是对降水低频（或年际间）变化的代表性不足，这会影响到防洪和抗旱决策的制定。澳大利亚新南威尔士大学的Rocheta等给出了一个用于评估GCMs模拟低频降水变化可靠性的判断指标，称作聚合持续评分（APS）。研究发现：

- （1）GCMs在捕捉观测到的降水持续性方面，存在很大的空间差异；
- （2）GCMs普遍低估了降水的持续性特征；
- （3）进行嵌套偏差校正后的输出结果，对降水持续性的模拟有了显著改善。研究认为，一方面，参数化方案的改进、更精细的模式分辨率和驱动降水持续性的模式遥相关的改善可能对提高GCM降水低频模拟能力至关重要；另一方面，GCM输出结果的偏差校正技术的进步和实施，能够显著改善降水低频变化的模拟。

利用区域气候模式对留尼汪岛降水进行高分辨率分区——Regionalizing rainfall at very high resolution over La Réunion island using a regional climate model. *Monthly Weather Review*, 2014, in press.

区域气候模式（RCMs）将大尺度气候信息降尺度到局地尺度时，可能会受到地表条件的强烈影响。法国留尼汪大学的Morel等以位于印度洋西南的留尼汪岛为例，评价了WRF RCM从日到季节尺度以及年与

年之间的对留尼汪岛降水变化的高分辨率（680m）分区能力。留尼汪岛地形复杂，气流上升运动异常激烈，大尺度大气环流系统，如热带气旋（TC），可能对当地的降雨格局具有放大效应，只有由大尺度强迫并融合了小尺度过程的非常高分辨率的RCM，才可能适于模拟这种效应。研究选取了两个雨季（11—4月）：2000—2001年（异常干旱）和2004—2005年（异常湿润）。利用回归—克里格（RK）方法将雨量站观测数据插值到WRF格点上，然后和WRF模拟的降水进行比较。RK避免了站点到格点的比较问题，但会受到取样不完善的影响，因此其插值质量需要进行检验。WRF模拟的季节降水量和观测具有较好的一致性；然而在季节内和日时间尺度上，二者差异比较明显。这些差异看起来不能被观测站点稀疏、RK质量更不确定来解释，因为在Piton de la Fournaise火山的东坡，WRF的模拟结果甚至比RK插值更接近观测值。而对于2001年1月6日伴随于热带气旋Ando产生的强降水，WRF和RK的分歧较弱，显示了WRF在极端事件期间的降水分区能力。

数值天气预报在对流降水临近预报中的应用：近来的进展与挑战——Use of NWP for nowcasting convective precipitation: recent progress and challenges. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2014, Vol. 95, No. 3.

传统意义上，降水临近预报能力的提高很大程度上借助于观测的外推，特别是雷达回波。近年来，传统外推和高分辨率数值天气预报（NWP）技术的混合在临近预报领域受到越来越多的欢迎，这也给NWP群体带来了更多挑战，因为高分辨率NWP的临近预报对初始条件及其质量的要求要高于长期NWP。近年来，得益于计算资源的增加、高分辨率数据同化技术的进步、显式对流数值模拟的改善，NWP在临近预

报领域的应用已经取得了很大进展。NCAR的孙娟珍等总结了这些进展，并从降水系统的可预测性、改进中尺度观测网络的必要性和快速更新NWP和数据同化系统的改进等几个方面讨论了下一步的挑战。

气候变暖背景下全球气候类型地理分布的时空变化——Spatiotemporal change in geographical distribution of global climate types in the context of climate warming. *Climate Dynamics*, 2014, in press.

全球气候分区是了解世界各地气候特征的重要方式。气候变暖背景下，全球气候类型的地理分布会发生怎样的变动是一个重要问题。世界通用的气候分类法是柯本（Köppen）分类法，由于柯本分类法比较主观并且还考虑了植被分布等原因，故柯本分类法在研究气候区变动时有一定的局限性。为此，中科院大气物理所的张先亮等基于CRU TS 3.1数据集中1901—2009年的全球陆地气候数据，利用K均值聚类方法研究了气候变暖背景下全球气候区分布的变动，并与柯本分类法进行了对比。研究发现，两种方法得到的气候类型的总体分布基本一致。并且，聚类方法划分出的气候类型和它们对应的植被类型的分布也基本吻合。因此，在划分世界气候类型时，聚类方法可作为柯本分类法的一种替换，但聚类方法的优势在于它是一种客观分类法，而且不用像柯本方法那样将植被分布作为参考信息。研究还分析了每隔25年全球气候类型地理分布的时空变化，并用kappa值检验了不同时段之间的空间一致性。总的来说，尽管近百年间全球温度有一个明显的增长趋势，但气候类型的总体分布没有大的变化。不过，南美洲和非洲的气候类型分布却出现了一些明显变化。在南美洲，热带雨林气候和冬季干旱的热带草原气候的分布发生了大面积的变动。在非洲，

热带雨林气候、夏季干旱的热带草原气候、冬季干旱的热带草原气候、草原气候和沙漠气候都发生了大的变化。概况而言,在世界各个气候类型中,热带雨林气候、热带季风气候、草原气候、沙漠气候、和苔原气候的地理分布容易发生变动,尤其是在气候变化比较明显的1976—2009年。

1900—2006年中国温度距平序列的新估算和不确定性评价——A new estimate of the China temperature anomaly series and uncertainty assessment in 1900–2006. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2014, Vol. 119, No. 1.

尽管上个世纪的全球气候变暖已经被充分认识到,但在气候变暖的地区,如中国,限于早期有限的观测,对过去百年来气候变暖幅度的认识仍然存在一些不确定性。不同研究组已经独立开发了几套中国20世纪的温度距平序列,其中的不确定性主要来自于1950年以前稀疏的观测。为减小这些不确定性,中科院地理所的王劲峰等将两种新颖独特的适用于一个空间异质面上不同样本情形的统计方法相结合,估算了中国的年平均温度距平。这两种方法分别被称作B-SHADE和MSN, B-SHADE能够弥补小的和具有潜在偏差的样本,MSN方法能够考虑到空间相关和异质性问题。研究发现,1900—1999年间, BSHADE-MSN估算的结果为温度上升了 0.8°C (95%置信区间, $0.41\sim 1.18^{\circ}\text{C}$), 这显著低于气候距平方法和块克里格法计算的温度升值。同现有其他研究相比,新的温度距平序列显示出1950年以前的中国存在轻微的变暖。迄今为止,对于1950年以后的变化,所有适用的方法都显示出了较好的一致性,1950年以后有足够的站点计算温度距平序列。交叉验证表明,同本研究中评估的其他方法相比,新的区域平均气温距平系列产品具有更小的估计误差方差和更高的精度。

气候内部变率和强迫气候变化之间的可能交互——On the possible interaction between internal climate variability and forced climate change. *Geophysical Research Letters*, 2014, Vol. 41, No. 8.

最近十几年来,全球变暖速率有所放缓,这也被称作全球变暖间隙,无论如何,这并不意味着人为温室气体强迫及其对气候变化造成的影响(Forced climate change, FCC)出现了间断。佛罗里达州立大学的吕建华等指出,无论是大西洋数十年振荡(AMV)还是太平洋年代际振荡(PDO),可能都会导致全球平均地表气温(SAT)的波动,从而引起SAT在年代际时间尺度上的交替的正/负趋势。然而,平均状态下,由温室气体强迫导致的SAT变化并不依赖于AMV和PDO的不同阶段,这暗示了FCC和气候内部变率可能会线性叠加,导致了目前观测到的全球平均SAT瞬态。不过,另一方面,瞬态FCC的区域格局取决于内部变率的不同阶段,因为大气和海洋环流可能会受到气候内部变率的不同阶段的影响。研究结果表明,气候内部变率和FCC的空间格局之间存在双向互动。

利用基于遥感的植被物候和生产力评估1999—2010年间欧洲的生态系统干旱足迹——Drought footprint on European ecosystems between 1999 and 2010 assessed by remotely sensed vegetation phenology and productivity. *Global Change Biology*, 2014, Vol. 20, No. 2.

干旱灾害对人类的影响不亚于其他任何自然灾害,但是目前对生态系统是如何应对干旱的理解依然甚少。就此,欧盟委员会联合研究所的Ivits等分析了欧洲主要的生物气候带在1999—2010年间植被物候和生产力变化与干旱格局时空变化的联系。本研究选取了标准化降水蒸散指数(Standardized precipitation

evapotranspiration index, SPEI)反映干旱,生长季长度和植被生产力的变化源于基于遥感的归一化植被指数(NDVI)序列。基于对干旱时空变异的主成分分析,识别出了欧洲1999—2010年间4大主要的干旱事件。对应的分析显示,在大陆尺度上,植被生产力和物候对干旱事件的不同响应,主要与生态系统和土地覆盖有关。其中,北欧和地中海生态系统的植被物候和生产力对干旱的胁迫更具韧性;而干旱情形下,西大西洋地区和东欧的植被生产力下降明显,植物生长季也明显缩短,表明这些生态系统不能很好的缓冲干旱的影响。从气候变化角度而言,干旱发生频率和强度的增加可能会对这些生态系统产生较大影响,从而应强化这些地区的管理和适应策略。

北半球森林生长对干旱时间尺度的多样性响应——Diverse responses of forest growth to drought time-scales in the Northern Hemisphere. *Global Ecology and Biogeography*, 2014, in press.

西班牙Pirenaico生态研究所的Vicente-Serrano等使用气候干旱指数SPEI和1657个站点(主要位于北美和欧洲)的树木年轮数据,分析了北半球树木生长对不同时间尺度干旱的响应,以确定植被对干旱的响应格局是否受到了不同气候和森林特征的驱动。研究使用相关分析量化了树木生长对不同时间尺度干旱的响应,然后,使用主成分分析(PCA)对相关分析的结果进行了总结,使用预测判别分析(PDA)估计了不同环境因素的贡献。结果显示,不同森林类型的树木生长对干旱的响应存在明显差异:(1)在半干旱地区,森林主要响应于长时间尺度的干旱;(2)半湿润条件下,森林主要响应于中—长时间尺度干旱;(3)在潮湿(非常潮湿的地区除外)、寒冷地区,森林对短期干旱的响应尤为明显。