

# 高被引论文选编

## “条件非线性最优扰动”主题

来源数据库：SCI-E和CAJD，检索时段：2014—2015年

**ENSO事件的最优前兆和El Niño预测中快速增长初始误差之间的相似性**——Similarities between optimal precursors for ENSO events and optimally growing initial errors in El Niño predictions. *Theoretical and Applied Climatology*, 2014, Vol. 115, No. 3-4.

穆穆等利用Zebiak-Cane模型，使用基于条件非线性最优扰动（CNOP）的一种方法，探讨了触发El Niño/南方涛动（ENSO）事件的最优前兆（OPR）和El Niño预测不确定性中的快速增长初始误差（OGE）之间的关系。计算的El Niño事件的OPR包括赤道中东太平洋的海表温度异常（SSTA）偶极子，加上整个赤道太平洋的温跃层深度的正异常。基于由OPR触发的El Niño事件，计算了导致最大预测误差的OGE。研究发现，OPR和OGE在中东太平洋上的SSTA偶极子模态的位置和空间结构以及赤道太平洋相对均匀的温跃层深度异常方面具有很大的相似性。相似性可能由与Bjerknes正反馈相同的机制引起。这表明，如果在有限覆盖范围内向目标观测部署附加观测仪器，则应优先部署在赤道中东太平洋，这里已被确定为ENSO预测的敏感区，能更好地探测ENSO的早期信号事件并减少初始误差，从而提高预报技能。

**改善高影响海洋—大气环境事件预报初始化的目标观测**——Target observations for improving initialization of high-impact ocean-atmospheric environmental events forecasting. *National Science Review*, 2015, Vol. 2, No. 2.

穆穆等对目标观测的近期研究进展进行了综述，强调了准确的

初始条件在预测高影响海洋大气环境事件中的重要性，如El Niño/南方涛动（ENSO）、印度洋偶极子（IOD）、热带气旋（TC）和黑潮大弯曲（KLM）。由于实地观测代价不菲，而且观测密度也不足以完全覆盖发生这些事件的广阔空间，因此有必要发展一些方法，以指导设计有效的观测策略。其中，CNOP方法已被证明在确定ENSO、IOD、TC和KLM预测的目标观测的敏感区域时非常有用。目前需要开展进一步的研究，以了解这些事件在气候变化影响下的可预测性，并探讨实施目标观测的实地计划的可能性。

**利用LPJ模型分析区域和季节性温度差异影响下的中国东部地区净初级生产力**——The analyses of the net primary production due to regional and seasonal temperature differences in eastern China using the LPJ model. *Ecological Modelling*, 2014, Vol. 289.

孙国栋等使用与参数（CNOP-P）有关的CNOP方法给出的一种温度变化情景（称为CNOP-P型温度变化情景），以及其他两种温度变化情景，结合LPJ动态全球植被模型（LPJ DGVM），估计了中国东部地区南北样带上的净初级生产力（NPP）的变化。CNOP-P型温度变化情景有两个特征。首先，它考虑了南北样带上的区域和季节温度差异。不过，由于观测的约束，该情景的温度变化特征与观测数据相似。其次，该情景考虑了温度变化对模拟NPP造成的最大可能影响，讨论了模拟NPP响应于南北样带温度变化的最大不确定性。研究表明，在CNOP-P型温度变化情景下，华北的NPP减

少了1.84%，东北和华南分别增加了4.09%和18.99%。CNOP-P型温度变化情景导致的华北、东北和华南地区的NPP变化与其他两种类型的温度变化情景不同。CNOP-P型温度变化情景对NPP的影响要强于其他两种类型的温度变化情景。季节分析表明，三种类型的温度变化情景下，NPP变化之间的差异主要源于春季、夏季和秋季。上述结果表明，区域和季节性温度变化在估算NPP的不确定性方面起着关键作用，CNOP-P方法能够提供能够反映区域和季节性温度变化的可能的温度变化情景。

**使用基于3-D海洋环流模式及其伴生模式的CNOP方法在南海进行适应性观测**——Adaptive observation in the South China Sea using CNOP approach based on a 3-D ocean circulation model and its adjoint model. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 2014, Vol. 119, No. 12.

中科院南海海洋研究所的Li等研究了适应性（或目标）观测对改善中国南海（SCS）海洋中期（30d）预报技巧的影响。与南海西部边界流（SCSWBC）相关的区域被选作为适应性观测的目标。CNOP方法被应用于三维海洋模式及其伴生模式，以确定敏感区域。结果表明，CNOP方法确定的敏感区域的初始误差对目标区域海洋状态的预测有重要影响。因此，通过适应性观测减少这些初始误差，可以对目标区域的海洋状态生成更好的30d预测。本研究表明，实施适应性观测是提高SCS海洋模式预报技巧的一种有效的、节约成本的方式。

**适应性观测能改善热带气旋强度预报吗**——Can Adaptive Observations Improve Tropical Cyclone Intensity Forecasts? *Advances in Atmospheric Sciences*, 2014, Vol. 31, No. 2.

为了研究适应性观测是否可以改善热带气旋（TC）强度预报，中科院大气物理研究所的Qin等使用MM5中尺度模式及其3DVAR同化系

统,根据CNOP敏感性对2010年来自北太平洋西部的20个TC实例进行了观测系统模拟实验(OSSE)。新的强度指数被定义为以相应的预测TC中心位置为中心的分配的方格内的网格点数量的总和,其满足与海平面气压(SLP)、近地表水平风速以及累积对流降水相关联的约束。该指数值越高,TC的强度越高。然后,估计了CNOP敏感性对强度预测的影响。OSSE结果显示,20个TC实例中有15个有改善,预测误差的减少在0.12%~8.59%,远低于轨迹预测。因此,CNOP敏感性对TC强度预测在总体上(但仅在一定程度上)具有积极影响。研究认为,诸如使用耦合模式或对TC涡旋进行更好的初始化等因素,对于精确的TC强度预测更为重要。

#### 数值模式延伸期可预报分量提取及预报技术研究——《中国科学(地球科学)》2014年第44卷第2期

王启光等针对延伸期尺度的可预报分量,借鉴了CNOP相关算法,形成了在数值模式中提取可预报分量的实用方法和预报技术。从模式预报误差增长的角度将模式变量分为可预报分量和不可预报的混沌分量,将可预报分量定义为在预报时段内误差增长较慢的分量。基于现有的国家气候中心月动力延伸预报业务模式,建立了针对可预报分量的数值模式。同时结合历史资料有用信息,对数值模式的可预报分量,在历史资料的可预报分量中寻找相似场,降低了相似判断过程中变量的维数,进一步对可预报分量的预报误差进行订正。对混沌分量利用历史资料,通过集合预报方法得出其期望值和方差。数值试验结果表明,该方法能有效提高10~30天延伸期数值模式大气环流场的预报技巧,具有良好的业务应用前景。

#### 基于CNOP方法的台风目标观测中三种敏感区确定方案的比较研究——《大气科学》2014年第38卷第2期

在目标观测中,敏感区的确定

是个关键性的问题。周非凡等详细研究了如何用条件非线性最优扰动(CNOP)方法确定敏感区。提出了三种确定敏感区的方案:水平投影方案、单点能量投影方案以及垂直积分能量方案。比较了三种方案确定的敏感区的差异,分析了它们所阐释的物理意义,讨论了它们的优缺点,并通过理想回报试验考查了不同方案确定的敏感区的有效性。对6个台风个例的应用结果显示,单点能量投影方案与垂直积分能量方案下识别的敏感区较为相似,二者与水平投影方案确定的敏感区则有较大的区别。两种能量方案确定的敏感区更多地反映了环境场对台风的影响,而水平投影方案则反映了台风自身对流不对称性结构对台风发展变化的影响。理想回报试验结果表明,由两种能量方案确定的敏感区对预报误差能量的减小程度以及路径预报的改善程度都要大于水平投影方案确定的敏感区的效果,且垂直积分能量方案确定的敏感区的有效性最高。而在强度预报方面,三种方案对预报效果的改善程度相当。因此,总的说在台风目标观测研究中,利用CNOP方法确定敏感区时,垂直积分能量方案是较佳的方案。

#### 基于奇异值分解的计算条件非线性最优扰动的集合投影算法——A SVD-based ensemble projection algorithm for calculating the conditional nonlinear optimal perturbation. *Science China (Earth Sciences)*, 2015, Vol. 58, No. 3. 中文版发表于《中国科学(地球科学)》2015年第45卷第3期

条件非线性最优扰动(CNOP)是线性奇异向量(LSV)在非线性的拓展,它代表了在一定物理约束条件下且在预报时刻导致最大预报误差的一类初始误差。CNOP类型的初始误差在天气和气候的可预报性研究中具有重要作用。在求解复杂数值模式的CNOP中,一般通过数值计算目标函数关于初始扰动的梯度,并沿着梯度下降方向在相空间搜索极值点而得到CNOP。计算梯度常用的一个

方法是利用伴随模式得到梯度,然而发展一个复杂模式的伴随模式是困难且非常繁琐的,大大限制了CNOP方法在复杂数值模式中的广泛应用。陈磊等在前人工作的基础上,提出了一种基于奇异值分解(SVD)的集合投影算法。该算法避免了集合投影算法中采用的局地化步骤,从而克服了局地化半径的经验性选择带来的不确定性。将该算法应用于中等复杂程度的ENSO预报模式中计算CNOP。结果表明,用新集合投影算法得到的CNOP能够有效地逼近用伴随算法得到的CNOP,抓住了CNOP的主要空间特征。因此,文章提出的基于SVD的集合投影算法是计算CNOP的一种有效近似算法。

#### Zebiak-Cane模式中参数误差对ENSO春季预报障碍的影响——Role of Parameter Errors in the Spring Predictability Barrier for ENSO Events in the Zebiak-Cane Model, *Advances in Atmospheric Sciences*, 2014, Vol. 31, No. 3.

中科院海洋研究所的Yu等研究了Zebiak-Cane(ZC)模式中初始误差和参数误差对春季预报障碍(SPB)的影响。过去的研究表明,在ZC模式中初始误差对SPB的贡献比参数误差要多。尽管参数误差本身是贡献较小的项,但也许有一种可能,即两种类型的误差之间产生非线性相互作用,从而导致比初始误差单独引起的更大的预报误差。在此种情况下,参数误差不能被忽视。文中计算了这两类误差的最优组合(即条件非线性最优扰动(CNOP)误差)用以探讨其是否可能导致更显著的SPB现象。使用CNOP方法,计算CNOP误差和CNOP-I误差(最优误差仅考虑初始误差),之后对误差增长的3个方面进行比较:1)季节性误差增长的趋势;2)海表温度异常的预报误差;3)误差增长的形态。结果均显示CNOP误差不会导致更显著的SPB现象。这一结果表明,El Niño春季预报水平可以仅通过降低模式的初始误差来提升。