

# 欧亚中高纬阻塞高压关键区高度场动力-统计 跨季度预测实验\*

赵俊虎<sup>1)2)†</sup> 杨杰<sup>1)</sup> 龚志强<sup>2)</sup> 支蓉<sup>2)</sup>

1) (兰州大学大气科学学院, 兰州 730000)

2) (国家气候中心气候研究开放实验室, 北京 100081)

(2012年11月21日收到; 2013年1月6日收到修改稿)

本文主要利用实际业务模式的预报结果和丰富的历史资料对乌拉尔山、贝加尔湖和鄂霍次克海三个阻塞高压活动关键区夏季平均的 500 hPa 高度场进行动力-统计跨季度预测实验, 其结果显示该方法能在一定程度上减小模式预报误差, 提高预报技巧, 显示出了良好的业务应用前景. 此外, 敏感性实验显示, 相似指标和相似年选取个数都对预测结果有显著影响.

**关键词:** 阻塞高压, 高度场, 动力-统计, 跨季度预测

**PACS:** 92.60.Wc, 9130.Pd

**DOI:** 10.7498/aps.62.099206

## 1 引言

阻塞高压是中高纬大气环流异常经向发展并最终稳定的形态, 它的生成、维持和崩溃会引起大尺度气团质量和热量的强烈经向交换, 最终导致大范围地区天气气候发生异常<sup>[1]</sup>. 因此自 20 世纪中叶起就一直被气象学家重视, 并分别从其形成机理及指数定义<sup>[2-8]</sup>, 统计特征<sup>[9,10]</sup>、天气气候影响<sup>[11-13]</sup>等方面进行了研究, 这些研究成果在后来的实际业务预报中一直发挥着重要的指导作用. 国外的研究侧重于冬季的阻塞高压, 对夏季欧亚大陆阻塞高压却涉及极少. 国内长期的业务实践和有关研究均表明, 欧亚中高纬阻塞高压是影响中国旱涝的重大灾害性环流系统, 尤其夏季, 其异常活动常常会造成中国区域性旱涝灾害<sup>[14]</sup>. 例如, 陶诗言<sup>[15]</sup>通过个例分析认为乌拉尔山与鄂霍茨克海附近的阻塞高压对中国梅雨可能有重要影响; Wang<sup>[16]</sup>对夏季的欧亚阻塞高压进行了大量的统计, 发现东亚阻塞高压的维持天数与梅雨量及梅雨天数呈正相关; 1954 年<sup>[17]</sup>、1998 年<sup>[18]</sup>及 1999

年<sup>[19]</sup>长江流域的洪涝均与欧亚中高纬阻塞高压的异常活动有关. 因此, 研究欧亚中高纬地区的阻塞高压及其对中国天气、气候的影响有着重要的意义.

以往对具体某次阻塞高压的形成、维持和演变过程及可能物理机理的研究较多, 这些研究无疑可以加深我们对阻塞过程的认识并提供预报基础. 但这些研究时间较早, 且多停留在天气学意义上. 随着研究的深入和国家对短期气候预测的重大需求, 人们开始意识到阻塞高压对短期气候异常具有明显的作用. 在每年 3 月份的全国汛期预测会商中, ENSO、西太副高、夏季风以及欧亚中高纬阻塞高压都是讨论的重点. 相比之下, 阻塞高压的预测更是一个薄弱环节, 这主要表现在, 阻塞高压的形成机理和变化特征极为复杂, 且统计和诊断研究多而预测性研究少. 因此, 如何客观定量化地预测阻塞高压是目前短期气候预测面临的迫切问题和难点. 而当今的相关研究表明, 动力-统计相结合是提高短期气候预测准确率的有效途径之一<sup>[20,21]</sup>. 围绕两者如何有效结合的问题, 国内外开展了广泛

\* 国家自然科学基金 (批准号: 40930952, 41105055) 和国家重点基础研究发展计划 (批准号: 2012CB955902, 2013CB430204) 资助的课题.

† 通讯作者. E-mail: huzi348637577@sina.com

的研究. 其中, 在气候模式预报基础上结合数理统计方法, 利用历史资料信息对模式误差进行预报是引人注目的研究方向. 早在 1958 年, 顾震潮<sup>[22]</sup>就提出将数值预报从初值问题改为演变问题, 并指出了数值天气预报中使用历史资料的重要性和可行性. 丑纪范<sup>[23,24]</sup>从理论上探讨了在长期预报中实现动力和统计相结合的做法, 在此基础上, 诸多学者<sup>[25-29]</sup>分别发展了适用于动力季节预测的相似误差订正方法, 并进行了预测实验, 其结果显示该方法能有效提高热带降水和环流的预报技巧, 但对中高纬的环流预报技巧依然很低; 王启光等<sup>[30]</sup>、熊开国等<sup>[31]</sup>和 杨杰等<sup>[32]</sup>利用较全面的历史资料, 发展了利用相似年的模式误差信息实现对预报年气候模式预报误差预报的汛期降水动力-统计客观定量化预测方法, 有效地改进了模式的预测结果.

基于此, 有必要利用近年来的新资料、数值模式的结果和动力-统计预报原理来改善模式对阻塞高压的预测能力. 经验表明<sup>[33]</sup>乌拉尔山(40—50°N, 40—70°E)、贝加尔湖(50—60°N, 80—110°E)和鄂霍次克海(50—60°N, 120—150°E)这三个区域是阻塞高压发生频次最高的地区(分别简称为: 乌阻区、贝阻区、鄂阻区), 这三个地区夏季有无阻塞高压建立和维持, 对中国夏季旱涝分布影响较大. 因此, 选取这三个区域 500 hPa 高度场距平作为动力-统计预报的对象. 本文即利用较全面的资料, 从动力-统计预报原理出发, 利用 1983—2011 年国家气候中心(NCC)季节/年际预测业务系统模式(CGCM)回报和预报资料挖掘历史相似信息, 通过对气候因子与预报对象及其模式误差的相关性检验来确定关键影响因子, 然后利用所选因子选取历史相似对夏季阻塞高压活动关键区的 500 hPa 高度场进行动力-统计跨季度预测实验. 本文独立样本动力-统计预测指的是在不包含预报年及其以后年份资料信息前提下所进行的回报检验.

## 2 资料和方法

1) 用到的大气及海洋资料包括 NCEP/NCAR 1948—2011 年再分析 2.5°×2.5° 的月平均 500 hPa 位势高度场资料, 美国国家海洋和大气管理局(NOAA)1948—2011 年全球 2°×2° 月平均海温重建资料; NCC/IAP T63 全球海气耦合模式(CGCM)生成的 1983—2011 年共 29a 回报和预报的逐月 500 hPa 高度场数据, 经纬度格点 2.5°×2.5°, 本文

选用在 2 月底起报的 48 个初始场每年 6—8 月集合平均结果, 大气模式初值采用 2 月最后 8 天 00Z 的 NCEP/NCAR 再分析资料, 海洋初值为经过扰动的 NCC 海洋同化资料;

2) 环流和气候指数: 包括 NCC 的 74 项环流特征量, 美国国家海洋和大气管理局(NOAA)发布的 40 项气候指数 [<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>], 南半球环状模指数 SAMI<sup>[34]</sup>、北半球环状模指数 NAMI<sup>[35]</sup>、北大西洋涛动指数 NAOI<sup>[36]</sup>, 中国气象局整编的 1973—2011 年北半球、欧亚、高原、东北、新疆 5 项积雪面积指数, 亲潮区(40—50°N, 160—180°E)、黑潮区(22—36°N, 122—150°E)、西风漂流区(30—40°N, 170—220°E)海表温度距平(SSTA)指数, 共计 125 项因子.

## 3 欧亚中高纬阻塞高压关键区高度场动力-统计跨季度预测实验

随着观测资料和模式状况的不断改善, 数值天气预报和短期气候预测得以快速发展, 但目前应用水平依然不高, 仍需进一步提升预报能力<sup>[37]</sup>. 图 1 给出了 CGCM 1983—2011 年夏季平均 500 hPa 高度场系统订正(SEC; 预报年模式预测场与模式多年平均误差场相加)与观测场的时间相关系数(TCC)分布.

由图 1 可见, 季节预测技巧主要体现在热带和海洋上, 中高纬地区环流形势的整体预测技巧不高, 这也是当前国际上普遍存在的难题<sup>[38]</sup>. 目前, 业务上主要采用数理统计方法和基于数值模式的动力学方法做季度预报, 但二者各有优缺点, 目前的共识是将二者结合起来, 发挥各自优势来改善预报, 问题的关键便成为如何将二者进行有效结合<sup>[23,24]</sup>. 众所周知, 数值模式本身不可避免地存在误差, 相似-动力模式原理正是为了减小模式误差而提出的, 但对于业务预报中使用的复杂模式而言, 直接建立相似-动力模式在技术上存在很大困难. 目前, 主要从正面改进模式各个环节来减小模式误差, 但进一步提高预报水平的难度越来越大. 事实上, 要充分利用物理规律和现有大量实况资料, 莫过于就以现有动力模式预报结果为基础, 从反问题的角度对模式误差进行动力-统计订正预报. 任宏利和丑纪范<sup>[27,28]</sup>近期工作中发展了一种适用于动力季节预测的相似误差订正方法, 并进行了初步预测实验,

其结果显示该方法能进一步提高热带环流的预报技巧,但对中高纬的环流预报技巧依然很低.基于此,本文将主要针对欧亚中高纬三个阻塞高压关键区的高度场,有针对性的开展动力-统计的策略和方案研究,并进行实际业务模式的跨季度预测实验.

### 3.1 动力-统计相似误差订正原理

一般来讲,数值预报是作为偏微分方程的初值

问题提出来的,可以数学表示为

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial t} + L(\psi) &= 0, \\ \psi(x, t_0) &= \psi_0(x), \end{aligned} \quad (1)$$

其中  $\psi(x, t)$  为模式预报变量,  $x$  和  $t$  分别表示空间坐标和时间,  $L$  是  $\psi$  的微分算子, 对应于实际的数值模式.  $t_0$  为初始时刻,  $\psi_0$  为初值.

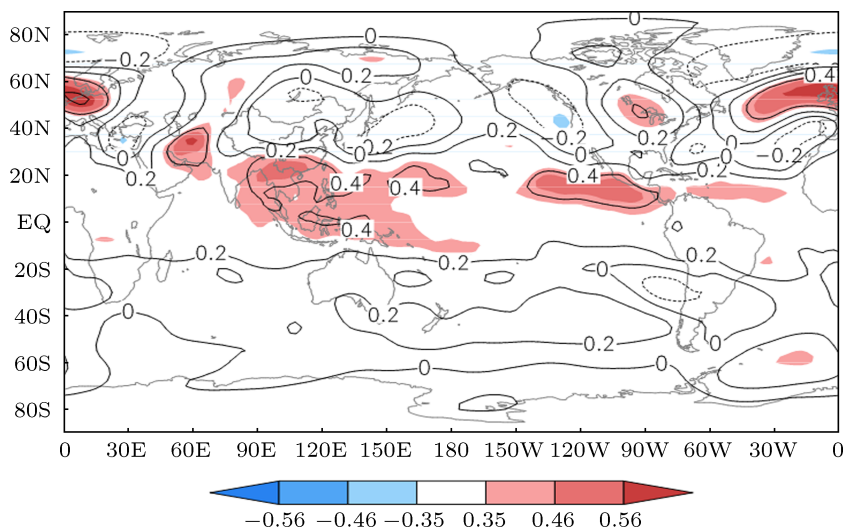


图1 夏季平均 500 hPa 高度场系统订正与观测间的时间相关系数的空间分布 (阴影层次的相关系数为 0.35, 0.46 和 0.56, 分别对应 0.05, 0.01 和 0.001 信度的  $t$  检验水平; 等值线间隔为 0.2)

长期业务预报的经验表明,在相似的初始场和边界条件下,大气状况的演变在一定的尺度范围内也具有一定的相似性<sup>[27]</sup>.因此在相似动力模式中,可以将当前的预报场  $\psi$  看成是历史相似  $\tilde{\psi}$  加上一个小扰动  $\hat{\psi}$ , 即  $\psi = \tilde{\psi} + \hat{\psi}$ . 将历史参考态  $\tilde{\psi}$  代入 (1) 式, 有

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{\psi}}{\partial t} + L(\tilde{\psi}) &= E(\tilde{\psi}), \\ \tilde{\psi}(x, 0) &= \tilde{\psi}_0(x), \end{aligned} \quad (2)$$

其中,  $E$  为模式的误差算子. (2) 式结合 (1) 式经过一系列变换<sup>[29]</sup>, 得到模式预报结果为

$$\hat{P}(\psi_0) = P(\psi_0) + \check{P}(\tilde{\psi}_j) - P(\tilde{\psi}_j), \quad (3)$$

其中  $\hat{P}(\psi_0)$  为进行误差项相似估计的情况下所得到的预报结果,  $P(\psi_0)$  为数值预报模式对当前初值  $\psi_0$  的预报结果,  $\check{P}(\tilde{\psi}_j)$  为历史相似对应的实况,  $P(\tilde{\psi}_j)$  为历史相似初值的预报结果. 该方程的本质是引入历史相似对应的预报误差信息来估计当前的预报误差, 即 (3) 式右端的  $\check{P}(\tilde{\psi}_j) - P(\tilde{\psi}_j)$ , 从而减

小数值模式误差, 将数值模式预报问题转化为预报误差的估计问题.

### 3.2 相似选取方案

在动力-统计预报过程中, 首先由初始信息选取历史相似, 然后利用模式提取历史误差信息, 形成当前预报误差的估计, 并订正到原始预报中. 历史相似的选取是动力-统计预报的重要环节, 不同时间尺度和空间尺度预报问题需要采用有针对性的相似选取方案. 对于夏季欧亚中高纬三个阻塞高压关键区环流的跨季度预测而言, 我们考虑使用广义初值, 即模式初值所在的前期冬季要素场中的关键气候影响因子作为相似选取指标, 其物理依据在于大气长期天气过程中显著地存在着 3—6 个月的韵律现象. Wang<sup>[39]</sup> 对环流异常相似演变的研究显示, 在两年内如果 1 月份环流异常相似, 则 6 月或 8 月的环流异常也会有一定相似. 这种相似韵律现象, 是指在两个不同年份的月平均距平场在某个起始月相似后, 相似性会随之变差, 过了几个月后变

得又相似, 这是一种环流自身演变的韵律活动, 很多统计事实证实了长期天气异常演变过程中普遍存在半年左右的相似韵律. 事实上, 当前我国每年 3 月份的汛期预测中, 利用前冬要素场和气候因子的异常信号来预报夏季异常状况是最主要手段方法. 因此, 为了体现海气耦合系统中大气准半年相似韵律特征, 这里使用前冬平均要素场中对三个阻塞高压活动关键区 500 hPa 高度场有显著影响的气候因子来选取历史相似.

以下方案选取相似年进行误差订正: 1) 分别从 NCEP 和 CGCM 的 29a 回报数据中提取夏季平均 500 hPa 高度场观测资料和模式结果, 并求取高度场的预报误差场; 2) 提取 125 项气候因子 1982/83—2010/11 共 29 个冬季季节平均指数; 3) 分别计算 1983—2011 年 125 项前冬气候因子与乌阻区、贝阻区、鄂阻区夏季区域平均的高度场和模式误差场的相关系数, 获取关键因子后, 利用预测年因子与历史因子之间的欧式距离选取历史相似年.

其中 125 项因子包括了海温、积雪及环流等, 这些因子从不同的角度刻画了气候系统主要模态的变化特征, 对因子与阻高区高度场进行相关性检验, 可以初步得出对夏季各阻高区高度场有影响的前冬因子集; 而模式预报误差与气候系统状态的变化密切联系, 即误差是随状态而变的, 这与模式内在误差依赖于状态变量有很大关系: 当物理因子与预报误差呈正相关时, 随着因子指数的增大 (代表气候系统的某种主要模态的正位相在逐渐增强), 模式所对应的预报误差也呈增大趋势, 反之亦然; 当预报因子与预报误差呈负相关时, 随着因子指数的减小 (代表气候系统的某种主要模态的负位相在逐渐增强), 模式所对应的预报误差也会呈现增大趋势, 反之亦然. 由此可见, 气候模式对于因子指数处于较大振幅时的模拟能力逐渐变差, 这反映出模式可能对于此类气候模态的物理机理刻画不足. 因此, 通过对初步得到阻高区高度场的影响因子集与模式误差进一步进行相关性检验, 可以得到对模式误差敏感的因子, 进而作为相似选取指标.

表 1 影响阻高区夏季 500 hPa 高度场的气候因子及其与模式误差的相关系数

影响乌阻区高度场的关键因子	$R_1$	$R_2$	影响贝阻区高度场的关键因子	$R_1$	$R_2$	影响鄂阻区高度场的关键因子	$R_1$	$R_2$
热带北大西洋 sst 指数	0.48**	0.50**	全球平均陆地海洋温度	0.49**	0.45*	高原积雪面积	0.52**	0.50**
北半球极涡强度指数	-0.45*	-0.42*	印缅槽	0.44*	0.42*	西半球暖池	0.42*	0.40*
太阳黑子	-0.41*	-0.40*	大西洋几十年涛动	0.42*	0.40*	黑潮区 SST	0.39*	0.42*
大西洋副高面积指数	0.4*	0.39*	北半球副高面积指数	0.40*	0.36*	热带北大西洋 SST	0.39*	0.38*
北大西洋涛动指数	-0.4*	-0.37*	热带北大西洋 SST	0.39*	0.38*	大西洋副高强度指数	0.39*	0.36*
北半球环状模指数	-0.38*	-0.35*	西太平洋副高面积指数	0.36*	0.33	北半球极涡中心位置	-0.32	-0.31

注:  $R_1$  为因子和阻高区夏季区域平均高度场的相关系数,  $R_2$  为因子与夏季区域平均模式误差的相关系数; 上标 \* 和 \*\* 分别达到 0.05 和 0.01 信度的  $t$  检验水平.

表 1 分别给出了影响三个阻高区夏季 500 hPa 高度场的气候因子及其与模式误差的相关系数. 由表 1 可见, 三个阻高区夏季 500 hPa 高度场的影响因子主要有海温、北半球的副高及涛动指数等, 且均包含与大西洋有关的物理因子. 在这些因子中, 选取哪个因子作为相似指标才能最好的提高预报水平? 这还需要进一步分析因子与区域误差的时间相关分布是否一致. 经普查, 乌阻区的影响因子中太阳黑子与该区域模式误差相关符号高度一致 (图 2(a)); 贝阻区的影响因子中印缅槽与该区域模式误差相关符号高度一致 (图 2(b)); 鄂阻区的影响因子中黑潮区 SST 与该区域模式误差相关高度符号一

致 (图 2(c)). 因此, 这里选取太阳黑子、印缅槽和黑潮区 SST 分别作为乌阻、贝阻和鄂阻的相似选取因子.

### 3.3 预测实验

综上所述, 作为对阻高区夏季 500 hPa 高度场有影响的表征气候系统各模态变化的前期物理因子, 若其与模式预报误差之间存在某种显著的相关关系, 那么当因子发生变化, 所对应的气候系统状态亦发生变化, 并直接或间接影响到模式内部误差的形态和演变, 进而反映到预报误差的变化上, 这就形成了物理因子对模式预报误差分布状况的影

响过程. 用这些因子作为相似选取指标, 对相似年个数的选取需要进行敏感性实验.

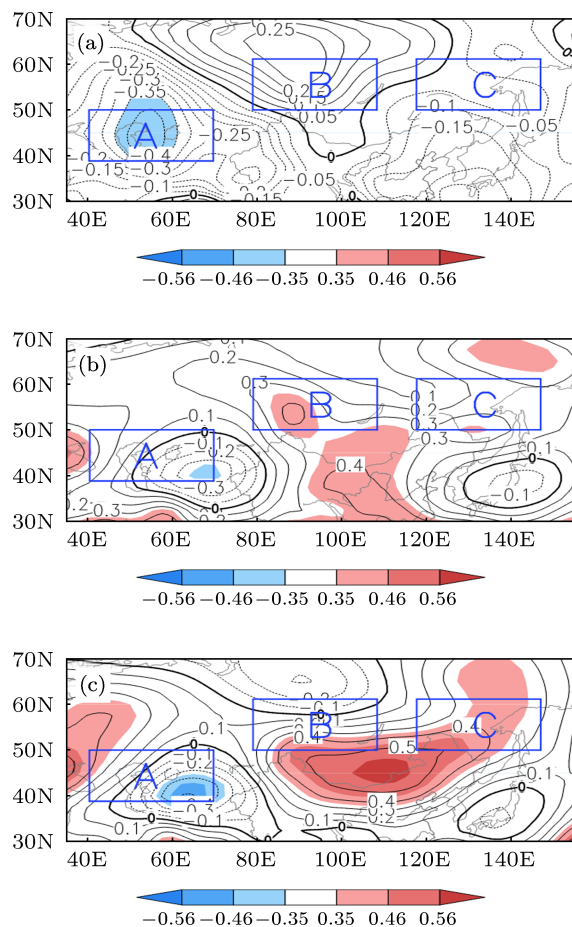


图2 前冬气候因子与夏季 500 hPa 高度模式误差场的相关系数分布 (a) 太阳黑子; (b) 印缅槽; (c) 黑潮区 SST(等值线间隔 0.1, 其余说明同图 1)

图 3 给出了用太阳黑子、印缅槽和黑潮区 SST 分别作为乌阻、贝阻和鄂阻区域夏季平均 500 hPa 高度场的相似选取指标, 进行 2002—2011 年 10 年系统订正和动力 - 统计预测 (DSP) 时平均的距平相关系数 (ACC) 和均方根误差 (RMSE) 随相似年个数变化的情况. 由图 3 可见, 针对不同的预报对象和相似指标, 最佳相似年个数有所不同. 其中, 用太阳黑子指数预测乌阻区域 500 hPa 高度场时, 相似年个数从 1 增长到 7 时 ACC 逐渐增大, 同时 RMSE 也逐步减小; 当相似年个数为 7 时, 10 年平均 ACC 从系统订正的  $-0.19$  提高到  $0.49$ , RMSE 从系统订正的  $17.32$  降低到  $14.36$ ; 当因子个数继续增加时, ACC 逐步下降, RMSE 也开始增大. 因此, 利用太阳黑子对乌阻区域 500 hPa 高度场进行动力 - 统计预测时, 选取 7 个相似年效果最佳. 而贝阻区选

取 4 个相似年最佳, 10 年平均 ACC 从系统订正的  $-0.23$  提高到  $0.33$ , RMSE 从系统订正的  $17.42$  降低到  $16.35$ ; 鄂阻区也是选取 4 个相似年最佳, 10 年平均 ACC 从系统订正的  $-0.21$  提高到  $0.32$ , RMSE 从系统订正的  $20.08$  降低到  $19.06$ .

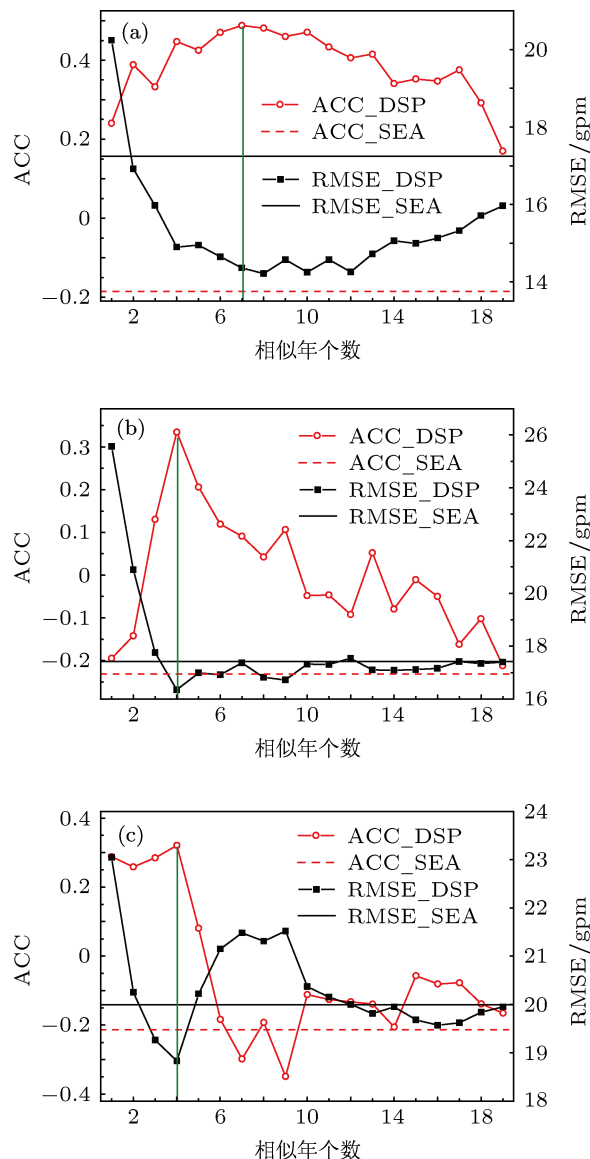


图 3 预测的 10 年平均 ACC 和 RMSE 随相似年个数的变化 (a) 太阳黑子预测乌阻区; (b) 印缅槽预测贝阻区; (c) 黑潮区 SST 预测鄂阻区

为了直观地了解动力 - 统计的预测效果, 图 4 给出了 2002—2011 年乌阻区、贝阻区和鄂阻区夏季平均 500 hPa 高度场独立样本动力 - 统计预测和系统订正的 ACC 和 RMSE 的 annual 变化对比. 由图 4 可见, 乌阻区 10 年动力 - 统计预测的 ACC 有 8 年比系统订正高, 2004 年和 2005 年比系统订正略低

(图 4(a)); RMSE 有 7 年降低, 2004, 2005 和 2009 年比系统订正略高 (图 4(d)). 贝阻区 10 年动力 - 统计预测的 ACC 有 9 年比系统订正高, 只有 2005 年比系统订正低 (图 4(b)); RMSE 有 8 年降低, 2005 年和 2006 年比系统订正略高 (图 4(e)). 鄂阻区 10 年动力 - 统计预测的 ACC 有 8 年比系统订正高, 2003 年和 2010 年比系统订正略低 (图 4(c)); RMSE 有 6 年降低, 2002, 2003, 2009 和 2010 年比系统订正略高 (图 4(f)). 总体来看, 动力 - 统计预测效果较系统订正有明显的提高, 预测结果也比较稳定, 仅个别年份预测改进不明显, 这一方面与模式本身的预报水平有关, 另一方面也反映了物理因子与模式误差的关系不是非常稳定、且资料长度有限只能选取

条件下的最佳相似年而不能选取绝对的相似年.

2006 年是欧亚中高纬阻塞高压盛行的一年, 乌阻异常强大 (图 5(a)), 鄂阻 (图 5(b)) 和贝阻 (图 5(c)) 次之. 系统订正均没有预测出三个区域的阻塞形势 (图 5(d)—(f), 分别为乌阻区、贝阻区、鄂阻区), ACC 分别为  $-0.02$ ,  $-0.49$ ,  $-0.92$ , RMSE 分别为 33.90, 9.01, 21.26; 而动力 - 统计不仅预测出了三个区域高度场距平的分布形态, 还预测出了高度场正距平中心的大体位置, 仅高度场距平量级较观测偏低 (图 5(g)—(i), 分别为乌阻区、贝阻区、鄂阻区), ACC 分别为 0.95, 0.39, 0.89, RMSE 分别为 26.86, 11.70, 13.02, 乌阻区和鄂阻区的高度场预报优于贝阻区.

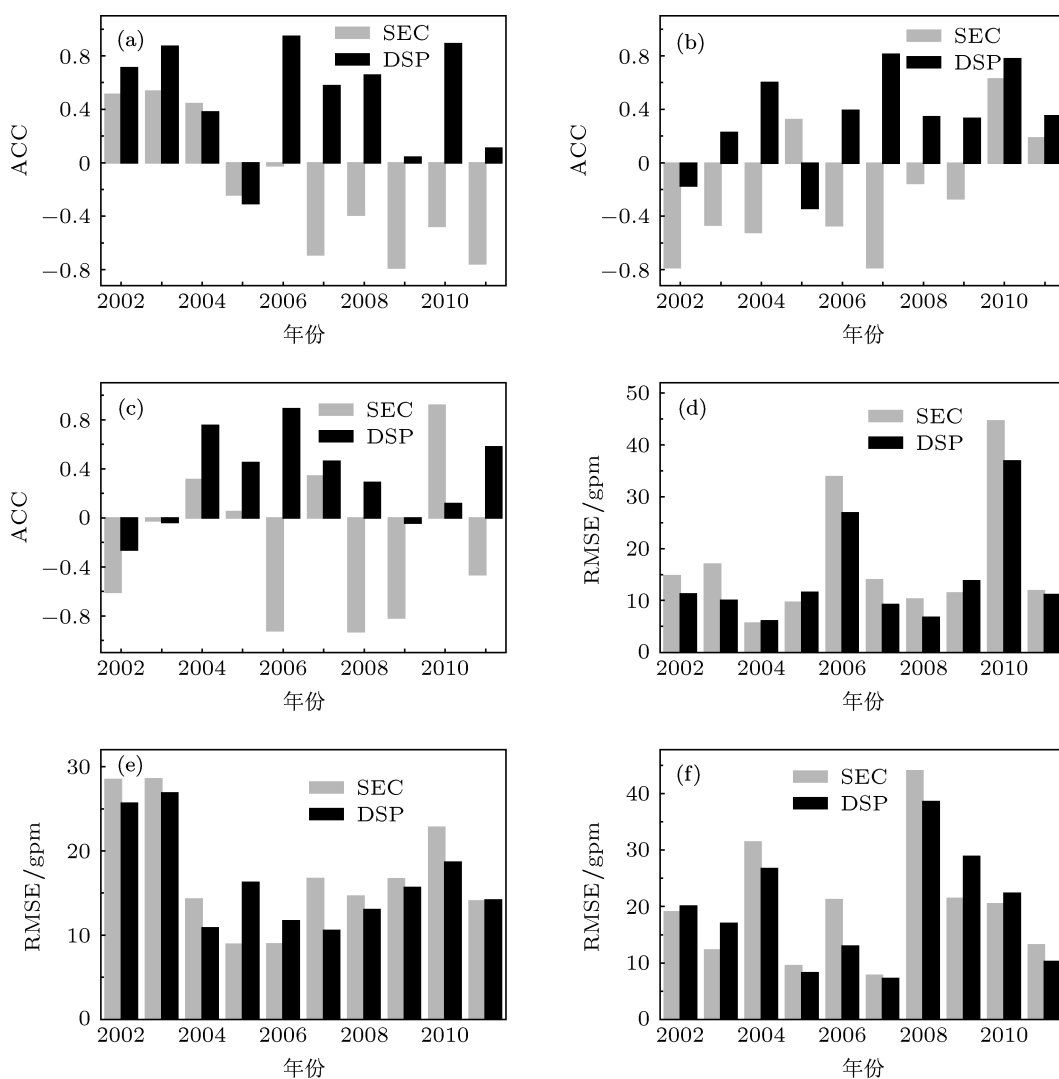


图 4 2002—2011 年系统订正和动力 - 统计预测的 ACC (a), (b), (c) 和 RMSE (d), (e), (f) (a), (b) 乌阻; (c), (d) 贝阻; (e), (f) 鄂阻

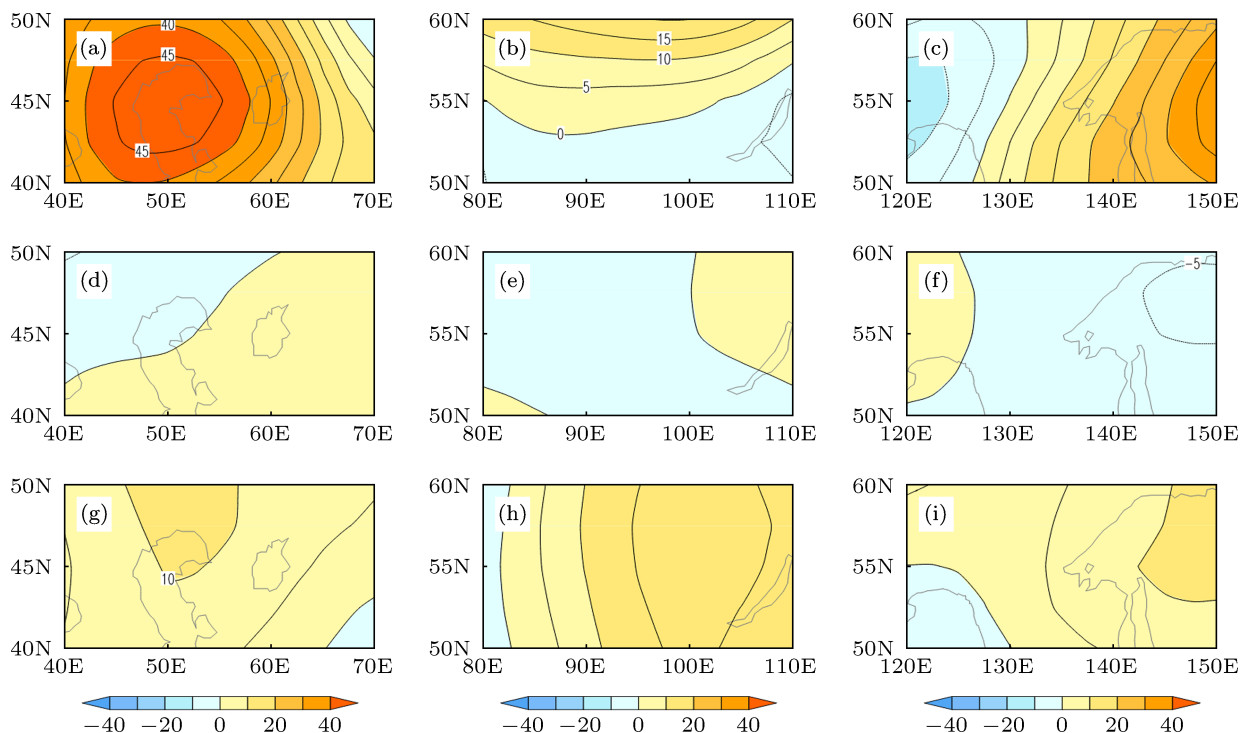


图5 2006年夏季乌拉山区 (a), (d), (g)、贝阻区 (b), (e), (h) 和鄂阻区 (c), (f), (i) 500 hPa 高度场距平 (a), (b), (c) 观测; (d), (e), (f) 系统订正; (g), (h), (i) 动力 - 统计预测

## 4 结论

本文主要利用实际业务模式的预报结果和丰富的历史资料对乌拉尔山、贝加尔湖及鄂霍次克海三个阻塞高压活动关键区夏季平均的 500 hPa 高度场进行动力 - 统计的跨季度预测实验. 具体结论简要概述如下: 三个关键区高度场 2002—2011 年 10 年独立样本预测的平均 ACC 分别从系统订正的  $-0.19$ ,  $-0.23$  和  $-0.21$  提高到  $0.49$ ,  $0.33$  和  $0.32$ , 平均 RMSE 分别从系统订正的  $17.32$ ,  $17.42$  和  $20.08$  降低到  $14.36$ ,  $16.35$  和  $19.06$ , 可见该方法能有效减小模式预报误差、提高预报技巧, 显示出良好的业务应用前景.

由于篇幅有限, 本文仅从季节尺度给出了夏季欧亚阻塞高压的单因子预测实验方案, 而夏季逐月的阻塞形势即中高纬环流的调整及其与西太副高的配置才是决定夏季旱涝的关键因素; 另外, 影响中高纬阻塞高压的影响因子众多, 仅用单个因子进行预测难免会出现预测结果不稳定和效果不明显等问题, 因此多因子组合的预测方案和策略仍值得进一步研究. 同时, 随着历史资料的进一步丰富和数值模式的不断改进, 历史资料能更好的描述预报时段内实际大气的状态, 而数值模式提供的有效信息也越来越多, 利用历史资料的动力 - 统计预测方法也将更有用武之地.

- [1] Berggren R, Bolin B, Rossby C G 1949 *Tellus*. **1** 14
- [2] Rex D F 1950 *Tellus*. **2** 196
- [3] Hartmann D H, Ghan S J 1980 *Mon. Wea. Rev.* **108** 1144
- [4] Noar P F 1983 *Aust. Met. May*. **31** 37
- [5] Kaas E, Branstator G 1993 *J. Atmos. Sci.* **50** 3061
- [6] Pelly J L, Hoskins B J 2003 *J. Atmos. Sci.* **60** 743
- [7] Luo Z X 1989 *Science China B* **6** 665 (in Chinese) [罗哲贤 1989 中国科学 (B 辑) **6** 665]
- [8] Yang Y W 2003 *Meteorologica Mon* **29** 3 (in Chinese) [杨义文 2003 气象 **29** 3]
- [9] Zhou X P 1957 *Acta Meteorologica Sinica* **28** 75 (in Chinese) [周晓平 1957 气象学报 **28** 75]
- [10] Li F, Ding Y H 2004 *Acta Meteorologica Sinica* **62** 347 (in Chinese) [李峰, 丁一汇 2004 气象学报 **62** 347]
- [11] Tang M C 1957 *Acta Meteorologica Sinica* **28** 282 (in Chinese) [汤懋苍 1957 气象学报 **28** 282]
- [12] Zhang P Z, Yang S L 1996 *Acta Meteorologica Sinica* **54** 633 (in Chinese) [张培忠, 杨素兰 1996 气象学报 **54** 633]
- [13] Zhang Q Y, Tao S Y 1998 *Acta Meteorologica Sinica* **56** 199 (in Chinese) [张庆云, 陶诗言 1998 气象学报 **56** 199]

- [14] Zhang Q Y, Tao S Y, Peng J B 2008 *Chin. J. Atmos. Sci.* **32** 815 (in Chinese) [张庆云, 陶诗言, 彭京备 2008 大气科学 **32** 815]
- [15] Tao S Y, Zhao Y J, Chen X M 1958 *Acta Meteorologica Sinica* **29** 119 (in Chinese) [陶诗言, 赵煜佳, 陈晓敏 1958 气象学报 **29** 119]
- [16] Wang Y 1992 *J. Meteor. Soc. Japan* **70** 929
- [17] Chen H Y 1957 *Acta Meteorologica Sinica* **28** 1 (in Chinese) [陈汉耀 1957 气象学报 **28** 1]
- [18] Li W J 1999 *Meteorologica Mon* **25** 20 (in Chinese) [李维京 1999 气象 **25** 20]
- [19] Chen J Y, Wang Y H, Wang W 2001 *Plateau Meteor* **20** 388 (in Chinese) [陈菊英, 王玉红, 王文 2001 高原气象 **20** 388]
- [20] Barnett T P, Preisendorfer R W 1978 *J. Atmos. Sci.* **35** 1771
- [21] Van H M 1994 *Tellus* **46A** 314
- [22] Gu Z C 1958 *Acta Meteorologica Sinica* **29** 176 (in Chinese) [顾震潮 1958 气象学报 **29** 176]
- [23] Chou J F 1974 *Science China*. **6** 635 (in Chinese) [丑纪范 1974 中国科学 **6** 635]
- [24] Chou J F 1986 *Plateau Meteor* **5** 367 (in Chinese) [丑纪范 1986 高原气象 **5** 367]
- [25] Feng G L, Dai X G, Wang A H, Chou J F 2001 *Acta Phys. Sin.* **50** 606 [封国林, 戴新刚, 王爱慧, 丑纪范 2001 物理学报 **50** 606]
- [26] Feng G L, Dong W J, Jia X J, Cao H X 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 1181 [封国林, 董文杰, 贾晓静, 曹鸿兴 2002 物理学报 **51** 1181]
- [27] Ren H L, Chou J F 2005 *Acta Meteorologica Sinica* **63** 988 (in Chinese) [任宏利, 丑纪范 2005 气象学报 **63** 988]
- [28] Ren H L, Chou J F 2007 *Science China*. D **37** 1589 (in Chinese) [任宏利, 丑纪范 2007 中国科学 (D) **37** 1589]
- [29] Zheng Z H, Ren H L, Huang J P 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 7359 (in Chinese) [郑志海, 任宏利, 黄建平 2009 物理学报 **58** 7359]
- [30] Wang Q G, Feng G L, Zheng Z H, Zhi R 2011 *Chin. J. Atmos. Sci.* **35** 287 (in Chinese) [王启光, 封国林, 郑志海, 支蓉 2011 大气科学 **35** 287]
- [31] Xiong K G, Zhao J H, Feng G L, Huang J P, Hu J G 2012 *Acta Phys. Sin.* **69** 149204 (in Chinese) [熊开国, 赵俊虎, 封国林, 黄建平, 胡经国 2012 物理学报 **69** 149204]
- [32] Yang J, Wang Q G, Zhi R, Feng G L 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 029204 (in Chinese) [杨杰, 王启光, 支蓉, 封国林 2011 物理学报 **60** 029204]
- [33] Zhao Z G 2000 *Summer Drought and Environmental Field in China*. (Beijing: Meteorological Press) 75–78 (in Chinese) [赵振国 1999 中国夏季旱涝及环境场 (北京: 气象出版社) 第 75–78 页]
- [34] Nan S L, Li J P 2003 *Geophys. Res. Lett.* **30** 2266
- [35] Li J P, Wang J X L 2003 *Geophys. Res. Lett.* **30** 1632
- [36] Li J P, Wang J X L 2003 *Adv. Atmos. Sci.* **20** 661
- [37] Li Z C, Bi B G, Zhu T, Wang Y H, Niu R Y 2004 *Meteorologica Mon* **30** 4 (in Chinese) [李泽椿, 毕宝贵, 朱彤, 王友恒, 牛若芸 2004 气象 **30** 4]
- [38] Kang I S, Lee J Y, Park C K 2004 *J. Climate* **17** 834
- [39] Wang S W 1984 *Adv. Atmos. Sci.* **1** 7



# The experiments of transseasonal prediction by combining together the dynamical and statistical methods of the geopotential height fields on the blocking high in the Eurasia mid-high latitudes\*

Zhao Jun-Hu<sup>1)2)†</sup> Yang Jie<sup>1)</sup> Gong Zhi-Qiang<sup>2)</sup> Zhi Rong<sup>2)</sup>

1) (College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

2) (Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

(Received 21 November 2012; revised manuscript received 6 January 2013)

## Abstract

The blocking high in Eurasia mid-high latitudes (EMHBH) is one of the leading members of East Asian summer monsoon circulation system, which also has a crucial influence on the summer flood/drought in China, especially in the region of Yangtze River. However, the objective quantitative prediction of EMHBH is an urgent issue we are facing and also a complicated problem in the current short-term climate prediction. This paper, by using the dynamical and statistical prediction (DSP) methods and based on the forecast data of the numerical modal (CGCM) and the abundant historical observations, has carried out prediction experiments of the above three blocking high regions in the summer averaged 500 hPa geopotential height fields. The results show that the DSP methods can diminish the prediction errors to some extent, which is also suitable for operational application. In addition, sensitivity tests show that the selection of the number of similar targets or similar yeas has significant influences on the prediction results.

**Keywords:** blocking high, geopotential height fields, dynamical and statistical, transseasonal prediction experiment

**PACS:** 92.60.Wc, 9130.Pd

**DOI:** 10.7498/aps.62.099206

---

\* Project supported by the National Natural Science Foundations of China (Grant Nos. 40930952, 41105055), and the National Basic Research Program of China (Grant No.s 2012CB955902, 2013CB430204).

† Corresponding author. E-mail: huzi348637577@sina.com