

毛炜峰,刘长征,李维京. 2013. 因子的持续和转折对我国盛夏降水预测效果的影响. 气象, 39(9):1176-1181.

因子的持续和转折对我国盛夏降水预测效果的影响^{*}

毛炜峰¹ 刘长征² 李维京²

1 新疆气候中心, 乌鲁木齐 830002
2 国家气候中心, 北京 100081

提 要: 由于影响我国盛夏(7—8 月)降水异常的主要因子前期(或从冬季到夏季)不同的月际演变特征对其后降水异常的影响不同,所以针对影响因子的月际“持续异常”和“转折变化”对盛夏降水异常的预测方法也应该是不同的。本文以国家气候中心整理的 78 项月环流特征量指数和 CPC/NOAA 的 30 项指数为因子,设计了能够反映影响因子的月指数特征量“持续异常”和“转折变化”的两套影响因子库,用“滑动相关—逐步回归—集合分析”方法分别建立预测模型,改进预测方案,这样建立的统计预测模型重点考虑了前期影响因子不同的变化特征。用距平符号一致率(PSS)与空间距平相关系数(ACC)为指标,对比分析不同因子处理方案对我国 160 站盛夏(7—8 月)降水预测效果的影响,结果显示:两种因子选择方案均具有一定的预测能力;相比之下,“转折变化”因子选取方案的预测效果更好;用单站交叉建模序列与实测序列的相关系数为指标,挑选其中相关系数更高的因子选取方案结果作为集合方案预测结果,集合方案的预测效果有进一步提高的潜力。

关键词: 持续, 转折, 预测效果, 7—8 月降水, 前期环流特征量

中图分类号: P456 **文献标志码:** A **doi:** 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2013. 09. 013

Influence of Continuity and Transition of Circulation Factors on Prediction of Midsummer Precipitation over China

MAO Weiyi¹ LIU Changzheng² LI Weijing²

1 Xinjiang Climate Centre, Urumqi 830002
2 National Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: Because the main earlier circulation indices with different monthly variation features have different influences on midsummer (July—August) precipitation in China, different methods should be used to predict the midsummer prediction anomalies with respect to the monthly continuity and transition features of the impact factors. The 78 monthly circulation indices from National Climate Centre and the 30 indices from CPC/NOAA are employed to construct two factor schemes to describe the continuity and transition of circulation anomaly characteristics respectively. With the above different schemes, the “Running-Correlation, Stepwise-Regression, Ensemble-Analysis” method is used to set up two models to predict the midsummer precipitation of 160 stations over China. Therefore, different variation features of earlier circulation indices are used in our statistic prediction models and different effects of the above two schemes are well shown. The result indicates that both of the factor-treating schemes have certain predictive abilities but the transition one shows better effect. Meanwhile, for single station, the ensemble of the indices with its cross-modeling series closely correlated to the observation time series holds more potential prediction ability.

Key words: continuity, transition, prediction, July—August precipitation, earlier circulation characteristics

^{*} 国家自然科学基金项目(41065006)和国家体育总局体育科学研究所基本科研业务费(基本 10-05)共同资助
2012 年 12 月 30 日收稿; 2013 年 4 月 7 日收修定稿
第一作者: 毛炜峰, 主要从事气候预测、气候变化、应用气象业务工作及相关研究. Email: mao6991@vip. sina. com

引言

短期气候预测是国际地球科学领域前沿课题和跨学科难题,受预测理论问题和技术水平制约,水平并不高(丁一汇,2004)。提高我国气候预测水平需要以发展和改进气候动力模式为优先目标,同时可以建立有用的多种统计预报方法,发展具有特点的多种统计与动力方法集合预报(丁一汇,2011),统计学方法与动力学方法要相互借鉴,取长补短,融合发展(丑纪范,2003a;2003b)。一个完整的统计预报系统包含因子选择、统计数学模型和预报效果检验三个组成部分,因子选择对于统计预报的成败是一个关键问题。汛期旱涝是我国最为严重的气象灾害之一,汛期预测是我国最为重要的气候业务,客观定量的汛期降水预测方法极具挑战性,也是业务中急需的。

20世纪50年代陶诗言等(1962)就研究了夏季江淮持续性旱涝的环流特征,对气候业务预测有重要指导意义。已有研究成果也揭示出影响中国气候异常的最强气候信号是厄尔尼诺事件、高原积雪和季风(丁一汇,2004),亚洲高空副热带西风急流、北極涛动/北大西洋涛动、南极涛动、越赤道气流、关键海区海温异常等与我国气候异常关系密切(王会军等,2008)。随着对短期气候变化成因研究的深入,在区域气候异常成因分析基础上,选取具有物理意义的预测因子,建立统计模型进行汛期降水客观预测是目前业务中的一种主要方法,在全国以及各区域都有应用(严华生等,2006;魏凤英等,2010;贾小龙等,2011;龚振淞等,2012;郭玲等,2012;王遵娅等,2013;张耀华等,2012),还可以从动力模式结果中选择预测环流因子进行预测(李维京等,1999;陈丽娟等,1999;林纾等,2004;顾伟宗等,2012;康红文等,2012)。预测量和预测因子也可以有所变化,选取年际增量建立的长江流域、华北等区域的汛期降水预测模型也得到较好的结果(范可等,2007;2008)。

国家气候中心整理的74项月环流特征量为气候预测模型提供了前期环流系统和大气下垫面指数因子,许多研究用前期月尺度环流指数因子建立预测模型(王慧等,2008;王启光等,2011;),在环流因子的时间尺度上,尝试了月、季节等多种尺度的组合因子(黄嘉佑等,2003;毛炜峰,2009;毛炜峰等,2011)。

由于影响我国盛夏(7—8月)降水异常的主要因子前期(或从冬季到夏季)不同的月际演变特征对后期降水异常的影响不同,所以针对影响因子的月际“持续异常”和“转折变化”对盛夏降水异常的预测效果也应该是有区别的。因此,制作盛夏汛期预测时,可以通过加强对气候系统各环流特征量的时间演变规律的分析,来捕捉更多有预测价值的强信号,提高和改进短期气候预测水平。随着全球气候系统监测快速发展,描述气候系统状况的月尺度物理量越来越丰富,研究分析前期气候系统的持续异常与转折演变中所包含的信息,探讨对我国盛夏降水预测效果的影响,对于提高汛期降水预测是有益的。

1 资料与方法

1.1 资料

全国160站盛夏(7—8月,下同)降水资料来自国家气候中心,数据年限为1961—2011年。环流特征量指数主要来自国家气候中心业务网站(<http://cmdp.ncc.cma.gov.cn/cn/download.htm>)和美国NOAA下属的CPC网站(<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/#india>)。从上述各指数中筛选出了能够满足季节尺度实时预测需求的108个特征量指数,筛选要求如下:起始年份不晚于1960年;每月中旬之前能够通过网站获得逐月补充的新数据。环流特征量资料年限为1960—2011年。

1.2 方法

(1)“滑动相关—逐步回归—集合分析”客观预测方法。该方法建模方案主要思路是:借鉴数值预报中集合预报思路,考虑统计回归模型的不稳定性,建立不同窗口长度对应的多个初选因子库,用逐步回归方法分别建立回归预测模型,将这些模型拟合(预测)结果作为成员进行集合,得到预测结果。已经用该方法对新疆北部夏季降水指数进行预测,有一定效果(毛炜峰,2009),经过不断细化建模步骤,优化计算方案,应用到全国160站汛期降水滚动预测的效果也不错(毛炜峰等,2011),在近几年的全国汛期预测业务中使用(见2009—2012年国家气候中心内部刊物《气候预测评论》)。文中应用不断改进的“滑动相关—逐步回归—集合分析”方法,建模样本

51 年(1961—2011 年)。对于 160 站盛夏降水量及环流因子,滤除 51 年的显著线性趋势后,用交叉建模方案,每次建立模型使用 50 个样本,依次拿出 1961、1962、1963、…、2010、2011 年作为独立样本试报。

(2) “持续异常”和“转折变化”因子计算方法。改进了环流因子的预处理步骤,设计了能够反映月特征量指数的“持续异常”和“转折变化”的两套因子库。在月特征量指数基础上,“持续异常”用加法表示,得到时间尺度分别为 1、2、3、4、5 和 6 个月的“持续异常”因子库;环流“转折变化”用减法表示,用最近的月份减去前期的月份,可得到相邻 2 个月以及间隔 1、2、3 和 4 个月的月指数之差的“转折变化”因子库。分别用上述两套因子库建立“滑动相关—逐步回归—集合分析”模型,并对两套计算结果进行对比。

(3) 预测效果检验方法。在交叉建模基础上,采用预测场与实况场的距平符号一致率(简称同号率,以下用 PSS 表示)(彭京备等,2006)和国际上通用的两个场的距平相关系数(以下用 ACC 表示)(柳艳香等,2007)来检验其预测效果。降水量的距平符号可反映出旱涝趋势,而预测场与实测场的距平相关系数则可以度量两个场分布形势的相似程度。以所有交叉建模得到的 PSS 和 ACC 的平均值作为反映不同因子选取方案的预测效果评定指标。对交叉建模后所产生的评分统计量的平均值,可以进一步对其作平均值的显著性检验,使用 t 检验方法,即

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n - 1}}$$

遵从自由度为 $n-1$ 的 t 分布,式中 n 为交叉检验总次数, $\bar{x}$ 和 s 分别为评分统计量在交叉试验序列中的平均值和标准差, μ 为期望值。PSS 随机试验同号率的期望值为 0.5,ACC 随机试验的期望值为 0.0(魏凤英等,2010)。查 t 检验表可知,当交叉建模次数为 50 时,统计量 t 的计算值超过 2.678 时,可以认为评分统计量的平均值通过了 0.01 显著性水平检验。

2 1961—2011 年盛夏降水量交叉建模结果分析

2.1 “持续异常”因子与“转折变化”因子的交叉建模预测结果

“持续因子”方案下的结果如下,交叉建模得到

的全国 160 站 1961—2011 年盛夏降水量预测序列与实况之间的距平相关系数分析结果(图 1 和表 1)显示:交叉建模预测序列与实况序列之间的距平相关系数为正的站数占 160 站的 95.0%,其中 60.0%的站相关系数通过了 0.05 的显著性水平检验,基本上成片分布,以长江流域中下游地区、江淮、黄淮以及华北地区大部、西南地区东部、新疆西部等地最为明显;51 年的 160 站空间距平相关系数均为正值,94.1%的年份空间距平相关系数通过了 0.05 的显著性水平检验,80.4%的年份空间距平相关系数通过了 0.01 的显著性水平检验。

“转折因子”建模结果(图 2 和表 1)如下:交叉检验预测序列与实况序列之间的相关系数为正的站数占 160 站的 96.3%,其中 72.5%的站相关系数通过了 0.05 的显著性水平检验,区域分布特征与“持续因子”方案结果类似,但成片分布的区域在长江以南地区、三北(西北、华北、东北)地区明显扩大;51 年中 160 站空间距平相关系数均为正值,100%的年份空间距平相关系数通过了 0.05 的显著性水平检验,96.1%的年份空间距平相关系数通过了 0.01 的显著性水平检验。

上述结果说明,用“滑动相关—逐步回归—集合分析”方法,在两种不同的因子选取方案下,交叉建模的结果对于我国盛夏降水空间分布预测都具备一定的效果,对短期气候预测业务有积极的意义。

2.2 “持续异常”因子与“转折变化”因子方案的预测效果对比

对“持续因子”与“转折因子”不同方案得到的 51 年独立样本的交叉建模结果,距平符号准确率、ACC 及其 t 统计量等结果分别见图 3 和表 1。

从图 3 可知,以单站的时间 ACC 为指标,“转折变化”因子方案的结果中有 102 站高于“持续异常”因子方案,占 160 站总数的 63.8%;以逐年的空间 ACC 为指标,“转折变化”因子方案的结果中有 37 年高于“持续异常”因子,占 51 年样本总数的 72.5%。

由表 1 可见,用“滑动相关—逐步回归—集合分析”方法,两种不同因子处理方案下所得结果是令人鼓舞的。两个方案中,160 站 PSS 的 51 年平均值均超过 0.6, t 检验值达到 14.0 以上;160 站 ACC 的 51 年平均值均在 0.3 以上,最小值均为正,最大值均超过 0.7, t 检验值达到 17.0 以上。比较而言,无

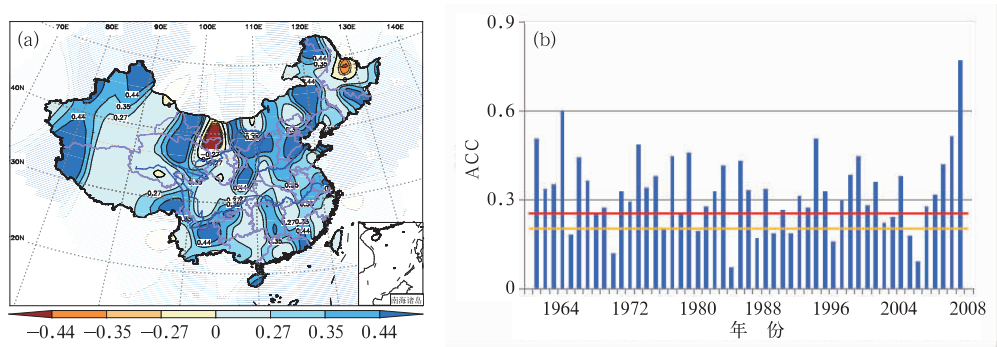


图 1 持续因子方案对应的 1961—2011 年盛夏降水量交叉建模序列与实测序列之间的距平相关系数分布图
(a) 51 年样本时间相关系数的 160 站空间分布, (b) 160 站空间距平相关系数的 51 年时间序列分布
Fig. 1 Anomaly correlation coefficients between cross-validation prediction series and observation series
for the 1961—2011 midsummer precipitation corresponding to continuity factors
(a) spatial distribution of temporal correlation coefficient of the 160 stations, (b) time series
of the spatial anomaly correlation coefficient of the 160 stations

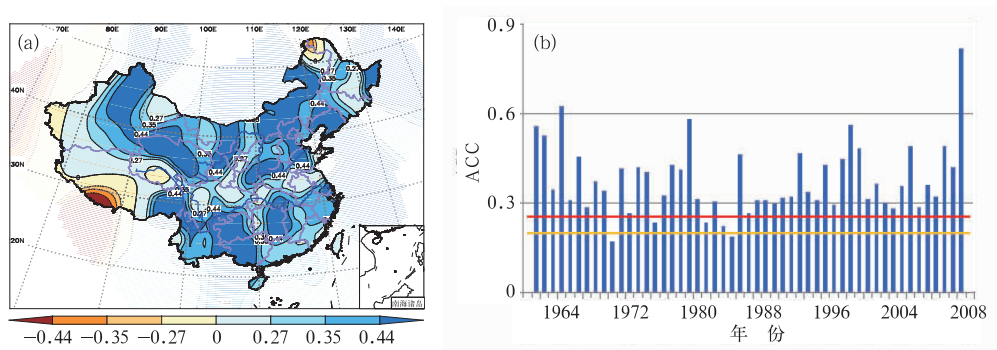


图 2 同图 1,但为转折因子方案对应的结果
Fig. 2 Same as in Fig. 1, but for transition factors

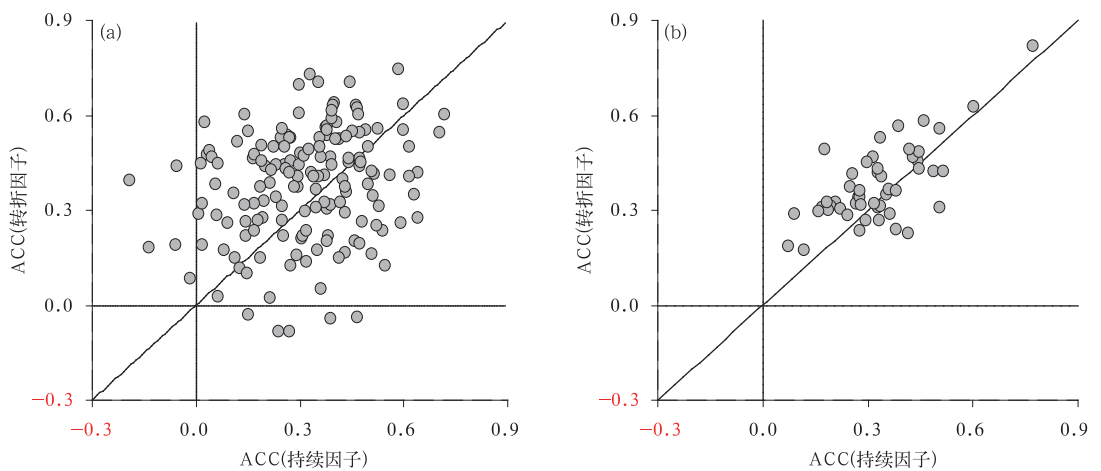


图 3 1961—2011 年盛夏降水量交叉建模序列与实测值之间的距平相关系数对比图
(a) 时间相关系数对比, (b) 空间距平相关系数对比
Fig. 3 Contrast diagram of the ACC between cross-validation series and
the observation of midsummer precipitation
(a) temporal ACC, (b) spatial ACC

表 1 全国 160 站不同因子方案交叉建模指标及其统计检验

Table 1 The effect assessment on different cross-validation schemes of the 160 stations over China

方案	PSS				ACC			
	平均	最大	最小	<i>t</i> 值	平均	最大	最小	<i>t</i> 值
持续因子	0.610	0.844	0.525	14.1	0.326	0.770	0.073	17.6
转折因子	0.639	0.919	0.500	14.5	0.377	0.819	0.172	22.4
集合方案	0.662	0.912	0.550	19.1	0.443	0.813	0.185	27.6

论是 PSS、ACC 及其 *t* 检验值,都反映出“转折变化”因子方案的预测效果更好。

从全国 160 站整体上看,“转折变化”因子方案的预测效果相对好一些,但是根据每个测站的效果对比分析来看,两个方案各有优势。能否从单站入手继续提取有价值信息,进而提高整体的预测效果呢?以单站交叉建模的时间距平相关系数(ACC)为指标,分别比较每个测站两种因子选取方案下的 ACC,选取 ACC 较大的因子选取方案结果作为最终预测结果,称之为“集合方案”结果。逐站进行比较,得到了全国 160 站盛夏降水“集合方案”预测结果。

计算了“集合方案”对应的 PSS、ACC 及其 *t* 检

验结果(图 4 和表 1)。“集合方案”交叉建模预测序列与实况序列之间的 160 站的距平相关系数 100% 为正,其中 86.9% 的站相关系数通过了 0.05 的显著性水平检验,全国通过显著性水平检验的区域基本上连成片;51 年的 160 站空间距平相关系数均为正值,100% 的年份空间距平相关系数通过了 0.05 的显著性水平检验,98.0% 的年份空间距平相关系数通过了 0.01 的显著性水平检验。

与“持续异常”和“转折变化”因子方案结果比较,无论距平符号一致率、空间距平相关系数及其 *t* 检验值,“集合方案”的值都明显增大,可见“集合方案”的预测效果有进一步提高的潜力。

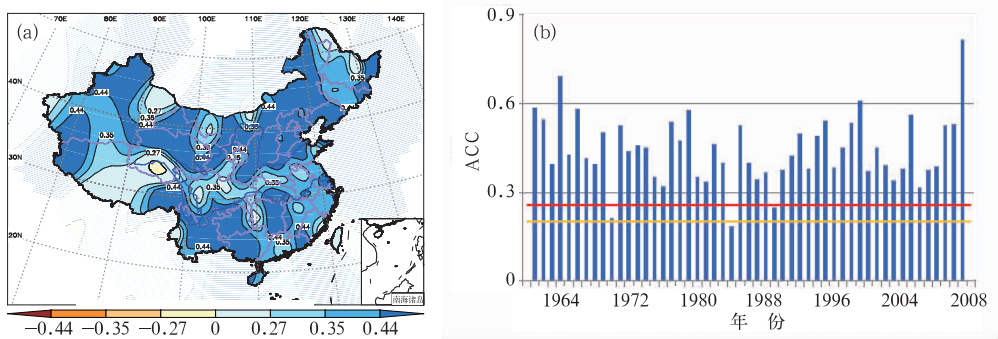


图 4 同图 1,但为集合方案对应的结果

Fig. 4 Same as Fig. 1, but for ensemble model

3 小结及讨论

从前期环流及下垫面外强迫监测指数的“持续异常”和“转折变化”对比分析不同因子选取方案对我国盛夏降水预测效果的影响,得到了一些对提高和改进季节尺度气候预测的有益认识。

(1) 根据前期影响因子的“持续异常”和“转折变化”不同月际演变特点来分别建立统计预测模型,可以改进我国 160 站盛夏降水预测效果。

(2) 用改进后的“滑动相关—逐步回归—集合

分析”方法对全国 160 站盛夏(7—8 月)降水进行预测分析,“持续异常”和“转折变化”因子方案的预测效果均令人鼓舞,其中以“转折变化”因子方案的预测效果更好,距平符号准确率 51 年平均值为 0.639,距平相关系数的 51 年平均值达到 0.377。

(3) 比较“持续异常”和“转折变化”因子方案的结果,以单站交叉建模相关系数更高的因子选取方案结果作为集合方案预测结果,“集合方案”的距平符号准确率的 51 年平均值达到 0.662,和空间距平相关系数的 51 年平均值分别达到 0.443。“集合方案”的预测效果有进一步提高的潜力。

本文从前期气候系统持续异常和转折变化的影响进行对比,探讨对盛夏降水预测的效果,得到了一些有益的认识,对改进季节气候预测业务水平有积极意义。然而统计预测模型的改进可以从很多方面入手,本文从选择因子角度做了些粗浅工作,也进一步说明了加强预测因子挑选方法的研究是可以改进统计预测效果的,也可为建立统计集合预测模型提供更多集合成员。统计气候预测也需要向建立集合预测模型方向努力,预测因子挑选、统计模型构建、集合方案设计三方面均可深入研究。

致谢:感谢中国气象局短期气候预测国家级创新团队提供的技术指导。

参考文献

陈丽娟,李维京. 1999. 月动力延伸预报产品的评估和解释应用. 应用气象学报,10(4):486-490.

丑纪范. 2003a. 短期气候预测的现状问题与出路(一). 新疆气象,26(1):1-4.

丑纪范. 2003b. 短期气候预测的现状问题与出路(二). 新疆气象,26(2):1-4,11.

丁一汇. 2004. 我国短期气候预测业务系统. 气象,30(12):11-16.

丁一汇. 2011. 季节气候预测的进展和前景. 气象科技进展,1(3):14-27.

范可,林美静,高煜中. 2008. 用年际增量方法预测华北汛期降水. 中国科学:地球科学,38(11):1452-1459.

范可,王会军,Choi Y J. 2007. 一个长江中下游夏季降水的物理统计预测模型. 科学通报,52(24):2900-2905.

龚振淞,杨义文. 2010. 中国夏季旱涝气候预测相似模型. 气象,36(5):46-50.

顾伟宗,陈丽娟,李维京,等. 2012. 降尺度方法在中国不同区域夏季降水预测中的应用. 气象学报,70(2):202-212.

郭玲,何金海,祝从文. 2012. 影响长江中下游夏季降水的前期潜在预

报因子评估. 大气科学,36(2):337-349.

黄嘉佑,高守亨. 2003. 影响长江地区夏季洪涝的大气环流因子研究. 自然科学进展,13(2):206-209.

贾小龙,陈丽娟,龚振淞,等. 2011. 2010 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响. 气象,37(4):446-453.

康红文,祝从文,左志燕,等. 2012. 多模式集合预报及其降尺度技术在东亚夏季降水预测中的应用. 气象学报,70(2):192-201.

李维京,陈丽娟. 1999. 动力延伸预报产品释用方法研究. 气象学报,57(3):338-345.

林纾,李维京,陈丽娟. 2004. 月动力延伸预报产品在甘肃省的使用及评估. 气象,30(10):22-26.

柳艳香,王凌,赵振国,等. 2007. 2006 年中国夏季降水预测回顾. 气候变化研究进展,3(4): 243-245.

毛炜峰. 2009. 用前期大气环流指数预测新疆北部夏季降水的探讨. 气象,35(6):91-98.

毛炜峰,陈颖,白素琴,等. 2011. 用统计集合方法制作全国汛期降水滚动预测试验. 气象,37(5):547-554.

彭京备,陈烈庭,张庆云. 2006. 多因子和多尺度合成中国夏季降水预测模型及预报试验. 大气科学,30(4):596-608.

陶诗言,徐淑英. 1962. 夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征. 气象学报,32(1): 1-10.

王慧,谭艳梅,毛炜峰,等. 2008. 环流特征量指数在新疆汛期降水趋势预测中的应用. 干旱区研究,25(4):485-491.

王会军,孙建奇,郎咸梅,等. 2008. 几年来我国气候年际变异和短期气候预测研究的一些新成果. 大气科学,32(4):806-814.

王启光,封国林,郑志海,等. 2011. 长江中下游汛期降水优化多因子组合客观定量化预测研究. 大气科学,35(2):287-297.

王遵娅,任福民,王东阡,等. 2012. 2012 年海洋和大气环流异常及其对中国气候的影响. 气象,39(4):508-515.

魏风英,黄嘉佑. 2010. 大气环流降尺度因子在中国东部夏季降水预测中的作用. 大气科学,34(1): 202-212.

严华生,杨素雨,胡娟,等. 2006. 前期中高纬大气环流异常与我国汛期雨带类型关系的研究. 大气科学,30(2):285-292.

张耀华,周兵,张耀存. 2012. 2010 年南方持续暴雨期大气环流异常及其低频特征研究. 气象,38(11):1367-1377.