

钱维宏, 陆波. 我国汛期季度降水预报得分和预报技巧[J]. 气象, 2010, 36(10): 1-7.

# 我国汛期季度降水预报得分和预报技巧<sup>\* 1</sup>

钱维宏 陆 波

北京大学大气科学系, 北京 100871

**提 要:** 利用 1951—2008 年我国 160 站夏季降水资料分析了季度降水预报的气候得分, 又用 1978 年以来我国历年汛期业务降水预报结果检验了其预报能力和技巧。多年来, 我国业务汛期降水季度预报有一定的预报技巧, 但也有些年份预报能力较低。预报能力高或有技巧的年份是江淮地区降水少的年份, 但对长江中下游降水多的年份, 预报能力较低。我国汛期降水预报能力要建立在区域年代际信号和年际早期信号叠加的基础上。年代际信号是在划定我国为不同区域的基础上, 把握区域年代际降水变化的规律。年际早期信号实际上是要跟踪降水年际振荡与大气下垫面强迫季节早期信号的关系。

**关键词:** 汛期降水, 预报, 得分, 技巧, 早期信号

## Score and Skill of Seasonal Forecasts of Summer Precipitation in China

QIAN Weihong LU Bo

Department of Atmospheric Sciences, Peking University, Beijing 100871

**Abstract:** Seasonal operational forecast dataset of summer precipitation (1978—2008) was used to investigate the forecast ability and forecast skill. Compared with 160 stations' observations (1951—2008), the high forecast skill years and the low forecast skill years were distinguished. The highest forecast skill appeared in the years when dry domain controls the Yangtze-Huaihe River Basin; however, the lowest score appeared in the years when the mid-low Yangtze River Basin was wet. Two signals from inter-decadal and inter-annual timescales should be utilized in the operational forecast. For the inter-decadal timescale, the monsoon region in East China should be divided into several sub-regions first, and then actual inter-decadal signals at individual sub-region can be used in the operational forecast. Inter-annual precursory signals could be the biennial oscillation and seasonal forcing such as the sea temperature, snow cover and soil moisture anomalies.

**Key words:** summer precipitation, forecast, score, skill, precursory signal

## 引 言

提前月到季的气候预报称为短期气候预测。最早的气候预测是对季风区降水的预报。1877 年印度遭遇了严重的季风期干旱之后, 英国政府在印度成立了气象部门并预报夏季风降水<sup>[1]</sup>。1933 年, 前苏联正式发布月预报。1942 年, 美国正式发布月预报, 又在 1959 年开始试作季度预报。

气候预报发布后经过几个月就可以得到验证。Normand<sup>[2]</sup>认为经历了 50 年, 印度季风降水预报使用的 Walker 方法没有技巧。可是, 这种方法目前仍然在使用。DelSole 等<sup>[3]</sup>认为, 印度季降水预报使用了太多非独立的因子, 只能解释对过去的资料有技巧, 对未来的预报几乎没有技巧。2005 年, Gadgil 等<sup>[4]</sup>对 1990—2006 年印度的季降水预报做了评估, 认为没有技巧。目前各国都在发展季度数值预报模式和统计模式, 但 Shukla<sup>[1]</sup>认为, 当前的模式

\* 国家自然科学基金项目(40975039)资助

2009 年 11 月 16 日收稿; 2010 年 5 月 31 日收修定稿

第一作者: 钱维宏, 从事季风气候研究. Email: qianwh@pku.edu.cn

尚不能再现观测到的季风区降水空间结构和季节、年际和年代际等时间尺度变化的方差。

我国从 1958 年正式发布汛期降水预报,至今刚过半个世纪。我国每年的汛期预报有一个提前 2~3 个月的会商制度。参与会商的人员有来自国家和地区的短期水文、气候业务预报员,也有来自气象科研院所和高校的研究人员。这些人员的预报信息有来自动力和统计模式的结果,也有来自经验的方法。来自各方的预报,在中国汛期雨带分布上是多样的,甚至是完全相反的。经过充分的会商和讨论,最后由气候中心主班集成出中国汛期降水的分布预报。可见,每年气候中心发布的汛期降水预报结果仍然是主观定性的。这也反映出,目前尚没那种客观的和定量的汛期降水预报方法,其预报技巧或水平能够超过这种主观的集成方法。因此,国内外的汛期降水预报评估也只能以国家发布的预报为基础。10 年前,陈桂英等<sup>[5]</sup>对我国 1978—1995 年期间的这种汛期降水预报进行了评估,认为预报水平存在年际和年代际的变化。又是十多年过去了,我国当前的季度降水预报水平或能力怎样? 提高季度降水预报水平或能力的途径有哪些? 这是本文试图探讨的问题。

## 1 资料和方法

以下的分析使用两套资料:1951—2008 年我国常规的 160 站汛期 6—8 月份雨量资料和 1978—2008 年国家气候中心春季发布的 160 站夏季汛期降水业务预报资料。

最简单的评估方法是把降水实况和预报分为 3 级:偏多、正常和偏少。这 3 级的季度汛期降水距平百分率分别定在  $-13\% \sim 13\%$  之间、小于  $-13\%$  和大于  $+13\%$  的区间。如果约定评分不跨级,依照这 3 级做预报正确百分率评分,则长期固定预报某一级的气候期望得分是 33.3 分。如果跨一级预报仍然算对,则气候期望得分是 66.7 分。

根据评估目的和可能,人们使用的评估参数包括预报评分(PS)、技巧评分(SS)、距平相关系数(ACC)和异常气候评分(TS)等<sup>[5-6]</sup>。我国气象部门常用的衡量预报水平或评估预报能力高低的标准是所谓的 PS 评分。PS 评分的基本公式是<sup>[5]</sup>。

$$PS = \frac{N_0 + f_1 \times N_1 + f_2 \times N_2}{N + f_1 \times N_1 + f_2 \times N_2} \times 100$$

式中, $N_0$  为距平符号报对的,以及预报和实况虽距平符号不同但都属正常级的站数; $N$  为参加评分范围内的总站数; $N_1$ 、 $f_1$  和  $N_2$ 、 $f_2$  分别为 1 级异常和 2 级异常预报对的站数和权重系数。由于是季度预报,本文取  $f_1 = 5$ ,  $f_2 = 2$ <sup>[5]</sup>。PS 评分方法具有宽松的级差评估,对极端降水的成功预报可以给予较大的权重。相比与最简单的 3 级评分方法,PS 评分系统有利于获得较高的得分。

国家气候中心利用 PS 评分系统对我国汛期降水进行了逐年评估,1978—2008 年的平均得分为 65.4 分(图 1)。但就某些年份,如 1978 年和 1994 年,得分高达 80 分和 79 分,比多年平均分高了 14 分。这个 14 分包含有预报技巧的得分。也有一些年份,如 1983 年和 1999 年,得分只有 44 分,比多年平均低了 21 分。1984—1995 年的 12 年,逐年的预报得分都超过 60 分,其中有 4 年超过 70 分,只有 1991 年接近 60 分。这一现象说明我国汛期降水预报有年代际的预报技巧。可见,评估有无预报能力(水平)或技巧可以与多年气候(平均)得分进行比较。

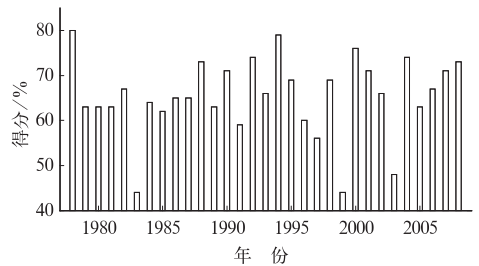


图 1 1978—2008 年我国 160 站汛期降水业务预报 PS 得分

31 年平均 65.4 分,最高 80 分(1978 年),最低 44 分(1983 和 1999 年)

Fig. 1 Operational prediction scores (PS) for summer precipitation during 1978—2008 based on 160 stations in China average score (65.4%) for total 31 years, the highest score (80%) in 1978 and the lowest score (44%) in 1983 and 1999

我国东部地区汛期降水直接受东亚副热带季风的影响。夏季风的强度和到达的位置年与年的不同会导致东部不同流域汛期降水距平相反的年际分布型。根据文献<sup>[7]</sup>,在我国东部季风区中划定 5 个区域,分别代表华北北部、黄河下游、淮河流域、江南地区和华南地区(图 2a)。我们把全国 160 站的逐年汛期降水预报 PS 得分和东部季风区的汛期降水预报 PS 得分给出在图 2b 中。从 31 年的评估结果

看,全国 160 站的 PS 预报得分与我国东部季风区的 PS 得分在年际和年代际上是基本相同的,相关系数达到了 0.90。这一现象说明,我国每年汛期降水预报的技巧高低在很大程度上依赖于东部季风区的降水预报水平。

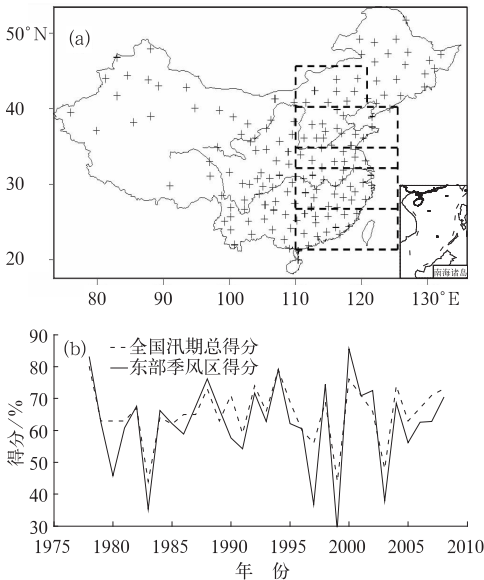


图 2 全国 160 站和东部季风区预报汛期降水 PS 得分的比较

(a) 全国 160 站分布,虚线为东部季风区(66 个站点)中的 5 个子区域;(b) 1978—2008 年全国逐年汛期降水预报 PS 得分和东部季风区汛期降水预报 PS 得分

Fig. 2 Comparison of operational PS between the eastern monsoon region (66 stations) and the whole mainland China (160 stations)

(a) Symbol “+” indicates the sites of 160 stations in China and dashed five boxes cover 66 stations in eastern monsoon region; (b) PS in the whole mainland China (dashed line) and in the eastern monsoon region (solid line) during 1978—2008

根据文献[7]的分析,东部季风区的北方(华北北部和黄河下游)1960 年以来夏季降水持续减少,20 世纪 90 年代初以来华南降水增多,而从 1998 年开始淮河流域夏季降水继续增多并有准两年振荡,江南降水表现为减少的趋势。于是,我们把东部季风区分为华北北部、黄河下游、淮河流域、江南和华南 5 个区,分别考察这些区域上降水型的年代际和年际变化特征并探讨其可能存在的预报技巧。

## 2 气候得分和预报技巧

为简明起见,我们把降水分成正常、偏多和偏少 3 个级别,约定评分不跨级。气候平均态选取 1961—1990 年的 30 年平均。图 3a 给出了我国东部季风区中淮河流域每年都预报降水偏多的得分。

那些 100 分的年份是整个流域发生大降水的年份,如 1956 年、2003 年和 2005 年。长期以来,淮河流域有十年就有九年旱的传说。在 1998 年以前,差不多 10 年内有 7~8 年干旱。1951—2000 年出现了 6 次流域大旱(预报多雨得分为 0 分)。2000 年之前,报多雨的年代际得分在 36 分上下。对这些时段,预报淮河流域汛期多雨得高分的可能性比较小。然而进入 2000 年以来,预报淮河流域年年多雨的平均得分会明显提高至 59.7 分(表 1),2003 年和 2005 年甚至达到 100 分。显然,预报存在年代际的和年际的技巧。

表 1 淮河流域和江南地区每年报多雨的(3 级)年代得分(%)

Table 1 Decadal prediction scores (%) with the grades of above-normal precipitation yearly in the Huaihe River Basin and the Jiangnan Region

年代	1951— 1960	1961— 1970	1971— 1980	1981— 1990	1991— 2000	2001— 2008
淮河	37	37	35	36	34	59.7
江南	29.5	25.9	33.6	32.3	56.8	32.4

在淮河流域,1951 年至 2008 年预报多雨的得分是 39.1 分,略高于长期气候期望得分。把握年代际的降水特征,可以使 2000 年以来的预报水平提高 20.6 分,达到 59.7 分。这 20.6 分,即高于多年平均或高出气候期望的部分是有年代际预报技巧的。由此可见,认识年代际的气候背景可以大大提高汛期降水预报的水平。

江南区域的汛期降水预报评分也可以得到类似的结果。从 1951 年到 2008 年,江南地区全报多雨的平均得分是 35.2 分,也接近气候期望得分(图 3b)。分年代考察江南报多雨的平均得分,则 20 世纪 90 年代的得分是 56.8 分,高出平均约 22 分。这 22 分就是江南地区 20 世纪 90 年代所需把握住的年代际技巧。比较淮河流域和江南地区的汛期降水预报得分可见,年代际多雨时段存在流域性的转移。进入 21 世纪以来,淮河流域降水出现了年代偏多,长江降水出现了年代偏少的分布型。

除了年代际的预报技巧需要认识和把握外,还存在年际可利用的预报早期信号。冬季北太平洋地区上空 100 hPa 高度场<sup>[7]</sup>、500 hPa 高度场<sup>[8]</sup>都曾经被用作汛期降水的早期信号。2000 年以来,赤道太平洋的表层和次表层海温异常变化的信号已经不再出现在赤道东太平洋,而是出现在了赤道中太平洋的日界线附近<sup>[9]</sup>。2002 年、2004 年和 2006 年的赤道中太平洋次表层暖信号都在几个月后的年底,即

2003 年初、2005 年初和 2007 年初露头到赤道中太平洋的表层。在此之后的夏季,我国淮河流域发生了流域性的多降水,而江南出现了少的降水。不同的是,2002 年初、2004 年初和 2006 年初,赤道中太平洋是冷水,这些年淮河流域夏季少降水,而华南出现了多降水。存在着淮河和江南降水的两年振荡,

又存在赤道中太平洋海温异常的半年早期信号。利用这些信号,我们可以大大提高淮河流域的季度降水预报水平。显然,进入 2000 年以来,淮河流域的降水受制于赤道中太平洋及整个洋盆尺度海温异常结构并通过大气环流异常的影响。这些都是可以利用的早期预报信号。

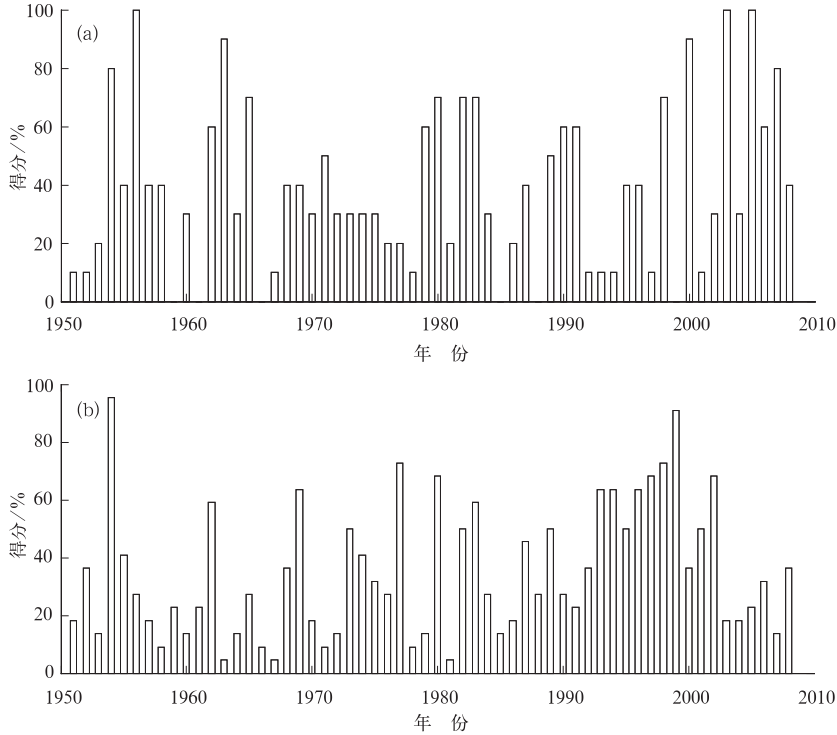


图 3 1951—2008 年(a)淮河流域和(b)江南地区逐年报多雨的得分(%)

Fig. 3 Prediction scores of seasonal summer precipitation with three grades (above normal, normal and below normal) but with the grade of above normal yearly in the Huaihe River Basin (a) and the Jiangnan Region (b) for 1951—2008

### 3 业务预报技巧

实际的业务预报得分,其中应包含气候得分、年代际技巧得分、年际技巧得分。因此,评估某一年的业务预报水平,除了考察总的 PS 得分之外,还可分别考察气候得分、年代际技巧得分和年际技巧得分。

为了考察不同区域多年来的最佳降水预报级别,我们按照图 2a 中的分区和 1978—2008 年的站点降水资料,得出了各个区在这 31 年中预报各个级别的得分(表 2)。对华北北部和黄河下游地区,预报正常偏少的 PS 评分最佳,分别是 63.4 分和 74.9 分。对江南和华南地区,预报正常偏多的得分分别是 67.4 分和 68.7 分。淮河流域预报 2 级偏多的长期得分为 65.5 分。表 3 给出的是按照 3 级预报的评分结果,淮河及其以南地区预报降水偏多的得分

较高,黄河及其以北地区预报降水偏少的得分较高。

表 2 我国东部 5 个地区 5 级降水预报的近 31 年 PS 各级得分(%)

Table 2 Five grade prediction scores (%) in five areas of eastern monsoon for the recent 31 years (1978—2008)

	北部	黄河	淮河	江南	华南
1 级偏多	49.4	46.7	61.0	65.4	58.9
2 级偏多	54.5	50.7	65.5	66.8	62.7
正常偏多	60.2	53.8	65.2	67.4	68.7
正常偏少	63.4	74.9	58.3	59.9	59.4
2 级偏少	59.0	73.8	55.4	59.5	53.9
1 级偏少	53.3	66.8	47.5	50.8	46.4

利用上述已经认识了的区域年代际降水时空变化特征可以得到逐年的东部季风区的得分。用这个气候年代际得分与相同区域的业务得分比较,其结果在图 4 中。业务得分高出年代际气候得分的年份表明该年业务得分具有年际预报技巧,反之没有预报技巧。1978 年的年代际气候得分是 40 分,业务得

表 3 我国东部 5 个地区 3 级降水预报的近 31 年各级得分 (%)

Table 3 Three grade prediction scores (%) in five areas of eastern monsoon for the recent 31 years (1978—2008)

	北部	黄河	淮河	江南	华南
偏多	36.6	25.1	41.6	40.1	40.7
正常	23.6	28.7	23.9	27.3	28.0
偏少	39.8	46.2	34.5	32.6	31.3

分是 83 分,高出的 43 分是这一年预报的技巧得分。此外,1985 年、1988 年、1994 年和 2004 年也是有明显预报技巧的年份。1983 年和 1999 年,业务预报得分比年代际气候得分分别低了 48 分和 49 分。31 年中有 11 年业务得分高于年代际气候得分,相当多的年份低于年代际气候得分。年代际气候得分不是预报的,而是需要认识和利用的。充分利用这种年代际气候得分,再加上年际技巧分,我们的预报水平就会得到很大的提高。

综合图 1 和图 4,我们得到 1978—2008 年中,最有预报技巧的是 1978 年和 1994 年,预报得分最低的是 1983 年和 1999 年。我们把这 4 年的预报和实况分别给出在图 5 和图 6 中。一目了然,1978 年

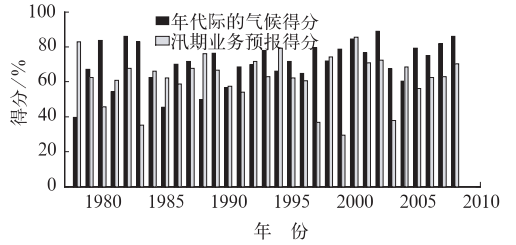


图 4 1987—2008 年我国东部季风区汛期降水业务预报 PS 得分与年代际气候得分  
Fig. 4 Comparison of operational prediction scores (PS, hollow histogram) and inter-decadal climate scores (solid histogram) in eastern monsoon region for 1987—2008

和 1994 年江淮地区是干旱少雨区,而华北和华南为正常偏多的降水分布,东北北部也是偏少的。我国东部季风区降水异常分布形成了从华南、江淮、华北和东北降水偏多、偏少、偏多和偏少的分布格局,以江淮的少降水为中心。满足这一波动的分布型,又把握住了位相的分布,则预报的得分就高。两个预报得分最低的年份,1983 年和 1999 年沿江江南实况是多降水,黄河下游到华北地区是少降水,而华南地区是偏少降水。1983 年和 1999 年是把降水预报

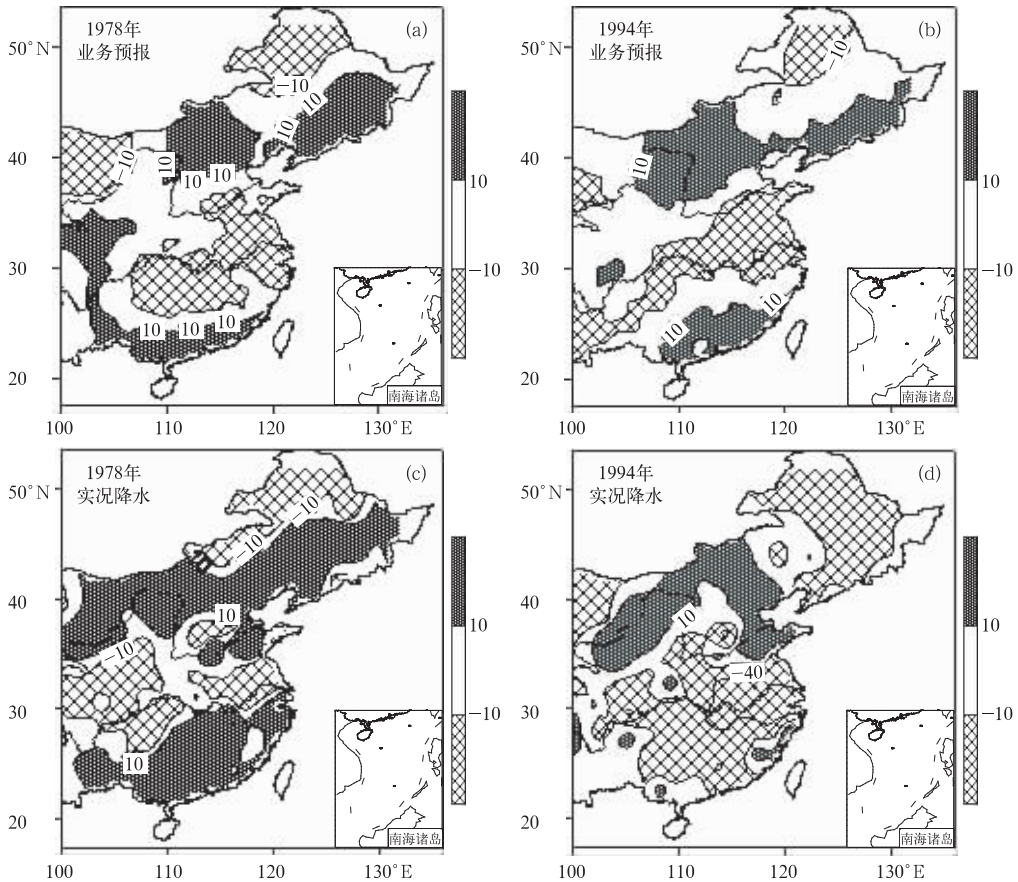


图 5 1978 年和 1994 年的业务预报(a,b)和实况降水距平百分率(c,d)  
Fig. 5 Departure percentages (%) of summer precipitation prediction (a,b) and observation (c,d) in 1978 and 1994

在了黄河下游和华北地区,而少降水预报在了长江流域。这两年的预报在干湿位相上刚好与实况相反了(图 6)。这 4 年预报成功与失败的例子不仅仅反

映了预报水平的高低,而是反映有必要在我国季风区分流域,把握降水的异常分布型。

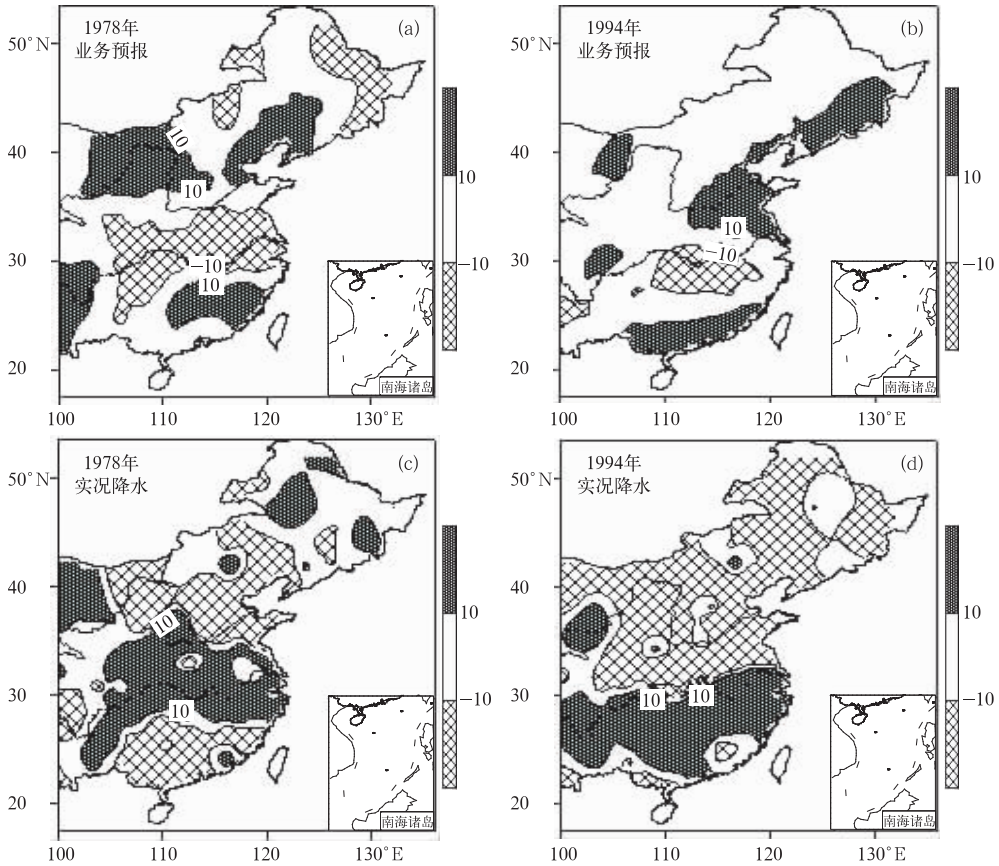


图 6 1983 年和 1999 年的业务预报(a,b)和实况降水(c,d)距平百分率(%)

Fig. 6 Departure percentages (%) of summer precipitation prediction (a,b) and observation (c,d) in 1983 and 1999

## 4 结论和讨论

本文利用我国 160 站观测的和预报的汛期降水资料进行了预报得分和预报技巧的分析,可以给出下列结论,并提出有关的讨论。

(1) 全国汛期业务预报的水平主要由中国东部季风区的汛期预报水平所决定,二者相关达到了 0.90。

(2) 汛期降水预报水平来自两个时间尺度,一是年代际尺度的气候变化部分,另一是年际气候异常部分。流域气候变化具有年代际尺度,抓住干或湿的流域年代际位相,就可以利用年代际气候变化的得分。年代际气候得分的失误主要出现在年代际阶段性转变的前后几年中。分流域获取年代际降水

变化信息符合季风区的气候变化特征。

(3) 区域准两年干湿振荡会出现在同一个年代际位相中,把握住这种稳定的变化规律也可以大大提高预报水平和预报技巧。此外,季度降水预报还存在早期信号,利用下垫面热力异常强迫信号,如海温异常,积雪异常,或土壤湿度异常可以通过大气环流的异常影响后期的区域降水异常。

(4) 提高汛期降水预报水平首先要掌握当前年代际气候得分,再考虑年际规律变化或早期信号的得分,即预报水平是由这 3 个部分组成的,后两个部分信息的使用才是对应有预报技巧的。

要提高我国降水预报的水平,首先要客观分区,不同区域降水异常分布的组合构成了我国降水异常分布型。在客观分区过程中,既要考虑到同一区域在季节内降水变化上的一致性,又要兼顾到不同年

份降水异常的一致性<sup>[10]</sup>。然而,人们对年代际降水异常区域一致性的客观定量研究仍然很少。年代际的降水异常型和年际的降水异常型,它们的叠加决定了实况降水异常的分布。我们需要客观地划定我国汛期降水有多少种异常分布型,包括年代际的和年际的分布型。这两种分型将有助于不同单位和不同方法的预报集成。

目前已有不少研究揭示了我国区域降水的年代际转折时间点,如华北 20 世纪 60 年代以来的持续降水偏少<sup>[11]</sup>,20 世纪 70 年代末长江流域降水偏多<sup>[12]</sup>,1993 年以来华南降水偏多<sup>[13]</sup>等的研究。多降水带的南移被认为与东亚季风减弱<sup>[14]</sup>有关,更进一步地认为与海温<sup>[15]</sup>、高原雪盖<sup>[16]</sup>以及赤道地区高层东风急流<sup>[17]</sup>等强迫有关。但对年代际雨带和强迫预测的文献仍然很少,只有很少的文献提到了我国东部地区在 2010 年前后可能会出现降水“南少北多”的预测<sup>[18]</sup>。下一步的工作是要在此基础上进一步探讨如何寻找区域降水异常变化的年代际早期信号。通过这样的分析,逐步提高我国的汛期降水预报水平和技巧。一旦一个区域降水进入一种年代际阶段(如弱的季风年代),预报员可以有意识地增加年代际降水偏差的权重。

## 参考文献

- [1] Shukla J. Monsoon mysteries[J]. *Science*, 2007, 318(5848): 204-205.
- [2] Normand, C. Monsoon seasonal forecasting[J]. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1953, 79: 463-473.
- [3] DelSole T and Shukla J. Linear prediction of Indian monsoon rainfall[J]. *J Climate*, 2002, 15: 3645-3658.
- [4] Gadgil S, Rajeevan M, Nanjundiah R. Monsoon prediction—Why yet another failure[J]. *Curr Sci*, 2005, 88: 1389-1400.
- [5] 陈桂英, 赵振国. 短期气候预测评估方法和业务初评[J]. *应用气象学报*, 1998, 9(2): 178-185.
- [6] 王绍武, 朱锦红. 短期气候预测的评估问题[J]. *应用气象学报*, 2000, 11(增刊): 1-10.
- [7] 薛德强. 黄淮地区汛期降水预测的一种前兆信号[J]. *气象*, 2006, 32(4): 110-115.
- [8] 黄晓东, 郑伟杰. 华南前汛期降水与 500 hPa 高度场耦合关系特征[J]. *气象*, 2005, 31(10): 35-38.
- [9] Qian W H, Zhu J, Wang Y G, et al. Regional relationship between the Jiang-Huai Meiyu and the equatorial surface-subsurface temperature anomalies [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2008, DOI: 10.1007/s11434-008-0410-6.
- [10] 黄荣辉, 徐予红, 周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. *高原气象*, 1999, 18: 465-476.
- [11] Qian W H, Qin A M. Precipitation division and climate shift in China from 1960 to 2000[J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2008, DOI: 10.1007/s00704-007-0330-4.
- [12] Gong D Y, Ho C H. Shift in the summer rainfall over the Yangtze River valley in the late 1970s[J]. *Geophys Res Lett*, 2002, 29: 1436, doi:10.1029/2001GL014523.
- [13] Yao C, Yang S, Qian W, et al. Regional summer precipitation events in Asia and their changes in the past decades [J]. *J Geophys Res*, 2008, 113: D17107, doi:10.1029/2007JD009603
- [14] Wang H J. The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's [J]. *Adv Atmos Sci*, 2001, 18: 376-386.
- [15] Yang F L, Lau K M. Trend and variability of China precipitation in spring and summer: Linkage to sea-surface temperatures [J]. *Inter J Climatology*, 2004, 24: 1625-1644.
- [16] Liu X D, Yanai M. Influence of Eurasian spring snow cover on Asian summer rainfall [J]. *Inter J Climatology*, 2002, 25: 1075-1089.
- [17] Ding Y H, Wang Z Y, Sun Y. Inter-decadal variation of the summer precipitation in East China and its association with decreasing Asian summer monsoon. Part I: Observed evidences [J]. *Inter J Climatology*, 2008, 28: 1139-1161.
- [18] Qian W H, Lin X, Zhu Y F et al. Climatic regime shift and decadal anomalous events in China[J]. *Climatic Change*, 2007, 84(2): 167-189.