

## 短期气候预测评估方法和业务初估\*

陈桂英 赵振国

(国家气候中心, 北京 100081)

### 提 要

根据短期气候预测业务目前的基本现状, 提出了短期气候业务预测效果评估的几种参数. 使用这些参数对国家气候中心气候预测室近 20 多年来全国范围月、季、年几种主要预测业务的降水距平百分率和平均气温距平的预测效果进行了初步评估. 结果表明, 月尺度预报中, 温度预报好于降水预报; 年度降水预报以对春季预报为最好; 汛期降水预报水平有明显提高.

**关键词:** 评估 预报评分 技巧评分 距平相关 异常级

### 前 言

随着国民经济的发展, 短期气候预测显得越来越重要, 要求也越来越高. 但就这门学科的现状来说, 由于影响短期气候因子的复杂性及它们之间的非线性相互作用, 人们对短期气候变化的物理机制尚不很清楚, 因而预测能力较弱. 至今尚未研制出一种预测方法能显示出较为稳定的、水平较高的效果; 在实际业务中经常采用多种因子、多种方法的综合分析应用, 在综合中往往又采用等权重平均, 甚至使用折中的方法, 这将会导致预报失败. 为了了解不同方法的预测水平和发展情况, 促进方法的改进和预测水平的提高, 同时也为综合集成决策提供依据, 进行较全面的预测评估工作就显得必不可少.

本工作的目的是要通过评估参数的讨论和对预测业务的试评估, 建立适用于业务和科研的短期气候预测业务评估机制, 以此反映短期气候预测目前实际水平并能促进方法的改进和业务的发展.

### 1 评估参数

根据评估目的和可能, 我们使用预报评分( $P$ )、技巧评分( $SS$ )、距平相关系数( $ACC$ )、异常气候评分( $TS$ )4种方法以 160 个代表站评估全国范围平均气温距平和降水距平百分率的预测效果.

\* 本文由国家“九五”重中之重大项目“我国短期气候预测系统的研究(96-908-04-01-1)”资助.  
1996-12-23 收到, 1997-04-29 收到修改稿.

### 1.1 预报评分 $P$

预报评分  $P$  是由原国家气象中心长期科一直使用的评分方法修改而成. 在距平符号预报准确百分率的基础上加上异常级加权得分构成, 它表示在预报区域内预报的总得分. 用下式表示:

$$P = \frac{N_0 + f_1 \times n_1 + f_2 \times n_2}{N + f_1 \times n_1 + f_2 \times n_2} \times 100 \quad (1)$$

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(各级标准见表 1)的站数;  $N$  为参加评分范围内的总站数;  $n_1$ 、 $f_1$  和  $n_2$ 、 $f_2$  分别为一级异常报对和二级异常预报对的站数和权重系数. 一级和二级异常的权重系数  $f_i = \frac{1}{P_i}$ ,  $f_i$  与月或季的降

表 1 平均气温距平、降水距平百分率分级标准

	正常级	二级异常	一级异常
平均气温距平(°C)	$ \Delta T  < 0.5$	$ \Delta T  \geq 0.5$	$ \Delta T  \geq 1.0$
降水距平百分率(%)	$ \Delta R\%  \leq 15$	$ \Delta R\%  \geq 20$	$ \Delta R\%  \geq 50$

水距平百分率或平均气温距平达到一级或二级异常出现的气候概率( $P_i$ )成反比, 称之为反比权重系数, 根据 1951~1995 年历史资料按月、季分别统计得到( $P_i$  各月或季的值略). 为方便起见, 在实际使用时取月或季平均(表 2)的整数值作为固定权重系数, 即: 月尺度预报取  $f_1 = 2$ ,  $f_2 = 1$ , 季节预报  $f_1 = 5$ ,  $f_2 = 2$ .

表 2 各月、季一级或二级异常权重系数( $f_1$  或  $f_2$ )计算值

	月尺度预报		季节预报	
	平均气温距平	降水距平百分率	平均气温距平	降水距平百分率
一级异常( $f_1$ )	2.51	2.19	4.57	4.39
二级异常( $f_2$ )	1.45	1.30	1.81	1.60

预报评分  $P$  立足于对大范围距平趋势预测能力的评估, 用百分制表示, 比较直观, 加上异常级加权得分, 对提高异常气候的预测能力有明显的导向作用, 当预报和实况完全一致时, 预报评分  $P$  为 100. 由于这种评分方法来自业务, 因此经验性较强.

### 1.2 技巧评分 $SS$

技巧评分<sup>[1, 2]</sup>  $SS$  是相对于无技巧的对比预报的预报技巧. 用下式表示:

$$SS = \frac{N_a - N'}{N - N'} \quad (2)$$

式中,  $N_a$ 、 $N$  分别为预报准确的站数和参加评分的总站数;  $N'$  为基于某种无技巧预报期望能预报准确(这里仅指距平符号报对; 预报和实况出现零距平均视为正距平)的站数. 当  $N_a$  等于  $N'$  时, 技巧评分  $SS$  为 0, 当  $N_a$  等于  $N$  时, 技巧评分  $SS$  为 100%, 当  $N_a$  小于  $N'$  时, 技巧评分  $SS$  为负值.

这里无技巧的对比预报采用随机预报和气候预报.  $N'$  由  $N' = FN$  得到,  $F$  即为随机预报或气候预报的预报准确率. 由于气候差异, 不同地区、不同季节的温度、降水气候

概率会有所不同, 为方便起见, 现定义随机预报的准确率  $F = (P_1 \times P_1 + P_2 \times P_2) / (P_1 + P_2)$ , 用 1951~1995 年各月或季正、负距平各自气候概率(分别用  $P_1$ 、 $P_2$  表示)计算得到, 气候预报(定义为零距平预报)的准确率用 1951~1995 年相应月或季出现正距平的概率来表示. 实际使用表 3 给出的月或季平均的随机预报和气候预报准确率. 由于使用两种无技巧的对比预报, 可得到两种技巧评分, 即: 与随机预报比的技巧评分( $SS_1$ )和与气候预报比的技巧评分( $SS_2$ ).

表 3 随机预报和气候预报准确率

	随机预报		气候预报	
	月尺度预报	季节预报	月尺度预报	季节预报
平均气温距平	0.50	0.50	0.54	0.54
降水距平百分率	0.51	0.51	0.41	0.45

### 1.3 距平相关系数 ACC

使用月或季的降水距平百分率和平均气温距平计算距平相关系数, 用下式表示:

$$ACC = \frac{\sum_{i=1}^N (\Delta R_f - \overline{\Delta R_f})(\Delta R_0 - \overline{\Delta R_0})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (\Delta R_f - \overline{\Delta R_f})^2 \sum_{i=1}^N (\Delta R_0 - \overline{\Delta R_0})^2}} \quad (3)$$

式中,  $\Delta R_f$ 、 $\overline{\Delta R_f}$  为降水距平百分率(或平均气温距平)的预报值及其平均值;  $\Delta R_0$ 、 $\overline{\Delta R_0}$  为相应观测值;  $N$  为评分总站数.

距平相关系数原应用于评估动力模式对位势高度距平场的预报, 在评估趋势的同时, 主要反映距平量级预报的水平. 短期气候要素预测中, 由于降水距平百分率(或月平均气温距平)预报值和观测值的方差有较大差别, 加上目前短期气候预测量级的预测能力较低, 故业务预测中距平相关系数都不容易很高(参见表 4 和表 5).

### 1.4 异常级的 TS 评分

用 Hollingsworth 等<sup>[1]</sup>在对气旋预报次数的评定中使用的 TS 方法来评估预报异常级(达到二级或一级异常的测站)的能力, 用下式表示:

$$TS = \frac{N_c}{N_0 + N_f - N_c} \quad (4)$$

式中,  $N_f$ 、 $N_0$  分别为预报和实况达到异常级的站数,  $N_c$  为预报对的异常级的站数. TS 评分表示报对的站数占预报和实况总站数的百分比, 这里考虑了报错的影响. 由于目前预报的降水距平百分率(或月平均气温距平)出现异常级的概率较小, 因而 TS 评分也不容易很高.

## 2 主要预测业务水平评估

使用上述 4 种评估方法 5 个参数对国家气候中心预测室正式发布的月、季、年的短期气候预测主要业务作了初步评估, 包括: (1) 1971~1995 年历年各月 25 日发布的月

降水距平百分率、月平均气温距平的预测; (2) 1978~1995 年历年 4 月发布的(6~8 月)汛期降水距平百分率预测; (3) 1981~1994 年每年 10 月发布的年度预测: 当年冬季(12~2 月)、第二年春季(3~5 月)和夏季(6~8 月)的季降水距平百分率预测。

## 2.1 预报评分 $P$ 分析

### 2.1.1 月尺度预报

表 4 给出了 1~12 月历年平均的降水距平百分率和月平均气温距平预报评估结果。月降水距平百分率的预报评分多年平均达 60.43, 以 11 月份为最好, 达 65.46, 而 3、6、

表 4 月尺度预报评估参数各月平均值

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
降水 预报	$P$	61.80	61.87	59.82	60.28	60.62	58.80	58.43	58.10	57.46	60.77	65.46	61.77	60.43
	$SS_1(\%)$	3	3	-1	1	0	-3	-6	-4	-4	1	12	3	0
	$SS_2(\%)$	18	18	15	16	16	13	11	12	12	16	25	18	16
	$ACC$	0.01	0.04	-0.03	0.01	0.02	-0.03	-0.03	-0.01	-0.03	0.1	0.10	-0.03	0.0
	$TS(\%)$	16	16	14	12	13	11	10	10	8	12	14	14	12
温度 预报	$P$	65.52	66.53	65.86	66.70	65.71	63.58	65.02	64.37	64.02	57.69	66.97	65.27	64.77
	$SS_1(\%)$	4	8	8	6	4	-1	4	-2	-1	-7	8	3	3
	$SS_2(\%)$	-5	0	0	-2	-4	-10	-4	-11	-10	-17	-0	-6	-6
	$ACC$	0.13	0.17	0.10	0.07	0.04	-0.3	0.1	-0.2	-0.3	-0.17	0.1	0.11	0.03
	$TS(\%)$	20	26	22	21	19	13	19	17	17	17	24	24	20

7、8、9 各月均未达到 60; 在历年各月中最高得分为 81.90(1972 年 12 月), 最低为 35.37。月平均气温距平预报多年平均达 64.77, 好于月降水预报。以各月多年平均而言, 11 月达 66.97 为最高, 而 10 月份则达 57.69 为最低, 其它各月均在 63 以上; 在历年各月中最高得分达 96.80(1972 年 2 月), 最低仅 12.88 分。从预报评分的季节分布看, 降水距平百分率和平均气温距平预报都以 11 月为最好; 在春季和秋季转换月(3、9 月)和夏季各月(6、7、8 月)的降水距平百分率预报都比较差; 月平均气温距平预报, 10 月明显差于其它各月。

图 1 是 1971~1995 年月降水距平百分率和月平均气温距平的各月多年平均预报评分曲线。图 1 实线表明, 降水距平百分率预报, 年平均最高为 65.26(1995 年), 80 年代前期以来除 1988 年和 1995 年年平均明显高于多年平均外, 其余大部分年平均达不到多年平均水平, 明显低于 70 年代末至 80 年代初; 图 1 虚线表明, 月平均气温距平预报, 80 年代以来绝大部分年份都高于多年平均水平, 年平均最高达 71.02(1995 年)。

### 2.1.2 汛期预报

图 2 是历年汛期降水距平百分率预报评分曲线, 1978~1995 年平均为 68.20, 自 80 年代中、后期以来, 大多数年都超过了平均水平, 而 80 年代中以前大部分年低于平均水平, 从 5 年滑动平均曲线可以看出, 汛期预报评分随时间呈上升趋势, 而 1978 年和 1994 年都达到 81。

### 2.1.3 年度预报

图 3 给出了年度预报各季降水距平百分率预报评分和各季的年平均预报评分。在年度预报各季预报评分中, 春季平均最高(68.51), 其次是夏季(66.15), 冬季最低(60.21);

在历年各季中最高达 79.52(1986~1987 年冬季), 最低为 37.91(1989~1990 年冬季);

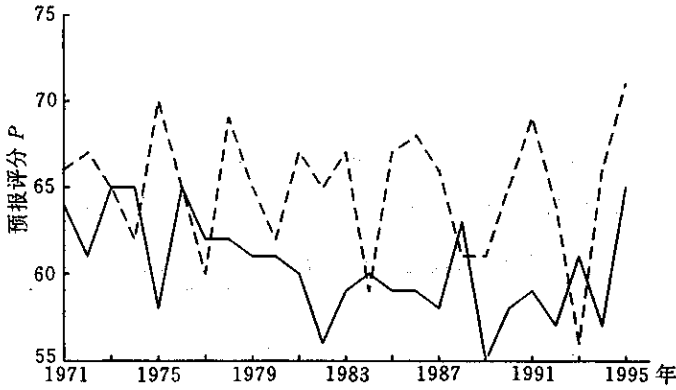


图 1 月降水距平百分率(实线)和月平均气温距平(虚线)预报评分年平均曲线

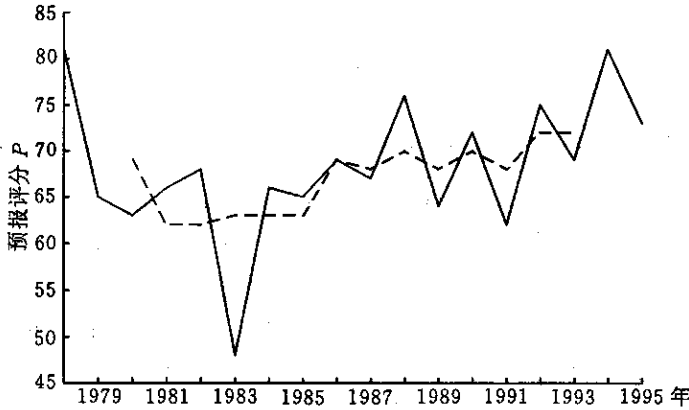


图 2 历年汛期(6~8月)降水预报评分(实线)和 5 年滑动平均(虚线)

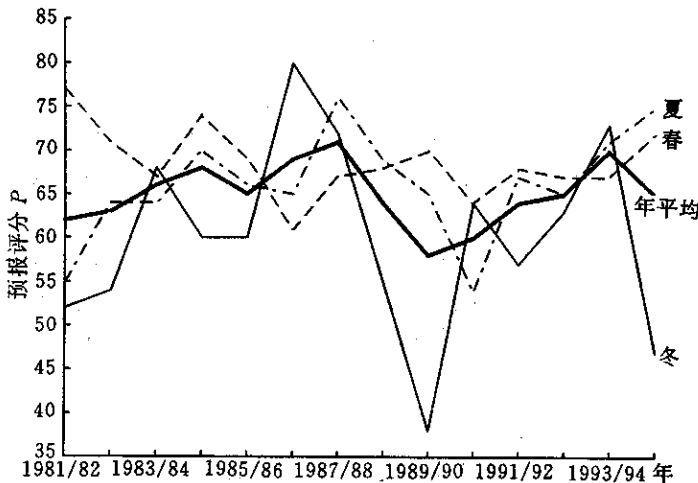


图 3 年度预报各季降水距平百分率预报评分

1981~1994 年年度预报评分平均达 64.95, 年平均最高为 71.25(1987~1988 年), 最低为 57.55(1989~1990 年)。

综上所述, 就预报评分来看, 以年度预报对第二年春季预报评分平均 68.51 为最高, 汛期预报平均 68.20 次之。但年度的春季预报评分呈极不稳定状态, 而汛期预报则呈上升趋势, 用年度预报春季预报评分序列、汛期预报评分序列分别与自然数列计算相关系数来表示各自随时间的变化趋势(称趋势系数), 前者的趋势系数为 -0.35, 后者则为 0.35, 表明从预报评分来看汛期预报水平在不断提高。

## 2.2 技巧评分 SS 分析

由前节可知, 随机预报对月降水距平百分率或温度距平符号的预测能力平均为 50%~51%, 而气候预报, 则分别为 41%~45%左右和 54%左右(表 3)。由表 4 可知, 月降水距平百分率预报, 相对于随机预报的技巧得分平均为 0, 11 月份最高, 达 12%; 其次 1、2、12、4、10 各月均具有正技巧, 5 月份与随机预报持平, 3、6、7、8、9 各月均为负技巧; 相对气候预报的技巧得分平均为 16%, 各月都具有正技巧, 最高 11 月份达 25%, 其他各月在 10%~18% 不等。月气温距平预报, 相对于随机预报的技巧得分平均为 3%, 2、3、11 月均达到 8%, 1、4、5、7、12 月都具有正技巧, 6、8、9、10 月均为负技巧; 相对于气候预报, 平均没有正技巧(表 4)。汛期预报相对于随机预报平均为负技巧, 其中 9 年具有正技巧(1994 年有 22%的正技巧), 其余 9 年为负技巧, 1979~1984 年连续 6 年负技巧; 相对于气候预报平均有 9%的正技巧, 除 3 年负技巧外, 其它各年均为正技巧(1994 年最高达 31%)。年度预报仅春季相对随机预报和气候预报均具有 1%的正技巧外, 冬季、夏季及年平均都为负技巧(表 5)。

表 5 季节预报各参数平均值和最高值

	技巧评分(%)				距平相关系数		异常级评分	
	SS <sub>1</sub>		SS <sub>2</sub>		ACC		TS(%)	
	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均
汛期预报	22	-2	31	9	0.45	0.03	23	8
年 冬季	38	-7	44	-7	0.38	0.03	18	8
度 春季	22	1	31	1	0.16	-0.02	21	10
预 夏季	18	-5	27	-5	0.15	-0.05	12	6
报 平均	14	-4	23	-4	0.06	-0.01	12	8

由以上分析, 各类业务预报与无技巧的随机预报相比, 月气温预报、年度预报中春季预报分别具有 3%、1%的正技巧, 月降水预报与随机预报基本持平; 相对于气候预报, 月降水预报、汛期预报和年度预报中春季预报分别具有 16%、9%和 1%的正技巧; 其他均为负技巧。

## 2.3 距平相关系数 ACC 评估分析

从各类预报的距平相关系数值看, 平均大致都在 -0.05~0.03 之间。月尺度温度预报中 1971~1995 年的平均以 2 月份为最好, 达 0.17, 且有 10 年达到 0.30 以上, 仅 5 年为负值。汛期预报  $ACC > 0.0$  和  $ACC < 0.0$  各为 9 年, 仅 1994 年、1978 年达到 0.30 以上, 分别为 0.45 和 0.30。年度预报仅个别年个别季达到 0.30 以上。总的看业务预报的距平相关系数值都不很高(表 4 和表 5)。

## 2.4 异常级的 *TS* 评分分析

月降水距平百分率预报的 *TS* 评分平均为 12%，最高达 42% (1976 年 1 月)，除 9 月份平均达不到 10% 以外，其他各月平均在 10%~16% 不等；月平均气温距平预报 *TS* 评分最高达 84% (1972 年 2 月)，平均达 20%，5、6、7、8、9、10 月平均在 20% 以下，其他各月平均在 20%~26% 不等 (表 4)。汛期预报的 *TS* 评分平均为 8%，最好达到 23% (1978 年)，年度预报各季的年平均与汛期预报水平大致持平 (平均为 8%)，各季的平均在 6%~10% (表 5)。

在各种业务预报中，月尺度预报较季节预报的 *TS* 得分要高，而月气温预报又较月降水预报要高，这大概与在月尺度中异常级的气候概率比季节尺度中出现的概率要高有关，但都远小于各自的气候概率。

## 3 讨论和结论

(1) 由于短期气候变化的物理机制尚不清楚，预测方法不够成熟，业务水平还不高，WMO 曾提出了短期气候分级概率预测评估方法<sup>[3]</sup>。在本工作研讨中，曾提出许多短期气候预测评估方案，但争议都较大。我们从实际业务需要出发，提出的对确定性预报 (非概率预报) 的 4 种方法 5 个参数，与目前短期气候预测业务的实际能力与现状基本适应，同时使用 *SS*、*ACC*、*TS* 这些短期天气预报国际上通用的评估参数<sup>[1]</sup> 与国际接轨。

(2) 经过业务评估表明，汛期预报评分呈上升趋势，说明汛期预报水平有所提高；但其它预报水平都不够稳定，与无技巧预报相比技巧并不高，随着时间的推移预报水平和技巧还没有显示出稳定提高的态势；各类预报的距平相关系数值都很低，说明量级预报的能力不强。*TS* 评分表明，对异常级的预测能力还比较弱。

从总体上讲，由于受到学科发展水平的限制，短期气候预测的水平还不够稳定。

(3) 虽然用于短期气候预测评估的参数争议较大，但必须尽快建立起以提高实际预测能力为导向的评估机制，作为发展的一定阶段，本工作提出的评估方法能够在实际工作中发挥较好的作用，并且还必将在实践中不断完善。通过加强对短期气候特别是异常气候的变化成因、物理过程以及监测、预测方法等的研究，短期气候预测业务必将得到较快发展，以满足减灾防灾和高速发展的国民经济需要。

**致谢：** 本项工作得到颜宏、丁一汇、祝昌汉等领导同志直接关心和指导；王绍武教授及中国气象局、中国科学院、北京大学、水利信息中心、总参气象局等单位的诸多专家参加了讨论，并提出宝贵意见，国家气候中心业务处庄丽莉、预测室李维京、陈兴芳及其他同志参加了讨论或参加预报档案读数工作，在此一并致谢。

## 参考文献

- 1 牟惟丰. 预报评分方法述评和方案建议. 气象, 1986, 12(2): 45~49.
- 2 国家气象中心翻译. 气象学中常用检验方法概述. 北京: 气象出版社, 1991. 16~17.
- 3 CBS. Global Data Processing System (GDPS) Report to Plenary on item 6. 3, CBS-XI/PINK 13, Appendix, P. 6. WMO-CBS Eleventh Session, 28 Oct. ~7 Nov. 1996.

## ASSESSMENT METHODS OF SHORT RANGE CLIMATE PREDICTION AND THEIR OPERATIONAL APPLICATION

Chen Guiying      Zhao Zhenguo

*(National Climate Center, Beijing 100081)*

### Abstract

Based on the current situation of shortrange climate prediction, some parameters for assessment of forecast effectiveness are proposed. Using these parameters, the forecast results of anomalous percentage of precipitation and anomaly of mean temperature for monthly, seasonal and interannual scales during the last 20 years in NCC are evaluated. It is shown that the forecasts of temperature is better than those of precipitation for monthly scale, the forecasts of precipitation are better in spring than those in winter and summer for interannual scale, and the forecasts of precipitation for rainy season have a remarkable improvement.

**Key words:** Assessment    Forecast score    Skill score    Anomaly correlation    Anomalous grade