

# 中央气象台短期降雨预报水平初步分析\*

林明智 毕宝贵 乔 林

(国家气象中心,北京 100081)

## 提 要

该文利用 1988~1993 年资料,对中央气象台降雨预报水平状况进行了初步分析.结果表明:最近 6 年,中央气象台的有雨预报、小雨预报、中雨预报和等级综合预报的准确率和技巧水平均有不同程度的提高;暴雨和大暴雨两个等级的落点预报的准确率均超过气候概率,具有正技巧(技巧评分 $>0$ ),但技巧水平提高不明显.

**关键词:**降雨预报;检验方法;水平分析.

## 前 言

80 年代中期,牟惟丰同志曾对我国降雨预报水平状况做过分析<sup>[1~3]</sup>.因资料所限,这些分析工作仅限于对有无降雨的预报检验,尚未涉及各降雨等级的预报评定.中央气象台自 1987 年 5 月起建立了日常的评分业务<sup>[4~5]</sup>.本文简单介绍评分方法之后,利用最近 6 年的评分资料对降雨预报的准确率和技巧水平进行初步分析.近几年,国内外数值预报技术得以快速发展,数值预报产品在业务预报中得以广泛应用.中央气象台在实现由传统的预报方法(天气学、气候学加经验外推)向着建立“以数值预报为基础的多种方法综合应用”的预报流程过渡的进程中,降雨预报技术水平有一定程度的提高,尤其是雨区的预报(小雨和中雨)提高更为明显.提高大雨和暴雨预报的准确率和技巧水平是今后相当长时期内一项艰巨的工作.

## 1 降雨预报检验方法

长期以来,预报评定是一个十分复杂又具争议的问题.评定的方法较多,标准难以统一.近几年,中央气象台使用国内外最常用的站点检验法,在全国选定 400 个评分站每日进行降雨预报检验(0~24h、24~48h 两个时效).冬季(10~4月)只评定有雨预报准确

\* 本文系国家 85 攻关课题内容的一部分.

1994-05-29 收到,1994-07-11 收到修改稿.

率  $TS$ 、技巧评分  $SS$  和有无降雨预报正确率  $ZL$  3 个预报属性. 夏季(5~9月), 首先分别评出小雨、中雨、大雨、暴雨和大暴雨 5 个等级的  $TS$ 、 $SS$  和模糊评分  $MP$ , 然后评出各预报属性的等级综合评分  $XX(ZH)$ . 最后评定有雨预报准确率  $TS$ 、技巧评分  $SS$  和有无降雨预报正确率  $ZL$  3 个预报属性.

各降雨等级划分标准和单站初评“等级正确”的标准如表 1 所示. 单站预报检验结果分类详见表 2.

表 1 降雨等级划分和判断等级正确标准

Table 1 Grades of precipitation and correct standard of the grades

等级	无雨	小雨 (mm)	中雨 (mm)	大雨 (mm)	暴雨 (mm)	大暴雨 (mm)
代码	$j = 0$	1	2	3	4	5
实况	无雨	0.1~9.9	10.0~24.9	25.0~49.9	50.0~99.9	$\geq 100.0$
预报	无雨	0.1~9.9	10.0~24.9	25.0~49.9	50.0~99.9	$\geq 100.0$

表 2 单站  $j$  级预报检验结果分类

Table 2 Classification of the verification results of single station for  $j$  grades

实况	预 报	
	有降雨	无降雨
出现降雨	$j$ 级降雨预报正确(站数: $YN$ )	$j$ 级漏报(站数: $LB$ )
未出现降雨	$j$ 级空报(站数: $KB$ )	$j$ 级不做评定(站数: $WN$ )

根据表 1 和表 2 进行单站初评之后, 将各个等级分别进行统计. 统计的主要预报属性及计算式如下:

(1)  $TS$  评分

$$\text{公式为: } TS = \frac{YN}{TT} \times 100\% \quad (1)$$

式中  $YN$  为等级预报正确站数,  $TT$  是评分总站数,  $TT = YN + KB + LB$ .

$TS$  评分可直观地反映预报准确程度, 在同一季节和相临地区具有代表性和比较性.

(2) 技巧评分  $SS$  是用来评价相对于某一标准(如随机、惯性和气候预报)的预报. 本文的技巧评定使用气候预报( $QY$ )做标准. 而气候预报又由气候概率代替<sup>[6]</sup>. 因此,  $SS$  的意义是预报准确率超过气候概率的百分数. 由于技巧评分消除了天气气候因子对评分产生的影响, 所以有较好的代表性和比较性. 其结果也便于同国外比较, 但它不能直观地反映预报准确的程度.  $SS$  表达式为:

$$SS = \frac{TS - QY}{100 - QY} \times 100\% \quad (2)$$

(3) 有无降雨预报正确率  $ZL$  考虑了预报有雨正确和预报无雨正确两个方面, 表达式为:

$$ZL = \frac{YN + WN}{TT + WN} \times 100\% \quad (3)$$

(4) 等级预报综合评定  $XX(ZH)$  为了反映等级预报的综合水平, 有必要给出一个

指标,将各等级检验结果进行合理的综合,得到衡量等级预报总体水平的综合评分.最简单的综合方法是取算术平均,但这不尽合理,由于各级降雨出现的气候概率不同,预报的难易程度有异,因而在进行综合时不能等同对待.本文使用由降水概率确定的权重系数,较好地解决了这个问题.

设第  $j$  级降雨概率为  $P(j)$ , 本文称  $(1 - P(j))$  为概率反差. 权重系数  $W$  表示为

$$W(j) = (1 - P(j)) / \sum_{j=1}^5 (1 - P(j))$$

$$\text{令 } W = \sum_{j=1}^5 (1 - P(j))$$

用  $XX(ZH)$  代表需要综合的预报属性, 则

$$XX(ZH) = \frac{1}{W} \left[ \sum_{j=1}^5 XX(j) \times (1 - P(j)) \right] \quad (4)$$

由式(4)可知,某一预报属性的等级综合评分,不仅与各个等级该属性评分值有关(成正比),而且与其发生概率有关.发生概率大的等级在综合评分中占的权重较小,反之权重较大.

综上所述,本文所指检验属于确定时效(24h、48h)确定强度(小、中、大、暴、大暴雨)的落点预报检验.落点预报不同于降水的过程预报和落区预报,它们的检验标准也不尽相同.过程预报,由于一次过程出现的时间往往有2~4天,地理范围较大,因而精度要求较低,检验标准较宽,其预报准确率相对较高,可供中期预报参考<sup>[7]</sup>;确定时效的落区预报对时段要求较严,但对地理条件要求较低,在预报区域内选定的若干代表站中,只需其中之一站出现该等级降雨,即被认为等级预报正确.因此,落区预报准确率较过程预报为低.难度最大的是各等级确定时效的落点预报,它不允许时效和等级的前伸或后延,因而评分值更低.

本文将重点分析各个等级确定时效的落点预报的两个预报属性  $TS$ 、 $SS$  和有无降水预报的  $TS$ 、 $SS$  和  $ZL$  的检验结果.

## 2 降雨预报水平分析

### 2.1 降雨预报的平均水平

日常的业务值班中,根据每日评分制作每月评分报表.汛期(5~9月)各等级预报总评代表了当年的等级预报总评,但有雨预报和有无降雨预报的年总评,则为1~12月的平均.1988~1993年各项预报评分平均数值如表3所示.

表3资料表明: ①降雨等级预报的准确率  $TS$  评分,均随着等级的提高而迅速下降,例如小雨24h预报,  $TS$  评分为24.0分,而与之只一级之差的中雨  $TS$  迅速降至10.6分.大雨、暴雨和大暴雨仅分别为7.1、4.7和1.9分.48h预报,小雨  $TS$  为20.6分,而中雨却降到8.6分,大雨、暴雨和大暴雨的  $TS$  分别只有4.8、2.5和0.9分.技巧评分也基本如此.可见,等级越高,预报的难度越大,预报的准确程度也越低. ②所有各项检验,随着时效的延长,评分值均呈下降趋势,无一例外. ③暴雨预报水平,就落点预报而言,暴雨(50.0~99.9mm)24h、48h预报技巧评分为4.1、2.3分;大暴雨( $\geq 100$ mm)24h、48h预报技巧评分为1.7、0.9分.该两个等级的准确率均超过气候概率,具有正的技巧.

表 3 1988~1993 年降雨预报平均水平

Table 3 Average level of precipitation forecast during 1988~1993

预报属性时效	TS 评分				SS 技巧评分			
	24h		48h		24h		48h	
	平均	最大/年	平均	最大/年	平均	最大/年	平均	最大/年
有雨预报	46.8	49.5/1993	38.2	41.7/1992	24.9	29.6/1993	14.8	19.0/1992
小雨	24.0	31.4/1992	20.6	27.1/1992	7.5	15.8/1992	4.8	10.9/1992
中雨	10.6	11.3/1993	8.6	9.9/1989	3.2	3.9/1992	2.0	2.7/1989
大雨	7.1	8.3/1988	4.8	5.2/1989,1993	4.2	5.2/1988	2.5	2.7/1992,1993
暴雨	4.7	5.8/1990	2.5	3.8/1989	4.1	5.1/1990	2.3	3.5/1989
大暴雨	1.9	3.7/1990	0.9	3.3/1990	1.7	3.2/1990	0.9	3.0/1990
等级综合	10.5	11.8/1992	8.2	9.4/1992	4.4	6.1/1992	2.6	4.0/1992

暴雨的落区预报与落点预报评分值差异较大.以 1993 年 6~8 月为例,  $\geq 50$  mm 的 24h 落区预报准确率 TS 评分为 33.2 分,技巧评分 32.2 分;48h 落区预报准确率 TS 评分为 17.0 分,技巧评分 16.3 分.同一时间内,落点预报 24h 预报准确率 TS 只有 5.0 分,技巧评分 4.1 分;48h 预报准确率 TS 评分仅有 1.3 分,技巧评分 1.0 分.由此看来,无论暴雨的落点预报还是落区预报,其准确率都还不够高.

以上只是分析了 1988~1993 年各项预报的平均水平,实际上,由于各个月份之间天气气候背景(如大气环流形势、引起降雨的天气系统等)不同,使预报降雨的难易程度有别.这样,使得各月份之间预报评分也出现差异.

## 2.2 6 年各月降雨预报平均水平

### (1) 1~12 各月有雨预报评分

图 1(a)是有雨预报 TS 评分各月平均曲线图.可以看出:24h 预报和 48h 预报 TS 评分起伏是同步的.一年有 3 个高峰月:第一高峰出现在春季的 3 月和 4 月,24h 预报均高达 52.3 分,48h 预报分别为 45.2、45.1;第二高峰月是盛夏 7 月,24h 和 48h 预报分别为 49.4、42.5 分;第三高峰在秋季 10 月,24h 和 48h 预报分别为 48.8、39.5 分.与 3 个高峰

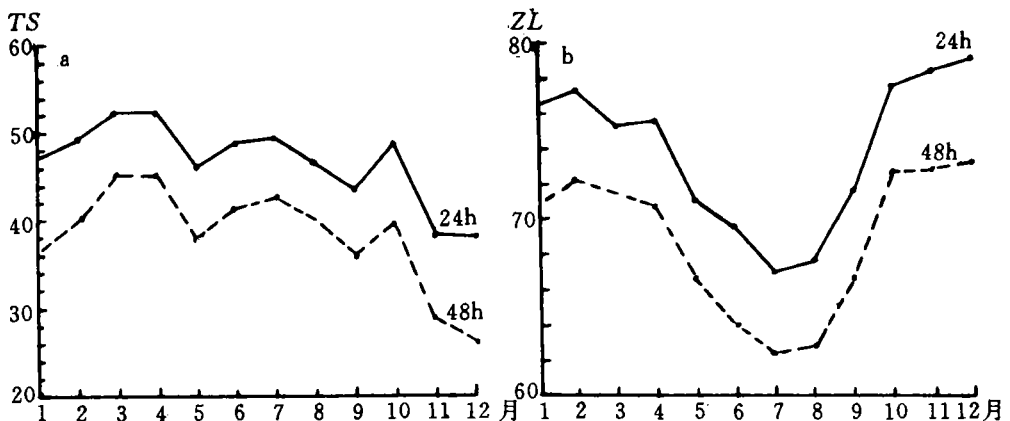


图 1 1~12 月有雨预报 TS(a)和有雨/无雨预报正确率 ZL(b)

Fig. 1 Accuracy of (a) TS of forecasting rain and (b) ZL of yes and no rain forecast from Jan. to Dec.

月对应的3个低谷,第一低谷出现在12月,24h和48h预报仅有38.1分和26.1分;第二、第三低谷分别是初秋9月、春末5月,其24h、48h预报分别为43.5、36.0分与46.1、38.0分。

同TS评分相比,技巧评分各月变化较为平缓(图略)。24h和48h预报的最高值都出现在3月,分别为30.2、20.4分。自4月起,评分值缓缓下降,24h预报的最低值出现在11月,为19.7分。48h预报的最低值出现在12月,仅9.6分。

### (2) 各月有无降雨预报正确率评定

图1(b)给出1~12各月有无降雨预报正确率评定结果。总的看是冬半年评分值高,夏半年评分值低。12月,24h预报正确率高达79.2分,48h预报为73.3分。正确率最低是7月,24h和48h分别为67.0、62.4分。冬季,由于雨日少,预报无雨的准确率高,它成为预报有无降雨正确率的重要组成部分。其结果必然带来冬季有无降雨预报正确率的高分。而在夏季,虽然有雨预报准确率比冬季为高,但它在有无降雨预报的正确率中终究不是主角,因而正确率低是必然的。

### (3) $\geq 25$ mm 和 $\geq 50$ mm 预报各月评分

汛期(5~9月), $\geq 25$  mm 和  $\geq 50$  mm 预报的各项检验有一共同特征是7月评分最高。这在图2中反映得较清楚。该月 $\geq 25$  mm 预报TS评分为14.6分(24h)、9.5分(48h),技巧SS为9.1分(24h)、4.7分(48h); $\geq 50$  mm 预报TS为7.4分(24h)、5.0分(48h),技巧SS为6.6分(24h)、3.5分(48h)。

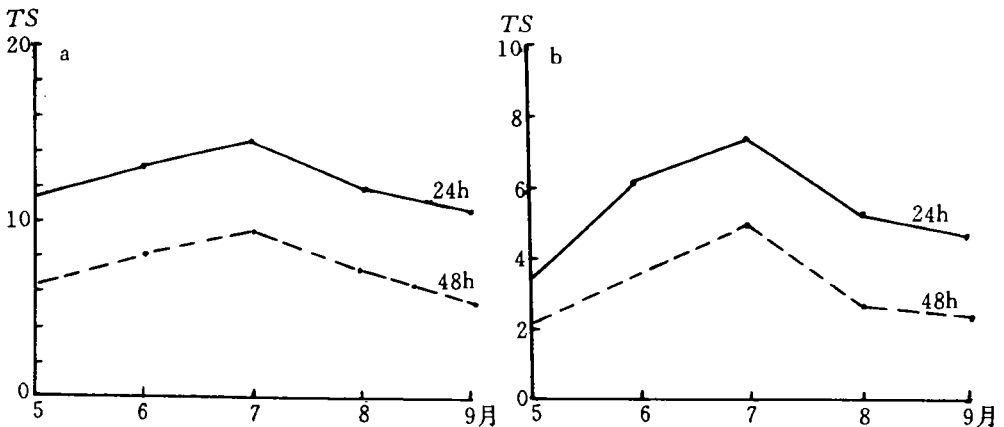


图2 5~9月 $\geq 25$  mm 预报TS(a)和 $\geq 50$  mm 预报TS(b)

Fig. 2 Forecast TS of precipitation (a)  $\geq 25$  mm and (b)  $\geq 50$  mm from May to Sep.

## 2.3 各年预报水平变化特征

图3~5是年中各等级预报评分变化曲线图。可以看出以下特征:

(1) 小雨和中雨预报评分呈上升趋势 小雨24h预报评分值在前3年(1988~1990年)变化不大,TS评分稳定在19~21分。自1991年起有较大幅度提高(图3a),上升到23~29分。技巧评分1988~1991年仅3~4分,1992~1993年提高到14~15分。48h预报评分值的变化也出现类似情况,只是上升幅度略小。

中雨24h预报在前3年TS(图3b)稳定在10.0~10.5,技巧评分在2.8~2.9。1991

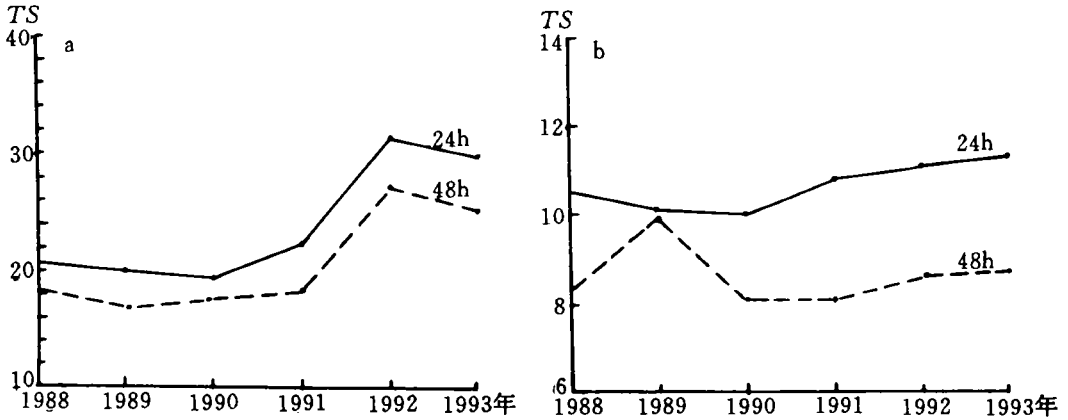


图3 小雨预报  $TS$ (a)评分和中雨预报  $TS$ (b)评分

Fig. 3 The score of accuracy of (a) forecast  $TS$  of light rain and (b)  $TS$  of moderate rain

~1993 年评分值缓慢上升,  $TS$  提高到 10.8~11.3、技巧评分提高到 3.0~3.9(图略). 48h 预报评分值在前 3 年有小的起伏, 而后 3 年略有提高.

(2)大雨和暴雨预报趋于平稳 大雨和暴雨预报  $TS$  评分和技巧评分的年平均值在 6 年总平均值上下摆动, 偏差较小(图略). 大雨 24h 预报  $TS$  在 6.3~7.5、技巧评分在 4.0~5.0 之间; 48h 预报  $TS$  在 4.6~5.2、技巧评分在 2.2~2.7 之间摆动; 暴雨预报与大雨预报演变特征相当类似, 不同之处是大雨预报评分在后 4 年略带上升趋势, 而暴雨预报则相反.

(3)大暴雨落点预报各年评分大起大落 各年评分资料表明, 大暴雨 24h 预报和 48h 预报的  $TS$  评分和  $SS$  评分起伏相当大(图略), 上升或下降趋势不明显. 1990 年是最高峰. 这年夏至秋初, 暴雨和大暴雨比常年偏多, 而使预报相对容易. 例如 8 月份, 24h 和 48h 大暴雨预报的  $TS$  评分分别达到 8.1 和 10.2, 均为这 6 年各月平均之最.

(4)等级综合预报和有无雨预报评分缓慢上升 图 4 中等级预报的综合评分  $TS(ZH)$

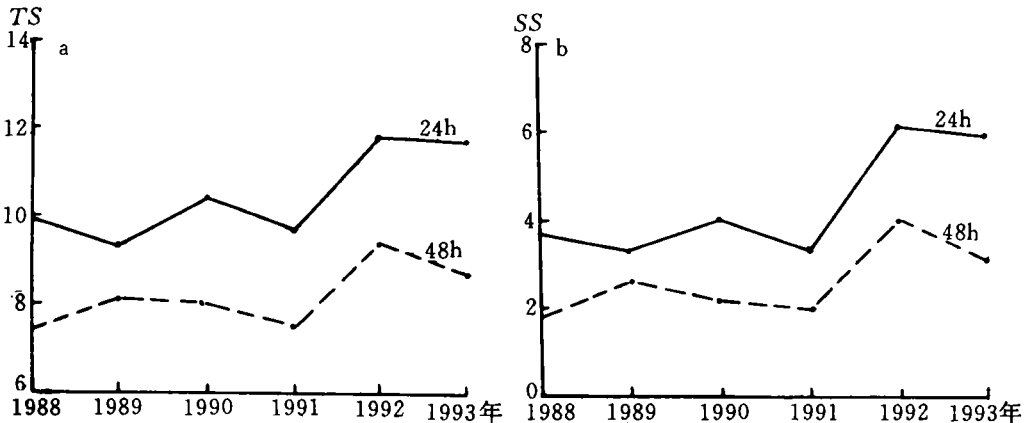


图4 1988~1993 年等级综合预报  $TS$ (a)和  $SS$ (b)评分

Fig. 4 The score of synthesical forecast for grades (a)  $TS$  (b)  $SS$  during 1988~1993

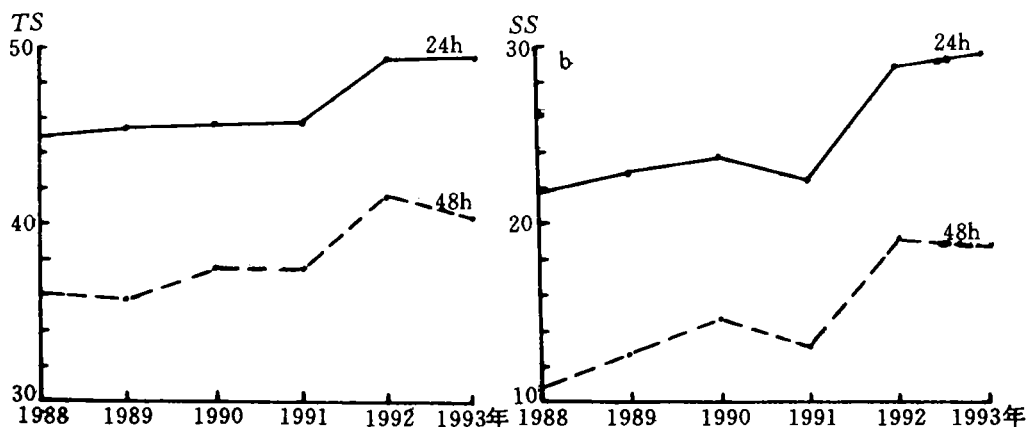


图5 1988~1993年有雨预报TS(a)和SS(b)评分

Fig. 5 The score of forecasting rain (a) TS; (b) SS during 1988~1993

和SS(ZH)虽有起伏,但均表现出稳步提高的趋势.这种趋势在图5(有雨预报)中也表现得十分清楚.以24h预报为例,1988年TS评分为44.9分,以后逐年上升,到1993年达到49.5分.技巧评分从1988年的21.7分提高到1993年的29.6分.

综上所述,近6年来,中央气象台的有雨预报、小雨预报、中雨预报和等级综合预报的评分呈现上升趋势,这在一定程度上反应了预报技术水平的提高.分析其原因,主要是由于数值预报产品的广泛应用和预报员对其性能有了更多的了解,以及用以指导降水预报的经验越来越丰富的缘故.

中央气象台从美国引进的人机交互系统和910工作站先后于1988、1991年投入业务运行.为广大预报员及时、方便地调用各类数值预报产品提供了十分有利的条件.

近几年,投入业务使用的数值预报系统更新换代较为迅速.1992年3月国家气象中心建成了新的有限区细网格分析预报系统,延长了预报时效,提高了预报精度,使48h降雨预报精度达到或超过原B小模式的24h预报;日本气象厅亚洲谱模式数值预报在1990~1991年逐步提供业务值班使用.这些直接提供降雨预报的数值预报产品的日益增多,毫无疑问,对业务降雨预报具有重要的指导意义.另一方面,目前的降水预报,基本上仍是考虑天气形势的演变和天气系统的移动及其与降水区的大致对应关系.而数值预报产品在这方面具有较高的可信度,因而对降水预报具有较好的参考价值.

暴雨的产生与中小尺度系统的活动密切相关,目前的数值预报模式对于捕捉中小尺度系统能力还不够理想.暴雨预报水平的提高是一项十分困难的工作.一方面,它借助于数值预报水平的提高,另一方面也依靠先进的监测手段和诊断工具,同时还需提高预报员对中小尺度系统的监测、诊断和预报能力.这是今后相当长时期内一项艰巨的工作.

### 3 小结

通过以上分析,对中央气象台最近6年的降雨预报水平可有一个初步的了解.主要结果有以下两点:

(1)从总体上看,1991年以后,降雨预报的准确率和技巧水平有较大幅度的提高.尤以小雨和中雨预报提高更为明显.

(2)暴雨和大暴雨确定时效的落点预报虽是一个难度极大的问题,但中央气象台的预报仍具有正技巧.就其预报准确率和技巧水平看,近6年基本没有提高.

以上结果只用了6年的资料分析得到,仅供参考.

**致谢:**本文得到李小泉同志的指导,特此致谢.

### 参 考 文 献

- 1 牟惟丰.短期天气预报国内外水平状况比较.北京气象中心论文集,1985年10月,60~61.
- 2 牟惟丰.北京市短期天气预报水平分析.北京气象中心技术报告,1986年第7期,1986年5月,1~4.
- 3 牟惟丰.中央气象台一年来预报评分结果分析.气象,1988,14(11):15~16.
- 4 李小泉.中央气象台短期降水预报评分暂行办法.中央气象台技术档案,1987,1~3.
- 5 林明智.短期降雨区域预报评分系统.北京气象中心技术报告,1986年31期,1987年1月,1~6.
- 6 北京气象中心资料室.1951~1980年中国地面气候资料.北京:气象出版社,1983~1984.1~6册.
- 7 章 淹.暴雨预报.北京:气象出版社,1990年10月.22~24.

## A PRELIMINARY ANALYSIS OF SHORT-RANGE FORECASTING LEVEL FOR PRECIPITATION BY CENTRAL METEOROLOGICAL OFFICE OF CHINA

Lin Mingzhi Bi Baogui Qiao Lin

(National Meteorological Centre, Beijing 100081)

### Abstract

The short-range (0~24, 24~48h) forecasting level for precipitation during 1988~1993 is analysed by Central Meteorological Office. The results show that the forecast accuracy and forecast skill of Yes/No for rain ( $\geq 0.1$  mm), light rain (0.1~9.9 mm) and moderate rain (10.0~24.9 mm) were increased last six years, in varying degrees. Although forecast skill scores of Yes/No for heavy rain (25.0~49.9 mm), torrential rain (50.0~99.9 mm) and heavy torrential rain ( $\geq 100.0$  mm) were positive ( $>0$ ), the improvement on forecast skill was not remarkable.

**Key words:** Precipitation forecast; Verification approach; Analysis of forecast level.