

吴胜平, 黄洋, 张丽. 2017. 安庆地区 ECMWF 细网格降水预报的质量检验与释用[J]. 气象与减灾研究, 40(4): 312-317.  
Wu Shengping, Huang Yang, Zhang Li. 2017. Verification of the precipitation prediction ability for the EC-thin model and its application in Anqing area[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 40(4): 312-317.

## 安庆地区 ECMWF 细网格降水预报的质量检验与释用

吴胜平, 黄洋, 张丽

安庆市气象台, 安徽 安庆 246000

**摘要:** 利用安庆市逐日降水实况资料, 针对 2011—2016 年 ECMWF 细网格降水预报产品对安庆地区的 12 h、24 h 分辨率晴雨和降水分级预报质量进行检验, 基于检验结果对此降水预报产品进行解释应用。结果表明, ECMWF 细网格数值降水预报在安庆地区晴雨预报正确率无明显区域差异, 夏季晴雨预报正确率明显低于其他各季节, 对夜间的预报能力明显优于白天。TS 评分中, 小雨最高, 中雨次之, 大雨及以上量级较低且无明显规律。若将冬、春两季 0.2 mm 以下、夏季 1.0 mm 以下和秋季 0.8 mm 以下的降水预报进行消空处理, 则晴雨预报正确率会有所提升, 且小雨预报的 TS 评分达最佳; 若将  $\geq 40$  mm 的降水预报修正为暴雨, 则暴雨预报 TS 评分提高接近 1 倍, 且大雨和暴雨的预报偏差更接近 1。

**关键词:** 天气预报, 质量检验, 降水, ECMWF 模式

中图分类号: P459.9

文献标识码: A

文章编号: 1007-9033(2017)04-0312-06

doi: 10.12013/qxyjzj2017-045

## Verification of the Precipitation Prediction Ability for the EC-thin Model and Its Application in Anqing Area

Wu Shengping, Huang Yang, Zhang Li

Anqing Meteorological Observatory, Anqing 246000, China

**Abstract:** The EC fine grid precipitation information from July 1, 2011 to June 30, 2016 was corrected by the nine National Automatic Weather Stations in Anqing by using Lagrange interpolation method, and then it was tested by time resolution, forecast aging, seasons and stations according to the “medium and short term weather forecast quality inspection method” issued by China Meteorological Administration. The following conclusions were drawn: There was no significant difference in accuracy of clear-rain prediction in Anqing. The correct rate in summer was significantly lower than that in other seasons. The forecast performance of night was significantly better than that of daytime. The TS score of light rain occupied the first place, and that of the moderate rain came the second. If the forecast of precipitation less than 0.2 millimeter in winter and spring, 0.1 millimeter in summer and 0.8 millimeter in fall was eliminated, the weather forecast accuracy would be significantly improved, and light rain forecast would acquire the best TS score. If the forecast of precipitation greater than 40mm was brought to rainstorm forecast, the accuracy increased nearly doubled, and heavy rain and rainstorm forecast bias was closer to 1.

**Key words:** weather forecast; verification; precipitation; ECMWF model

### 0 引言

数值天气预报模式经过多年发展, 对未来天气

形势及要素都有很强的预报能力。为了更好地解释应用数值预报产品, 许多学者对数值预报质量的检验进行了研究, 如吴曼丽等(2009)、郑婧等(2011)、

收稿日期: 2017-04-28; 修订日期: 2017-09-15.

基金项目: 2013 年安徽省气象局预报员专项“多模式降水产品针对安庆的预报能力检验”。

作者简介: 吴胜平, 高级工程师, 主要从事中短期以及短时预报研究, E-mail: aqwsp@163.com.

毛冬艳等(2014)和徐星生等(2014)分别对不同模式数值预报产品尤其降水产品的质量进行了检验,比较了晴雨或量级预报的优劣。但上述检验工作均存在所用资料的时间序列偏短的问题。2011年中国气象局正式下发了欧洲中期天气预报中心(ECMWF)细网格数值预报产品,空间分辨率达到 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ,为各级气象台站开展精细化预报提供了条件。近年来,针对ECMWF细网格模式产品质量的检验,预报员也做了不少工作。万明等(2015)对ECMWF细网格2 m温度在江西省的预报能力进行了检验,发现平原地区正确率明显优于山区和丘陵地区;02时预报正确率高于14时预报,且02时预报正确率对地形不敏感,14时预报正确率受地形影响明显。包慧濛等(2015)对ECMWF集合预报统计量在江西地区降水预报中的检验分析表明,对于晴雨预报,集合预报比控制预报更具有参考价值;对于区域性暴雨预报,集合预报的预报技巧比控制预报高。

为了更好地使用ECMWF细网格降水产品,提高降水预报的正确率,文中利用安庆市逐日降水实况资料,针对2011—2016年ECMWF细网格降水预报产品对安庆地区的12 h、24 h分辨率晴雨和降水分级预报质量进行检验,继而基于检验结果进行解释应用,为预报员订正预报提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

选取2011年7月1日—2013年6月30日ECMWF细网格逐日累积降水量资料,预报起始时间为20时(北京时,下同),预报时效为0—240 h。其中0—72 h的时间分辨率为3 h,72—240 h的时间分辨率分别为6 h,空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。降水实况选取安庆市同期8个国家自动气象站逐日逐时降水观测资料。

### 1.2 资料处理

为便于检验,从ECMWF细网格逐日累积降水预报资料中分别提取0—240 h时效,分辨率为12 h和24 h的预报产品,并用拉格朗日插值方法订正到安庆市8个国家自动气象站上。根据中国气象局(2005)下发的《中短期天气预报质量检验办法》中对降水等级划分规定(表1),将8个站的降水预报和降水实况按照不同时间分辨率划分成对应的等级。

### 1.3 检验方法

根据《中短期天气预报质量检验办法》(中国气

表1 降水等级划分表

Table 1 The classification of precipitation

降水等级	12 h 降水量/mm	24 h 降水量/mm
小雨	0.1—4.9	0.1—9.9
中雨	5.0—14.9	10.0—24.9
大雨	15.0—29.9	25.0—49.9
暴雨	30.0—69.9	50.0—99.9
大暴雨	70.0—140.0	100.0—250
特大暴雨	>140.0	>250.0

象局,2005)中降水预报质量评分标准,按照季节(春季3—5月、夏季6—8月、秋季9—11月、冬季12—次年2月)、时效(0—240 h)、时间分辨率(12 h和24 h),分别对安庆市8个国家自动气象站晴雨和分级降水进行检验。晴雨预报正确率为

$$PC = \frac{NA + ND}{NA + NB + NC + ND} \times 100\% \quad (1)$$

式中,NA为有降水预报正确站(次)数,NB为空报站(次)数,NC为漏报站(次)数,ND为无降水预报正确的站(次)数。

对降水分级检验,各级TS评分为

$$TS_k = \frac{NA_k}{NA_k + NB_k + NC_k} \times 100\% \quad (2)$$

漏报率为

$$PO_k = \frac{NC_k}{NA_k + NC_k} \times 100\% \quad (3)$$

空报率为

$$FAR_k = \frac{NB_k}{NA_k + NB_k} \times 100\% \quad (4)$$

其中,k为1—4级,分别代表小雨、中雨、大雨、暴雨及以上降水预报。NA<sub>k</sub>为k级别降水预报正确站(次)数,NB<sub>k</sub>为k级别降水空报站(次)数,NC<sub>k</sub>为k级别降水漏报站(次)数。

1) 单站降水预报质量检验。逐日检验只评定是否正确和是否属空报、漏报;月、季、年检验依据当月、季、年的预报正确总次数、空报总次数、漏报总次数计算TS评分、空报率、漏报率。

2) 区域降水预报质量检验。逐日检验依据当日预报正确站数、空报站数、漏报站数,计算TS评分、空报率、漏报率;月、季、年检验依据当月、季、年的预报正确总站(次)数、空报总站(次)数、漏报总站(次)数,计算TS评分、空报率、漏报率。

## 2 晴雨预报质量检验

### 2.1 晴雨预报正确率

#### 2.1.1 区域晴雨预报正确率

图1给出了基于ECMWF细网格逐日累积降水预报的不同时效、不同站点晴雨预报正确率。分析发现,安庆市不同地区同一预报时效不同分辨率的晴雨预报正确率最多相差5%。24 h分辨率的晴

雨预报正确率结果显示,预报时效越长晴雨预报正确率越低。12 h分辨率的晴雨预报正确率结果表明,ECMWF细网格降水产品对夜间(20—08时,下同)的预报能力明显优于白天(08—20时,下同)。

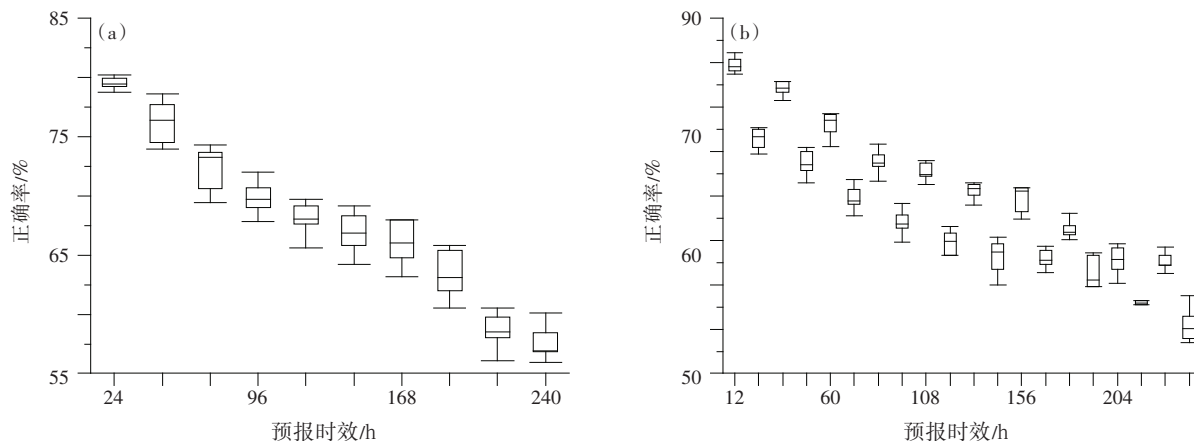


图1 2011年7月—2016年6月ECMWF细网格降水产品针对安庆市分辨率为24 h(a)和12 h(b)的晴雨预报正确率

Fig. 1 The boxplot of weather forecasting accuracy at 24 h (a) and 12 h (b) resolution by the ECMWF-thin model during July 2011 to June 2016 in Anqing

### 2.1.2 季节晴雨预报正确率

分析安庆市不同季节分辨率为24 h的晴雨预报正确率(图2)发现,夏季预报正确率最低,其他季节差别不明显,冬季24 h和48 h预报时效的正确率高于其他各季节。逐月统计晴雨预报正确率(图略)发现,8月是一年中晴雨预报正确率最低的月份,这可能与安庆地区8月局地雷雨天气多发有一定关系,其他月份差别不显著。

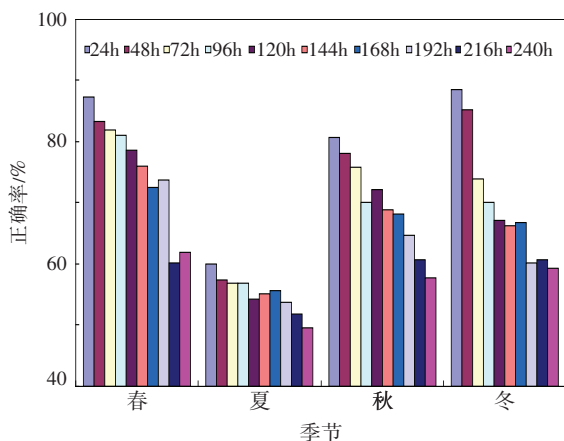


图2 2011年7月—2016年6月ECMWF细网格降水产品针对安庆市不同季节、不同时效晴雨预报正确率

Fig. 2 The accuracy rate of precipitation forecasting by EC-thin model during July 2011 to June 2016 in different seasons and different aging in Anqing

### 2.2 降水预报分级检验

图3给出了安庆市8个国家自动气象站24 h分辨率降水预报0—240 h时效分级检验TS评分结果。分析发现,任意时效小雨量级预报TS评分远远大于其他各量级TS评分,尤其24 h时效小雨量级预报TS评分达52.1%,中雨次之。暴雨及以上量级预报TS评分48 h时效为最高,且超过同时效大雨,接近同时效中雨。72h以后大雨以上量级预

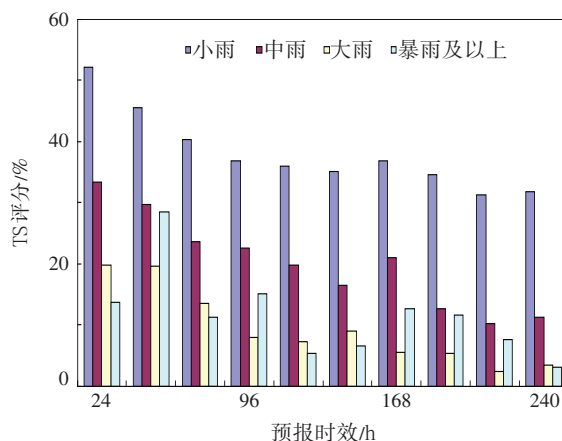


图3 2011年7月—2016年6月安庆地区ECMWF 24 h分辨率降水预报0—240 h时效分级检验TS评分

Fig. 3 The TS score of classification test of precipitation forecasting of 24 h resolution from 0 to 240 hours in Anqing during July 2011 to June 2016

报 TS 评分均偏低,且大雨和暴雨以上两级别之间 TS 评分高低无明显规律。分别对 8 个站逐一进行降水分级检验,发现各站结果与上述综合结果类似:小雨量级预报 TS 评分明显高于其他各量级 TS 评分,72 h 以上时效、大雨以上量级预报 TS 评分各量级之间无明显规律,这与大雨以上量级降水样本偏少有一定关系。

图 4 给出了各级别降水不同时效的空报率、漏报率。分析发现,在不考虑暴雨以上级别时,同一预

报时效小雨的空、漏报率要小于中雨,中雨的空、漏报率要小于大雨。预报时效越长,各级别降水预报的空报率、漏报率越大。暴雨及以上级别降水空报率、漏报率由于样本数少,并没有表现出明显的时效规律。另外,对比空报率、漏报率发现,任一时效小雨空报率远大于漏报率;24 h 时效中雨空报率小于漏报率,其他时效中雨空报率均大于漏报率;大雨及以上级别降水空漏报率均很高。

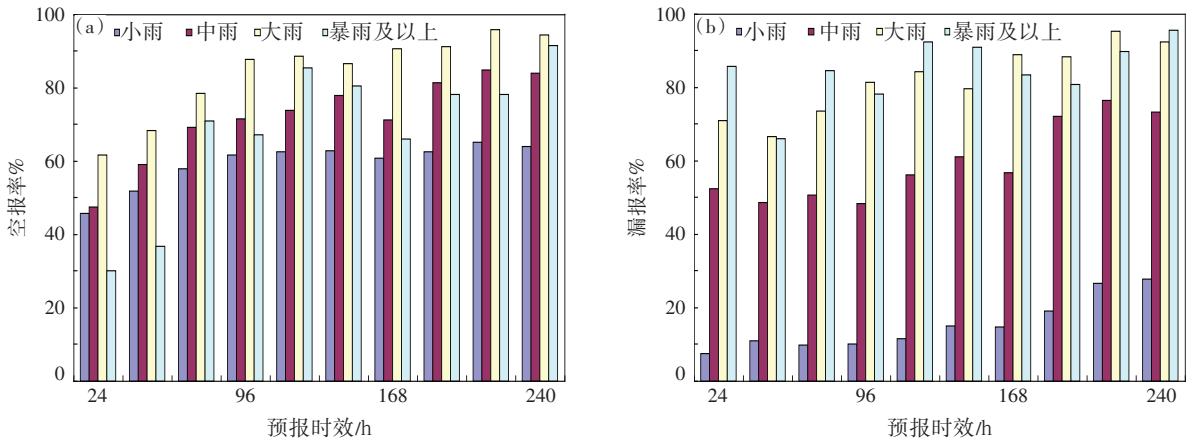


图 4 2011 年 7 月—2016 年 6 月安庆地区 ECMWF 24 h 分辨率降水预报分级检验空报率(a)和漏报率(b)  
Fig. 4 The null rate(a) and the missing report rate (b)of classification test of precipitation forecasting of 24 h resolution in Anqing during July 2011 to June 2016

分析 12 h 分辨率各量级降水预报的 TS 评分、空报率和漏报率(图略)发现,其分布规律与 24 h 分辨率各量级降水预报有类似特征,且夜间的预报质量明显优于白天。

### 3 降水预报产品的解释应用

#### 3.1 小雨预报按季节消空处理

分辨率为 24 h 的降水预报产品的任一时效小雨空报率远大于漏报率,因此在实际应用 ECMWF 细网格降水产品的过程中有必要对其进行消空处理。依次将雨量预报值  $\leq 0.2$  mm、 $\leq 0.4$  mm、 $\leq 0.6$  mm、 $\leq 0.8$  mm、 $\leq 1.0$  mm 和  $\leq 1.2$  mm 的站点当作 0 mm 处理,再进行晴雨预报正确率检验,以秋季为例(图 5)。若将 1.2 mm 以下的降水预报均忽略不计,则任一时效的晴雨预报正确率达到最高,但与将 0.8 mm 以下的降水预报忽略不计相比,其晴雨预报正确率提高的并不明显。从小雨量级预报的 TS 评分结果分析,0.8 mm 以下降水忽略不计,效果最好(图略)。

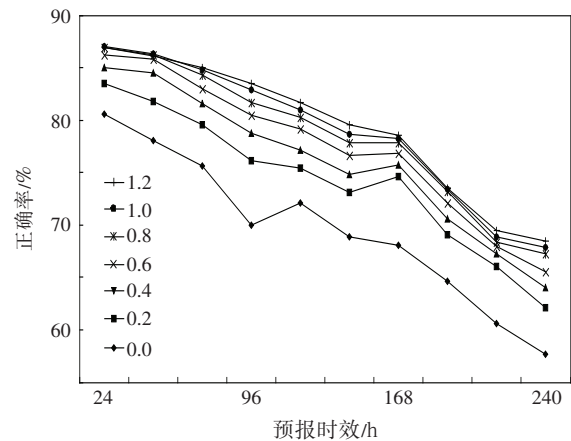


图 5 分别将预报值在 1.2 mm 以下的降水预报进行消空处理后的晴雨预报正确率(图例中数值分别表示对小于等于该降水量的站点处理为 0 mm)

Fig. 5 The accuracy rate of weather forecasting as the forecast of precipitation below 1.2 mm removed in Autumn in Anqing (The numerical values in the legend indicate that precipitation of the site less than or equal to the number will be process as 0 mm)

以同样的方法分析其他季节发现,春季若将 0.2 mm 以下降水预报忽略不计,则小雨量级预报 TS 评分达最佳状态,且晴雨预报正确率大幅上升;夏季忽略 1.0 mm 以下降水预报则小雨 TS 评分达最佳,而此时晴雨预报正确率也会提高 18%;冬季忽略 0.2 mm 以下降水预报,晴雨预报正确率和小雨 TS 评分都会达到最大值。

### 3.2 暴雨预报消漏处理

针对 24 h 分辨率降水产品,分别将雨量预报  $\geq 25$  mm、 $\geq 30$  mm、 $\geq 35$  mm、 $\geq 40$  mm 和  $\geq 45$  mm 以上的站点修正为暴雨,图 6 给出了暴雨 TS 评分结果。分析发现,无论将上述哪个级别的降水修正为暴雨,对 48 h 及以上时效的暴雨量级预报 TS 评分贡献都不大或有负贡献,因此暴雨消漏只针对 24 h 预报时效。将 30 mm 以上降水修正为暴雨时,对 24 h 暴雨 TS 评分最有利,但大雨 TS 评分由 22% 降至 10%,说明影响也较大(图略)。综合考虑暴雨 TS 评分和大雨 TS 评分,将 40 mm 以上降水修正为暴雨时,暴雨 TS 评分由 14% 提升到了 27%,但对大雨 TS 评分影响不大。

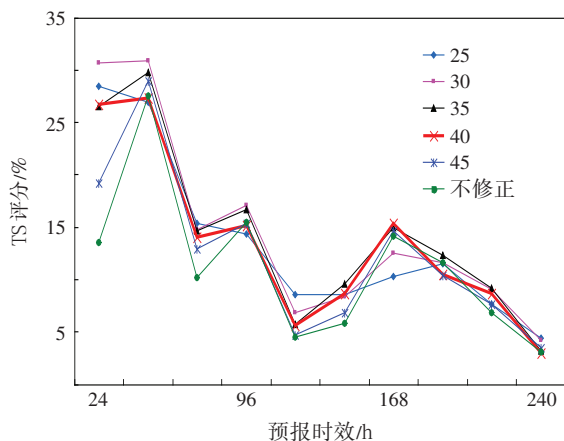


图 6 分别将预报值在 25 mm 以上的降水预报进行消漏处理后的暴雨 TS 评分(图例中数值分别表示对大于等于该降水量的站点处理为暴雨)

Fig. 6 The TS score of rainstorm as the forecast of precipitation above 25 mm treated as rainstorm (The numerical values in the legend indicate that precipitation of the site more than or equal to the number will be process as rainstorm)

为了验证暴雨消漏是否合理,文中分别计算了暴雨消漏前后大雨预报和暴雨预报的预报偏差,采用的计算式  $B = (NA + NB)/(NA + NC)$ 。结果显示,不进行暴雨消漏处理时, $B_{\text{大雨}} = 1.23$ , $B_{\text{暴雨}} =$

0.58;进行暴雨消漏处理后, $B_{\text{大雨}} = 1.04$ , $B_{\text{暴雨}} = 1.05$ 。此结果说明暴雨消漏处理可以减少暴雨漏报,同时抑制大雨空报。

### 3.3 小雨消空及暴雨消漏应用

对 2016 年 6 月 6 日 20 时起报的未来 24 h 降水预报进行小雨消空处理前后预报正确率对比(表 2)发现,2016 年 6 月 6 日处于夏季,因此预报量  $\leq 1.0$  mm 的降水预报处理为 0 mm 时,小雨消空处理后晴雨预报正确率由原来的 2/8 提高到了 5/8。

表 2 2016 年 6 月 6 日 20 时起报的 24 h 降水预报小雨消空处理前后预报正确率(单位:mm)

Table 2 The prediction accuracy after the light rain forecast removed at 20 O'clock in June 6, 2016 (unit:mm)

站名	ECMWF 预报	小雨消空处理	实况
安庆	0.5	0.0	0.0
岳西	2.1	2.1	0.0
桐城	0.3	0.0	0.0
太湖	0.2	0.0	0.2
潜山	0.2	0.0	0.0
怀宁	0.2	0.0	0.0
宿松	0.7	0.0	0.1
望江	0.1	0.0	0.0
正确率	2/8	5/8	

表 3 为对 2015 年 7 月 23 日 20 时起报的未来 24 h 降水预报进行暴雨消漏的前后预报正确率对比结果,分析发现,将 40 mm 及以上降水预报处理成暴雨预报后,暴雨及以上量级预报的正确率由 1/8 提高到了 3/8。

表 3 2016 年 7 月 23 日 20 时起报的 24 h 降水预报暴雨消漏前后预报正确率(单位:mm)

Table 3 The prediction accuracy after eliminating the leaks of rainstorm forecast at 20 O'clock in July 23, 2016 (unit:mm)

站名	ECMWF 预报	暴雨消漏处理	实况
安庆	38.6	38.6	114.2
岳西	55.2	55.2	70.5
桐城	33.9	33.9	77.6
太湖	48.4	50.0	100.6
潜山	43.5	50.0	113.0
怀宁	36.5	36.6	98.1
宿松	36.5	36.5	13.2
望江	36.9	36.9	50.9
正确率	1/8	3/8	

## 4 小结

文中依据中国气象局制定的《中短期天气预报质量检验办法》,对 2011 年 7 月 1 日—2016 年 6 月



30 日安庆地区的 ECMWF 细网格降水预报产品分别进行了晴雨检验和降水分级检验, 并进行了解释应用, 得到:

1) 同一预报时效 24 h 或 12 h 分辨率降水预报产品, 安庆地区内不同区域的晴雨预报正确率最大相差 5% 左右, 各地夜间的预报能力明显优于白天。

2) 预报时效越长晴雨预报正确率越低, 夏季晴雨预报正确率最低, 其他各季节差别不明显。

3) 任一时效小雨空报率远大于漏报率, 24 h 时效中雨空报率小于漏报率, 其他时效中雨空报率均大于漏报率, 大雨及以上级别预报空、漏报率均较高。

4) 针对 ECMWF 细网格 24 h 分辨率降水预报产品, 若将冬、春季  $\leq 0.2$  mm、夏季  $\leq 1.0$  mm、秋季  $\leq 0.8$  mm 的降水预报消空处理, 则晴雨预报正确率有所提升, 且小雨 TS 评分达最佳; 若将  $\geq 40$  mm 的降水预报修正为暴雨, 则暴雨预报 TS 评分提高接近一倍, 对大雨预报 TS 评分影响不大, 且大雨预报偏差和暴雨预报偏差均更趋近于 1。

#### 参考文献 (References)

包慧濛, 郭达烽, 肖潇. 2015. ECMWF 集合预报统计量在江西降水预报中的检验分析[J]. 气象与减灾研究, 38(3):60-67. Bao H M, Guo D F, Xiao X. 2015. Validation of ECMWF ensemble forecast statistics in Jiangxi precipitation forecast[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 38(3):60-67. (in Chinese)

毛冬艳, 朱文剑, 樊利强, 等. 2014. GRAPES\_MESOV V3.3 模式强

天气预报性能的初步检验[J]. 气象, 40(12):1429-1438. Mao D Y, Zhu W J, Fan L Q, et al. 2014. Preliminary synoptic verification on the performance of GRAPES\_MESO V3.3 in severe weather forecasting[J]. Meteor Mon, 40(12):1429-1438. (in Chinese)

万明, 徐星生, 陈云辉, 等. 2015. ECMWF 细网格 2 m 温度在江西省的预报能力检验[J]. 气象与减灾研究, 38(4):67-72. Wan M, Xu X S, Chen Y H, et al. 2015. Verification of 2 m temperature prediction ability of ECMWF fine grid model in Jiangxi province in 2014[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 38(4):67-72. (in Chinese)

吴曼丽, 沈玉敏, 梁寒. 2009. 辽宁中尺度数值模式产品和 T213 产品对比检验分析[J]. 气象科技, 37(3):276-280. Wu M L, Shen Y M, Liang H. 2009. Contrastive verification and analysis of MM5 and T213 numerical prediction products in Liaoning province[J]. Meteor Sci Technol, 37(3):276-280. (in Chinese)

徐星生, 万明, 薛谦彬, 等. 2014. WRF-RUC 在 2014 年江西汛期降水预报中的检验分析[J]. 气象与减灾研究, 37(3):23-28. Xu X S, Wan M, Xue S B, et al. 2014. Precipitation numerical validation of Jiangxi WRF-Rapid Update Cycle forecast system during the flood season in 2014[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 37(3):23-28. (in Chinese)

郑婧, 丁治英, 刘波, 等. 2011. 江西暴雨期间 T639 模式的短期预报效果检验[J]. 气象与减灾研究, 34(1):40-47. Zheng J, Ding Z Y, Liu B, et al. 2011. The synoptic verification of short-range forecast from T639 model during heavy rainfalls of Jiangxi[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 34(1):40-47. (in Chinese)

中国气象局. 2005. 中短期天气预报质量检验办法[S]. 北京: 中国气象局. China Meteorological Administration. 2005. medium and short term weather forecast quality inspection method[S]. Beijing: China Meteorological Administration. (in Chinese)