

丁凡,安婷婷,陈小苏,等. ECMWF 细网格数值预报产品在山东汛期强对流天气预报中的检验[J]. 陕西气象, 2020(4): 21-25.

文章编号: 1006-4354(2020)04-0021-05

# ECMWF 细网格数值预报产品在山东汛期强对流天气预报中的检验

丁凡<sup>1</sup>, 安婷婷<sup>2</sup>, 陈小苏<sup>1</sup>, 程月<sup>1</sup>, 潘玲<sup>1</sup>

(1. 日照市气象局, 山东日照 276800; 2. 张掖市气象局, 甘肃张掖 734000)

**摘要:** 利用 NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料、常规观测资料、ECMWF 细网格数值预报产品(下简称 EC 产品)24~48 h 预报资料,对 2018—2019 年山东省汛期(6—9 月)强对流天气的影响系统、关键物理量及降水量进行分析检验,结果表明:(1)EC 产品对西风槽和副高北界有较好的预报和模拟能力。(2)EC 产品对 0℃层高度预报的准确率达 100%,但对 -20℃层高度的预报效果较差。(3)EC 产品对 CAPE 值的预报准确率较低,误差以偏大为主;其对热力不稳定指数的预报效果差别较大, $T_{500-850}$ 的预报效果最好,其次为 K 指数,效果最差的为 LI 指数;EC 产品对低层湿度的预报效果较好,预报准确率 2 m 露点温度 > 925 hPa 比湿 > 850 hPa 比湿。(4)EC 产品对强对流过程降水量最大值的预报一般小于实况,对中雨及以上量级降水范围的预报一般小于等于实况。

**关键词:** EC 产品; 检验; 强对流; 误差; 山东

**中图分类号:** P456.7

**文献标识码:** A

强对流天气是大气不稳定能量释放的产物,主要包括雷雨大风、冰雹、龙卷风、局部强降雨等。由于发生突然、移动迅速、产生的天气现象剧烈、破坏力极强,一直是天气预报的重点和难点<sup>[1-5]</sup>。随着预报技术的不断发展,数值预报已经成为预报员制作强对流天气预报不可缺少的工具,尤其是 ECMWF 模式,在强对流预报中发挥着举足轻重的作用;但是由于数值模式的预报结果受到边界条件、地形、物理过程及初始场等诸多因素的影响,使得模式预报的要素在量级和时空分布上与实况有着不同程度的差异<sup>[6-8]</sup>。因此了解数值模式产品的预报性能、掌握模式存在的问题和不足并对其加以订正和评估<sup>[9-11]</sup>,可以有效提高预报员的模式应用和订正能力,提高天气预报的准确率,从而取得更好的预报效果。

目前,学者们运用了多种新技术、新方法对不同模式下降水预报的各个方面进行了大量研究<sup>[12-16]</sup>,主要为不同区域、不同时段、不同要素预报效果的分析检验。通过对不同模式产品进行大量主客观检验与评估,使预报员的预报技术得到明显提高。郑婧<sup>[17]</sup>给出了预报西北气流下特大暴雨的着眼点和预报概念模型以及订正模式降水的思路。曲巧娜<sup>[18]</sup>对多种模式的强降水落区进行了检验,结果表明 EnWRE 和 EC-thin 降水落区的预报优于其它模式,并且表现出一定的互补性。谌芸<sup>[19]</sup>对北方一次暖区大暴雨降水预报失败案例进行剖析,结果表明高温高湿的环境中未能捕捉到可触发对流的次天气及以下尺度的小扰动,加之对中尺度对流系统环境场条件的精细分析不足是导致强降水预报量级偏弱的重要因素。

**收稿日期:** 2019-10-28

**作者简介:** 丁凡(1991—),女,汉族,山东日照人,学士,助工,从事天气预报及服务性工作。

**基金项目:** 日照市气象局 2018 年气象科学技术研究课题“三种模式对日照地区近三年降水预报的检验”(2018rzqx13)

本文对细网格模式产品(下简称 EC 产品)的形势场、物理量场、强降水中心量级进行主客观检验分析,旨在研究 EC 产品对强对流天气的影响系统、关键物理量及降水量大小的预报效果,为数值模式产品的订正提供参考,以期提高天气预报准确率。

## 1 资料和强对流过程的选取

利用 2018—2019 年发生在山东省汛期 6—9 月的 20 次强对流过程(表 1),对与暴雨相对应的欧洲中心  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$  EC 产品 08

时起报的 24 h、48 h 的预报场进行检验,将预报场与 NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料及常规观测资料进行对比,主要检验 20 次强对流过程中系统的位置及移速、物理量大小、降水中心量级与范围等。检验内容为强对流天气影响系统(500 hPa 副热带高压、500 hPa 西风槽)、关键物理量(低层湿度、500 hPa 与 850 hPa 温度差( $T_{500-850}$ )、0 °C 层与 -20 °C 层高度、K 指数、LI 指数(抬升指数)、CAPE 值)、强降水中心降水量及降水范围。

表 1 2018—2019 年 6—9 月山东省 20 次强对流天气过程影响系统

发生日期	影响系统	发生日期	影响系统	发生日期	影响系统
2018-06-13	东北冷涡	2019-06-05	江淮气旋	2019-07-25	副高和西风槽
2018-06-22	西风槽	2019-06-08	东北冷涡	2019-07-27	浅槽
2018-06-25	西风槽	2019-07-02	东北冷涡	2019-07-29	副高和西风槽
2018-06-28	西风槽	2019-07-06	东北冷涡	2019-08-02	副高和西风槽
2018-07-14	副高	2019-07-10	东北冷涡	2019-08-07	西风槽
2018-07-27	低涡切变	2019-07-14	西风槽	2019-08-16	西风槽
2019-06-04	西风槽	2019-07-23	副高		

## 2 预报效果检验分析

### 2.1 影响系统

2.1.1 500 hPa 西风槽 表 2 为 2018—2019 年山东省汛期强对流发生时 EC 产品 24 h、48 h 预报时效内 500 hPa 西风槽的预报结果,其中用 500 hPa 环流形势场上三条特征线与槽交点的经纬度的平均值来确定西风槽的强度和移速,规定该特征线为 576、580、584 dagpm 线。经度偏差为预报经度与实况经度之差,当  $-1^{\circ} \leq$  经度偏差  $\leq 1^{\circ}$  时,西风槽移动速度预报与实况相一致;经度偏差  $> 1^{\circ}$  时,则西风槽移动速度预报偏快;经度偏差  $< -1^{\circ}$  时,则预报移速偏慢。纬度偏差为预报纬度与实况纬度之差。当  $-1^{\circ} \leq$  纬度偏差  $\leq 1^{\circ}$  时,西风槽强度预报与实况相一致;纬度偏差  $> 1^{\circ}$  时,则预报强度偏弱;纬度偏差  $< -1^{\circ}$  时,则预报强度偏强。

对西风槽强度的预报,EC 产品 24 h 预报效果与 48 h 预报效果一致,预报准确率均为 80%。当预报与实况不一致时,除 48 h 有 1 次漏报之

外,其余预报纬度均比实况低,强度预报偏强,偏差误差在 2.3 个纬度以内。EC 产品对西风槽移动速度的预报随着预报时效的延长,预报效果变差,24 h 预报准确率为 80%,48 h 预报准确率为 70%。预报移速偏快或偏慢的次数几乎相当,24~48 h 预报时效内,偏快 4 次,偏慢 5 次,经度误差均在  $4.3^{\circ}$  以内。由此看出,EC 产品对西风槽的移速和强度的预报相对较好,除 48 h 的移速预报准确率为 70% 外,其余预报准确率均达到了 80%,具有较好指示意义。

表 2 EC 产品对山东省 2018—2019 年 6—9 月 20 次强对流天气 500 hPa 西风槽预报强度和移速检验 单位:次

预报 时效	强度				移速			
	一致	强	弱	漏报	一致	快	慢	漏报
24 h	16	4	0	0	16	2	2	0
48 h	16	3	0	1	14	2	3	1

2.1.2 500 hPa 副热带高压 副热带高压(下简

称副高)是制约大气环流变化的重要成员之一,是控制热带和副热带地区的、持久的、大型天气系统之一。副高北界的位置变动与山东省天气变化有着极其密切的关系。通过检验 2019 年山东省汛期暴雨发生时 EC 产品预报的 24 h、48 h 预报时效内  $120^{\circ}\text{E}$  上 588 dagpm 线最北界的纬度值,来分析 EC 产品对副高北界的预报能力。规定  $120^{\circ}\text{E}$  上 588 dagpm 的副高纬度偏差为预报纬度值与实况纬度值之差,当  $-1^{\circ}\leq$ 副高纬度偏差 $\leq 1^{\circ}$ 时,副高北界位置预报正确;当副高纬度偏差 $< -1^{\circ}$ 时,副高北界位置预报偏南;当副高纬度偏差 $> 1^{\circ}$ 时,预报偏北。

通过检验可以看出,对副高北界的预报,48 h 预报准确次数仅比 24 h 多 1 次,预报效果略优于 24 h,预报能力大致相当,准确率在 80% 以上。24 h 预报时效内有 16 次过程预报正确,2 次过程偏北,1 次过程偏南,1 次漏报;48 h 预报时效内有 17 次过程预报正确,3 次过程预报偏北。可以看出,EC 产品对副高北界预报误差以偏北为主,且误差均在  $2.3^{\circ}$  以内,总体误差较小。出现偏差的过程中,仅有一次过程 24 h 与 48 h 预报与实况均不一致,有 3 次过程 24 h 预报与实况不一致而 48 h 预报正确,有两次过程 48 h 预报偏北而 24 h 预报正确。总体而言,EC 产品对副高北界预报效果较好,具有较好的指示意义。

## 2.2 物理量

2.2.1 特殊高度检验 在做冰雹预报时,除天气形势分析之外, $0^{\circ}\text{C}$ 层和 $-20^{\circ}\text{C}$ 层高度的探空分析是首先需要注意的。一般来说,冰雹都发生在  $0^{\circ}\text{C}$ 层和 $-20^{\circ}\text{C}$ 层高度适宜的条件下,因此,模式预报的特殊高度的准确度对预报员判断未来有无冰雹发生有着极其重要的作用。规定当模式的预报结果与实况之差的绝对值小于等于 200 m 时,预报正确,大于 200 m 时预报错误。

通过检验可知,EC 产品对  $0^{\circ}\text{C}$ 层高度预报的准确率达到 100%,误差在 200 m 以内,预报效果非常好。但是,其对 $-20^{\circ}\text{C}$ 层高度的预报效果不太理想,24 h 预报时效内有 11 次预报正确,3 次高度偏高,6 次偏低,9 次预报失误的误差绝对值的平均值为 352 m;48 h 预报时效内有 12 次预

报正确,3 次偏高,5 次偏低,8 次预报失误的误差绝对值的平均值为 402 m。由此看出,24 h 和 48 h 预报时效内的误差均以偏低为主,虽然 48 h 时效的预报准确率略高于 24 h,但 48 h 预报错误过程的误差绝对值的平均值却大于 24 h。

2.2.2 能量指标 大气对流是有效能量之间的相互转换和释放,对流有效位能(CAPE)从理论上反映出对流上升运动可能发展的最大强度,是可以转化为动能的位能,近年来有广泛的应用。规定 CAPE 的 EC 产品预报值与实况值之差的绝对值小于等于 200 J/kg 为预报准确,大于 200 J/kg 为预报错误。

通过分析 CAPE 值绝对误差发现,EC 产品对 CAPE 的预报效果较差,24 h 预报时效内成功预报 4 次,偏大 16 次,偏小 0 次,16 次偏大的误差绝对值的平均数为 1 330 J/kg;48 h 预报时效内成功预报 3 次,偏大 17 次,偏小 0 次,17 次偏大的误差绝对值的平均值为 1 510 J/kg。由此看出,EC 产品预报 CAPE 的准确率较低,误差较大,且均以偏大为主。

2.2.3 热力不稳定指数 稳定度分析是对流天气诊断和分析常用的方法。在预报业务中,常常用一些指数表示大气的稳定度。参与检验的指数为 K 指数、LI 指数和 500 hPa 与 850 hPa 温差( $T_{500-850}$ ),并且规定,EC 产品的预报值与实况值之差的绝对值小于等于  $2^{\circ}\text{C}$ 时,预报正确,大于  $2^{\circ}\text{C}$ 时预报错误。

分析 K 指数发现,EC 产品 24 h 预报准确率略高于 48 h。24 h 的预报准确率为 65%,13 次预报正确,4 次预报偏大,3 次预报偏小;48 h 预报准确率为 60%,12 次预报正确,5 次预报偏大,3 次预报偏小。由此看出,EC 产品对 K 指数的预报效果一般,但仍具有一定的指示意义。

分析抬升指数发现,无论是 24 h 还是 48 h,EC 产品准确预报的过程次数为 0 次,且预报的数值均为偏大,都在  $0^{\circ}\text{C}$ 以上,因此 EC 产品对 LI 指数的预报无指示意义。

分析  $T_{500-850}$ 发现,EC 产品对其预报效果较好。24 h、48 h 的预报准确率分别为 90%、80%,误差来源均为温差偏小,24 h 偏小 2 次,48 h 偏

小4次,且24 h、48 h的误差分别在 $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,准确率较高,具有很好的指示意义。

由此看出,EC产品对热力不稳定指数的预报效果参差不齐,差别较大, $T_{500-850}$ 的预报效果最好,其次为K指数,效果最差为LI指数。

**2.2.4 低层湿度** 水汽条件对强对流天气的发生发展有着极其重要的作用,通过地面露点温度、925 hPa比湿及850 hPa比湿来检验EC产品对水汽的预报能力。规定预报与实况值之差的绝对值地面露点温度小于等于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或比湿小于等于 $2\text{ g/kg}$ 时,预报正确,反之,预报错误。

EC产品对2 m露点温度的预报与实况几乎一致。24 h预报准确率为100%,48 h仅有1次与实况不一致,预报准确率为95%,效果非常好。

EC产品对925 hPa比湿的预报准确率很高,24 h只有1次与实况不一致,预报准确率为95%,48 h有2次与实况不一致,预报准确率为90%,3次预报失误的原因均为预报偏大,且误差在 $3\text{ g/kg}$ 以内,预报效果非常好。

EC产品对850 hPa比湿的预报效果较好,24 h的预报准确率高于48 h,分别为90%、80%。除48 h有一次比湿预报偏小外,其余误差均为比湿预报偏大,误差在 $3\text{ g/kg}$ 以内,具有较好的指示意义。

由此可见,EC产品对低层湿度的预报效果较好,预报准确率2 m露点温度 $>925\text{ hPa}$ 比湿 $>850\text{ hPa}$ 比湿,误差以偏大为主,随着高度的降低,预报准确率升高,随着时效的延长,预报准确

率降低。

### 2.3 强降水中心

首先将EC产品预报的强降水中心与实况强降水中心的降水量差值进行检验(表3),发现在强对流过程中,EC产品预报的降水量最大值一般小于实况。24 h预报时效内,有3次降水量预报值偏大,17次预报值偏小,最大负偏差达到 $-115\text{ mm}$ ,平均负偏差为 $-45.7\text{ mm}$ 。在7次暴雨以下量级的降水过程中,有5次过程降水量预报中心值比实况小 $10\text{ mm}$ 以上;13次暴雨及以上的降水过程中,有10次偏差小于 $-20\text{ mm}$ ,5次偏差小于 $-50\text{ mm}$ ,3次偏差小于 $-100\text{ mm}$ 。48 h预报时效内,有4次预报值偏大,16次预报值偏小,最大负偏差达到 $-136\text{ mm}$ ,平均负偏差为 $-54.6\text{ mm}$ 。在7次暴雨以下量级的降水过程中,有5次过程预报的中心值比实况小 $10\text{ mm}$ 以上,13次暴雨及以上量级的降水过程中,有8次偏差小于 $-20\text{ mm}$ ,有6次偏差小于 $-50\text{ mm}$ ,有3次偏差小于 $-100\text{ mm}$ 。

其次,对强对流过程中中雨及以上量级的降水范围进行检验,规定其预报值与实况值之差的绝对值小于等于实况值的 $1/4$ 为预报正确,大于实况值的 $1/4$ 预报错误。经检验可知,模式预报的中雨及以上量级的降水范围一般小于等于实况。EC产品24 h内预报中雨及以上量级的降水范围与实况一致9次,偏小10次,偏大1次;48 h预报降水范围与实况一致5次,偏小13次,偏大2次。

表3 EC产品强降水中心降水量预报与实况差值

预报时效	较实况偏 大次数/次	较实况偏 小次数/次	最大正 偏差/mm	最小正 偏差/mm	平均正 偏差/mm	最大负 偏差/mm	最小负 偏差/mm	平均负 偏差/mm
24 h	3	17	76	5	40.5	-115	-3	-45.7
48 h	4	16	69	1	24.0	-136	-7	-54.6

### 3 结论

(1)EC产品对500 hPa西风槽和副高的预报相对较好,除48 h的西风槽移速预报效果较差,其余时次的预报准确率均达到了80%。

(2)EC产品对 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 层高度预报的准确率达

到100%,但对 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 层高度24 h和48 h的预报准确率仅为55%、60%。EC产品对CAPE值24 h和48 h的预报准确率仅为20%、15%,且误差均以偏大为主。EC产品对热力不稳定指数的预报效果参差不齐, $T_{500-850}$ 的预报效果最好,其

次为 K 指数,效果最差的为 LI 指数。EC 产品对低层湿度的预报准确率均在 80% 以上,预报效果 2 m 露点温度 > 925 hPa 比湿 > 850 hPa 比湿,误差以偏大为主。

(3) EC 产品预报强对流过程的降水量最大值一般小于实况,预报中雨及以上量级降水的范围一般小于等于实况。

#### 参考文献:

- [1] 许庆娥,李改琴,王春玲,等. 一次强冰雹天气成因分析[J]. 陕西气象,2018(3):1-6.
- [2] 刘慧敏,王云,张建康,等. 陕西北部连续对流性大暴雨水汽条件分析[J]. 陕西气象,2018(2):1-9.
- [3] 井宇,陈闯,屈丽玮,等. 副高边缘西安地区一次短时暴雨分析[J]. 陕西气象,2018(4):7-11.
- [4] 王春玲,崔力,杜丽娅,等. 2017 年早春濮阳市一次冰雹过程诊断分析[J]. 陕西气象,2019(3):30-34.
- [5] 李江波,孔凡超,曾建刚,等. 河北省副热带高压外围降水的特征与预报[J]. 气象,2019,45(11):1539-1549.
- [6] 吕林宜,王新敏,栗晗. 华东区域模式对河南“7·19”特大暴雨的数值检验与分析[J]. 气象与环境科学,2019,42(1):101-109.
- [7] 翟振芳,魏春璇,邓斌,等. 安徽省 ECMWF 数值模式降水预报性能的检验[J]. 气象与环境学报,2017,33(5):1-9.
- [8] 官宇,代刊,徐珺,等. GRAPES-GFS 模式暴雨预报天气学检验特征[J]. 气象,2018,44(9):1148-1159.
- [9] 王万筠,殷海涛,赵敬红,等. 2014—2016 年数值降水预报在天津的检验评估[J]. 气象科技,2018,46(4):718-723+767.
- [10] 罗玲,娄小芬,傅良,等. ECMWF 极端降水预报指数在华东台风暴雨中的应用研究[J]. 气象,2019,45(10):1382-1391.
- [11] 党英娜. ECMWF 和华东 WARMS 模式对山东半岛汛期暴雨的预报能力检验[J]. 海洋气象学报,2018,38(4):136-144.
- [12] 孙素琴,郑婧,金米娜,等. 基于多模式 2015 年江西省汛期区域性暴雨的检验[J]. 气象与环境学报,2017,33(2):1-7.
- [13] 李博渊,赵江伟,李健丽. ECMWF 细网格模式在阿勒泰地区短时强降水环境场预报中的统计检验[J]. 陕西气象,2020(1):8-13.
- [14] 贾健,蒋慧敏,王健. ECMWF 细网格要素预报场在乌鲁木齐米东区的预报性能检验[J]. 陕西气象,2018(5):23-27.
- [15] 侯淑梅,王秀明,尉英华,等. 山东省初秋一次大范围强对流过程落区和抬升触发机制分析[J]. 气象,2018,44(1):80-92.
- [16] 程月星,孙继松,戴高菊,等. 2016 年北京地区一次雷暴大风的观测研究[J]. 气象,2018,44(12):1529-1541.
- [17] 郑婧,许爱华,孙素琴,等. 高空西北气流下特大暴雨的预报误差分析及思考[J]. 气象,2018,44(1):93-106.
- [18] 曲巧娜,盛春岩,车军辉,等. 山东省多模式强降水落区预报检验[J]. 气象科技,2016,44(3):392-399.
- [19] 湛芸,吕伟琦,于超,等. 北方一次暖区大暴雨降水预报失败案例剖析[J]. 气象,2018,44(1):15-25.