

模式夏季预报性能检验

晁淑懿 李月安

(中央气象台,北京 100081)

提 要

对欧洲中期预报中心 1991 年 $T_{106}L_{19}$ 模式和 1992—1993 年 $T_{213}L_{31}$ 模式 6—8 月 48—144 小时 500hPa 高度场预报和一些环流特征量进行了统计检验。结果表明,ECMWF 模式更新后夏季预报性能不稳定,亚洲地区更为突出;与原模式比较,一般西风带预报水平好于旧模式,而副热带预报水平不及旧模式。

关键词: 环流特征量 预报性能 统计检验

引 言

1985 年 5 月以来,欧洲中期天气预报中心(简称 ECMWF)中期数值预报使用的是 $T_{106}L_{19}$ 模式,1991 年 9 月 17 日开始更新成 $T_{213}L_{31}$ 模式。新模式的波数增加了 1 倍、垂直层次增加 12 层,其预报水平及其稳定性如何?这是提高释用中期数值预报产品效果的关键问题。本文就新模式的预报性能,并与旧模式(1991 年)的情况进行比较、分析和讨论,以期提高应用效果。

1 大尺度环流预报水平

中期天气预报的关键是准确地判断大气环流中超长波和长波尺度系统的特征和演变趋势。因此,我们以逐日和候平均(以实况场自然候为准)500hPa 高度场为基本资料,且以亚洲地区(60—160°E)为重点,按目前评价数值预报水平常用的标准检验项目,统计了距平相关系数、均方根误差和平均误差。

1.1 距平相关系数

为了对比分析 ECMWF 新旧模式的预报性能,计算了 1991—1993 年夏季(6—8 月)北半球和亚洲地区 500hPa 高度 ECMWF 48—144 小时预报的月、季平均距平相关系数(表略),并且绘制了 1991—1993 年 6—8 月亚洲地区 ECMWF 各时次预报的

500hPa 高度候平均距平相关系数曲线变化图(图 1)。可以看到:(1)新模式在夏季北半球和亚洲地区高、中、低 3 个纬带的月、季距平相关系数全部达到数值预报可业务使用标

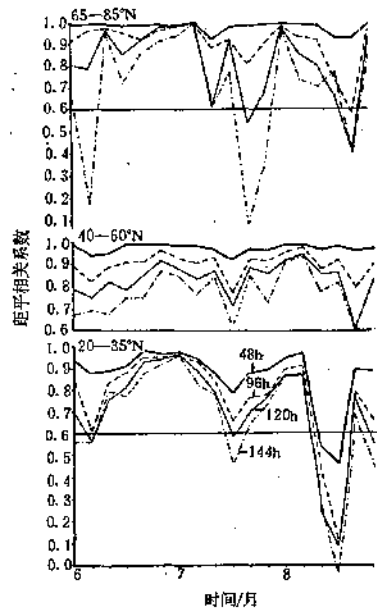


图 1a 1991 年 6—8 月 ECMWF 48、96、120、144 小时预报 500hPa 亚洲地区候平均(60—160°E)距平相关系数

准,即平均在 0.60 以上,特别是 1993 年更为突出。而旧模式 1991 年 8 月亚洲低纬地区 120—144 小时预报的月距平相关系数低于 0.60。(2)新模式随着预报时效的延长,其距平相关系数值下降的幅度多数比旧模式小,特别是亚洲低纬地区,就季平均而言,48 小时预报新模式比旧模式提高 0.06,而 96—144 小时提高了 0.08—0.19。(3)新模式预报性能不稳定,尤其在亚洲地区,两年的业务预报水平相差甚远,1993 年明显好于 1992 年,也明显好于旧模式。1993 年 6—8 月 3 个纬带各个预报时效候距平相关系数皆达 0.60 以上(图 1c)。而 1992 年除低纬外,中高纬 96—144 小时预报与旧模式几乎不相上下,6—8 月中、低纬 120—144 小时的距平相关系数有 9 个候低于 0.60(图 1b),远差于 1993 年。(4)新旧模式预报效果也具有一定的共性,表现在多数情况下,北半球距平相关系数高于亚洲地区;中高纬地区 48—96 小时预报距平相关系数高于低纬;8 月相关系数为夏季 3 个月中最低,季内最低值也往往出

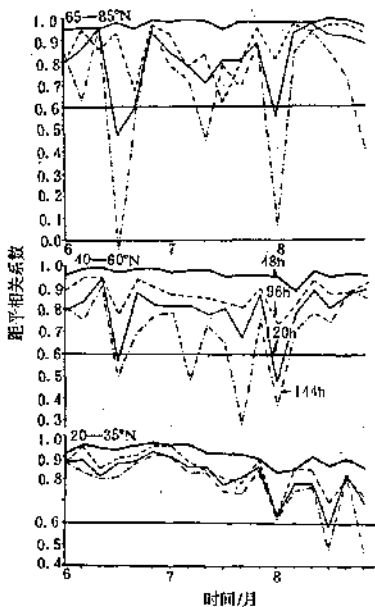


图 1b 1992 年 6—8 月 ECMWF 48、96、120、144 小时预报 500hPa 亚洲地区候平均(60°E)距平相关系数

现在这个月。

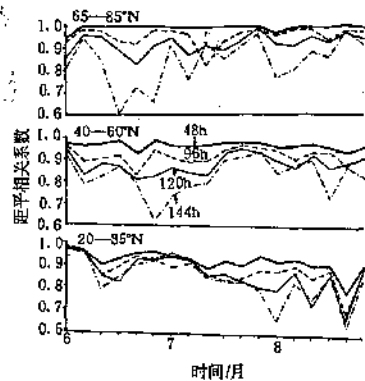


图 1c 1993 年 6—8 月 ECMWF 48、96、120、144 小时预报 500hPa 亚洲地区候平均(60—160°E)距平相关系数

1.2 均方根误差

数值模式预报的均方根误差一般随着时效的延长而增大。这里给出 3 个纬带 ECMWF 120 小时预报的月平均均方根误差,以此来进行讨论(表 1)。其特点是:误差值随着纬度的降低而逐步减小。低纬误差最为稳定,月平均均方根误差都在 10—20gpm,即使是候均方根误差值也都在 30gpm 以下;中纬次之,高纬误差最大,其候均方根误差值最大达 80gpm 左右。由表 1 均方根误差值可见,1992 和 1993 年 6 月高纬、8 月低纬都大于 1991 年,表明新模式的改进在中纬较为明显,这与距平相关系数的反映不同。

表 1 500hPa 亚洲地区 ECMWF 120h 预报月均方根误差和平均误差($\times 10\text{gpm}$)

项目	均方根误差			平均误差			
	年	6月	7月	8月	6月	7月	8月
高纬	1991	4.31	5.18	4.59	0.44	1.03	1.77
	1992	5.04	5.89	4.12	0.17	1.40	1.69
	1993	5.06	4.76	4.18	0.08	1.91	1.77
中纬	1991	3.65	3.54	3.72	0.71	1.60	1.83
	1992	3.97	3.31	2.96	-0.39	0.83	0.84
	1993	2.97	2.42	2.48	0.70	0.73	0.70
低纬	1991	1.70	1.70	1.81	0.03	-0.49	0.17
	1992	1.95	1.62	1.90	-0.01	-0.38	-0.58
	1993	1.60	1.60	1.92	-0.57	-0.29	-0.73

1.3 平均误差

1.3.1 月平均误差

亚洲地区 ECMWF 120 小时预报

500hPa 高度月平均误差均在 -10--20gpm 之间(见表1);中、高纬与低纬的误差符号正好相反。其中,中、高纬以正误差为主,低纬以负误差为主。新模式月平均误差多数(约72%)小于旧模式,中纬度效果更佳。同时,我们也注意到:1993 年低纬 6、8 两个月的平均误差比 1992 年大,比旧模式 1991 年更大,这一点也与距平相关系数的情況不同。

1.3.2 日平均误差

为进一步了解 ECMWF 新模式对我国及其邻近地区 500hPa 高度逐日预报误差情况,我们将逐日预报误差分为 7 个区间,统计了 80—130°E 地区内低纬(44 个格点)和中纬(55 个格点),48、96、120、144 小时的日误差值在各区间的平均格点数(5°×5°网格)列于表2。由表可见,第一,若按日误差值在 ±10gpm 为预报精确的话,新模式低纬有近半数格点,而中纬只有近三分之一格点预报精确。第二,低纬负误差占绝对优势,而中纬正误差略多于负误差格点数。第三,低纬新模式预报精确的格点数少于旧模式,与此同时,

表2 1991—1993 年 6—8 月 80—130°E 地区 500hPa ECMWF 预报日误差区间的平均格点数

纬带 °N	时数	年	日平均误差值区间(×10gpm)						
			≤ -10	-9 -5	-4 -2	-1 +1	+2 +4	+5 +9	≥ 10
20	48h	1991	0	0	9	32	3	0	0
		1992	0	0	16	26	2	0	0
		1993	0	0	19	23	2	0	0
	96h	1991	0	1	7	27	8	1	0
		1992	0	1	13	24	5	1	0
		1993	0	1	17	22	4	0	0
	120h	1991	0	1	10	25	7	1	0
		1992	0	2	14	22	5	1	0
		1993	0	1	17	21	4	1	0
144h	1991	0	1	10	25	7	1	0	
	1992	0	2	14	22	5	1	0	
	1993	0	2	17	20	4	1	0	
40	48h	1991	0	1	8	30	11	2	0
		1992	0	1	11	32	10	1	0
		1993	0	0	11	34	9	1	0
	96h	1991	1	3	8	19	16	7	1
		1992	1	4	10	19	14	6	1
		1993	0	3	11	23	13	5	0
	120h	1991	1	4	9	17	13	9	2
		1992	2	6	10	16	12	7	2
		1993	1	3	11	21	12	6	1
144h	1991	2	5	8	15	12	10	3	
	1992	3	7	10	14	11	8	2	
	1993	1	5	11	18	13	6	1	

48—96 小时负误差的格点数增多,比 120—144 小时明显;但新模式在中纬的预报精度多数好于旧模式。另外,需要指出,新模式与其它数值模式具有一样的误差特征,即大部分 500hPa 低值系统出现正误差,高值系统出现负误差。因而致使西风带经向度预报偏弱,东亚槽和副热带高压的预报也往往偏弱。

2 一些环流特征量的预报水平

雨带位置和降水强度、尤其是大范围的暴雨预报是夏季中短期预报的重点。它们与西风带环流特征和西北太平洋副热带高压特征变化密切相关。下面就 ECMWF 模式对描述和表征这两个系统的环流特征量的预报水平进行分析。

2.1 西风带环流特征量

我们用 500hPa 45—65°N、65—155°E 地区西风指数的高低和亚洲中纬 25—55°N、70—150°E 地转西风急流的强度和位置 3 个特征量,来描述亚洲西风带环流经向度大小和中纬锋区强度和位置。为此统计了 ECMWF 1991—1993 年 6—8 月这 3 个特征量 120 小时预报的相关系数、均方根误差、平均绝对误差和正(负)平均误差等统计量,其结果列于表 3。分析表中值可以看出:

表3 500hPa 环流物理诊断量 ECMWF 120h 预报的检验

物理量	年	相关系数	均方根误差	平均绝对误差	平均误差			
					负误差	正误差		
西风指数	1991	0.70	41.3	32.6	-30.0	39	35.2	52
	1992	0.71	53.0	41.7	-33.1	39	49.7	53
	1993	0.81	36.9	29.3	-27.0	41	32.2	49
西风急流	1991	0.66	1.9	1.5	-1.8	55	1.8	31
	1992	0.78	1.9	1.7	-1.9	72	2.3	11
	1993	0.80	1.5	1.1	-1.6	53	1.5	12
急流位置	1991	0.70	3.7	2.3	-5.0	10	5.9	25
	1992	0.59	4.2	2.2	-6.5	15	6.9	17
	1993	0.73	4.3	2.4	-6.7	10	7.0	23
副高西伸脊点	1991	0.76	10.0	7.0	-5.3	26	8.7	57
	1992	0.73	11.4	8.5	-6.5	16	12.2	55
	1993	0.66	15.5	12.9	-4.8	7	13.7	81

注:西风指数、西风急流、急流位置 and 副高西伸脊点的误差单位分别为 10gpm、m·s⁻¹、纬距、经距

(1) 西风指数 新模式相关系数达到 0.71—0.81, 略高于旧模式。在平均误差方面, 正误差的情况多于负误差, 意味着环流趋向度预报偏小。但是新模式的预报性能不稳定, 各检验项目 1993 年好于 1991 年, 而 1992 年除相关系数接近 1991 年外, 其它各项均比 1991 年差。

(2) 西风急流强度 ECMWF 新模式 120 小时预报亚洲西风急流加强和减弱的变化趋势具有较好水平, 且误差幅度变化不大。相关系数达 0.78—0.80, 均方根误差和平均绝对误差都在 $1-2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间。预报西风急流偏弱的几率远远超过偏强。但也看到 1993 年仍好于 1991 年, 1992 年仍比 1991 年差。

(3) 西风急流位置 ECMWF 新模式对急流位置的预报不理想, 除 1993 年急流位置的南北摆动预报较好外(相关系数 0.73), 其它各项误差都较大, 且大于 1991 年。

2.2 副热带高压特征量

为了描述副高位置和强度的变化, 计算 5880gpm 等值线在 120°E 上的北界位置(纬度)和西伸脊点(经度), 以及 $20-50^{\circ}\text{N}$ 纬带内、 $100-130^{\circ}\text{E}$ 与 $130-160^{\circ}\text{E}$ 两个区域内副高面积指数和强度指数。

(1) 副高西伸脊点 从表 3 可见, 这一特征量新模式的各项预报水平都不及旧模式, 即使是 1993 年, 副高西伸脊点的预报为 3 年中最差的一年, 副高脊点预报偏东达 81 天, 平均误差竟达 13.7 经距。由于模式预报的副高位置显著偏东, 因而造成对副热带系统预报的能力低下。

(2) 副高北界 图 2 是 1991、1993 年 6—8 月 500hPa 图上 5880gpm 等值线北界实况(实线)以及相应 ECMWF 48、96、144 小时的预报(虚线), 1992 年副高北界的预报情况与 1993 年大致相同。新旧模式的预报性能大体相同, 表现在副高南北振荡的变化趋势(图

中箭头所示)与实况基本一致; 预报误差都是以负误差为主。新旧模式的主要差异是: 96 小时以前新模式的负误差反而大于旧模式, 这与新模式 48—96 小时低纬负误差的明显增多相吻合; 同时, 新模式自 96 小时开始副高北界位置预报出现正误差, 120—144 小时时效内有所增加, 而旧模式从 48 小时开始就出现正误差。

(3) 副高面积指数和强度指数。副高体的面积和强度稳定与否与我国主要雨带是在某区域内徘徊、还是南北移动的关系密切, 其中与 $100-130^{\circ}\text{E}$ 区域内副高的关系更为密切。图 3 反映出 $100-130^{\circ}\text{E}$ 区域内 ECMWF 新模式 120 小时预报候副高面积指数误差超过 $130-160^{\circ}\text{E}$ 区域, 而旧模式相反; 与旧模式相同的是: 预报副高面积均以偏小为主(负误差), 但 1992、1993 年平均负误差分别为 -4.2 、 -7.0 超过 1991 年的 -3.4 ; 8 月误差最大, 6 月次之。相反, 在 $130-160^{\circ}\text{E}$ 区域新模式预报好于旧模式, 6、7 两月面积指数误差值在 ± 3 之间, 只有 1992 年 8 月 4 候由于对该区域内 9211、9212、9214 号热带风暴的预报失误(反映不明显或无反映), 造成显著的面积指数误差。副高强度指数的预报误差趋势一般与面积指数相同, 仅误差值更大。例如, 1992 年 8 月 4 候, 120 小时预报副高强度指数误差高达 52。

3 小结与讨论

3.1 就 1992、1993 两年夏季 ECMWF $T_{213}L_{21}$ 500hPa 高度预报情况而言, 新模式预报性能不稳定, 这一点在亚洲地区更为突出。中、高纬西风带预报 1993 年好于 1992 年, 而低纬副热带系统预报 1993 年反而不及 1992 年。这里, 我们注意到 1993 年夏季副高位置始终偏南, 120°E 上 5880gpm 北界在 36°N 以南, 而 1991、1992 年都有超过 36°N 的时段, 最北甚至可达 50°N 以北(见图 2)。

3.2 比较3年ECMWF新旧模式夏季亚洲500hPa高度预报情况,一般而言,新模式对西风带系统及西风带特征量的预报好于旧模式,但对副热带系统各特征量的预报,如西北太平洋副高体的南北和东西位置、面积和强度等都差于旧模式,尤其在48—96小时时效内更明显。这将大大地影响我国夏季降水、特别是主要雨带位置和强度的预报。

3.3 亚洲低纬(20—35°N、60—160°E)地区500hPa高度候距平相关系数较低的候往往

发生在太平洋热带风暴活跃期或副高盛衰转折期。表4给出该地区候距平相关系数 < 0.700 候的统计情况,可以看到,1991—1993年夏季亚洲低纬500hPa高度距平相关系数 < 0.700 的10个候的情况是:(1)在我国和日本有台风或热带风暴登陆,或者在160°E以西的太平洋洋面和南海海面上有2个以上的热带风暴或台风生成。(2)东亚副高位置发生南北振荡的转折时期。这主要与ECMWF模式往往对热带风暴生成预报偏迟、强度预

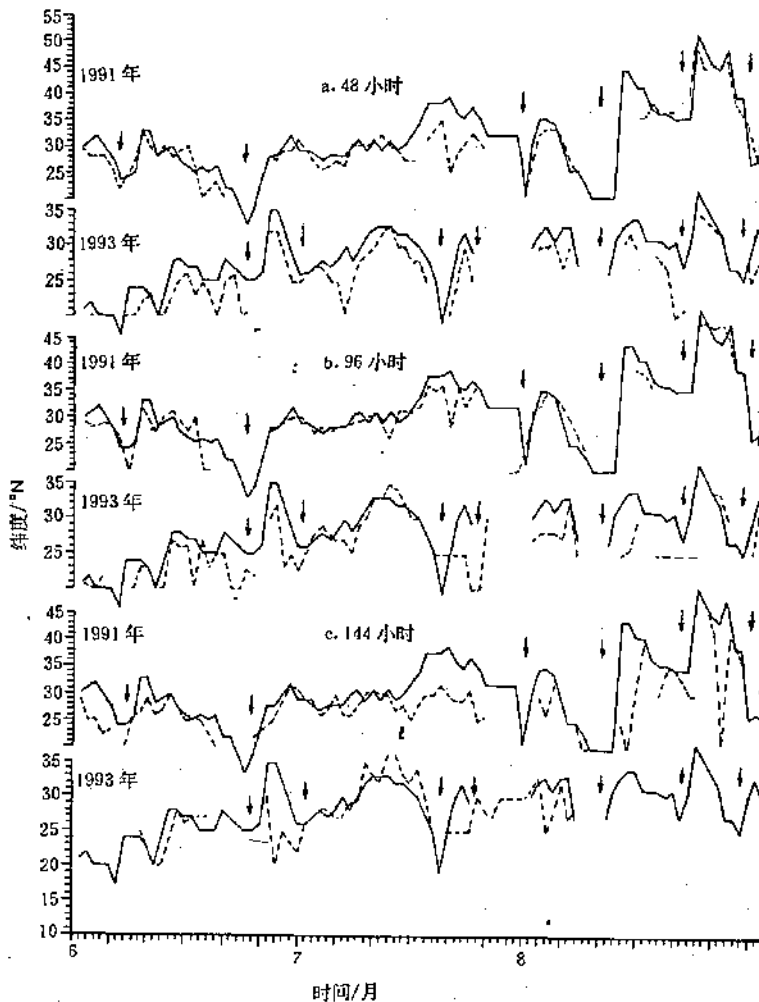


图2 1991—1993年6—8月500hPa副高特征线5880gpm在120°E的北界(实线)及相应ECMWF 48、96、144小时预报(虚线)

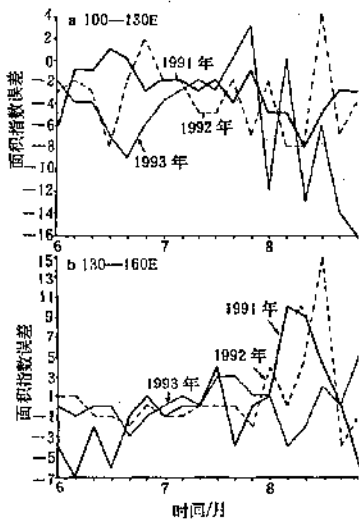


图3 1991—1993年6—8月ECMWF 120小时预报500hPa候平均副热带高压面积指数误差曲线

表4 ECMWF 120h 预报亚洲低纬候距平相关系数 <0.700 候内低纬主要环流系统的活动情况

年月 候	1991.6			1991.7			1991.8			1992.8		1993.8
	2	4	5	3	4	6	1	4	6	5		
距平相关系数	0.566	0.583	0.699	0.235	0.083	0.552	0.639	0.587	0.694	0.667		
副高趋势**	转折	升	平	升	降	降	转折	降	转折	升		
脊线平均位置	19.4	29.7	30.3	31.4	32.6	28.8	30.5	22.6	31.5	28.4		
台风个数*	0	1	2	2	2	0	1	1	2	2		
强热带风暴*	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0		
热带风暴*	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1		
登陆个数	0	1	1	1	1	0	0	2	2	0		

* 160°E 以西洋面上生成的台风或热带风暴。

** 100—130°E 5天滑动平均副高脊线的变化。

报明显偏弱和路径预报偏差较大而造成的。另外,可以注意到这些候距平相关系数较低往往出现在东亚副高平均脊线位于 23°N 以南和 28°N 以北的情况下。但是并非所有有热带风暴或台风活动和副高变化时,ECMWF的预报水平都有所下降,对个别台风路径的预报也较为准确。如对9307号台风72—120小时的预报基本准确。

因此,对我国来说,夏季 $T_{213}L_{31}$ 模式预报并不理想,释用要十分小心,尤其在热带低值系统活跃和副高南北位置振荡时期。并要注意到副高体位置预报偏南、偏弱和明显偏东的预报特点,进行适当修正,通常东亚低纬地区高度场可在增大 $10\text{--}20\text{gpm}$ 之后,再统计副热带系统的各种特征量,这对西风急流位置和强度预报的提高也起一定作用。

Verification and Discussion of Prediction Natures of the $T_{213}L_{31}$ Model by ECMWF during June—August

Chao Shuyi Li Yue'an

(National Meteorological Centre, Beijing 100081)

Abstract

The 500hPa height and circulation characteristic value of 48—144 hours forecasting by ECMWF for old model— $T_{108}L_{19}$ in 1991 and new model— $T_{213}L_{31}$ in 1991—1993 during June—August have been verified. The results show that after model renewal the prediction natures was instable in Summer, especially in Asia. The forecast made by the new model was generally better than the old model for the westerly belt, and was worse for the subtropical belt.

Key Words: circulation characteristic value prediction nature statistical test