

月动力延伸预报产品在三峡工程建设服务中的应用^①

陈丽娟 李维京

(国家气候中心,北京 100081)

提 要

用3种客观评分方法对国家气候中心为三峡库区提供的月动力延伸预报产品(500hPa位势高度场)进行了全面评估。结果表明,延伸预报月平均环流场预报准确率明显高于持续性预报和气候预报,有一定的预报技巧,对三峡工程气象服务有参考价值。从动力与统计相结合的角度出发,利用推导的月降水距平与月环流场的关系,建立了三峡库区代表站点月降水距平预报方程,利用月动力延伸预报的500hPa高度场和实际降水场资料反演出月降水距平预报方程的系数。经过1999年降水预报试验,证明效果较好。

关键词: 延伸预报 技巧评估 三峡工程 降水预报

引 言

用动力数值模式为某一个特定区域的大型工程项目提供月气候预测服务,在国内尚无成熟的经验。目前国内外在月、季气候预测业务方面仍然以统计方法为主,利用数值模式的动力学方法还处于研究和试用阶段^[1]。国家气候中心自1995年以来利用中期数值预报模式T63L16进行月动力延伸预报研究和应用。在模式最优初值的形成、部分物理过程改进及预报结果集成方面作了大量工作^[2~4]。对已有个例的评估结果表明月动力延伸预报的主要产品——500hPa环流预报技巧明显优于持续性预报和气候预报,有一定的预报技巧(距平相关系数为0.35~0.4)^[5]。虽然该结果离业务需求的预报技巧(0.5~0.6)^[6]还有差距,但在目前国内外月、季气候预测面临的困难情况下,仍有一定的参考价值和使用优势。

由于动力延伸预报提供的月平均降水和月平均温度等要素的预报技巧较低,因而如何利用预报技巧较高的环流场作要素预报是业务应用的需求。三峡工程建设服务所需要的直接要素是降水。本文应工程建设之需,从大尺度大气动力学方程组出发,推导出三峡

地区代表站月降水距平预报方程^[7],利用月动力延伸预报500hPa高度场和三峡库区代表站点的月降水资料反演出降水距平预报方程的系数,从而利用该方程做降水预报试验。

1 月动力延伸预报产品——500hPa环流的应用及评估

国家气候中心月动力延伸预报于1995年投入准业务运行。以国家气象中心中期数值预报模式T63L16为基本动力框架,目前采用滞后平均集合预报法(LAF),作逐旬滚动月预报。取每旬末两天00、06、12、18UTC为初始场分别积分30天,逐日积分结果采用抛物线型权重平均法^[4],得到500hPa位势高度场和距平场的旬、月平均值,该试验每月作三次。为了对月动力延伸预报的现状有较清晰的了解,这里采用3种评分方法:距平符号一致率(P)、距平相关系数(AC)^[5]和均方根误差技巧评分^[8]RMSSS(Root Mean Square Score Skill),对1996~1998年共96个预报个例进行评估。评定区域是国家气候中心选用的欧亚地区(15~70°N、30~170°E)151个格点和北半球(10°以北,5纬距×10经距)576个格点。表1是三种方法评估的结果。

① 本文得到国家气象局气象科技“短平快”课题02-02子专题的资助

表 1 1996~1998 年月动力延伸
预报技巧评估平均结果

预报时段	欧亚地区			北半球地区		
	P/%	AC	RMSSS	P/%	AC	RMSSS
第一旬	75.84	0.65	34.85	73.08	0.57	27.17
第二旬	62.89	0.21	13.76	61.36	0.18	10.76
第三旬	60.60	0.09	11.01	60.21	0.13	11.15
月平均	69.17	0.38	19.80	67.23	0.36	15.23

从表 1 中可以看出:(1)P 方法评估的各旬、月平均得分大于 0.50,说明动力延伸预报优于气候预报;(2)AC 月平均值为 0.35~0.4 左右,这与目前国际上同类预报方法的水平接近^[6];(3)RMSSS 法得分均大于零,说明动力延伸预报好于持续性预报。总之,国家气候中心月动力延伸预报有一定的预报技巧,可以用于业务参考。

按照三峡二期工程建设服务要求,我们从 1999 年开始,一边改进月动力延伸预报业务系统,一边试验性提供北半球月平均环流场预报。截至 1999 年 12 月,共提供预报 10 次。表 2 是 10 次环流预报评分结果。

从表 2 看出,所提供的 10 次平均预报结果评分比 1996~1998 年预报水平略高。仔细分析历次预报试验可以发现:(1)半数以上预报个例距平相关系数达 0.4 以上。例如 1999 年 2 月预报的距平相关系数为 0.7,已达到业务应用要求;(2)少数个例评分较低,仍有预报技巧。如 1999 年 6 月预报相关系数为 -0.13,预报场和实况场差异较大,但符号一致率为 60.5(>50)、RMSSS 评分为 17.2(>0),说明当时环流出现转折,动力延伸预报效果不好,但仍优于气候预报和持续预报。

表 2 北半球地区月动力延伸预报产品在三峡库区应用个例评估

预报月	9901	9902	9903	9904	9905	9906	9907	9908	9911	9912	平均
P	68.4	76.5	69.1	70.1	68.3	60.5	72.5	70.8	72.3	71.2	69.97
AC	0.47	0.70	0.49	0.39	-0.130	0.36	0.41	0.37	0.46	0.40	
RMSSS	6.4	24.6	27.1	20.0	27.8	1.9	22.7	9.9	3.8	32.6	17.68

2 三峡库区代表站月降水距平预报方程建立

影响三峡库区工程建设的直接气象要素是降水,由于动力模式输出的月降水预报技巧较低,而统计方法预报降水也有一定的局限性,我们从动力与统计相结合的角度出发,采用文献^[7]推导出的月降水距平预报方程。具体过程略,这里给出最后的公式:

$$R' = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 \quad (1)$$

其中 R' 为站点降水距平, A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 为未知参数;

$$X_1 = \nabla^2\phi', X_2 = \frac{\partial\phi'}{\partial x}, X_3 = \frac{\partial\phi'}{\partial y}, X_4 = \phi'$$

由式(1)可见,某站的降水距平与该站上空环流的辐散辐合、经纬向切变以及月高度距平有关,有明确的物理意义。本文采用文献^[9]提供的反演方法确定式(1)的参数。

2.1 资料的选取

选取月动力延伸预报 1996 年 4 月~1998 年 12 月共 34 组月预报距平场 (ϕ' , 水平分辨率 2.5×2.5 经纬距) 和相应时段三峡库区代表站的月降水距平 (R') 作为已知量。三峡库区按照流域分为 7 个区,本文在每一个区选一个测站作为代表站,即:达县(嘉陵江流域)、成都(岷江沱江流域)、遵义(乌江流域)、重庆(重庆~万县)、宜昌(万县~坝区)、恩施(清江流域)、宜宾(宜宾~重庆)。

首先计算了 7 个站的月降水距平 (R') 与预报的 500hPa 月高度距平场 (ϕ') 的相关系数(表略),结果表明大部分站的相关系数可通过 0.01 的信度检验。说明在形势场和要素场之间具有内在的物理机制。

2.2 确定系数和预报试验

分别将 $\nabla^2\phi'$ 、 $\frac{\partial\phi'}{\partial x}$ 和 $\frac{\partial\phi'}{\partial y}$ 变成差分格式,其中 Δx 和 Δy 取一个格距,根据模式输出的高度场距平 ϕ' 计算出各项,将每个站的月降水距平带入方程,由反演方法计算出各站预报方程的参数 A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 (预报方程略)。

根据定好系数的预报方程,利用动力延伸预报形势距平场,对 1999 年 2、3、4、5、6、7、8、11、12 月(由于机器故障,个别月份缺)做降水预报试验,结果见表 3。

分析表 3 可以发现:(1)对每个月,7 站的降水距平符号一致率一般在 4/7 以上;(2)对 7 个站,每月降水距平预报准确率高于气候预报,距平符号一致率一般在 5/9 以上;(3)个别月份预报量值非常接近于实况。如达县 5 月预报距平和实况距平分别为 -37.8 和 -36.1;(4)用该方法可部分报出异常降水级。如恩施 8 月预报距平和实况距平分别为 -67.2 和 -69.2,一般方法很难报出这样的结果。

表3 动力延伸预报释用方法在三峡库区1999年月降水预报的应用评估

月份	达县		成都		遵义		重庆		宜昌		恩施		宜宾		符号 一致率
	实况	预报	实况	预报	实况	预报	实况	预报	实况	预报	实况	预报	实况	预报	
2	-12.9	-82.1	-9.5	-20.8	-6.9	139.2	-8.0	-7.8	-21.8	151.8	-17.6	-85.9	-23.4	128.8	4/7
3	8.2	27.6	-16.5	-20.4	-20.7	-83.0	20.9	24.4	24.9	-92.4	-48.6	36.2	-26.4	-63.6	6/7
4	13.3	24.7	-11.7	-16.0	-11.8	-64.0	49.6	23.6	35.3	-69.2	107.8	24.6	-8.0	-72.6	6/7
5	-36.1	-37.8	-17.4	-18.0	-0.6	63.4	-13.4	5.2	30.9	38.6	-4.6	-29.3	32.2	75.4	5/7
6	-39.5	9.6	-8.8	-35.2	-6.5	-43.6	19.2	19.1	-14.7	-41.2	-26.7	10.6	21.7	-26.6	4/7
7	78.5	6.4	-17.1	-20.0	76.7	-44.0	102.5	18.2	-71.3	-63.2	26.7	21.6	-86.4	-31.0	6/7
8	-81.0	-58.9	-66.1	-41.0	62.4	87.0	59.0	-1.0	-133.0	114.4	-69.2	-67.2	142.4	85.0	5/7
11	4.4	20.8	7.0	-25.2	-2.2	-55.4	28.6	22.4	-0.2	-55.4	48.6	17.7	11.6	-52.4	5/7
12	-13.4	-10.0	1.7	-15.8	-13.4	0.0	1.8	62.3	-14.7	0.0	-12.4	-10.0	0.9	0.0	6/7
符号一致率	8/9		7/9		5.5/9		7/9		5.5/9		7/9		5.5/9		

注:多年平均值取1961~1990年共30年。

3 结 语

本文首先评估了国家气候中心月动力延伸预报的现状,并对为三峡库区提供的北半球环流场做了分析,表明月动力延伸预报的环流场有一定预报技巧。然后从动力与统计相结合的角度,利用动力产品~500hPa形势作单站降水预报。对1999年三峡库区7个站9个月的预报试验表明延伸预报产品的释用效果较好。当然,由于动力延伸预报研究历史太短,用于求降水预报方程系数的资料受时间长度的限制,预报结果与实况还有差距,有待于进一步改进、完善。

参考文献

1 王向东、李维京. 国外长期预报业务与研究进展. 气象科技, 1998, (10).

2 龚建东、李维京、丑纪范. 集合预报最优初值形成的四维变分同化方法. 科学通报, 1999, 44(10): 1113~1116.
 3 任军芳, 苏炳凯, 赵鸣. 标量粗糙度对地气交换的影响. 大气科学, 1999, 23(3): 349~358.
 4 张道民、纪立人、李金龙. 月数值天气预报试验研究. 大气科学, 1996, 20(4): 429~438.
 5 李小泉, 李维京. 500hPa平均环流形势月预报水平的评估. 应用气象学报, 1993, 4(增刊): 69~75.
 6 王绍武. 月平均环流的长期数值预报. 大气科学, 1990, 14(2): 243~248.
 7 李维京, 陈丽娟. 动力延伸预报产品释用方法研究. 气象学报, 1999, 57(3): 338~345.
 8 WMO Standardised Verification System for Medium and Long Range Weather Forecasts. November 1997 Expert Workshop in Toulouse, France.
 9 丑纪范, 邹吉东. 长期数值天气预报. 北京: 气象出版社, 1995: 124~128.

Application of Products of Monthly Dynamic Extended Forecast to Three Gorges Engineering

Chen Lijuan Li Weijing

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract

Products of monthly dynamic extended range forecast (DERF) on Three Gorges Engineering were evaluated by using three score methods. The skills of monthly DERF is generally better than that of persistence and climate forecast. The products of DERF can be used as a reference in the serve of Three Gorges Engineering. Furthermore, a blending method of dynamical and statistical approaches was presented, which has established a relationship between monthly precipitation anomaly and monthly circulation. The relationship between monthly precipitation forecast equation and its coefficients was determined by using 500hPa potential height anomaly of ensemble dynamical extended range forecast (DERF) and observed precipitation. The results show that the method is useful in forecasting monthly rainfall anomaly using potential height of ensemble DERF through precipitation forecast tests in 1999.

Key Words: dynamical extended forecast score method Three Gorges Engineering precipitation forecast