

HLAFS 资料在短期降水、气温 MOS 预报方法中的应用

吴爱敏^{1,2} 郭江勇^{1,2}

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020 2. 庆阳市气象局, 甘肃 庆阳 745000)

摘要 通过对 HLAFS 资料建立的 5~9 月夏半年气温、降水方程中所选的因子进行统计整理, 找出使用频率最高的因子。气温方程中所选的因子 24 h 气温预报方程中以 24 h 前的因子多, 而 48 h 预报方程中多选 24 h 后的因子, 实况因子选中的几率大, 与预报员的思路一致。降水方程中, 因子辐散风选中的最多, 其次为 Q 矢量散度和涡度。利用“1999.7.4”庆阳大到暴雨个例, 对方程中使用最多因子的实时场和预报场进行了分析, 所选因子有较明确的物理意义, 为以后 MOS 预报降水因子的选取提供了参考依据。

关键词 因子统计 结果分析 时空特征

中图分类号: P456.1

文献标识码: A

引言

随着气象现代化建设的快速发展, 对各级天气预报人员的知识结构和预报技能提出了新的要求, 特别在数值预报及产品释用方面。与发达国家相比, 我国的数值预报模式起步较晚, 20 世纪 80 年代, 出现了 B 模式, 市级以上台站做过一些定性为主的解释应用, 由于条件限制, 难开展较精细的定量工作。90 年代, 中国气象局组织相继开发了 T42、T63、T106, HLAFS 等模式, 新世纪初 T213 模式又投入了业务运行, 各级台站开始开展精细化的定时、定点、定量预报服务工作。文献^[1-9]介绍了数值预报释用的一些工作, 吴爱敏^[10]曾用 T106 资料建立了庆阳降水、气温等 MOS 预报方法, 并在实际业务中应用改进。由于 HLAFS 模式格距为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, 较 T106、T213 格距 ($1^\circ \times 1^\circ$) 小, 庆阳市 8 个气象站之间的直线距离大都在 50 km 左右, HLAFS 模式及其输出产品资料, 插值至气象站点后更精确, 便于和预报对象一一对应制作预报模式, 因此选用 HLAFS 模式及产品, 更适合市级台站, 不足之处是 HLAFS 预报时效较短(仅 48 h), 仅用于制作短期预报业务。通常制作 MOS 预报需要较长的数值预报资料, 选用了 3 a 的 HLAFS 资料, 用逐步回归方法建立了庆阳

市 8 个单站的气温、降水预报方程。由于在建立方程时, 数值预报及产品的预报因子非常多, 超过 1 400 个, 加上各气象站实况因子(实时气温、水汽压等), 因子非常多, 依赖计算机自动筛选因子, 根据相关性大小决定是否选入, 除程序中可对选入因子个数进行限制规定外, 因子的随意性还是很大, 而且所选因子时效及层次不同, 比较杂乱, 是否具有一定的物理意义, 值得进行分析探讨。本文对建立的夏半年预报方程(5~9 月)中的因子进行了归纳统计整理分析, 探讨所建方程中因子主要特征。在气温方程中针对不同时效因子进行统计, 在降水方程中, 针对 20~20 时降水量 >0.0 mm、 >10.0 mm、 >25.0 mm 的降水概率方程所选因子依据不同类别归纳, 找出使用频率最高的因子, 最后, 通过“1999.7.4”大到暴雨个例, 分析方程中出现频率最高的因子特征, 探讨了因子的时间变化和空间分布特点。

1 资料来源和统计方法

利用夏半年(5~9 月)3 a(1995~1997 年)的 HLAFS 格点资料, 将不同时效、不同层次以及计算后得到的 1 483 个因子逐日插值至每个站点, 这样就和各站的预报对象, 即气象要素(气温、降水)相对应, 建立各站点的预报方程。虽然建立的预报方程用的是

收稿日期: 2005-07-01 改回日期: 2005-08-01

基金项目: 甘肃省气象局雷达资料的应用与开发项目“新一代天气雷达在强对流天气中的应用”(2006RA-5)资助

作者简介: 吴爱敏(1967-)女, 河南温县人, 高级工程师, 主要从事中短期天气预报及服务。E-mail: zqxjwam@sohu.com

逐步回归这种传统的统计方法,但由于因子非常多,靠计算机自动筛选因子,根据相关性大小决定是否选入,除对因子个数进行限制规定外,因子的随意性还是很大。考虑气温和降水性质不同,气温基本可看作为连续性要素,而降水是不连续的,所以对不同类方程中因子的分析选用不同的统计方法,气温方程中以不同时效因子的统计为主,降水方程中的因子,按照天气学特性进行了归类后再统计分析。

1.1 气温

每个气象站建立的气温方程有6个,其中24、48 h 预报方程各3个,分别为:日平均、日最高、日最

低气温,对不同时效的因子,即00、12、24、36、48 h 5个时效的因子在方程中的选取情况进行统计。

1.2 降水

用夏半年3 a的HLAFS资料建立每站降水量及不同量级的降水概率方程,共29个,从中选取了24、48 h 20~20时的降水量 $>0.0\text{ mm}$ 、 $>10.0\text{ mm}$ 、 $>25.0\text{ mm}$ 降水概率方程共8个进行统计,方程中的因子,按照同一物理量,不同时效,各个层次归为一类,对HLAFS资料中的5个时效的1483个因子先归纳为30个不同类(表1),然后进行分析。

表1 HLAFS 因子归类表
Tab.1 The factors of HLAFS classification

因子号	气象要素	因子号	气象要素	因子号	气象要素
1	高度	2	UV 风	3	气温
4	Q 及 Q_s	5	海平面气压	6	Q 矢量涡度散度
7	假相当位温	8	垂直速度	9	假相当位温垂直递减率
10	湿位温	11	偏关风	12	偏差风湿位涡
13	锋生函数	14	压能及压能梯度	15	K 指数
16	温露差	17	KY 指数	18	UVQ
19	$UP * Q$	20	$UVQDI$	21	螺旋度
22	VORT、VVOR	23	散度	24	辐散风
25	辐散风湿位涡	26	全风速	27	24 h 变高
28	24 h 变温	29	24 h 变压	30	厚度

2 结果分析

2.1 气温

统计庆阳市西峰、环县、华池、庆城、镇原、合水、宁县、正宁8个气象站,每站6个气温方程中所选因子情

况,然后把8县(区)的统计结果进行合并,结果如表2。其中 T_p 、 T_g 、 T_d 分别代表平均、最高和最低气温, T_{14} 、 T_{08} 分别代表各站点预报日14时和08时的气温。

表2 24 h 气温方程所选因子汇总
Tab.2 The chosen factors of temperature equation for 24 hours

预报对象	所选因子 次数	时 效/h					14 时气温 (T_{14})	08 时气温 (T_{08})
		00	12	24	36	48		
平均气温(T_p)		19	28	31	29	18	8	3
最高气温(T_g)		19	34	40	36	8	8	0
最低气温(T_d)		22	40	36	32	15	8	3

从表2看出:平均气温 T_p 和最高气温 T_g 方程中,所选因子以时效24 h的居多,其次为36、12 h;最低气温 T_d 所选因子多为12 h,其次为24、36 h,48 h 因子入选的很少。各气象站预报日14时的实况气温入选率为 $8/8 = 100\%$,预报日08时的实况气温除 T_g 外,平均气温 T_p 和最低气温 T_d 选中的概率为 $3/8 = 37.5\%$ 。

同样,统计48 h 气温预报方程所选因子(表格), T_p 所选36 h 因子最多,其次是24、48 h; T_g 所选24和36 h 的因子多; T_d 多选48 h 因子,除个别

站外,各站预报日14时的实况气温, T_g 和 T_d 使用概率为 $6/8 = 75\%$, T_p 选用概率为 $8/8 = 100\%$ 。

从气温方程中所选因子的统计情况看,24 h 气温预报方程中以24 h 前的因子多,而48 h 预报方程中多选24 h 后的因子,这符合预报员对温度的预报思路,特别是实况气温选中几率高,消除季节误差,说明建立气温的MOS预报方程,具有一定的客观性,符合预报业务实际情况。

2.2 降水

按照降水方程中因子的统计原则,统计庆阳市

8 县降水及不同量级降水概率方程中所选因子情况, 然后进行合计(表 3)。由表 3 可见, 第 24 类因子选中的最多, 其次为第 6、19、22、23、20 和 25、18 和 21, 剩下的因子选的比较少, 个别因子甚至一次也没选。反查后, 第 24 类因子是辐散风, 第 6 类因子是 Q 矢量散度和涡度, 下面主要分析第 24 类和第 6 类因子特征。

表 3 8 站 24 和 48 h 降水量及概率方程因子统计

Tab. 3 The factors statistics of precipitation probability equations at 8 stations for 24 and 48 hours

因子号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
所选次数	1	29	6	37	/	108	/	19	8	43
因子号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
所选次数	51	42	39	26	42	5	1	57	93	74
因子号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
所选次数	57	92	85	167	74	21	10	16	2	/

3 辐散风、 Q 矢量散度和涡度特征

辐散风, 反映风场的水平和垂直变化情况, 同一层次的辐散风反映一地的水汽输送状况, 不同高度的辐散风反映冷暖平流变化, 通过不同层次辐散风的分析, 可说明高低层的冷暖温湿配置。在天气学分析中, 高层有冷平流, 低层有暖平流作用, 温湿条件配合好, 不稳定能量集聚, 大气层结产生不稳定, 引发对流天气, 在水汽充沛或水汽输送通畅时易产生强降水, 说明辐散风和降水联系密切, 方程中出现多, 符合天气学规律, 物理意义明确。

在数值预报产品的诊断预报方法中^[11] Q 矢量

4 大到暴雨天气因子特征分析

4.1 天气实况

1999 年 7 月 4 日庆阳市降了大到暴雨, 各地降水实况见表 4。

表 4 1999 年 7 月 4 日庆阳市各地降水量

Tab. 4 The precipitation in Qingyang city on July 4, 1999

地名	西峰	环县	华池	庆城	镇原	合水	宁县	正宁
降水量/mm	42.5	12.0	36.9	49.2	37.0	34.0	28.3	20.1

从表 4 中可看出, 西峰、庆城降水量 > 40 mm, 达到大到暴雨, 其余地方出现中到大雨, 西峰地处庆阳中心, 是庆阳市所在地, 这次降水过程主要出现在庆阳中部, 北部环县和南部正宁都较小。

4.2 前期因子特征

分析大到暴雨前期, 7 月 3 日 20 时插值到庆阳的 HLAFS 资料, 由于西峰位于庆阳中部, 有一定的代表性, 以西峰的插值资料为例(表 5)。

由表 5 可见, 在 3 日 20 时实况场上, 500 hPa 以下 Q 矢量散度为正, 400 ~ 150 hPa 为负, 表示以 500 hPa 层为界, 以下辐散, 以上辐合, 而 Q 矢量涡度在 500 hPa 和 250 hPa 为正, 有上升运动, 400、300、200 hPa 为负, 存在下沉运动。由于 3 日夜降水即开始, 从 20 时的 Q 矢量反映出在高空的不同层存在上升和下沉气流, 反映次级环流状况, 符合实际情况。表现在辐散风场上, U, V 风场经合成后, 700 hPa 为 SW 风, 500、400 hPa 为 NW 风, 至 300 hPa 转为 NE 风, 风随高度顺转, 存在暖

表 5 西峰 7 月 3 日 20 时的 HLAFS 资料

Tab. 5 The HLAFS information at 20 00 on July 3 at Xifeng station

层次/hPa	700	500	400	300	250	200	150	100
Q 矢量散度/ $10^{-6} \cdot g \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$	83	194	-294	-220	-442	-173	-21	291
Q 矢量涡度/ $10^{-6} \cdot g \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$	89	74	-35	-97	80	-159	74	56
辐散风 $U/10^{-3} \cdot hPa \cdot s^{-1}$	1	11	22	-21	-40	-27	7	3
辐散风 $V/10^{-3} \cdot hPa \cdot s^{-1}$	7	-3	-12	-14	7	8	-10	3
合成风	SW	NW	NW	NE	SE	SE	NW	SW

平流, 说明低层有较好的温湿条件。

方法在区域性强降水预报方面较数值预报模式有一定的改进。从区域性强降水的 Q 矢量诊断预报方法中得知, Q 矢量散度场能反映次级环流的强弱, 在确定暴雨落区方面具有一定的能力。从天气学上分析涡度方程中得到, 当涡度 > 0 时, 水平辐合使气旋性涡度增加, 水平辐散使反气旋性涡度减少。正涡度反映上升运动, 上升运动有利于深对流的发展, 从一个侧面反映降水的强度。因此, Q 矢量散度和涡度选入方程, 反映水汽的辐散辐合和对流发展状况, 天气学意义也很清楚。

4.3 预报场特征

4.3.1 时间变化

仍以西峰为例, 分析 7 月 3 日各时效预报场特征。在 00、12、24、36、48 h 5 个时效中, Q 矢量散度在 12 时最小, 700 hPa 为 $-242 \times 10^{-6} \cdot g \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$, 500 hPa 为 $-370 \times 10^{-6} \cdot g \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$, 表示预报场 12 h 辐合最大, 实况此时降水最强, 预报与实况有一致的对应关系, Q 矢量涡度 700 hPa 和 500 hPa 在 00 时最大, 其次为 24 时, 可见 3 日 20 时至 4 日 20 时一直存在上升运

动,尤其是3日20时上升运动最强,辐散风 U 、 V 在12时700 hPa层最大,分别为 $5 \times 10^{-3} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $-10 \times 10^{-3} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,在500 hPa上分别为 $11 \times 10^{-3} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $16 \times 10^{-3} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,即预报4日08时西峰低层将为NW风,高层为SW风,西峰上空已开始转为冷平流,仍处于冷暖气团交汇中,降水虽仍持续,将会逐渐减弱,这些与实况吻合很好。

4.3.2 空间分布

以庆阳市8县(区)7月3日24 h 500 hPa和700 hPa的预报场探讨 Q 矢量散度、涡度和辐散风的分布特点。分析3日20时500 hPa散度和涡度24 h预报场发现,散度的分布以合水为最小中心向周围逐渐增大,而涡度以华池为最大中心向周围逐渐减小,在700 hPa 24 h散度和涡度分布与500 hPa相似,只是中心位置不同,散度中心位于宁县,涡度中心位于西峰,这也与庆阳中部(包括西峰、庆城、镇原、合水)降水量较大,北部(环县、华池)和南部(宁县、正宁)降水较小基本一致。

3日20时500 hPa辐散风24 h预报场, U 值均为负值,最大在宁县,辐散风 V 值庆城、镇原、西峰、合水为负,其余为正,最大值在庆城,700 hPa辐散风 U 除合水外均为负值, V 均为正值;从500~700 hPa辐散风高空以偏东风,低层以偏南风为主,水汽输送条件较好,与降水有一定的对应关系。

在实际预报业务中,还需与本地预报员经验相结合,进行具体分析,在数值预报及各种产品的基础上,根据最新气象资料,准确定位低槽、切变线位置、在不同季节锋区的强弱、地面冷锋位置强弱等等这些不太容易量化、计算机语言难以识别的重要因素,才能进一步提高预报准确率。

5 小结

Application of HLAFS Information in MOS Forecast for Precipitation and Temperature

WU Ai-ming^{1,2}, GUO Jiang-yong^{1,2}

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China;
2. Qingyang Meteorological Bureau of Gansu Province, Qingyang 745000, Gansu, China)

Abstract The chosen factors in the temperature and precipitation equations established using HLAFS information in May to September are concluded in order to find out the factors used most frequently. Results show that factors chosen in the temperature forecasting equation for 24 hours are mainly before 24 hours, while in that for 48 hours, the factors are mainly after 24 hours, and the factors in real time are chosen in large probability, which is consistent with forecaster's; in precipitation forecasting equations, the first chosen factor is the divergence wind, and then the divergence and vorticity of Q vector. The heavy storm case in Qingyang on 4 July 1999 was used to analyze the real time and forecasting fields using most factors in forecasting equation, and the chosen factors have clear physical meaning, which provides reference basis for selecting precipitation factors in MOS forecast.

Key words factor statistics; result analysis; temporal-spatial feature

通过气温、部分降水 MOS 方程所选因子分析得出,24 h 气温预报方程中以 24 h 前的因子多,而 48 h 预报方程中多选 24 h 后的因子,这与预报员的思路是一致的,说明建立的气温 MOS 预报方程中,所选因子比较客观,较符合实际。而降水方程因子随意性大,辐散风、 Q 矢量散度、涡度等选的概率大。用“1999.7.4”大到暴雨过程对这些因子的实时和预报场进行了讨论,进一步说明降水方程所选因子,天气学意义清楚,这为以后 MOS 预报降水方程因子的选取提供了参考依据。

参考文献:

- [1] 张守峰,郭文华,张金艳,等. T213 模式对强冷空气短期预报能力的分析检验[J]. 气象, 2003, 29(8): 28-31.
- [2] 李才媛,宋清翠,金琪. 短期强降水雨量预报与 T213 产品的天气学释用[J]. 气象, 2003, 29(3): 36-40.
- [3] 樊晓春,董彦雄,董安祥,等. T213 资料在冰雹短期预报中的释用[J]. 干旱气象, 2004, 22(1): 23-25.
- [4] 王小萍,谭季青. 对 T213 预报场可预报性的检验评价[J]. 科技通报, 2005, 21(1): 35-38.
- [5] 张青梅,李有宏,贾红莉. T213 数值预报产品在西宁夏夏季大降水预报中的释用[J]. 青海科技, 2004, 16(6): 32-35.
- [6] 张小峰,杨睿敏,徐榛莲,等. 汉中市 T213 数值预报产品气温解释预报[J]. 陕西气象, 2005, 17(1): 29-32.
- [7] 陶健红,李春虎,杨建才,等. 利用 T106 资料制作降水概率和相对湿度预报[J]. 甘肃气象, 2000, 15(2): 27-30.
- [8] 李莉,刘还珠. 对基于 T106 和 T213 数值预报模式的 MOS 温度和降水预报对比检验[A]. 推进气象科技创新加快气象事业发展—中国气象学会 2004 年年会论文集(下册)[C]. 2004. 82-89.
- [9] 许爱华,刘献耀. T106 物理量预报场在强对流天气落区预报中的应用[J]. 江西气象科技, 2002, 15(1): 27-30.
- [10] 吴爱敏. 降水和温度 MOS 预报方法探讨[J]. 甘肃气象, 2002, 20(3): 1-2.
- [11] 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材[M]. 北京:气象出版社, 1998. 1-2.