

一种带通滤波器在 MICAPS 环境中的应用

杨桂娟¹ 鄢志宇¹ 霍星远²

(1. 锦州市气象局 锦州 121001; 2. 朝阳市气象局 朝阳 122000)

摘要 利用带通滤波方法,对 MICAPS 环境中的数值预报产品的风场进行滤波处理,从而得到中尺度预报流场信息,并将滤波后的流场分布显示在 MICAPS 工作平台上,可为预报员提供中尺度预报信息。

关键词 带通滤波器 MICAPS 工作平台 中尺度预报信息 对比分析

实际大气是由多种空间尺度的波动叠加而成的。而暴雨是由大尺度背景场下的中小尺度系统引起的。为了研究这些中小尺度系统,人们经常从常规资料中分离出中小尺度系统,对暴雨进行诊断分析,结果表明^[1,2]中尺度系统与暴雨对应关系较好。但是在预报业务中经常调看的是数值预报产品和常规资料分析,如果对数值预报场进行中尺度分离是否也能为预报提供有用的中尺度预报信息呢?本文作者设计了一种中尺度带通滤波器,对 HLAFS(有限区域数值预报)资料中的 500, 700, 850 hPa 三个层次的不同层次风场资料进行滤波处理,获得了中尺度预报流场分布状况,并把滤波后流场显示在 MICAPS 工作平台上,以探讨预报场经滤波后能否为暴雨的预报和诊断分析提供有价值的中尺度预报信息。

1 中尺度带通滤波器设计原理

根据改进 Barnes 滤波方法和一种简易的滤波方案,用数值预报网格点预报值代替站点常规资料,则可设计一个低通滤波器:

$$F^1(x, y) = F^0(x, y) + \sum_{k=1}^m W_k^1 \cdot D_k / \sum_{k=1}^m W_k^1 \quad (1)$$

式(1)中 $F^1(x, y)$, $F^0(x, y)$ 为网格点 k 的低通滤波值和低通滤波初值; x, y 分别为网格点 k 的经纬度, $k = 1, 2, \dots, m$ 为网格点的序号; D_k 为网格点 k 的要素值与滤波初值的差值; W_k^1 为订正值的权重系数。则

$$F^0(x, y) = \sum_{k=1}^n W_k F_k(x, y) \quad (2)$$

式(2)中 $F_k(x, y)$ 为网格点 k 的要素预报(或分析)值; $k = 1, 2, \dots, n$ 为网格点 k 选取参加滤波的网格点数; W_k 为滤波场的高斯权重系数。则

$$D_k = F_i(x, y) - F^0(x, y) \quad (3)$$

$$W_k^1 = \exp(-r_{nk}^2/4gc) \quad (4)$$

$$W_k = \exp(-r_{nk}^2/4c) \quad (5)$$

式(4)一式(5)中 r_{nk} 为网格点 n 到网格点 k 的距离; C 为滤波常数; g 为另一滤波常数,通常取值为 0.2~0.4。

若式(1)选取 2 组不同的滤波常数 C_1, g_1 和 C_2, g_2 , 即可得到具有不同滤波特点的 2 个低通滤波器 F_1 和 F_2 , F_1 与 F_2 的差即是带通滤波器。只要选取合适的滤波常数,使得 F_1 保留中尺度以上的波动信息, F_2 保留大尺度以上的波动信息,则可得出仅保留中尺度波动信息中尺度带通滤波器

DF:

$$DF = F_1 - F_2 \quad (6)$$

2 实例应用

2.1 暴雨过程简述和环流形势分析

2.1.1 暴雨过程 2004 年 7 月 29 日 08 时—30 日 08 时辽宁出现了一次区域暴雨过程。图 1 为 29 日 08 时—30 日 08 时

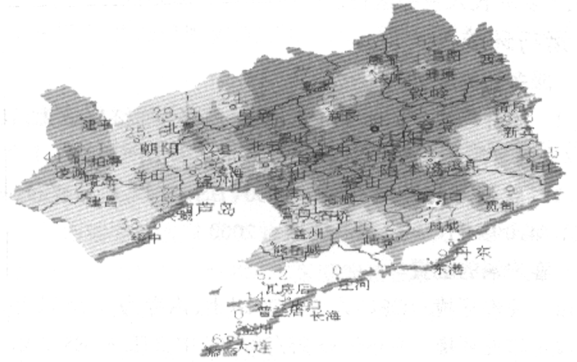


图 1 2004 年 7 月 29 日 08 时—30 日 08 时辽宁各地降水量雨情图(图中深色区域为暴雨区)。从图 1 中可以看出,暴雨落区主要集中在辽宁的朝阳西部和锦州北部、阜新和辽北、辽中地区。

2.1.2 环流形势分析 2004 年 7 月 28 日 08 时 500 hPa 高空图上,由于低纬 10 号台风的作用使得副热带高压西伸北抬。29 日 08 时达到最强,588 线西伸到山东、北抬到 40°N,辽宁处于副热带高压后部;巴尔喀什湖北部高压脊略有加强,贝湖有冷空气东南下,我国辽宁处于高空槽前。同时 850 hPa 河套南部切变线加强向东北方向移至辽宁。低层辽宁上空为水汽饱和区,水汽条件较好。地面处于弱高压前部,静止锋上有低值系统东北上。随着高空槽的不断东移,其携带的冷空气与西南暖气流在辽宁上空汇合,造成这次暴雨天气。

2.2 常数的设定与资料选取

本例滤波常数分别设定为 $C_1 = 5\ 000\ \text{km}$, $g_1 = 0.3$ 和 $C_2 = 15\ \text{万}\ \text{km}$, $g_2 = 0.3$, 构造出中尺度带通滤波器。从其响应函数曲线可以看出,带通滤波器主要保留水平尺度为 400~700 km 的中尺度波动。选取 HALFS 资料流场网格点资料中 7 月 27 日 08 时—28 日 20 时 500, 700, 850 hPa 三个层次中 4 个时次的 6~48 h 风预报场和 29 日 08, 20 时风分析场作滤波处理。将 29 日 08 时的预报场与实况场滤波结果进行对比

收稿日期:2004-11-15;修订日期:2005-04-11

分析。

2.3 滤波前后对比分析

2.3.1 500 hPa 2004年7月29日08时500 hPa风分析场,从贝加尔湖以东至我国甘肃为一高空槽,辽宁处于副热带高压外围西南气流控制(图2a)。27日08时—29日08时

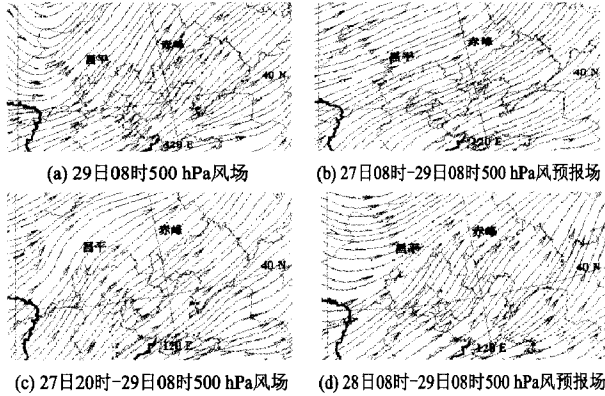


图2 2004年7月27~29日500 hPa滤波前风分析场与预报场
风48 h预报场与29日08时风分析场(图2b)相比高空槽较浅,位置稍稍偏北,预报场与实况场相比,冷空气的强度预报偏弱。27日20时—29日08时风36 h预报场(图2c)副热带高压偏强,导致高空槽位置偏西偏北。28日08时—29日08时风24 h预报场与29日08时风分析场非常接近(图2d)。从图2中可以看到 HALFS 资料中的预报场与实况分析场(除36 h)误差不是很大,24 h 预报已经接近客观分析场。

尺度分离后,29日08时500 hPa风分析场的滤波图上(图3a),槽前在内蒙古中部地区分离出一个较强的中尺度低

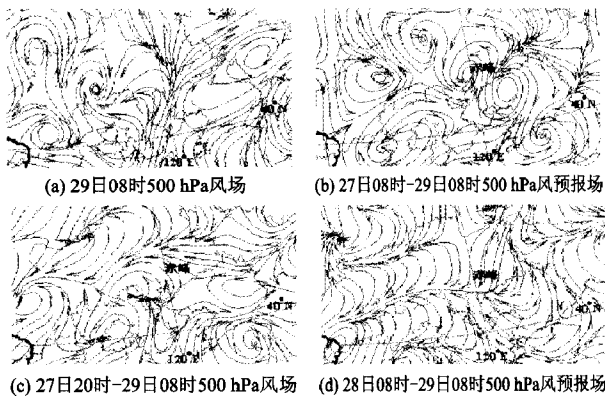


图3 2004年7月27~29日500 hPa滤波后风分析场与预报场
压,辽北为一较弱辐合区,辽西南和辽南处于弱辐散区。27日08时—29日08时预报滤波场上(图3b),槽前分离出2个中尺度低压,一个在赤峰附近,另一个在内蒙古中部与实况滤波图的中尺度低压位置相近,其强度偏弱,辽宁大部地区处于反气旋场。27日20时—29日08时预报滤波场(图3c)与滤波分析场(图3a)比较滤出的辐合区偏北的原因主要是因为预报场副热带高压偏强。28日08时—29日08时预报滤波场(图3d)与风分析滤波场(图3a)相比,在辽蒙边界附近都分离出东北—西南向辐合带,前者位置稍偏南。从预报滤波图和分析滤波图比较来看,500 hPa 不同时次预报流场都能分离出与实况流场相对应的中尺度低压或辐合中心(辐合带),

仅仅是位置、强度有偏差。滤波后所滤出的中尺度系统与暴雨落区对应较好。

2.3.2 700 hPa 2004年7月29日08时700 hPa流场分析,从我国宜川—昌平—辽宁与蒙古国边境为一东北西南向辐合带,辽宁处于辐合带东侧(图4a)。27日08时—29日08时预报流场与分析流场相比较,辐合带依然存在但位置偏北,强度偏弱。27日20时—29日08时预报流场副热带高压偏强,辽宁处在副热带高压的控制之内。28日08时—29日08时预报流场(图4b)与实况场非常接近,只是北部高空槽稍偏深

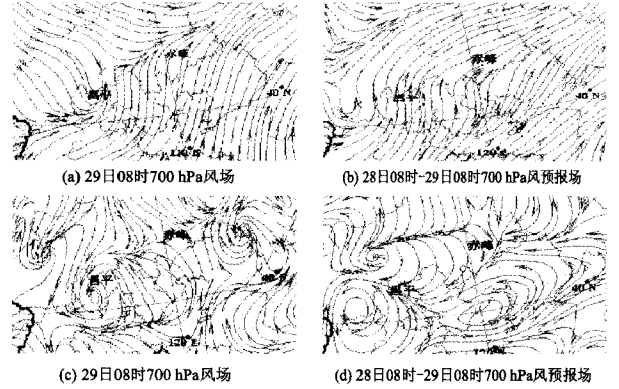


图4 2004年7月28~29日700 hPa滤波前后风分析场与预报场
些,槽底偏南偏西。

中尺度滤波图上,原始流场滤波后辐合带分离出3个中尺度低值中心,一个在宜川附近,一个在昌平一带,另一个在我国辽宁与蒙古国边境的北部(图4c)。从滤波后预报流场上看,48,36 h 预报偏差较大,辐合中心分别偏北2个纬度,这与预报场误差大小有关。但28日08时—29日08时预报滤波图与原始滤波图辐合区位置偏差不大,只有北部尺度低压变成一个强辐合区(图4d)。流场分析滤波图与24 h 预报滤波图与暴雨落区(图1)均存在对应关系。

2.3.3 850 hPa 29日08时850 hPa原始流场在昌平出现了一辐合中心,从河套东部及以南地区是一条辐合切变线,辽宁处在辐合中心的东部偏南气流中(图5a)。从几个不同次

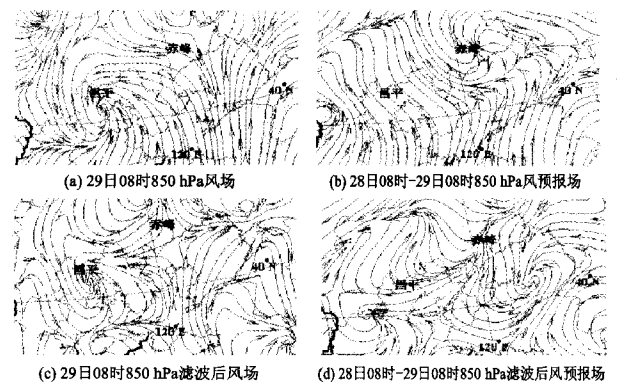


图5 2004年7月28~29日850 hPa滤波前后风分析场与预报场
对29日08时的预报流场中,辐合中心均出现程度不同的时偏离,其中28日08时—29日08时风预报流场与原始场最为接近,中心偏西0.5个经距(图5b)。

原始流场经滤波之后(图5c),辐合中心的位置无变化,

在辽北滤出一个与我国辽宁与蒙古国边界线几乎平行的辐合区。在 28 日 08 时—29 日 08 时风预报流场的滤波图上(图 5d), 辽宁地区滤出一个中尺度辐合区中心, 位于辽宁中部。其他时次滤波后与实况滤波场相差稍大。850 hPa 风分析场滤波后, 中尺度辐合区与暴雨落区对应关系很好, 但 24h 预报滤波场辐合中心偏南。

3 结语

3.1 通过对这次暴雨过程发生前期的 HLAFS 资料 500, 700, 850 hPa 三个层次风 48, 36, 24 h 预报场和分析流场的中尺度分离对比分析, 可以看到 500 hPa 滤波后的中尺度辐合区(线)与暴雨落区(图 1)存在一定对应关系。这与过去研究结果相吻合, 辐合带位置出现在暴雨落区上游, 700, 850 hPa 风分析场与风 24 h 预报滤波场和暴雨落区也存在对应关系, 只是 48, 36 h 预报滤波场滤波后分离的中尺度系统出现偏差。

3.2 从不同层次滤波效果上看, 500 hPa 滤波效果最好, 700 hPa 次之, 而 850 hPa 较差。这一结果可能与选取的个

例、预报误差和本例给定的滤波波长有关。

3.3 数值预报产品虽然有预报误差的存在, 但仍能通过数值预报场进行滤波处理后得到一些有价值的中尺度预报信息, 与常规资料相比对预报具有提前量。所以综合应用中尺度分离的预报流场和水汽条件与大尺度环流背景场一起对照分析, 在一定程度上可以提高暴雨预报确率和预报时效。

3.4 日常基层预报业务主要依托于 MICAPS 预报平台, 可以根据设计好的带通滤波器对 HLAFS, T213, 欧洲中心等不同层次不同时次风预报资料进行滤波计算, 并把计算结果以 MICAPS 系统数据格式存储, 在 MICAPS 工作平台上直接调看滤波后的预报场, 可供做暴雨预报时参考。

参考文献

- 1 陈忠明. 气象场中尺度带通滤波方法研究. 气象学报, 1992, 50(4): 4.
- 2 陈忠明. 常规资料获取中尺度信息的一种简便方法. 气象, 1994, 20(7).
- 3 陆汉城. 中尺度天气原理和预报. 北京: 气象出版社, 2004.
- 4 丁一汇. 天气动力学中的诊断分析方法. 北京: 科学出版社, 1989.