

文章编号: 1006-7639(2005)-01-0054-06

应用多普勒雷达资料实现客观、 精细化预报的实例分析

傅朝¹, 李国昌², 杨建才³

(1. 兰州市气象局, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020; 3. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 用常规填图资料和多普勒雷达PPI资料, 对2003年9月18日针对西北区域气象中心10周年庆典的气象保障服务进行了分析, 主要论述了在气象资料无时间连续性的现实条件下, 常规天气图分析预报方法对此次过程中小尺度天气系统预报的失效性, 而应用多普勒雷达反射率因子图、速度图资料, 通过分析径向风场的特征可预测该系统的影响。

关键词: 中小尺度天气系统; 极坐标; 径向散度

中图分类号: P412.25

文献标识码: A

引言

2003年9月18日是兰州区域气象中心成立10周年纪念日, 中心台依据多普勒雷达资料作出了“9时到11时无明显降水”预报, 提供了正确的气象保障服务。本文选定2003年9月18日降水过程个例, 着重分析多普勒雷达资料在短时临近预报中的作用。

关于多普勒雷达系统的应用研究, 目前主要集中在台风、暴雨、强雷暴、龙卷等灾害性天气的识别方面, 上述天气系统都存在强烈的水平、垂直风场变化, 在多普勒反射率因子图上相应的一些典型特征已被深入研究, 形成了较为完备的一套识别方法。其它的应用研究, 包括多普勒雷达资料在引发一般性降水的中小尺度天气系统方面的应用研究则很少开展, 这些天气在反射率因子图上并不具备典型的特征, 因此通过多普勒雷达径向速度资料认识实际风场结构显得尤为重要。虽然从多普勒雷达测量的径向速度资料中提取风场信息已经提出了不少有实际应用价值的方法, 但实际风场反演方法的研究还并不令人满意^[1], 这其中包含了探测误差和计算误差的共同作用, 目前还没有一个方法真正投入到日常天气预报业务运行。鉴于此, 在一定的理论依据下, 结合本地地理和天气特点, 应用多普勒雷达资料

进行一些个例研究, 无论是针对雷暴还是一般性降水都具有非常重要的意义。

1 前期降水实况、天气形势简述

1.1 地面降水实况

2003年9月17日夜间, 青藏高原35°N以南形成降水云团并不断向北移动, 05时降水区影响黄河上游、甘南、陇南以及川西高原等地区。

08~11时, 降水区开始影响整个河东地区, 08时兰州地区位于降水区的北部边缘并出现零星小雨。另外柴达木盆地降水区也已形成。

14时之前, 兰州市区仍位于降水区北部边缘, 以阴天为主并伴有间歇性零星小雨, 6 h降水量为0.0 mm。另外, 柴达木盆地降水区发展、东移, 降水区东部边界到达西宁、乌鞘岭一线。

兰州市区出现明显降水在14时之后, 14~17时影响兰州市区的降水区向北发展并与柴达木盆地东移降水区合并。

1.2 500 hPa天气形势

2003年9月16日08时, 上游天气区高压脊线位于50°E, 高压中心位于里海。西北区上游及青藏高原北部为平直气流, 波动不明显基本无短波槽活动。西藏西南侧有高压向北移动。在南方, 副热带高压登陆我

国东南地区。

16日08时至17日20时,里海高压脊的位置、强度呈准静止状态。同时副热带高压北抬到 35°N 附近,西至四川东部。原西藏东南侧的高压开始进入西藏东部地区并最终与副热带高压贯通,2高压交汇在川滇交界处产生切变,西南低涡系统生成并逐渐加深。

17日20时至18日08时,里海高压减弱东移,有冷槽进入新疆,槽前冷平流、正涡度平流输送致使柴达木盆地出现槽,位置是 95°E 。西藏东部高压脊形成,副热带高压继续西伸,并于西侧 100°E 出现一条明显的南风输送带,与西藏东部高压脊前的西北或偏西气流形成强烈切变。

1.3 过程特征

2003年9月17日20时起到18日20时止的降水过程,以14时为界可认为是2个系统先后影响的结果。

造成兰州市18日14时前降水主要原因是:副热带高压西侧南风带及西南低涡为相应的低值系统的北抬提供了不稳定条件,并引导和驱动高原东部中小尺度低值系统发生、发展,形成降水区并持续北抬。降水区08时就已影响兰州市区,但市区一直处在降水区北部边缘长达6 h之久,持续间歇性零星小雨的天气状态。

14时后的降水受柴达木盆地冷槽东移、加深,到达高原东北部与副热带高压西侧的偏南气流汇合,而冷平流更加剧了高原东侧的气旋与辐合。

综上所述,从天气实况看,对于前期偏南路径的中小尺度天气系统的影响,是由于青藏高原东南部高海拔复杂下垫面作用,使系统的变化以及高空引导气流的相对稳定性都显得较为杂乱。另外,历史上此类个例很少,基本不可能产生经验上的总结,所以用传统外推法进行预报效果不一定好,更谈不上客观精细化了。

2 多普勒雷达资料的应用与皋兰山雷达站定点客观、精细化预报的实现

庆典活动定在9月18日上午9~11时进行,皋兰山雷达站已有零星小雨,那么造成其南部降水的中、小尺度系统会不会继续北抬,只能依据多普勒雷达资料进行判断。

皋兰山雷达站9月18日08时13分开始当天的第一次以仰角 3° 进行平扫探测(图1),反射率因子回波图显示正南方有一处相对较强回波,平均距离约40

km,其中最强回波点33 dBz,方位 193° 、距离38.4 km、雨强2 mm/h。对于这一片回波区所对应的天气系统,基本可以认定是未来可能影响兰州市区明显降水的小尺度天气系统。连续观测实况反映,此系统基本停滞于测站正南部夹角为 120° ,30~75 km区域内,12时44分的回波反射率因子图(图略)上显示系统已向东南方向移动,最终还是没能影响测站附近周围地区。

对此系统运动实况本文将从风场的角度加以描述、分析。

相对于雷达测站,周围的物理量场以极坐标分布,本次过程中考察回波在某一夹角范围内的散度场,参照水平径向速度的外推,应该能够预测较短时间内中小尺度天气系统的演变和移动,这应是实现未来几小时内定点客观、精细化预报的关键。

2.1 以径向散度项估计实际散度场分布特征的依据

刘淑媛、陶祖钰^[1]提出,对中尺度天气系统、静止锋的散度特征,从散度的原始定义出发直接计算极坐标下散度的方法是可行的,其它方法的误差或分辨率均达不到要求^[2]。极坐标系散度场计算原理说明单多普勒雷达速度图不能准确反映实际风场的结构,它只是观测了目标物实际运动指向观测点的分量,这些散度分量包括:径向散度项、径向移动项和切向分量项。另外还必须指出,在极坐标散度表达式中的水平径向速度(v_r)严格地讲,与多普勒雷达观测到的不同仰角锥面上的径向速度是不同的,即 $v_r=v_D\cos\alpha$ 其中 v_D 为多普勒速度资料中仰角为 α 的观测值),在 $\alpha(\leq 2^{\circ})$ 很小的情况下,可以近似的认为 $v_r=v_D$ ^[1],所以对当日仅有的 3° 仰角的PPI资料进行极坐标下反演水平风场的复杂运算不现实。基于这种情况,在此中小尺度系统风场分析过程中,只能根据预报点所处的特殊地点和当时所面临的天气特征,并依据极坐标散度原理进行简化判别。

通过天气图分析和雷达反射率因子图显示说明我们面对的是一个临近中小尺度的天气系统,预报的地点就是雷达站附近区域。观测到的降雨云团稳定在测站的正南方40 km处夹角 120° 范围内,强回波区与正速度区位置几乎重叠(图2),南部正速度区的南北边界分别近似地呈同一半径的圆弧分布,这些反映了系统的切向变化不明显的特征,所以对这个系统而言,散度3项中具有主要影响意义的是其中2个径向分量项——径向散度项和径向移动

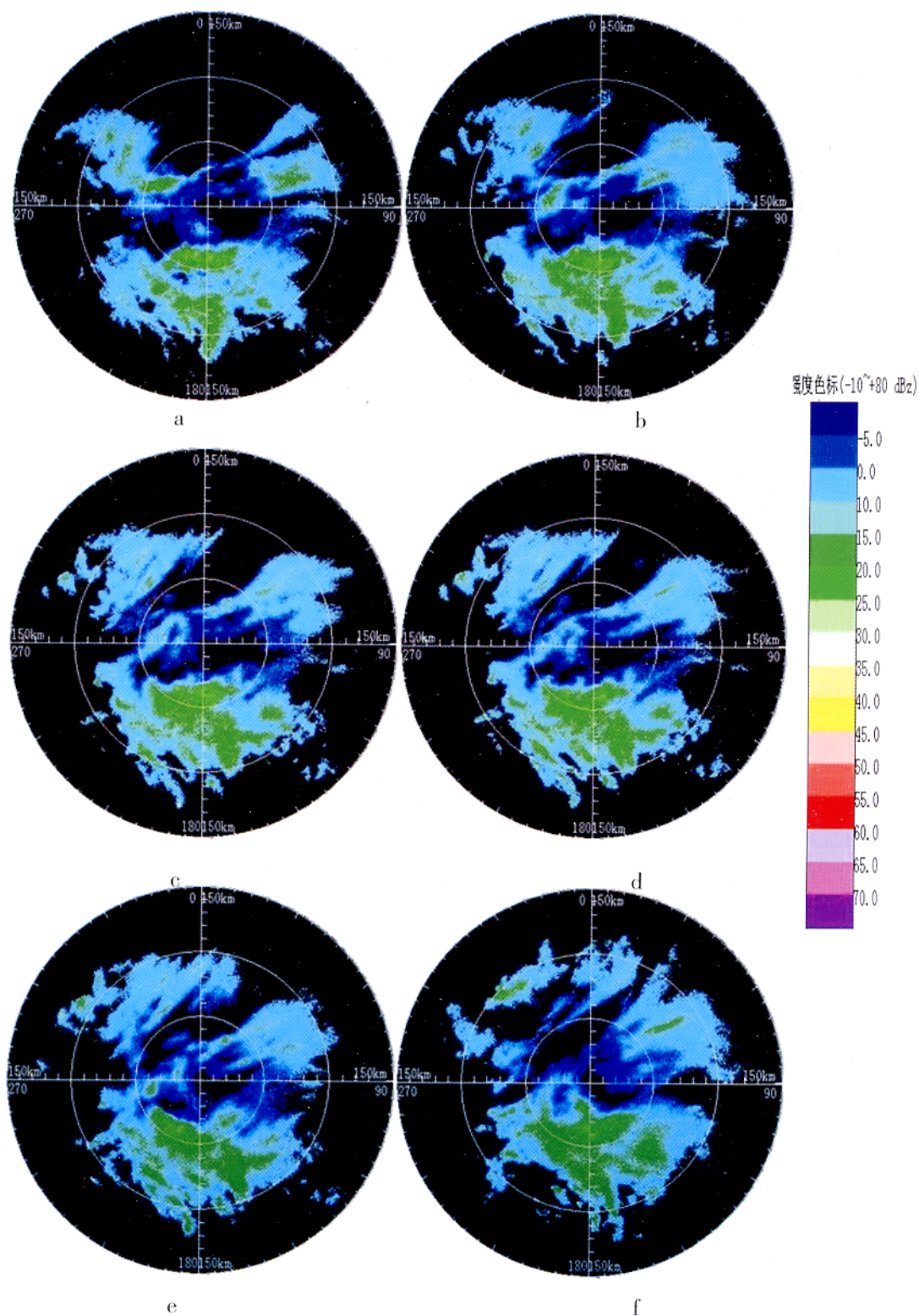


图1 2003年9月18日多普勒反射率因子图,所代表的时间分别是:a:08:13,b:08:33,c:08:43,d:08:48,e:08:58,f:09:33。

Fig.1 Spe. 18, 2003, Doppler radar base reflectivity (time:a: 08:13; ,b:08:33 ,c:08:43 ,d:08:48,e:08:58 ,f:09:33)

项,切向分量项可以忽略。

与强雷暴中小尺度天气系统和大型天气系统的运动和发展不同,整个系统包括周边范围内风速平

缓、风向不定,而系统本身的移动和变化也十分缓慢,图3中显示在 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 08时43分3000m高空距离测站25~30km处VAD分布,在偏南方向即

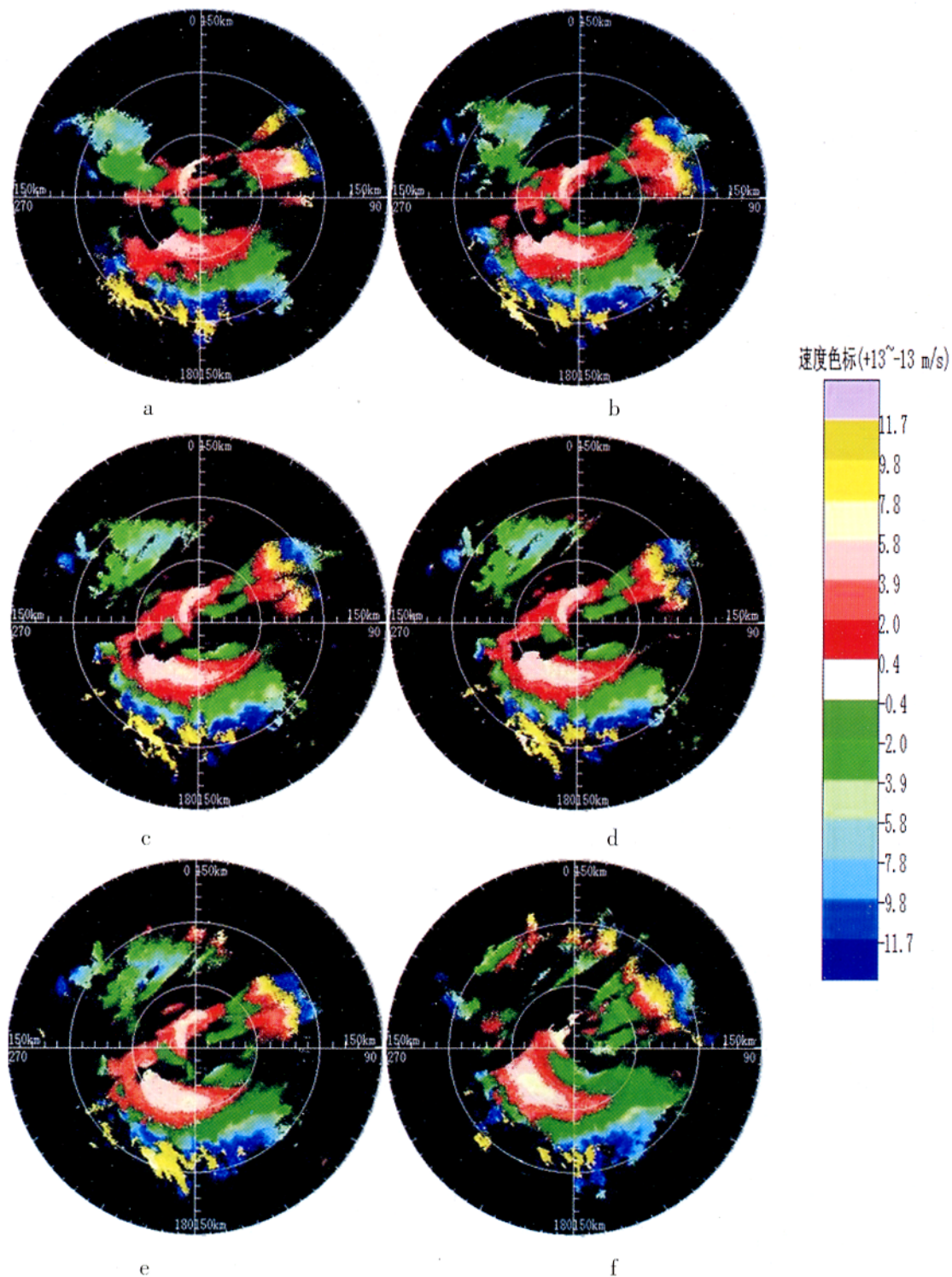


图2 2003年9月18日多普勒速度图(所代表的时间分别是:a:08:13, b:08:33, c:08:43, d:08:48, e:08:58, f:09:33)

Fig.2 Spe. 18, 2003, Doppler radar base velocity (time:a: 08:13; ,b:08:33,c:08:43, d:08:48, e:08:58, f:09:33)

90°~270°之间, 根据曲线的振幅估计平均风速较小在 5 m/s 左右, 多时次 VAD 分布图显示了同一特征, 所以径向移动项的影响也可忽略。

那么在本例的风场散度分析中可以只考虑径向

散度项: 即以测站为原点的极坐标内径向风速沿径项的不均匀分布。在较近范围内可认为回波速度近似等于风速, 如此在多普勒雷达速度图上正速度区与负速度区的分布就可以十分直观地反映出相对于

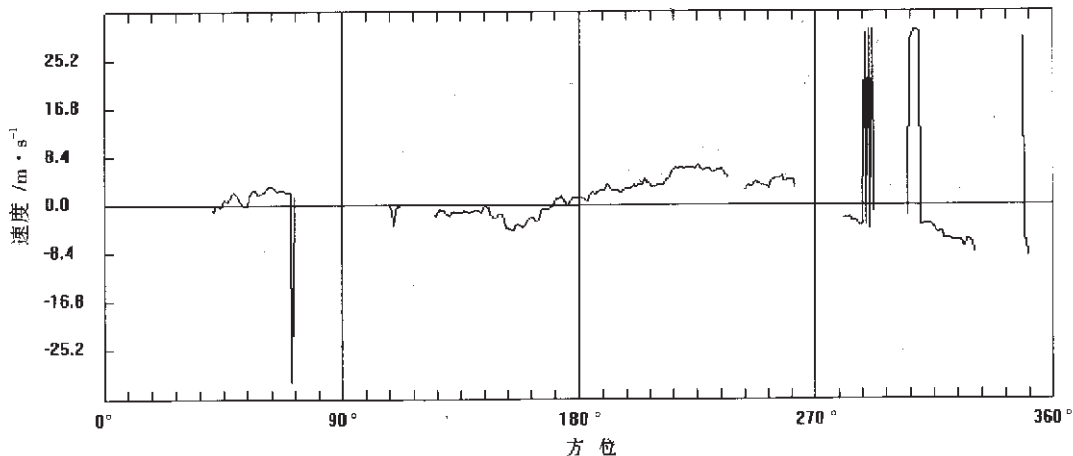


图3 2003年9月18日08时43分3000 m 高层VAD分布

Fig.3 08:43 Spe. 18, 2003, VAD distribution at the layer of 3 000 meters high

测站附近区域内的对天气预报有重要意义的散度分量。

2.2 风场、散度场的描述

由图2可知,在半径50 km范围内,08时13分至09时33分之间1 h 20 min的时间里,正、负速度区的面积、位置均无太大变化,大体上这个区域内正速度区大于负速度区,从正、负速度区的分布反映出径向辐合区位于测站南侧。测站南侧有2条正、负速度区的结合带,走向几乎与径向相切,近似地与以测站为圆点的圆弧吻合。

在南北径向上,正速度区有2块,测站北部中心距离约15 km,方位角315°方向上有一块正速度区;测站南部中心距离约40 km,方位角195°方向上有一块正速度区,这个正速度区与较强回波降水带相对应,另外在此正速度区北侧有一块负速度区,2块交于测站距离30 km正南方位30°左右的夹角内,可认为是降水系统前海拔3500 m高空的径向辐散带。

这条辐散带在短期内如何进行南北径向上的变化,测站周围30 km范围内几个时次的速度图对比可以说明这个问题。测站南北2侧的正、负速度区的面积和速度大小呈稳定并略有增长的状态,可以肯定测站南侧30 km范围内有一支稳定加强的偏南气流的分量,这种结构保持了降水云团前部中低层径向气流的辐散状态。

另外在测站南方距离60 km以南保持一块稳定的负速度区,此处径向散度项为辐合,2003年9

月18日上午无体扫资料(VPPI),采用的反射率因子图、速度图中的要素所反映的高度也以3°坡度随距离变化,雷达以3°仰角作平扫观测,60 km处对应的海拔高度约为5300 m,辐合层偏高。

从径向风场和径向散度场分析,此系统进一步发展的趋势不明显,在较短时间里将稳定在测站以南30 km。

3 小结

以上分析表明,在本例中仅以正、负速度区的分布判断散度场特征进行临近预报的方法是可行的,但这个可行性并不具备普遍意义,如强对流中小尺度天气系统的散度特征应不可用这个方法简单地界定。

对天气图进行天气学 and 传统经验的分析,预测不了临近中小尺度天气系统的变化,在复杂的天气背景下实现无缝隙的客观、精细化预报只能依靠先进的探测手段,应用多普勒雷达资料一方面不仅可以在重要、灾害性天气中为防灾减灾发挥关键作用,另一方面,针对一些重大的社会活动和公益活动的临近短时预报也能获得巨大的社会效益。

参考文献:

- [1] 刘淑媛,陶祖钰.从单多普勒雷达速度场反演散度场[J].应用气象学报,1999,1:41-48.
- [2] 陶祖钰.从单多普勒雷达速度场反演风矢量场的VAP方法[J].气象学报,1992,1:81-90.

The Case of Using Doppler Radar Data to Achieve the Impersonal and Fine Weather Forecast

FU Zhao¹, LI Guo-chang², YANG Jian-cai³

(1.Lanzhou Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China; 2. Gansu Provincial Weather Modification Office, Lanzhou 730020, China; 3. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Using the synoptic chart and Doppler radar data to analyze the weather case on Sep. 18, 2003, when we served for the tenth anniversary celebration of the Lanzhou Regional Meteorological Center, the results show that the conventional weather data without continuity cannot be used to forecast the small mesoscale system like this case; but using Doppler radar data can forecast the influence of the synoptic system by analyzing the change of the radial wind field.

Key words: small mesoscale system; polar coordinate; radial divergence

(上接第 38 页)

The Spatial and Temporal Characteristics and Forecasting Method of Precipitation in Heihe Field

CAO Ling, DOU Yong-xiang

(Zhangye Meteorological Bureau, Zhangye 734000, Gansu, China)

Abstract: In this paper, using annual precipitation data of 13 stations during 1960 to 2000, characteristics of spatial distribution of annual precipitation in Heihe field are analyzed and division of climate district is done with EOF and REOF methods. Tendency of annual precipitation in Heihe field is studied by using linear tendency estimation. On the base of above analysis, precipitation can be predicted in each divided area and in different season. Through marking examining, it has reached certain rate of accuracy. The result of prediction is stable, dependable and available.

Key words: Heihe Field; precipitation; spatial and temporal characteristics; forecast method