

孟妙志,卢晔,王仲文. 关中阵风锋环境场和雷达特征分析[J]. 陕西气象,2019(5):12-16.

文章编号:1006-4354(2019)05-12-05

关中阵风锋环境场和雷达特征分析

孟妙志,卢晔,王仲文

(宝鸡市气象局,陕西宝鸡 721006)

摘要:利用高空、地面天气图,宝鸡多普勒雷达资料统计分析了关中地区7例阵风锋天气成因及雷达回波特征。分析表明:西北气流携带的中空干冷平流是强对流发生的有利条件,地面干线是强对流的触发系统,地面气温 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上高温且湿度 $20\%\sim 35\%$ 是阵风锋发生的有利环境。雷达回波上,阵风锋从初生、发展、加强到减弱的生命史为 $1\sim 3\text{ h}$,与雷暴回波由强($\geq 55\text{ dBz}$)减弱($\leq 30\text{ dBz}$)的过程一致。阵风锋移动速度与雷暴径向速度有直接关系,雷暴出流快速达到最大($>17\text{ m/s}$)时,阵风锋发展达到强盛时段,其强度、长度达到最大;阵风锋移动方向与雷暴移动方向大体一致,呈西北—东南向;少数与主体风暴移向垂直,为东北—西南向。阵风锋在 1.5° 仰角出现最早,关注识别 1.5° 仰角阵风锋窄带回波前兆可为发布大风预警提供依据。

关键词:阵风锋;窄带回波;大风;雷达特征

中图分类号:P441;P457

文献标识码:A

阵风锋是中小尺度天气,是雷暴的下沉气流到达地面往四周扩展的水平气流前缘带,是雷暴周围低层环境暖湿气流与来自中层准饱和空气之间的交接面^[1],它常和气压跳跃、风向转变、风速突增、温度降低等天气现象相联系。陕西在2005年西安多普勒雷达布设后,已有学者对观测到的阵风锋个例进行过分析,刘勇等^[1]、张健宏^[2]分析了陕西的阵风锋个例观测特征,毕旭等^[3-4]对陕北的2次阵风锋进行了分析,已有的研究对阵风锋观测特征认识较为一致,但对阵风锋预报研究较少。为了较为准确地预报阵风锋天气,选取2012—2018年宝鸡多普勒雷达资料中的7例阵风锋个例,利用高空、地面天气图,宝鸡多普勒雷达资料,统计分析阵风锋发生背景场和雷达回波演变特征,提炼基于多普勒雷达的短临预报预警经验指标。

1 引发阵风锋的强雷暴天气环流背景和地面要素特征

宝鸡地区7例阵风锋天气发生在6—8月,6

月出现2例,7月出现3例,8月出现2例,均由强雷暴产生。产生阵风锋的强雷暴出现的形势均为高空西风气流型,是陕西关中产生强雷暴天气的典型天气类型之一。地面图上关中受暖低压控制,中空有西北路或东北路冷空气入侵,触发强对流天气发生。强雷暴发生的主要影响系统是500 hPa冷槽,中层500~700 hPa干舌(“干”侵入),850 hPa暖中心、湿区,地面图上平凉—陇县的干线或辐合线,关中强对流天气区附近 $t_{850-500} \geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。中层“干冷”侵入是强雷暴产生的必要条件之一^[5-6],是关中产生阵风锋的必要条件。

地面环境要素很重要,一些地方对流风暴频繁出现,但出现阵风锋比较少。个例分析统计发现,平坦的川道、午后地面气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $20\%\sim 35\%$,利于阵风锋的形成、传播。

2 阵风锋雷达回波特征

2.1 阵风锋生命史

阵风锋是多单体风暴产生,风暴的生命史、强度决定了阵风锋的生命史、强度。为了定量

收稿日期:2019-05-24

作者简介:孟妙志(1964—),女,汉,甘肃平凉人,学士,高工,从事天气预报及技术研究。

认识阵风锋,统计了宝鸡多普勒雷达 7 例阵风锋个例的强度、长度,及其与主体风暴的距离及主体风暴的强度、径向速度等,根据阵风锋长

度、强度等,将其演变过程分为四个阶段:初生、发展、加强、减弱。表 1 列出其中较强的三例阵风锋特征值。

表 1 2012—2018 宝鸡 3 例阵风锋各阶段在多普勒雷达上特征值及对应的风暴特征值

时间	演变过程	反射率 因子/dBz	径向速度 /(m/s)	阵风锋 强度/dBz	阵风锋 长度/km	阵风锋与雷 暴距离/km	阵风锋后径 向速度/(m/s)
2018-06-11	初生 17:11—17:16	60~55	5	5	10	10	1
	发展 17:22—17:46	55~45	10	10	20	20	1
	加强 17:52—17:58	45~40	18~23	15	35	25	5
	减弱 18:03—18:21	35~30	18~13	5	40	30	18~23
2012-07-13	初生 16:15—16:21	50~45	5	5	10	10	1
	发展 16:27—16:52	50~55	10	30	60	25	1
	加强 16:58—17:41	55~50	10	30	90~120	25	10
	减弱 17:54—18:45	45~35	12	10	80~50	40~60	10
2013-07-31	初生 20:12—20:30	55	5	10	10	20	1
	发展 20:36—20:55	55~45	10	10	50~60	25	1
	加强 21:01—21:32	45~40	10	10	100~110	30	5
	减弱 21:38—22:08	35~30	23	10	40~50	35	23

注:表中均为 1.5°仰角数据

由表 1 可见,2018-06-11 出现的阵风锋,其生命史为 1 h 10 min,雷达回波最大强度 15 dBz、阵风锋长度达 40 km;风暴强度达到 60 dBz 时阵风锋出现,风暴中心强度 ≤ 35 dBz 时,阵风锋开始减弱。2012-07-13 出现的阵风锋,其生命史为 2 h 30 min,雷达回波最大强度为 30 dBz、阵风锋长度达 120 km;风暴强度为 50 dBz 时阵风锋出现。2013-07-31 出现的阵风锋,其生命史约 2 h,雷达回波最大强度为 10 dBz、阵风锋长度达 110 km;风暴强度 55 dBz 时阵风锋出现。

对 7 例阵风锋进行统计,发现阵风锋生命史为 1~3 h,宽度为 3~5 km,长度为 10~120 km,雷达回波强度为 5~30 dBz,与主体风暴距离为 20~30 km,当雷暴减弱时,远离雷暴的阵风锋明显减弱。

分析可见,阵风锋出现前雷暴发展到最强(中心回波强度为 55~60 dBz),当雷暴开始减弱时,阵风锋出现,弧状窄带回波首先出现在 1.5°仰角。阵风锋生成以后,不断发展、加强,最为强盛时,

长度最大;当原主体风暴开始显著减弱(≤ 35 dBz)、出流减小,阵风锋也减弱。

阵风锋在 1.5°仰角反射率因子图上比在 0.5°仰角图提前两个个体扫出现,而早 1~2 个体扫减弱。阵风锋最强阶段,在 0.5°、1.5°、2.4°仰角都可见,阵风锋高度达到 1~3.3 km。阵风锋在 1.5°仰角出现最早,关注 1.5°仰角可以为大风预警提供依据。

2.2 阵风锋移动方向、移速

宝鸡地区的阵风锋有两种移向。一种(5 例)是对流风暴自陇县沿西北路向东南方向移动,阵风锋在对流风暴主体右前方,其移动方向与对流风暴移动方向一致,为西北—东南向,移速约 10 m/s。阵风锋回波长度增加很快,宽度稳定在 4 km 左右,回波强度最大为 15 dBz。另外 2 例是对流风暴自崇信、千阳偏北向东南方向移动,阵风锋出现在对流风暴移动方向的右侧,阵风锋移动方向呈西南向,与对流风暴移动方向有约 90°夹角,接近于垂直,为东北—西南向,移速约 5 m/s,

阵风锋回波强度最大为 30 dBz。

阵风锋在移动过程中移动速度先增大后减小。以雷雨为主的雷暴产生的阵风锋径向速度平均为 5 m/s;以强风暴为主的雷暴产生的阵风锋径向速度平均为 10 m/s。

2.3 阵风锋天气

阵风锋过境时多个气象要素出现明显变化,风速增大、风向突变、气压升高、气温下降、湿度增

大等。表 2 为宝鸡三次阵风锋影响前后代表站的气象要素演变,可见其中风速变化最显著,均增大 8 m/s 以上,风向有偏东偏西之间转变,最大风向改变 110°。阵风锋前为 ≤ 6.2 m/s 的偏西风或偏东风,阵风锋影响时出现 ≥ 10.1 m/s 的大风(偏西风或偏东风)。阵风锋过境,气温下降 3~13 °C,其中 6 月阵风锋过境降温最明显为 12.8 °C;湿度增大 10%~40%。

表 2 2012—2018 宝鸡 3 例阵风锋过境代表自动站气象要素特征

要素	凤翔(2018-06-11)		凤翔(2012-07-13)		千阳(2013-07-31)	
	17 时	18 时	17 时	18 时	21 时	22 时
气温/°C	31.3	18.5	33.8	29.2	26.5	20.9
湿度/%	32	67	27	41	46	86
风向/°	135	245	98	52	317	348
风速/(m·s ⁻¹)	6.2	14.2	5.4	14.7	2.1	10.1

统计可见,阵风锋影响区普遍出现 8~15 m/s 的吹风天气,影响区域大(5~8 县区),吹风持续时间长(阵风锋维持时段),其中 2012 年 7 月 13 日吹风持续最长为 3 h^[7]。

阵风锋在移动过程中还能够触发新的对流产生。有 2 例阵风锋在移动中与其前方局地弱对流结合,形成强对流带。阵风锋遇山地地形,在迎风坡形成对流带,有 2 例阵风锋在向南移近秦岭时,加强形成对流带。

3 典型阵风锋雷达回波个例分析

2018 年 6 月 11 日下午到夜间,宝鸡市 9 区(县)出现雷阵雨天气,并伴有短时大风、短时强降水、冰雹等强对流性天气。其中 17—19 时,出现强对流天气时伴有阵风锋,阵风锋影响 5 县区(陇县、陈仓、渭滨、凤翔、千阳)并出现 5~7 级大风,最大风速为 14.2 m/s。

3.1 环流背景及大气层结稳定度

2018 年 6 月 11 日 08:00—20:00,500 hPa 天气图上,陕西处在新疆高脊前西北气流中,有一 8 °C 温度槽在陕西上空,冷平流明显;700 hPa 自河西地区有干舌伸到平凉,平凉、西安之间有风向切变;850 hPa 有暖脊移入河套,平凉、西安之间仍有风向切变,陕西上空具有上干冷、下暖的大气层

结,是有利于强对流天气出现的环流背景。西安 SI 为 -2.7 °C、K 指数为 38 °C、CAPE 值为 879 J/kg、西安 $t_{(850-500)} \geq 30$ °C,表明关中层结非常不稳定。14:00 地面图上,平凉有一干线,沿干线有对流云形成,未来发展东移影响宝鸡。当日 14 时宝鸡近地面大气高温干燥,气温 ≥ 36 °C、相对湿度为 29%~34%,地面环境利于阵风锋产生。

3.2 回波演变过程

宝鸡多普勒雷达反射率因子图显示,16:14 陇县出现多单体风暴,沿西北—东南向移入千阳。17:11 风暴右前方出现阵风锋。阵风锋由西北向东南方向移动,先后影响千阳、陈仓、凤翔、渭滨,18:21 阵风锋减弱,阵风锋历时 1 h 10 min。经对比,阵风锋在 0.5°、1.5°、2.4°仰角的反射率因子图中均可见,其中 1.5°仰角反射率因子图中出现最早、历时最长,较 0.5°仰角早 4 个体扫出现,但较 0.5°仰角早 2 个体扫减弱;从 1.5°仰角的图中可明显看出阵风锋经历初始、发展、加强、减弱阶段;2.4°仰角图上阵风锋只在加强阶段(4 个体扫)可以看出。即阵风锋在最强盛时段,0.5°、1.5°、2.4°仰角均可探测到,此时阵风锋达 2.5 km 高度,其余时段在 2 km 高度左右。

3.3 阵风锋演变特征

11日17:11,阵风锋出现在雷暴右前方(图1a)。初始阶段阵风锋长度为10 km、中心强度5 dBz、距离主体风暴约10 km,为不明显的弧状回波带,风暴中心强度55~60 dBz。阵风锋发展阶段(17:22—17:46,图1b)经历5个体扫,阵风锋长度增加到20 km,强度增强到10 dBz,距离主体风暴距离明显增大,为20 km,为明显的弧状回波带(0.5°仰角开始出现)。阵风锋的出现切断了雷暴低层的暖湿气流,风暴开始减弱,强度减弱为45~55 dBz,中心径向速度维持在10 m/s。

17:52—17:58 阵风锋加强(如图1c),经历2个体扫,阵风锋达到最强,长度增加为35 km、中心强度增强到15 dBz、距离主体风暴25 km,为完整弧状回波带,对应风暴中心强度由45 dBz减弱

为40 dBz,中心径向速度快速增大出现模糊,最大速度达18~23 m/s。即风暴出流速度快速增大到最大时,阵风锋发展达到最为强盛时段。18:03—18:21 阵风锋开始减弱(图1d),经历4个体扫,长度维持,但弧度变小,锋线出现间断,强度减弱为5 dBz,离主体风暴距离增大为30 km。原雷暴中心强度减弱为30 dBz,中心径向速度减小为10 m/s,即原强雷暴显著减弱、出流开始减小时,阵风锋也明显减弱。

这次阵风锋移动方向为典型的西北—东南移向,阵风锋处于主体风暴右前方,移速约10 m/s。阵风锋回波长度增加很快,强度最大为15 dBz、其径向速度为3~5 m/s。阵风锋影响区普遍出现8~10 m/s的吹风天气,影响区域五县区,吹风持续时长2 h。

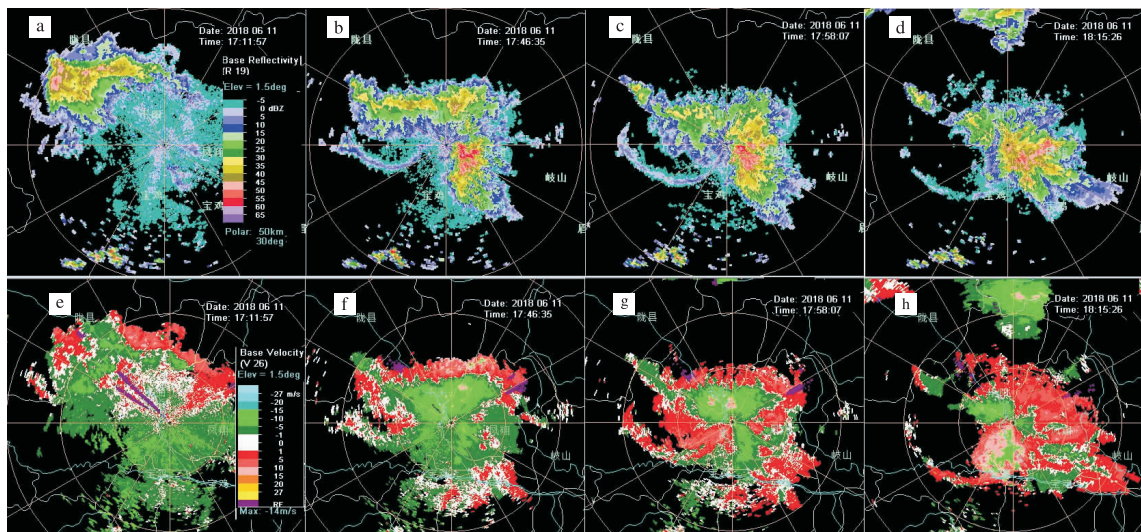


图1 2018-06-11T17:11—2018-06-11T 18:15 宝鸡雷达1.5°仰角反射率因子和径向速度

(a、e为初始阶段,b、f为发展阶段,c、g为加强阶段,d、h为减弱阶段)

4 结论和讨论

(1)西北气流携带的中空干冷平流有利于强雷暴天气的发生,地面露点锋是强对流的触发机制,500 hPa冷槽,中层700 hPa干舌、近地面大气高温且干燥是阵风锋发生的有利环境。

(2)雷达分析表明,阵风锋的生命史和雷暴由强减弱有密切关系,阵风锋初生于雷暴最强(≥ 55 dBz)时;当雷暴显著减弱(≤ 35 dBz)、低层出流减小,阵风锋开始减弱。

(3)阵风锋移动速度与雷暴出流速度有直接

关系,雷暴出流快速增加达最大(≥ 17 m/s)时,阵风锋发展最为强盛,尺度达最大。

(4)关中西部阵风锋移动方向,与雷暴移动方向大体一致。一般是西北—东南向;少数与雷暴移动方向有约90°夹角,为东北—西南移向。阵风锋影响区易出现 ≥ 8 m/s吹风天气,须及时发布大风预警。

(5)阵风锋在雷达回波1.5°仰角出现最早,较0.5°仰角早2个体扫减弱。关注识别1.5°仰角阵风锋窄带回波前兆可为发布大风预警提供依据。

井宇,徐娟娟,杜莉丽,等. 地形重力波拖曳参数化方案在一次陕西极端性暴雨天气过程中的应用[J]. 陕西气象,2019(5):16-22.

文章编号:1006-4354(2019)05-16-07

地形重力波拖曳参数化方案在一次陕西极端性暴雨天气过程中的应用

井宇,徐娟娟,杜莉丽,王建鹏

(陕西省气象台,西安 710014)

摘要:利用中尺度 WRF 模式进行敏感性试验,分析探讨加入地形重力波拖曳参数化方案(GW-DO)后对 2013 年陕西入夏以来最强的一次暴雨过程的模拟能力和地形影响下强降水的形成机制。本次过程是在高空槽和低涡配合的有利形势下形成的,秦巴山区的地形作用对本次暴雨过程有着重要影响。在引入地形重力波参数化方案后,模式对关中大暴雨中心的模拟能力有所提高,强降水落区及量级与实况更为接近,较为有效地改善了环流形势及主要影响系统的模拟。在引入地形重力波参数化方案后,这一地区环流进行调整,有利的水汽条件和对流不稳定配合强烈的上升运动,是影响关中地区强降水的重要因素。该参数化方案对陕西暴雨预报具有一定的适用性,但是对陕南的暴雨区模拟还具有较大的误差,需要进一步改进。

关键词:地形重力波;拖曳参数;极端性暴雨;地形影响

中图分类号:P435

文献标识码:A

山地通过动力、热力作用使相应空气层中的天气系统和大气环流发生改变,从而引发局地降水和云系的变化^[1],因为山脉迫使气流上升,通过一些机制触发云雨形成^[2]。研究表明,地形的作用是产生强降水的重要原因之一^[3-5]。几十年来,人们一直在研究地形降水系统,以了解它们的形

成机制^[6]。赵玉春等^[7]利用多种观测资料和 NCEP 再分析资料,对 2007 年皖南一次特大暴雨过程中尺度对流系统(MCSs)进行敏感性试验分析后得出,在不同 Fw 数下,地形绕流和山脉波下游的 MCSs 活动具有不同的影响机制,地形有利于 MCSs 的形成和维持,其阻滞效应有利于皖南

收稿日期:2019-04-10

作者简介:井宇(1985—),女,陕西米脂人,硕士,工程师,从事短时天气预报。

基金项目:中国气象局预报员专项(CMAYBY2018-074)资助;陕西省自然科学基金基础研究计划(2017JM6067)

参考文献:

- [1] 刘勇,王楠,刘黎平. 陕西二次阵风锋的多普勒雷达和自动气象站资料分析[J]. 高原气象,2007,26(2):380-387.
- [2] 张健宏. 一次阵风锋的观测实例和分析[J]. 陕西气象,2009(2):4-8.
- [3] 毕旭,刘慧敏,赵榆飞. 陕北系列阵风锋天气过程分析[J]. 陕西气象,2008(2):23-26.
- [4] 毕旭,刘勇,李强. 一次阵风锋触发的局地强冰雹天气过程分析[J]. 陕西气象,2011(1):11-14.
- [5] 郑永光,陶祖钰,俞小鼎. 强对流天气预报的一些基本问题[J]. 气象,2017,43(6):641-652.
- [6] 武麦凤,吉庆,武维刚. 一次槽前“干”对流背景下阵风锋天气过程分析[J]. 高原气象,2017,36(3):845-851.
- [7] 庞翻,蔡英,李建芳,等. 宝鸡一次阵风锋天气过程分析[J]. 陕西气象,2013(3):11-15.