

文章编号: 1006-4354 (2011) 01-0032-05

一次强沙尘暴天气过程的 ω -螺旋度特征分析

张凌云¹, 李 强², 刘慧敏²

(1. 佳县气象局, 陕西佳县 719200; 2. 榆林市气象局, 陕西榆林 719000)

摘 要: 利用 MICAPS 常规资料和 NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析产品, 对 2010 年 3 月 19—20 日陕西榆林市一次强沙尘暴天气的 ω -螺旋度诊断分析。结果表明: 西伯利亚阻高引导脊前冷空气下滑到新疆堆积, 新疆横槽东移转竖是这次沙尘暴天气发生的高空引导系统, 地面冷锋过境是沙尘暴过程的触发条件, 地面强大的冷高压提供了沙尘暴大风天气长时间持续的气压梯度, 局地 ω -螺旋度在沙尘暴的诊断分析中具有较好的特征。沙尘暴发生前在中高层, 螺旋度先形成负值区, 低空有弱正值区, 沙尘暴发生期间, 螺旋度变为 $-(60 \sim 80) \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$ 的负值中心, 螺旋度负值中心的持续时间与沙尘暴持续时间有较好的对应关系。

关键词: 沙尘暴; ω -螺旋度; 单站地面要素

中图分类号: P458.3

文献标识码: B

榆林是陕西省沙尘暴最多的地区。沙尘暴的发生不仅给工农业生产、交通运输带来危害, 而且还导致沙丘移动, 对生态环境造成严重破坏。我国对沙尘暴的研究从 20 世纪 70 年代后期开始, 徐国昌等^[1]对 1977 年 4 月 22 日张掖地区的西风型强沙尘暴天气进行了分析, 着重研究了热力因子在黑风过程中的重要作用, 并提出了黑风预报的着眼点; 杜继稳等^[2]对陕西的沙尘天气进行了天气学、气候学分析。螺旋度作为强对流天气分析预报中的一个重要物理量, 以往多用于暴雨的研究^[3], 在沙尘暴的研究中应用较少, 赵光平、陶建红等^[4-5]指出, 螺旋度在沙尘暴预报中的重要作用在于描述中- α 尺度干绝线典型物理量的空间结构, 从而对沙尘暴发生发展的落区有很好的指示性, 螺旋度高层负值与沙尘暴的出现有一定的对应关系。由此可见, 通过对螺旋度特征的分析, 有助于对沙尘暴发生发展的预报。通过对 2010 年 3 月 19—20 日一次典型的沙尘暴天气的 ω -螺旋度 (垂直方向的螺旋度) 结构特征分析, 试图找出 ω -螺旋度在沙尘暴发生中所起的指示作用。

1 沙尘暴天气概况

3 月 19 日 14 时到次日 05 时, 陕西省榆林市出现大范围沙尘天气, 其中 2 站出现沙尘暴, 11 站出现扬沙, 榆阳区是强沙尘暴中心, 从 19 日 16 时开始一直持续到次日 07 时后结束, 持续时间长达 15 h, 沙尘暴期间最大风力达 30 m/s, 能见度下降到 0.3 km, 是陕西省 2010 年最强的一次沙尘暴天气。

3 月 19 日 20 时, 欧亚大陆 500 hPa 高空环流形势呈西高东低型, 西伯利亚地区为阻塞高压, 日本岛附近为深厚的低槽, 贝湖西至新疆一带有横槽, 我国的中东部地区为弱脊。由于新疆横槽东移加深, 引导了西西伯利亚脊前强冷空气南下在新疆堆积, 并导致横槽在东移转竖过程中, 引发了这次较长时间的沙尘暴过程。地面图上新疆为冷高压, 地面冷锋位于冷高压前部, 冷锋在 3 月 19 日 11 时移过陕北榆林, 锋后较大的偏北大风引发沙尘暴天气。沙尘暴发生在横槽东移转竖、地面冷锋后部的区域。据卫星遥感监测, 这次沙尘天气的沙源来自内蒙古西部的巴丹吉林沙漠, 在

收稿日期: 2010-10-20

作者简介: 张凌云 (1968—), 女, 陕西佳县人, 学士, 工程师, 主要从事应用气象研究。

具备沙源的情况下, 当有冷锋经过时, 锋后强劲的风力有利于将地面沙尘卷入空中。

2 螺旋度

螺旋度是强对流天气分析预报中的一个重要物理量, 是一个反映动力条件的物理参数, 用于衡量环境风场沿气流方向的水平涡度及其贡献的参数^[6], 它描述大气运动在其旋转轴方向的运动强弱或运动方向的程度。螺旋度表达式可写为风速矢量和相对涡度点乘的体积分: $H = \iiint_V \mathbf{v} \cdot \nabla \times \mathbf{V} d\tau$, 其中 $\nabla \times \mathbf{V}$ 是相对涡度。可以看出, 螺旋度的大小, 反映了旋转与沿旋转轴方向运动的强弱程度。伍荣生^[7]指出, 在准地转运动中大气螺旋度是守恒的。由于螺旋度是中尺度物理量, 在实际应用中多使用局地螺旋度计算分析, z 坐标下局地螺旋度可表示为: $h = u\zeta + v\eta + w\zeta$, 右端三项表示不同方向的螺旋度, 一般称之为 x -螺旋度, y -螺旋度, z -螺旋度。其中 z -螺旋度表达了垂直方向的螺旋度, 对于天气系统有较强的指示意义, 本文仅讨论 z -螺旋度, 即 $h_z = w\zeta$, 式中 w 为垂直速度, 单位为 m/s , ζ 为垂直方向的涡度, $\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$ 。

3 z -螺旋度分布特征

根据沙尘天气发生的区域, 选取 $35^\circ \sim 45^\circ \text{N}$, $105^\circ \sim 115^\circ \text{E}$ 范围计算 z -螺旋度。榆林沙尘暴发生的时间在 19 日 16 时到 20 日 07 时, 所采用资料的时次分别是 19 日 08 时、14 时、20 时和 20 日 02 时、08 时。其中 19 日 08 时为无沙尘暴时的特征, 14 时为沙尘暴发生前, 20 时和 20 日 02 时表示沙尘暴最强时、08 时表示沙尘暴减弱时的特征。

3.1 沙尘暴区上空 z -螺旋度的垂直分布

图 1 是沿强沙尘暴区中心所在经度 110°E 作的 z -螺旋度的经向垂直剖面图, 沙尘暴发生区位于 38°N 。图 1a—图 1d 分别是 19 日 08 时、14 时、20 时和 20 日 02 时的 z -螺旋度垂直分布情况。从图中看出, 在沙尘暴发生前的 08 时 (图 1a), z -螺旋度在中高层 $650 \sim 450 \text{ hPa}$ 开始出现负值区, 中心值为 $-20 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$, 低空 $850 \sim 800 \text{ hPa}$ 有

弱的正 z -螺旋度区且一直维持; 14 时是沙尘暴临近时 (图 1b), z -螺旋度在 $550 \sim 350 \text{ hPa}$ 负值区加强, 中心值为 $-60 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$; 20 时是沙尘暴初始时段 (图 1c), z -螺旋度的负值中心达 $-80 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$, 同时, 低层 $700 \sim 850 \text{ hPa}$ 正 z -螺旋度增大到 $20 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$; 20 日 02 时是沙尘暴发展最强时 (图 1d), z -螺旋度负值中心下移到 $650 \sim 500 \text{ hPa}$, 中心值维持 $-80 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$, $400 \sim 300 \text{ hPa}$ 形成较强的正 z -螺旋度中心, 中心值为 $140 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$ 。08 时沙尘暴减弱后中层负 z -螺旋度区消失, 高层正 z -螺旋度减弱为 $80 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$ 。可见, 在沙尘暴发生前, z -螺旋度在中高层先形成负值区, 低空有弱正值区, 沙尘暴临近时, z -螺旋度负值区增强, 沙尘暴最强时, z -螺旋度负值最大, 高度降低。高层出现较大正 z -螺旋度时预示沙尘暴减弱, 沙尘暴结束时 z -螺旋度负值区消失。

沿强沙尘暴区中心所在纬度作的 z -螺旋度的纬向垂直剖面图 (图略), 也表明了这次沙尘暴过程中具有中空负 z -螺旋度区的分布特点。

3.2 沙尘暴区上空垂直运动分布

z -螺旋度与垂直运动直接相关, 由强沙尘暴区上空沿 110°E 垂直速度剖面图 (图略) 可以看出: 在沙尘暴过程前期, 沙尘暴发生区上空为整层的上升运动, 因此与正 z -螺旋度 $h_z > 0$ 对应的是正涡度, 与负螺旋度 $h_z < 0$ 对应的是负涡度; 沙尘暴达到最强时, 沙尘暴发生区上空转为下沉运动, 因此与正的螺旋度 $h_z > 0$ 对应的是负涡度, 与负的螺旋度 $h_z < 0$ 对应的是正涡度。

沙尘暴开始前的 19 日 08 时上升速度最大 (图 2a), $600 \sim 450 \text{ hPa}$ 垂直速度达到 10 cm/s , 且与 41°N 下沉气流组成次级环流, 加强了垂直运动的发展; 14 时沙尘暴来临前 (图 2b), 上升运动强中心发展更高, 位于 $500 \sim 400 \text{ hPa}$, 最大速度为 8 cm/s ; 沙尘暴开始后 (图 2c), 高空上升速度减弱为 6 cm/s , 低层出现下沉运动, 速度为了 3 cm/s ; 02 时沙尘暴最强时 (图 2d), 下沉运动最强, 速度为 -9 cm/s , 沙尘暴减弱后垂直运动减弱。

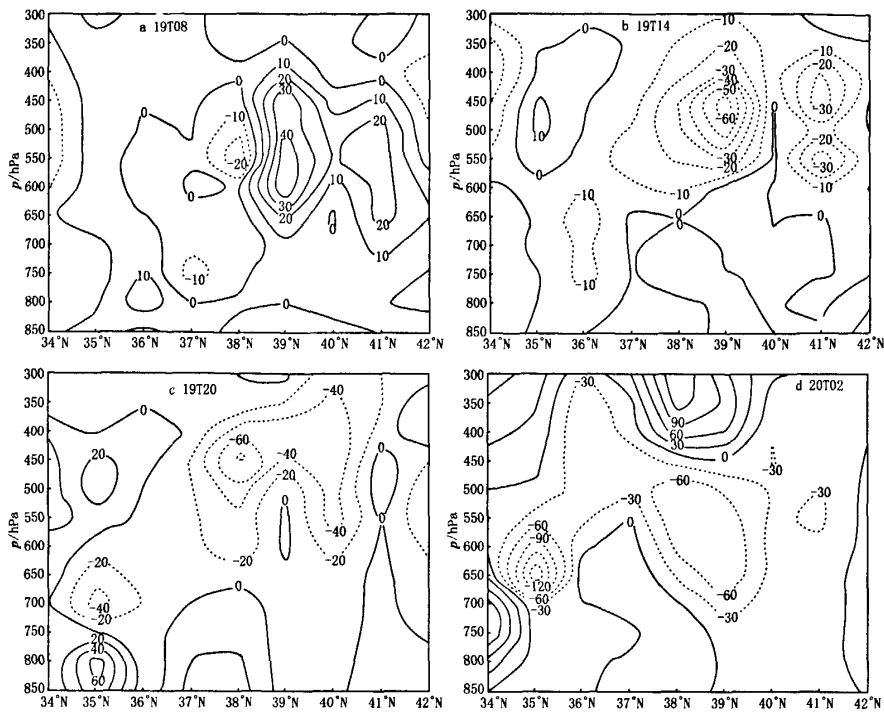


图 1 2010-03-19—20 沿沙尘暴中心所在经度 (110°E) z-螺旋度 (10^{-7} m/s^2) 经向垂直剖面图

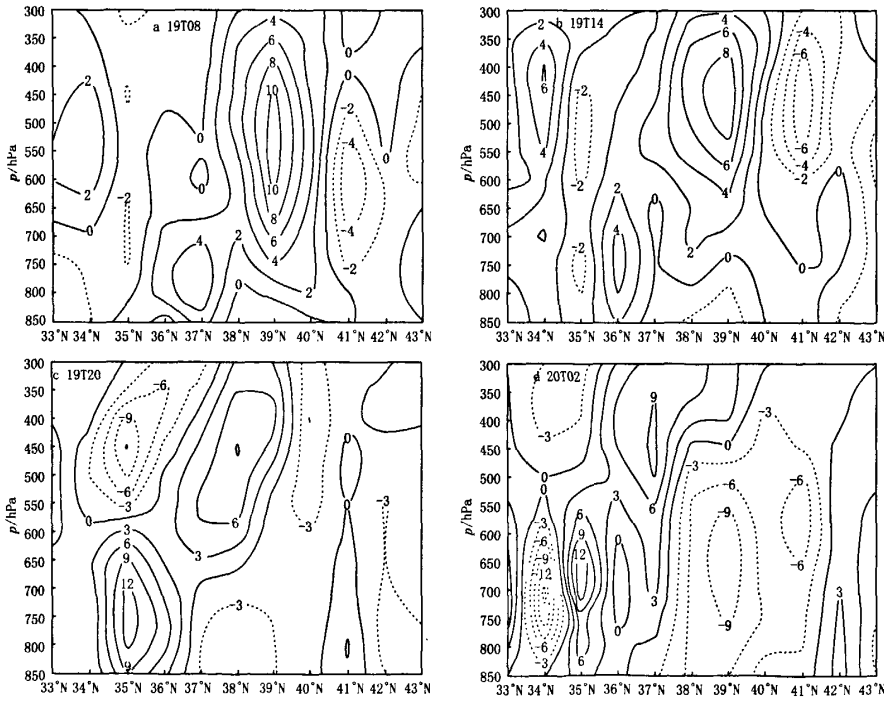


图 2 2010-03-19—20 沿沙尘暴中心所在经度 (110°E) 垂直速度 (单位: cm/s) 经向垂直剖面图

以上分析表明,沙尘暴发生区上空 z -螺旋度的垂直分布特征是,在沙尘暴发生前和初始阶段对流层上升运动较强,并有次级环流圈。沙尘暴最强时,整层转为较强的下沉运动,这种垂直结构的分布特征表明,沙尘暴发生前由于强烈的上升运动把沙尘带到中空,而强的下沉运动又使沙尘大量沉降,上升运动转为下沉运动是沙尘暴的最强时段。

对形成像沙尘暴这样的中尺度天气系统而言, z -螺旋度的负值区表明了强上升运动区与中高空强辐散、低空辐合稳定配合,从而造成沙尘暴天气的发生,而后期的下沉运动与中空辐合、低空辐散相配合,导致沙尘暴强度达到最大,因而图 1a—图 1d 所示的这种 z -螺旋度垂直空间分布

和演变揭示了沙尘暴发生发展过程的动力特征。也就是说,中高层螺旋度负值区的发展、加强和移动,反映了沙尘暴的发生、发展和消亡过程, z -螺旋度作为一个反映动力参数的综合物理量,在沙尘暴预报中有一定的指示意义。

4 单站地面要素变化

4.1 地面大风

这次沙尘暴天气发生在地面冷锋后部的冷高压中,锋后较大的气压梯度导致偏北大风从 19 日 13 时开始,20 日 05 时结束(表 1),持续时间长达 16 h,19:44 瞬时极大风力达 30.4 m/s。13 时开始出现扬沙;16 时发展为沙尘暴,最小能见度下降到 300 m;沙尘暴 20 日 07 时结束,持续时间为 15 h,是近 10 a 来最强的一次沙尘暴天气。

表 1 榆阳区 2010-03-19T08—20T14 地面气压、温度、露点温度分布

时次	08	11	14	17	20	23	02	05	08
10 min 平均风速/(m/s)	3.9	6.6	10.8	10.7	14.7	13.7	14.4	14.6	6.3
3 h 变压/hPa	0.8	0.3	2.3	2.1	5.8	1.8	0.8	0.9	6.3
气温/℃	10.0	17.6	15.5	11.9	6.1	5.4	3.0	1.2	-2.0
露点温度/℃	-5.5	-2.6	-2.4	-2.7	-4.6	-20.0	-20.4	-18.2	-9.6

4.2 3 h 变压

沙尘暴之前(19 日 08—14 时),榆阳区气压缓慢上升,3 h 变压 < 2.0 hPa;沙尘暴开始阶段(19 日 14—20 时)气压快速升高,3 h 变压最大达 5.8 hPa;沙尘暴持续阶段(20—05 时),3 h 变压为 1~2 hPa;沙尘暴结束后冷高主体移过本站,3 h 变压又处于高值。

4.3 温度

沙尘暴之前,榆阳区温度较高,19 日 08 时气温 > 10.0℃,11 时升高到 17.6℃,之后受沙尘和冷空气过境共同影响气温开始下降,沙尘暴发生后气温连续下降,20 日 08 时气温降到 -2.0℃。沙尘暴期间榆阳区气温降幅达 13.8℃,沙尘暴结束后气温回升。

4.4 露点温度

这次沙尘暴天气,榆阳区露点温度经历了先高后低的过程,在冷锋过境前,露点温度为升高过程(08—14 时),冷锋过后和沙尘暴期间露点温度降低到 -20.4℃,温度露点差最大达 25.4℃。

上述单站要素变化说明,影响这次沙尘暴天气的地面冷锋附近要素梯度大,地面冷高压较强,并具有干冷的特征,所以表现为 3 h 正变压高、气温下降剧烈、露点温度低的特点。

5 结论

5.1 这次沙尘暴是近 10 a 来榆林持续时间最长,强度最大的一次沙尘天气。西伯利亚阻塞高压引导极地冷空气沿脊前下滑,并在新疆堆积,新疆横槽东移转竖是沙尘暴天气的直接引导系统。

5.2 沙尘暴区 z -螺旋度的垂直分布为中高层有较大的负值区,低层为弱正值区。随着 z -螺旋度负值区的加强,沙尘暴发展愈强烈。高层螺旋度负值的演变与沙尘暴发生的时间基本一致。

5.3 z -螺旋度与垂直运动配合反映了沙尘暴区上空的动力场特征,可作为沙尘暴预报的参考。

5.4 沙尘暴发生与地面冷锋及锋后冷高压强度密切相关,冷高压越强,锋面梯度越大,导致地面风力更大,沙尘暴强度更强,持续时间更长。

文章编号: 1006-4354 (2011) 01-0036-02

枣树物候期观测方法初探

陈焕武

(佳县气象局, 陕西佳县 717200)

摘 要: 根据佳县 2005 年以来枣树生态气候观测, 分析总结枣树芽膨大、芽开放、展叶、花序出现、开花、硬核、可采成熟等主要物候期的观测方法, 对物候期的识别进行较为详细、准确的说明, 使枣树生态观测方法容易掌握。

关键词: 生态环境; 观测方法; 枣树

中图分类号: S163.3

文献标识码: B

陕西省枣树物候期生态气候环境观测项目始于 2005 年, 主要由佳县、吴堡、延川等县气象局承担。在实践中发现, 《陕西省生态气候环境观测规范》对枣树物候期的判定说明不够具体、详细, 结合近年枣树物候期的观测经验, 总结出较容易理解和掌握的观测方法。

1 枣树物候期观测的总原则

观测记录的枣树生态气候资料应当具有代表性、连续性、准确性, 遵循枣树生长发育状况与气象要素平行观测的原则, 选择具有代表性的观测地段和植株, 采取点面结合的观测方法, 为枣树气象服务提供第一手资料, 也为枣树新品种的引进、枣园基地建设、提高红枣品质、促进红枣丰产提供科学依据。

2 枣树各物候期的观测方法

2.1 芽膨大期

枣树枝、芽与一般落叶果树不同, 芽分为主

芽、副芽。枝分为枣头(发育枝)、二次枝(结果基枝)、枣股(结果母枝)和枣吊(结果枝)四种。芽膨大指的是芽的鳞片开始松开, 出现新鲜的棕黄色绒毛(须仔细观测才能发现), 其数量占总枣芽数的 10% 左右。春季旬平均气温达 9~11℃, 树液开始流动; 旬平均气温升至 11~13℃, 芽体开始膨大, 渐渐开放, 芽膨大通常最先从树冠南侧开始。

2.2 芽开放期

枣树芽开放最先出现在 10~20 a 树龄的树中, 单株树最早始于树冠南侧。当选定的观测植株上观测到枣芽开放数占总枣芽的 1%~2% 时, 为芽开放期。芽开放期多集中在 4 月 10—20 日, 一般结果期枣树枣股萌芽最早, 枣头顶芽次之, 相差 3~6 d; 幼树上顶芽早于枣股芽; 衰老树上更新枝萌芽最早。当气温升高至 12~14℃ 时, 整个枣园进入芽开放期。同时, 芽开放的出现时间还

收稿日期: 2010-04-06

作者简介: 陈焕武 (1960—), 男, 汉, 陕西佳县人, 工程师, 从事生态气候观测研究。

参考文献:

- [1] 徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析 [J]. 气象学报, 1979, 37 (4): 26-35.
- [2] 杜继稳. 陕西黄土高原植被生态环境与气候研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 162-166.
- [3] 谭志华, 杨晓霞. “99.8”山东特大暴雨的螺旋度分析 [J]. 气象, 2000, 26 (9): 7-11.
- [4] 赵光平, 王连喜, 杨淑萍. 宁夏区域性沙尘暴短期预报系统 [J]. 中国沙漠, 2001, 21 (2): 175-181.
- [5] 陶建红, 王劲松, 冯建英. 螺旋度在一次强沙尘暴天气分析中的应用 [J]. 中国沙漠, 2004, 24 (1): 83-87.
- [6] 章东华. 螺旋度—预报强风暴的风场参数 [J]. 气象, 1993, 19 (8): 46-48.
- [7] 刘健文, 郭虎, 李耀东, 等. 天气分析预报与物理量计算基础 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 123-125.