

螺旋度在一次夏季强沙尘暴中的分析应用

岳 平^{1,2}, 牛生杰¹, 张 强², 王连喜³, 杨有林³

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730002; 2. 南京信息工程大学
气象灾害国家重点实验室培育点, 江苏 南京 210044; 3. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002)

摘 要: 在分析 2005 年 7 月 16—17 日甘肃省河西走廊区域性强沙尘暴发生的气候背景及环流特征的基础上, 将 Tudurf 等 1997 年给出的相对地面螺旋度以及 Davies Jones 等 1990 年给出的相对风暴螺旋度应用到对强沙尘暴的诊断分析当中。结果显示, 利用温度平流与相对地面螺旋度之间的关系比较容易得出天气系统经过的区域螺旋度的值, 但相对地面螺旋度的计算结果依赖于对天气系统的准确分析, 尤其是水平温度梯度的判断; 相对风暴螺旋度的强中心与发生沙尘暴的强中心有很好的对应关系。

关键词: 螺旋度; 强沙尘暴; 气候背景; 环流特征

中图分类号: P445.4

文献标识码: A

沙尘暴是干旱、半干旱和荒漠化地区特有的一种自然灾害天气。强风、强热力不稳定和沙源是形成沙尘暴的三个必要条件^[1]。由于沙尘暴的高发期一般在每年的春季, 以往的研究主要是针对春季沙尘暴开展的较多^[2-4]。但是 2005 年 7 月 16—17 日, 甘肃省河西走廊出现了自 1975 年以来甘肃省夏季最强的一次区域性沙尘暴天气。据统计, 这次沙尘暴影响面积约 138 700 km², 农作物受灾面高达 20 777.85 hm², 造成直接经济损失约 1.1 亿元。因此, 对夏季沙尘暴的研究也应当引起高度重视。沙尘暴主要是冷空气引起强风与沙尘源共同作用的结果, 因而一天当中任何时间都可能发生, 但是强沙尘暴则多发生在午后到傍晚, 主要是由于午后地面处于明显的热力不稳定状态, 热对流发展最强盛, 若与冷空气过境, 则极易激发热对流发展成沙尘暴天气^[5-6]。西北地区属于干旱、半干旱地区, 境内分布着大片的戈壁、沙漠、沙地及农牧过渡带, 具有丰富的沙尘源, 是我国沙尘暴天气发生的主要地区之一。甘肃省河西地区长约 1 000 km, 东南侧是蜿蜒千里的祁连山脉, 北部为马鬃、合黎、龙首山等低山区, 上述山脉构成了狭窄的“走廊”。河西走廊不仅是一个特殊的地理区域, 而且是一个特殊的气候带, 它是冷空气活动的通道。其南北两山之间平均宽度在 100~200 km 范围, 最狭窄处不足 100 km, 当冷空气进入河西走廊, 受“狭管效应”影响, 风力可被加大 1.6 倍^[7]。以往的研究表明, 沙尘暴是在大尺度背景下,

由中尺度天气系统诱发的强干对流, 其特点是: 大气低层干热, 热力抬升作用明显; 低中层大气不稳定, 有低中层强对流发展, 高层有强冷空气活动。上述特征表明诱发强沙尘暴的干对流与诱发暴雨的湿对流具有诸多相似之处。作为强对流天气的一个重要指标, 螺旋度在暴雨分析预报中已经得到了广泛的应用^[8-13], 最近几年在沙尘暴的研究中初步得到了应用^[14-16]。对 2005 年 7 月 16—17 日河西走廊沙尘暴发生的前期气候背景的探空资料和地面资料分析的基础上, 用两种方法计算了这次沙尘暴天气过程中的螺旋度, 尤其是相对地面螺旋度在强沙尘暴的诊断分析中还没有得到应用; 通过分析发现相对风暴螺旋度与沙尘暴的发生发展有着密切的联系, 同时与沙尘暴的强度中心具有很好的对应关系。因而在研究沙尘暴的过程中对螺旋度进行研究十分必要, 对预报沙尘暴发生区域及强度具有重要的指示作用。

1 气候背景分析

进入 2005 年 7 月中旬以来, 河西走廊无明显降水。7 月 10—16 日甘肃省河西走廊出现持续性的高温天气, 除肃北、民乐和肃南 3 个山区测站日极端最高气温大于 30℃ 的连续出现日期在 3 d (含 3 d) 之内, 其余测站均出现了 5~7 d 的连续性高温天气。7 月 16 日走廊西端的安西、玉门镇和金塔 3 个测站最高气温依次为 42.1℃、37.6℃、40.5℃, 突破

收稿日期: 2005-10-24; 改回日期: 2005-12-13

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40365002; 40175004); 干旱气象科学研究基金项目 (IAM200414) 共同资助

作者简介: 岳平 (1974—), 男 (汉族), 甘肃静宁人, 工程师, 硕士, 主要从事天气气候预报及研究。

万方数据

E-mail: yueping@nuist.edu.cn 或 jqyueping@126.com

了 1971 年以来的日极端最高气温,分别超过历史纪录 1.7℃、1.0℃和 2.0℃。持续的高温干旱天气一方面使得地表热容量增加,为形成强沙尘暴提供了热力条件;另一方面导致地表浅层水分大量蒸发,致使土壤浅层水分大量蒸发,干土层厚度增加。以位于河西走廊西部、中部和东部的酒泉、张掖和武威气象站位为代表,比较这三个气象站 2005 年 7 月上旬与 2004 年同期 0~30 cm 土壤观测资料发现:在沙漠地段,2005 年 7 月上旬土壤相对湿度和含水率比 2004 年同期减少了约 3 倍,在作物地段,2005 年 7 月上旬土壤相对湿度和含水率较 2004 年同期减少了 3 成。另外,由于这个时段河西走廊夏季农作物已经大面积收割,大部分绿洲耕地地表裸露,翻耕之后疏松的地表为这次强沙尘暴提供了丰富的“物质”来源。

2 天气系统及灾情

从 2005 年 7 月 16 日 500 hPa 高空图(图 1)来看,里海与咸海附近为高压脊,巴尔克什湖附近为低涡,低涡中心值为 560 位势什米,与之相配套的是一个-20℃冷中心,对应地面为一冷高压,高压中心强度为1 011 hPa;贝加尔湖附近为高压脊,脊线位于 95°E 附近;华北地区为 588 位势什米的闭合高压;在高压西南侧,从青藏高原到甘肃河西走廊为大面积 0℃暖中心,对应河西走廊所有地面测站午后最高气温高达 30℃以上。从 16 日 20 时高空图(图略)结合地面锋面系统的分析发现,地面冷锋前后存在巨大的气压梯度,16 日 14 时地面锋区附近的铁干里克与敦煌站有 9.3 hPa 的气压差,冷锋后高压中心与河西走廊西部测站的最大气压差高达 12.0 hPa。巴尔克什湖低涡底部的冷槽翻越天山后快速东移南下,并于 16 日 22 时侵入甘肃省西走廊西部。地面冷锋进入河西走廊中部后,移动速度明显加快,17 日 02—05 时地面冷锋东移近 400 km。图 2 中标出了 16—17 日地面冷锋在河西走廊的具体位置,同时绘出了出现沙尘天气区。此冷锋在 12 h 之内东移近 1 000 km,横扫河西走廊。16 日 22 时 03 分,敦煌站首先出现大风沙尘暴,共 14 个测站先后出现沙尘暴天气现象,其中 7 个测站出现强沙尘暴,3 测站出现浮尘扬沙天气现象。沙尘暴的强中心在张掖测站,最小能见度仅为 50 m;金塔和金昌地面瞬间最大风速达 25.1 m·s⁻¹。各测站具体天气实况见表 1。 万方数据

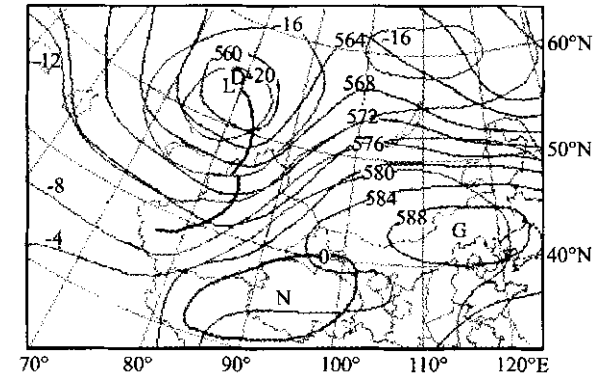


图 1 2005 年 7 月 16 日 08 时 500 hPa 天气图
Fig.1 500 hPa weather chart at 8 O'clock
on July 16th, 2005

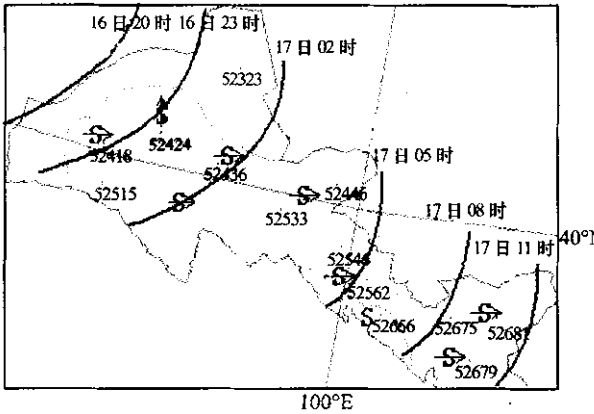


图 2 2005 年 7 月 16~17 日冷锋位置及沙尘区域
Fig.2 Cold front position and dust area from 16th
to 17th of July, 2005

表 1 2005 年 7 月 16—17 日河西走廊天气现象
Tab.1 Weather phenomena in Hexi corridor
from 16th to 17th of July, 2005

站名	站号	沙尘天气 现象	起止时间*	瞬间极大风 速/(m·s ⁻¹)	最小能 见度/m
敦煌	52418	沙尘暴	22 ⁰³ —23 ⁰¹	17.0	900
肃北	52515	沙尘暴	23 ¹⁷ —23 ³⁵	21.0	700
安西	52424	扬沙	23 ²⁰ —00 ⁴⁵	16.3	8 000
玉门镇	52436	沙尘暴	01 ¹⁰ —02 ⁴⁰	24.0	700
金塔	52447	强沙尘暴	02 ⁴³ —07 ¹²	25.1	200
鼎新	52446	强沙尘暴	03 ²⁸ —04 ³⁴	20.4	300
酒泉	52533	沙尘暴	04 ³⁴ —06 ¹³	16.1	900
高台	52546	强沙尘暴	04 ¹⁵ —08 ¹⁶	18.6	400
临泽	52557	沙尘暴	05 ¹⁵ —05 ⁴⁵	18.0	800
张掖	52652	强沙尘暴	05 ¹² —07 ²⁰	18.7	50
山丹	52661	沙尘暴	07 ⁴⁶ —09 ³⁰	17.7	600
民乐	52656	浮尘	/	无大风	400
肃南	52643	浮尘	/	无大风	400
永昌	52674	强沙尘暴	07 ³⁹ —12 ⁴⁰	17.1	200
金昌	52675	强沙尘暴	08 ⁴⁰ —11 ⁰⁵	25.1	100
武威	52679	强沙尘暴	09 ⁰² —11 ⁰³	15.6	400
民勤	52681	沙尘暴	11 ⁴² —14 ⁵⁹	10.4	600

* 22⁰³表示 22 时 03 分。

3 螺旋度的计算与应用

螺旋度是表征流体沿旋转方向运动特征的物理量,严格定义为:

$$H = \iiint V \cdot (\nabla \wedge V) d\tau$$

在大气现象研究中,通常按照相对气流选取参照物的不同,可将螺旋度分为两类^[17]:

$$H(0) = \int_0^h k \cdot (V \wedge \frac{\partial V}{\partial z}) dz \quad (1)$$

$$H(C) = RSH = \int_0^h k \cdot [(V - C) \wedge \frac{\partial V}{\partial z}] dz \quad (2)$$

其中, $H(0)$ 和 $H(C)$ 分别称为相对地面螺旋度和相对风暴螺旋度(RSH),其单位是 $m^2 \cdot s^{-2}$; k 是垂直单位矢量; C 为风暴移速; h 为风暴入流厚度; V 为风速; z 为垂直高度。

3.1 相对地面螺旋度与温度平流的关系及应用

运用静力学方程将式(1)变换到 p 坐标系中则有:

$$H(0) = \int_{p_0}^{p_h} k \cdot (V \wedge \frac{\partial V}{\partial p}) dp \quad (3)$$

其中, p_h 与 p_0 分别为与 $z=h, z=0$ 对应的气压。由(3)式可知,在积分上、下限 p_h 和 p_0 固定的情况下,可用 $k \cdot (V \wedge \frac{\partial V}{\partial z})$ 表示地面螺旋度。

3.1.1 在 $V \approx V_g$ 的情况下,螺旋度与温度平流的关系

Tudurf 和 Ramis 在 1997 年给出了螺旋度与温度平流的关系。假定探测到的实测风 V 很接近地转风 V_g ,则热成风公式可写作:

$$\frac{\partial V_g}{\partial p} = \frac{R}{f p} k \wedge \nabla_p T \quad (4)$$

其中, ∇_p 为 Hamilton 算子(或称梯度算子),余为惯用符号。

将(4)式代入(3)式中,并利用矢量代数公式可得:

$$H(0) = \int_{p_0}^{p_h} \frac{R}{f p} (-V_g \cdot \nabla_p T) dp \quad (5)$$

此式表明,假若实测风 V 很接近地转风 V_g ,则相对地面螺旋度 $H(0)$ 是和从 p_0 到 p_h 气层中的平均地转温度平流相联系的。

3.1.2 在 $V = V_g + V_a$ 的情况下螺旋度与温度平流的关系

考虑到非地转风分量 $V_a = V - V_g$,则可将(3)式中被积函数写为:

$$k \cdot (V \wedge \frac{\partial V}{\partial z}) = k \cdot (V \wedge \frac{\partial V_g}{\partial p}) + k \cdot (V \wedge \frac{\partial V_a}{\partial p}) \quad (6)$$

首先将(6)式右端第一项变换为下式:

$$k \cdot (V \wedge \frac{\partial V_g}{\partial p}) = \frac{R}{f p} k \cdot [V \wedge (k \wedge \nabla_p T)] \quad (7)$$

同时利用矢量代数 $a \wedge (b \wedge c) = [(a \cdot c)b - (a \cdot b)c]$ 这一关系式,可将(7)式右端变换为:

$$-\frac{R}{f p} k \cdot [V \wedge (k \wedge \nabla_p T)] = -\frac{R}{f p} V \cdot \nabla_p T \quad (8)$$

将(8)式代入(7)式可得:

$$k \cdot (V \wedge \frac{\partial V_g}{\partial p}) = \frac{R}{f p} (-V \cdot \nabla_p T) \quad (9)$$

另外,在计算低层的螺旋度时,由于一般其动量平流很弱,所以可以认为变压风是低层非地转风的一个很好的近似,对(6)式右端第二项做变换。即:

$$V_a = -\frac{1}{f^2} \nabla_p \left(\frac{\partial \phi}{\partial t} \right) \quad (10)$$

式中: $\phi = gz$ 为重力位势。运用静力学方程可以得到下两式:

$$\frac{\partial V_a}{\partial p} = -\frac{R}{p} \frac{1}{f^2} \nabla_p \left(\frac{\partial \phi}{\partial t} \right) \quad (11)$$

$$k \cdot (V \wedge \frac{\partial V_a}{\partial p}) = -\frac{R}{f^2 p} k \cdot \left[V \wedge \nabla_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) \right] \quad (12)$$

考虑到 $k \wedge V = -V'$ (式中, V' 的大小与 V 相同,其方向是 V 顺时针旋转 $\pi/2$ 后的方向),可将(12)式改写为:

$$k \cdot (V \wedge \frac{\partial V_a}{\partial p}) = -\frac{R}{f^2 p} \left\{ [-V' \cdot \nabla_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)] \right\} \quad (13)$$

此式表明,当实际风左边的局地温度变化率大于风的右边时,变压风的垂直变化产生螺旋度。

考虑到可用 $k \cdot (V \wedge \frac{\partial V}{\partial p})$ 表示地面相对螺旋度,因此下面用其讨论相对地面螺旋度与温度平流的关系。将(9)式与(13)式代入(6)式后可得:

$$k \cdot (V \wedge \frac{\partial V}{\partial p}) = \frac{R}{f p} (-V \cdot \nabla_p T) + \frac{R}{f^2 p} [-V' \cdot \nabla_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)] \quad (14)$$

(14)式中右端第一项为温度平流对螺旋度的贡献,第二项为变压风的垂直变化对螺旋度的贡献。通过比较这两项量级可以发现,如果要使右端第二项与第一项达到相同的量级,则实际风产生的不均匀加

热率,必须在 100 km 距离内要达到的差每 6 h 为 10 k。在实际大气中上述条件很少能够达到。因此变压风的垂直变化对螺旋度的贡献要远小于与温度平流对螺旋度的贡献。

地面相对螺旋度不仅与水平温度梯度(热力分布)之间存在内在联系,同时,在实际风接近地转风的情况下,可将其视为实际风引起的温度平流的物理量。而产生沙尘暴的三个基本条件中,与天气因素有关的两个要素恰恰是强风和热力不稳定。因此可以将地面相对螺旋度应用于(强)沙尘暴预报之中去。2005 年 7 月 16—17 日河西走廊各测站观测资料显示,水平温度梯度每 100 km 约为 3 k,各测站在沙尘暴发生期间的平均风速均大于 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,计算得出地面到 600 hPa 之间的螺旋度约为 $225 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ 。这一结果表明,在沙尘暴发生期间,大气中低层具有强烈的不稳定特征。

3.2 相对风暴螺旋度(RSH)

在实际工作中取 $h = 3000 \text{ m}$,利用单站探空资料将把(2)式转换为:

$$H(C) = \sum_{n=0}^{N-1} [(u_{n+1} - C_x)(v_n - C_y) - (u_n - C_x)(v_{n+1} - C_y)]$$

如果将(2)式用静力学方程转化到 p 坐标系后可以得到:

$$H(C) = RSH = \int_{p_0}^{p_h} (V_h - C) \cdot \xi_h dp \quad (15)$$

即相对风暴螺旋度是指:在一定厚度层的大气中,风暴相对气流与环境水平涡度的点积,并将 $H(C) = 150 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ 作为强对流风暴发展的临界值^[18]。由(15)式可以看出:相对风暴螺旋度反映的是风暴相对入流强度、环境场的旋转程度以及沿旋转轴方向(这里指沿垂直方向)运动的强弱程度。其值越大,表示风暴旋转性越大,风暴强度越大,越有利于垂直方向气流的上升运动,从而促进对流的发展,是表征对流发展程度的一个重要指标。 C 以 850~400 hPa 气层中的平均风为依据,取该风速的 75% 为风暴速度,方向向右偏转 40° 作为风暴来向。由于大多数风暴系统形成 3 000 m 以下的低层环境风场当中^[15],考虑到甘肃省河西走廊的海拔为 1 500 m,为保证积分求和厚度达到 3 000 m,本文在计算相对风暴螺旋度时,选取地面到 600 hPa 的资料。600 hPa 的风资料利用 500 hPa 和 700 hPa 的风资料插值得到。 万方数据

相对风暴螺旋度是一个极容易发生变化的物理量,一些观测结果表明它可以在 1~2 h 迅速增大^[19],因此,在根据(15)式计算相对风暴螺旋度时使用的是国家气象局 MICAPS 系统下发的 2005 年 7 月 16 日 20 时的格点资料($1.5^\circ \times 1.5^\circ$)。计算得到的从地面至 600 hPa 各层累计的相对风暴螺旋度结果显示,河西走廊中西部的鼎新一金塔—高台—张掖这一区域为高值区,最大值为 $212 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$,而这个区域恰好是沙尘暴天气最为强烈的范围,其中张掖测站最小能见度仅为 50 m。因此,相对风暴螺旋度的水平分布能对沙尘暴预报具有一定的指示意义。

4 小结

从对 2005 年 7 月 16—17 日期间发生在甘肃省河西走廊的夏季区域性强沙尘暴的气候背景及天气形势分析显示:前期持续性高温天气一方面使得地表热容量增加,为这次天气过程提供了良好的热力条件;另一方面,持续的高温干旱导致地表浅层水分大量蒸发,干土层厚度增加,为形成强沙尘暴奠定了必要的物质基础。强的冷锋系统以及冷锋前后巨大的水平气压梯度为形成强沙尘暴提供了必要的动力条件。

通过对 7 月 12 日沙尘暴发生前夕螺旋度的计算及结果分析可以看出,利用相对地面螺旋度与温度平流的关系,能够比较迅速的计算出螺旋度的结果。地面相对螺旋度恰和形成强沙尘暴中三个基本条件之中与气象要素有关的两个条件建立了联系,即强风和热力不稳定。但是相对地面螺旋度在以往的研究中还没有被应用到对强对流天气的预报或诊断分析中,更没有被用来分析强沙尘暴天气。相反,相对风暴螺旋度已经被广泛的应用与强对流天气的诊断分析当中,在沙尘暴的分析当中也被广泛使用。值得注意的是,螺旋度是一个极容易发生变化的物理量,一些观测结果表明它可以在 1~2 h 迅速增大,将其应用于对强沙尘暴的预报,需要及时的更新测风资料,以便准确的判断风暴速度和螺旋度的变化。此外,从本文所用的两种方法计算得出的地面到 600 hPa 的水平螺旋度的计算结果看,虽然相对地面螺旋度和相对风暴螺旋度计算的绝对误差达到 $13 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$,但是与相对地面螺旋度比较,相对误差不到 10%。

参考文献(References):

- [1] 胡隐樵,光田宁. 强沙尘暴微气象特征和局地触发机制[J].

大气科学,1997,21(5):581—589.

[2] 赵红岩,陈旭辉,王锡稳,等.西北地区春季沙尘暴气候分析及预测方法研究[J].中国沙漠,2004,24(5):637—641.

[3] 钱正安,宋敏红,李万元.近 50 年中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J].中国沙漠,2002,22(2):106—111.

[4] 王式功,杨得宝,金炯,等.我国西北地区黑风暴的成因和对策[J].中国沙漠,1995,15(1):19—20.

[5] 丁一汇,王守荣.中国西北地区气候与生态环境概论[M].北京:气象出版社,2001:22—28.

[6] 张强,王胜.论特强沙尘暴(黑风)的物理特征及其气候效应[J].中国沙漠,2005,25(5):675—681.

[7] 陈敏连,王锡稳.西北地区强沙尘暴研究的进展[J].甘肃气象,1996,14(1):8—10.

[8] 杨越奎,刘玉玲,万振拴,等.“91.7”梅雨锋暴雨的螺旋度分析[J].气象学报,1994,52(3):379—384.

[9] 王淑静.螺旋度与区域暴雨落区[R].数值预报产品评价公报,1995:9—10.

[10] 吴宝俊.螺旋度在分析一次三峡大暴雨中的应用[J].应用气象学报,1996(1):38—43.

[11] 李耀辉,寿绍文.旋转风螺旋度及其在暴雨演变过程中的作用[J].南京气象学院学报,1999,22(1):95—102.

[12] 许美玲,段旭,孙绩华.云南初夏罕见暴雨的螺旋度分析[J].热带气象学报,2003,19(2):184—190.

[13] 李耀东,刘健文,高守亭.动力和能量参数在强对流天气预报中的应用研究[J].气象学报,2004,62(4):401—409.

[14] 赵光平,王连喜,杨淑萍.宁夏区域性强沙尘暴短期预报系统[J].中国沙漠,2001,21(2):175—181.

[15] 王劲松,李耀辉,康凤琴,等.“4.12”沙尘暴天气的数值模拟及诊断分析[J].高原气象,2004,23(1):89—96.

[16] 陶健红,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.

[17] Tudurf E, Ramis C. The environments of significant convective events in the Western Mediterranean[J]. Wea Forecasting,1997,12:294—306.

[18] Davies Jones R P, Burgess D W, Foeter M. Test of helicity as a forecast parameter[C]//Preprint,16th Conference on Severe Local Storm. Kananaskis Park, AB, Canada, Amer. Meteor. Soc,1990:588—592.

[19] 孔玉寿,章东华.现代天气预报技术[M].北京:气象出版社,2000:109—112.

Application of Helicity in Analyzing a Strong Summer Dust-storm Event

YUE Ping^{1,2}, NIU Sheng-jie¹, ZHANG Qiang², WANG Lian-xi³, YANG You-lin³

(1.Key Laboratory for Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of Gansu Province/Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China; 2.Education Station of National Key Laboratory for Meteorology Disaster Research, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 3. Ningxia Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Based on the analysis of the climatic background and weather situation from 16—17 of July in 2005, the paper applied the Relative Earth Helicity by Tudurf at 1977 and the Relative Storm Helicity by Davies Jones at 1990 to diagnose a severe dust-storm in summer in Hexi Corridor. The results show that it was easy to compute the value of helicity where the weather system passed by using the relationship between temperature advection and Relative Earth Helicity, but the correct relative helicity values came from exactly analyzing and diagnosing on the weather system, especially on the horizontal temperature gradient. The relative storm helicity high value center was homologous to the severe dust-storm center.

Keywords: Helicity; severe dust-storm; climatic background; circumfluence characters