

文章编号: 1006-4354 (2004) 03-0005-03

风暴相对螺旋度的应用

张 健 宏

(陕西省气象台, 陕西西安 710015)

摘 要: 引入了风暴相对螺旋度——*SRH* 的概念, 阐述了 *SRH* 的定义和物理意义, 分析了 2003-07-15 大降水过程的演变。结果表明 *SRH* 作为一个预报强天气的参数具有实际意义。

关键词: 切变风矢; 风暴相对气流; 沿流线方向涡度; *SRH*

中图分类号: P458.1

文献标识码: B

观测和数值模式研究均已表明, 热力不稳定(浮力)、风的垂直切变是影响风暴组织和种类的重要因素。浮力决定了空气在垂直方向上的运动, 因而决定了对流风暴的潜在强度。环境风场的垂直切变对风暴的演变起很大的作用。在一定的湿度、热力不稳定和抬升条件下, 强垂直风切变可激发风暴相对气流的产生, 还可引起环境场水平涡度的强烈变化。相对气流在低层反映了流入风暴体内的入流强度和方向, 有助于确定新生单体的位置和潜在强度, 还可以使降水远离低层气流流入流处, 从而使新生单体重新获得不稳定能量, 不断地发生发展, 使风暴的生命得以延长。强垂直风切变的出现还表明有强的水平涡度形成, 并且水平涡度可通过对流风暴中上升气流而倾斜转化为垂直方向的涡度, 从而有利于风暴的发展。风暴相对螺旋度 *SRH* (storm-relative Helicity) 就是定量反映环境风场旋转性的参数。

近些年在美国, *SRH* 已广泛地用以研究对流风暴的发生发展和运动。研究发现 *SRH* 的大值区与风暴的运动、风暴的发展增强有关连, 风暴生命史也较长。美国国家风暴预报中心已经有计算 *SRH* 的一套程序, 在 WSR88D 雷达的基本产品中也有 *SRH* 的输出结果提供给预报人员在分析和预报中应用。在国内, 章华东^[1]等用 *SRH* 对冰雹、大风等强对流天气作过诊断分析, 得到很多有意义的结果。

1 *SRH* 参数

1.1 *SRH* 的概念

SRH 定义为: 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。*SRH* 的表达式:

$$SRH = \int_0^h (\mathbf{V} - \mathbf{C}) \cdot \boldsymbol{\omega}_h dz, \quad (1)$$

其中: \mathbf{V} 是 h 高度的地面相对风速, \mathbf{C} 是风暴移动速度, $\mathbf{V} - \mathbf{C}$ 是风暴相对速度, $\boldsymbol{\omega}_h$ 是 h 高度的水平涡度。*SRH* 的单位为 m^2/s^2 。

由 (1) 式可看出: *SRH* 反映了环境场的旋转程度、风暴相对入流强度, 以及沿旋转轴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。从能量上, *SRH* 反映了在 $0 \sim h$ 厚度层中, 环境场为气块作螺旋运动所提供的能量, 是表征对流发展加强的一个重要指标。

1.2 *SRH* 的意义

对于一个移动的对流风暴, 其移动受中低层平流运动和自身传播效应的共同影响, 但是它是一个水平分量, 在垂直方向没有变化, 即风暴相对气流的垂直分布与环境风垂直分布是一致的。由于垂直风切变的作用, 在对流层低层, 使风暴相对入流气流加强。水平涡度 $\boldsymbol{\omega}_h$ 顺流线方向的涡度分量 ($\boldsymbol{\omega}_s$) 的作用使气流沿流线轴按照右手法则呈螺旋式旋转运动。当低空气流呈螺旋式进入风暴内部后, 旋转轴随风暴内部的上升气流开始向上倾斜将水平涡度转化为垂直涡度, 造成风暴的上升气流产

收稿日期: 2003-12-25

作者简介: 张健宏 (1963-), 男, 陕西西安人, 学士, 高工, 从事天气预报和预报方法研究工作。

生气旋式旋转,使对流发展加强。由于强垂直风切变产生的水平涡度远比风暴前的垂直涡度要大,可达100倍^[2],因此水平涡度的转化对对流风暴的演变起着至关重要的作用。

1.3 SRH 的计算

在实际业务中,使用实测探空资料可直接求出SRH的值。计算公式如下:

$$SRH = \sum_{n=0}^{N-1} [(u_{n+1} - c_x)(v_n - c_y) - (u_n - c_x)(v_{n+1} - c_y)], \quad (2)$$

式中: (u_0, v_0) 为地面风, (u_n, v_n) 为各高度层上的水平风, (c_x, c_y) 为风暴移动速度。因为流入风暴的气流来自低层,一般取 $h=3\sim 4$ km, n 取5层: 地面层, 925 hPa, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa。由于风暴的移动主要受中低层平流运动和自身传播效应的共同影响,通常以850 hPa至400 hPa气层的平均风向右移 40° , 风速的75%来确定风暴的移动速度。

1.4 SRH 的临界判定与对流风暴的关系

SRH 的几何意义可理解为: 在速度矢图中 $0\sim h$ 层次之间的风暴相对速度所扫过的面积的两倍(风随高度顺转为正, 逆转为负)。观测结果显示, 出现强的多单体风暴或超级单体风暴时, 都存在很强的垂直风切变。如果假定有强垂直风切变并且风随高度顺转最少 90° , 而对流层低层风暴相对速度大于 10 m/s 时, SRH 值大于 150 m^2/s^2 。Davies-Jones^[1] 将 $SRH = 150$ m^2/s^2 界定为有利于产生超级单体风暴的最低值。对2001年6、7、8月陕西省的降雨情况与SRH逐日计算统计分析发现^[3]: 出现降水等级为中到大雨的较强对流时, SRH 普遍在 $80\sim 140$ m^2/s^2 之间; 出现降水等级为小雨的弱对流时, SRH 值普遍小于 80 m^2/s^2 ; 出现积云对流和无降水时, SRH 值普遍小于 30 m^2/s^2 。由此可以归纳出对预报有指导意义的SRH临界值(单位: m^2/s^2):

当 $SRH < 30$, 预报无降水;

当 $30 < SRH < 80$, 预报有弱降水;

当 $80 < SRH < 150$, 预报有较强降水;

当 $SRH > 150$, 预报有超级单体风暴、龙卷、冰雹大风、强降水等。

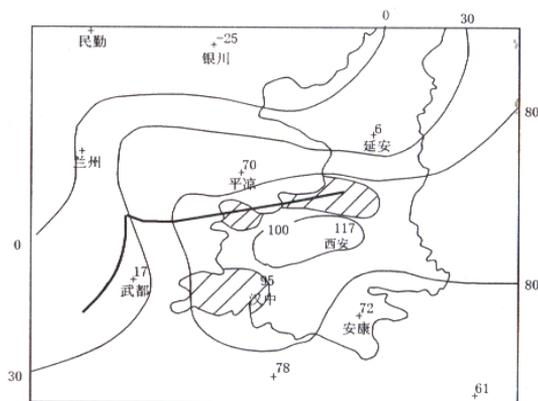
2 用SRH对2003-07-15暴雨过程的分析

2.1 雨情概况

2003-07-15-08:00—16-08:00 陕北南部、关中北部和陕西南部出现了区域性暴雨天气过程, 陕西南部的区域性暴雨主要集中在08—14时。

2.2 SRH 演变分析

7月14日20时,在暴雨发生前,SRH的值小于 60 m^2/s^2 , 有降水, 但降水不大。7月15日08时, 暴雨进入发生发展阶段, SRH 的值大于 80 m^2/s^2 (见图1)。SRH 的大值区处于700 hPa 切变线南部的暖区中, 暴雨区对应SRH值大于 80 m^2/s^2 的区域。7月15日20时, 暴雨减弱, SRH 值减小到 60 m^2/s^2 以下。7月16日08时, 700 hPa 切变线已移出陕西省, 降水结束, 相应的SRH均小于 30 m^2/s^2 。



细实线为SRH(单位: m^2/s^2)等值线, 粗实线为700 hPa切变线, 阴影区为大雨区

图1 2003-07-15-08 SRH 分布图

以汉中和西安站为例: 7月14日20时, SRH 值分别为 53 m^2/s^2 、 56 m^2/s^2 , 到7月15日08时, SRH 值增大到 95 m^2/s^2 、 117 m^2/s^2 。7月16日08时, SRH 值迅速下降到 13 m^2/s^2 、 -4 m^2/s^2 。由此可见, 伴随着此次暴雨由弱到强, 再减弱的过程, SRH 值也相应呈现由小到大, 再减小的变化过程, 配合比较理想。需要指出的是暴雨区并未完全与SRH大值中心吻合, 是否因计算误差或其它因素引起有待于探讨。总之SRH作为一个预报强天气的参数具有实际意义。

文章编号: 1006-4354 (2004) 03-0007-03

2003-08-24 咸阳市大暴雨过程分析

王索民, 李祥林

(咸阳市气象局, 陕西咸阳 712000)

摘 要: 利用 MICAPS2.0 提供的分析工具对 2003-08-24—25 发生在咸阳市北部的大暴雨过程进行分析, 结果表明: 暴雨过程中在高度场高通滤波场上存在 2 个次天气尺度气旋, 其一导致了副高分裂东退, 该气旋对环流形势场调整有指示意义; 其二直接造成暴雨, 该气旋对暴雨落区预报有良好的指导意义; 研究发现, 暴雨出现之前 K 指数存在一个聚集剧增的过程, K 指数与暴雨落区对应较好, 暴雨就发生在 K 指数大值区附近。

关键词: 综合分析; 次天气尺度; 高通滤波

中图分类号: P458.1

文献标识码: B

副热带高压外围西南气流带来充沛水汽和能量, 配合南下冷空气影响, 是造成咸阳市汛期暴雨的主要天气系统之一。副高的进退和强弱变化是预报这类暴雨的关键, 本文通过对 2003-08-24—25 暴雨过程中副高位置变化、次天气尺度系统相互作用及能量场的分析, 找到一些暴雨预报有意义的信息。

1 暴雨概况

2003-08-24—25 咸阳市先后 4 个县出现暴雨, 3 个县降水量在 100 mm 以上, 彬县 24 日 14 时—25 日 14 时降水量达到 153.8 mm。由于降水时间短, 强度大, 加之泾河上游突降暴雨, 造成彬县境内泾河流量最大达 $5\,220\text{ m}^3/\text{s}$, 是近 30 a 来少见的。据统计 24—25 日全市有 3 个县 18 个

收稿日期: 2003-12-10

作者简介: 王索民 (1960—), 男, 陕西周至人, 学士, 高工, 从事天气预报工作。

3 结论

3.1 SRH 随环境水平涡度顺流线方向的涡度分量 (ω_s) 的变化而变化, SRH 反映了一定气层厚度内环境场的旋转强度和输入到对流体内部环境涡度的多少, 其值越大, 表示风暴旋转性越大, 风暴强度越大。

3.2 顺流线方向的涡度分量 (ω_s) 是造成上升气流旋转加强的主要因素, SRH 取决于 ω_s , 而 ω_s 取决于低层垂直风切变的强度和方向。但是有时在风暴的发展过程中, 由于中尺度系统的环流变化对垂直风切变的影响很大, 往往造成对流旺盛期的 SRH 比利用有限时次的探空资料计算得到的 SRH 的值要大, 因此在实际业务工作中, 如果能将计算结果与其它气象信息分析结果结合起

来, 对强对流的预报将非常有益。

3.3 对 SRH 的计算很敏感的另一因子是风暴的移动速度, 因为风的移动速度可以引起确定低层相对入流的误差, 因此在业务中确定风暴移速非常重要, 实际业务中可采用雷达测速等手段。

参考文献:

- [1] 章东华. 螺旋度概念及其在强对流风暴预报中的应用试验 [J]. 空军气象学院学报, 1994, 15 (1): 20-27.
- [2] Kessler E. 雷暴形态动力学 [M]. 包澄澜译. 北京: 气象出版社, 1991: 95.
- [3] 张健宏. 短时天气预报系统 [J]. 陕西气象, 2002, (5): 13-14.