

# s-r 螺旋度在皖西南强风暴预报中的应用

张 苏 王甲生

(安徽省安庆市气象局, 246001)

## 提 要

应用常规探空资料,对皖西南地区强风暴天气的 s-r 螺旋度进行了计算分析。结果表明:s-r 螺旋度作为一个新的诊断量,对皖西南非孤立龙卷、大范围冰雹及距测站 50km 内的局地龙卷有较好的预报能力。

关键词: 强风暴 s-r 螺旋度 风暴速度

## 引 言

近年来的研究表明,大多数强风暴系统生成在相对于风暴(s-r)的风速大于  $10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,风向在最低层 3km 内顺转  $90^\circ$  以上的环境风场中<sup>[1]</sup>。在这样的环境风场中,低层相对于风暴的人流,其水平涡度矢量主要是沿气流方向的,当人流进入风暴后,上曳气流将水平涡度转变为气旋性旋转,从而有利于风暴的发展。

s-r 螺旋度就是一个用于衡量环境风场具有多少沿气流方向的水平涡度及其贡献的参数。我们应用 1982—1992 年本站 07h、19h 常规探空资料,对包括安庆、池州等地的皖西南地区所发生的强风暴天气过程,进行了 s-r 螺旋度的计算分析,取得了一些有益的结果。

## 1 螺旋度计算公式

风暴人流深度为  $h$  的 s-r 螺旋度,与流线方向涡度和 s-r 风成正比,即:

$$H = \int_0^h (\vec{V} - \vec{C}) \cdot \vec{\omega} dz$$

其中  $\vec{V}$  为环境风,  $\vec{C}$  为风暴平移速度,  $\vec{\omega}$  为水平涡度,  $H$  为 s-r 螺旋度。

由于  $\vec{\omega} \approx \vec{k} \wedge \partial \vec{V} / \partial z \equiv (-\partial v / \partial z, \partial u / \partial z)$ , 则:

$$H = - \int_0^h \vec{k} \cdot (\vec{V} - \vec{C}) \wedge (\partial \vec{V} / \partial z) dz$$

将  $\vec{V} \equiv (u(z), v(z))$ ,  $\vec{C} \equiv (c_x, c_y)$  代入上

式,有:

$$H = v\Delta u - u\Delta v + (c_x\Delta v - c_y\Delta u)$$

其中  $v\Delta u - u\Delta v = H_0$  为环境风场相对于地面的 (g-r) 螺旋度,  $(\Delta u, \Delta v) = \vec{S}$ , 为从 0 至  $h$  高度的切变矢量。

如果  $(u_0, v_0)$  为地面风,  $(u_1, v_1), \dots, (u_{N-1}, v_{N-1})$  依次为 0 到  $h$  气层内各高度上的风,  $(u_N, v_N)$  为  $h$  高度上的风,那末,螺旋度的计算公式可以写成如下形式:

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

以 1.5km—7.0km 气层间的平均风为标准,风向向右转  $40^\circ$ , 风速的 75% 定义为风暴平移速度  $\vec{C}$ <sup>[2]</sup>。

## 2 资料选取与统计

从皖西南地区 12 个测站的气表 1、月简表,以及民政部门的灾情报告中,对 1982—1992 年间的冰雹和龙卷进行普查,并将其分为 4 类:

(1) 非孤立龙卷:二县或以上境内有龙卷爆发,伴有或不伴有冰雹发生。

(2) 局地龙卷:某县境内局地爆发的龙卷,伴有或不伴有冰雹发生。

(3) 大范围冰雹:数县境内有冰雹袭击,但无龙卷或只有局地龙卷伴随。

(4) 小范围或局地冰雹:二、三个县境内

出现的或某县局地出现的冰雹。

将冰雹、龙卷按月分类统计,结果见表1,表2。

表1 3—8月冰雹天气过程个例数分布 (1982—1992年)

类别	3月	4月	5月	6月	7月	8月	合计
3	1	2					3
4	2	3	6	1	2	6	20
合计	3	5(9)	6(10)	1(2)	2(3)	6	23(33)

注:( )为加上龙卷过程中出现冰雹后的合计

表2 3—8月龙卷天气过程个例数分布 (1982—1992年)

类别	3月	4月	5月	6月	7月	8月	合计
1		3	3				6
2		3*	4	1	6*	3	17
合计		6	7	1	6	3	23

注:\* 包括冰雹过程中的伴随龙卷各一次

冰雹的发生时间,多在午后到傍晚,只有大范围冰雹才有可能持续到夜间。龙卷也多爆发于午后到傍晚,仅有一例爆发在凌晨,持续时间大都在20—30分钟以内,偶有近一个小时的记载。

### 3 计算结果及分析

应用s-r螺旋度的计算公式,取深度h为3km,对以上龙卷、冰雹个例进行了计算。按前述分类原则,将s-r螺旋度计算值统计列于表3。

由表3可见,大范围冰雹和非孤立龙卷,对应的s-r螺旋度数值较大;小范围或局地

冰雹,s-r螺旋度则较小;而局地龙卷则要视距离测站情况分为两种:当距离本测站50km以外时,s-r螺旋度显著降低;而距本测站50km以内的多数个例,s-r螺旋度数值仍很大。

表3 强风暴天气过程s-r螺旋度( $m^2 \cdot s^{-2}$ )

类别	个例数	最大	最小	中值范围
1	6	474	88	151—241
2	<50km	7	299	24
	>50km	10	45	<0
3	3	742	195	311
4	20	197	<0	

1982—1992年间,皖西南地区大范围冰雹、龙卷和爆发于50km以内的局地龙卷,计有16例,计算结果见表4。

中尺度对流系统(MCS)的水平尺度达数百公里,其云系的一般生命史为6—12小时,当强风暴运动的区域有较大的螺旋度,并能维持数小时以上时,我们就能根据常规探空资料,进行这类强风暴天气的研究和预报试验。

由表4可见,对于大范围冰雹和非孤立龙卷,螺旋度对应较大值,对于50km以内的龙卷,仅有2例的s-r螺旋度小于 $150 m^2 \cdot s^{-2}$ 。我们若取 $150 m^2 \cdot s^{-2}$ 的s-r螺旋度做为阈值,则表4中三类强风暴天气的预报概括率为75%,若分月分类制定阈值,回代概括率更高。

表4 强风暴天气个例

类别	日期	s-r螺旋度	影响时间	备注
非孤立的龙卷	1987.4.24	241	中午前后	低层风向顺转大于90度
	1987.5.1—2	88	19h前后	
	1989.5.10	474	17h—18h	岳西—潜山—桐城为龙卷风路径
	1990.4.28	104	17h—19h	低层风向顺转小于90度
	1991.5.18	154	18h左右	SWEAT指标达到442
大范围冰雹	1992.4.29	151	04h—07h	
	1983.4.13	195	15h—18h	SWEAT指标仅为182锋生环流为多环流圈型
50km内龙卷	1983.4.28—29	311	午后—夜里	锋生环流为多叠置双环流圈型,有低空急流
	1988.3.15—16	742	午后—夜里	底层为东北风,至3km顺转达219度
50km内龙卷	1982.7.23	164		
	1984.8.8	190	17:45—18h	台风低压右前方,SWEAT指标仅为152
	1985.5.3	196	午后	距测站约42km
	1985.5.13	24	15:30左右	距测站约28km
	1987.7.6	299	17:20—18h	距测站15km左右
	1991.6.25	25	15:30左右	距测站约35km
	1992.5.5	251	15h—17h之间	距测站20km左右

此外,我们还普查了1982—1992年间4—8月份的暴雨天气个例,进行螺旋度计算。分析发现,对于07时的常规探测,80%的个例其s-r螺旋度小于 $150\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ 。这说明,大部分强降水天气过程不同于强风暴天气,它们只对应弱的垂直切变。因此,可以应用s-r螺旋度做为判定天气类型的辨别指标。

#### 4 业务应用及结语

中纬度地区强风暴发生的环境,陶诗言等<sup>[3,4]</sup>归纳为三个必要条件:(1)对流层为明显的位势不稳定;(2)上干下湿的水汽垂直空间分布;(3)有强的垂直切变。

s-r螺旋度作为环境风场垂直切变的物理诊断量,非常敏感,但毕竟只是反映了强风暴发生的物理环境条件之一,在实际业务工作中,还需结合其它预报工具共同使用,减少空、漏报。

应用基本方法是:首先应用s-r螺旋度、高空风分析图和其它诊断量,分析判别本地

区发生强风暴的物理条件,建立二级分辨方程,判断是否达到临界指标,做出可能性趋势预报;然后根据大尺度天气形势、物理量场分布特征及各种数值预报产品来修正,做出短时预报;最后应用卫星云图和区域雷达联防,结合高空引导气流,中尺度分析、地形地貌等经验概念模式,预计强风暴的发生及影响时间和范围。我台1993—1994年在业务中应用,二次50km内的龙卷和一次较大范围的大风冰雹过程,预报基本准确,收到良好效果。

#### 参考文献

- 1 Davies-Jones, R., et al. Test of helicity as a forecast parameter, Preprints, 16th Conference on Severe Local Storms, AMS, 1990.
- 2 章东华. 螺旋度—预报强风暴的风场参数. 气象, 1993, 19(8).
- 3 陶诗言, 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980: 1—12.
- 4 陈良栋, 强对流天气发生和发展演变的最近研究, 气象, 1991, 17(5).

## The Application of Helicity Forecasting to Severe Convective Storm Weather in Southwest Anhui Province

Zhang Su Wang Jiasheng

(Anqing Meteorological Bureau, Anhui Province 246001)

#### Abstract

The helicity of severe storm processes had been counted and analysed with routine weather reports. The results show that helicity as a new diagnosis measure is helpful for forecasting of severe storm weather such as wide range of hailstone, no-isolated tornado and local tornado within 50km.

**Key Words:** severe storm s-r helicity storm speed