

新一代天气雷达中气旋产品特征值 统计和个例分析

方翀^{1,2} 郑媛媛²

(1. 南京大学大气科学系, 210093; 2. 安徽省气象台)

提 要: 利用合肥新一代天气雷达从2001年至2005年的中气旋产品, 对中气旋产生的时间、空间和各种特征值进行相关统计分析, 发现持续时间在3个体扫以上的中气旋与雷雨大风和龙卷有很好的对应关系, 通过对典型强风过程分析, 得出了底高、顶高和最强切变高度变化、最强切变与灾害性天气发生的对应关系, 为预报员及时准确预报雷雨大风、龙卷提供参考依据。

关键词: 中气旋 底高 顶高 最强切变 强对流天气

The Analysis of Mesocyclone Product from the Doppler Weather Radar

Fang Chong^{1,2} Zheng Yuanyuan²

(1. Department of Atmospheric Science, Nanjing University, 210093;
2. Anhui Meteorological Observatory)

Abstract: By using the Vmax mesocyclone products of new generation radar of Hefei, the occurrence time, spatial distribution and a variety of characteristic values were statistically analyzed. It is discovered that the Vmax meso cyclone which lasts more than three volume-scannings is well corresponds to the thunderstorm and gale. By analyzing the typical processes of gale, the relationship of the variations in the height of echo base, echo top and severely shear with the occurrence of disaster weather was derived. It is valuable to the operator to make a forecast of thunderstorm and gale timely and accurately.

Key Words: vmax-mesocyclone height of the base height of the top severely shear

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于多普勒天气雷达观测的中国超级单体风暴研究”(40575014)、安徽省“十一”五科技攻关项目(06013140B)、中国气象局新技术推广项目“强对流天气临近预报系统”(CMATG 2007M35)共同资助
收稿日期: 2007年4月26日; 修定稿日期: 2007年8月23日

引 言

中气旋是 WSR-88D 雷达的一种速度导出产品,它表示了对流风暴中几公里尺度的小尺度涡旋,大部分中气旋都伴有雷雨大风天气,安徽省两次强龙卷过程都伴有长生命史的中气旋。

目前国内邵玲玲^[1]等曾经对中气旋产品在强风预报中的应用做过相关研究,朱君鉴^[2]等利用少数样本对中气旋的流场特征和探测计算方法进行了一定的讨论。但大多数对于中气旋产品分析只是停留在简单应用的层面,没有对该产品进行大量统计和深入分析。

本工作的目的是基于对 2001—2005 年中气旋产品的统计,分析中气旋产品的特征与强对流天气的相互关系,为预报员及时准确预报雷雨大风、龙卷提供参考依据。

1 资料选取

统计时间:2001—2005 年。

总样本数:141 次过程,397 个中气旋,这 141 次过程分布在 24 天中。

2 中气旋的时空分布

2.1 季节分布

图 1 分别是中气旋的季节分布图和强对流的季节分布图^[3]。统计表明,中气旋基本只出现在 4—8 月,其中 7 月出现的次数最多。强对流与中气旋的变化趋势大体一致。中气旋与冰雹的季节分布有明显不同,冰雹主要出现在春季,7—8 月产生的次数较少,分析表明中气旋与雷雨大风有较好的相关性,与冰雹相关性较差。

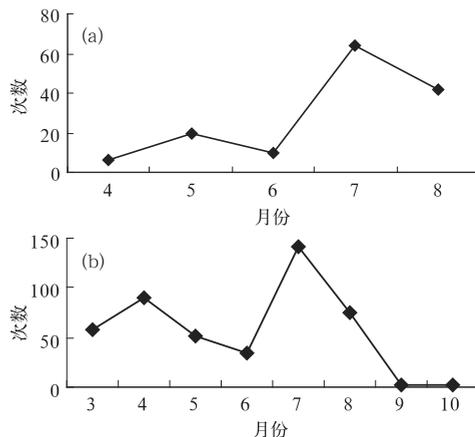


图 1 中气旋生成季节分布(a)及强对流季节分布(b)

2.2 生成时间分布

由图 2 可以看出,中气旋基本出现在中午到前半夜,主要在 14—16 时,大约占 50%。后半夜到上午很少出现,同强对流的发生时间基本一致。

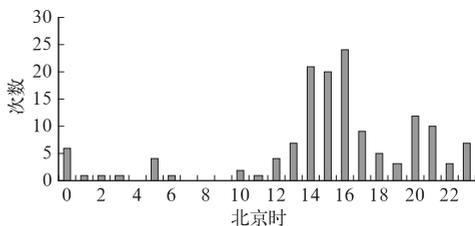


图 2 中气旋生成时间分布

2.3 持续时间统计

统计表明,以 6 分钟一个体扫计算,持续时间在 2 个体扫以下的中气旋占总数的 65%,持续时间在 3~4 个体扫的中气旋占 16%,中气旋所占比率随着时间的增长呈下降趋势,中气旋的持续时间普遍较短,绝大多数都在半个小时以内,持续时间在一个小时以上的中气旋仅占 5%。

2.4 空间分布

统计表明:83%的中气旋出现在以雷达

为中心,30~110km 范围内,说明这个距离是雷达探测中气旋的最佳距离。根据文献[4],分析主要原因是:对于偏远的距离,一是由于地球曲率的影响,即使是低仰角(0.5度),到较远距离后仍然离地面较高,对于离地面比较近的中气旋难以探测到。二是由于雷达波束到了较远距离后,波束宽度增大,探测精度降低,对于直径在几公里以下的中气旋有时探测不到;对于太近的距离,中气旋在大多数情况下离地面还是有 1km 以上的距离,由于静锥区的影响,即使最高仰角(19.5度),有可能仍然达不到中气旋的底高,无法探测到中气旋。

另外,经过统计分析还发现:合肥和南京雷达在 146km 处都出现大量的中气旋误报(这些误报在样本选取时已被剔除),而这种误报的中气旋占总数的 45%。这些误报大部分出现在雷达的西面半圆,而且一般风暴底高显示在 2.2km 左右,顶高显示在 4.8km 左右,持续时间一般只有一个体扫,初步考虑可能是由于受到距离折叠的影响,具体原因还有待探讨。

3 中气旋相关特征值统计分析

3.1 底高和顶高的季节变化

81.3%的中气旋底高在 4km 以下,中气旋的底高在 4—7 月变化不大,8 月有一个比较明显的上升。

中气旋顶高分布比较分散,但基本上都

在 2km 以上,8km 以下。顶高变化与底高略有不同,从 4—5 月有一个比较明显的上升,之后变化不大。

3.2 最强切变高度的季节变化

最强切变高度以 3~4km 居多。其季节变化趋势与顶高变化趋势类似,从 4—5 月有一个非常明显的上升,5—6 月变化不大,7 月还略有下降,但 8 月又有一个明显的上升。

3.3 中气旋平均强度季节变化

中气旋平均强度在 4—6 月不断增大,4 月为 $8.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$,5 月为 $10.9\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$,6 月为 $12.9\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$,7—8 月基本一致,大约在 $12\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ 左右。

3.4 中气旋的切变强度与灾害性天气的对应关系分析

仅持续 1~2 个体扫的中气旋由于时间和空间范围太小等原因与灾害性天气对应关系不明显,主要针对同一个 ID 号出现三次以上的中气旋过程的切变强度与灾害性天气的对应关系进行分析。

在这些中气旋过程中,单次体扫的最强切变出现在 2002 年 8 月 24 日,达到 $46\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$,过程平均最强切变出现在 2002 年 5 月 27 日,为 $21.3\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ 。单次体扫切变最强的过程依次出现在 2002 年 8 月 24 日、2003 年 7 月 8 日、2005 年 7 月 15 日和 2002 年 5 月 27 日,都造成了很严重的灾害(见表 1)。

表 1 最强切变值与灾害性天气实况对比

| $>15\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ | | $<15\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ | |
|--|--|--|--|
| 日期 | 灾害 | 日期 | 灾害 |
| 2002.5.27 | 最大风速 $30\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 2001.7.5 | 最大风速 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ |
| 2002.8.24 | 最大风速 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 2002.4.15 | 最大风速 $23\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ |
| 2003.5.6 | 最大风速 $30\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 2003.6.22 | 最大风速 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ |
| 2003.7.8 | 出现龙卷,16 人死亡 | 2004.5.21 | 无大风,20mm 冰雹 |
| 2004.7.8 | 最大风速 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,50mm 冰雹 | 2004.7.7 | 最大风速 $18\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,12mm 冰雹 |
| 2004.7.9 | 最大风速 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 2005.7.16 | 最大风速 $22\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ |
| 2005.6.14 | 最大风速 $26\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,10mm 冰雹 | | |
| 2005.7.15 | 最大风速 $21\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,20mm 冰雹 | | |
| 2005.7.30 | 出现龙卷,15 人死亡 | | |

从表 1 可见,大于 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ 的 9 天中有 7 天最大风速在 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上或者出现了龙卷天气,而相对应的小于 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ 的 6 天中均未出现 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的大风。另外,虽然说小于 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ 的过程灾害性程度略轻,但总体还是比较强的。可见最强切变值对于灾害性天气严重程度有很好的指示意义。

统计切变值与灾情的对应关系,得到如下结论:最强切变值达到 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ 以上通常就能造成比较严重的灾害,大多数情况下都会出现 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的强风或者产生龙卷。表 1 为最强切变值超过 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ 以上的样本与低于 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$

的样本与灾害性天气实况的对比。

统计结果表明:同一个 ID 号出现三次以上的中气旋过程,相应都出现了强对流天气。表 1 也充分说明了中气旋的强度不仅和龙卷,而且和雷雨大风强度也有很好的对应关系。

4 个例分析

图 3 是 2003 年 7 月 8 日产生在安徽省无为和庐江的一次典型的中气旋过程,该过程造成了 16 人死亡,灾害极其严重。22:30 左右,龙卷袭击庐江,23:00 左右,龙卷袭击无为。从图中可以看出,这两个时次中气旋顶高突然下降,最强切变高度也明显下降接近底高。

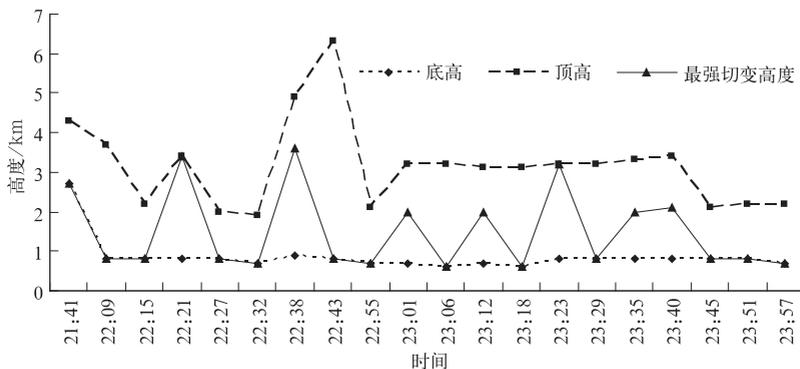


图 3 2003 年 7 月 8 日中气旋高度变化

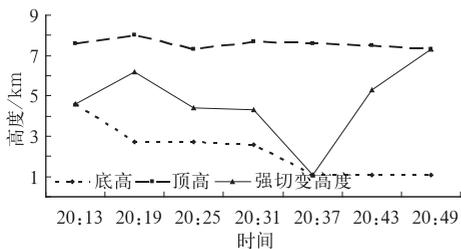


图 4 2004 年 7 月 8 日中气旋高度变化

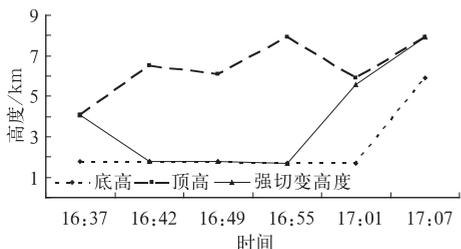


图 5 2002 年 5 月 27 日中气旋高度变化

图 4、5 分别是 2004 年 7 月 8 日产生在霍山、2002 年 5 月 27 日产生在蚌埠附近的两次典型的中气旋过程,都产生了冰雹和雷雨大风天气,造成了严重的灾害。从这两张图也可以看到,中气旋在产生后,其最强切变高度常常有一个下降的过程,同时也是中气旋不断发展的过程,当中气旋趋于消亡的时候,其最强切变高度常常迅速升高,这有利于我们判断中气旋处在何种发展阶段,做出准确的预报。

5 结 语

(1) 中气旋基本只出现在 4—8 月,其中

7月出现的次数最多。中气旋的生命史较短,大多数都在半个小时以内。

(2) 距离雷达 30~110km 是中气旋最佳探测范围。

(3) 中气旋产品对雷雨大风、龙卷有很好的预警作用,当最强切变值达到 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ 以上就可能造成比较严重的灾害,极有可能出现超过 $25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的强风或者龙卷天气。

(4) 中气旋的顶高突然下降或最强切变高度下降并逼近底高的时候,表明中气旋明

显加强;而在最强切变高度明显上升的时候,中气旋常趋于消亡。

参考文献

- [1] 邵玲玲,孙婷,邹锐,等.多普勒天气雷达中气旋产品在强风预报中的应用[J].气象,2004,31(9):34-38.
- [2] 朱君鉴,王令,黄秀韶,等. CINRAD/SA 中气旋产品与强对流天气[J].气象,2005,31(2):38-42.
- [3] 方翀,郑媛媛,朱红芳.基于多普勒天气雷达的强对流天气特征量统计与分析[J].气象增刊,2004.
- [4] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等.多普勒天气雷达原理与业务应用[M].北京:气象出版社,2006.