

# 中国龙卷风的若干特征

魏文秀 赵亚民

(河北省气象台, 石家庄 050021)

## 提 要

应用数理统计方法和通过对观测资料的分析,研究了龙卷风的气候特征;根据近年天气资料,研究了龙卷风发生的天气系统、层结特征、风场和母体云团的特征。

关键词: 龙卷风 气候特征 母体云团

## 引 言

我国对龙卷风的研究起步较晚,而且步履艰难。究其客观原因无非是因通讯、交通条件落后而缺乏必要的观测资料。因为龙卷风是一种小尺度天气系统,又是小概率事件,需要靠积累长期的观测资料才能较好地研究之。由于通讯与交通的落后,便无法深入实地进行调查,以致其研究长期处于“零打碎敲”的状态。随着经济的飞速发展和科技进步,使我们对龙卷风造成的严重危害有了新的认识。相信今后通过艰苦的努力,对龙卷风的科学研究和预防一定会出现崭新的局面。

## 1 龙卷风的气候特征

我国是多季风活动的国家,伴随夏季风的进退,常有大规模对流性云的出现。海南省的年雷暴日数高达110—130天,华北地区亦有45天以上,而绝大多数龙卷风的发生,都与雷暴的活动密切相关。在我国东部季风活跃的地区,龙卷风的发生比较频繁,所造成的灾害也较严重。我国地域辽阔,地形、地貌相当复杂,西部地区既有与对流云团相伴的龙卷风,又有巨大而高耸的尘卷风。南部的南海海域水龙卷也时有出现。限于观测资料和试验条件,下面主要讨论我国东部地区龙卷风的气候特征。

### 1.1 龙卷风气候背景

根据雷暴活动与龙卷风发生的基本关系,考虑纬度、地形、环流、主导天气系统等因素,计算了我国龙卷风的年分布日数(图1)。计算的主要步骤是:①通过筛选,得出与龙卷风日数相关性最好的两个因子:纬度和雷暴日数。②列出龙卷风日数与纬度和雷暴日数组成的关系式。③采用逐步逼近实测值法,确定关系式中的待定系数,计算网格为110km的正方形网格,步长取0.01。④根据地形、环

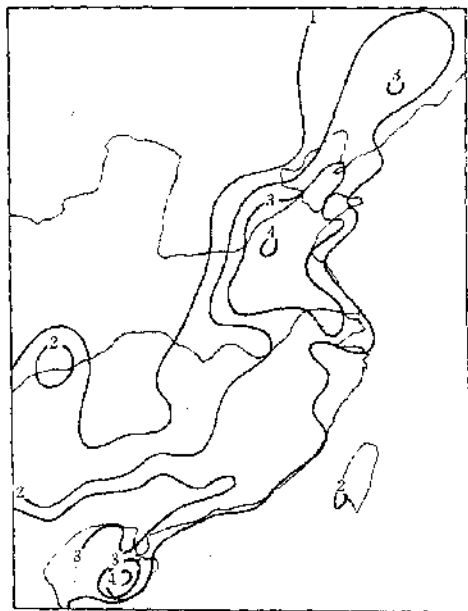


图1 中国龙卷风的可能分布(计算结果)

流形势及主导天气系统,对得出的系数进行订正。⑤仅算龙卷风日数。结果表明,我国的龙卷风有两个高发带,一是自长江三角洲经苏北平原至黄淮海平原,南北走向,呈下弦月形。最大中心在山东和江苏交界处的平原湖泊处,中心的密度为 $4.6$ 天/ $200 \times 200 \text{km}^2$ 。另一个是在广东和广西,呈东西走向,其中还有一中心在海南省,中心的密度为 $4.3$ 天/ $200 \times 200 \text{km}^2$ 。按计算方案的估算每年发生在我国东部的龙卷风约有 $600$ 个,如果考虑小尺度天气系统的空间间断性,在 $200-300$ 个之间,而每年灾害性的龙卷风,当有 $10-15$ 个。

应用 $1980-1993$ 年成灾的龙卷风实况(图2),对上述试验结果进行验证比较,虽然图2中的龙卷风的总分布只是部分记录的结果,但其分布的态势与计算结果大体一致。图2中的每一个圆点,代表一次较强烈的龙卷风,由于对龙卷风尚未分列强度等级,其灾害

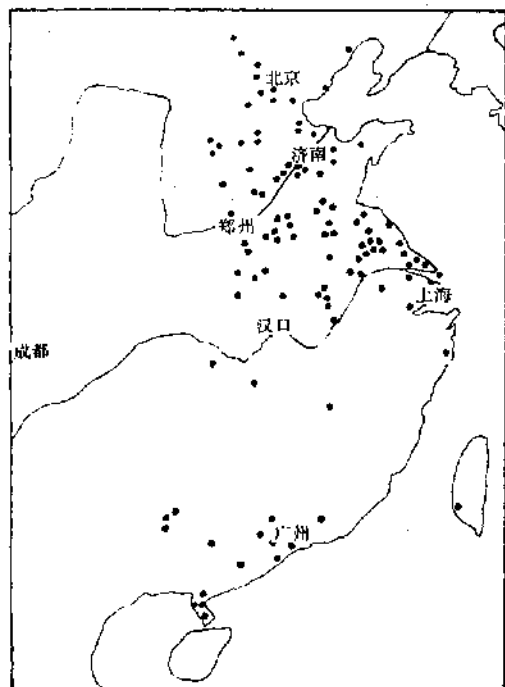


图2 1980—1993年灾害性龙卷风的总分布(部分记录)

程度是有差异的。但从整体趋势上看,反映了我国龙卷风的空间分布。长江口的三角洲、苏北、鲁西南、豫东等平原、湖沼区以及雷州半岛等地,都是龙卷风的易发区。

## 1.2 龙卷风发生的时空分布

我国东部龙卷风发生的年变化具有显著的季节性。从 $1981-1993$ 年龙卷风发生的统计资料看(图3),主要集中在春、夏两季,尤以8月份为多,7月份次之,7、8两月约占全年总数的 $59.6\%$ 。次高峰为4月份,5月份比4月份稍少,而没有获得11月—翌年1月发生龙卷风的报告。基本说明了冬季气候的大陆性特征和天气的稳定性,这一特点与美国有显著的不同,在美国全年各月均有龙卷风发生,以5月份最多。

在我国随着地域的不同,龙卷风发生最多的月份亦有差异。在广东省龙卷风发生最多的月份是5月和4月<sup>[1]</sup>;在河北、山东省龙卷风发生最多的月份是7月和8月(图3b、c)。

我们对1993年有关龙卷风的观测记录进行了分析。该年龙卷风最早发生在广东省阳春县(4月17日),5月份江西省、台湾省都有发生;辽宁省6月份、河北省7月份发生了龙卷风。8月份,在黄淮平原和长江下游发生多起龙卷风。龙卷风发生的季节变化,与大气环流系统密切相关,江南地区龙卷风发生线的逐月北移,大体上与梅雨锋的北上相一致。东北、华北龙卷风发生线的逐月南移,与高空冷涡和飚线的活动有关。黄淮平原和长江下游的高发区,则与气旋的活动有关(图略)。

观测记录和灾情报告表明,龙卷风在一天中的任何时间都可能发生,而以午后发生的最多,其中 $15-16$ 时,为发生的高峰时段,它显示了与太阳辐射影响最大时段的一致性,即为强对流天气最易发生的时段。值得注意的是,在早晨8、9点钟或夜间也可能发生强烈的龙卷风,显示了此种天气过程动力因素的决定作用。图4为我国东部龙卷风发生

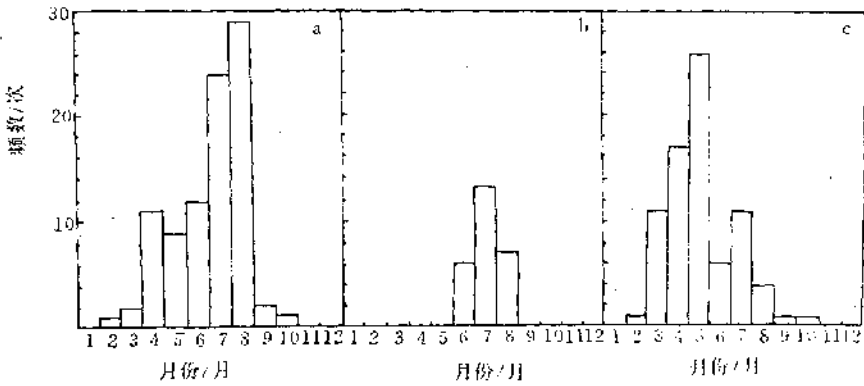


图3 龙卷风发生的年变化

a. 我国东部(1981—1993年) b. 河北、山东省(1981—1993年) c. 广东省(1971—1985年)

的日变化分布图。

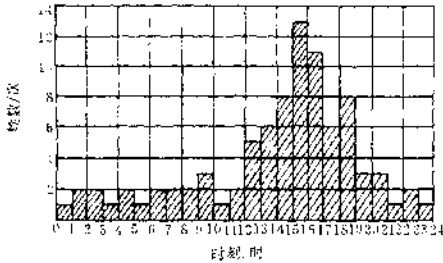


图4 龙卷风发生的日变化

## 2 产生龙卷风的天气系统

### 2.1 温带气旋

6—8月份在黄淮海平原发展的气旋,常引起龙卷风的发生。这些龙卷风通常比较强烈,且具有群发性<sup>[2]</sup>。1987年8月26日在黄河气旋暖区产生的龙卷风群即为此例(图5上方)。26日14时在衡水地区形成锋面气旋,气旋中心一直向东北方向移动,13时30分—17时30分在河北南部、山东西南部至少出现了9个龙卷风,维持时间最长的达45分钟,最短的只有几分钟。死亡数十人,损失惨重。高空天气形势为低涡东移,低空有较强偏南风急流( $\geq 25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )。同样,1989年7月17日的黄河气旋出现了两个强龙卷风,死亡10人,伤49人;1993年8月4日的黄河气旋,在豫东、皖北、苏北至少出现了5个龙

卷风,损失惨重。它们的共同点是:龙卷风发生在气旋的暖区,且靠近气旋中心的部位,发生时刻多在锋面气旋生成的初期。

### 2.2 热带气旋

在华东或华南登陆后的热带气旋的某一部位,有时可发生龙卷风或龙卷风群,图5中

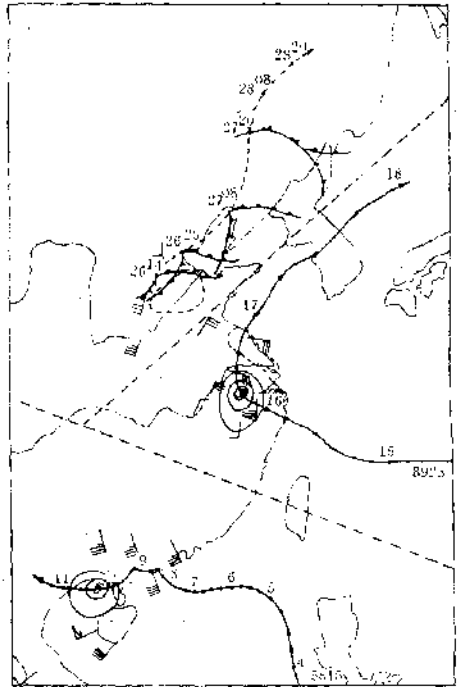


图5 产生龙卷风的天气系统

右方即为此例。8923号台风9月15日20时在浙江温岭登陆,后减弱从苏北出海。在台风的右前侧有龙卷风发生,16日01--21时自崇明岛至苏北平原至少出现了19个龙卷风,死亡数十人,为建国以来所罕见<sup>[3]</sup>。图5下方为在华南登陆台风出现龙卷风的情形。5815号台风在北部湾缓慢西行时,在其后部出现强龙卷风,8月11日08时27分在雷州半岛的遂溪县发生龙卷风,估算风速有 $80-100\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,破坏惨重。9403号台风路径与5815号相似(图略),当其自雷州半岛向北移动时,在其右侧出现强龙卷风。1994年6月9日06时50分在广东南海市盐步镇至广州市白云区之间发生龙卷风,14人死亡,291人受伤,经济损失超过3000万元。在列举的个例中,产生龙卷风的时间,都是在热带气旋的减弱阶段,地面层的风场已较弱,而在中低层仍维持强劲气流,这种风场的配置,最易形成较强的风的垂直或水平切变,加之有利的不稳定条件,龙卷风即可形成。

### 2.3 西太平洋副热带高压西侧西南气流

当西太平洋副热带高压中心位于日本南侧或东海上空,中心稳定少动时,500hPa副高外围的西南气流自长江中游直指黄河下游,与西南气流相对应的是高能、高湿舌,强对流云团便发生在暖湿的西南气流里。通常,这些对流云团排列成串状,依次侵袭,对流强度较弱。当这些对流云团排列紧密成线状,自南向北以飚线的形式平推过来时,对流强度猛烈,有时出现龙卷风。如1992年7月23日11:30—12:00河北省涿州发生的龙卷风就是在上述高空形势下产生的。当时的地面流场表现为两条不连续线的交汇,龙卷风即产生在交汇点附近(图略)。

### 2.4 高空冷涡

1992年6月6日高空冷涡位于黑龙江省上空,高空冷涡南侧的辽宁省西部中高空冷平流强烈,低层为暖湿平流,午后辽西地区有强对流云团发展,14时在锦西市连山区虹

螺蛳镇团山子村出现强龙卷风,死伤29人,经济损失900多万元(图略)。

## 3 产生龙卷风的环境条件分析

某些天气系统的特定部位具有龙卷风的易发性,就是说该场合的热力、动力条件有利于柱状涡旋的产生。下面从大气层结特征、风场和云场,讨论有利于龙卷风产生的环境条件。

### 3.1 层结特征

在研究了若干形成龙卷风的大气层结状况后,我们发现其层结基本属于潜在不稳定型。但与其他强对流天气比较,其潜在不稳定能量是较弱的,特别是低层,甚至有逆温层出现,且不止一例。如1987年8月26日、1989年7月17日,在同属气旋暖区的河北邢台地区,当龙卷风发生前1--6小时,其低层层结(分别在935—920hPa、935—910hPa),皆有 $+1.5-+2.0\text{C}$ 的逆温层。前例08时邢台的探空曲线(图略)与图5上方的个例相对应,邢台距发生龙卷风的地点约70km,其层结的垂直分布为 $r_m < r < r_d$ ,在935—920hPa的气层内有一个 $+1.5\text{C}$ 的逆温层。逆温层上下皆为偏南风,且风速较大,逆温性当属暖平流所致。逆温层以上具有较大的不稳定性。从层结特征分析,涡旋很可能在逆温层以上(900hPa)形成,与云中涡旋(上升气流)耦合发展成龙卷风,再向下急速延伸,此时无论低层的层结状况如何,均可穿透而及地。逆温层并非龙卷风产生的必要条件,但是,产生龙卷风的层结与产生对流云的层结确有很大不同。

### 3.2 风场

在大气中形成强烈的柱状涡旋,其环境风场具有重要的作用。图5中3例龙卷风的风场均为850hPa的记录。从图上我们可以看到,无论龙卷风的主导系统是热带风暴或是温带气旋,龙卷风均发生在强烈的偏南气流里,风速达 $20-25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,而接近龙卷风发生时刻和地点的风速可能更强。从我们分

析的龙卷风发生前风向、风速垂直分布情况(图略)可知,在低层2000m附近有一个强风层存在(气流偏南),风速变小在4000m附近,至6000m又复加大。这种某一层次风速较强的结构,有利于柱状涡旋的形成。

### 3.3 云场

每小时一次的卫星云图,已有可能对龙卷风的发生条件进行监测。因为龙卷风的发生与大规模对流云团的活动相联系,我们可以先判别哪些是龙卷风的母体云。通过近年的资料分析,发现龙卷风的生成与下列云团的配置有关。

#### 3.3.1 中尺度对流复合体(MCC)的中央

在中尺度对流复合体中几个对流云团之间的地带,是发生龙卷风的有利场合(如图6a和a'所示)。Fujita在参加强风暴飞行实验中多次发现,在积雨云的不同部位存在着巨大的风速差异,特别是当两个积雨云相互靠近时,风的差异更大<sup>[4]</sup>。丁一汇曾指出:由于积雨云间或积雨云与云旁空气间有着强烈的升降气流,在升降气流之间如果速度切变(方向或量值差)很强,也会造成涡旋,再演变为龙卷风<sup>[5]</sup>。

#### 3.3.2 鸟巢状云团的边缘

鸟巢状云团也是一种巨大的中尺度对流云团,云端的中心下凹,从上面看上去有些像台风,云体呈椭圆形(图6b)。在这类云团的南缘,常有龙卷风群发生<sup>[2]</sup>。从产生的部位分

析,很可能是母体云团与云团外部之间存在着持续的风切变所致。

#### 3.3.3 飢线的新老对流云团之间

我国东部的飢线,既有自北向南移动的,也有自南向北移动的。飢线是由多个对流云团排列组成,在对流云团之间,特别是新、老对流云团之间,也常有龙卷风产生(见图6c)。

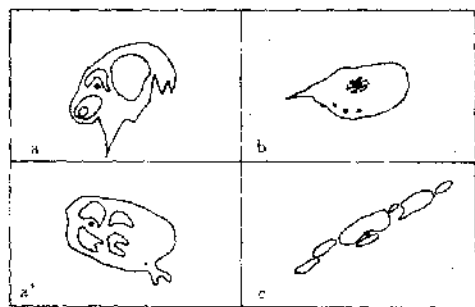


图6 发生龙卷风的云场示意图  
圆点为龙卷风的位置

### 参考文献

- 1 梁必祺,易耀辉.广东局地强风暴的活动特征及其灾害分析.广东气象,1994年第1期.
- 2 赵亚民.华北龙卷风群发生环境条件的分析.气象,1990,16(5).
- 3 周桂芝等.历史上罕见的800916强龙卷过程分析.中国气象学会论文摘要(20),1990年.
- 4 T. Theodore Fujita.中尺度预报综述.气象科技,1993年第3期.
- 5 丁一汇.龙卷风.大气中的风暴.北京:科学出版社,1977.

## The Characteristics of Tornadoes in China

Wei Wenxiu Zhao Yamin

(Hebei Province Meteorological Bureau, Shijiazhuang 050021)

### Abstract

The climatic characteristics of tornadoes in China are presented according to the statistical modeling and analysis of the observed data. Based on the weather data in recent years, weather systems causing tornadoes were investigated, and the stratification structure and the wind field were analyzed. The characteristics of the parent cloud of tornadoes are also presented.

**Key Words:** tornado climatic characteristic numerical simulation parent cloud