

## 东亚及西太平洋锋面气旋的统计研究\*

张培忠

陈受钧

白岐凤\*\*

(内蒙古气象科学研究所, 呼和浩特市010051)

(北京大学)

(内蒙古大气探测资料中心)

### 提 要

用1958到1989年共32年资料对东亚及西太平洋地区的锋面气旋做了统计研究, 气旋生成有两个主要的集中区, 蒙古生成区次数最多, 沿海生成区次之并还可以分为两个分区。各生成区中心位置和中心数值随季节有不同的变化。

气旋中心气压24小时变化值呈负偏态分布, 海洋地区气旋的负偏度更大, 爆发性气旋主要出现在海洋上, 沿海地区也时有发生。有明显年际、月际变化, 主要发生在冬季, 次为春季。文中还对爆发性气旋各种特征参数做了详细统计。

用计算气旋活动的相对变率方法, 定出了四季气旋主要活动路径。

**关键词:** 区域, 气旋, 统计学。

## 1 引言

锋面气旋是重要的天气系统, 在国外有很多关于气旋的统计工作, 最早对北半球统计的是Petterssen(1956)和Klein(1957), 他们使用40年代以前的20年资料, 其结果在“天气分析和预报”一书中有过详细介绍。后来对有限区域做了许多统计工作。Reitan<sup>[1]</sup>(1974)以及Zishka和Smith(1980)<sup>[2]</sup>分别对北美地区1954—1970和1949—1976年期间气旋活动的频率做了研究, 发现北美地区气旋有减少趋势; Whittaker<sup>[3]</sup>等(1981)研究了1958—1977年间北美气旋生成的地理和季节变化特征, 证实气旋次数有减少趋势。对亚洲的气旋也有不少统计工作, 50年代吴伯雄和刘长盛<sup>[4]</sup>用1951—1955年的资料对东亚的气旋做过统计。Hanson和Long<sup>[5]</sup>用长年代资料对东海地区气旋生成做了统计并指出与ENSO事件有关。朱乾根等<sup>[6]</sup>用10年资料统计了亚洲地区气旋的生成。齐桂英<sup>[7]</sup>统计了北太平洋地区的气旋, 认为此地区强气旋年际变化不大, 年内变化明显。对海洋上气旋的爆发性发展也有许多统计研究, Sanders和Gyakum<sup>[8]</sup>统计了1976—1979年冬半年北半球海洋的爆发性气旋, 发现西太平洋是一个最大频率区。Roebber<sup>[9]</sup>重新做了统计, 得出类似结果。Murty等<sup>[10]</sup>统计了东北太平洋温带气旋, 指出10月是爆发性气旋的最多月。Gyakum等<sup>[11]</sup>研究了1975—1983年北太平洋冷季气旋的活动。Sanders<sup>[12]</sup>对北太

\* 1990年10月23日收到原稿, 1991年9月7日收到最后修改稿。国家自然科学基金资助的课题, 合同号4880218。

\*\* 内蒙古科委计算中心冯莉萍, 李晓萍参加了计算工作。

平洋1981—1984年三类爆发性气旋做了统计。董立清等<sup>[13]</sup>用20年资料统计了130°E以西中国近海地区的爆发性气旋,认为主要出现在冷季,没有年际变化,集中在30—40°N,爆发性气旋就是强气旋。仪清菊等<sup>[14]</sup>对气旋的研究做了系统的总结。

本文对亚洲及西太平洋部分地区(20—75°N,60—160°E)锋面气旋的生成、活动、发展变化、路径做了统计研究。

## 2 资料和方法

使用中国国家气象局出版的1958—1989年“历史天气图”,普查了每日两个时刻的气旋。

统计规定是:(1)必须是锋面气旋。热低压和锋面消失后残存的低压均不统计,以下把锋面气旋简称为气旋。(2)气旋生成时必须有一根以上闭合等压线(间隔为5hPa)。如有一个时刻变成倒槽,而随后一个时刻又出现闭合中心,仍算是一次过程。(3)气旋必须在3个和3个以上时刻的图上存在。

统计方法是先点绘气旋活动的动态图,把本地区按2.5°×2.5°经纬度分割成880个小网格,统计各网格内的气旋生成和活动情况。

## 3 气旋生成的时空分布

32年中本地区共有7593个气旋过程,其中在本地区生成的有6150个,平均每年192.2个。有明显年际变化,最多年237个,最少年154个。月际变化也很大,最多月是5月,最少月是1月,见图1。有82%的气旋生命期长度在72小时以内,仅有1%在6天以上。

图2是32年生成总次数的地域分布图,有两个大的气旋生成区。

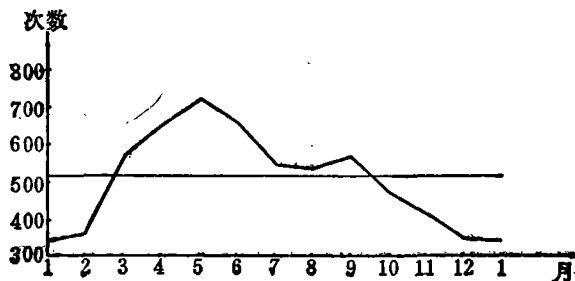


图1 气旋生成次数月际变化曲线

### 3.1 蒙古气旋生成区

此区范围最大,次数最多,主中心在蒙古中部,最大值为84(单位是个数/(2.5°×2.5°)经纬度,下同),位于45—47.5°N,105—107.5°E。30的等值线包括了蒙古大部、中国和俄罗斯部分地区,呈东西向分布。

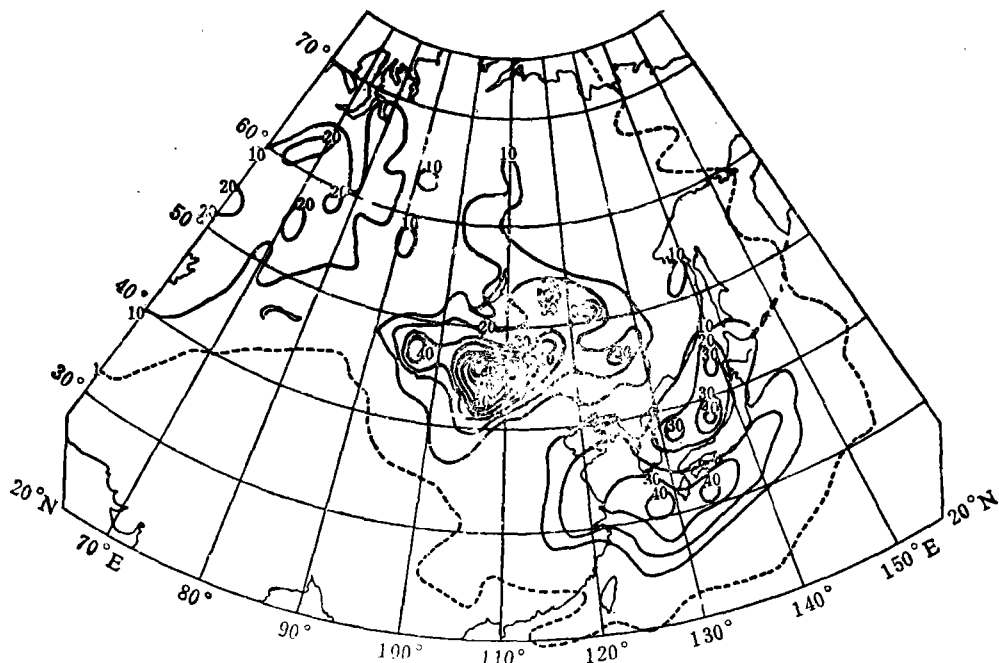


图2 32年气旋生成总次数分布图(单位:次 $\div$ ( $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ))

图3 是四季气旋生成次数分布图。蒙古气旋生成区四季较为稳定,中心位置冬春秋三季与全年一致,夏季偏向东南方,到达中蒙边境;中心数值春夏秋冬均在25次以上,冬季显著减少,范围也明显缩小。本地区冬季显著不同于北美洲的冬季,北美洲冬季是气旋的活跃期,而亚洲大陆受西伯利亚—蒙古高压控制,气旋生成甚少。

从生成次数的相对变率图(略)看,蒙古生成区最稳定,相对变率为50%,四季中以夏季最为稳定。

与这一生成区相配合,在主要生成中心东侧的蒙古—中国东北地区有气旋活动的集中区(图略),有两个最大中心区,一在蒙古东南部,中心值279,一个在黑龙江省,中心值为258。夏季蒙古中心强于黑龙江中心,冬季则相反。

### 3.2 沿海气旋生成区

该区范围也很大,但中心数值较小,也较稳定,总的分布走向与海岸一致,此区可分成两个气旋生成分区(见图2)。

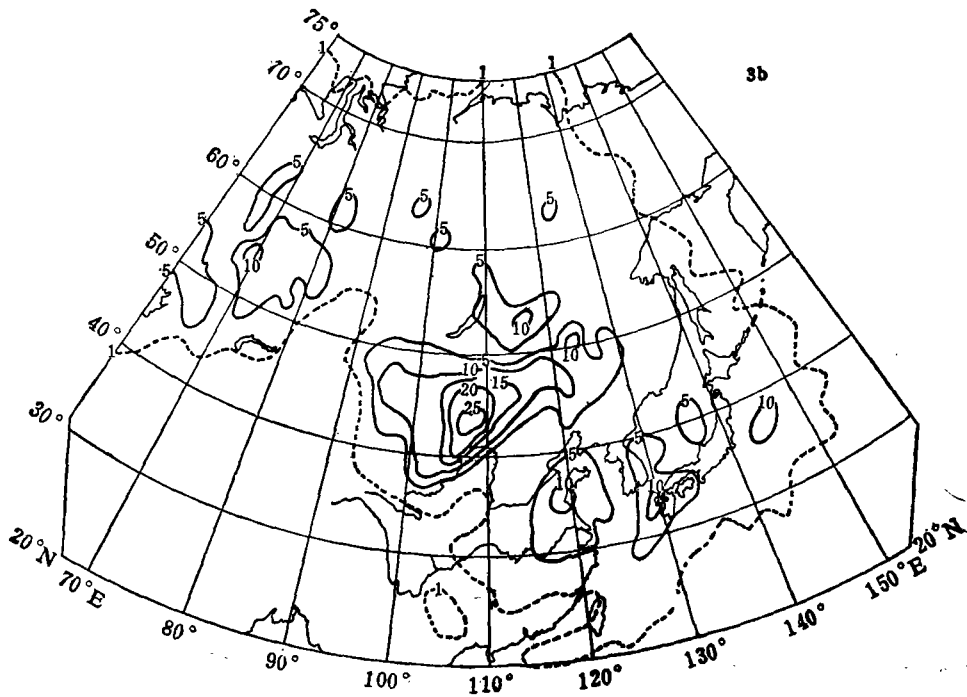
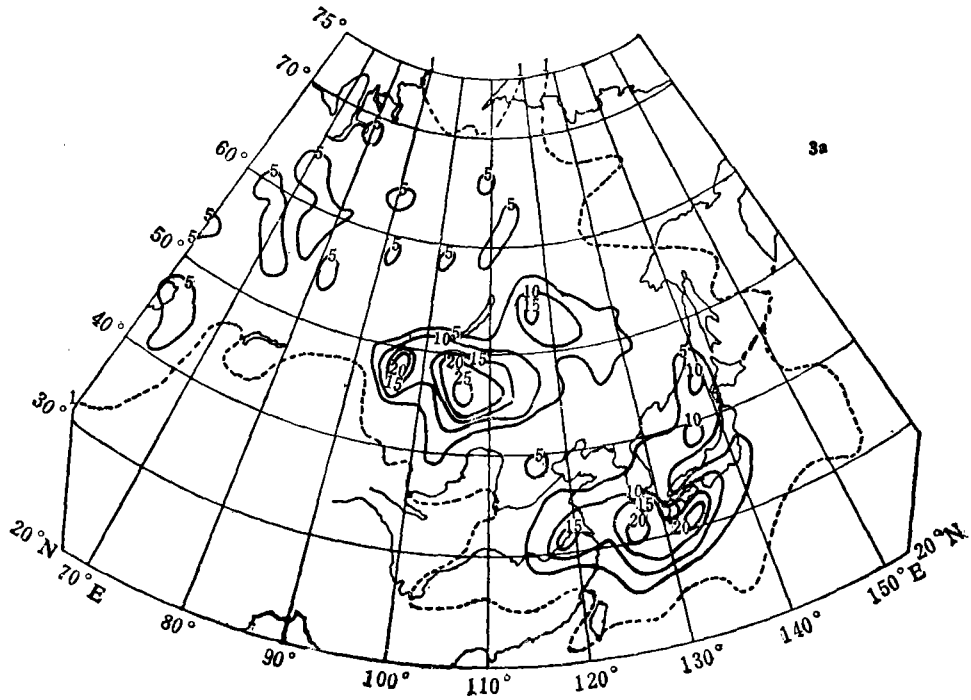
1. 东海气旋生成分区。主中心在东海,中心值为47,日本四国岛南方有一次大中心,中心值为42。此分区气旋生成季节间的变化最大,东海主中心冬季位置与全年一致,中心值冬春季合计为40次,占全年的80%以上。夏秋季显著变小,在10次以下。另外,春季在长江入海处有一明显中心,达16次,此中心夏秋季北上到山东半岛,冬季消失。

2. 日本海气旋生成分区。形状范围与日本海一致,中心值为44,夏季最弱,仅有7次。

与沿海气旋生成区相配合,海上也有气旋活动集中区,主要中心也有两个,一在日本海北部,中心值为181;一在日本东侧太平洋上,中心值为145。东海以东还有一弱的大值区。海上气旋活动区季节变化与大陆上的有明显不同,两个主要中心冬春季最明显,中心位置少动,数值大,夏季两个中心均减弱。东海的活动最大值区另有其变化特点,

春季在东海，夏秋季北上到黄、渤海、冬季消失。

另外在西西伯利亚平原还有一气旋生成集中的地带，但数值小，不能与上述两大生



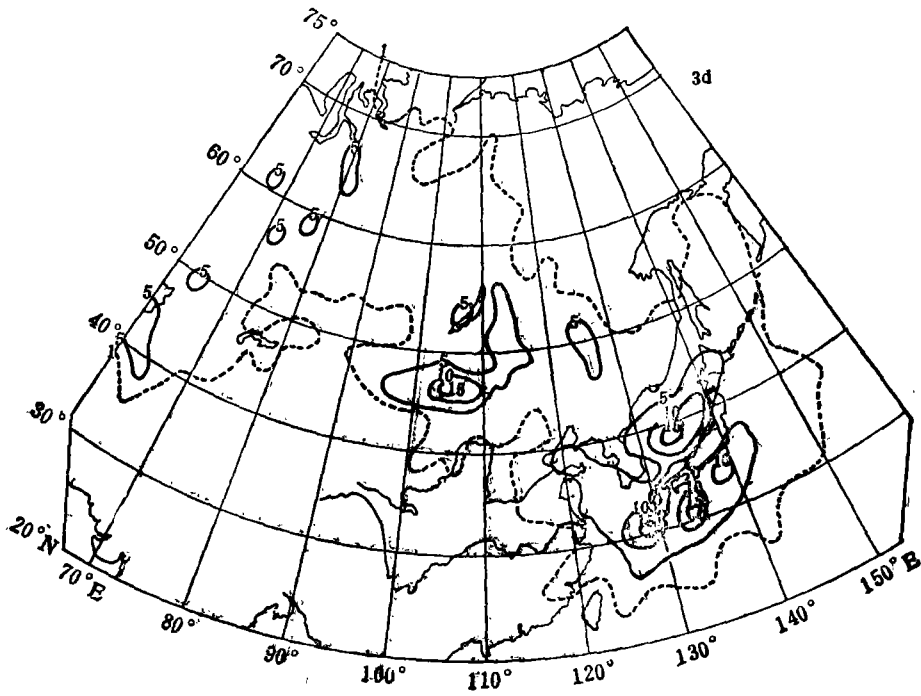
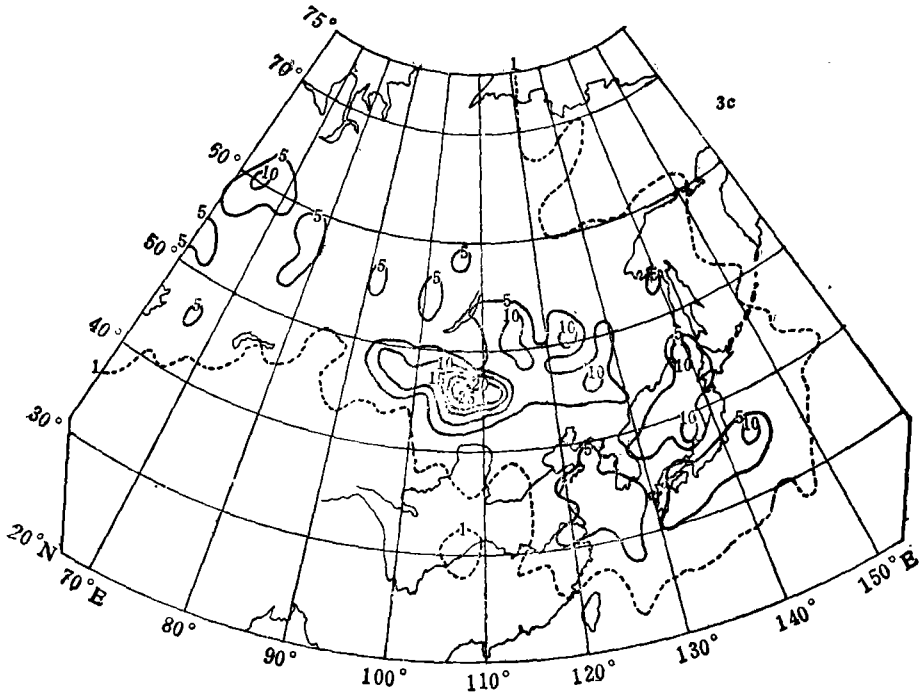


圖3 四季32年气旋生成总次数分布图(单位, 同图2.a. 春季, b. 夏季, c. 秋季, d. 冬季)

成区相比。因有从欧洲移入的气旋在这一地区活动,所以在西伯利亚平原北部形成另一气旋活动集中区,最大中心达151次,四季无大变化。

关于气旋的生成,过去主要有朱乾根等<sup>[6]</sup>的工作,与文献[6]相比,有两个显著不同之处。一是在中国东北地区,我们没有得出文献[6]那么大的气旋生成中心。二是我们的蒙古气旋生成区的生成次数远大于沿海生成区的次数。

#### 4 爆发性发展气旋的统计特征

气旋的发展变化是气旋研究的最重要方面,要做细致的分析研究。用 $\Delta P_{24}$ 表示气旋中心气压24小时的变化。

##### 4.1 气旋 $\Delta P_{24}$ 的频数分布和地理分布

从 $\Delta P_{24}$ 的频数分布图(图略)可知 $\Delta P_{24}$ 值呈明显的负偏分布,是大的负 $\Delta P_{24}$ 值出现次数较多造成的。用 $120^\circ\text{E}$ 把本地区分为大陆和海洋两部分,海洋部分的 $\Delta P_{24}$ 值频数分布与文献[11]的图5相比,负偏度更大,可能是因为 $120-160^\circ\text{E}$ 海域是整个北太平洋海域气旋发展加深最强的地区,大的负 $\Delta P_{24}$ 值出现更多的缘故。

由表1可以看出大陆上 $\Delta P_{24}$ 值的负偏度比海洋上小的多,与文献[11]的图6结果一致,证实了Gyakum的结论,海洋的一系列独有的物理过程增强了气旋的发展。

表1  $\Delta P_{24}$ 值频数分布参数表

	平均值	均方差	偏度Cs	峰度r
海洋地区	-4.0	8.0	-5.3	1.2
大陆地区	-0.0	6.5	-1.7	1.2
全地区	-1.1	7.1	-3.9	1.8

用过程中最大的一次负 $\Delta P_{24}$ 来表示该过程的加深强度,统计结果与文献[11]的图5a比较(图略),平均值较文献[11]弱,但负偏度更大。

参照文献[11],计算了负 $\Delta P_{24}$ 百分比的地域分布和负 $\Delta P_{24}$ 平均值的地域分布(图略),发现负 $\Delta P_{24}$ 百分比达75%以上的地区主要在日本周围的海洋上,最高值为85%,比文献[11]的90%小一些。负 $\Delta P_{24}$ 的平均值,也以这一带为最大,达到-7到-8hPa/d,也比文献[11]的值弱些。

##### 4.2 爆发性发展气旋的统计参数

迅速猛烈发展的气旋更有其特殊的重要性,因为这种气旋绝大多数出现在海上或海岸附近,所以这里主要讨论这些地区的情况。用Bergeron值(简称B值)表示气旋发展强度, $1B = 24 \times \frac{\sin \phi}{\sin 60}$ ,单位:hPa,式中 $\phi$ 是气旋24小时变化的中间时刻所在的纬度,

令 $R = \frac{\Delta P_{24}}{B}$ ,按四舍五入原则,R取到小数点后一位(即当 $R \geq 0.95$ 时,定义为爆发性气旋)。为便于和文献[10]比较,做如下规定:

类别	弱爆发类	中爆发类	强爆发类
R值范围	$1.0 \leq R \leq 1.2$	$1.3 \leq R \leq 1.8$	$1.8 < R$

#### 4.2.1 爆发性发展气旋的月际、年际变化

32年中共出现爆发性气旋469次,见表2。由表2可以看到强爆发气旋很少,平均每年不到一次,中、弱类平均每年分别为五次和九次左右。

表2 各类爆发性气旋统计表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计	平均	3—5	6—8	9—11	12—2
强类	4	3	5	0	0	0	0	0	0	0	1	6	19	0.6	5	0	1	13
中类	39	24	27	12	1	0	0	0	1	7	12	30	153	4.8	40	0	20	93
弱类	48	46	51	29	9	1	0	1	6	23	36	47	297	9.3	89	2	65	141
合计	91	73	83	41	10	1	0	1	7	30	49	83	469	14.7	134	2	86	247

与文献[12]关于大西洋西部爆发性气旋的统计结果对比,可以看出这两个大洋西部情况有些类似,爆发性气旋以冬季为最多,约占全年的50%—60%,夏季极少,春秋季居中,春季多于秋季。西大西洋主要出现在1月,2月和12月。西太平洋主要出现在1月,12月和3月。

从两个地区三类爆发性气旋的年平均值以及1981—1984年出现总次数来看(表略),西大西洋地区的强爆发类次数比西太平洋地区约多4倍,而中、弱类却少于西太平洋地区。

表3是所有爆发性气旋逐年逐月次数统计表,可以看出同1月份不同年代间差异甚大,1984年2月出现10次。年际变化很大,最多年(1984年)为26次,最少年仅5次(1961,1962)。这与文献[13]结论不一致。

#### 4.2.2 爆发性气旋的强度分布特征

图4是爆发性气旋B值的频数分布,呈现指数分布,频数随B值增大而迅速减小。平均值是1.2,1.0—1.2的频数占全部频数的50%。最强值为2.7,只有一次。与文献[8]的图5相似。

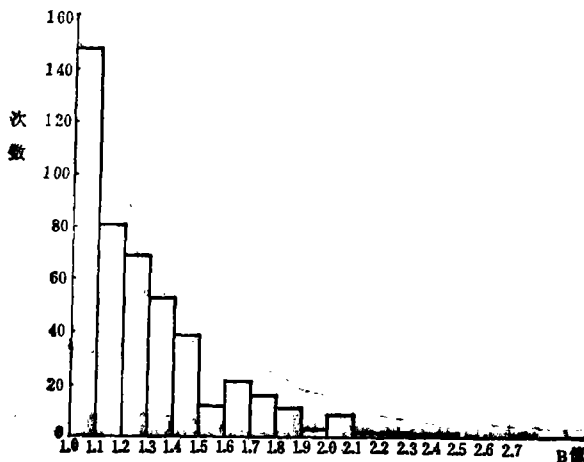


图4 爆发性气旋B值的频数分布

表3 所有三类爆发性气旋逐年逐月出现次数

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年合计
1958	5	8	4	2	0	1	0	0	0	0	0	2	22
1959	4	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	3	14
1960	4	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	13
1961	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
1962	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
1963	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6
1964	2	1	4	1	0	0	0	0	1	0	1	0	10
1965	4	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	12
1966	5	3	6	2	1	0	0	0	0	0	4	4	25
1967	1	0	3	1	0	0	0	0	0	1	2	3	11
1968	4	0	4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	13
1969	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	11
1970	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	3	5	14
1971	4	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	10
1972	6	1	2	1	0	0	0	1	0	3	2	4	20
1973	3	4	5	1	1	0	0	0	0	2	3	3	22
1974	1	6	1	2	0	0	0	0	0	0	4	5	19
1975	2	5	3	0	0	0	0	0	1	1	1	0	13
1976	0	0	0	1	1	0	0	0	1	4	3	0	10
1977	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	4	9
1978	4	0	3	5	0	0	0	0	0	0	1	4	17
1979	0	1	3	0	2	0	0	0	0	0	1	0	7
1980	4	1	2	0	2	0	0	0	1	3	5	4	22
1981	0	2	3	2	1	0	0	0	0	5	0	4	17
1982	4	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3	3	14
1983	2	2	8	5	0	0	0	0	0	2	3	3	25
1984	3	10	4	2	0	0	0	0	0	1	1	5	26
1985	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	2	4	13
1986	3	1	3	2	0	0	0	0	0	0	3	4	16
1987	6	5	4	1	0	0	0	0	1	0	2	3	22
1988	2	1	4	0	1	0	0	0	0	2	1	2	13
1989	4	2	3	2	0	0	0	0	0	1	0	1	13
	91	73	83	41	10	1	0	1	7	30	49	33	489



#### 4.2.3 爆发性气旋的中心气压值的分布特征

用气旋爆发性发展后的气压值来表示,469个气压值的平均值是982.4hPa,比全部气旋过程的气压平均值995.7hPa约低13hPa。爆发性气旋的气压值出现在946—1005hPa,并不一定都出现很低的气压,与文献[13]的结论也不一致。由图5可以看到,呈现弱的负偏分布,972hPa以下的有74次。

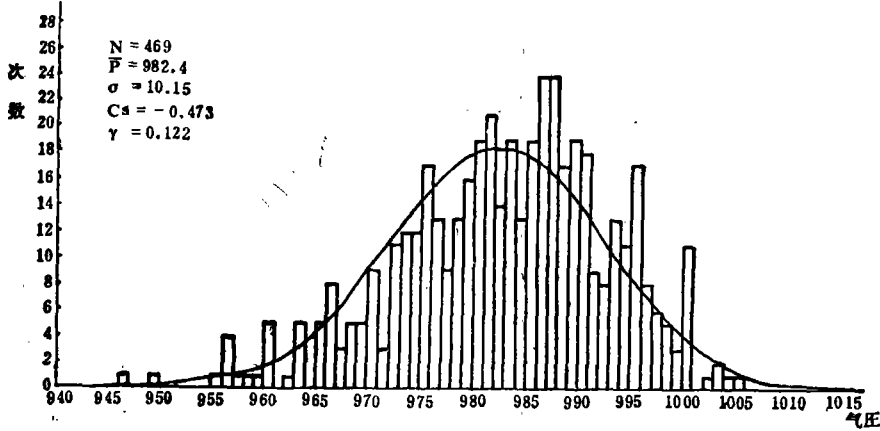


图5 爆发性气旋中心气压值分布图

#### 4.2.4 爆发性气旋爆发发展时降压强度分布

图6是爆发发展时 $\Delta P_{24}$ 值的频数分布,平均值是-22.3hPa,与文献[9]的结果一致,最强值是-46hPa,最弱值是-14hPa。出现次数最多的是-20hPa(63次,占13%),有50%出现在-18到-22hPa之间。

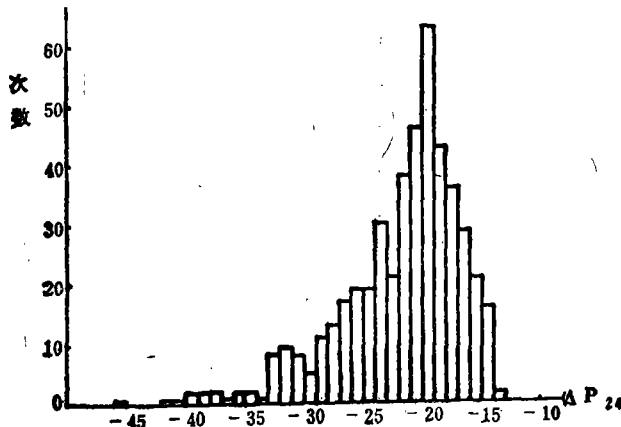


图6 爆发性气旋降压强度 $\Delta P_{24}$ 的频数分布图

#### 4.2.5 爆发性气旋出现的纬度分布

爆发性气旋出现在 $28.5^{\circ}\text{N}$ — $58.5^{\circ}\text{N}$ 之间,出现最多的是 $40^{\circ}\text{N}$ — $42.5^{\circ}\text{N}$ ,有93次。有64%的爆发性气旋出现在 $35^{\circ}\text{N}$ — $45^{\circ}\text{N}$ 之间。强爆发性气旋主要出现在 $35^{\circ}\text{N}$ — $37.5^{\circ}\text{N}$ 之间,占37%,基本上都在中纬度。

#### 4.2.6 从气旋生成到爆发的时间距离

时间距离指从气旋生成时刻到爆发开始时刻之间的时间差。

有65%(305次)是生成后立即或12小时内爆发的。平均为17个小时, 比文献[9]的44.6小时要短得多, 增加了预报工作的难度。

#### 4.2.7 爆发性气旋爆发时刻的统计

表4是气旋爆发发展的中间时刻统计表, 由夜间到白天(中间时刻为北京时的08时)产生爆发性气旋次数比由白天到夜间(中间时刻为北京时的20时)要多12%, 与文献[8]的结论一致, 而且比率更高。

表4 爆发性气旋爆发中间时刻统计表

	弱 类		中 类		强 类		合 计	
北京时08时	167	56%	82	54%	12	63%	261	56%
北京时20时	130	44%	71	46%	7	37%	208	44%

#### 4.3 爆发性气旋的地理分布

图7是爆发性气旋的地理分布图, 与陆地海洋等地形相对应, 有三个主要分布区。第一个在日本本州岛以东大洋上, 中心值为17。第二个在日本海北部和津轻海峡, 中心值为13。第三个在择捉岛附近, 范围较小。在亚洲大陆沿岸有少量爆发性气旋发生, 在深



图7 爆发性气旋的地理分布图

入内陆的内蒙北部, 黑龙江北部偶有发生。与文献[11]的图4相比, 第一个主要中心是一致的。因本文是 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 网格的分辨力, 揭示得更细, 可以分析出第二第三个中心。这可能是有意义的, 因为第一个中心的形成可能与黑潮有密切关系, 而另外的中心可能受其它因素的影响, 应进一步探讨。

## 5 气旋的主要移动路径

参照文献[2], 用下式计算气旋活动的相对变率,  $RF = (\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|) / N\bar{x}$ , 式中 $\bar{x}$

为每一网格N年气旋活动次数的平均值,  $x_i$ 为i年气旋活动次数。用各网格点的相对变率值结合气旋的生成区域得出4条气旋的主要移动路径(见图8)。

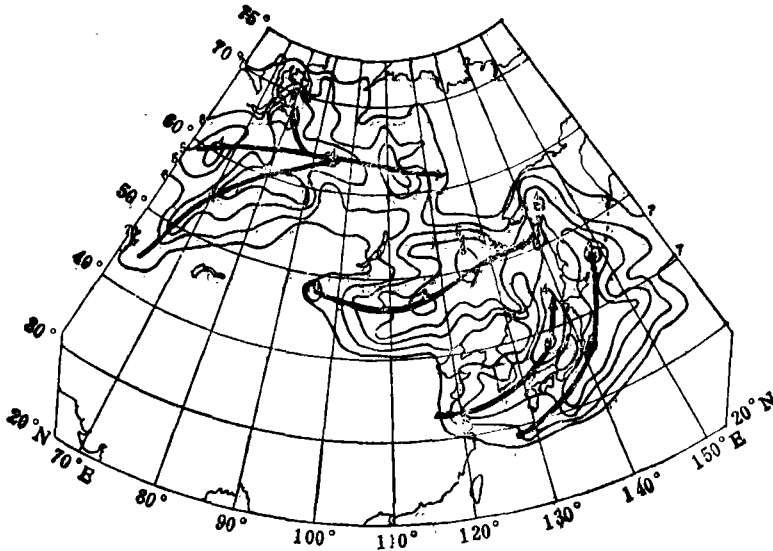


图8 气旋主要移动路径图

1. 东海—太平洋路径: 由东海气旋生成区出发经日本东面的太平洋向北和向东移动, 此路径较为稳定, 相对变率为30%—40%。
2. 黄海—日本海路径: 由黄海, 渤海出发穿过对马海峡到日本海, 相对变率为40%。
3. 蒙古—中国东北—鄂霍次克海路径: 来自蒙古西部、中国河套西侧以及俄罗斯贝加尔湖的气旋沿此路径经中国东北地区到达鄂霍次克海, 此路径也很稳定, 相对变率为30%—40%。
4. 西西伯利亚—东西伯利亚路径: 从中亚细亚东北上, 从欧洲移来以及从新地岛东南下的气旋沿此路径由西西伯利亚到东西伯利亚, 相对变率为40%—50%。

## 6 小结

1. 根据32年资料统计, 本地区共有7593个气旋过程, 其中在本地区内生成的有6150个, 由外界移入的1443个, 这些气旋频数都有明显的年际、月际变化。
2. 本地区内有两个大的气旋生成集中区, 即蒙古气旋生成区和沿海气旋生成区, 以

前者次数为最多。沿海生成区又可分析出两个分区。生成区的中心位置和中心值随季节的变化，各不相同，有各自的特点。

3. 气旋中心气压 $\Delta P_{2.4}$ ，呈明显的负偏态分布，海洋地区负偏度更大，证实了Gyakum的结论。 $\Delta P_{2.4}$ 的负值主要集中在日本周围的海洋上。

4. 爆发性气旋主要出现在海洋上，在沿岸地区也时有发生，主要发生在冬季，其次为春季。有明显年际、月际变化。

5. 对爆发性气旋的各种特征参数，如中心气压值 $-\Delta P_{2.4}$ 、B值、出现纬度等都做了详细统计，得出有代表性的结果。

6. 对爆发性气旋出现的地理位置比前人揭示的更为细致，有三个主要分布中心。

7. 本地区气旋的主要移动路径有四条。

### 参 考 文 献

- [1] Reitan C H. Frequencies of cyclones and cyclogenesis for North America, 1951—1978. *Mon Wea Rev*, 1974, 102, 861—868.
- [2] Zishka K M, Smith P J. The climatology of cyclones and anticyclones over North America and surrounding ocean environs for January and July, 1950—77. *Mon Wea Rev*, 1980, 108, 387—401.
- [3] Whittaker M, Horn L J. Geographical and seasonal distribution of North America cyclogenesis, 1958—1977. *Mon Wea Rev*, 1981, 109, 2312—2320.
- [4] 吴伯雄, 刘长盛. 东亚温带气旋统计研究. *南京大学学报(自然科学)*, 1958, 1, 1—21.
- [5] Hanson L P, Long B. Climatology of cyclogenesis over The East China Sea. *Mon Wea Rev*, 1985, 113, 697—707.
- [6] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理与方法. 气象出版社, 1984, 102—105.
- [7] 齐桂英. 北太平洋温带气旋的天气气候分析. *气象增刊(2)*, 1986, 90—99.
- [8] Sanders F, Gyakum J R. Synoptic-dynamic climatology of the 'bomb'. *Mon Wea Rev*, 1980, 108, 1589—1606.
- [9] Roebber P J. Statistical analysis and updated climatology of explosive cyclones. *Mon Wea Rev*, 1984, 112, 1577—1589.
- [10] Murty T S, G A Mchean, Mckee B. Explosive cyclogenesis over the Northeast Pacific ocean. *Mon Wea Rev*, 1983, 111, 1131—1135.
- [11] Gyakum J R, Anderaon J R, Grumm R H, Gruner E L. North Pacific cold-season surface cyclone activity, 1957—1983. *Mon Wea Rev*, 1989, 117, 1141—1155.
- [12] Sanders F. Explosive cyclogenesis in the west-central North Atlantic Ocean, 1981—1984. Part I. Composite structure and mean behavior. *Mon Wea Rev*, 1986, 114, 1781—1794.
- [13] 董立清, 李德辉. 中国东部的爆发性海岸气旋. *气象学报*, 1989, 47(3), 371—375.
- [14] 仪清菊, 丁一汇. 海洋温带气旋发生发展的研究. *大气科学*, 1989, 13(2), 238—246.

# A STATISTIC STUDY OF FRONTAL CYCLONES OVER EAST ASIA AND NORTHWESTERN PACIFIC SECTOR

Zhang Peizhong

*(Meteorological Research Institute of Nei Mongol, Hohhot 010051)*

Chen Shoujun

*(Department of Geophysics, Peking University)*

Bai Qifeng

*(Atmospheric Observing and Data Centre of Nei Mongol)*

## Abstract

A statistic study of frontal cyclones over East Asia and north-western Pacific for the period 1958—1989 is carried out by using the historical weather maps compiled by State Meteorological Centre. There are two major cyclogenesis areas including the Mongol cyclogenesis area, in which the great frequency occurred, and the East Asia coastal cyclogenesis area. All of those areas appeared a pronounce seasonal variation. The seasonal variation of explosive cyclones are also discussed. Finally, the main cyclone tracks are determined by the relative variation of cyclones.

**Key words,** Area, Cyclone, Statistics.