

黄河气旋及其预报

李兆祥 杨克明

一、引言

黄河气旋是影响我国黄河下游、辽东半岛、渤海、黄海北部和中部海面的重要天气系统之一。它在一年四季均可发生,具有生成突然、发展迅速之特点。从生成到入海很少超过24小时,大部分是在黄河口及以东海面生成,预报难度较大。如果发生过程中有明显冷空气结合,常出现较强大风。过去这方面的总结工作较少,有必要对它的发生发展,进行天气气候分析,寻找其预报判据。

我们规定:在华北、黄淮地区及 35°N 以北海面产生的锋面气旋,地面图上能分析出一条2.5毫巴的闭合等压线;在陆地上生成的气旋能够东移入海;其生命史在24小时或以上者,算一次黄河气旋过程。 130°E 以东生成的气旋不在统计范围之内。我们普查了1956—1978年1—5月和10—12月(其中1978年只到5月)的历史天气图,找出符合规定的黄河气旋共186例,通过分析、归纳天气类型,找出预报判据。并用1978年10月至1979年5月资料进行了验证。

二、黄河气旋的气候特征

1. 生成的地理位置

我们以 2.5×2.5 个经纬距网格为单位,统计了黄河气旋生成的频数(见图1)。在186个气旋中,有132个生成在黄河下游及其以东海面,占总数的71%;在华北平原以北、山西高原、黄淮及江淮等地区,仅生成54个,占总数的29%。这一特点与这一带的地理条件和环流特点密切相关。华北平原、黄河下游地区的北侧有东西走向的阴山山脉和燕山山脉,海拔在1500—3000米,西邻山西高原的太行山区,海拔也在1500—3000米,而地处其下游的华北平原和黄河下游的海拔只有几十米,恰似一个向东南开口的喇叭,高空槽越过山脉,在背风坡出现减压效应,往往使低槽在平原地区加深,造成地面减压。再者,由于秋、春、

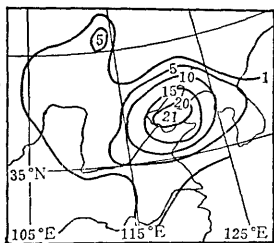


图1 黄河气旋生成频数图

冬季,东亚大槽较为明显,华北平原处于北支锋区与中纬度锋区的汇合处,不同纬度间的冷暖空气交汇比较频繁,也是此地多气旋生成的原因之一。

2. 各月分布及路径频数

23年共181个月中,出现黄河气旋186个,平均每月一个,表1是黄河气旋历年各月出现次数。由表可见,冬到春季(12月—4月)黄河气旋出现较为集中,约占总数的71%,秋季和晚春只占29%。

表1 1956—1978年黄河气旋各月出现次数

次 数 月 年	1	2	3	4	5	10	11	12
1956	0	2	1	1	0	0	1	0
1957	0	2	1	1	0	1	1	2
1958	3	2	1	4	0	0	1	0
1959	1	0	1	0	0	3	2	1
1960	3	0	2	1	3	0	0	2
1961	0	0	0	1	1	1	0	1
1962	0	4	2	1	0	0	0	1
1963	2	2	2	0	2	1	2	2
1964	1	0	3	2	1	1	1	2
1965	2	1	1	0	1	0	0	1
1966	2	1	1	0	2	1	0	2
1967	0	0	1	2	0	1	0	0
1968	1	0	1	1	0	1	1	1
1969	0	1	2	2	0	0	2	2
1970	1	0	0	1	0	1	0	1
1971	0	1	2	0	0	1	0	1
1972	2	0	2	2	0	2	3	1
1973	0	3	0	1	0	3	1	2
1974	0	0	2	3	3	0	1	0
1975	1	0	2	2	1	1	1	2
1976	1	2	0	2	1	1	1	2
1977	1	1	1	1	1	0	1	2
1978	1	1	0	3	0			
总计	22	23	28	31	16	19	19	28

注:不包括夏季出现的黄河气旋

黄河气旋移动路径主要有两条(见图2):一条从河套、山西北部、华北平原、渤海、黄海北部向东经朝鲜半岛北部入日本海;另一条从黄河下游、黄淮地区、山东半岛南部入黄淮海面,然后向东与前一条路径在朝鲜半岛北部汇合。由历年各月气旋路径频数图(图略)可知:11—3月以第一条路径为主,因为这

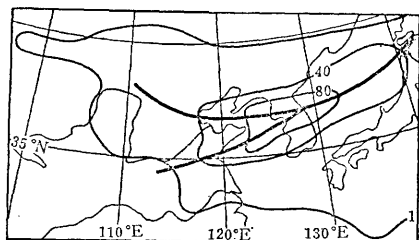


图2 黄河气旋移动路径频数图

时正值冬季,东亚大槽比较深厚,华北到渤海、黄海一带盛行稳定的西北气流,气旋多沿引导气流向东南方向移动;10、4—5月则以第二条路径为主,因为春、秋季冷空气势力有所减弱,暖空气比较活跃,东亚大槽开始减弱,黄河气旋多在中纬度锋区上产生并向东移动。

气旋的移动速度,决定于气旋自身的强度变化和高空引导气流的强弱。由表2可知,11—3月(2月除外)气旋移速较快,平均约55公里/小时,4、5、10月的移速则显著减慢,约为45公里/小时。

表2 1968—1978年黄河气旋月平均移速

月、份	10	11	12	1	2	3	4	5	平均
速度 (公里/小时)	45.4	56.5	56.3	56.0	45.5	55.2	48.6	43.5	50.9

3. 强度和天气

黄河气旋的尺度大小不等,小的直径只有几百公里,大的可达一千公里以上。气旋初生时中心最低气压为993毫巴,气旋入海到130°E之间的中心气压最低为983毫巴。气旋中心强度随季节和地理位置而改变。130°E以西的气旋,秋、春季中心气压较低,如5月平均气压为1000毫巴左右。冬季气压较高,11月—1月中心气压在1015毫巴左右。气旋在黄河下游开始形成时的气压,一般比气旋东移到130°E以东的气压要高,冬季可高出30毫巴,春季则只高出5—10毫巴。说明冬季受东亚大槽影响,低压容易在日本北部—库页岛一带发展;而气旋位于黄河下游时,陆上平均为一个冷高压盘踞,气压较高。

根据1961—1975年的115个黄河气旋统计,黄河下游、渤海、黄海北部海面的风力,达到6级以上的有109例,占94.8%;达到7—8级风的有88例,占76.5%;达到9级风的有17例,占14.8%。可见黄河气旋影响这一带地区出现大风的机率较高。

三、黄河气旋的天气型

从186个黄河气旋中,挑选出平均风速达到16米/秒以上的较强过程66例和14米/秒以下过程9例进行分析,归纳出三种类型,现分述如下。

1. A型气旋

此类气旋形成前后,亚洲中高纬度为纬向环流。

24小时前欧亚为一脊一槽,长波脊位于20—50°E(图3),亚洲北部为一个稳定的大低压,有时亚洲西部为一横槽。亚洲中纬度为偏西气流控制,不同纬度间的冷暖空气交换比较弱,由于欧洲高压脊的分裂,经常有短波槽从大低压母体中分裂出来东移,冷空气往往从对流层下层向南移动。

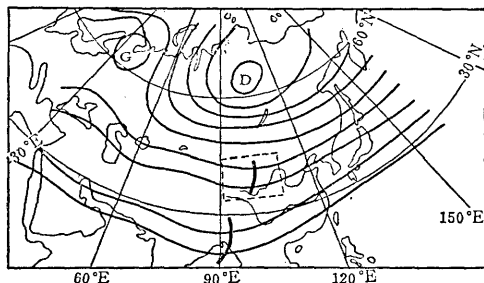


图3 A型气旋生成前24小时500毫巴形势

锋区分北、中、南三支。北支锋区紧靠东亚大低压的南侧,大约位于45—55°N,锋区强、温度低、西风风速较大、低槽东移速度较快;中支锋区位于35—45°N,锋区较弱,西风风速较小,低槽移速较前者慢,黄河气旋即产生于这支锋区上;南支锋区位于25°N附近,它的西风风速及锋区强度往往不弱于北支锋区。三支锋区的配置,与气旋的发生、发展及海上大风的强弱有着密切关系。中支锋区上的低槽多数情况下与南支锋区上的低槽是同位相的,因此,除中支低槽槽前的暖平流带来的正涡度平流以外,从南支锋区上的低槽前部也向东北方向输送正涡度平流,二者常常在黄河下游附近汇合,造成这一带地面的减压,在太行山东侧首先出现黄河气旋的胚胎,待冷空气进入后,在黄河下游形成气旋入海。有少数个例北支锋区位于45°N附近,北、中两支锋区很靠近,当中支锋区上的气旋入海时,其前部的偏南气流与北支锋区上的偏北气流强烈锋生,首先造成渤海、黄海北部的偏东大风,气旋入海后,北支锋区上的冷空气从气旋后部补充进来,加强了气旋后部的北大风,1969年2月12日一次过程即属于此类。

气旋生成前24—36小时,500毫巴图上,在哈密、银川之间有一个低槽,700或850毫巴图上,在40°N以南、105°E以东的中支锋区上为西南气流,暖平流增温较明显。

地面图上,冷锋位于河套附近,河西、哈密之间出现升压降温,河套以东为一个倒槽(图4),倒槽中往往有暖性低压。黄海、东海到日本海为高压控制,华北南部、黄河下游、黄淮地区为脊后槽前的

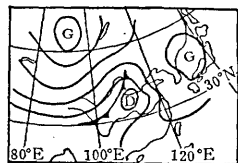


图4 A型气旋生成前24小时地面形势

偏南气流控制。此型共 29 例,以 10—11 月和 2—4 月较为集中,占 86.2%,12—1 月及 5 月只占 13.8%。

2. B 型气旋

此类气旋形成前后,亚洲中高纬度为经向环流。欧亚为稳定的两槽一脊(图 5),长波脊位于 70°E — 90°E ,长波脊的两侧,即东欧和亚洲东部各为一个较深厚的低压槽,中西伯利亚—蒙古人民共和国—我国渤海、黄海为稳定的脊前西北气流控制,短波槽沿锋区向东南方向移动,移到 120°E 附近与长波槽同位相叠加,不同纬度间的冷暖空气交换比较剧烈。

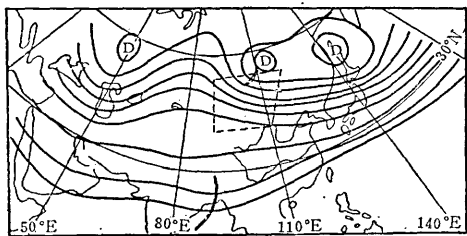


图 5 B 型气旋生成前 24 小时 500 毫巴形势

锋区分为两支,一支位于西伯利亚西部经蒙古人民共和国、我国华北到渤海一带,呈西北—东南向,它是由北支和中支锋区合并而成,气旋即产生于这支锋区上;南支锋区位于 25°N 附近,一般对气旋的生成贡献不大,但是当两支锋区在我国东部沿海合并时,可以使北大风影响范围向南扩大。

500 毫巴高度槽多数情况下表现很不清楚,但温度槽较为明显。气旋生成前 24—36 小时,乌兰巴托以西为负变温,以东为正变温。对流层低层的 700 毫巴或 850 毫巴高度槽和温度槽均较明显,槽的轴向呈东北—西南向,槽前为偏西气流,暖平流指向东或东南方。

地面图上,气旋生成前 24—36 小时,在蒙古东部有一条东北—西南向的冷锋,中蒙交界处到华北平原往往有两个向北或东北方向开口的 V 形阶梯槽,与北槽相配合的一般为一个锋面气旋,南槽为一个暖性干槽(见图 6),此时南槽前部的暖性锋区已经具备,待冷空气沿阶梯槽西侧滑下,进入南槽后,气旋则在华北到渤海西部一带生成。另一种类型是,阶梯槽不明显,气旋在华北北部生成后,沿高空引导气流直接向东南方向移入渤海。此类型共 30 例,11—3 月占 83.3%,4—5 月仅占 16.7%。

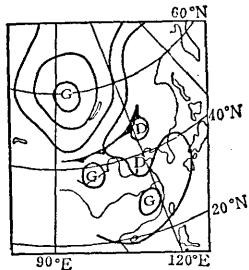


图 6 B 型气旋生成前 24 小时地面形势

3. C 型气旋

此类也为经向型。气旋生成前后,500 毫巴上为阻塞高压型,

亚洲北部 (55°N — 75°N 、 80°E — 110°E) 是一个稳定的阻塞高压,其两侧的乌拉尔山和苏联滨海省各为一个切断低压(图 7),西风分支比较明显,分支点一般位于乌拉尔山南部到威海一带,北支锋区绕过阻塞高压,在贝加尔湖以东呈一支西北—东南向的锋区,锋区较强,温度较低;中支锋区在阻塞高压南侧为一平直锋区,锋区强度较弱,经常有短波槽东移。两支锋区的汇合点一般在华北东部到渤海一带。此型具有 A 型气旋和 B 型气旋相结合的特征,气旋往往首先在中支锋区上生成,气旋入海后,北支锋区上的冷空气很快并入,可以导致较强的北大风。此型共 16 例,出现在 10、12、2—3 月,占 88%;11、5 月各出现一次;1 月和 4 月没有出现。

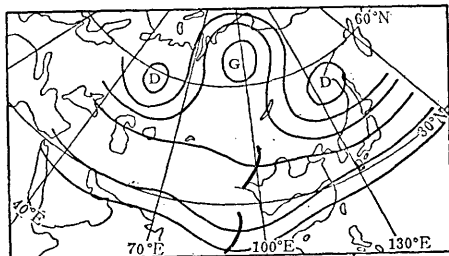


图 7 C 型气旋生成前 24 小时 500 毫巴形势

四、黄河气旋的预报判据

前面三种类型,只是从形势上概括了黄河气旋生成的某些特征,提供一些可能产生黄河气旋的环流背景条件,而不能说明具备了三种形势就一定会有气旋生成。因此它仅仅是个必要条件。通过对 75 个个例的分析,证明气旋发生发展所需的动能来源,主要取决于锋区的位能释放,也就是通过大气的斜压发展而造成的,而大气斜压的出现和强弱,又主要取决于锋区上的扰动(即高空槽)。根据地面气压倾向方程,可以认为,在一个移动性气旋的前方,气压是下降的,其后方气压是上升的,气旋前方的负气压倾向和上升运动,主要是由对流层下层高空槽前的暖平流和对流层上层气流的辐散决定的;气旋后方的正气压倾向和下沉运动,主要是由对流层低层槽后的冷平流和上层气流的辐合决定的。这个结论与彼得森(Petterssen)提出的发展理论是一致的。由上分析得出,黄河气旋的生成必须同时满足:锋区条件、对流层低层的短波槽、低空急流和地面的冷锋倒槽四个条件。为了便于预报上的使用,我们对 A、B 两类气旋产生前 24—36 小时,分别给出了起报区,并综合出起报条件。

A 型气旋的起报区,在 33°N — 45°N 、 90°E — 110°E 范围内(图 3 点线区),必须同时满足下列条件:

1. 高空有锋区通过点线区,700 毫巴上,区内有 ≥ 3 条等温线 (4°C 间隔,下同);
2. 700 毫巴上,槽线的主段要落在区内,槽线长度要求大于 5 个纬距,且呈南北向的竖槽,槽前有正变温、负变高,槽后有负变温、正变高;
3. 700 或 850 毫巴上,有西南风急流且达到 38°N

以北, 暖平流从陕、晋、豫指向黄河下游, 槽前 ΔT_{24} 中心达 $3-6^{\circ}\text{C}$;

4. 地面上, 河套以东到华北、黄河下游有倒槽, 有时槽内有暖性低压中心, 倒槽西侧有冷锋, 锋前 $\Delta P_{24} \leq -5$ 毫巴。

B型气旋的起报区, 在 $40-50^{\circ}\text{N}$ 、 $90-120^{\circ}\text{E}$ 范围内 (图5点线区), 必须同时满足下列条件:

1. 高空有锋区通过点线区, 700毫巴上, 区内有 ≥ 3 条等温线;

2. 700毫巴上, 槽线主段要落在区内, 槽线长度大于5个纬距, 且呈东北—西南或东—西向, 槽前 $\Delta T_{24} \geq 4^{\circ}\text{C}$, 槽后 $\Delta T_{24} \leq -5^{\circ}\text{C}$;

3. 700或850毫巴有偏西风急流, 暖平流从华北北部指向东或东南方向;

4. 地面上, 从华北北部到黄河下游有低压槽, 槽内负变压中心的 $\Delta P_{24} \leq -5$ 毫巴。

上述起报条件, 历史拟合率为90.7%。

我们以1978年10月—1979年5月的资料, 对上述预报判据进行验证。经普查, 8个月进入起报区的700毫巴低槽共69个, 平均每月8.6个。报对65次,

报错4次, 准确率达94.2%。其中符合气旋起报条件者13例, 实况出现黄河气旋9例, 空报4次。

五、小结

1. 黄河气旋主要生成于华北、黄河下游及其以东海面, 它的出现机率以4月、3月和12月最多。

2. 黄河气旋多数生成于经向环流的西北路冷空气之下, 即B型、C型气旋, 占61.3%。它与一般印象认为大多发生于平直环流的西路冷空气之下概念不同。

3. 尽管黄河气旋生成突然、发展迅速, 预报时效较短。但在它生成的前24—36小时, 仍有预报判据可寻。锋区条件、对流层低层高空槽、低空偏西或西南急流及地面冷锋倒槽, 是黄河气旋生成所必须满足的四个条件。检验结果证明, 这些判据是可用的。

4. 单独的西来槽 (中支锋区上) 生成的气旋, 一般仅有中等强度 (风力6—7级), 但当西来槽上的气旋与北支锋区在黄河下游汇合时, 则可使气旋大风加强到8级以上。