

豫北地区春季冷锋大风预报研究*

祝中机 胡学美 陈曾福 纪乃福 许宏文

提 要

本文分析形成开封、郑州、新乡地区大风的地形条件,讨论了气压梯度、低层锋区和乱流交换对风力的影响,以及锋前流场与锋后风速间的关系。在此基础上,按照冷空气活动的路径和形势特点将豫北地区春季冷锋大风,分成了 W, N, E 三主型以及若干副型。然后重点研究了各型大风的特征、形势演变过程和大风的预报方法。本预报方法于 1964 年 3—5 月在郑州地区进行了实际验证,其预报准确率为: W 型 87.5%, N 型 91.7%, E 型 40%。

一、引 言

河南开封、郑州、新乡地区(以下简称豫北地区)的大风集中出现于冬半年,尤以春季最盛。本文研究春季(3—5月)冷锋后的大风过程,并提出大风的短期预报方法,预报时效为十二小时,在研究过程中,采用 1959—1962 年地面、高空图。并以 1964 年春季资料进行预报效果的检验。

二、地形对大风形成的作用

豫北地区,西北方是由太行山、吕梁山、中条山系,西和西南方有自西向东伸延的秦岭山脉,黄河与渭河介于其间,构成东西向狭长河谷,东至东南方为开阔的黄淮平原,开封、郑州正位于河谷东端南岸与平原结合处,新乡位于太行山东麓。当西方路径冷空气经河套沿河谷东侵时,处于河谷地形出口区的开封、郑州两地偏西北风特大;新乡由于在太行山东南麓,受山屏障作用,吹西—西西南风,风速比开封、郑州平均小 4—6 米/秒。当冷空气沿华北平原侵入豫北地区时,由于西方山西高原的屏障和东北方泰山的阻挡,气流自北向南灌入,由于“狭管效应”作用,三地东北大风亦甚强,一般开封、郑州比新乡平均大 2—4 米/秒。

三、影响风力的几个物理因素

1. 水平气压梯度 水平气压梯度的变化与风速变化密切相关,当气压梯度加大到一定程度时便形成大风。但风速的增大,风场的改变又引起气压场的重新分布,因此气压梯度与空气的流动是相互制约的。以上这种变化有时是缓慢渐变,但在冷空气活动过程中则是以比较急骤的方式进行的。在研究中,重视气压梯度大小和变化对风力的作用。同时还考虑了 ΔP_3 的变化。实践证明:在短期预报中, ΔP_3 的变化对气压梯度的变化趋

* 本文 1964 年 12 月 29 日收到。

势具有较好的指示意义。

2. 低层锋区 低层(850毫巴)锋区的强度变化,对冷锋南移过程中的强度变化有着显著的作用。分析结果表明:当850毫巴锋区达到一定数值时,即可能产生大风,反之即使前期锋后气压梯度甚大,但锋区甚弱或锋后出现 $+\Delta T_{24}$,说明冷空气层很薄,锋在南下过程中易减弱或锋消不易形成大风。

3. 乱流交换 由于乱流交换的结果,产生了动量下传,使得近地面风速加大。这种上下层的动量传递,在大气最不稳定的时候表现得最明显。统计表明:在相同形势下,白天风力比晚間平均大2—3米/秒。所以一般锋在白天过境时,实际风速比计算值偏大。

四、锋前流场与锋后风速的关系

在锋前不同的系统配置,对不同轴径冷空气活动下的风力强度、持续时间起着不同的作用。下面讨论不同锋前系统的影响。

1. 西南倒槽(或西北槽) 冷锋过境前,如西南倒槽显著发展并伸展至江淮流域,或西北槽与西南槽结合,由川、陕到长江中游构成一宽广的较深的倒槽。此时如冷空气沿西北路径或东方路径入侵豫北,由于锋前强烈的减压,使得锋附近的气压梯度逐步增大,促进了锋后大风形成。反之,如江淮流域为一高压带,对锋后大风则起削弱作用。又如当江淮气旋生成,淮河流域吹东北气流,则对风速起增大和持续时间延长的作用。

2. 华北槽 在锋前如有华北槽发展,河套地区往往存在一小高压或脊,在豫北地区形成一自西向东的梯度力,当西方路径或西北路径冷空气活动时,冷空气走向与梯度方向一致,使锋后西北风增强;对西北路径和东方路径入侵的冷空气而言,由于锋前有相反的梯度作用,对锋后东北大风起减小作用,如在西北路径及偏东路径冷空气活动的副型中,都是考虑了锋前有无华北槽发展来分型的。

3. 黄海高压 在本文所研究的大风过程中,我们发现从黄海至长江中、下游,均有东北—西南轴径的高压脊。有时在黄海、渤海地区有一高压中心缓缓东移。此时假如有江南倒槽配合,冷空气便由华北平原直驱河南平原地区,有利于大风的形成。反之如黄海为低压区则不利于大风形成。

4. 台风 东南沿海有台风出现,对冷锋后风速影响有两种情况:当台风环流扩展至淮河流域,有利于风速增大;如台风位置偏南,江淮流域为一高压脊,则冷锋在豫北北部移速缓慢,甚至消失。

五、大风形势的分型

1. 分型原则

以地面冷空气活动过程为基础(即路径、前期高压中心位置),结合当时的锋前流型相似及能反映形势的要素值分型,根据冷空气活动路径和冷锋过境前十二小时高压中心位置区分为:W, N, E三大主型,再按锋前流场分布和锋面走向,分成若干副型(图1)。

W型 属西方路径活动的冷空气。冷锋过境前十二小时高压中心位于 95° — 105° E, 36° — 42° N范围内。

N型 属西北路径活动的冷空气。冷锋过境前十二小时高压中心位于 90° — 110° E,

42—53°N 范围内。

E 型 属东方路径活动的冷空气。冷锋过境前十二小时高压中心位于 110—125°E, 42—53°N 范围内。

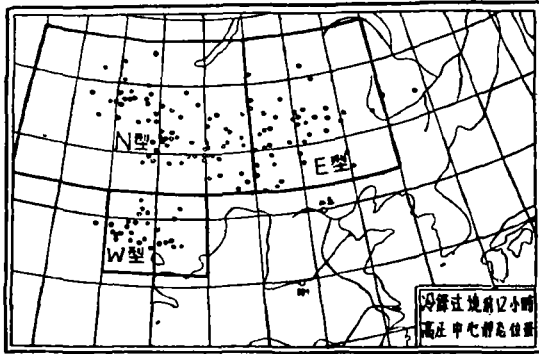


图 1 W, N, E 型分型图

我国河西走廊的小高压多属高压母体内分裂出来的产物(属 W_B 型)。以上两种小高压前方均有北东北—南西南走向的冷锋,前期二十四小时位置在我国西宁至兰州之间,十二小时前,进入华家岭至天水之间。

(ii) 从朝鲜半岛到黄海至我国江淮流域均有东北—西南向伸展的高压脊,在黄海或我国长江中游有时出现弱的高压中心。

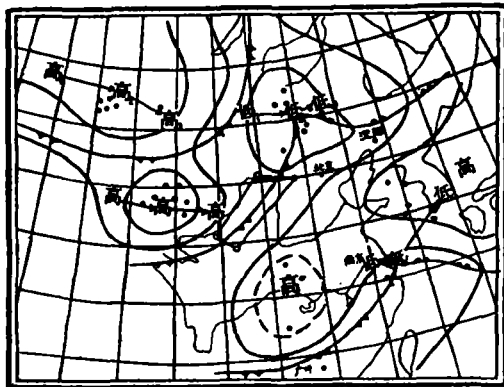


图 2 W_A 型形势图

(2) 副型的划分

按中蒙边境有无东西向锋系(高空锋区)分成 W_A (图 2)、 W_B (图 3)两副型,其区别如表 1。

当冷锋移过我国包头、华家岭,在大同、天水以西时,我们便检验是否属于 W_A 或 W_B 型。

(3) W型与N型区别的定量指标

因河西走廊小高压的分析比较混乱,易与N型相混淆,故选用 $\Delta P_1 = (P_{酒泉} - P_{兰州})$

2. 各型总特征及副型划分

W 型

(1) 演变过程

(i) 冷空气自苏联西伯利亚侵入蒙古人民共和国西部后,如在蒙古人民共和国高空有横槽建立,高压母体经常停滞于蒙古人民共和国西部或缓慢东移,此时在横槽南侧我国河西走廊地区,有明显孤立小高压生成(属 W_A 型)。如蒙古人民共和国高空为南北向西风槽,则

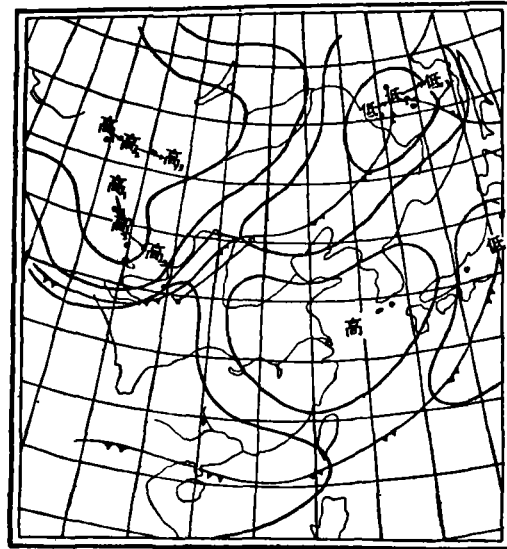


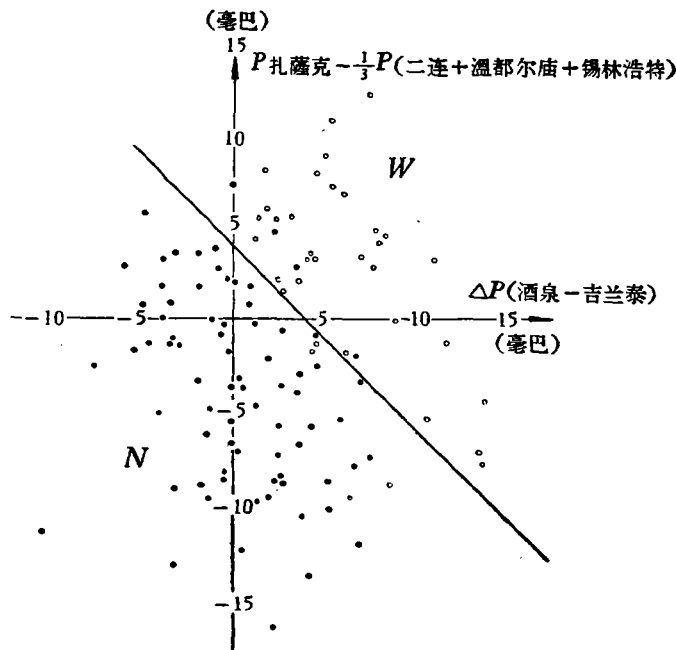
图 3 W_B 型形势图

(高₁、低₁为前二十四小时高、低压中心,高₂、低₂为前十二小时高、低压中心,高₃、低₃为当时的高、低压中心,●为低压中心,○为高压中心)

表 1 W_A 型与 W_B 型的区分

W_A	W_B
1. 中蒙边境有东西向锋系;	1. 中蒙边境无东西向锋系;
2. 蒙古人民共和国东部有气旋发展, 引导大量冷空气自西向东入侵;	2. 高压前方为东北低压, 比蒙古人民共和国的气旋偏东, 约在我国黑龙江附近或更东;
3. 700 毫巴蒙古人民共和国为横槽及东西向的锋区。	3. 700 毫巴蒙古人民共和国为南北向槽, 锋区是东北—西南走向。

与 $\Delta P_2 = [P_{\text{扎萨克}} - \frac{1}{3}P_{(\text{二连} + \text{温都尔庙} + \text{锡林浩特})}]$ 组成分型图解 (图 4)。当 $\Delta P_1, \Delta P_2$ 正值愈大 (西高东低), 表示冷空气将先沿河西走廊东移, 属 W 型, 反之属 N 型。

图 4 N 型, W 型分型图解

N 型

(1) 演变过程

(i) 冷空气前期从蒙古人民共和国西、中部, 呈西北轴径分两路南下, 一路经我国华北平原入侵豫北地区 (N_A 型), 一路经我国河套北部直驱豫北地区 (N_B 型)。冷锋二十四小时前位于中蒙边境与 $41^\circ N$ 之间, 十二小时已进入北京—河曲一线。

(ii) 蒙古人民共和国的高压前方均有明显东北低压活动, 前期十二小时位置多在 $40^\circ N$ 以北, $120^\circ E$ 以东范围内, 当其强烈发展少动时, 在其后部西北气流引导下, 冷空气源源入侵豫北地区。

(iii) 自日本海经黄海至我国长江以南, 呈现东北—西南轴向高压带, 一般略东退成稳定。

(2) 副型划分

在小范围内按冷空气路径差异, 取沿 $110^\circ E$ (即包头) 东侧经华北南下者为 N_A 型; 沿

110°E 西侧经河套北部东南下者为 N_B 型(图5)。我们取 $\frac{1}{2} \Delta P_{(百灵庙+温都尔庙)-(民勤+吉兰泰)}$, $\Delta P_3_{(百灵庙+温都尔庙)-(民勤+吉兰泰)}$ 组成分型图解(图6)区分 N_A 和 N_B 型。其中 N_A 型按锋前流场特点又可分为:

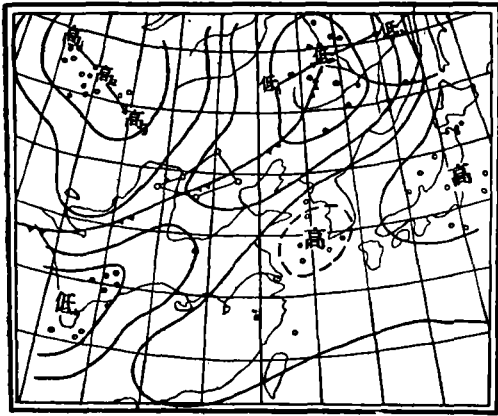


图5 N_B 型形势图

(i) N_{A1} 型: 锋前流场是“北高南低”用 $\Delta P_{(开封-石家庄)} \leq 0.5$ 毫巴来判别。其特点是锋前河套槽(或西南槽)明显。当蒙古人民共和国西、中部分别有两个冷高中心时,则过程后期有偏西方路径冷空气活动。如蒙古人民共和国为一个高压,则西方路径冷空气活动多表现在本过程前期,本型冷空气一般较强,最易形成大风(图7)。

(ii) N_{A2} 型: 锋前流场是“南高北低”用 $\Delta P_{(开封-石家庄)} > 0.5$ 毫巴来判别,其特点是:华北槽较深,长江两岸为东西向高压带、四川为高压(脊)控制,当冷空气不强时易锋消(图8)。

带、四川为高压(脊)控制,当冷空气不强时易锋消(图8)。

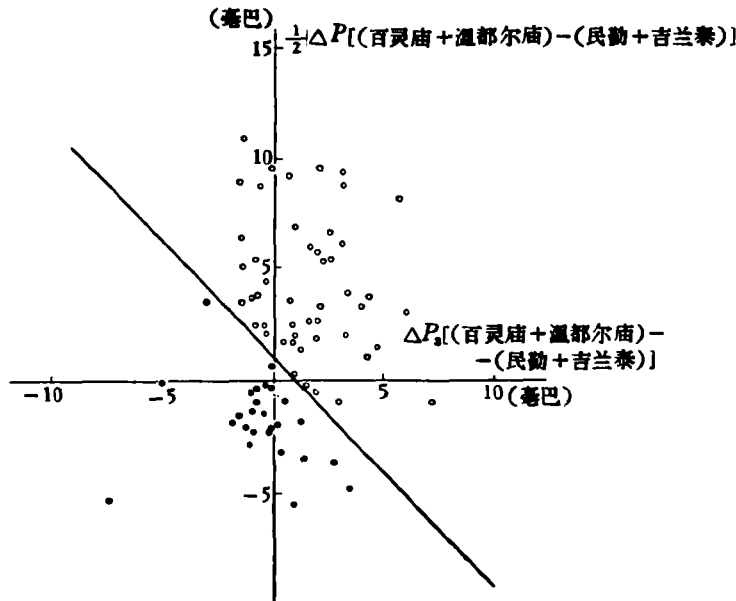


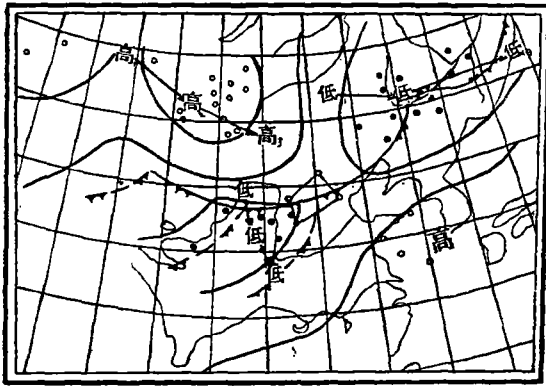
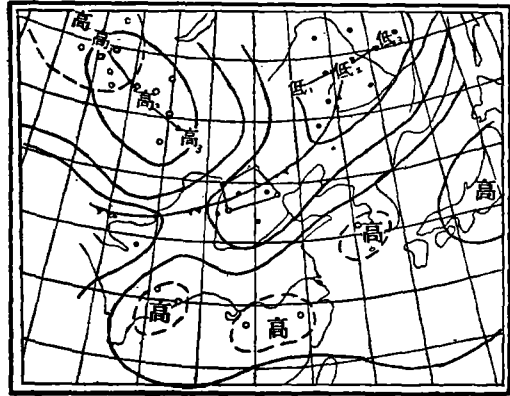
图6 N_A 型、 N_B 型分型图解

当冷锋已过张家口、河曲(N_B 型还要过榆林),但不超过天津—太原一线,我们便判定是否属于 N_{A2} 型。

E 型

(1) 演变过程

(i) 在前期冷空气分别从苏联貝加尔湖东侧和蒙古人民共和国中部移至东部地区,然后直驱我国华北北部经渤海影响豫北地区。在过程中,蒙古人民共和国西部维持一弱

图7 NA₁型形势图图8 NA₂型形势图

高压。

(ii) 高压前方有东北低压活动,前期位置在我国东北北部,东移缓慢,一般当此低压有明显发展且位置偏南时才有助于冷空气偏东南下。

(iii) 太平洋高压长轴呈东北—西南走向从日本伸至我国长江流域。

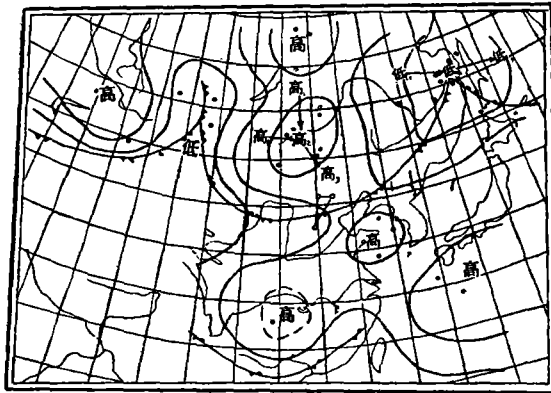
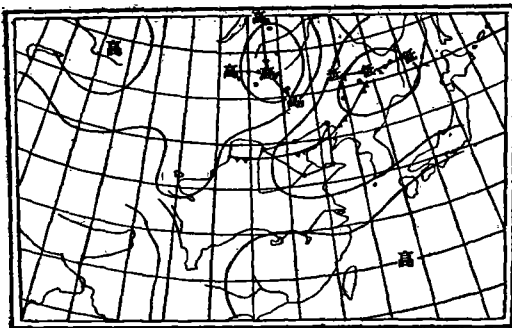
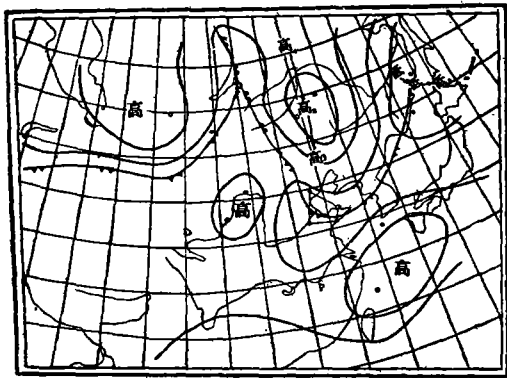
(2) 副型划分

(i) E_A (图9): 锋前流场东高西低 ($P_{\text{徐州}} > P_{\text{西安}}$), 即西北槽明显, 或其与西南槽结合伸向河套;

(ii) E_B 型: 锋前流场东低西高 ($P_{\text{徐州}} < P_{\text{西安}}$), 即华北槽明显, 河套无高压。按锋面走向与高压中心位置, 又可区分为:

E_{B1} 型: 冷锋东段过北京、锦州时, 亦同时过集宁 (一般过河曲), 高压中心前期十二小时位于 117°E 以西 (图10)。

E_{B2} 型: 冷锋东段过北京、锦州时, 不过集宁, 高压中心前期十二小时位于 117°E 以东 (图11)。

图9 E_A型形势图图10 E_{B1}型形势图图11 E_{B2}型形势图

验证的标准

- E_A: 冷锋进入张家口(或承德)—石家庄范围内。
- E_{B1}: 冷锋进入锦州、北京、河曲—烟台、德州范围内。
- E_{B2}: 冷锋进入唐山、烟台—青岛、济南范围内。

六、各型预报指标

1. W 型预报指标

(1) 锋消的判别

本文中所指锋消,均指冷锋未过豫北地区即消失而言。在本型中,在 850 毫巴图上河

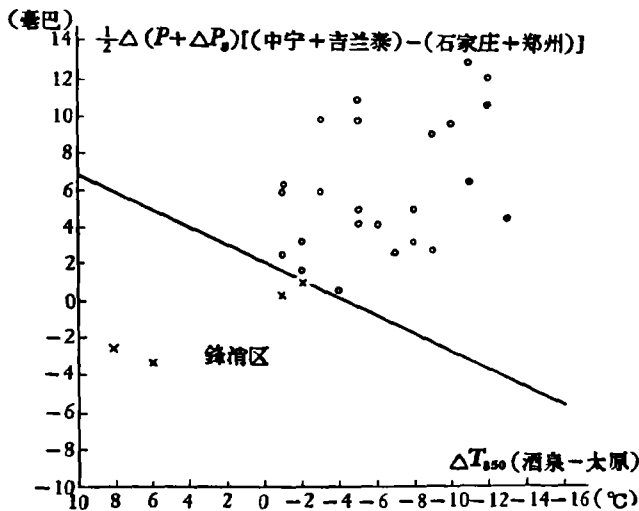


图 12 W 型锋消预报图解

套西侧有一南北向温度槽的特点,故选取 ΔT_{850} (酒泉-太原) 代表低层锋区强度,另取 $\frac{1}{2} \Delta(P + \Delta P_3)$ (中宁¹⁾+吉兰泰)-(石家庄+郑州) 表示冷锋前后气压梯度,组成锋消图解(图 12)。由图可知,当 $\Delta(P + \Delta P_3)$ 及 ΔT 大,不易锋消,反之,易于锋消。

(2) 锋面移动速度(计算速度时以郑州至锋面的垂直距离为准)

(i) W_B 型: 当西南倒槽明显北伸发展,或锋前华北有闭合

小高压时,移速较慢,平均 20—25 公里/小时。

(ii) W_A 型: 当长江中下游有西南倒槽发展或有波动时,平均移速 30—40 公里/小时;当气旋波向东北方移动入海时,移速可达 40—45 公里/小时。

(iii) 三站冷锋过境的时差: 据统计, W_A, W_B 型冷锋各站过境的时差,新乡比郑州晚二小时以内(12/16),最晚三小时;开封比郑州晚二、四小时(19/27),最晚五、六小时。

(3) 最大平均风速的预报

(i) W_A 型风速的经验公式:

$$V = \frac{1}{2} \Delta(P + \Delta P_3)_{(张掖+酒泉)-(石家庄+拉萨²⁾}, \quad (1)$$

$$V = \Delta(P + \Delta P_3)_{(张掖-一线的最低气压³⁾}. \quad (2)$$

(ii) W_B 型风速经验公式:

主要公式:
$$V = \frac{1}{2} P_{(吉兰泰+中宁)} - P_{石家庄} + 5. \quad (3)$$

1) 中宁气压高 2.5 毫巴,需加订正。
 2) 如无拉萨记录,可用河曲代替。
 3) 指锋线至东经 115 度、北纬 35—40 度范围内的最低气压值。

参考公式:
$$V = \frac{1}{2} P_{(百灵庙+兰州)} - P_{石家庄} + 5. \quad (4)$$

以上公式仅适用于郑州。

(iii) 三站之间的风速差: W_A 型时开封风速比郑州要大 2 米/秒 (W_B 型时大 4 米/秒)。新乡较郑州小 4 米/秒。

(4) 最大平均风速出现的时间与风速变率

由 W_A 、 W_B 型变程曲线(图 13, 图 14)可看出: 开封、新乡最大平均风速多出现在锋过境后五小时左右, 郑州则出现在锋过境后六、七小时。锋过境后风速(米/秒)每小时变率分别是: 郑州为 +1.7 米/秒, 开封为 +2.0 米/秒, 新乡为 +1.3 米/秒。当达到了最大平均风速之后, 三站都以每小时 0.9 米/秒的变率减小。

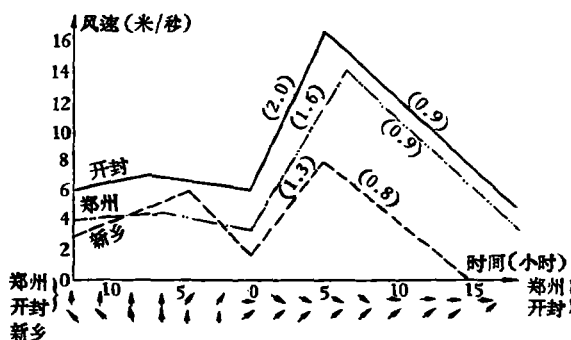


图 13 W_A 型要素变程曲线

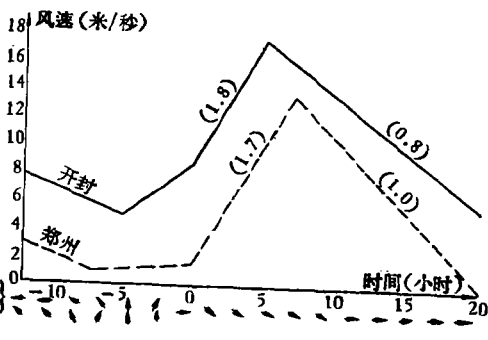


图 14 W_B 型要素变程曲线

2. N 型预报指标

N_A 型预报指标

(1) 锋面移动速度(当冷锋在张家口、河曲至天津、太原之间时开始进行考虑)

N_{A1} 型锋面移速平均 43 公里/小时, 开封、郑州冷锋同时过境, 新乡要早一小时。

N_{A2} 型锋面移速平均 32 公里/小时, 开封、郑州冷锋同时过境, 新乡要早一、二小时。

(2) 最大平均风速的预报

(i) N_{A1} 型:

$$V = P_{*} - P_{\#} + K. \quad (5)$$

其中: P_{*} 是取百灵庙、温都尔庙、锡林浩特三站中的最高气压值, $P_{\#}$ 是取开封、洛阳、西安三站中的最低气压值, K —锋在白天过境为 2, 锋在晚间过境为 -2。

(ii) N_{A2} 型: 最大平均风速的预报可以用点聚图和风速公式两种方法:

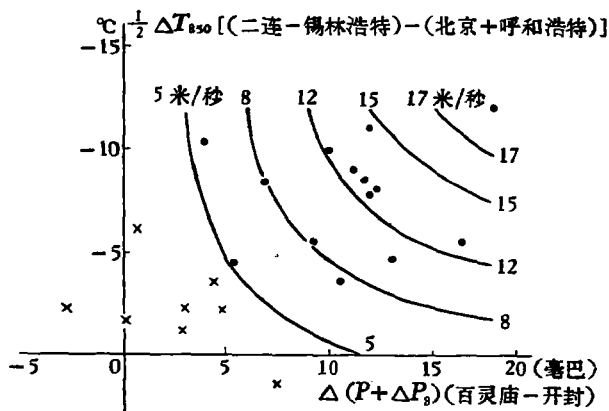


图 15 N_{A2} 型风速预报图解

一是用点聚图(图 15)座标值取 $\Delta(P + \Delta P_3)_{(百灵庙-开封)}$ 及 $\frac{1}{2} \Delta T_{850} (二连+锡林浩特)-(北京+呼和浩特)$ 。

一是用风速公式:

$$V = \Delta(P + \Delta P_3)_{(百翼南-开封)} + K \quad (6)$$

其中 K 值当冷锋白天过境时为2,晚上过境为-1.

以上公式和点聚图仅适用于郑州.

三站之间的风速差 当为 N_{A1} 型时,开封风速与郑州相同,而新乡较郑州小3米/秒;当为 N_{A2} 型时,开封较郑州大2米/秒,新乡较郑州小3米/秒.

最大平均风速出现的时间与风速变率,可作如下估计:

N_{A1} 型:开封、郑州的最大平均风速多出现在锋过境后六小时,新乡则出现在锋过境后八小时.锋过境后风速(米/秒)每小时变率,郑州、开封为+2.2米/秒,达到最大平均风速后以1.0米/秒的变率减小.

N_{A2} 型:平均最大风速出现在锋后五、六小时,锋后风速(米/秒)每小时变率为:郑州1.6米/秒,开封2.2米/秒,新乡1.3米/秒,当达到最大平均风速后以1.2米/秒(开封、郑州)或0.8米/秒(新乡)变率减小.

N_B 型预报指标

(1) 冷锋移速

(i) 当河南倒槽或西北槽发展时移速快,平均为35—40公里/小时;当锋前华北槽明显或河套为高压时移速慢,平均为23—28公里/小时;若华北、河套地区有明显低压中心出现,冷锋由高压前部进入低槽内,锋速加快至35公里/小时.

(ii) 三站锋过境的时差:新乡比郑州早一小时以内,开封比郑州晚一小时以内.

(2) 最大平均风速的预报

(i) 风速预报图解.以 $\frac{1}{2} \Delta(P + \Delta P_3)_{(百翼南+百翼南)-(运城+开封)}$ 表示气压梯度,以 $\frac{1}{2} \Delta T_{850}^{(百翼南+百翼南)-(西安+太原)}$ 表示高空锋区,制成点聚图(图略).

(ii) 风速公式(为辅助指标)

$$\frac{1}{2} \Delta(P + \Delta P_3)_{(百翼南+百翼南)-(运城+开封)} + K. \quad (7)$$

其中 K 值:当冷锋在六一十七时内过境取为2,锋在十八—五时内过境取为0.

$$\frac{1}{2} \Delta(P + \Delta P_3)_{(百翼南+百翼南)-(西安+石家庄)} + K. \quad (8)$$

当冷锋在六一十七时内过境, K 值为5;当冷锋在十八—五时内过境, K 值为2.以上指标仅适用于郑州.

(iii) 三站之间的风速差:开封风速要比郑州大2米/秒,新乡则比郑州小2米/秒.

(3) 最大平均风速出现的时间与风速变率

分析大风过程风速变程曲线(图略)结果表明:三站最大平均风速多出现在锋过境后三小时左右,且持续二小时(新乡无持续过程,然后风速以每小时1.0—1.4米/秒的变率减小).

3. E型预报指标

个例较少,不能概括,不在本文中介绍.

七、验证结果

我们取郑州地区 1964 年 3 月至 5 月进行试报,检验上述的预报方法。我们规定风速以误差 ≤ 2 米/秒为正确, ≥ 3 米/秒为不正确;大风出现时间误差在四小时以内为正确,否则,为不正确。验证结果如下:

W型共八次,正确七次,准确率为 87.5%;

N型共十二次,正确十一次,准确率为 91.7%;

E型共十次,正确四次,准确率为 40%。

八、存在的问题

1. 锋面移动速度的预报中,我们采用了分型统计求平均值的方法,有时出入很大。
2. 因个例较少,风速预报公式中的订正系数不太可靠,绘成图解也有困难,有待今后进一步充实修改。