

利用地转偏差风原理制作强对流天气预报

段中和 许爱华

(江西省气象台)

提 要

地转偏差风及其在低层的辐合，对强对流天气的发生发展有很大影响。本文利用地转偏差风原理，提出一个适合短期预报强对流天气的简便方法。通过预报实践的检验，证明该方法使用方便、效果较好。

一、强对流天气的标准和类型

江西省中北部(27°N 以北)地区，凡24小时内出现10个站次以上的强对流天气，则称为一次强对流天气过程。强对流天气主要指8级以上雷雨大风、冰雹和雨强 $\geq 30\text{ mm/hr}$ 或 $\geq 50\text{ mm/6hr}$ 的强降水。

1979—1987年的3—4月共有22次符合上述标准的强对流天气过程。其中因冷锋南下造成的有19次，称之为冷类强对流天气过程，本文仅对此冷类过程进行分析。

二、地转偏差风的作用和数学表达

自由大气中的偏差风很小，一般偏差风与近似实际风的地转风之比平均约为20%。在方向上，地转偏差风一般偏向低压一侧。偏差风虽小，但有十分重要的作用。

从动量方程^[1]出发，可得偏差风的表达式为：

$$\vec{V}' = \vec{K} \times \frac{d\vec{V}}{dt}, \text{ 取地转近似则有:}$$

$$\begin{aligned} \vec{V}' &= -\frac{g}{f^2} \nabla \left(\frac{\partial \phi}{\partial t} \right) + \frac{1}{f} \vec{K} \times (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V}_s \\ &+ \frac{R}{f_p^2} \omega \nabla_p T \\ &= \vec{V}_1' + \vec{V}_2' + \vec{V}_3' \end{aligned} \quad (1)$$

对偏差风进行散度运算，则有相应的表达式：

$$D = D_1 + D_2 + D_3 \quad (2)$$

(1) 式和(2)式中的符号均为气象学上常用符号。(1)式右边第1项与气压的局地变化有关，称为变压风。第2、3项分别为风速的平流变化和对流变化所产生的偏差风。由于强对流出现前，动量、水汽、热量的积累最先出现在边界层中，它们在边界层中的辐合对强对流天气的影响最大。因此，我们把强对流出现前8—12小时作为起报时刻，并用该时刻的地面和850hPa资料分别分析(1)、(2)式的作用。

三、地面变压风的作用

由于地面气压场的高低压系统多呈闭合型，风速较小，垂直运动 $\omega \approx 0$ ，略去(1)和(2)式右边第(2)、(3)项得：

$$D \doteq D_1 = \nabla \cdot \vec{V}' = -\frac{g}{f^2} \nabla^2 \left(\frac{\partial \phi}{\partial t} \right) \quad (3)$$

若用在地面图上易得到的3小时变压 ΔP_s 代替 $\frac{\partial \phi}{\partial t}$ 来考虑，由 ∇^2 的性质可以知道，负变压中心应是偏差风辐合中心。在分析变压风辐合场 D_1 时，对我省产生强对流天气有指示意义的有以下三点：

1. 在冷锋前的 $26\text{--}31^{\circ}\text{N}, 112\text{--}117^{\circ}\text{E}$

范围内有 $\Delta P_{3\min} \leq 1.0$ hPa的变压中心，锋后到 40°N 以南有明显的 $\Delta P_{3\max}$ 正变压中心；

2. 冷锋前的 $\Delta P_{3\min}$ 距离锋后 $\Delta P_{3\max}$ 近，变压梯度大；

3. 变压风指向我省中北部或邻省地区，若变压风指向华东地区，冷锋将以东移为主，不利于我省出现强对流天气。

四、850hPa偏差风的分析和应用

在850hPa等压面上逐项分析(1)式，可以得到以下几点结论：

1. 18次强对流天气出现前四川盆地附近均有低涡，分析平均变高图(用24小时变高代替 \vec{V}_1' 中的 $\frac{\partial \phi}{\partial t}$ 考虑)可知，切变线南侧为一片负变高区，中心位于恩施到芷江之间，达 -20 gpm，安康、汉中一带为正变高中心。与3小时变压分布一样，正负变高中心所产生的变压风使切变南压。

2. 强对流天气出现前，从桂林、郴州到长沙、南昌存在着一支西南风急流。芷江、长沙、桂林、郴州、赣州至少有一站风速 $\geq 13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，最大风速平均 $19.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，中心位于桂林到长沙之间。利用由风速平流变化引起偏差风 \vec{V}_2' 的展开式，计算1984年3月18日08时的 \vec{V}_2' 及其辐合量得图1。在湖南至赣西有明显的偏差风辐合，偏差风最大值达 $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，其辐合量为 $-7.5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。分析表明，在强对流天气过程发生之前12小时，江南低层都具有较强的西南急流，衡山与庐山具有风速的辐合和风向的气旋性环流特征。可见，江南850hPa西南风急流的建立和衡山大风的出现，使得湖南北部和赣西北有明显的水平辐合运动。因此，我们用低空急流和衡山西南大风作为判别 \vec{V}_2' 的定性指标。

3. \vec{V}_3' 项是由垂直速度 ω 和水平温度梯度 $\nabla_p T$ 确定。根据多年使用日本客观分析

图AXFE78的实践经验，强对流天气出现前，在鄂西南到湘北有较强的上升运动，这与我们计算的沿 30°N 垂直速度剖面图2的结果一致，即中低层 $-\omega_{\max}$ 位于恩施附近。

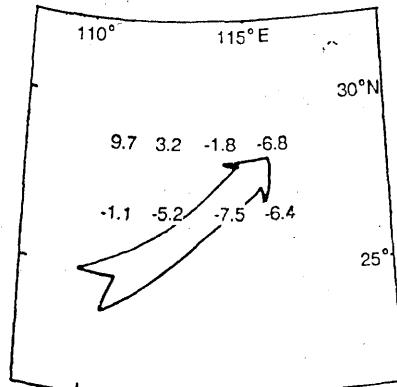


图1 1984年3月18日08时850hPa \vec{V}_2' 散度场
(单位: $\times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$)

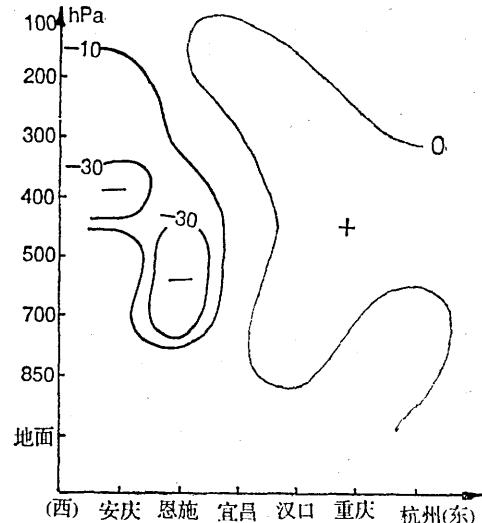


图2 1984年3月18日08时沿 30°N 垂直速度剖面图 (单位: $\times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

在实际工作中，我们用实测风逐日计算850hPa重庆、芷江、宜昌三角形内的散度，乘以850hPa与地面气压差表示其平均垂直速度(设地面 $P_0 = 1000 \text{ hPa}$, $\omega = 0$)；以该三角形南北10个纬度上的最大温差作为 $\nabla_p T$ 的估计值，计算出 $\omega \nabla_p T$ 值进行比较，结果表明强对流天气时，由于其方向指向北方，促使南方暖湿空气向北输送，造成中低层的辐合，加之 $\omega \nabla_p T$ 的值比冷空气大风和以

暴雨为主的天气过程都大(因为冷空气大风主要是 $\nabla_p T$ 明显, $-\omega$ 较小, 而暴雨时 $-\omega$ 明显, $\nabla_p T$ 却并不强), 所以 V_3' 是预报强对流天气的一个较好因子。

五、与地转偏差相配合的环流特征

江西省强对流环流演变特征是: 地面冷锋南压, 变压梯度加大, 变压风所产生的辐合作用增强, 同时850hPa \vec{V}_1' 、 \vec{V}_2' 、 \vec{V}_3' 的共同作用, 使得长江中游地区气流辐合, 锋区增强, 产生上升运动, 随着500hPa高原东部低槽东移, 迭加在地面辐合场上, 使上升运动增大, 影响江西省。图3是1986年4月10日江西省强对流天气发生时的剖面图, 可以看到通过天气区的南北环流结构, 从中层下沉的冷空气, 一直到锋前与南来的气流汇合, 加强了上升气流。江西省北部处于正环流南侧, 上升速度最大值达 $15.4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 位于南昌上空500—400hPa处, 比强对流发生前12小时的垂直速度 $5.1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 增加了两倍, 有利于在江西省中北部产生强对流天气。

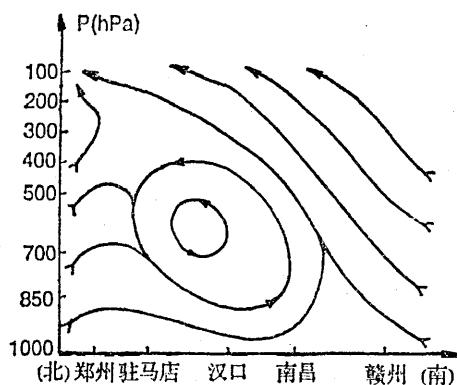


图3 1986年4月10日20时通过强对流天气区的剖面图

六、预报指标及检验

1. 预报指标

(1) 地面冷锋南压过郑州或西安, 一般在徐州、南阳、安康一线, 南界不超过汉口;

(2) 汉口、长沙、岳阳、修水四站海平面气压最小值 $\leq 1015 \text{ hPa}$;

(3) 地面图上 $(\Delta P_{3\max}) - (\Delta P_{3\min}) \geq 2.4 \text{ hPa}$, 且要求 $\Delta P_{3\max}$ 位置在锋后的 32°N — 40°N , 106°E — 120°E 范围内, $\Delta P_{3\min}$ 位置在锋前的 26°N — 31°N , 112°E — 117°E 范围内;

(4) 衡山西南风 $\geq 17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 或 $\geq 9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (需过去6小时有 $\geq 17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏南大风), 庐山为偏南风, 风速(含过去6小时)小于衡山, 风向表明两站间有气旋性环流;

(5) 850hPa江南有西南急流, 芷江、长沙、桂林、郴州和赣州五站中至少有一站西南风 $\geq 13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,

(6) 850hPa $\omega \cdot |\nabla_p T| \leq -4.0 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{纬度}^{-1}$ 。 ω 为重庆、芷江、宜昌三角形内的平均垂直速度, $\nabla_p T$ 为上述三角形附近淮南北方向10个纬距的最大平均温差;

(7) 500hPa在 102°E — 108°E , 26°N — 31°N 范围内有 $\geq 30 \times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$ 的正涡度中心。

凡同时满足上述7条指标, 则未来8—24小时内赣中北地区有强对流天气出现。

2. 检验

我们按上述指标, 对1979—1987年3—4月份逐日检验, 有19次过程满足条件, 对应有18次出现强对流天气, 空报一次(1985年4月9日), 另有一次强对流天气过程(1987年3月24日)漏报, 历史拟合率为90%($18/20$)。1988—1989年在业务预报中, 满足条件的只有两次, 结果一次在全省出现1站冰雹和35站大风(1988年3月13日), 另一次是1989年4月27日, 虽然在我省仅出现两站大风和4站强降水, 但在湖南汨罗市及与我省西部交界处都出现了龙卷及冰雹。从上述检验使用情况看, 该方法使用较方便, 具有一定的预报能力。

参 考 文 献

[1] 杨大升等, 动力气象学, 气象出版社, 1983年。