

春季强对流天气的物理量场特征及超短期预报

季致建

(浙江省丽水地区气象局)

提要

本文利用地区级气象台实时常规资料，分析1987年春季华东5次强对流天气过程的结果表明：春季强对流天气在能量和热力因素上反映明显，有边界层大幅度的升温增湿、 $\sum_{850}^{500} \theta se$ 高能舌、A指数 $> 8^{\circ}\text{C}$ 、SI指数 $< 0^{\circ}\text{C}$ 的不稳定区及地面08时至16时6小时 $\Delta \theta se > 15^{\circ}\text{C}$ 急剧增能区等物理量场特征；而动力因素（如散度、涡度、垂直速度等）的规律不十分明显。并据此提出了春季强对流天气的超短期预报流程。

一、引言

春季强对流天气是华东主要灾害性天气之一，有许多人对此作了研究^{[1]—[5]}，得出了有关能量贮存、边界层辐合、地面上尺度系统等运动规律，这对认识强对流天气很有帮助。但由于资料来源的限制，未能在业务上应用。我们利用地区级气象台收到的日常预报资料（每天无线电传播收到的地面及850、700、500hPa4个层次的气象实时报），输入微型计算机进行处理，并对1987年春季华东5次强度强、影响范围大的强对流天气过程作了物理量场的诊断分析，得出了一些比较明显的物理量前兆特征，并利用这些物理量特征的3—12小时提前量，制作春季强对流天气的超短期预报。

二、资料

在物理量场的计算分析中，所用的资料是1987年3月6、13日，4月10、24、25日5次强对流天气过程当天和前后几天的08时国内46个探空站三个等压面的探测资料（范围是23—27°N，104°E—沿海），08、14时的地而127个发报站的温、压、湿观测资

料（范围是24—35°N，107°E—沿海）。为了使基层气象台应用物理量诊断资料方便，我们在长城0520CH微机上研制开发了“灾害性天气物理量诊断系统”软件，此软件能在与IBM PC兼容的各种微机上运行，几分钟内就能计算出高空46个单站的各种稳定性度和热力因子场、67个三角形和 9×9 格点（150km格距）正方形两种格式的各种动力因子场及地面 θse 场等几十种物理量场资料，并在打印机上以天气图的形式打印输出，可直接用于诊断分析。

三、天气形势特点

根据地面有无冷空气活动，将1987年春季强对天气分为有锋类（4次）和无锋类（1次）两类，其天气形势的共同特点是：

1. 地面到850hPa的边界层内，升温、增湿明显，气温和露点值达到梅汛期的气候值，有较大的正距平。以丽水站为例，3月6日最高气温 26.4°C ，正距平 11°C ，平均气温 18°C ，正距平 7°C 。

2. 在850hPa图上都存在着切变线，有锋类是冷空气影响前的冷切变，无锋类为低涡前的暖切变，850、700、500hPa形势图上

江南都为一致的西南气流。

3. 地面当天08—14时冷锋位置(无锋类为切变线位置)变化不大,但强度明显加强,锋区倒槽发展,南侧增能显著,强对流天气大多出现在傍晚到夜间受冷锋南移(或切变移动)影响的地区。

四、物理量场特征

在几十种物理量场的诊断分析中,我们发现以下几种物理量与春季强对流天气有较密切的关系:

1. $\sum_{850}^{500} \theta se$ 分布

θse 的分布特征与 $T\sigma$ 分布具有一致性,但 θse 加大了水汽的权重,用 θse 表征能量可能比 $T\sigma$ 更切合实际。我们用 $\sum_{850}^{500} \theta se$ 近似表示

气柱的能量,分析结果表明:有锋类存在一条东西向等值线非常密集区(能量锋区),强对流出现在能量锋区的南侧高能舌中;无锋类能量锋区不明显,但有高能中心,强对流区对应高能轴线附近(图1)。由于 θse 数值的大小与季节有关,不便直接从数量上去找与强对

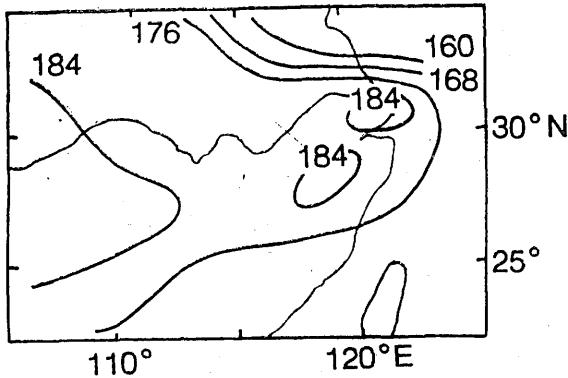


图 1 1987年4月24日08时 $\sum_{850}^{500} \theta se$ 形势(单位: °C)

流天气的线性关系,但根据 $\sum_{850}^{500} \theta se$ 形势场可以作出定性判断。

2. 气团参数A指数和 A_3 指数分布

$$\text{指数 } A = T_{850} - T_{500} - \sum_{850}^{500} (T - Td)$$

在这5次过程中有较明显的反映。有两种情况,一是 $A > 8^{\circ}\text{C}$ 区与850hPa切变线位置不重合(图2),当切变线南移与 $A > 8^{\circ}\text{C}$

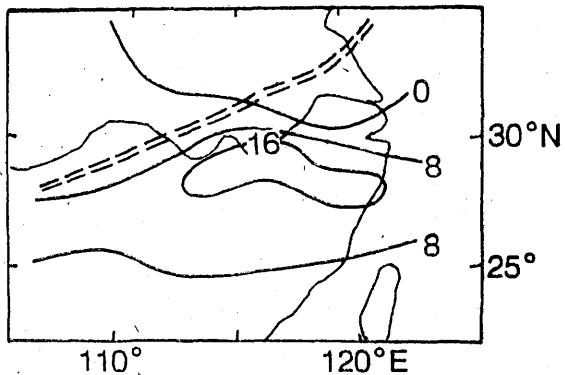


图 2 1987年3月13日08时A指数
(单位: °C) 形势
双虚线为850hPa切变线

区相重合时,高值区的不稳定能量释放,出现强对流天气;另一种情况是 $A > 8^{\circ}\text{C}$ 区与850hPa切变线基本重合,高值区随切变南移,在傍晚前后到夜间才释放不稳定能量,所以强对流天气易在傍晚到夜间出现在 A 指数高值区与850hPa切变线共同影响的区域。1987年春季强对流区的 A 指数值特别大,不但有成片的 $A > 16^{\circ}\text{C}$ 区,还出现了 $A = 22^{\circ}\text{C}$ 的中心。

考虑到同样的 $T - Td$ 差值,要使气块达到饱和,气温高时所需的水汽量要比气温低时大,根据这一原理,我们把 A 指数改进为 A_3 指数;

$$A_3 = \theta^{*}se_{500} - \theta se_{850} + \sum_{850}^{500} (\theta^{*}se - \theta se)$$

带 $*$ 的为饱和值, $\theta^{*}se_{500} - \theta se_{850}$ 实际上就是SI指数, $\sum_{850}^{500} (\theta^{*}se - \theta se)$ 可以说是饱

和能差。 A_3 指数的意义在于气柱越饱和，层结越不稳定， A_3 值就越小，越有利于不稳定能量的释放。 A_3 指数在数值上与 A 指数反相关，若把 $A_3 < 16^\circ\text{C}$ 区与850hPa切变线相配合，作为强对流天气易出现区，也有较好的对应关系（图略）。

3. 沙氏指数SI与对流稳定性指数 I_c 分布

俞樟孝等人认为，改进的潜在不稳定指数和对流不稳定指数是比较好的热力条件⁽³⁾。我们也计算了沙氏指数SI和对流稳定性指数 I_c 的物理量场，在春季强对流天气中确有较好的反映（图3）。强对流出现在 $SI <$

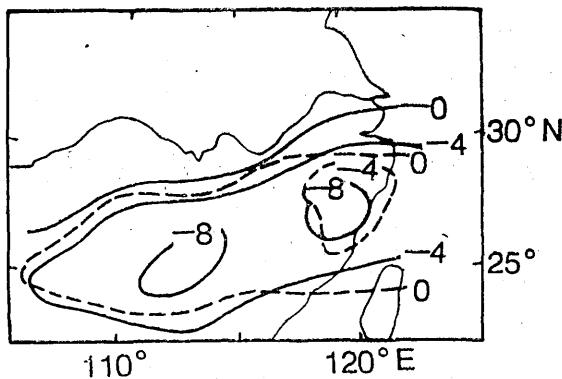


图3 1987年3月13日08时 I_c 指数
(实线)和SI指数(虚线)分布
(单位: $^\circ\text{C}$)

0°C 和 $I_c < 4^\circ\text{C}$ 的区域内。观测事实证明，华东的对流不稳定，不是由500hPa干冷平流所致，而主要是由于低层西南暖湿平流比中高层强得多所造成的。如果500hPa暖湿平流也较强，SI和 I_c 指数的值反映就不明显。如1987年4月10日的过程，500hPa图上衢州、杭州的24小时正变温达 4°C ，在SI指数形势图上不容易出现 $SI < 0^\circ\text{C}$ 区。若出现这种情况，用SI和 I_c 指数诊断分析时就有所不同。我们把 A 大值区、 A_3 小值区及SI、 I_c 负值区相互重叠范围（或未来将会相互重叠的区域）看作是不稳定能量相对集中的区

域，触发后极易出现强对流天气。

4. 比湿 q 和水汽通量散度分布

春季强对流暴雨与850hPa高水汽含量有密切关系，5次过程中的4次强对流暴雨，850hPa图上都出现了大范围的比湿 $q > 10 \text{ g/kg}$ 。

冰雹大风天气的发生虽然不需整层气柱的水汽含量很高，但仍需要边界层有明显的水汽辐合，以维持强对流天气发展所需的能量（凝结潜热能）。这5次过程中，在850hPa都有大范围的水汽通量散度辐合区，在切变线附近辐合更显著（图4）。

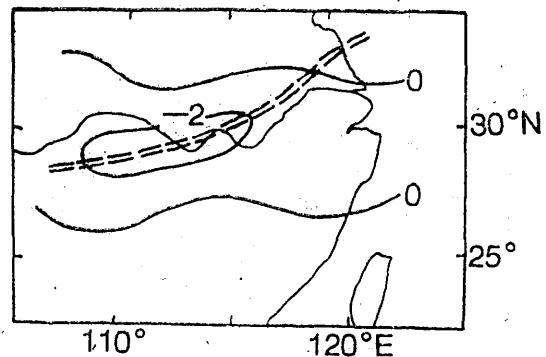


图4 1987年3月13日08时850hPa水
汽通量散度(双虚线为切变线)
单位: $10^{-5} \text{ g/s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa}$

5. 动力因子场的分布

分析散度、涡度、垂直速度的分布，除850hPa的散度、涡度与切变线的位置配合较好外，其它都没有出现明显的规律。可见，春季强对流天气在大尺度的动力因子场上没有明显特征反映。相比之下，春季强对流天气的发生与热力场因子关系密切，如前所分析的高能区、气柱不稳定、边界层大幅度升温、增湿等。

6. 地面 θ_{se} 场分布

高庆凯等人认为地面 θ_{se} 分布基本上反映了当时不稳定能量的水平分布，可大体上反映出影响强对流天气的热力条件的不均匀

性⁽⁵⁾。我们对5次过程当天08时、14时地面发报站的θse计算结果也反映出了地面能量分布的不均匀性。有锋类存在一条密集的等θse带，出现比较明显的θse高能舌；无锋类存在θse高能舌和高能中心，但无θse锋区。高能舌上θse值一般08时大于55℃，14时大于70℃，最高可达85℃以上。计算08时至14时的6小时变量Δθse可看出，强对流天气出现在能量锋区南侧（或高能舌上）和Δθse>+15℃区域内（图5）。可见，春季强对流天气出现前，地面存在能量迅速积聚过程。这种地面θse场特征，在强对流天气过程的前后几天中都未出现。

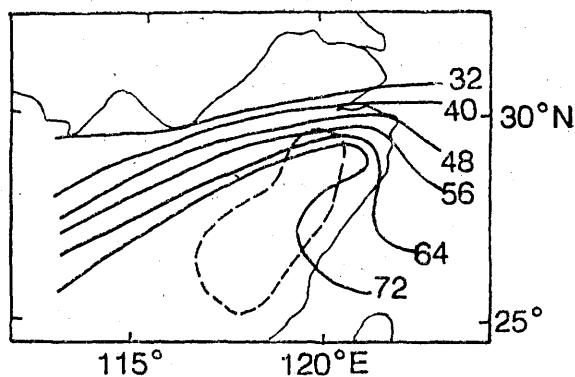


图5 1987年4月10日14时地面θse
(实线)和Δθse>15℃(虚线)
单位：℃

五、春季强对流天气的超短期预报

由以上分析可知，春季强对流天气过程有如下一些特征指标：

1. 华东高低空为一致的西南气流，地面和850hPa有较大的升温增湿过程。春季强对流天气的触发系统是地面锋和850hPa切变线，强对流天气出现在傍晚到夜间受其影响的地区。

2. 春季强对流天气在 \sum_{850}^{500} θse形势场上存在高能舌、能量锋区或高能轴线，这是强对流天气发生、发展的能量条件。

3. A_1 指数 $> 8^{\circ}\text{C}$, A_3 指数 $< 16^{\circ}\text{C}$ 、SI指数 $< 0^{\circ}\text{C}$ 和Ic指数 $< -4^{\circ}\text{C}$ 区是不稳定区，配合地面锋面和850hPa切变线位置及移动情况，可大致找出强对流天气的落区范围。

4. 利用地面08时、14时的θse高能舌和 $\Delta\theta\text{se}>+15^{\circ}\text{C}$ 区，可以比较准确地预报出强对流天气即将发生的区域。

5. 当850hPa比湿出现有大范围的 $q>10\text{g/kg}$ ，应考虑强对流暴雨出现的可能。

大多数春季强对流天气活动都出现在傍晚前后到夜间这段时间里，这为我们提供了利用当天物理量形势作超短期预报的可能。我们利用这些物理量场特征建立的春季强对流天气的超短期预报流程见图6。

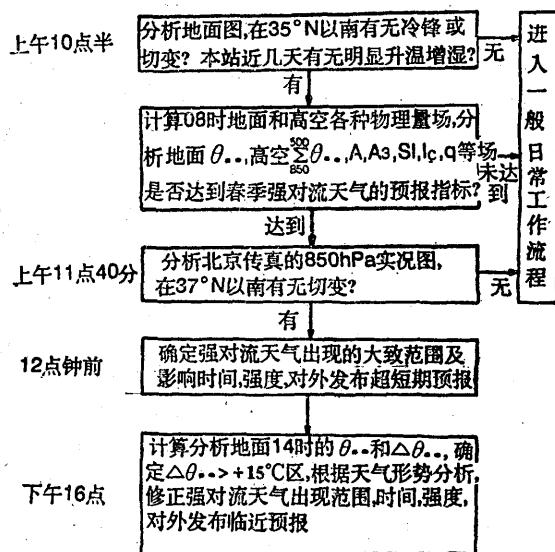


图6 春季强对流天气的超短期预报
流程

参考文献

- [1]蔡则怡, 我国强对流发生前的能量贮存机制, 大气科学, Vol.9, No.4, 1985.
- [2]俞樟孝等, 浙江冰雹天气与边界层辐合的关系, 大气科学, Vol.9, No.3, 1985.
- [3]俞樟孝等, 冷锋前浙江大范围冰雹天气的发生条件, 气象学报, Vol.43, No.3, 1985.
- [4]陈良栋等, 华东春末夏初强对流活动规律初探, 气象, Vol.11, No.7, 1985.
- [5]高庆凯等, 强对流天气的地面中尺度概念模式及其在临近预报中的应用, 气象, Vol.13, No.7, 1987.