

雷达气象文集

长江中下游天气雷达科研协作片

一九八四年五月

雷达气象文集

长江中下游天气雷达科研协作片

一九八四年五月

内 容 简 介

本文集所汇编的25篇论文，是从长江中下游天气雷达科研协作片3次年会上交流的1百篇左右学术报告中挑选出来的。其主要内容是雷达对强对流天气和暴雨的分析研究，包括华东地区强对流的天气气候特点、触发机制、发展演变规律、雷达回波结构和特征；以及梅雨期暴雨和江淮气旋暴雨的雷达回波特征和降水机制等。

本文集比较系统地反映了参加协作片各单位在近期内雷达气象方面的科研成果。有些目前已经在实际工作中使用、推广，取得了一定的成效，有些可以供有关部门在教学、科研和业务工作中参考。

雷达气象文集

长江中下游天气雷达科研协作片

金华新华印刷厂印刷

开本：16开

印张：15张

字数：22万

定价：2.05元

前 言

1979年春由安徽、江苏、浙江、江西、上海市(市)气象局和南京气象学院、空军气象学院等7个单位组成了长江中下游天气雷达科研协作片,并作为长江流域暴雨科研课题的一个分课题。到1983年为止,协作片对华东地区的强对流天气和暴雨作了大量的分析研究工作,并召开了3次技术经验交流年会,本文集所汇编的25篇论文,就是在这几次年会上交流的百余篇学术报告中挑选出来的。其中包括华东地区强对流的天气气候特点、触发机制、发展演变规律、雷达回波结构和特征;以及梅雨期暴雨和江淮气旋暴雨的雷达回波特点和降水机制、长江河谷对暴雨的作用等内容。所有这些,基本上反映了各参加单位近年来在雷达气象方面的科研成果,有些目前已经在实际工作中使用、推广,有些可以供教学、科研和业务工作中参考。

根据协作片领导组的委托,本文集由陈良栋、沈洪坤、杜秉玉、冯志娴、黄炎负责筹备及选辑工作,并由技术组的陈良栋、沈洪坤、查玉泉、唐询昌、杜秉玉、冯志娴、李云飞、王建初、陈桐良、黄炎等分工进行了审稿,最后由黄炎、查玉泉、邬惠群、李树森对整个文集作了编辑,其中大量的联系和组织工作是由刘凤舞、邬惠群、李树森承担的。

限于我们的水平,文集中存在的不当之处,祈请读者同志批评指正。

编 者

1984. 5.

协作片领导小组组长:司瑞祥,副组长:黄炎,成员:周玉传、刘兴安、王全发、陈良栋、郑力夫、刘凤舞、严安宝、金寿良、张祖德等。

技术组组长:黄炎,副组长:陈良栋,成员:沈洪坤、唐询昌、查玉泉、刘凤舞、冯志娴、李云飞、陈宜敬、林琪、杜秉玉、戴铁丕、邬惠群、陈桐良、杨玉春、马中元、杨春湘等。

目 录

华东春末夏初强对流活动规律初探

- 第一部分 统计事实和不同天气形势下对流风暴活动特点……………陈良栋 黄 炎 (1)
- 华东春末夏初强对流活动规律初探
- 第二部分 对流风暴的触发机制……………陈良栋 黄 炎 (12)
- 华东春末夏初强对流活动规律初探
- 第三部分 对流风暴的发展演变……………陈良栋 黄 炎 (25)
- 一次强对流天气过程的雷达回波分析……………查玉泉 邵铁如 沈洪坤 (37)
- 一九七九年六月八日—九日江淮地区强对流天气过程分析……………冯志娴 (45)
- 地形对中尺度风暴的触发机制……………空军气象学院 上海市气象局 (54)
- 一九七九年三月廿九日强飑线过程分析……………杨玉春 马中元等 (62)
- 金华地区790429强冰雹大风雷达回波分析……………刘清宗 邬惠群 (69)
- 华东地区一次大范围强烈对流风暴过程分析……………黄 炎 陈桐良 (73)
- 《81. 5. 1》冰雹的雷达回波分析……………齐 瀛 查玉泉 叶渝汉 (84)
81. 5. 2 飑雹过程雷达回波分析……………浙江协作组 (93)
- “81. 5. 2”强对流天气过程浅析……………马中元 (100)
- 金华地区盛夏强对流天气活动的初步分析……………刘清宗 邬惠群 李树森 (107)
- 宁波地区强对流天气的雷达回波初步分析……………顾炳刚 (114)
- 苏北地区冰雹的发生源……………栾承森 黄冠乐 (121)
- 江苏沿江飑线降雹过程分析……………江苏省天气雷达冰雹课题组 (127)
- 苏北地区冰雹云、雷雨、阵雨雷达回波的统计分析……………江苏省盐城市气象局雷达组 (135)
- 华东地区汛期暴雨雷达回波的初步研究……………华东雷达科研协作片暴雨分析组 (142)
- 江淮气旋暴雨的雷达回波分析 (一)……………江苏省暴雨雷达回波分析协作组 (169)
- 江淮气旋暴雨的雷达回波分析 (二)……………江苏省暴雨雷达回波分析协作组 (179)
- 八〇年梅雨期雷达回波特征……………冯志娴 (187)
- 梅雨锋上中尺度活动和暴雨回波……………王建初 马建辉 (192)
- 梅雨期间暴雨中强雷达回波的中尺度组织化……………杜秉玉 夏家虎 (200)
- 江淮地区梅雨期暴雨的降水机制分析……………杜秉玉 楼文珠 欧玉光 (206)
- 冷锋型带状回波与暴雨……………李云飞 (212)
- 一次暴雨回波的演变与分析……………马中元 万德才 (217)
- 长江河谷对降水的增强作用及其原因的初步探讨……………李云飞 张文玉 (221)

华东春末夏初强对流活动规律初探

第一部分 统计事实和不同天气形势下对流风暴活动特点

陈良栋 黄炎*

一、前言

冰雹、龙卷、雷暴大风和局地暴雨等强对流天气，是影响我国的主要灾害性天气之一。这些强对流天气是由雹云、强雷暴群、飑线等中尺度的对流风暴直接产生的，在常规的天气图上难以发现和掌握。到七十年代末，我国已逐步建立起较完整的天气雷达探测网，从而为强对流天气的探测和研究提供了新的有效的工具。1979年华东四省一市（安徽、江苏、浙江、江西和上海）组成长江中下游天气雷达科研协作片。从1980年开始，总参又在华东地区组织了中尺度天气实验。它们都制定了统一的回波取样方案，取得了大量的雷达回波资料和其他气象资料，从而为中尺度强对流天气的分析研究提供了有利的条件。与此同时，通过科研和技术交流，也提高了广大雷达站的回波识别和分析能力，促进了雷达气象业务工作的开展。

本文通过对1974年以来十几次较大范围的强对流天气过程的分析，初步归纳总结了华东地区（北纬 30° — 35° ，东经 115° 以东）春末夏初（4—6月）中尺度对流风暴的活动规律，以便为运用天气雷达作强对流天气的警戒和短时预报提供线索。

二、资料

我们在分析研究中使用的资料有：①华东四省一市的地方和部队天气雷达资料，其中上海、南京、盐城、南昌、舟山是波长五厘米的713雷达，其余为波长三厘米的711和712雷达，它们的分布如图1.1所示。回波取样的时间间隔依照回波强弱和离测站的距离远近而定。一般当中等以上强度的回波在200公里以外时，

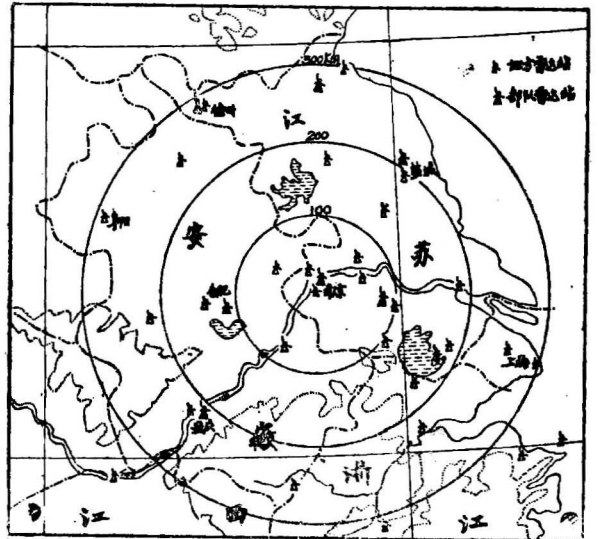


图1.1 天气雷达站分布图

*参加本文工作的还有查玉泉、唐询昌、方维之、沈宏坤、李云飞、冯志翔、陈桐良、马中无、邹惠群等。

每2小时取样一次；在100—200公里之间，每1小时取样一次；100公里以内，每半小时取样一次，必要时进行连续跟踪观测。②卫星云图资料。③除地方探空站外，1980—1983年总参华东中尺度天气实验观测期间，还设置了专门的探空站和测风站（图1.2），各探空站的平均间距为90公里，探测的时间间隔按上级的指令，最密为每三小时一次。④平均间距约50公里的各县气象站的每小时地面气象资料、天气实况纪要和灾情调查报告。⑤常规天气图资料。

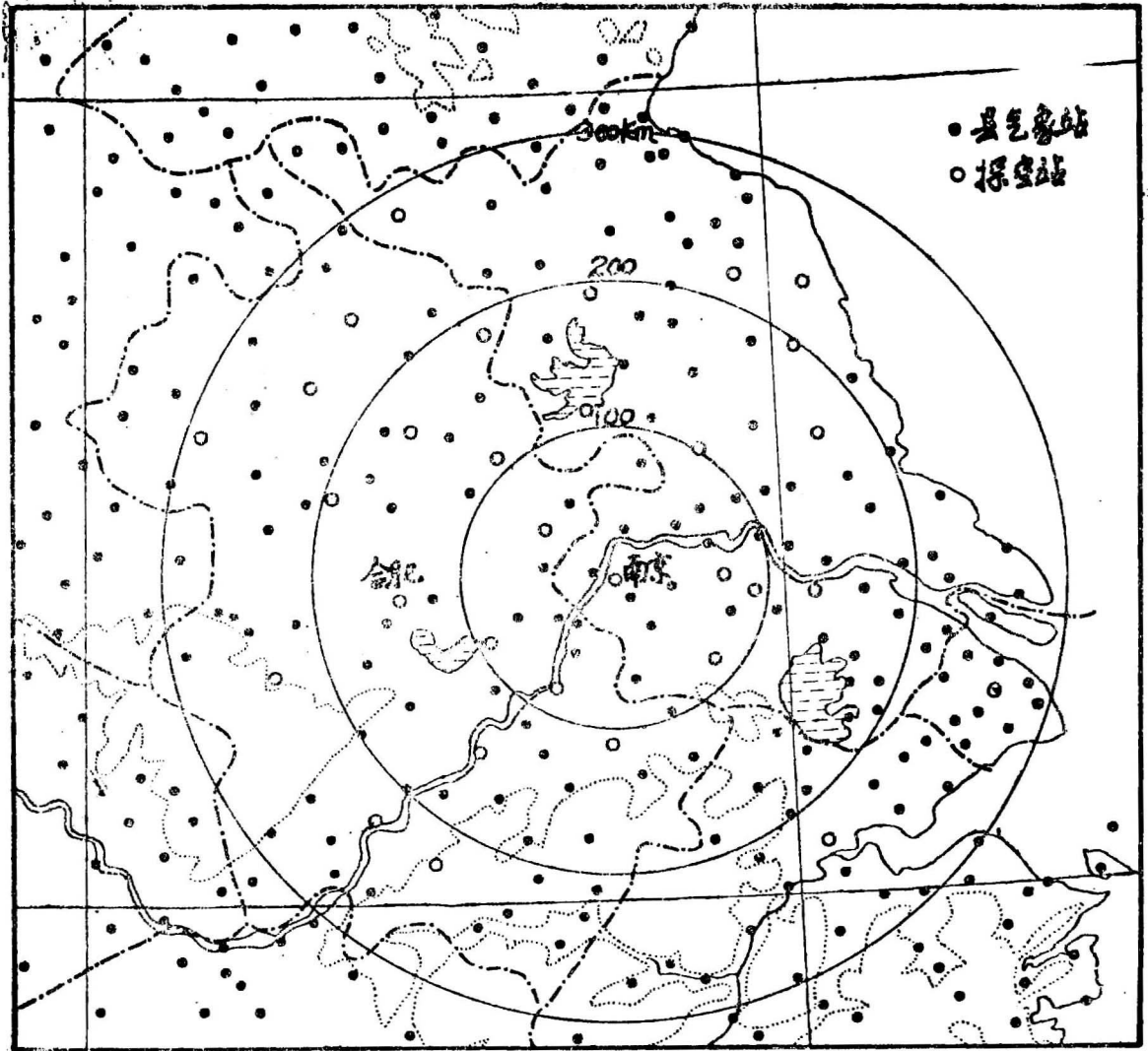


图1.2 探空和地面气象站分布图

三、几点统计事实

（一）强对流过程的逐旬分布

根据苏、皖、沪部分资料的统计，在1951—1981年的31年中，出现超过10个县的较大范围的

强对流天气过程共51次，平均每年1.7次。其中除5次出现在7—9月外，绝大多数都发生在4—6月，尤以4月下旬到5月上旬和5月下旬到6月中旬这两个时段最为集中（图1.3）

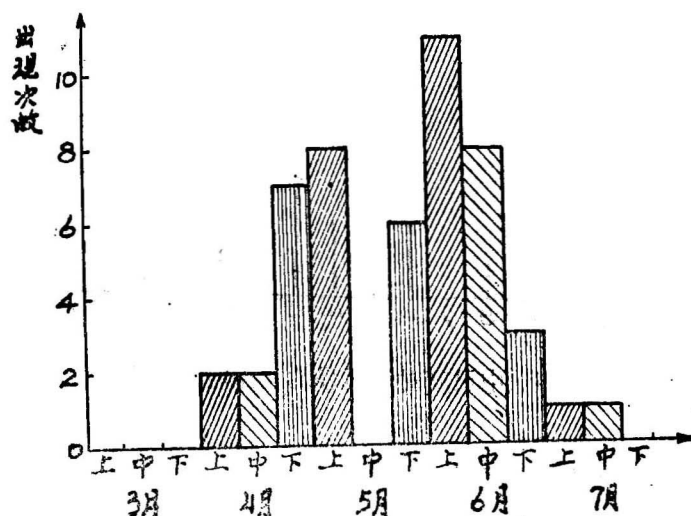


图1.3 影响范围超过10个县的强天气过程的逐旬分布

(二) 强对流过程中对流风暴的来源和个数

在一次较大范围的强对流天气过程中，往往有数个中尺度的对流风暴在活动，它们是强对流天气的直接制造者。根据对1974年以后资料比较完整的12次强对流过程的统计，总共有45个中尺度对流风暴，平均每次过程为3.8个。其中从外地移入本地区的只占20%（9个），它们主要是从西方和西北方移入的（8个），没有从南面和东面移入的。在华东地区就地产生的占80%（36个），它们主要产生在大别山与黄山、天目山区之间的长江河谷的出口区附近。并且除了沿整个天气系统（冷锋或切变线）都有强对流天气爆发的情况以外，在沿海地区极少有对流风暴产生。这说明在一定的大的尺度天气形势背景下，某些局地的地理环境条件对于对流风暴的发生发展有重大的影响。

(三) 对流风暴的初生时间和持续时间

根据对上述12次强对流的统计，在华东地区产生的36个中尺度对流风暴的初生时间，如图1.4所示。可以看出，它们绝大多数产生在12—20时（80%），特别是12—14时（44%），只有少数产生在早晨和上午（20%），从下午20时到第二天凌晨3时没有对流风暴产生。这表明，白天低层大气的辐射增热对于局地强风暴的产生起了重要的作用。

这些对流风暴的持续时间，平均为5.7小时。从图1.5中可以看出，它们的分布呈双峰型，其峰值分别位于8小时左右和8—9小时。这是在自然界中存在着两种不同尺度的对流风暴的反映。通常水平尺度小于100公里的单个强风暴，它们的持续时间较短，约为三小时左右。而水平尺度在100公里以上的由多个强风暴组成的飑线和雷暴群，则持续时间较长，它们往往在中午前后产生，午后发展最强，入夜才减弱消散，有的甚至一直持续到次日凌晨，行程上千公里，横扫

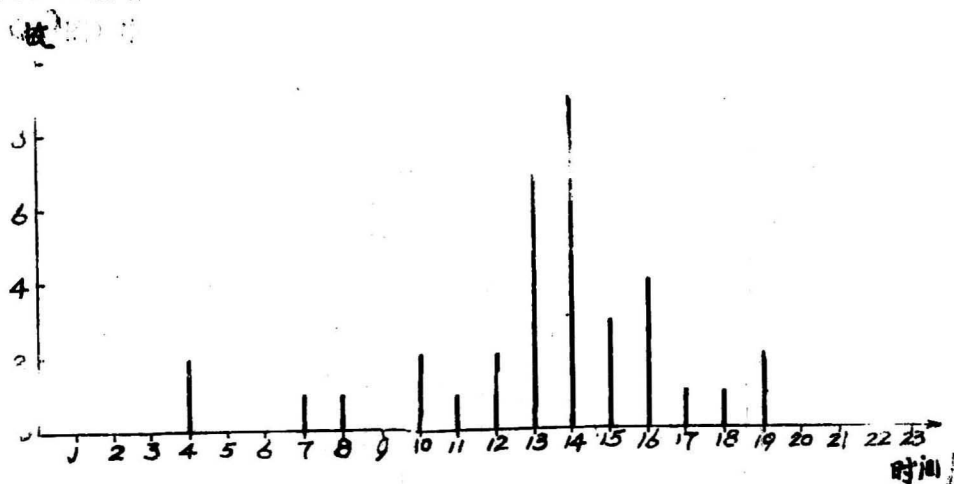


图1.4 中尺度对流风暴的初生时间分布

过好几个省，如后面图1.8 a 中的跑线F。

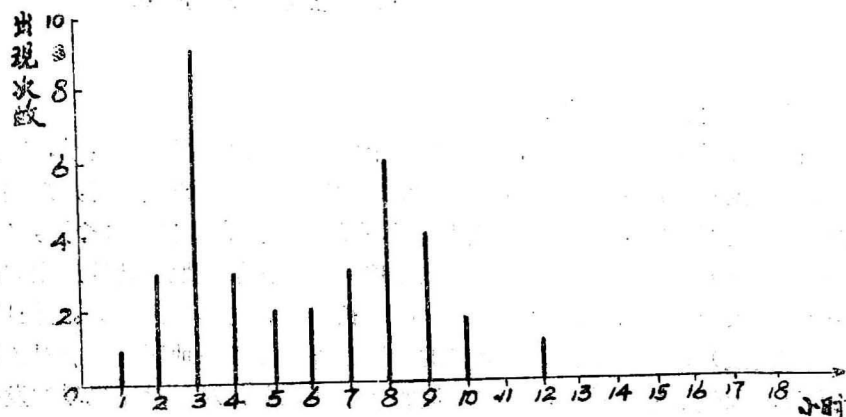


图1.5 中尺度对流风暴的持续时间分布

不同天气形势下对流风暴活动特点

大尺度的天气形势对于中尺度对流风暴的发生发展和演变有重要的影响。对流风暴是在有利的大尺度天气形势所建立起来的位势不稳定区中发生发展的，并且大尺度天气系统（如高空槽、锋面等）还可以直接接触产生对流运动。此外，高空引导气流基本上决定了对流风暴的移向移速。

造成华东地区大范围强对流天气过程的大尺度天气形势，主要有三种类型，即高空冷涡型、前倾槽型和副高西北侧型。在这三种天气形势下，中尺度对流风暴的活动特点如下：

(一) 高空冷涡型

这是在华东地区造成较大范围强对流天气的较常见的天气形势。在500毫巴图上，冷涡通常位于54区附近，华东地区处在冷涡外围的西南象限中，盛行西北气流，有很强的冷平流，或有次冷中心南下，使对流层中层强烈降温。在850毫巴图上，华东地区往往处在槽前的西南或偏南气流中，低层气温和湿度有所上升。在这种冷暖气流的垂直配置下，华东地区的大气层结趋于不稳定，从而为对流运动的发生和发展创造了必要的条件。在地面图上，通常有一条冷锋南下，不过由于低层冷空气势力偏北和在南下过程中迅速变性，冷锋较弱，往往已演变成为一条切变线。然而，作为两种不同性质的气团的界面，在锋线（或切变线）两侧，风和露点温度的差别依然很明显。午后，随着低层气温的升高，大气层结进一步变得不稳定。在这种情况下，沿地面锋线（或切变线）或在其中某些有利的局地条件处，就会有对流运动发生和发展起来，形成中尺度的对流风暴。

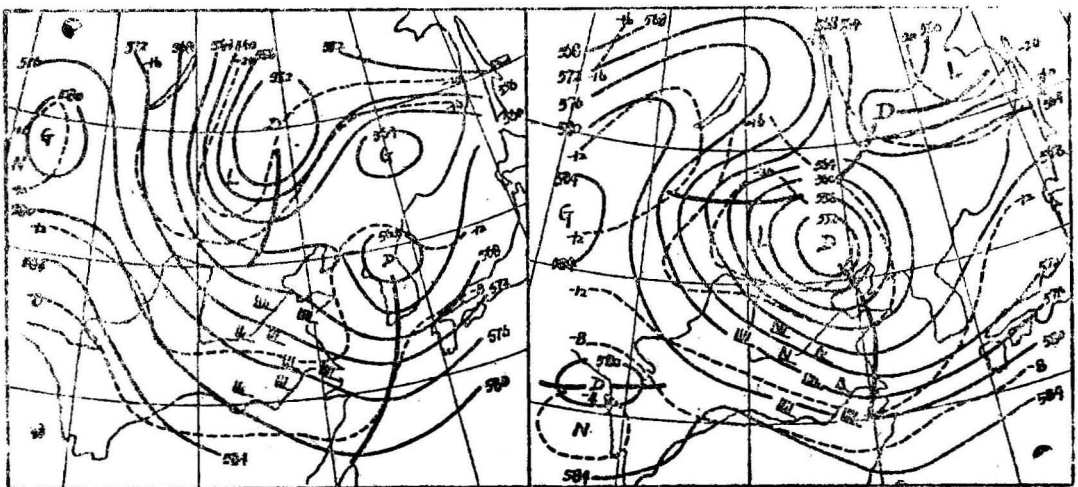
在高空冷涡形势下产生的中尺度对流风暴，其活动有下述三个特点：

1. 强对流天气具有持续性，在同一地区可以接连几天重复出现。这一方面因为冷涡是较深厚的系统，移动缓慢；另一方面是因为处在冷涡外围的地面系统势力较弱，并且在这种形势下产生的中尺度对流风暴也不会使低层的大尺度形势发生根本性的改变。所以，如果冷涡继续维持，则华东地区的位势不稳定区也可以继续维持，强对流天气就可以接连几天持续发生，直到北方有较强的冷空气南下，使低层形势彻底改观为止。

2. 中尺度系统活跃，在一天中可以有好几个中尺度对流风暴产生。这与冷涡外围地面大尺度天气系统较弱有关。在这种情况下，各种中尺度的触发机制的作用才能充分表现出来。

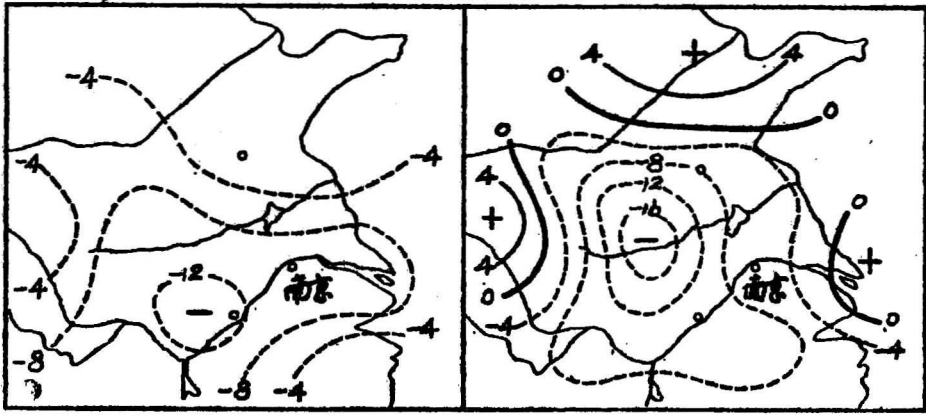
3. 中尺度对流风暴不仅可以在午后产生，也可能在夜间或凌晨产生。这是因为在冷涡形势下，通常高空的强烈降温对位势不稳定层结的建立起了主要的作用。所以，尽管凌晨低层气温较低，在一定的条件下仍然可以有对流运动产生。

图1.6、1.7、1.8是在高空冷涡形势下对流风暴活动的典型例子。1979年6月8日—9日，



a 6月8日 b 6月9日
图1.6 1979年6月8日和9日08时500毫巴形势图

冷涡在54区持续维持，华东地区接连两天出强对流天气，每天都有四个以上的中尺度对流风暴在活动，并且有的对流风暴在上午形成，如图1.8 b中的A。



a 6月8日 b 6月9日
图1.7 1979年6月8日和9日08时 $\Delta\theta_{se}$ (500—850) 分布图

(二) 前倾槽型

在这种天气形势下，500毫巴槽明显地位于850毫巴槽的东面，与高空槽相伴的冷平流使对流层中层强烈降温，而低层850毫巴槽前的偏南气流使气温上升，从而形成明显的位势不稳定层结。在前倾槽形势下对流风暴活动的特点是：

1. 强天气发生在500毫巴槽后、850毫巴槽前，远在地面冷锋的前方。由于前倾槽形势不能

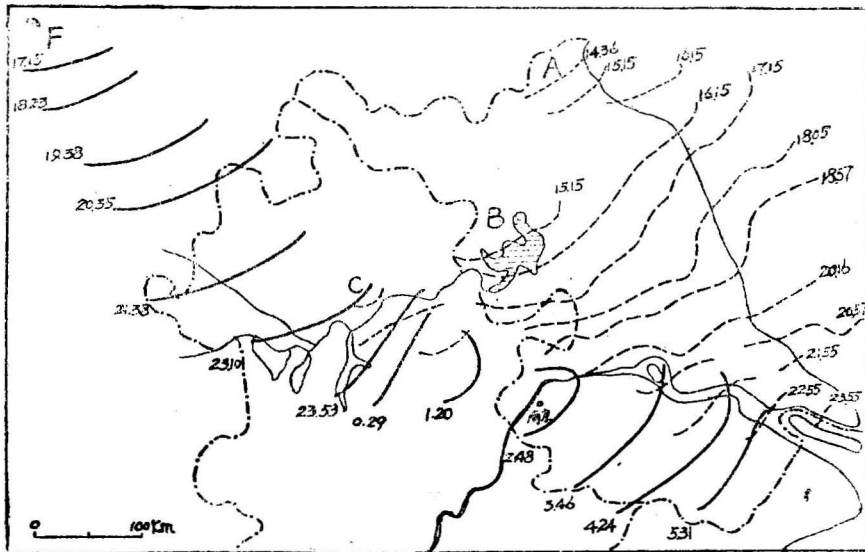
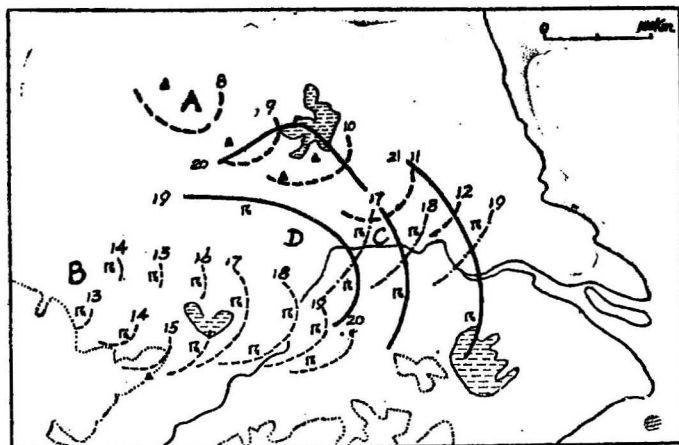


图1.8 a 6月8日



b 6月9日

图1.8 1979年6月8日和9日四次中尺度对流风暴的雷达回波前沿线演变动态图

长久维持，所以随着850毫巴槽的迅速东移，对流风暴的产生地点也迅速东移。

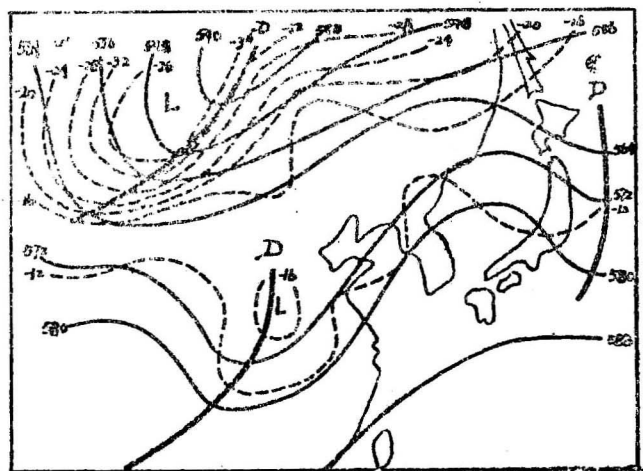
2. 在强对流风暴发生前，通常先有一次降水过程。这是与高空槽相伴的云雨带过境引起的，使低层湿变增大，有利于午后强对流风暴的形成。

3. 中尺度系统活跃。这也与地面气压系统弱有关。并且如高空槽后有较强的冷中心时，对流风暴也可在夜间和清晨产生。

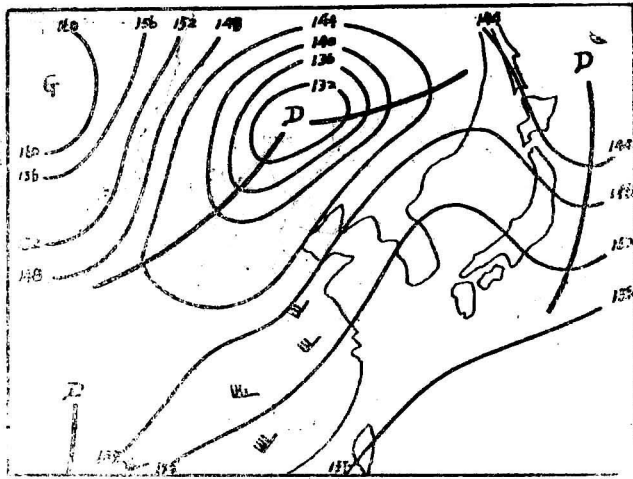
图1.9、1.10所示为一次前倾槽形势下发生的强对流天气过程的典型例子。1981年5月1日08时，500毫巴的槽线位于太原、宜昌、贵阳一线，有一个 -16°C 的冷中心伴随低槽向东移动，使华东地区的大气层结趋于不稳定。而850毫巴的槽线位于呼和浩特、银川、西宁一线，落后于500毫巴槽5—10个纬距，并且槽前有一支西南低空急流，持续地向北输送暖湿空气。在地面图上，冷锋远在汗贝庙、东胜、中宁、冷湖一线，苏皖地区有一条入海高压后部的东南气流与西太平洋副高西部的西南气流所构成的暖式切变线。当天从凌晨到午后，分别与500毫巴槽线、高空冷中心和地面切变线相配合，在苏皖地区先后发生了三次对流性降水过程(图1.10)，其中后两次产生了强对流天气。到2日08时，850毫巴槽线和地面冷锋已迅速南移到 30°N 附近，前倾槽形势消失，对流风暴的产生地点东移到了浙江省。

(三) 副高西北侧型

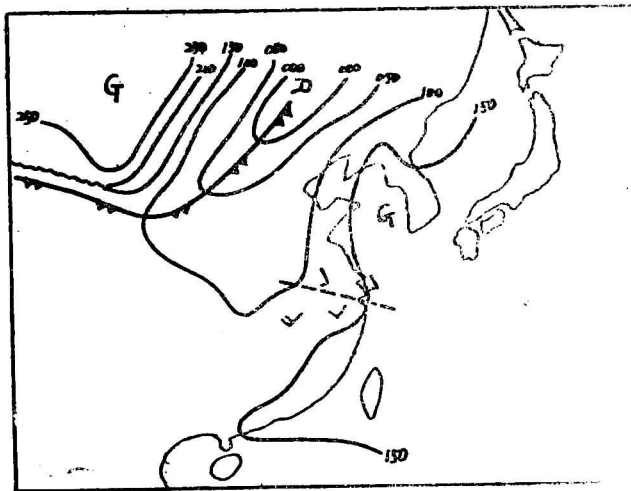
这也是华东地区产生大范围强对流天气的常见天气形势。在这种形势下，副高势力较强，并且位置偏北，华东地区处在深厚的西南暖湿气流控制下。在



a. 500毫巴形势



b. 850毫巴形势



c. 地面天气图

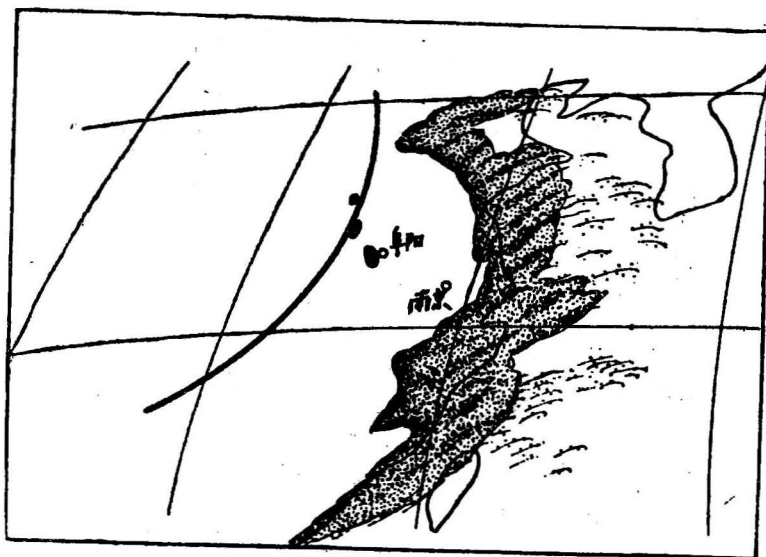
图1.9 1981年5月1日08时天气形势

卫星云图上可以见到，沿副高西北侧有一条东北——西南走向的云带，其中有一些浓密的对流云团。这种中尺度对流云团，在雷达上反映为一条中尺度的飑线回波带或雷暴回波群。这种对流风暴的产生与大尺度的气流辐合上升运动有密切的关系，其活动特点是：

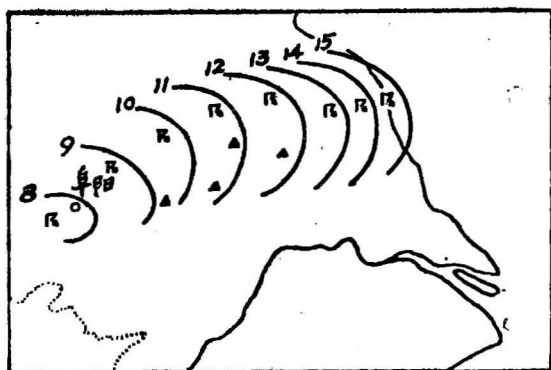
1. 中尺度对流云团通常在华中地区（ 110°E 、 30°N 附近）形成，然后有规则地沿500毫巴气流向东偏北方向移动影响华东地区。它在华东地区所产生的强对流天气可以发生在一天中的任何时候。

2. 与中尺度对流云团相伴的对流风暴，通常在地面产生雷暴大风或暴雨，极少降雪。这与西南气流中水汽充沛、湿层深厚有关。然而在其南面触发产生的新的对流风暴，可以产生降雪。

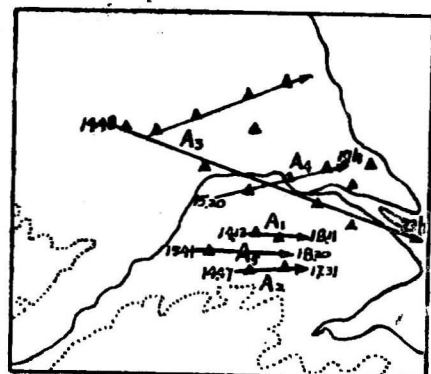
3. 中尺度对流云团的生命史较长，可达一天左右。它的发展演变与低层大尺度的散度场有密切关系，而日变化不明显。当它移到辐散区时，趋向减弱消散。



a. 08时500毫巴槽线及其前方的云带



b. 08时500毫巴槽线附近的冷中心触发产生的中尺度对流风暴演变动态

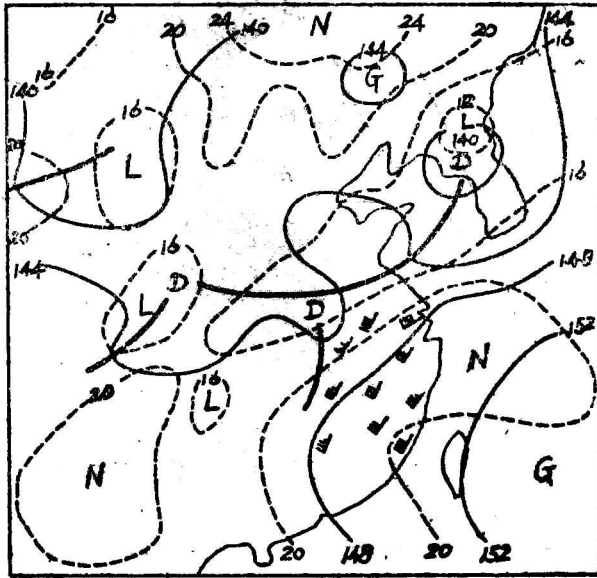


c. 午后在地面切变线上触发产生的五块雷云的降雹路径

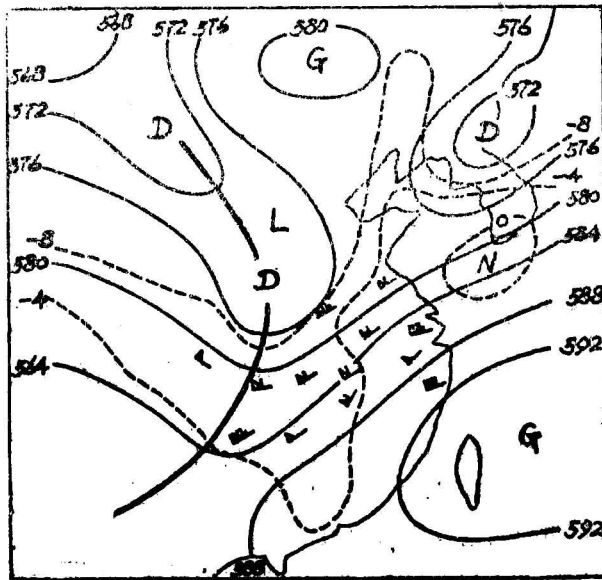
图1.10 1981年5月1日发生的三次对流性降水过程

4. 若副高稳定, 则强对流天气也可接连几天重复出现。

图1.11所示是1980年6月26日在苏皖南部和浙北产生大范围强对流天气的天气形势。在500和850毫巴图上, 副高西北侧的西南气流风速很大。安庆站的高空风资料表明, 西南暖湿气流的厚度达14公里。在卫星云图上, 副高西北侧准常定地维持着一条东北—西南走向的云带M(图1.12), 其西面为西风槽前的云带N。槽前的云带有规则地东移, 25日20时与副高西北侧的云带交汇, 在合并处产生了一个中尺度的对流云团A, 然后沿500毫巴的引导气流向东偏北方向移动, 使安徽和江苏的大部分地区出现雷暴大风天气, 而在其南面新产生的飑线, 则在浙北发生降雹(图1.13)。由于副高稳定, 在中尺度对流云团A移走后, 副高西北侧的云带继续维持, 27日08时又在其中产生中尺度的对流云团, 使苏皖南部和浙北再次出现强对流天气。



a. 500毫巴



b. 850毫巴

图1.11 1980年6月26日08时天气形势

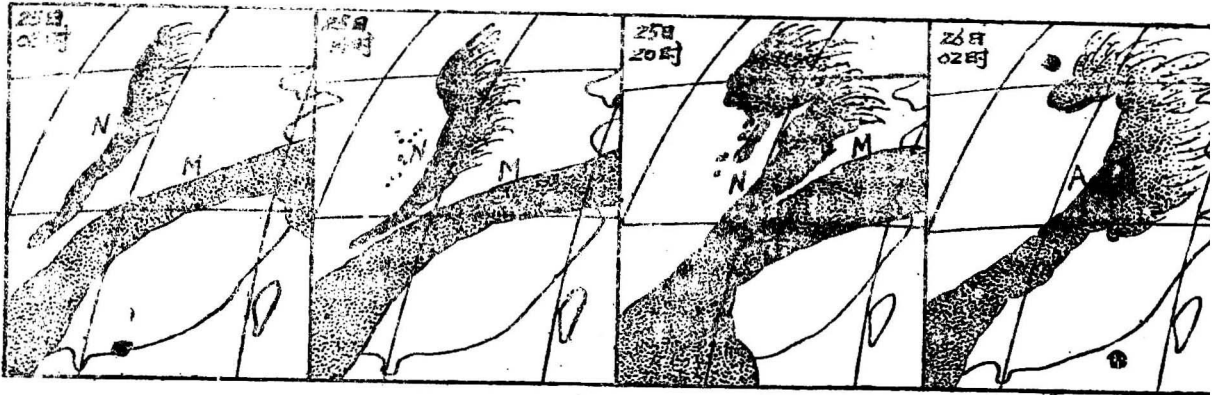


图1.12 1980年6月25—26日云系演变动态图

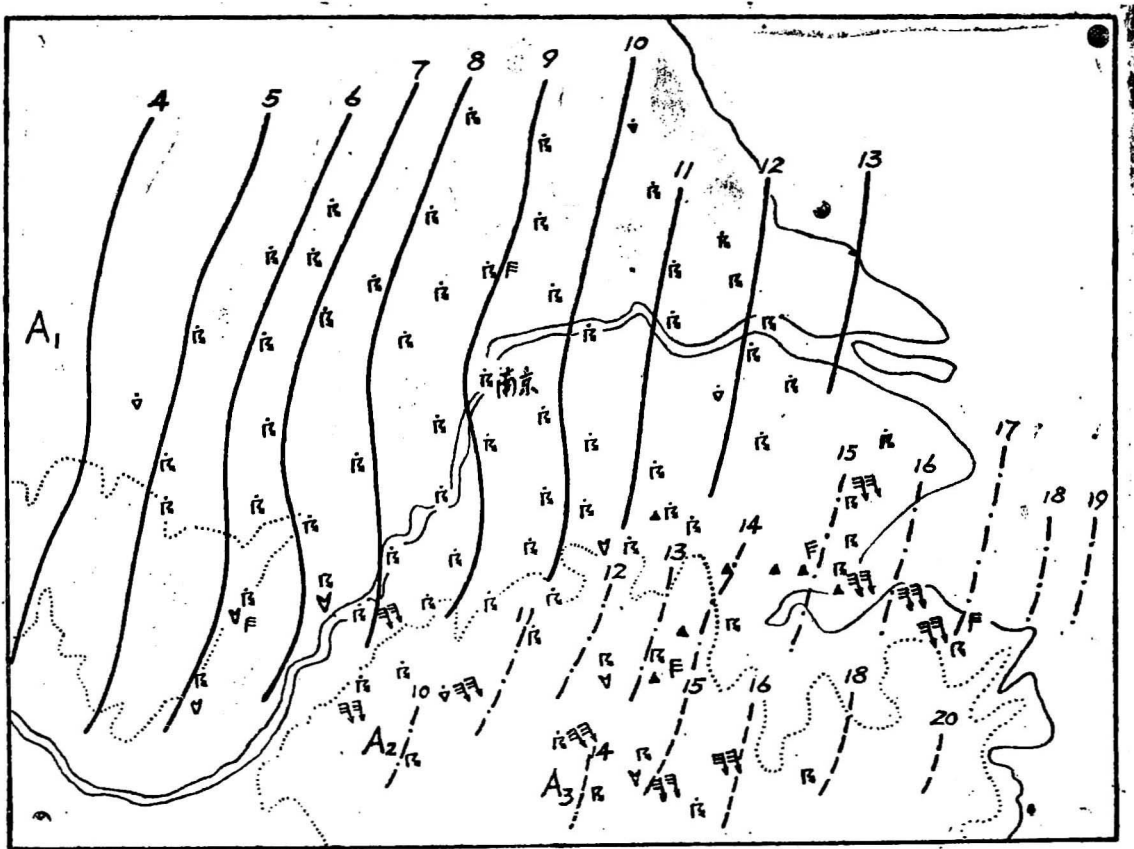


图1.13 1980年6月26日强对流天气分布和雷暴等时线

第二部分 对流风暴的触发机制

陈良栋 黄炎*

中尺度对流风暴是在有利的大尺度天气形势所建立起来的位势不稳定区中产生的。然而对流风暴产生的具体时间和地点,则取决于对流运动的触发机制。因此,研究本地区对流风暴的触发机制,对于强风暴的雷达警戒和短时天气预报都是十分重要的。

在没有建立稠密的天气雷达网之前,要研究中尺度对流风暴的触发机制是很困难的。因为受观测资料时空密度的限制,不可能确切地知道对流风暴最初产生的时间、地点和形成方式,只有当对流风暴已发展得十分强大时,在地面的区域天气图上气象要素场才会有所反映,其时间往往要比在雷达荧光屏上初始回波出现的时间晚1—2小时。

利用加密观测得到的雷达回波资料,可以准确地测定对流风暴最初产生的时间、地点和形成方式。我们根据初始回波与先期存在的对流运动触发区在地理位置上的一致性,以及对流回波沿该触发区的排列情况,来确定对流风暴的触发机制。这种先期存在的触发区,是从大尺度和中尺度的天气图上依据对于对流运动触发机制的现有认识来识别的。通过对1974年以来十几次较大范围的强对流天气过程的分析,春末夏初影响华东地区的中尺度对流风暴的触发机制,可以由大尺度的和中尺度的天气系统产生,也可以由局地地形产生。下面分别叙述:

一、强冷锋

在四月份,造成华东地区大范围强对流天气的对流风暴,通常是由于强冷锋南下触发产生的。在地面天气图上沿锋线有一条窄长的强天气区,随同冷锋移动,如图2.1所示。在雷达荧光屏上反映的一条窄而长的强对流回波带,其中有多块雹云正在地面降雹(参看后面图3.1)。

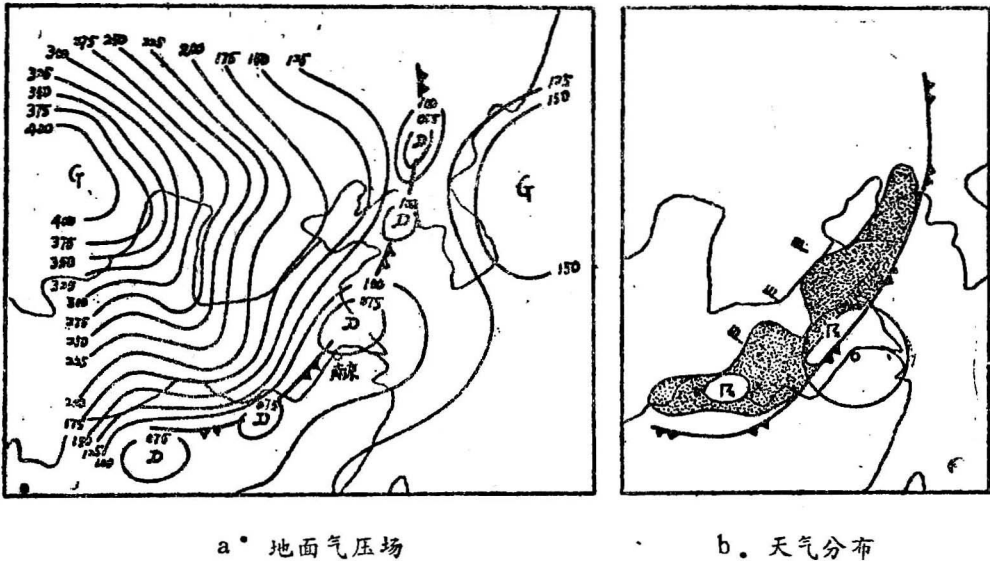


图2.1 1976年4月22日14时地面天气图

*参加本文工作的还有查玉泉、唐询昌、方维之、沈宏坤、李云飞、冯志娟、陈桐良、马中元、鄢惠群等。