

一次长江三角洲飊线的综合分析*

漆梁波 陈永林

(上海中心气象台, 上海 200030)

摘 要

该文利用多种气象资料(包括常规观测、卫星云图、自动气象站、多普勒气象雷达以及风廓线仪资料),综合分析了2002年8月24日发生在长江三角洲的一次飊线过程。发现该飊线产生于一个中尺度对流系统(MCS)当中,地面冷锋、副高边缘的高能水汽输送带与高空小槽配合,使该MCS得以发展和加强,副高南撤和下游有利的动力和层结条件使得MCS中的雷暴群发展为飊线,并迅速东移南压,产生了大范围雷雨大风天气。多普勒雷达、自动站及风廓线仪的资料还很好地揭示了该飊线的发生、发展、爆发过程及其回波和风场的空间结构特点。

关键词: 飊线 多普勒雷达 风廓线仪

引 言

飊线是能产生强烈天气的中小尺度天气系统。利用中尺度天气图和雷达卫星资料分析飊线系统的结构特征和发生、发展过程的工作有很多^[1,2]。随着探测仪器的不断发展,特别是多普勒雷达^[1,3]和风廓线仪等设备的应用,使得对类似飊线的强对流天气的细致了解成为可能,但将多普勒雷达与风廓线仪相结合来分析强对流天气的工作却不多见。2002年8月24日傍晚到夜里,长江三角洲地区发生了一次飊线天气(以下简称8.24飊线),该地区许多气象站都观测到9级以上的阵风,最大风速出现在上海市奉贤区,达11级(29 m/s),并伴有大规模的强雷雨,雨量以浙江湖州82 mm为最大。本文利用常规观测、卫星云图、多普勒雷达、自动气象站及风廓线仪资料,对该飊线过程的天气背景、雷达回波演变、低层有组织的风场结构做了综合分析,以增加对该类天气系统的深入了解。

1 天气背景分析

1.1 飊线的天气实况介绍

飊线是一种带(线)状的中尺度对流系统,是非锋面的或狭窄的活跃雷暴带。它是一种深厚的对流系统,其水平尺度通常为几百千米,典型生命期约6~12 h,远大于雷暴单体的生命期。它包括雷暴,以及非对流(层状)的降水区。镶嵌在飊线中的强雷暴常常引起局地地面风向突变,风速骤增,气压跃升,温度剧降,并伴有雷暴天气,有时还出现冰雹、龙

* 2002-11-12 收到,2003-05-12 收到修改稿。

卷等灾害天气^[1]。2002年8月24日傍晚到夜里,一条长约300 km,宽约40 km的雷暴带自西向东横扫了长江三角洲地区。当日的地面天气图以及 WSR-88D 雷达资料均反应出这次天气过程是一次飊线天气:

① 带状大风区:在20:00(北京时,下同)地面天气图上,在上海西部到浙江绍兴一线存在一条风向西北,平均风速 $8 \sim 14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,瞬时阵风风速 $14 \sim 29 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的带状大风区,其中 $29 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的最大风速出现在上海奉贤站,并伴有大面积的强雷雨,雨量以浙江湖州82 mm为最大。

② 强烈变压区:20:00地面天气图上,长江三角洲地区出现一个大范围的3 h强烈变压区,气压增幅为 $3 \sim 6 \text{ hPa}$,其中以浙江德清6.9 hPa为最大,上海金山站5.4 hPa。

③ 温度剧降:飊线影响上海徐家汇测站的时间大约在20:20左右,徐家汇自动气象站的整点测温显示:19:00,气温 $30.9 \text{ }^\circ\text{C}$,20:00,气温 $30.5 \text{ }^\circ\text{C}$,21:00的气温剧降到 $23.4 \text{ }^\circ\text{C}$,22:00气温为 $23.6 \text{ }^\circ\text{C}$,飊线经过前后的温差达到 $7 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右。

④ 迅速移动的带状强回波:在 WSR-88D 雷达基本反射率图上,长江三角洲地区45 dBz以上的强回波长度约300 km,宽度约30 km,最强回波60 dBz,回波最大高度19 km,回波带的移动速度达到 50 km/h 。

1.2 导致飊线发生的 MCS 的演变过程

通过分析发现:地面冷锋、副高边缘的高能水汽输送带与高空小槽配合使上游 MCS 得以发展,副高南撤导致该 MCS 南下,而地面新生锋面和有利的层结条件使得 MCS 中的雷暴群得以加强并最终造成长江三角洲的飊线天气。

从高空图、地面图以及水汽云图上可以看出(图略):24日08:00,带状副热带高压脊线在北纬24度附近,其北侧边缘是一条水汽输送带,水汽来源主要来自两个方面:第一,0214号强热带风暴“黄蜂”于8月19日21:00在广东省湛江登陆,20日热带风暴到达贵阳,四川后减弱消散,但它的残留云团却越过副高脊线向山东、渤海一带伸展。第二,23日20:00在印度东部沿海已经生成了一个强烈的低压中心,850 hPa上近中心最大风速达 $26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。由于该低压的作用,低压东部的孟加拉湾海面、中南半岛和我国的西南地区生成了大量的对流云区,这些水汽都沿着副高北缘涌向河南、山东、安徽、江苏一带。这一点在24日08:00和20:00 700 hPa的温度露点差分析上也可以得到印证,温度露点差小于 $3 \text{ }^\circ\text{C}$ 的带状中心位于副高边缘,并随着副高南落而南压(图略)。蒙古冷空气导致的地面冷锋23日08:00至20:00从北纬37度一线移到34度一线,以后受副高阻挡,南压不明显,以东移为主,维持在北纬33~34度之间,与之相配合,700 hPa和850 hPa层上有切变线存在。正是在这种背景下,当24日08:00 500 hPa的短波槽移近时,在河南中部导致了 MCS 的发生。

图1是24日08:00至22:00该 MCS 演变的红外云图。从图中可以看到,位于河南中部的 MCS 到10:00已经发展到成熟阶段,此时其 $-52 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下冷云盖面积约为 2×3 个纬距(约 54000 km^2),最低云顶温度 $-69 \text{ }^\circ\text{C}$,以后其强度开始减弱,形状向东西拉长,移动方向由正东转为东南偏东。14:00该 MCS 的残余云团移到安徽中部,冷云盖的最低温度不升反降,云顶最低温度由 $-69 \text{ }^\circ\text{C}$ 下降到 $-73 \text{ }^\circ\text{C}$,而且在其后部湖北和湖南的交界处新

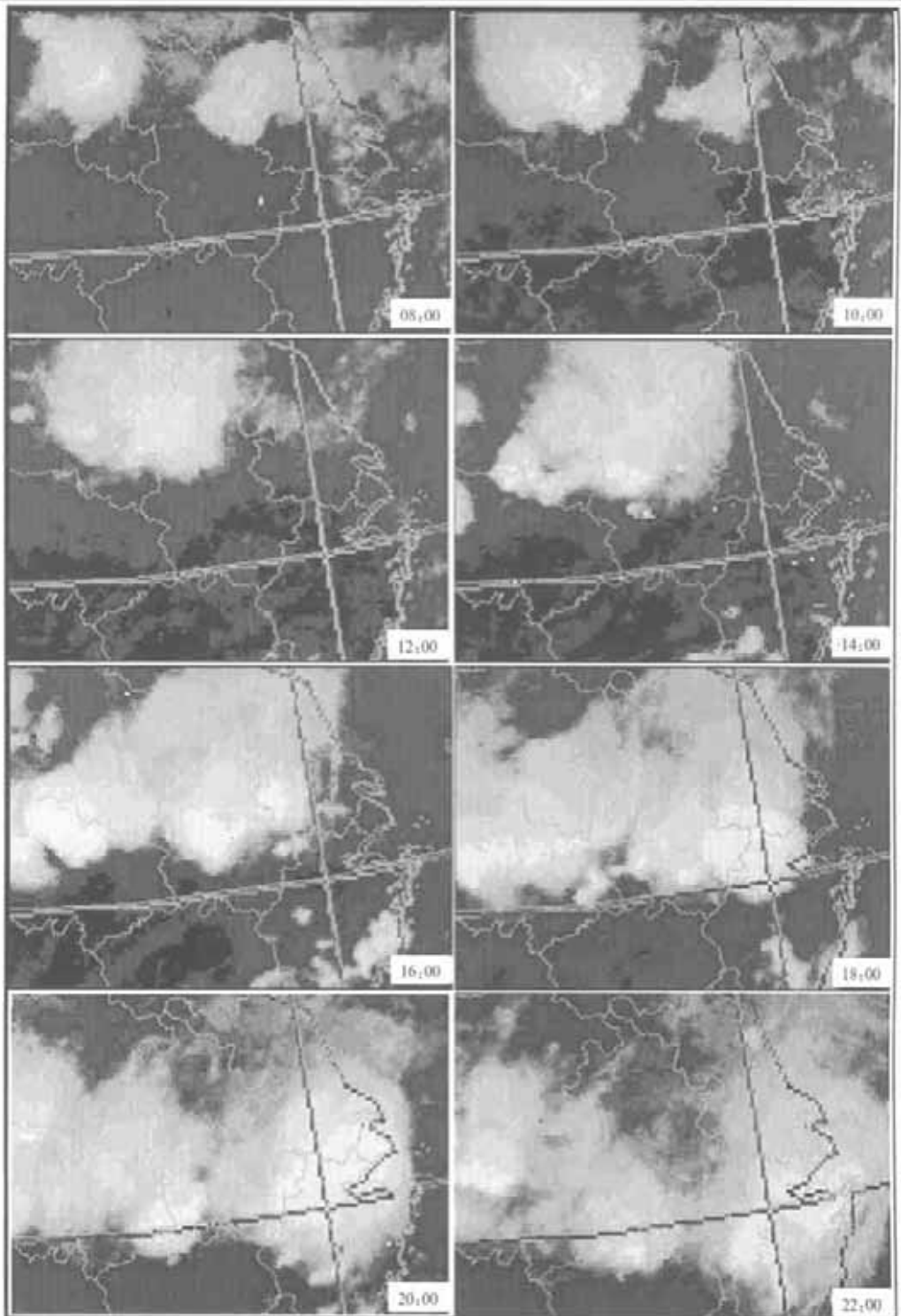


图1 24日08:00至22:00江淮地区红外云图的演变

生了一个对流云团,云顶最低温度 -71°C 。15:00 由于新生云团发展迅速,在湖北和安徽已形成两个 MCS。在之后的两个小时内,湖北境内的 MCS 趋于减弱。而安徽境内的 MCS 迅速发展。18:00 该 MCS 到达苏浙皖交界处,云顶最低温度达到 -86°C 。19:00 起 MCS 南压明显,移到长江三角洲地区。20:00 成为较为标准的椭圆形状,此时其 -52°C 以下冷云盖面积达到 3.5×3.3 个纬距(约 110000 km^2),最低云顶温度 -86°C ,以后该 MCS 逐渐消散。可见,正是安徽境内 MCS 的迅速发展和南压,导致了长江三角洲飊线的发生。

1.3 MCS 的迅速发展及南压的原因分析

为什么安徽境内的 MCS 会一直维持,到下午能迅速发展,并导致飊线发生,而其上游的 MCS 则趋于减弱呢?通过分析,认为有以下 3 点原因:第一就是安徽境内的 MCS 自 24 日 04:00 起在河南中部开始发展,一直处在 500 hPa 小槽前部的西南气流中和高空 200 hPa 急流的入口南侧,非常有利于其维持和发展(图略)。上游的 MCS 则处在小槽后部,午后发展起来,能量释放完毕就开始消散;而副热带高压在 20~26 日之间正处于一个减退的过程,上海宝山站 500 hPa 的高度从 5930 gpm 下降到 5840 gpm,副高的减退往往有利于西风带系统的南下和发展^[4],因此该 MCS 随着小槽和急流中心东移南压。第二是 24 日 14:00 起在长江三角洲有锋生过程,该锋面与 MCS 的外流边界叠加,使得 MCS 内的雷暴群得以发展成飊线。图 2 是 24 日 14:00~20:00 华东地区的地面风场演变。从图中可以看到:24 日 14:00 起,江苏沿海的风场全部为东北风,与其前部的偏西风形成风向辐合。该辐合线位于浙江嵊泗、江苏吴县到南京等一线,此时其前后有 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 的温度差:辐合线北侧的气温大多在 31°C 以下,而辐合线南侧的气温大多在 37°C 以上,这是夏季海边一种特有的锋生现象,一般称为海风锋^[4],正是这一中小尺度的锋生与 MCS 外流边界的叠加,使得 MCS 内的雷暴群得以维持并加强,图中可以看到海风锋与 MCS 的外流边界在 17:00(图 2b)开始叠加,到 20:00(图 2c),外流边界与海风锋已经融合为一体,整个 MCS 也发展到最强盛。从图中 3 h 变压的演变可以发现,自 14:00 至 20:00, MCS 内的最大正变压从 2.7 hPa 上升到 6.9 hPa 。而在正变压区的后部对应有一片负变压区,该负变压区也是逐渐加深的,到 20:00(见图 2c),3 h 变压最大值达到 -4.2 hPa ,甚至可以在负变压区中清楚地分析出低压环流,这是由该 MCS 内的有组织雷暴群的尾流所致。第三,就是有利的层结条件。24 日 08:00 江淮地区除上海(上海 29°C)和江苏沿海在 35°C 以下外,其他站点的 K 指数都在 35°C 以上,其中河南地区达 44°C 以上,这时河南的 MCS 正好落在 44°C 线以内。24 日 20:00,上海站的 K 指数由 29°C 上升到 44.7°C ,杭州站由 37.6°C 上升到 43.2°C ,因此,只要有合适的触发条件就能使得对流深度发展,导致强对流天气。前人的工作还表明,在具有强层结不稳定的情况下,适度的环境风垂直切变有助于雷暴的传播,组织成连续性的强雷暴。国外的统计结果显示^[5]:当环境风垂直切变(用邻近测站的 200 hPa 与 850 hPa 风矢量差来估算)大于 $1.5 \times 10^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,对应多单体风暴的发生,而当切变值大于 $4.5 \times 10^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$,可以对应飊线的发生。24 日 20:00,临近测站的垂直风切变如下:杭州为 $2.4 \times 10^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$,上海为 $1.7 \times 10^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$,可见在该次飊线过程中,垂直切变值并未达到 $4.5 \times 10^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$,这也说明对于华东地区而言,发生飊线的合适的垂直切变值较国外要低一些。

2 多普勒雷达、自动站气象站、风廓线仪及声雷达资料的综合分析

2.1 多普勒雷达资料的分析

图3是上海雷达站(位于上海南汇区的东海边)所观测到的飑线的组合反射率回波(以下简称CR)以及风暴相对速度回波(以下简称SRM)的演变。所谓SRM是指将平均径向速度减去风暴的平均移动速度所得的径向速度场,主要反映风暴本体的流场特征。从图中可以发现该次飑线有以下特点:

首先,从其CR的演变来看,该飑线的形成类似于断续线型与后续线形的结合^[4]:即在低层辐合线上,沿辐合线不断有对流单体生成,这些单体逐渐弥合组成一带状回波带,而且存在一个回波发生源,回波不断新生发展,最终成为飑线。从图中可以发现:18:33,有3条回波带位于雷达站上游(图中用黑线圈标示),以后向偏东方向移动,18:45,位于位置偏南的两条回波带有一次合并过程,处于合并处的回波团(离雷达站偏西约70海里)得以发展加强。以后其一直维持较强,回波带左侧的回波团始终维持,甚至得以发展,这一特点与传统的右移风暴模式有区别^[1],似乎表明在飑线系统中,回波单体的新生也可以向左传播。从CR的形态和移速来看,至19:55左右,原始的3条回波带已合并成典型的弓形,强的对流性回波集中于系统的前沿,弓形中部的回波较强。该回波带在19:09逐渐形成弓状之后,移速加快,一小时的移动距离约为50 km,如此快的移速加上飑前阵风,给下游各地带来短时大风,最大实测阵风甚至达到11级(上海奉贤站,29 m/s)。

其次,从其SRM的演变来看,从18:57起,SRM回波图上对应强CR回波带的位置附近有明显的强SRM中心。在19:08的图上,在雷达偏西方向约70海里的地方,有两条明显的速度辐合带(图中粗线所示),它们的位置和伸展长度分别与两条强CR回波带吻合,以后偏北的辐合带逐渐减弱,至19:31,该辐合带已经演变为一个典型的中气旋回波(一对正负速度中心),对应CR回波上的一个强单体。而偏南的辐合带逐渐加强,到19:31,其已经发展为整个回波带中的一个入流急流中心,相对径向速度达到50海里/小时,以后这个强入流中心始终维持,并逐渐向北传播,19:31其位于雷达西南偏西的方位,到20:06,其位置已经位于雷达正西方向了,这也表明该飑线回波确实有向左传播的特点。另外,从19:31起,SRM回波中的入流急流中心前沿与CR回波中的强回波前沿位置大抵一致,但是,随着时间的向后推移,入流急流中心的前沿慢慢超前于CR强回波前沿(见19:43~20:18的回波图),这说明在飑线逐渐加强的过程中,飑前阵风逐渐远离强回波主体,向前爆发,这也符合了强风暴过境时,先是强风,然后才是强降水的观测事实,这一事实在下文的自动观测站资料分析中也有体现。

图4是该飑线在20:18的SRM及反射率因子(以下简称R)在不同仰角的回波比较。从SRM回波上可以发现,在飑线低层(见仰角小于3.0度的图中,高度在4.5 km以下),有明显的入流急流中心,但到了高层(见仰角为6.0度的图中,高度约在6 km以上),风向与低层完全相反,气流向远离雷达方向流出。另外,在入流中心的左侧,中低层有明显的辐合区域(见仰角为1.5度和2.4度的回波图),也在同一位置,到了高层(仰角为6.0度),又有一个弱的辐散区域,这有利于回波向左传播。而在R图上,可以发现,从低层到

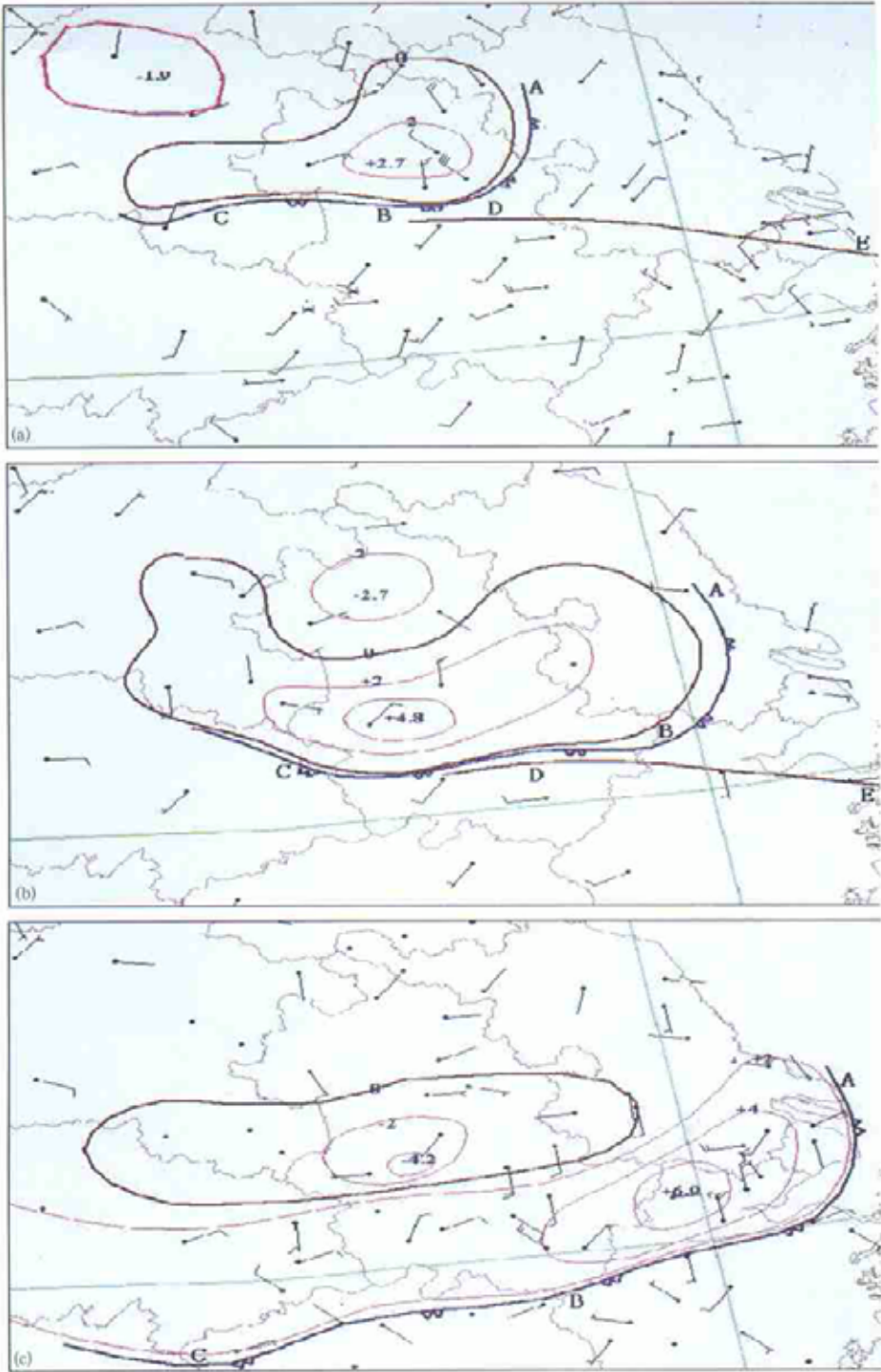


图2 24日14:00-20:00(北京时)华东地区的地面风场、3 h变压的分析

(a) 14:00, (b) 17:00, (c) 20:00

(图中A-B-C表示MCS的外流边界所在位置, D-E表示新生海风锋, 标注的数字为3 h变压值)

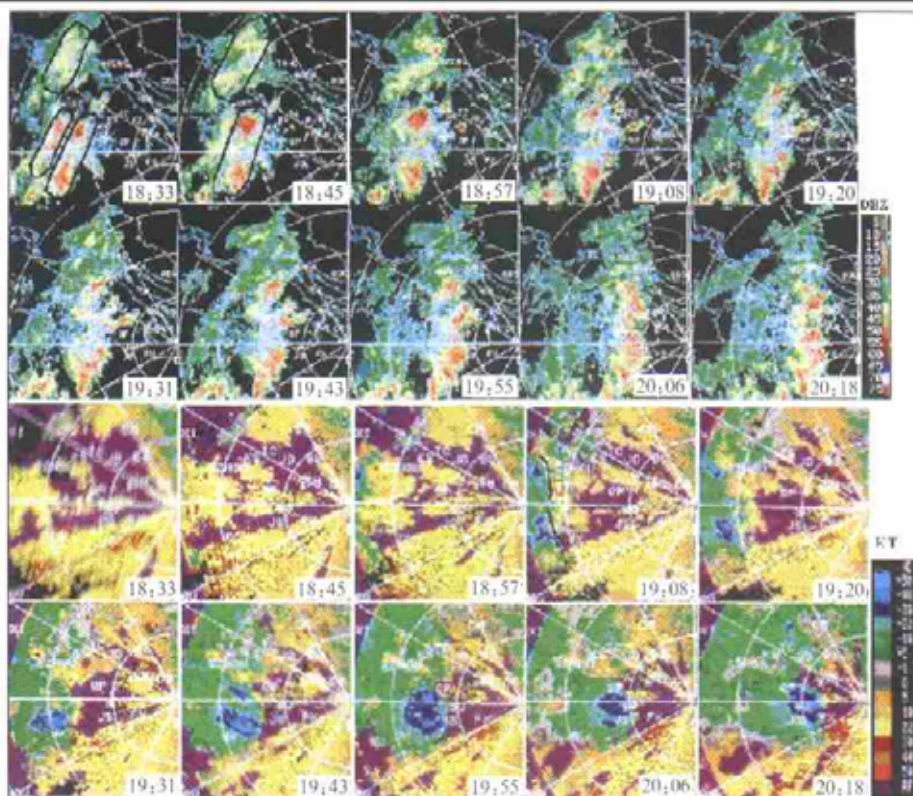


图3 24日夜长江三角洲地区的雷达回波演变
上面8幅小图为组合反射率回波(CR)的演变;下面8幅小图为风暴相对速度回波(SRM)的演变,仰角为0.5度
(上面8幅图和下面8幅图的扫描范围不同,但相邻距离圈之间的间距均为30海里)

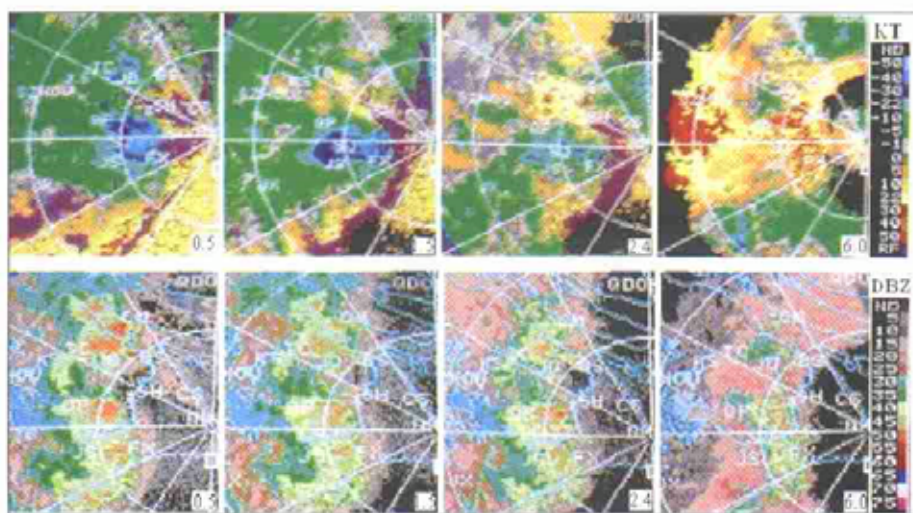


图4 24日20:18各仰角雷达回波分析
图中上面4幅小图是SRV回波,下面4幅小图是R回波
(左下角的数字为仰角)

高层,回波区域明显前倾,甚至强回波中心也是向前倾斜的。

2.2 自动气象站资料的分析

上海地区的自动气象站有 17 个,分布非常不均匀,一般都分布在穿越市区的黄浦江边,市区密集,郊区零散,其观测资料不适合作中小尺度的气象要素场分析。当日飊线过境前后,各自动气象站的要素随时间的变化大致相同,都很明显地反应出飊线过境所特有的气象要素变化特征。下文选取其中之一的气象要素变化来做分析,该自动站位于雷达站西北约 50 海里的上海嘉定区气象台。图 5 是 8 月 24 日 18:00 ~ 23:00 的温、压、湿、风以及雨量的变化,取样间隔为 10 min,雨量数据是每 10 min 的累计雨量。从图中可以看出,飊线过境时(20:00 左右),温度骤降,气压陡升,湿度增大,风速也在 10 min 内由 $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右急剧上升到 $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,而风向由原来的偏东转为偏北或偏西,同时伴有短时

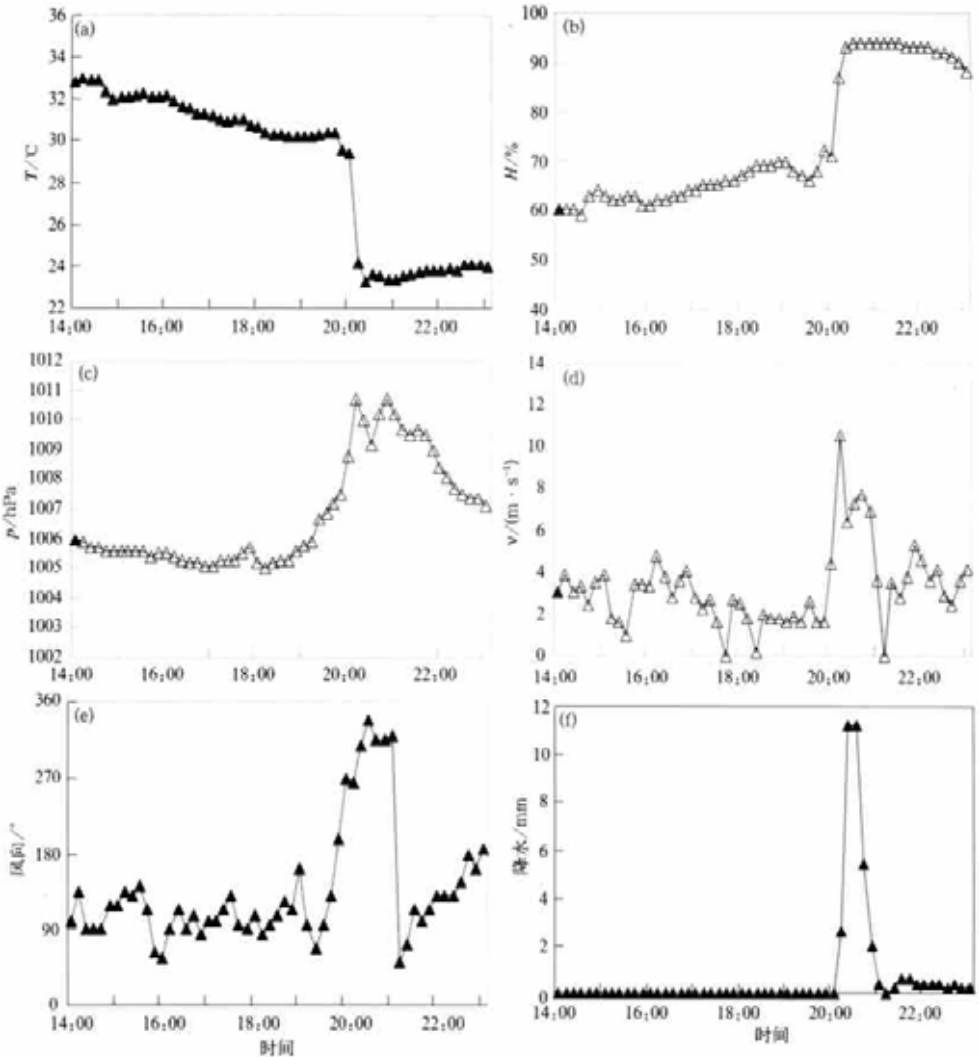


图 5 24 日 18:00 ~ 23:00 自动气象站的气象要素随时间的变化分析

a、b、c、d、e、f 分别描述温度、相对湿度、气压、风速、风向及 10 min 累计雨量的变化

的强降水。但是仔细分析发现,各气象要素的变化有先后不同:温度和湿度的变化与强降水的发生是对应的,第一次强降水发生(约 20:20 左右)的 10 min 内,温度骤降,湿度猛增。而气压虽然在强降水发生时较大的升高,但在强降水发生前,气压已经在不断升高当中(见图中的 19:00~20:00 之间),这可能是降水发生之前,空气湿度增大,导致气压开始升高。而比较风速的增大时间和强降水发生的时间发现,风速的增大超前于强降水的发生(约提前 10 min),图中风速在 20:10 已经增大,而此时强降水还没有发生,10 min 累计降水量达到 10 mm 以上则出现在 20:20 左右,这也证明了该飑线的前冲冷流与强降水区是有一定距离间隔的,与上述对雷达回波的分析结果相同。其他自动站的气象要素变化大致与本例相同,唯一例外的是,由于只得到取样间隔为 10 min 的资料,而阵风发生和强降水发生的间隔在有的测站可能小于 10 min,所以有的测站未能明显地反映出这一时间上的先后次序。

2.3 风廓线仪及 RASS 的观测分析

上海气象局购买的 Vaisala 公司生产的低层风廓线仪(LAP3000),安放在青浦区(大约在雷达站西北偏西约 45 海里),该系统可得到地面至 2~3 km 高度的水平风、垂直风廓线,及地面到 1 km 高度的虚温廓线。本文所用资料的垂直分辨率为 60 m,时间分辨率为 30 min。

国外对飑线的结构研究较为成熟,一般认为^[6],飑线的下击冷流能导致地面中高压和飑前阵风锋,飑线经过的过程是:首先是静风,然后是风向切变,阵风增大,气温骤降,接着就是强降水。8月24日风廓线仪的观测也基本证实了上述特征。

图6是风廓线仪于24日08:00~24:00观测到的水平风垂直廓线资料。从雷达回波的移动情况可知(见图4),飑线经过风廓线仪的时间大致在24日19:30左右,下面就飑线来临前和影响之后分别分析低层的风场变化。

飑线来临前(24日19:30之前),12:00左右,2500 m 高度附近(略低于 700 hPa 高度)风向由西到西北风转为西到西南风,图中用字母“r”标示,这表明有一个中层浅脊刚刚经过测站上空,以后本地中层始终处在槽前的西到西南气流当中,有利于对流的发展。与中层的风向转变相对应,低层风向也渐渐由偏西风转变为偏东风,与其上游的偏西风形成辐合,同样有利于上游对流系统的加强,这一点,也印证了上文中提到的锋生过程的合理性。从13:00开始,风的垂直切变开始变大,由13:00以前上下一致的西向风转变为低层(1000 m 以下)东向风,中层(1000 m 以上)西向风,而且中层的风力也开始增大,这也使得环境风的垂直风切变值变大,有利于对流的发展和传播。从图6中也不难发现,环境风的风向垂直切变主要发生在1000 m 以下。从15:00开始,低层(500 m 以下)的东风开始减小,一般都在 $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下,图中用字母“c”标示,这与国外关于飑线阵风锋来临之前有一段时间的静风是相吻合的。

自24日19:30起,飑线开始移过风廓线仪测站。

从19:30以前的观测来看,在飑线前沿的入流东风气流主要集中在1000 m 以下,而且靠近飑线时,风向转为东北风,风速也增大到 $24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (19:30, 115 m 图中虚线包围的区域),当天20:00前后地面的阵风观测中,也有测站观测到了东北大风,例如杭州以东的萧山和诸暨分别观测到 $28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的东北风。这说明飑前阵风锋的风向切变

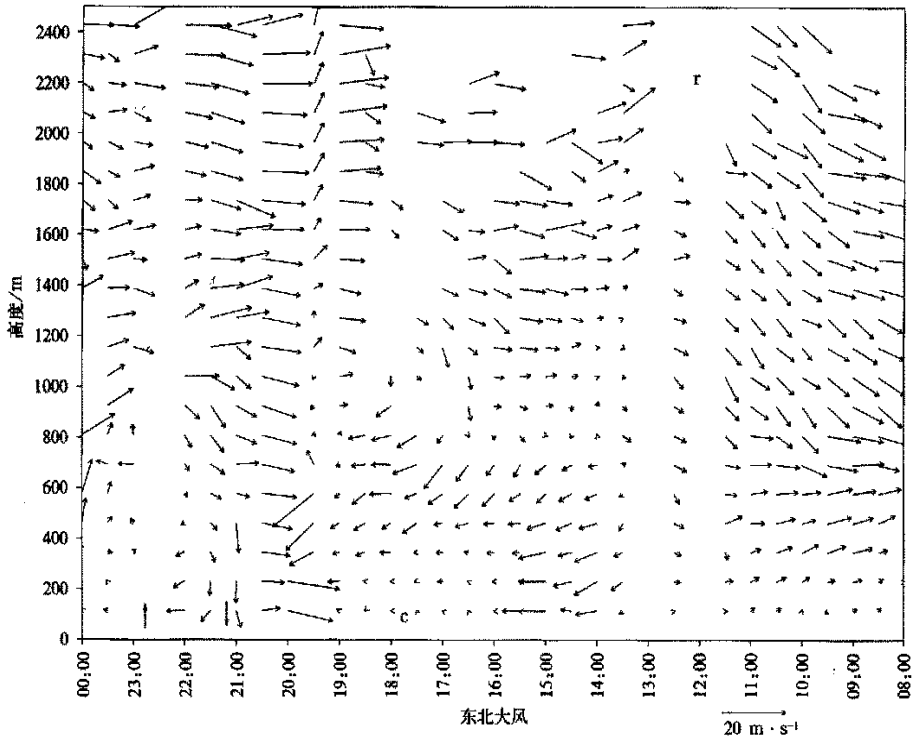


图6 24日08:00~24:00上海青浦观测到的水平风垂直廓线演变
(时间从自右向左后推,细箭头的长短表示风速大小,细箭头的来向表示风向)

不总是由西南风与偏西风造成,东北风和偏西风的切变表明该飊线的低层入流可能主要来自移动方向的左侧,这与该飊线雷达回波向左传播的特点相配合。飊前的入流主要集中在1000 m以下的事实也能说明为什么多普勒雷达只是观测到了强的西风气流,而观测不到明显的东风气流,因为上海多普勒雷达的最低仰角为0.5度,离测站45海里的地方(风廓线仪所在地),最小可测高度已经达到1200 m左右,根本无法观测到低层较大的东风气流。

尽管20:00左右的观测资料不全(400 m以上几乎全部缺测),但从低层风向由前一时次的东北风转为偏西风可知,飊前阵风锋刚刚经过本站。从风廓线仪测得的垂直速度演变(图略)也不难看出,20:00开始下沉速度突然增大,达到 $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,这是由于下沉气流从云中带下的冷空气和冷雨水所致,一般称为下击冷流。这一下击冷流(图中用向下的粗箭头标示)及地时,会同时向前和向后辐散,其中向前的冲击流造成大风,这在20:00观测的低层风中有表现;而向后的气流与上游的西风产生辐合上升(图中用向上的粗箭头标示),会导致飊线的尾流低压,这在20:00至23:00的观测中有明显的体现(见图5):21:00低层(1000 m以下)风开始减小,并转为西北风,到21:30左右低层风向转为东北风,此时观测到的下沉速度达到 $7\sim 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,2000 m以上的下沉速度甚至达到 $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上(图略),到22:00低层风向转为偏东风,与上游的弱西风产生辐合。

从图中也可以发现,飊锋后的辐散气流主要在500 m以下,这同样是最低仰角为

0.5 °C的上海多普勒雷达很难观测到的。另外,风廓线仪测得的飑线前部的垂直速度中,基本没有大于 $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的上升速度,而飑线后部观测到大范围的下沉气流,这似乎与飑线具有有组织的气流结构的特点不符。可能有两个原因导致这一现象:第一是飑线的上升区很窄(沿前进方向),由于观测间隔达30 min,而飑线的移速又很快(约 $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$),所以无法观测到明显的上升气流。第二,国外的多次观测研究也表明,强风暴最大上升区的位置变化很大,有可能在云底,也有可能云中或云顶^[1],因而低层风廓线仪未必总能观测到强的上升气流。

3 结论和讨论

本文利用多种气象资料(包括常规观测、卫星云图、多普勒气象雷达以及风廓线仪资料),综合分析了2002年8月24日发生在长江三角洲的一次飑线过程。发现该飑线过程的发生和发展有以下特点:

(1) 该飑线产生于一个中尺度对流系统(MCS)当中。中低空辐合线与副高边缘的高能水汽输送带配合,为MCS的发生提供有利的环境条件,高空小槽移过导致MCS发展和加强,200 hPa急流中心的南压及副高南撤使得MCS东移南压。而下游地区的锋生过程和有利的层结条件使得MCS中的雷暴群发展为飑线。

(2) 多普勒雷达的反射率回波显示该飑线是由回波合并增强而形成,且有向左传播的特点。回波形态为典型的弓形,移动速度达到 $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。对SRM回波的时间演变和空间结构的分析则很好地揭示了该飑线系统的垂直结构和发展变化特点。

(3) 自动站资料和风廓线仪资料则更精细地揭示了飑线来临前和影响之后环境风的演变特征:包括中空小槽的临近,地面风向的转变,飑前静风区、飑前阵风、气温骤降、飑后的倾斜下击冷流以及由此引起的低层辐散风场。

总的来看,由于飑线系统属于中小尺度的强对流系统,目前的业务数值预报系统对其的预报能力很低,国内外各数值预报中心都未能确切的预报出本次飑线过程。因此传统的天气学方法与先进的探测手段(卫星云图、雷达、自动站、低层风廓线仪)配合,仍是预报和监测此类强对流系统的重要手段。多普勒雷达与风廓线仪的结合则有望使得对该类天气的监测和分析更为精细。当然,从本文的分析中也可以发现,半小时的风廓线仪观测间隔对飑线这样的强对流系统显然太长,应当在预测飑线将要发生时缩短观测间隔,以得到飑线系统更为细致的结构,而作为多普勒雷达的补充,风廓线仪的多点同时观测更是今后的发展方向。

参考文献

- 1 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学. 北京:气象出版社,2001. 234~238.
- 2 谢梦莉,黄京平. 一次罕见的飑线天气过程分析. 气象,2002,28(7):51~54.
- 3 葛润生,姜海燕. 北京地区雷暴气流结构的研究. 应用气象学报,1998,9(1):1~7.
- 4 姚祖庆. 上海'0185'特大暴雨过程天气形势分析. 气象,2002,28(1):26~29.
- 5 丁一汇. 高等天气学. 北京:气象出版社,1991. 278~290.
- 6 Ahrens C D. Meteorology Today. Amer.: West Publishing Company,1999. 410~413.

SYNTHETIC ANALYSIS OF A SQUALL IN YANGTSE RIVER DELTA

Qi Liangbo Chen Yonglin

(*Shanghai Meteorology Center, Shanghai 200030*)

Abstract

Based on many kinds of observations, including conventional data, cloud image, Doppler radar data and wind profiler data, a squall happened in the Yangtse River Delta on 24 August 2002 is analyzed. It is found that this squall was caused by a mesoscale convective system (MCS). Cold front, water vapor transportation beside the subtropical high and a 500 hPa trough made the MCS arise and enhance. The fading and moving southward of the subtropical high and the local advantaged dynamic and air-layer conditions caused the MCS expand to be a squall, and the squall moved rapidly southward and eastward and brought wind and thunderstorm. The squall's echo and wind structure are well figured out by Doppler radar, auto-station and wind profiler data.

Key words: Squall Doppler radar Wind profiler