

一次大范围强对流天气 的中尺度分析*

江吉喜

(卫星气象中心,北京 100081)

提 要

运用 1 小时间隔的数字红外云图和常规气象资料,分析了 1992 年 4 月 20—22 日造成我国中南部地区一次较大范围强风雹天气中的中尺度对流系统活动,展示了卫星资料与常规气象资料相结合,在中尺度天气分析和临近预报中的潜力。

关键词: 强风雹天气 中尺度对流系统 临近预报

引 言

中尺度对流系统是形成各种突发性气象灾害的重要成员。在我国春夏季诸月中,雷雨大风、冰雹、龙卷风、强雷暴、暴雨及其诱发的山洪爆发等,对人民生命财产构成严重威胁,并常常造成重大灾害。由于观测资料的限制,对中尺度系统的认识至今仍然不足,甚至可以说很差。本文试图运用 1 小时间隔的数字红外卫星资料和常规气象资料,分析 1992 年 4 月 20—22 日发生在我国中南部地区一次较大范围强风雹天气中的中尺度系统活动,以提高对这种强对流天气的认识和展示卫星资料在这种天气分析和临近预报中的潜力。

1 天气现象和灾情

1992 年 4 月 20 日晚至 22 日晨,湖南、江西、安徽、江苏、浙江、福建和广东等省部分地区相继出现了雷雨大风、冰雹和暴雨,局部地区还发生了龙卷风,造成了较为严重的损失。其中湖南省的风雹范围广、强度强,19 个县(市)出现了雷雨大风,风力均在 11 级以上;16 个县(市)降了冰雹,冰雹最大直径有

50mm;12 个县(市)下了暴雨,最大雨量达 111mm。据不完全统计,仅湖南省就有 48 个县(市)的 800 多个乡镇、770 多万人受灾,倒房 5 万多间,4000 多人受伤,100 多人丧生;农作物受到较大危害,直接经济损失达 5 亿多元。21 日晚广东省也出现了当年范围最大的雷雨大风或冰雹天气,其中韶关、清远、广州等地的风力有 8 级左右,广州郊区不少绿树连根拔起,交通一度受阻。

这次强对流天气是由多个中尺度对流系统的发生发展和移动合并造成的,持续时间为 30 小时左右。最剧烈的天气现象,如雷雨大风、冰雹及局地龙卷风,主要出现在湖南的西部和中部以及广东的中北部地区。大部分地区的总降水量并不大,一般只有 20—50mm,但是局地雨强大,许多地方的降雨主要出现在几小时内。过程总降雨量有两个集中带:一个位于湖南西部至长江中下游的江南地区,另一个在华南的中东部一带。它们分别出现在这次过程的前 12 小时和后 12 小时之中,而其间的 6 小时则是雨区由西向东发展迅速转为向南发展的弱降雨阶段。

* 本文得到了非教育系统出国人员科研基金资助。

2 卫星云图上中尺度系统的发生发展

选取了1992年4月20日07:34GMT至21日06:34GMT期间1小时间隔的GMS红外云图,经过简单处理,绘制了 -53°C 、 -62°C 、 -68°C 和 -75°C 等4个云顶

亮温等值线系列图(图1)。分析发现,这次强对流天气过程是由6个对流云团的发生发展及移动和传播造成的,并且以A、B云团为主。这些云团有的是孤立活动,有的嵌入在冷锋云带中,并且它们还出现多次相互合并。

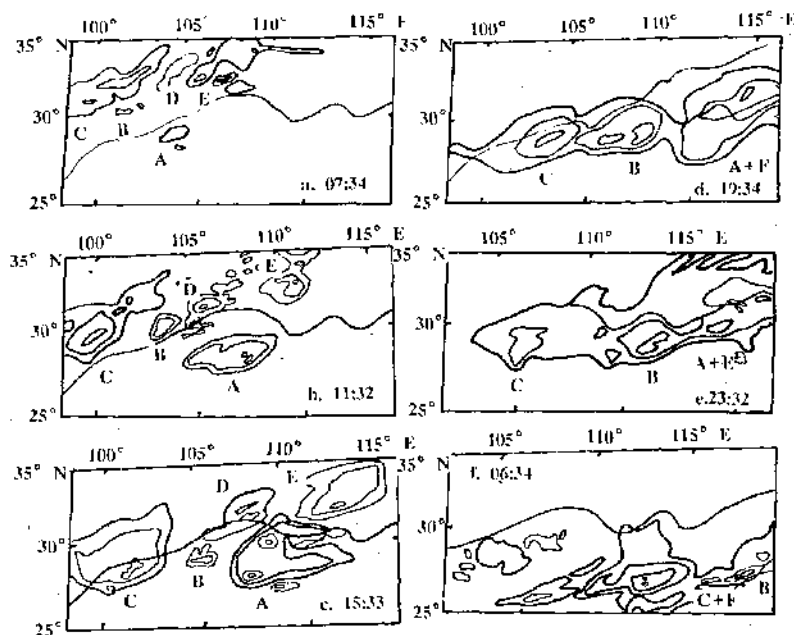


图1 1992年4月20—21日部分GMS云图上红外云顶亮温演变等值线素描图

图中亮温等值线在每一个闭合圈中,从外向内依次为 -53°C 、 -62°C 、 -68°C 和 -75°C ,字母为云团代号

在强对流天气开始前的20日07:34GMT(接近于地方时下午4时),一个孤立的椭圆状小对流云团A在川、湘、鄂3省交界处的山地形成,云顶亮温在 -62°C 以下,对流十分旺盛。在它西北方约250km处西南—东北向排列的破碎状云系中,嵌入B、C、D、E4个小对流单体和云团,其中E云团最强。1小时后,A云团与其南部边缘附近原先存在的小对流单体合并而明显发展,云团面积增大了1倍以上,并且还形成了两个 -62°C 的闭合中心;B、C云团也有所发展,D、E云团合并形成一条弧形对流云区,并缓慢向东南方向移动。在随后的3个小时中,A云团急剧发展,两个 -62°C 的冷云顶逐渐合并成一个,云团面积每小时约增大一倍,迅速向东传播,并

且主要表现为A云团南侧的原小对流单体部分连续发展。B、C云团也出现了明显发展,其中C云团发展最快,并且几乎在原地少动。D、E合并成的弧形对流云区已经分裂,各自发展得较强,分别出现了 $<-68^{\circ}\text{C}$ 的强对流中心。10:26GMT前后雷雨大风开始,并且越来越强。接着A云团继续向东传播,并出现东西向宽对流云区,占据了湖南的中北部地区,强对流天气也随之迅速向东发展。其它4个云团仍处于发展之中,也缓慢向偏东方向移动。14:33GMT,A云团主体部分已分裂成东西两个中心,其中西面一个很强,表明A云团主体移速减慢,并且其南侧亮温梯度很大,预示着强天气区要向南发展。在此之后的3个小时中,A云团西部的这个主中心

强度少变并呈准静止状态,北部已与 D、E 云团合并在一起,东部的较弱中心逐渐减弱消失。与此同时,B 云团与 D 云团分离后快速发展,并缓慢东移,18:34GMT 已抵达湖南西部,云团内已出现较大面积的 $<-68^{\circ}\text{C}$ 冷云顶,对流十分旺盛,在这里出现第二次强对流天气。C 云团在十分缓慢的东移中逐渐发展成一个椭圆状云团,强度也有所增强。至此,A 与 E 合并后的云团、B 和 C 云团,成为面积大小可以进行比较的 3 个孤立云团,并且呈东西向排列。江西、安徽和江苏北部的部分地区,在 A、E 云团合并和向东发展中也先后出现了雷雨大风天气,只是强度比湖南中西部地区的稍弱一些。

从 20 日 19:34GMT 起,上述 3 个云团相互连成一体,构成一条较为典型的锋面云带,但是它们的强对流主体仍然是分离的。在其后的 3 个小时中,A+E 云团略有发展,并从椭圆状变为准圆形。B、C 云团主体经过一次合并后再度分离,并且 B 云团再度发展,其东南侧的亮温梯度很大,伴随的强对流天气扩展到湖南的东北部地区。23:32GMT 以后,A+E 云团明显减弱并向偏南方向移动;B 云团中心附近的强对流仍在发展,东移速度加快,影响江西;C 云团强度少变,但东移缓慢。到 21 日 01:34GMT,A+E 云团已很弱,B、C 云团已演变为逗点状,表明已有干冷空气卷入云团中。在以后的几小时中这种状况一直维持,但 A+E 云团迅速减弱消失;B、C 逗点状云系头部面积略有减小,但中心强对流部分强度少变,并且转向东南方向移动。从 04:26GMT 起,115°E 以西的低纬度地区有云团 F 向东北方向移动,云团中心部分的亮温也在 -62°C 以下。06:34GMT,B、C、F3 者合并,形成一条内嵌强对流云团的呈西南—东北走向的冷锋云带。以后这条冷锋云带较快地向东南方向移动,当晚抵达华南中东部一带(图略),在广东和福建的部分地区造成较强雷雨大风。22 日上午,这条锋面

云带的尾部完全移出我国大陆,影响结束。

3 中尺度系统活动的环境场

中尺度对流系统的发生发展,除了与地形强迫和不同加热机制有关外,与天气尺度环境场条件更加密切相关,尤其是生命史较长的中尺度系统更是这样。这次强对流天气过程中多个中尺度对流云团的活动,就是出现在十分有利的天气尺度环境中。

在 4 月 20 日 0000GMT,850hPa(图 2)上我国中东部地区出现了大范围的较强增温,增温区轴向为 SSW—NNE,长江中上游至西南地区东部的 ΔT_{24} 达 4—6 $^{\circ}\text{C}$ 。西南地区东部湿度很大($T-T_d < 2^{\circ}\text{C}$,图中略),并有一支低空急流($12-16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)伸向湖南的西南部,轴向为西南—东北走向。舌状 θ_e 等值线从云南东部至广西西部向东北方向伸展,抵达湖南西部地区。500hPa 上 110°E 以西、26°N 附近有一个 $20-26\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西风急流轴,并与上述 850hPa 上的西南风急流轴线和 θ_e 轴线相交;舌状总对流指数($TTI = T_{850} - T_{500} + T_{d850} - T_{d500} > 45^{\circ}\text{C}$)代表的不稳定区与上述几条轴线横相交。A 云团的初生区,就位于低空急流的左前方、舌状 θ_e 区顶部左侧

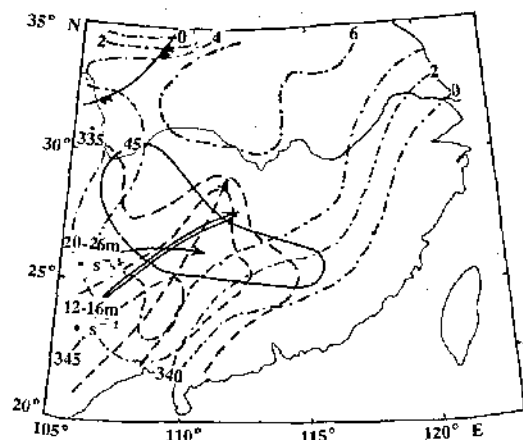


图 2 1992 年 4 月 20 日 0000GMT 综合要素图
断线和点划线分别为 850hPa 上的 $\theta_e(\text{K})$ 和 ΔT_{24}
($^{\circ}\text{C}$)等值线,断矢线为 θ_e 轴线;单、双矢线分别
为 500hPa 和 850hPa 上的总流轴线

强增温区和 TTI 高值区中, 当日下午 A 云团前期的小对流单体形成并强烈发展。B、C、D、E 小云团或对流单体, 则形成在地面冷锋前方的低空强增温区中。到了当日傍晚(图 3), 850hPa 上长江中下游地区仍为增温区, 西南低空急流和南风急流在长沙南部合并成一支西南风急流, 舌状 θ_e 区东移至 110—115°E 之间并呈南北走向。500hPa 上的西风急流变为西南风急流, $TTI > 50^\circ\text{C}$ 区占据了长江中游以南广大地区。200hPa 上出现了两支急流轴线, 北面一支位于长江中下游北侧。湖南的中西部位于中低空急流轴线和 θ_e 轴线交汇处的北—西北侧, 200hPa 急流入口区南侧, 并且这里还是 $TTI > 50^\circ\text{C}$ 的强对流不稳定区。A 云团在这种有利的环境中继续发展, 对流十分旺盛, 伴随的雷雨大风、冰雹及龙卷风现象最为强烈, 并随急流轴一起缓慢东移。B、C、D、E 4 个云团仍活动在地面冷锋前方的低空增温区中, 并随冷锋一起向东南方向移动进入上述中低空急流轴线和 θ_e 轴线左前方, 由于这里 TTI 和 θ_e 值均较高, 因此它们也出现了较强发展。

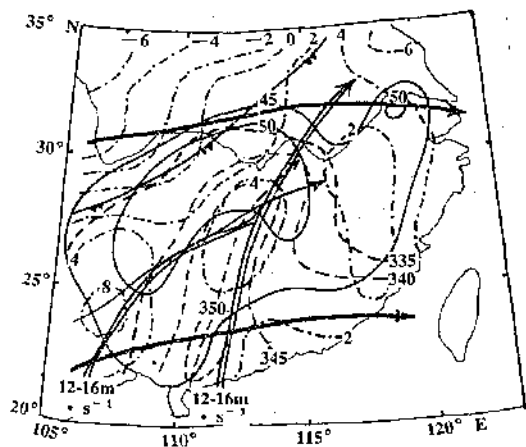


图 3 1992 年 4 月 20 日 1200GMT 综合要素图
粗矢线为 200hPa 上急流轴线, 其余同图 2

4 月 21 日, 环境场发生了较大变化。21 日 0000GMT (图 4), 200hPa 上的急流在西南地区东部分成两支向偏东方向伸展, 长江中下游至华南北部处于急流分支区下方, 有

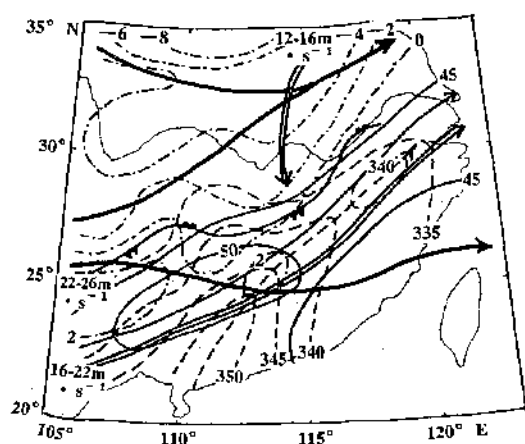


图 4 1992 年 4 月 21 日 0000GMT 综合要素图
说明同图 2

利于对流系统进一步发展。但是, 对流层中低层的条件却变得不利。首先表现在舌状 θ_e 区轴向变为西南—东北走向, 与 850hPa 上西南风急流轴的交点位置偏南、偏西; θ_e 区变窄并且分裂成两部分, 主体部分也偏南、偏西。其次是 $TTI > 45^\circ\text{C}$ 区的东半部分变得较窄, $TTI > 50^\circ\text{C}$ 区的位置也偏南和偏西。更为重要的是冷锋前方 850hPa 上的增温减小, 一般在 2°C 以下, 表明低层暖空气势力减弱, 而地面冷锋后部的降温却较显著; 850hPa 上还出现一支 $12-16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的偏北风急流从华北南部伸向江西, 这预示着冷空气将要较快向南移动。地面冷锋已由向东偏南方向移动转为向东南方向移动, 并在锋面上出现了两个波动, 干冷空气已卷入到上述云团合并连结成的云带中, 云带减弱、断裂成与两个波动相伴随的逗点状云系, 对流天气大大减弱。当日傍晚(图 5), 地面冷锋快速南下到华南地区北部一带, 锋后 850hPa 上 -10°C 以上的强变温中心位于湖南中北部, 湖南的南部至广东中北部一带的温度梯度很大, 斜压性很强。广东中南部为较强的西南—东北走向的舌状 θ_e 区, 沿海地区还有一支 $22-24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的强西南风急流轴; 200hPa 上的分支状急流轴也南移至华南中东部一带。另外, 850hPa 上北面一支偏北风急流变成东北风急流, 这

样在地面冷锋附近的 850hPa 上为东北风与西南风强切变区,并且在垂直方向上风的切变也较强。在这种有利的形势下,上述的两个逗点状云系在广东中北部再度发展成对流云带,内嵌强冷云顶。接着这条对流云带南移,与广东中南部高 θ_e 区中发展起来并向东北方向伸展的云带合并,在广东中北部地区造成较强雷雨大风。

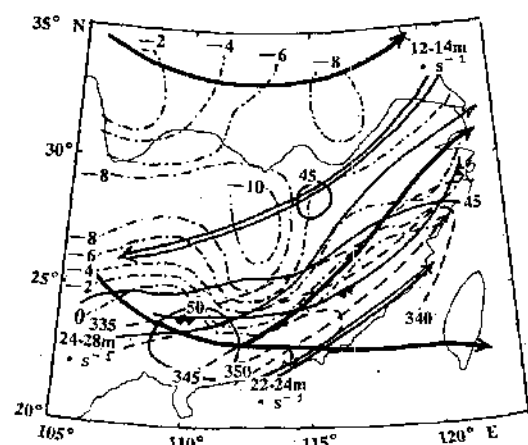


图5 1992年4月21日1200GMT综合要素图
说明同图2

4 小结与讨论

上述的分析可以发现,长生命史的中尺度对流云团的发生发展与天气尺度系统密切相关,并且易发生发展在低空西南风急流轴

与舌状 θ_e 区轴线相交处的西北侧,或者舌状 θ_e 区顶部左前方暖湿不稳定区中;冷锋中的中尺度云团既可以与其前方的小对流云团合并而出现强烈发展(如 A+E、B+C 云团),也可以与低纬度地区北上云团合并(如 C+F)而迅速发展。中尺度云团的移动,与低空急流的方向基本一致。另外,1 小时间隔的气象卫星云图上云顶数字红外亮温等值线,可以很好地监测和跟踪中尺度系统发生发展演变以及移动和传播,揭示出了可见的中尺度过程,弥补了常规观测点时空分布的不足,为中尺度系统的分析和临近预报提供了有力的手段。

参考文献

- 1 Purdom, J. F. W. Combining Satellite Data and Conventional Data for Very Short Range Forecasting Purposes. Proc. IAMAP Symposium, Hamburg, 25 - 28, August 1981, 393 - 400.
- 2 Purdom, J. F. W. The development and evolution of deep convection. Preprints, 11th Conf. on Severe Local Storms, Kansas City, Amer. Meteor. Soc., 1979, 143 - 150.
- 3 Purdom, J. F. W. and P. C. Sinclair. Using Satellite data to aid in diagnostic and forecasting convective development and intensity along cloud lines. Preprints 3rd Conf. On Satellite Meteorology and Oceanography, Anaheim, Amer. Meteor. Soc., 1988, 166 - 171.

A Case Study of Severe Convective Weather Process Over South China

Jiang Jixi

(National Satellite Meteorology Center)

Abstract

The evolution and motion of mesoscale convective systems which caused severe convective weather over middle and south China during 20 - 22 April 1992 are investigated. The results show that the combination of satellite data and conventional data is very useful and potential for mesoscale systems monitoring and nowcasting.

Key Words: severe hailstorm mesoscale convective system nowcasting