

文章编号:1004-9045(2007)01-0073-05

2004 年初春武汉机场临近的两次强雷暴天气过程分析

黄艳芳

(中国民航武汉空管中心,武汉 430302)

摘 要:使用常规地面和高空原始报文资料,采用最优插值法,对 2004 年 4 月 29 日出现在武汉天河机场临近的两次强雷暴天气过程进行了客观诊断分析。结果表明:两次强雷暴天气,前一次为典型的飏线天气过程,后一次为超级雷暴单体天气过程;高空槽、冷锋、中尺度低值系统是当天两次强雷暴天气的触发机制;低空深厚湿层(水汽丰富)、高低空存在急流强风带对当日飏线天气的形成和发展较为有利,强的不稳定层结、强的环境风垂直切变以及上层干、下层湿的湿度层结对当天超级雷暴单体的形成和发展十分有利。

关键词:飏线;超级单体;能量;不稳定层结;垂直风切变

中图分类号:P457.9 **文献标识码:**A

1 引言

2004 年 4 月 29 日武汉机场出现了罕见的强雷暴天气过程,当天 09~15 时、17~21 时各发生 1 场强雷暴,其分别维持了 6 h 和 4 h。这 2 次强雷暴天气过程对武汉机场航班正常起降造成了极大影响,致使 6 个航班迫降、30 个航班延误。这两场雷暴的强度、维持时间及其对航班的影响为武汉机场自 1998 年以来所罕见。对于强雷暴的成因和可能发生机制,已有许多专家学者进行过研究^[1-9],认为雷暴的发生发展需要满足一定的热力条件、水汽条件和动力条件。但这些研究都是针对某天某次强雷暴的分析,而对同一天临近的两次强雷暴天气过程的分析较少。为了探明其原因,了解这两次强雷暴天气形成和发展的机制,利用常规地面和高空原始报文资料,采取最优插值法进行网格订正,然后计算出相应的物理量场,对 2004 年初春出现在武汉机场的这两次强雷暴天气过程进行了客观诊断分析。

2 强雷暴天气发生时的气象要素和雷达回波变化

从当年 4 月 29 日第一次强雷暴天气发生时,武汉机场气象要素变化特征十分显著:一是瞬时风向突转,风向在短时间内,由东南风急转为西南风或东北风;二是气压在短时间内急升、骤降,在当天 10:30 至 11:00 时 30 min 内,气压上升 2 hPa,随后 1 h 内又下降 2 hPa。

查看 4 月 29 日武汉机场 711 雷达回波图(图略),

第一次强雷暴的云带形成于当天 06~07 时,07 时在沙市至天门之间出现一西北-东南向雷雨回波带,雷暴带中有 5 个孤立的块絮状雷雨回波横侧向排列,其中心强度最大值达 40 dBz;到 08 时,5 块絮状回波面积有所增大,并整体向西北方向移动;09 时,此雷暴带东端的第一个雷暴单体回波移到武汉机场上空,机场出现强雷雨,同时其后的两个雷暴单体回波不断加大加强,逐渐与已处于消亡阶段的东端单体回波连成一片,形成一条长 200 km、宽约 50~100 km 的强雷暴带。此雷暴在武汉机场维持了 6 h,之后向东移动并减弱消亡。从当时的雷达回波图上可以确认,此强雷暴是一次典型的飏线过程,其形成方式符合 Bluestein 所归纳的断线型^[10]。

第二次雷暴在武汉机场始现于当日 17 时左右,从当时的雷达回波图上可见(图略),此雷暴形成于沙市东北方,最初是一直径为 70 km 左右的狭长雷暴单体,该单体在 700 hPa 西南气流引导下,向东北偏东方向移动,并快速发展;17 时 49 分,该单体移到武汉上空,此时已发展成直径为 200 km 的圆形超级单体,武汉机场再次出现雷声;21 时,该雷暴单体逐渐移出并减弱消亡。

3 大尺度环流形势

在 4 月 28 日 20 时 500 hPa 天气图上,欧亚高纬地区为“两槽一脊”环流形势,中纬度为平直西风环流,青藏高原东部有一小槽波动,副热带高压位于南海上空。700 hPa、850 hPa 环流形势与高空环流形势相配合,有一强的前倾冷锋槽(700 hPa 槽南端比 850

收稿日期:2006-04-13;定稿日期:2006-07-05

作者简介:黄艳芳,女,1970 年生,工程师,主要从事天气预报技术和方法研究.E-mail:whkgzhx@sina.com

hPa 槽偏南)位于我国东北至河套附近(图 1),低槽北部温度梯度大,低槽南部暖湿气流强劲,有明显低空西南急流。急流大风核位于长沙附近,最大风速达 $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。湖北省处于 850、700、500 hPa 三层的冷锋槽

前,受深厚西南风控制,湿平流较强。地面图上,从东北地区到秦岭至四川盆地为一东北-西南向低压带,低压中心气压仅 997.5 hPa,低压带中强冷锋约以 $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 速度向东南方移动。

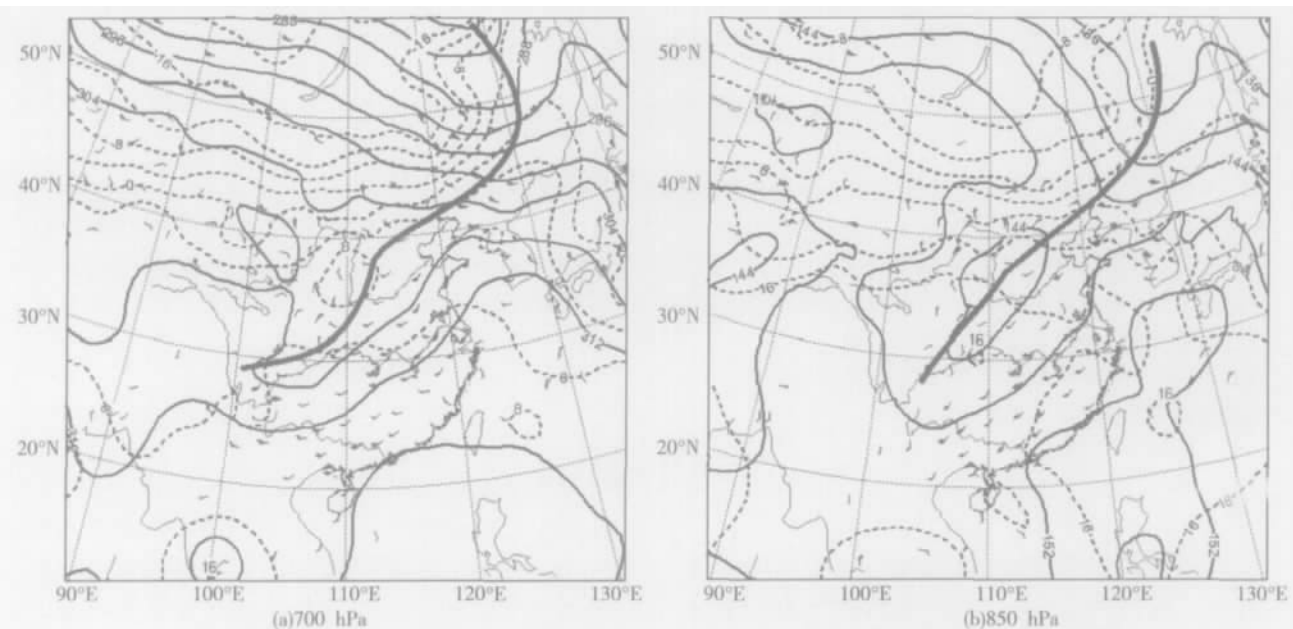


图 1 2004 年 4 月 29 日 08 时不同层次位势高度、温度图(实线为等位势高度线,虚线为等温度线,粗实线为高空槽线)

29 日 08 时,500 hPa 高原小槽加深并东移到四川盆地上空,700、850 hPa 前倾冷锋槽加强南推,且西南低空急流进一步加强,最大风速达到 $22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在这种环流背景下,武汉处于高空槽前和地面冷锋南侧的暖区中,飚线强对流天气就出现在该区域内。29 日 20 时,副热带高压略减弱南退,西南低空急流也略有减弱,各层冷锋槽继续东移到武汉上空,呈铅直状(前倾槽变成铅直槽),地面冷锋压过武汉,在强冷锋和高空槽的共同作用下,

武汉再次出现强雷暴天气。30 日 08 时,高空槽和冷锋均移出武汉,武汉上方各层转为高压脊控制,天气转晴。

4 高低空急流的作用

在 4 月 29 日 08 时 250 hPa 风速和散度场上(图 2b),从青藏高原南部经湘北伸向浙江中部有一支高空西风急流,急流轴上 $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速中心分别位于杭州附近和青藏高原南部。同时,在低层 850

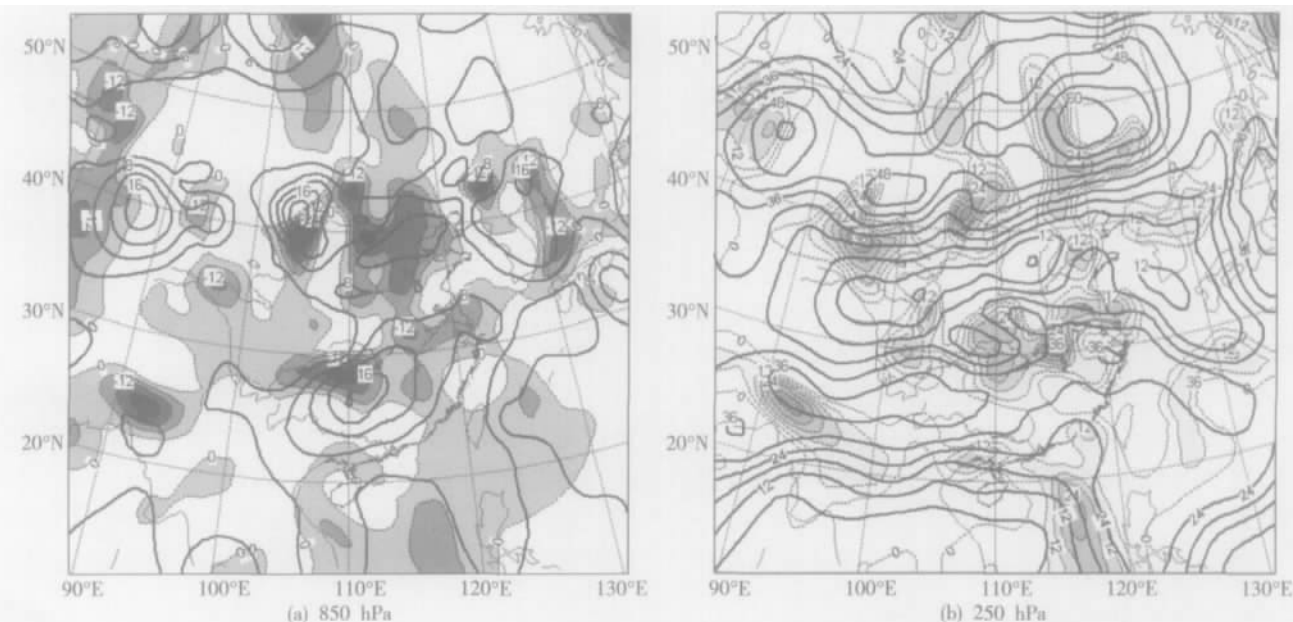


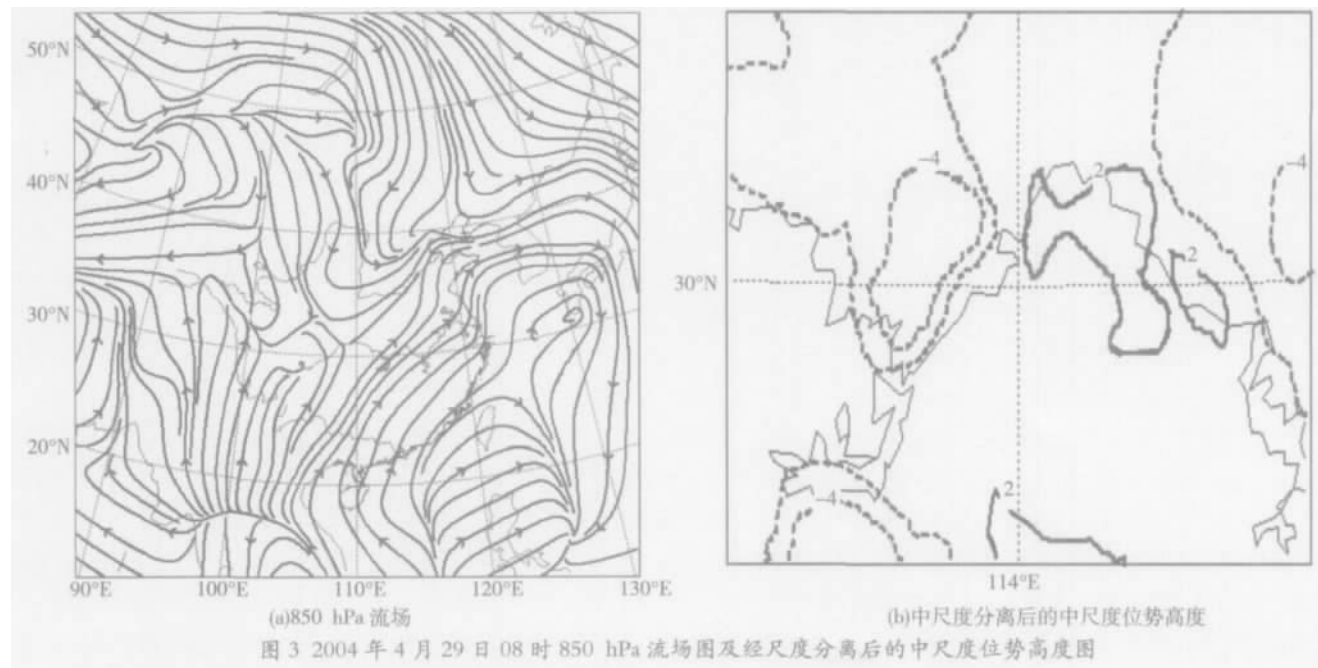
图 2 2004 年 4 月 29 日 08 时不同高度的风速和散度图(实线为等风速线,虚线为等散度线)

hPa 风速和散度场(图 2a)上也有一支从云贵高原到长沙、上海的次天气尺度的低空西南急流, $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速中心位于张家界附近。强对流天气就发生在低空急流左前侧辐合区和高空急流辐散区的重叠处。高空急流能使上升运动得到发展和维持,同时又可起到散热作用,非常有利于强对流天气的发展和维持。低空急流则可输送大量水汽并加强差动的湿度平流,增加不稳定能量,在这样的环境里,既有高能,又有潜在不稳

定、低空辐合及高空辐散,这为强雷暴的发生提供了深厚的垂直环流发展条件。

5 中尺度系统对强雷暴天气发生发展的影响

经对 4 月 29 日 08 时 850 hPa 流场分析发现(图 3a),在沙市附近并没有明显的辐合系统,但对 850 hPa 高度场作尺度分离之后就得到一个较强的中尺度系统(图 3b)。



从图 3b 上可见,武汉西部即沙市附近有一尺度约 100 km 的低压辐合区(虚线区),此辐合区正对应胞线生成区。该中尺度低压可能是由于低空西南急流左侧产生的较强气旋性涡度,在急流中心前方较强辐合作用下形成的^[1]。这种中尺度辐合流场的出现对强雷暴天气发生发展起到重要作用。同样在 29 日 20 时地面图上也可发现这样一个中尺度低压系统(图略)。

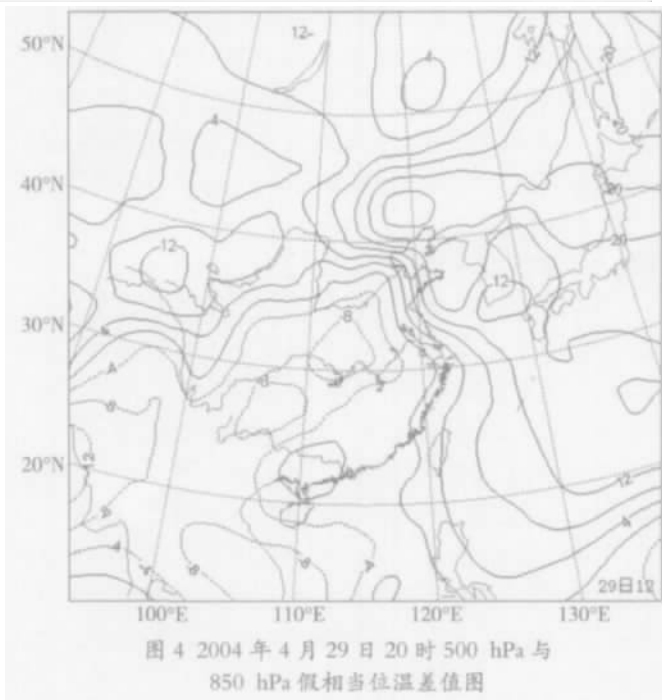
6 环境物理量场特征

6.1 不稳定层结

这里,以 500 hPa 与 850 hPa 假相当位温之差 $[\Delta\theta_{se(500-850)}]$ 描述大气层结稳定性情况。在 4 月 29 日 08 时和 20 时的 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 图上(图 4),华北锋区南侧,均存在有一宽广的层结不稳定区,其不稳定中心位于襄樊至武汉附近, $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 值在 08 时达到 $-4 \text{ }^\circ\text{C}$, 20 时其最低值达到 $-8 \text{ }^\circ\text{C}$, 这说明即使在当天 09~15 时雷暴发生期,大气位势不稳定性仍在加大,正是该原因,导致当天雷暴天气再次发生。

6.2 强高能及其平流

为了了解大气能量状况与这两次强雷暴天气过程的关系,分析了 4 月 29 日 08 时(图 5)、20 时(图略)



的 850 hPa 能量场。结果表明,从云贵高原伸向华北到东北地区有一条东北-西南向高能舌, 320 K 的高能等值线从印度洋一直延伸到华北北部,高能舌北侧等能线密集,为能量锋区。武汉、沙市位于高能轴附近

右侧,这里存在有高能级的准饱和空气,可为强雷暴发展提供足够的能量和辐合上升运动环境。当受到外界触发时,不稳定能量得到释放,易使中尺度对流回波发生发展。

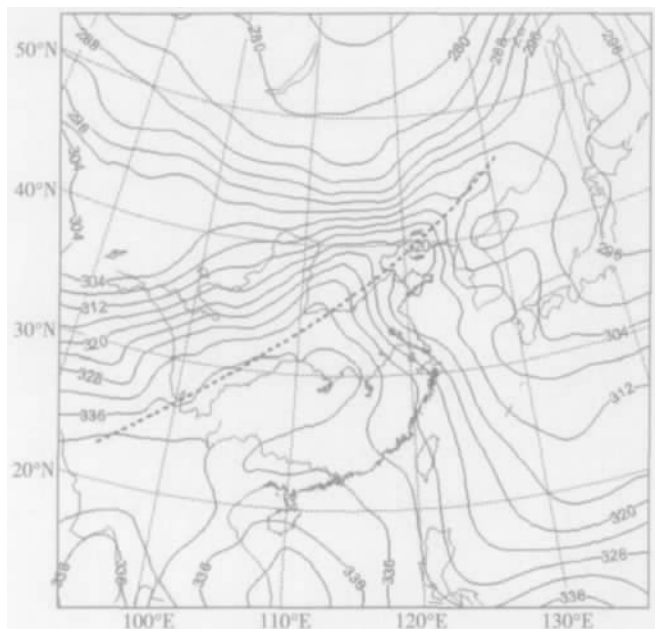


图 5 2004 年 4 月 29 日 08 时 850 hPa 假相当位温图(虚线表示能量锋)

K 指数是衡量大气中潜在能量多少的一种指标, $K > 20$ °C 就有可能出现雷暴, $K > 35$ °C 则具备出现大片雷雨的条件^[12]。28 日 20 时,武汉地区 K 值已达到 23 °C,随着高空槽东移,西南低空急流加强,大气能量也在不断积累,到 29 日 08 时 K 值升至 40 °C,且 35 °C 以上的高能区面积扩大,说明该区域已积累产生成片雷雨所需的较高潜能。随着中尺度辐合系统的形成和加强,强雷雨天气的出现成为必然。到 29 日 20 时, K 指数仍维持 40 °C 高值。

6.3 水汽和湿度平流

充足的水汽条件是强雷暴发生发展的重要条件之一^[12]。从 4 月 28~29 日各时次 850 hPa 比湿图上可见,有一稳定且呈东北-西南走向的饱和湿区(比湿在 $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上)从孟加拉湾一直延伸到华北北部,武汉、沙市均位于比湿最大区附近。武汉的比湿,28 日 20 时为 $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,到 29 日 08 时增加到 $12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,至 29 日 20 时再次增加到 $13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图 6),这表明 28~29 日来自孟加拉湾、北部湾的水汽不断向武汉及其周边地区输送,使该地区湿度不断增大,对强雷暴的发生发展十分有利。

7 结论

(1)2004 年 4 月 29 日发生在武汉机场的两次强雷暴天气过程,前一次为典型的爬线天气过程,后一次

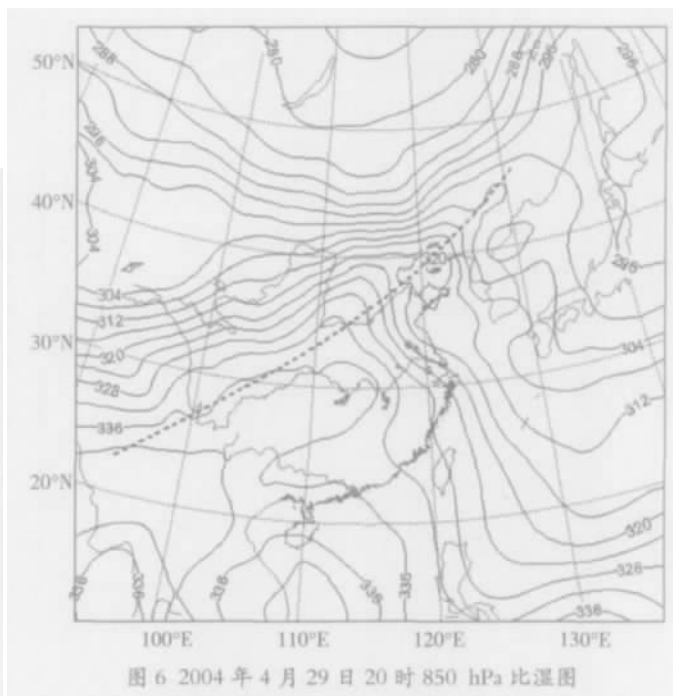


图 6 2004 年 4 月 29 日 20 时 850 hPa 比湿图

为超级雷暴单体天气。

(2)高空槽、冷锋、高低空急流、中尺度低值系统,以及充足的水汽、大气层结的不稳定,是武汉机场这两次强雷暴天气能够发生的环境条件。

(3)低空存在深厚湿层(意味着水汽丰富),高低空均存在急流强风带,这对 4 月 29 日武汉机场爬线天气的形成和发展较为有利;同时,强的不稳定层结、强的环境风垂直切变以及“上层干、下层湿”的湿度层结,这对当天武汉机场超级雷暴单体的形成和发展十分有利。

该文得到中国民航武汉空管中心主任罗台福的指导和帮助,谨致谢意。

参考文献:

- [1] 李新芳,甘小燕.1998-03-31 洛阳机场雷暴天气分析[J].河南气象,1999(3):23.
- [2] 吕胜辉,马芳.天津机场局地热雷暴分析[J].山西气象,2002(3):6-8.
- [3] 刘伟.沈阳仙桃机场一次初雷降雹过程的数值模拟分析[J].空中交通管理,2003(1):59-61.
- [4] 戴念军,杜永聚.石家庄正定民航机场一次强雷暴过程分析[J].民航科技,2003(1):20-21.
- [5] 沈宏彬,倪萍.2001 年成都双流机场“7.15”强雷暴的物理诊断分析[J].四川气象,2001,21(4):39-42.
- [6] 李发明,张建华.青岛机场 2001 年初雷暴天气分析[J].民航科技,2002(6):74-76.
- [7] 张少文,程玉琴,安新宇.赤峰地区一次强雷暴过程诊断分析[J].内蒙古气象,2003(4):14-15.
- [8] 张科翔,刘勇.关中地区一次强风暴过程分析[J].陕西气象,2004(3):19-21.

- [9] 刘贵萍,李丽,刘烈霜.贵阳龙洞堡机场一次雷暴天气过程分析[J].贵州气象,2005,29(1):13-16.
- [10] 寿绍文,杜秉玉,肖稳安,等.中尺度对流系统预报[M].北京:气象出版社,1993:38.
- [11] 柳林,张国胜.鲁西北中尺度对流复合体环境场特征[J].气象,2000,26(11):40-44.
- [12] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,1983:315.

Analysis on Two Severe Rainstorm Processes in Spring of 2004 near Wuhan Airport

HUANG Yan-fang

(Wuhan Air Traffic Management Center, Wuhan 430203)

Abstract: Based on the meteorological conventional data, the two severe rainstorms happening in April 2004 near Wuhan airport are diagnosed by the optimal interpolation method. The results show that the first severe rainstorm was caused by the squall line and the second one was a typical supercell storm. The upper trough, the cold front and the mesoscale cyclone were the trigger mechanisms of the two rainstorms. Took advantage of some factors such as the rich moist air at the lower layer and the two jet flows at the upper layer are favorable for the growth of the squall line and the very unstable stratification and the strong vertical shear of the wind benefit the formation and development of the supercell storm.

Key words: Squall line; Supercell storm; Energy; Unstable; Vertical shear of wind