

2005年8月13日抚顺地区大暴雨天气过程诊断分析

吴春英 侯波 刘飞 肇振国 王阳

(抚顺市气象台,抚顺 113006)

摘要:利用天气图等实况资料,针对2005年8月13日抚顺大暴雨天气过程,从环流形势特征、不稳定能量、水汽和动力条件等方面入手,寻找形成强降水的物理背景,并对云团演变过程、数值预报产品应用和特殊地形对降水的影响进行分析,探讨降水过程的天气系统演变特征及发生、发展的物理机制,以提高对此类型暴雨天气的认识和预报能力。结果表明:西风槽东移、热带风暴北移,促使副热带高压北上,建立了低空急流;低空急流为大暴雨输送大量水汽和不稳定能量;切变线东南移,携带冷空气与副热带高压边缘不稳定能量在抚顺交汇,对流云团得到强烈发展,触发了副热带高压边缘不稳定能量的释放,因此形成了大暴雨天气;地形辐合抬升,对降水起到了增强作用。

关键词:大暴雨;副热带高压;不稳定能量;诊断分析

暴雨是抚顺地区夏季主要的灾害性天气之一,经常给当地经济和人民生命财产造成严重的损失。暴雨是在大尺度环流有利的条件下,各种尺度天气系统相互作用的结果^[1]。灾害性天气往往与中小尺度天气系统相伴随,中小尺度天气系统的特点是:尺度小、变化快、发展剧烈^[2],常伴有强对流天气出现。

2005年8月12日傍晚—13日夜,抚顺地区出现了历史上罕见的大暴雨天气过程。暴雨过程特点是降水强度大、雷暴强度强。本文对这次大暴雨过程从大尺度环流背景和物理量场及卫星云图演变、数值预报产品、特殊地形对降水的影响方面进行了综合分析,探讨其成因机制,试图提高对此类型暴雨天气的认识和预报能力。

1 天气概况与灾情

这次暴雨过程,降水分为2个时间段。2005年8月12日夜,抚顺地区普降暴雨,清原出现大暴雨,并伴有强雷暴;8月13日傍晚至夜间,抚顺市区和抚顺县又出现局地特大暴雨。天气过程特点是降水强度大、雷暴强度强。8月12日19时—14日08时,抚顺地区平均降水量为156.0 mm,其中抚顺县后古1 h最大降水量为85.0 mm,12 h最大降水量为256.0 mm,24 h最大降水量为335.6 mm。各时段最大降水量均为抚顺地区近30 a以来的最大值。雷暴强度之强、持续时间之长,为历史罕见。

这次大暴雨,造成抚顺地区的经济损失达62.2亿元,受灾人口63.9万人,死亡、失踪40人;公路中

断127条,冲毁桥涵750座;农作物受灾面积5.65万 hm^2 。强雷暴造成抚顺市地区大范围停电,部分电话、无线通信中断,电力和电信业经济损失达1.04亿元。经济损失严重程度属抚顺历史所少见。

2 暴雨过程的环流特征

2.1 500 hPa 天气系统演变

2005年8月11日20时500 hPa图上,欧亚大陆中高纬度环流形势为两槽一脊型,副热带高压西伸与大陆高压叠加。12日08时,副热带高压脊线位于 30°N 附近,12日20时,588线在我国辽宁位于朝阳—沈阳—抚顺之间,588线北侧建立了一条由葫芦岛—沈阳—铁岭高空急流。西风槽(图1)位于西西

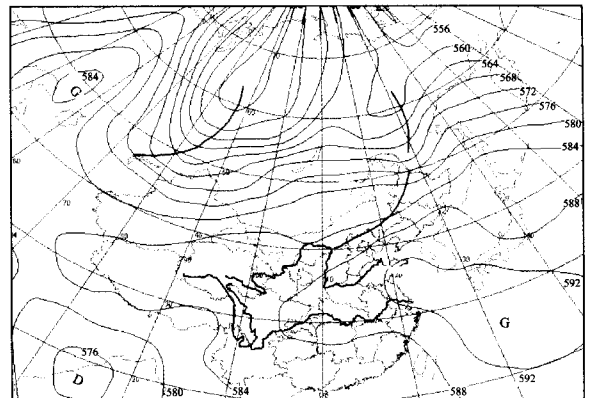


图1 8月12日20时500 hPa高度场

伯利压到巴尔喀什湖,我国黑龙江西部到华北北部地区有一横槽下摆,携带冷空气与副热带高压后部的暖湿气流在抚顺地区交汇。低纬度有强热带活动,12日强热带风暴“珊瑚”的外围云系,已影响到福

建和浙江。

8月12日夜間,由于强热带风暴向东北方向移动促使副热带高压脊线右转,588线在辽宁省东部南落1.5个纬距(图2)。8月13日,强热带风暴在浙江沿

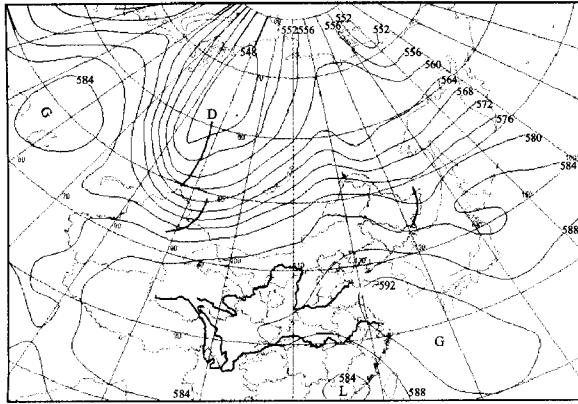


图2 8月13日08时500 hPa高度场

海登陆,促使副热带高压继续北抬,暖湿空气沿副热带高压边缘向东北方向输送到辽宁。与此同时,西风槽东移,与北抬的副热带高压之间气压梯度增大,西风槽前西南气流与副热带高压边缘的西南气流合并,促使高空急流加强,在副热带高压边缘积蓄了大量的不稳定能量。

分析500 hPa环流形势特征中2次降水过程不同点。12日08~20时副热带高压明显北跳,588线由锦州—宽甸北抬到葫芦岛—清原。12日20时—13日08时,第1次降水过程产生在588线周围且588线南落的过程中;13日08~20时,588线北抬至赤峰—通辽—长春。13日傍晚至夜间局地大暴雨出现在副热带高压内588线与592线之间副热带高压北抬过程中。

2.2 地面天气系统演变

2005年8月11日20时,新疆、内蒙古中部到黑龙江北部为东北西南向的倒槽。8月12日,辽宁为海上高压所控制,20时由于贝加尔湖冷空气南下,使新疆到黑龙江的低压带被切断,海上高压南落,降水随之开始;第1次降水过程产生在海上高压后部、低压冷锋的前部,海上高压南落的过程中。13日08时后,海上高压加强北上,抚顺转入高压内部,降水逐渐减弱停止。13日傍晚至夜间,第2次降水过程出现在海上高压内部且在海上高压北抬过程中。

2.3 850 hPa温度场和低空急流及切变线特征

分析850 hPa温度场变化。2005年8月12日08~20时850 hPa图上,抚顺受暖平流影响,温度升高了1~2℃。12日20时后,随冷空气侵入,温度下降了2~3℃,由于冷暖空气交汇,使对流云团得到

强烈发展。

8月12日20时850 hPa图上,浙江—山东—辽宁有低空急流形成(图3),风速为12~18 m/s。低

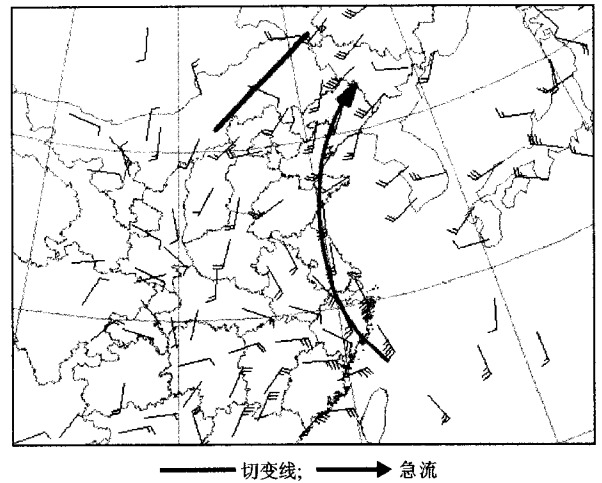


图3 8月12日20时850 hPa切变线和急流

空急流为这次暴雨提供了好的水汽输送条件,抚顺强降水出现在西南急流与西北气流交汇处,暴雨区位于低空急流左前方。

这次暴雨过程发生时,中低层有明显的风场切变。8月12日20时,850 hPa切变线呈东北—西南向,13日08时(图4),切变线位于营口—抚顺,两侧

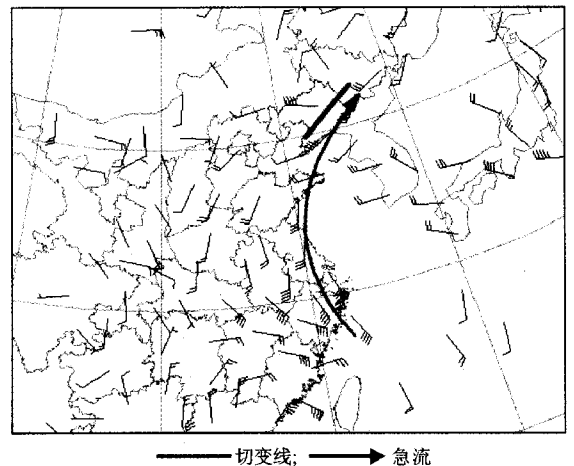


图4 8月13日08时850 hPa切变线和急流

的风速为16~18 m/s。强辐合中心出现在抚顺地区。切变线的建立,为13日傍晚至夜间的大暴雨发生提供了触发机制。

3 物理条件分析

3.1 不稳定度能量

3.1.1 θ_{se} 位势不稳定

强降水的产生不仅要有充沛的水汽和动力条件,还必须具备一定的动能和不稳定条件^[3]。 θ_{se} 是用温湿来表示大气不稳定的一个特征量。2次强降

水过程发生时,抚顺市章党站有较高的 θ_{se} 值(表1)。 θ_{se} 垂直分布可以反映大气的对流不稳定性,

表1 8月12日08时—13日20时章党站

925~500 hPa的 θ_{se} 变化			
时间	925 hPa	850 hPa	500 hPa
12日08时	80	72	64
12日20时	85	80	68
13日08时	76	78	68
13日20时	88	76	66

$\Delta\theta_{se}/\Delta Z < 0$ 时,大气层结不稳定。12日08时—13日20时,抚顺市章党站500 hPa以下 θ_{se} 随高度升高而减小,其中12日20时, $\Delta\theta_{se(500-925)} = -17^\circ\text{C}$, $\Delta\theta_{se(500-850)} = -5^\circ\text{C}$ 。13日20时, $\Delta\theta_{se(500-925)} = -22^\circ\text{C}$, $\Delta\theta_{se(500-850)} = -12^\circ\text{C}$, 500 hPa以下大气层处于稳定状态;500 hPa以上 θ_{se} 随高度升高而增大,大气层结稳定。12日20时,暴雨发生前,925 hPa图上的邯郸有 92°C 高能中心,抚顺地区位于高能舌前方(图5),抚顺市章党站 θ_{se} 为 80°C 。表明抚顺地区的2次强降水过程都具有较高的不稳定能量和水汽条件。

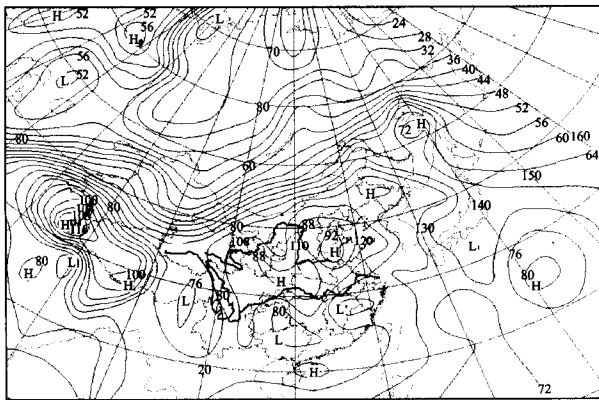


图5 8月12日20时925 hPa θ_{se}

3.1.2 K 指数和沙氏指数

K 指数反映大气层结的稳定性,并表示大气温度、湿度、压力的综合特征量^[4]。分析本次降水过程的 K 指数变化,可以看出降水区与 K 指数高能区有较好的对应关系。暴雨开始前,章党站 K 指数逐渐增大:8月12日08时 K 指数为 27°C , 20时 K 指数增大到 37°C , 13日20时达到 40°C , 不稳定能量达到最高值。

从 $t - \ln p$ 图上分析不稳定能量(表2),12日20

表2 8月12~13日沈阳站 SI 和 KI 变化

不稳定能量	12日20时	13日08时	13日20时
SI	-5.4	-3.5	-5.6
KI	42.0	37	38.0

时沈阳站沙氏指数, SI 为 -5.4°C , KI 为 42.0°C 。随着降水的持续, SI 和 KI 逐步减小,到13日08时, SI 为 -3.5°C , KI 为 37°C 。13日傍晚到夜间,

抚顺市区和抚顺县同时出现局地暴雨时,13日20时沈阳站 SI 和 KI 又分别升高到 -5.6°C 和 38.0°C , 具有较强的不稳定能量。

抚顺地区暴雨发生与 K 指数和高值区有较好的对应关系。暴雨出现前,抚顺地区处于高能量的汇集区,具备发生强雷暴、强降水的不稳定能量。

3.2 水汽条件

充分的水汽是暴雨产生的必要条件。暴雨发生时,不仅本地需要具备较多水汽,还需要有源源不断的水汽输送,水汽输送是降水得以维持的重要因素^[5]。这次暴雨发生在副热带高压的边缘,具有充沛的水汽和水汽输送条件。

暴雨发生前,有大量水汽沿副热带高压边缘向东北输送,使抚顺地区有大量的水汽积累。分析本次天气过程的水汽条件可清楚地看到,抚顺地区水汽通量输送自8月11日开始,各层水汽通量均逐步增大,最大值出现在925 hPa。12日08时,章党站925 hPa水汽通量达到 $12\text{ g/s}\cdot\text{cm}\cdot\text{hPa}$, 吉林的孤家子有 $26\text{ g/s}\cdot\text{cm}\cdot\text{hPa}$ 的水汽通量高值中心。抚顺市章党站地面至850 hPa相对湿度达到90%。13日08时,水汽通量中心南移,本溪市925 hPa有 $20\text{ g/s}\cdot\text{cm}\cdot\text{hPa}$ 水汽通量中心,与13日傍晚到夜间出现的局地大暴雨有较好对应。14日水汽通量开始减小,降水随之减弱。

3.3 动力条件

3.3.1 涡度

8月13日08时,500 hPa以下低层抚顺有 $20 \times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$ 的正涡度区。500 hPa 涡度为0, 300 hPa 涡度为 $-40 \times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$, 200 hPa 涡度为 $-80 \times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$, 表明降水前后低层上升运动较强,高空垂直涡旋的耦合相当明显,有利降水发生。

3.3.2 散度

8月12日20时,925 hPa 抚顺市水汽通量散度值为 $-10\text{ g/s}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{hPa}$ 辐合区;850 hPa 散度值呈正值,为辐散区;700~500 hPa 散度呈负值,为辐合区;300 hPa 以上散度呈正值,为辐散区。可见,大暴雨是在低层辐合、高层辐散叠加的形势下产生的。

4 地形抬升对暴雨有增幅作用

大暴雨的产生,与天气系统相互配合及物理量条件密切相关,但特殊地理环境、地形对暴雨增幅有很大作用。这次抚顺大暴雨出现2个降水中心,一个暴雨中心位于清原西北,另一个暴雨中心位于抚顺县后古,与抚顺县和清原县多发暴雨中心相吻合。清原地势东高西低,当有西南暖湿气流沿浑河河谷输送,进入清原县气流开始爬坡抬升,上升运动加

强。清原境内最高山——莫日红山位于清原西北部,海拔为 1 013 m,对来自的西南、西北气流有阻挡抬升作用;抚顺县后古的东、南、北三面环山,西部向平原过渡,构成簸箕地形;后古东部的山区,对偏西气流有辐合、抬升作用,促使对流云团强烈发展,地形对暴雨有增幅作用。

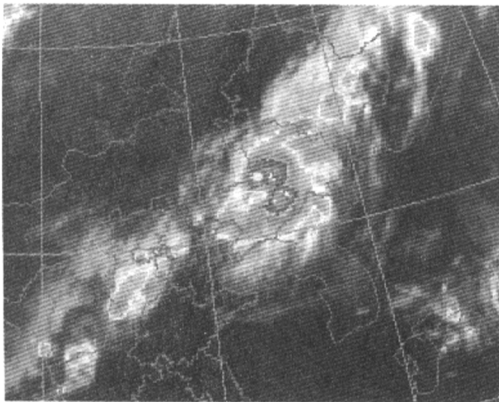
5 强对流云团的演变

副热带高压边缘的降水预报具有一定难度。其主要原因是副热带高压边缘高温、高湿,聚集了较高不稳定能量,易生成强对流云团;天气突发性强,降水强度大,量级难以把握。抚顺大暴雨发生在大尺度天气系统相伴的云系中,由副热带高压边缘产生的中、小尺度对流云团造成的。

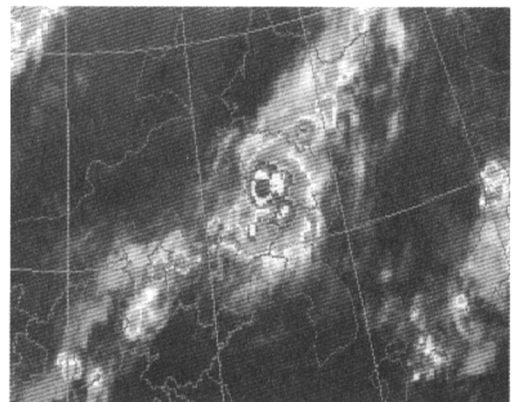
根据 FY-2C 红外云图分析,8 月 12 日,孟加拉湾水汽沿高空槽前和副热带高压边缘西南引导气流东北上,使对流云团不断生成发展。12 日 11 时,对流云团进

入我国辽宁西部后,发展加强并逐渐东移,于傍晚影响抚顺地区。13 日 00 时(图 6),在辽宁昌图、清原县与吉林交界处发展成 2 个对流单体。13 日 01 时,合并为一个对流单体并加强,强对流云沿 588 线向南移动。13 日 03 时,云团中心影响清原,使清原降水强度加大,云顶亮温为 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,清原 6 h 降水量为 153 mm。13 日 06 时,云团沿副热带高压边缘 588 线东南移动,影响新宾,新宾降水强度加大,新宾 6 h 最大降水量为 70 mm。13 日 10 时后,抚顺脱离对流云团影响,降水相继停止。

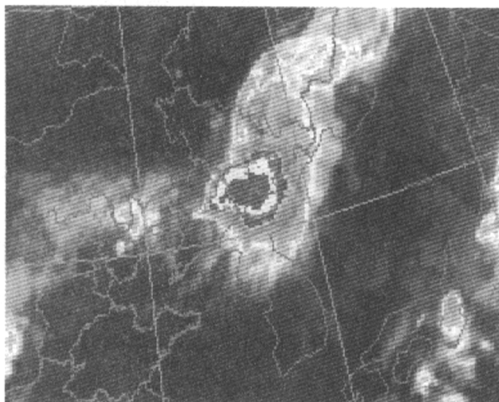
13 日,由于强热带风暴“珊瑚”登陆携带大量水汽,与副热带高压后部的西南急流汇合,为强降水过程提供了暖湿空气。13 日 15 时有对流单体生成,自西向东移动。13 日 18~22 时,强对流云团影响抚顺市区和抚顺县,出现了局地特大暴雨。这是由副热带高压边缘聚集不稳定能量、生成小尺度强对流云团而造成。



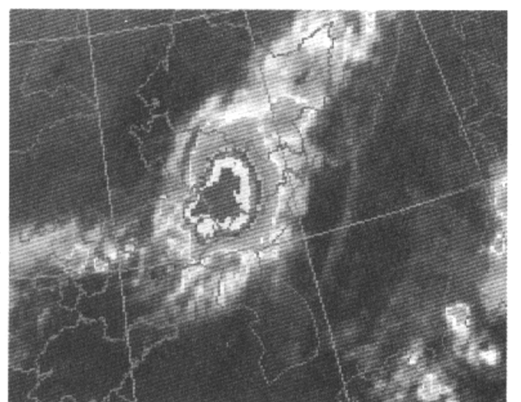
(a) 13日00时



(b) 13日01时



(c) 13日04时



(d) 13日07时

图 6 8 月 13 日红外云图

6 数值预报产品在暴雨预报中的应用

目前,数值预报已成为预报员进行天气分析和预报的主要依据。预报员不但要具备天气图分析的能力,而且要积累数值预报产品应用的经验。根据数值预报产品提供的预报分析,并结合天气分析理

论和预报经验进行合理预报^[6]。抚顺这次暴雨的预报是一个较成功的预报实例。根据经验,日本数值预报产品对于区域性降水预报的准确率较好,但一般情况下降水量级偏小。对区域性降水,若日本数值预报的降水量在 30 mm 以上,可作为暴雨预报的一个条件。8 月 12 日,日本数值预报抚顺地区西北

部的24 h降水量为50 mm,东部为30 mm。本次天气预报过程中,抚顺市气象台根据数值预报结果,结合天气图分析及数值预报的应用经验,预报24 h抚顺市区,抚顺、清原有暴雨,新宾县有大到暴雨。实况降水中心和降水区域与数值预报的基本一致,降水中心的预报比较准确,但降水量级偏差较大,而实际降水达到了数值预报降水量的1倍。数值预报产品局地性暴雨的预报能力较差,8月13日,数值预报抚顺地区的降水量为10~20 mm。抚顺市气象台根据天气形势、物理量分析,考虑抚顺地区仍处在副热带高压边缘、有较强的不稳定能量、局部地区的雨量可能偏大,于13日下午预报抚顺地区未来24 h内有中雨、局部地区雨量偏大。实况:抚顺市区、抚顺县出现大暴雨,清原、新宾出现中雨。

7 结论和讨论

7.1 2005年8月13~14日抚顺地区大暴雨是在热带、副热带、西风带三带系统相互配合下产生的,其降水过程为2个时间段。特点是副热带高压偏北、强降水发生在588线周围。当588线周围具备高不稳定能量、有触发条件时,可产生强对流,出现大暴雨天气。

7.2 强对流天气的产生,与较高不稳定能量和水汽条件相对应。8月12日08时大暴雨出现前12 h,水

汽通量已经加强,对预报暴雨具有提示作用。而涡度、散度等物理量反应则相对滞后,指导预报意义较差。

7.3 大暴雨出现在低空急流的左侧、850 hPa切变线附近、 θ_{se} 高能舌前区。12日夜间接抚顺区域暴雨发生是由588线周围地面冷锋、低空切变线和高空槽共同影响所致;13日傍晚至夜间抚顺市区和抚顺县局地暴雨发生在地面高压和副热带高压内,由低空切变线诱发的不稳定能量释放所致,并形成强对流天气。局地特殊地形加强了气流抬升,对降水起到了明显的增幅作用。

参考文献

- [1] 毛冬艳,乔林,陈涛,等.2004年7月10日北京暴雨的中尺度分析[J].气象,2005,31(5):42-46.
- [2] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理与方法[M].(第三版).北京:气象出版社,1992:383-399.
- [3] 肖开提.“967”新疆特大暴雨的水汽条件研究[J].新疆气象,1997,20(1):8-11.
- [4] 杨莲梅.南压高压突变引起的新疆暴雨天气研究[J].气象,2003,29(8):21-25.
- [5] 曲晓波,张廷治.辽宁夏季强降水天气环流特征分析[J].辽宁气象,1996(4):11-12.
- [6] 吴春英,王阳,王雨莉,等.2004年7月30日抚顺区域暴雨成因分析[J].辽宁气象,2005(1):13-14.

Diagnostic analysis on “8.13” torrential rainstorm in Fushun in 2005

WU Chunying HOU Bo LIU Fei ZHAO Zhenguo WANG Yang
(Fushun Meteorological Observatory, Fushun 2005)

Abstract: In term of weather chart and other live data, the primary physical factors forming the “8.13” torrential rainstorm in Fushun in 2005 were analyzed, including the characteristics of circulation, unstable energy, steam and power conditions and so on. And the impacts on evolvement process of cloud cluster, the application of numerical forecasting products and the special terrain to precipitation were also discussed in order to improve the forecasting ability to this kind of weather. The results indicated that west wind trough moved eastwards and tropical storm went northwards, which forced the subtropical high up north, and then the low level airflows were formed. The airflows provided lots of steam and unstable energy for the torrential rainstorm. The cold air converged with unstable energy in Fushun for shear line moved southeastwards, which made convection cloud cluster strong. Then the release of unstable energy around the edge of subtropical high formed the torrential rainstorm and strong thunderstorm weather. The terrain also played an important role.

Key words: Torrential rainstorm; Subtropical high; Unstable energy; Diagnostic analysis