

一次强风暴天气过程分析

林志强 李献洲 庄旭东

(广州中心气象台, 510080)

提 要

使用卫星云图、天气图、探空等有关资料对1996年4月19日广东省强风暴天气过程进行综合分析,指出:南支槽云系和中纬短波槽云系的相继影响造成了该次强风暴天气过程,其中,中尺度强对流云团是直接产生系统。

关键词: 局地强风暴 云团 中尺度系统

引 言

1996年4月18日夜~19日22时,广东省发生了该年度前汛期最强烈、影响范围最广和破坏力最大的一次强风暴天气过程。茂名、阳江、云浮、清远、江门、珠海、中山、惠州和汕头等市的近70个县(或县级市)先后出现了强降水、雷雨大风、冰雹和龙卷风等强对流天气,几乎全省都降了暴雨~大暴雨(图1)。据统计,直接经济损失约10亿元。

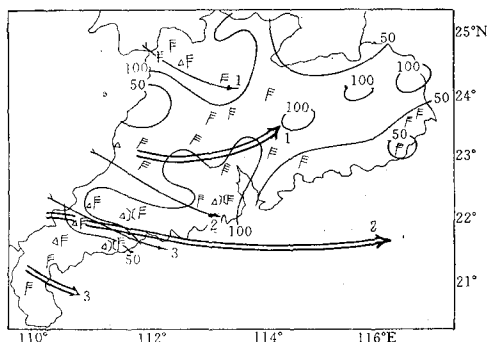


图1 1996年4月18日20时~19日20时广东省暴雨(实线)和强对流分布

空三角表示冰雹,○表示龙卷,风向标表示8级以上雷雨大风,单、双矢线分别是A、B云系中尺度系统活动路径

本文使用常规天气图、1小时间隔的红

外增强(MB曲线增强)云图、雷达回波和探空等气象资料,对这次过程进行了分析,旨在提高此类天气过程的预报水平。

1 环流形势和影响云系

图2是1996年4月18日20时和19日08时500hPa环流形势和影响云系示意图。由图中可以看出:①亚洲中高纬是一脊一槽型,长波槽位于东亚沿海,其闭合中心在我国东北地区,槽后有一极地西北急流($\geq 20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)。由于中高纬长波槽脊影响,副高已东退到海上,长江流域为一横槽,孟加拉湾到高原高压脊发展,高原东侧的脊前下滑短波槽东南移。华南有一南支槽,槽后有一副热带急流($\geq 20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,图2a)。由于南支暖槽和中纬下滑槽相继东南移影响,使广东地面经历了一次由脊后槽前转为锋面低槽的天气过程。②在卫星云图上,与上述系统对应的有三个云系:A云系对应南支槽,它在18日白天由广西移来,夜间在锋前暖区影响广东西部地区,19日08时减弱合并到B云系中;B云系对应中纬下滑短波槽,是低槽锋面云系,19日06时由广西进入广东,19日22时移出,几乎影响了整个广东省;C云系与横槽相联系,它在南支槽前南压时有所发展,19日02时压到南岭附近后东移,对广东无大影

响。另外,南支槽 A 云系和中纬槽 B 云系内中尺度强对流云团活动频繁。

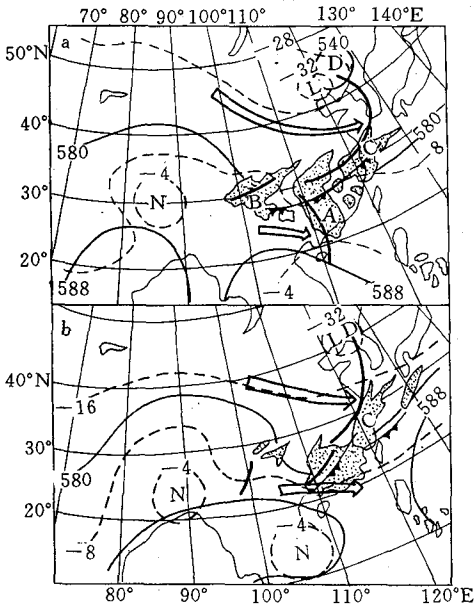


图2 1996年4月18日20时(a)和19日08时(b)

500hPa 环流形势和影响云系示意图

粗实线为槽线,虚线为等温线,双矢为 $>20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的最大风速轴,阴影区为云区

2 云系内中尺度强对流云团的活动和影响

中尺度强对流云团是指红外云团中 -54.2°C 的冷云区,其尺度 $\geq 100\text{km}$,并常伴有 -60.2°C 以下冷云顶的冷云区。在A、B云系活动和影响广东省过程中,云系内中尺度强对流云团活动频繁(图3),这些是强烈灾害性天气的直接产生系统。

2.1 A 云系(图3a~d)

主要在锋前暖区影响粤西地区,其主要活动特征是:①从18日15时36分~18日22时36分,云系从广西东移进入广东,其发展演变主要是通过云系内3个东移中尺度强风暴云团向南进行新陈代谢来完成。②随着

南支槽东移减弱,切变线南压(图4A和B),移入广东后的A云系形态、结构和移动发生了变化,主要表现为云系内中尺度强对流云团活动和演变(图3中A云系中的1、2、3号云团):1号在桂东北向南传播的同时东北移减弱,当其遇到粤北地面锋时再度加强,并转向东南移,影响粤西北后又减弱;2、3号分别起源广西的西江河谷和广东的云雾山附近,活动于粤西南,由于2号云团快速东南压,19日02时36分与3号云团合并增强,继而组合成南压的弧形结构,影响粤西南后出海减弱。③从雷达回波图看,与其相应的是3条以 $45\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的速度向东南东移动的离散对流回波系统(图略)。它们的形态、强度和尺度多变,最大强度 $50\sim 60\text{dBz}$,最高高度 $14\sim 15\text{km}$,分别造成三连~阳山~英德(对应1号云团)、平南~郁南~罗定~云浮~新兴~台山~珠海(对应2号云团)和信宜~化州~高州~阳春~阳西~阳江(对应3号云团)的强降水、雷雨大风和冰雹天气,其中珠海、信宜、化州、高州、阳春和阳西还出现了冰雹和龙卷风,损失严重。

2.2 B 云系(图3中的B云系)

B云系横扫粤中南地区并造成大范围雷雨大风和强降水天气,主要是通过其尾端(低层上风端)3个中尺度强对流云团新陈代谢来完成(图3中B云系中的1、2、3号云团):1号生命史5小时(19日05时36分~10时36分),影响德庆到河源地区;2号生命史14小时(19日06时29分~20时36分,包括再生),影响茂名到汕头地区;3号生命史9小时(19日10时36分~20时36分),只在前3小时影响雷州半岛,B云系影响广东时,广州雷达只探测到1、2号云团生命史中的一部分,与其对应的雷达回波状况:最高高度 $10\sim 12\text{km}$,强度和移动与A云系相似,其中2号云团有飚线雷暴回波带对应(图略)。

3 强风暴天气成因初探

A、B云系的相继影响造成了广东省大范围的灾害性天气,强风暴天气的直接产生系统是两云系以新陈代谢方式先后产生的6个中尺度强对流云团。A云系产生的3个云团造成粤西强烈龙卷风、大冰雹、雷雨大风和

强降水;B云系的3个云团造成粤中南大范围雷雨大风和强降水。阳江市受到A、B两云系相继影响。现以阳江站探测资料为例来探讨其成因。

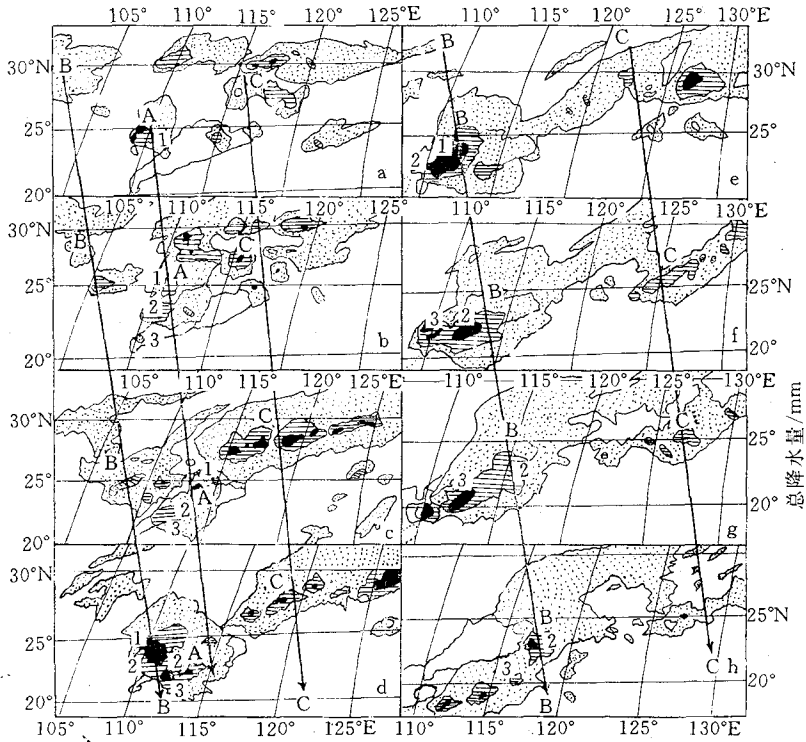


图3 影响云系演变示意图

a、b、c、d、e、f、g、h分别是4月18日15时36分、19时36分、19日01时36分、05时36分、07时36分、11时36分、14时36分、19时36分的素描图,阴影区、横线区、黑区分别为 -32.2°C 、 -54.2°C 、 -60.2°C 的冷云区,3条矢线分别为A、B、C云系演变过程的连线,其中A、B云系内数字为影响本省的中尺度系统序号

3.1 A、B云系形成强风暴天气的共同点

众所周知,在大气环境的低层高能区中,强不稳定、垂直风切变和中尺度触发系统综合作用而产生强风暴。王建捷等对本过程的数值模拟也指出,高层辐散与中低层辐合、中层低值 θ_{se} 与低层高值 θ_{se} 相迭置,促使低层能量释放而造成暴雨^[1]。阳江站在高空槽和冷锋系统逼近时,所处位置和环境条件:①大气层结处于不稳定性,850hPa以下是高湿高

能区,800~850hPa以下都是负能区,有利于能量储存积累(图略);②有较强垂直风切变,边界层都有 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上急流(图略);③地面都有较强中尺度触发系统(切变线和锋面波动),并且处于高低层急流之下(图4)。这样的环境条件是阳江市将产生强风暴的先决条件,其物理过程可能是:高层西北急流与中层槽、低层暖湿偏南急流和边界层辐合系统相迭置,形成高层辐散和中低层辐合

及中高层干和低层暖湿的大尺度抬升背景；在此背景下，特别是通过不同尺度系统相互作用，进一步增强了不稳定性、垂直风切变和边界层中尺度系统；中尺度辐合系统触发低层偏南急流，使其输送和储存的不稳定能量猛烈爆发释放，中尺度强对流云团形成发展，造成大范围风暴天气。

持和发展的主要过程，其方式多种多样。A、B云系内中尺度云团新陈代谢方式基本相同，是新云团在老云团右侧以离散方式传播，使其右端周期性地有新云团产生，这是一种云团按发展阶段有规则排列的新陈代谢方式。就是以这种代谢方式所产生多个强对流云团的相继影响，才造成大范围强风暴天气和几乎全省暴雨。其形成机制主要是触发系统和强风暴冷出流边界与低层暖湿不稳定气流辐合抬升。A、B云系内云团新陈代谢的不同之处是：A云系的边界层触发系统是近东西向的切变线，低层是偏南急流，两者相互垂直，云团传播方向是偏南；B云系的边界层触发系统是锋面波动，低层是西南急流，两者近于平行，云团传播方向是偏西。

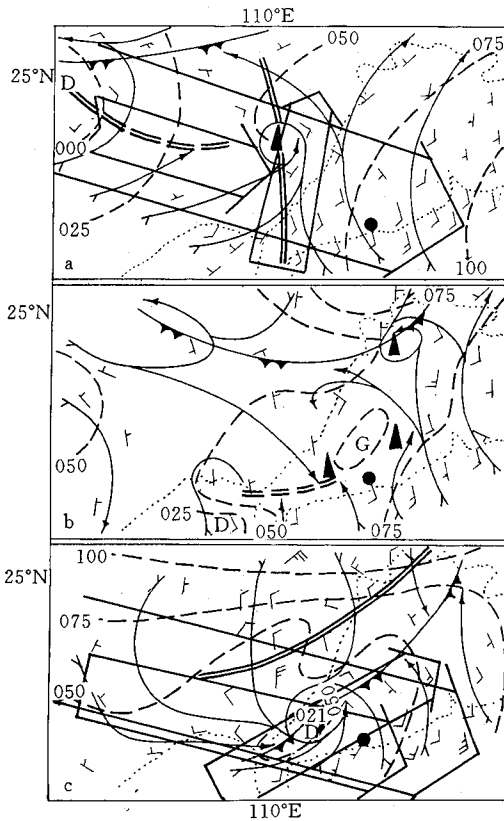


图4 4月18日08时(a)、19日02时(b)、19日08时(c)中低层天气系统配置示意
黑三角表示云团产生区，实心圆为阳江站位置

图4a对应图3b，是4月18日19时36分A云系中2号中尺度强对流云团强盛、1号云团减弱东北移和3号云团初生时的新陈代谢状况。其主要代谢过程可能是：边界层切变线与低层偏南急流辐合抬升而形成2号中尺度强对流云团；由于2号云团减弱了1号云团能量供给而使其东移减弱；由于边界层切变线南压(图4b)，2号云团在中层槽前偏东移的同时，在其南侧的冷流出边界和切变重合处，与偏南暖湿不稳定急流辐合抬升而使3号云团初生。

图4b对应图3e，是B云系中1号云团即将东移减弱和2号中尺度强对流云团发展时的新陈代谢状况。其主要代谢过程可能是：低层西南急流与地面中尺度锋面波辐合抬升而形成1号云团；在1号云团随波动东移的同时，在其西南侧冷流出边界和冷锋重合处，与西南暖湿不稳定急流辐合抬升而使2号云团发展，1号云团由于低层能量供应被减弱而将东移减弱。

3.2 中尺度强对流云团的新陈代谢

观测表明，天气尺度云系象雷达回波系统一样，云系内中尺度云团新陈代谢是其维

3.3 A、B云系强天气现象的差异

A云系产生了强烈大冰雹和龙卷风天气而B云系却没有，这可能与云系影响时其附

近环境条件差异有关。

3.3.1 A云系在锋前暖性气团内活动,其环境条件主要特征是:①从T-lnP图(图略)和图5可以看出,18日20时的层结曲线是低层湿而中高层干,负能区小而局限于850hPa以下,其正能区伸展到200hPa,边界层风矢明显顺时针旋转,这是有利于风暴内上升气流旋转发展的有利环境条件^[2];②中层槽后有一强而干的西北急流,这是有利于风暴强下沉气流的环境条件(图4a),地面有切变线。在这种有利环境条件下,当中层暖性南支槽逼近和迭置在低层急流和边界层切变线上时,通过其相互作用,增强了有利于强风暴的环境:首先中层槽强辐合(槽后急流、槽前辐散气流)和正涡度所引起的天气尺度抬升冷却了中层,槽前低层边界层急流和能量输送进一步增强,从而增强不稳定性,减弱或消除负能区;其次是中层辐合和正涡度平流与边界层切变线垂直迭加,进一步增强边界层切变线辐合;切变线触发低层偏南急流,使其输送和储存的不稳定能量猛烈爆发释放,中尺度强对流云团发展;中层槽后强西北急流,低层顺转的垂直风切变矢量是促使云团内上升和下沉气流强烈发展的动力(图4b),这可能是云团更强烈从而产生大冰雹和龙卷风的主要原因。

3.3.2 B云系是在冷暖气团界面上活动,其环境条件主要特征是:①从省略的T-lnP图可以看出,19日08时的层结曲线整层都较湿,边界层有逆温层,并且负能区伸展较高(750hPa),其正能区只伸展到350hPa,边界层风矢无顺转,低层是较一致的西南气流;②中层及其以上是西北副热带急流,地面有锋面波动,这是有利于强风暴云团发展的条件^[3]。在这种环境条件下,当中纬短波槽沿急流东北侧东南滑下时,其相应边界层冷锋及其中气旋已插入该急流之下;中尺度锋面波动触发西南急流,冲破逆温层和负能区而产

生中尺度强对流云团。这种云团是位于中高层西北副热带急流之下,其辐合层次远不及A云系的深厚,边界层无顺转垂直风切变条件,虽风暴内下沉气流条件具备,触发系统也较强,但其上升气流强度不及A云系,这可能是未出现大冰雹和龙卷风的原因。

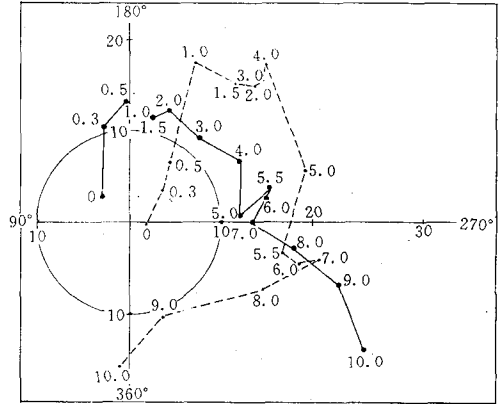


图5 4月18日20时(虚线)和19日08时(实线)风矢图,所标数字为高度(km)

4 结语

该次强对流天气过程是在一脊一槽环流背景下,锋前暖区的南支槽云系和中纬锋面低槽云系相继影响造成,云系内相继产生的一系列中尺度强对流云体是灾害性天气的直接产生系统。低层和边界层偏南急流输送的暖湿气流提供了不稳定能量,天气系统适当配置和相互作用所产生(或增强)中尺度系统的触发,使低层不稳定能量爆发性释放,形成中尺度强对流云团。云团所产生强天气的强烈程度,取决于其附近的环境条件。在其它有利条件配合下,中干急流强度和边界层急流的顺时针旋转,对风暴强烈程度有较大贡献。

参考文献

- 1 王建捷,郭肖容. 1996年初华南暴雨过程的数值模拟及分析. 应用气象学报,1997,8(3):257~268.

(下转 21 页)

(上接 26 页)

2 Weisman. M. L. , and J. B. Klemp. The structure and classification of numerically simulated convective storms in directionally varying wind shears. Mon.

Wea. Rev. , 1984, 112(12): 2479~2498.

3 李献洲. 局地强风暴云团与中尺度锋面波动. 大气科学, 1994, 18(4): 431~436.

A Case Analysis of Severe Local Storm In Guangdong Province during April 18~19, 1996

Lin Zhiqiang Lixianzhou Zhuang Xudong

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080)

Abstract

A severe local storm in Guangdong province during April 18~19, 1996 was analysed with synoptic charts, satellite images and sounding. It is shown that severe and convective weather events produced by the meso-scale convective systems were accompanied by the continuous affects of cloud systems of the southern branch and middle latitude trough. The mechanism of this event was discussed.

Key Words: severe local storm cloud cluster meso-scale system