

多尺度天气系统的共同作用与暴雨成因分析

黄明政 凌 艺 梁卫芳 刘秀珍

(山东省青岛市气象局, 266003)

提 要

利用加密的地面常规资料、T213 网格点等资料,对 2003 年 5 月 7 日发生在中国东部的大范围暴雨过程进行了诊断分析,发现大范围暴雨是在一定的大尺度环流背景下,各种天气尺度以及中小尺度系统发生发展与相互作用造成的。

关键词: 暴雨 多尺度天气系统 相互作用

引 言

2003 年 5 月 6~7 日,我国江淮、黄淮流域出现了大范围的暴雨天气(以下简称“5.7”暴雨)。江淮、黄淮流域分布着多个大于 50mm 的暴雨区,其中最大暴雨区跨越了山东东部、江苏安徽北部、河南东北部四个省份的部分地区,绵延近千公里,最大的暴雨中心位于鲁东南地区,雨量中心 125.6mm,青岛市区及周边的 6 个区市除崂山 24 小时降水量 49.6mm 外,其余全部超过 50mm(图 1)。5 月初,在副热带高压极为偏南的情况下(5 月 6~7 日,副高脊线稳定在 15°N 以南),我国中东部,特别是黄淮地区出现这样大范围的暴雨天气是不多见的,而青岛同时间段出现这样全区性暴雨 50 年来尚属首次。本文

以这次暴雨天气过程为依托,从多尺度的天气系统相互影响、相互作用入手,探讨暴雨的发生发展。

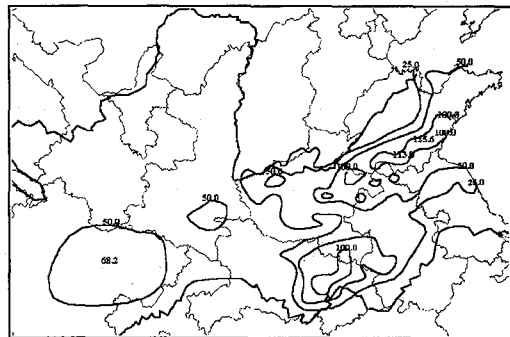


图 1 2003 年 5 月 6~7 日 24 小时雨量(mm)分布
1 天气系统的相互作用与暴雨的发生发展
暴雨尤其是大范围暴雨是各种尺度天气

系统相互作用的产物^[1],表1给出了与“5.7”暴雨相关的天气系统。

表1 “5.7”暴雨过程中主要的天气系统

行星天气 尺度系统	天气尺度系统 和中间尺度系统	中尺度系统
贝加尔湖稳定高脊	西南涡	中尺度辐合线
乌拉尔大槽	江淮气旋	中尺度切变线
东亚大槽	河西及北方冷锋	中尺度低压
	中低空切变线	中尺度低空急流
	低空急流	

1.1 行星尺度系统所构成的大尺度的环流背景

行星尺度系统并不直接产生暴雨,而是提供有利于暴雨发生的大尺度环流背景,通过制约直接影响暴雨的天气尺度系统间接对暴雨产生作用。5月6日,暴雨发生前,500hPa上空为稳定的两槽一脊形势(图2),贝加尔湖为一稳定少动的长波脊,两个长波槽分别在乌拉尔山以东和东亚沿海加深,锋区分为3支,南支锋区较强,中支锋区相对偏弱,有短波槽从乌拉尔大槽中分裂出来沿南支及中支锋区几乎同位相东移,到达高原东部时合并加强,诱使重庆附近的西南涡发展并引导其东移,而第三支锋区也就是北支锋区,从西伯利亚中部经蒙古到我国华北至渤海,槽后有超极地路径冷空气沿贝加尔湖脊前南下,5月7日凌晨,横槽摆下,形成北槽南涡使西南涡再次强烈发展加强。

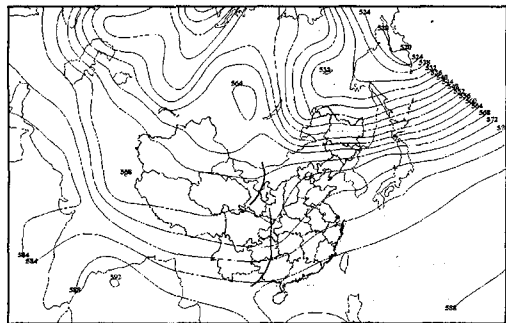


图2 2003年5月6日08时500hPa环流形势

1.2 多尺度天气系统之间的相互作用与暴雨发生发展

1.2.1 对流层中上部天气系统对西南涡及地面气旋发生发展的启动作用

西南涡是这次大范围暴雨的主要影响系统之一,其发展东移的启动作用首先在对流层上部。5月4日20时,在四川盆地上空850hPa上有西南涡形成,但对应其上部的200hPa层上刚刚过一浅槽,正处于槽后脊前西北气流控制之下,同时新疆西部另有一西风槽东移,这是一个更为深厚的斜压系统,根据对流层上部涡度平流与散度的关系即:槽后脊前为辐合区;槽前脊后为辐散区。因此,此时四川盆地高低空均为辐合,这样的配置抑制了上升运动,当然对西南涡的发展不利,因此地面上低涡附近仅有零星降雨。5月5日20时至6日08时,四川盆地上空200hPa层上的弱脊已经东移远去,原在新疆的西风槽东移逼近,低涡已处于高空槽前的西南气流的控制之下,对流层上部的辐散区随之扩散叠加到四川盆地的上空,低空辐合高空辐散,抽吸效应加强(图3b),同时,中空500hPa上沿中支及南支锋区相伴东移的西风槽在高原东部合并为一个长槽,槽前强暖平流及正涡度平流叠置于低涡上空(图3a),使低层减压,辐合加强,上升运动加强(图3c),西南涡发展。5月6日08时,西南涡所在的四川重庆附近暴雨也随之产生。随后,西南涡在500hPa槽前的西南暖湿气流引导下东移,并在其移动过程中继续强烈发展,在江淮一带引发地面锋面气旋。

1.2.2 高低空急流相互配合与暴雨的发生发展

5月4日20时,850hPa上,西南涡在四川盆地生成,在这之前,西南涡前部的低空急流就已经建立,并与西南涡相伴发展,范围扩大,急流轴呈南北向,急流中心随西南涡向东北方向有规律移动,最大风速由 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 增至 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。计算结果表明:低空急流区是一个水汽通量的大值区(图4a),5月6~7日,各时次暴雨区的上风方向始终维持着一个水汽通量的大值中心,另外它还是一个高能区及位势不稳定区(图4b)。由此可见,低空急流是中低纬系统相互作用的重要纽带,它把南海及孟加拉湾的暖湿空气源源不断的向北输送,为暴雨提供了丰沛的水汽,同时输送大量的不稳定能量,而低涡中心区附近的

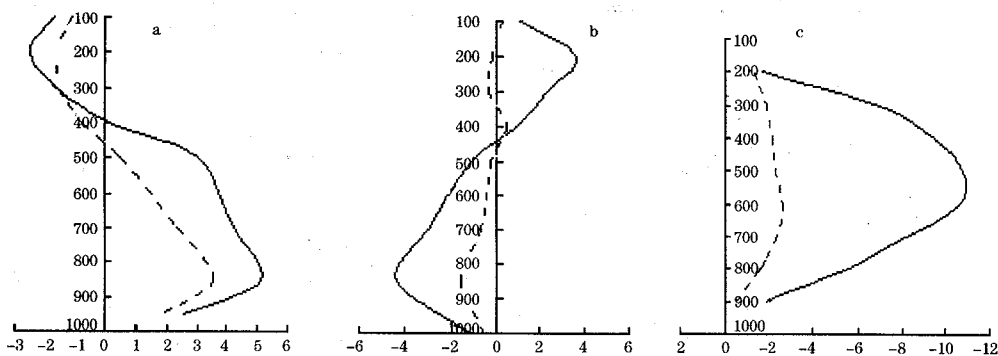


图3 2003年5月4~6日西南涡中心附近的物理量分布廓线
(a) 涡度($10^{-5} s^{-1}$)、(b) 散度($10^{-5} s^{-1}$)、(c) 垂直速度($10^{-3} hPa \cdot s^{-1}$)
虚线:2003年5月4日20时, 实线:2003年5月6日08时

辐合上升运动则使得不稳定能量释放造成强对流,暴雨发生发展。反过来,低层辐合所对应的地转偏差又使低空急流加强和维持^[2],如此循环,暴雨区就沿着低空急流的方向移动,暴雨接连发生。

与此同时,对流层的上部高空急流与低空急流相互配合对暴雨的发生发展也做出重要贡献。5月4~5日200 hPa上存在着南北两支急流(图略),南支急流沿青藏高原经四川盆地东至长江下游中断(即风速小于 $30 m \cdot s^{-1}$),北支急流则由贝加尔湖经鄂霍次克海东去,5月5日20时,南支急流的东段北抬,并出现了两个急流中心,西部中心在西藏上空原地少动,新生成的东部急流中心位于成都北侧,风速达 $46 m \cdot s^{-1}$,东移的西风槽与此中心相交,我们知道急流轴右侧槽前具有强烈的偏差风辐散,此时西南涡正处于其下方而得以迅速发展。6日20时之后,北支急流南压,南支急流东段继续北抬,两支急流合并为一支,风速增大,出现了多个急流中心,最大急流中心位于东北,最大风速达到 $64 m \cdot s^{-1}$,山东半岛东部正处于此急流中心后部右侧入口处高空辐散场下,山东半岛的中东部出现了大范围的暴雨。

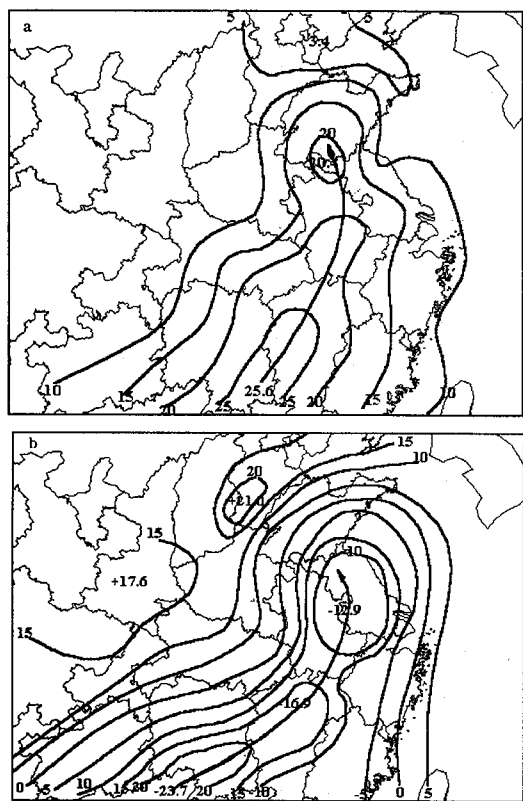


图4 2003年5月6日20时(a) 850hPa水汽通量(单位: $g \cdot hPa^{-1} \cdot cm^{-1} \cdot s^{-1}$)及(b) $\Delta\theta_{se(500-850)}$ (单位: $^{\circ}C$)分布,矢线为急流轴

由上面的分析可见,西南涡及暴雨落区与高低空急流自始至终有比较固定的配置,即在低空急流的左前方与高空急流入口处的右侧相交处(图略)。低空辐合高空辐散的抽吸作用产生动力减压,辐合上升运动增强,不稳定能量释放,强对流产生,暴雨发生发展。
1.2.3 两股冷空气的先后影响及南北系统叠加与暴雨增幅

在这次大范围暴雨中先后两股冷空气的影响(见图5)对西南涡、地面气旋以及暴雨的发生发展起了至关重要的作用。

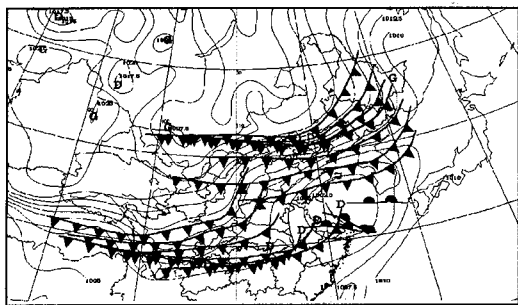


图5 2003年5月6~7日两股冷空气的动态图

第一股冷空气由从乌拉尔大槽中分裂出的短波槽携带东移,经巴尔克什湖、新疆、河西走廊、河套南下,从西南涡的西北部(后部)侵入,使西南涡斜压性增大,发展东移。随后,冷锋进入地面倒槽,江淮气旋发生发展。5月6日20时,原在贝加尔湖脊前的稳定横槽开始转竖,此时,西南涡已移至河南与安徽北部交界处,转竖的横槽与西南涡叠加构成北槽南涡,第二股冷空气,也就是横槽后部的超极地路径的较强冷空气再次从后部侵入低涡环流,西南涡再次强烈发展加深。5月7日08时,700hPa上原仅有槽区表现的济南、徐州、青岛一带出现了3000gpm的闭合等高线的低压环流,暴雨随之增幅,24小时降雨量由前期的50~60mm猛增到80mm以上,在河南、安徽、江苏北部到山东中南部形成了一条近600km长,雨量 $R \geq 80\text{mm}$ 的暴雨带,这也是这次暴雨过程中降雨量最大的区域。

1.2.4 天气尺度系统与中尺度系统的相互作用

分析逐时地面流场及风场可以清楚的看出,强降水与气旋及倒槽中生成的中尺度系统密切相关。以山东半岛为例,5月6日23

时由于冷空气的东移,在地面倒槽内,济南与潍坊之间形成了一条中尺度的冷性切变线(偏东风与偏北风之间的切变线,图略),长约200km,并在冷空气的推动下缓慢东移,北段移动较快,南段移动较慢。此时,它处于850hPa西南涡前部切变线的左侧下方,辐合上升较弱,地面中尺度切变线周围降水较小。7日02~05时,地面中尺度切变线移至枣庄、临沂、莒县一带,并较长时间在此稳定少动,而此处也正处于850hPa切变线右侧低空急流轴的左侧下方水汽辐合区内,其后西南涡移至其上空与之相交,强烈的上升运动使不稳定能量得以触发,雨团强烈发展,在此中尺度切变线所在地产生了125.6mm、113.0mm两个暴雨中心,这也是这次大范围暴雨过程中的两个最大降雨中心。

2 小结

(1) 特定的行星尺度天气系统为暴雨的发生发展提供了大尺度的环流背景。

(2) 西南涡及气旋发生发展起因于对流层上部环流的转变,当高空槽东移发展时,槽前的辐散区叠加到西南涡的上空,抽吸作用的动力减压使辐合上升运动加强,西南涡发展并最终导致地面锋面气旋的发生发展,暴雨出现。

(3) 高低空环流的相互配置与暴雨发生发展及其落区密切相关,天气系统的相互叠加以及中尺度天气系统的参与导致暴雨增幅。

参考文献

- 1 陶诗言等. 中国之暴雨. 北京:科学出版社,1980.
- 2 朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 天气学原理与方法. 北京:气象出版社,1992.

Interaction of Different Scale Weather Systems of a Heavy Rainfall Event in East China

Huang Mingzheng Ling Yi Liang Weifang Liu Xiuzhen

(Qingdao Meteorological Bureau, Shandong Province 266003)

Abstract

A large area heavy rainfall event in East China on 7 May 2003 is analyzed. Results show that the event is produced by the development and the interaction of the multi-scale weather systems under the certain large-scale circulation.

Key Words: heavy rainfall event multi-scale weather systems interaction