

# 2011年夏季长江中下游一次暴雨过程分析

蔡欣明

(新津县气象局, 四川 新津 611430)

**摘要:**利用常规探空及地面观测资料、卫星云图、雷达回波图、T639数值预报产品资料,对2011年6月13-15日长江中下游的一次暴雨过程进行诊断分析。发现此次降水过程的发生主要受200 hPa低压槽、500 hPa阻塞高压、低压槽及西风急流和700 hPa低涡东移的共同影响作用。并分析了包括流场、水汽通量条件、垂直速度、散度、涡度及不稳定性等物理量,结合相关常规探空及地面观测资料、云图、雷达回波图和T639数值预报产品,对此次过程进行了跟踪研究。

**关键词:**长江中下游;暴雨;低涡;对流系统;高低空急流

2011年6月13-15日长江中下游地区普降暴雨,其中湖北、湖南、河南、安徽、江苏、浙江等地的部分地区出现暴雨。暴雨引发了严重的暴雨山洪、山体滑坡及泥石流灾害,造成人员和牲畜伤亡,经济损失十分严重。

研究目的是希望通过此次暴雨过程的分析研究,总结出一些夏季暴雨发生消亡的规律<sup>[1]</sup>,找到降水系统在卫星云图上相关云系的对应规律,提高对夏季暴雨的认识,从而为今后实际工作和研究做好有利铺垫。

## 1 暴雨实况与天气诊断分析

通过分析2011年6月13日08时-16日08时的地面、高空观测资料、卫星云图、雷达回波和数值预报产品等资料,对这次大范围梅雨锋暴雨过程的实况和天气背景进行初步诊断分析,指出影响暴雨发生的主要天气系统。

### 1.1 环流形式特征

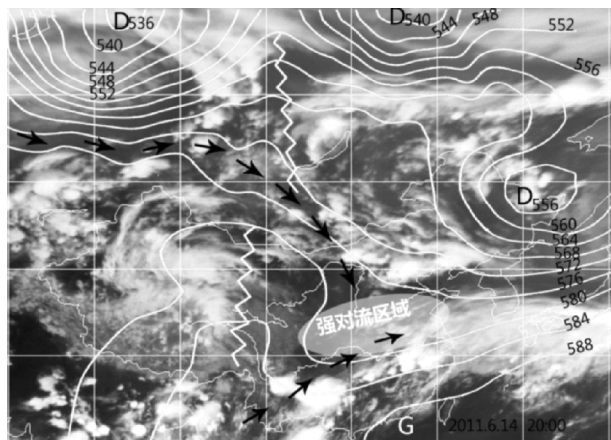


图1 500 hPa形势场和云图叠加图

将14日20时的500 hPa形势图和云图进行叠加(图1),可以看到阻塞高压位于中国的西北地区,西风气流在100°E附近分支,这股冷空气从高压前部南下,到达黄淮地区。太平洋副高控制沿海一带,脊线从日本南部西伸至华南地区,呈东北-西南走向。华中地区有一稳定的低压槽存在,低压槽与副高西北部间构成强劲的西南气流,而西南气流把大量暖湿水汽输送到了江淮地区。与该地区来自西北的干冷空气汇合,形成了一个较大范围的气流汇合区。

在14日20时的700 hPa形势图和云图叠加图(图2)中,由于500 hPa低槽东移,700 hPa上相应位置出现多个闭合的等高线的低压也就是所说的低涡与之配合,沿切变线东移。随着低涡的发展、移动,便产生一次次的暴雨过程。连续不断东移的低涡,也是此次暴雨过程持续时间长、强度大、自西向东推移的原因。

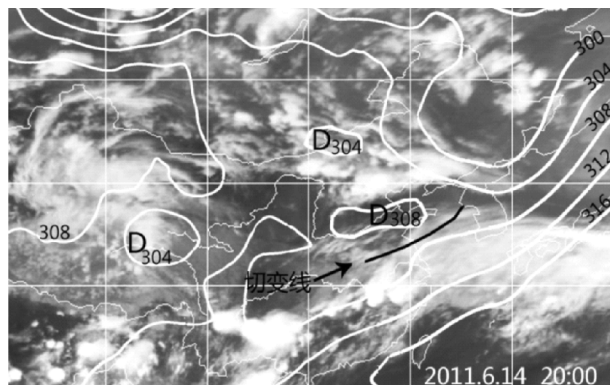


图2 700 hPa形势场和云图叠加图

### 1.2 中尺度系统的低涡分析

长江中下游地区暴雨过程中伴随着多个低涡东移,并且低涡沿切边线东移过程使雨带不断持续、东移,这是造成此次强降水过程的一个直接原因。西南低涡生成后,如向东移出,会在长江中下游造成暴雨,甚至大暴雨<sup>[2]</sup>。

14 日 08 时,在湖北西部 700 hPa 流场上存在一低涡中心,低涡北方有气流南下,同时在南边有暖湿空气补充,使得低涡不断发展,并产生降水过程。850 hPa流场上,低涡中心位于西南地区东部,仍然是由来自北方的冷空气和来自南方的暖湿空气不断补充进来。925 hPa流场上,在湖北西部形成一个强烈的南北气流对流区域。

14 日 20 时,700 hPa流场上,来自北方的冷空气在湖北西部地区与西南气流相汇,850 hPa流场上主要在湖北西部出现一低涡中心,同样汇集了来自南北的两股空气。925 hPa流场上同850 hPa大致相同位置上存在一低涡中心。

14 日 08 时至 20 时前后的流场图可以发现,多个低涡自生成后,有从涡源中心向东北方向移动的趋势。且受来自北方干冷空气和来自南方暖湿气流的配合,低涡气旋性的强度都有所增强。

15 日 08 时,江南西部地区上空700 hPa流场主要由西北气流和西南气流汇合而成的偏西气流,将水汽向东北方向输送。黄淮南部存在以低涡中心,较之前一日 20 时相比有所增强。850 hPa流场上,在江淮西部地区存在以低涡中心,气旋性发展的较为成熟,较之前 14 日 20 时850 hPa相比,位置略有东移。925 hPa流场图上,在江淮地区东部,流线呈对流趋势,南北气流对流运动旺盛。

15 日 20 时,700 hPa 流场上之前位于黄淮南部的低涡中心已东移入海。850 hPa流场上,之前 08 时位于江淮西部上空的低涡已经消散,925 hPa流场图也没有任何明显低涡存在。此次过程在长江中下游流域上空先后出现了多个低涡系统,并且这些低涡在西南气

流的引导下,快速的向东北方向移动,依次穿越此次出现较强暴雨的地区,并在东移过程中十分活跃,相互之间不断经历着合并、增强、分裂、减弱<sup>[3]</sup>等阶段。

1.3 高低空急流的分析

中国暴雨的水汽来源主要有两个地区:南海或孟加拉湾地区和东海或黄海部分地区。在不同暴雨个例中,向暴雨区输送的水汽来源不同<sup>[3]</sup>。水汽的来源或水汽输送的通道由大范围环流形势决定<sup>[4]</sup>。高空急流与降水间有密切关系,过去不少人曾研究过这个问题。

经过对此次暴雨过程中的高低空风场变化进行分析,6 月 13 日 20 时,西南地区东部及江南西部处于西南急流中,风速大约12 m/s。14 日 08 时,江南地区大部、华南地区中北部、江淮西部都处于西南急流中。从 15 日 05 时开始,在江苏南部、浙江西北部出现了大风区域,此时风速在25 m/s以上。可见,西南气流控制此次降雨地区。并且西南急流向东北方向移动,覆盖了长江以南的大部分地区。西南急流带来了大量来自南海的暖湿水汽,当这些水汽来到陆地上后,与来自西北的干冷空气汇合,同时低涡的存在也是水汽不断在江淮流域堆积,为此次暴雨的发生提供了有利条件。

1.4 水汽条件的分析

由于此次过程有阻塞高压位于中国的西北地区,使得冷空气从高压前部南下,到达江淮地区。同时,西太平洋副热带高压控制沿海一带,华中地区有一稳定的低压槽存在,低压槽与副高西北部间构成强劲的西南气流,把大量暖湿水汽输送到了江淮地区,与该地区来自西北的干冷空气形成了一个较大范围的气流汇合区,为此次暴雨的产生提供了有利条件。

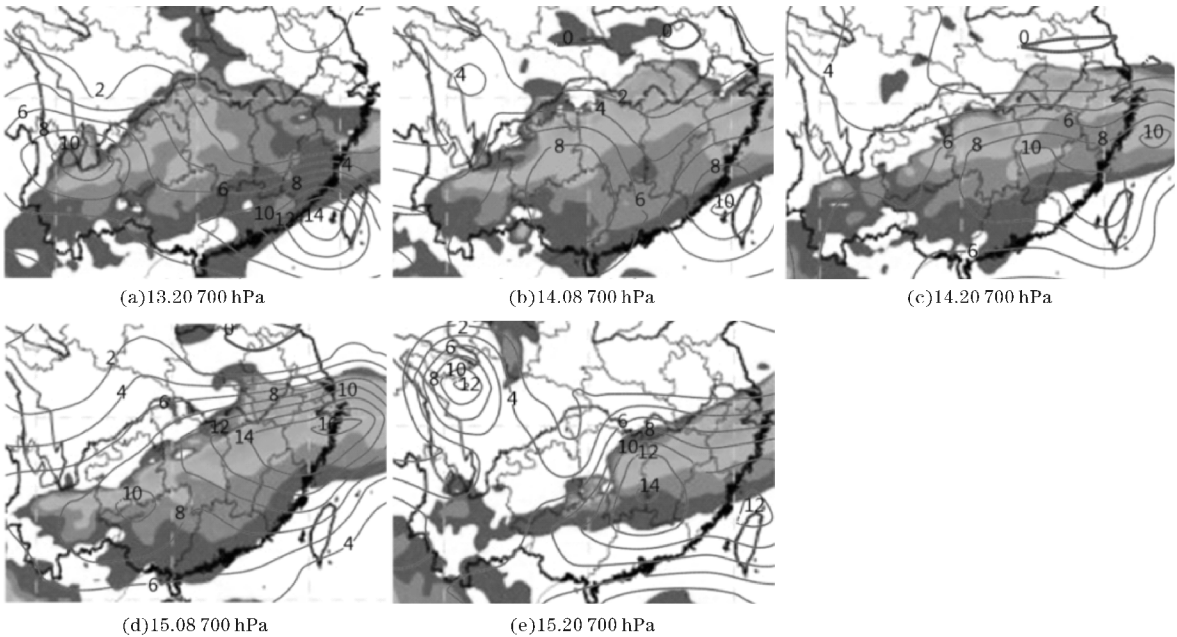


图 3 700 hPa 上 T639 数值预报风场产品与水汽通量场叠加图



利用 T639 700 hPa 风场叠加 700 hPa 水汽通量,得到图 3。从 700 hPa 水汽图上看:13 日 20 时水汽通量较大值集中在西南地区南部及华南东部海上。图 3(b),14 日 08 时水汽开始沿西南气流想东北方向输送,水汽通量场的极大值闭合中心开始向东北方向移动。图 3(c)、(d)、(e) 继续反映了此次暴雨过程中,水汽不断沿西南—东北方向移动至东部沿海,输送过程中与来自西北的干冷气流汇合,为沿途江淮流域带来了降水过程。随着 15 日 20 时之后水汽辐合中心东移入海,暴雨过程告一段落。分析得出在暴雨过程中,暴雨区低层 700 hPa 水汽通量辐合变化与暴雨的发生位置和强度有密切对应关系。

### 1.5 垂直速度场的分析

经 T639 700 hPa 垂直速度产品分析,14 日 08 时在湖北地区中部、湖南地区西部 700 hPa 垂直速度场上出现了两处负极大值中心,表明有强烈的上升运动。之前位于湖北中部的负极大值中心东移到了江苏西部,并且负值有所增强,表明此时得到上升运动更加剧烈。上升运动大值区域与水汽大值区耦合,会把低层的水汽通过垂直运动带到高层中去。

### 1.6 涡度、散度场特征以及不稳定条件分析

利用 T639 700 hPa 假相当位温产品与实时 K 指数进行叠加处理分析后,得到 13 日 20 时西南地区东部始终维持一条  $\theta_e$  值大于 350 K 的东西高能量带。对应的逐小时降水资料也表明,此后该地区确实出现较强降水过程。14 日 20 时长江流域以北的江南北部地区,出现一天狭长的  $\theta_e$  值大于 350 K 的红色高能量带, K 指数为 32 ~ 36 度,且西部数值更大,预示着该地区有不稳定的对流发生。实时的降水资料也表明,该地区确实迎来了一场较强的暴雨。

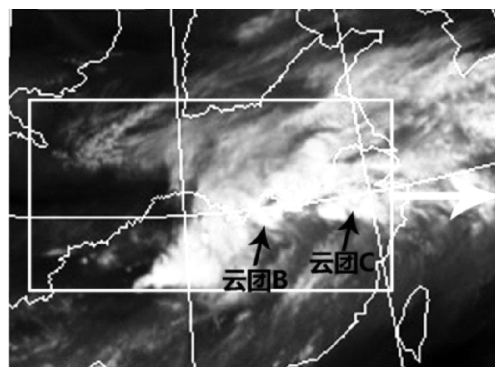
通过以上对此次暴雨过程中涡度、散度场特征以及不稳定度的综合分析可以得出:在长江流域出现了高空辐散、低空辐合的散度条件,配合响应高低层涡度的正、负差异,使得散度与涡度互耦。另外,长江中下游流域假相当位温的高值区的出现配合着 K 指数的大值区的东移与互耦,也是此次强降水过程发生的一个重要因素。

### 1.7 暴雨时段云团连续演变过程分析

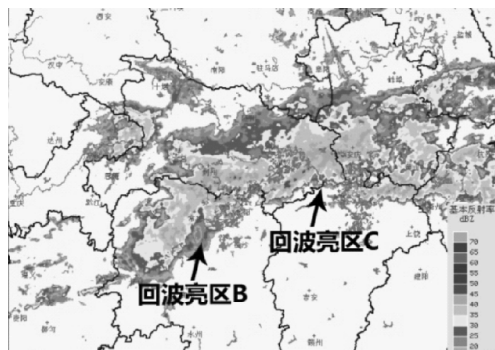
将 FY2 号卫星的红外水汽图与实时的雷达回波图进行比对拼合,得到图 4-6。

从图 4 可以看见,6 月 14 日 08 时 00 分,雷暴云团开始分裂变成两团较大的云团 B 和云团 C,白色亮度增强。但在中国内蒙古西部可以看见有一支冷空气南下至黄淮地区附近,在水汽图中表现为相应黑色暗区。

同时从孟加拉湾吹来的来自印度洋的西南气流,在图 7 中表现为明显的一条急流带,边界较清晰。在水汽图上表现为白色亮区,因为暖湿空气水汽充沛。这冷、暖两支气流在江淮流域附近汇合,形成一个较大范围的气流辐合区,产生剧烈、持续的下沉运动,由图中雷达回波可以看见,在图 4(d) 中对应图 4(c) 相应位置有两处雷达回波亮区 B 和 C,这两处亮区对长江中下游流域造成了大范围的强降水。



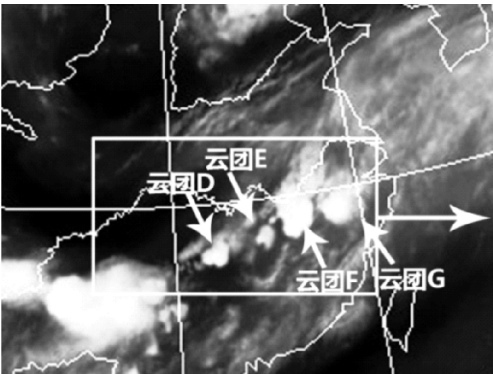
(a) FY2 号卫星红外水汽图



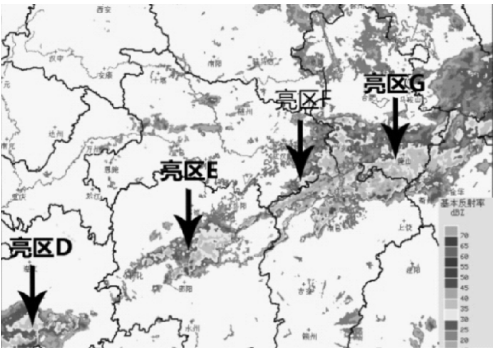
(b) 长江中下游实时雷达回波图

图4 14日08时水汽图与雷达回波拼图

由图 5 可见,6 月 14 日 20 时 00 分从河套地区南伸至江南西北部有一大范围的黑区,说明此区域内有剧烈的下沉运动。同时在西北地区有一西北气流南下配合来自西南的暖湿水汽,即从江南中部一直延伸至东部沿海地区有一条明显的水汽云带,在这条云带上,来自北方的干冷空气和来自南方的暖湿气流继续汇合,形成降水。这条云带上,有 4 个清晰独立的云团 D、E、F、G,对照可知是由 14 日 08 时的云团 B、C 分裂发展而来的。在实时雷达回波图上,彩色亮区 D、E、F、G 对应着水汽云图上相应的雷暴位置。这些发展深厚的暴雨云团回波,主要位置集中在水汽边界附近。较 14 日 08 时图 4 相比,在江南北部出现了 4 个较大云团 D、E、F,在浙江西部也出现一云团 G,这 4 个云团给长江中下游带来了持续的降水,与此前相比,此时的雷达回波略有分散,因为在东移过程中可能受到地形和水汽条件的影响,但回波强度增强。

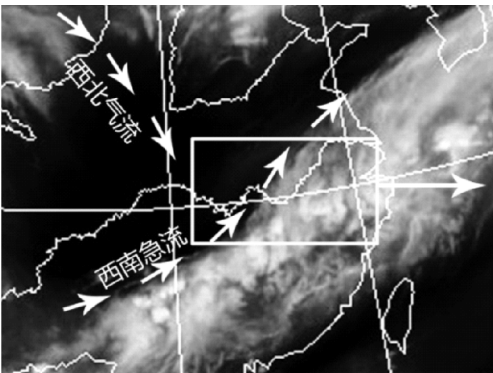


(a) FY2 号卫星红外水汽图

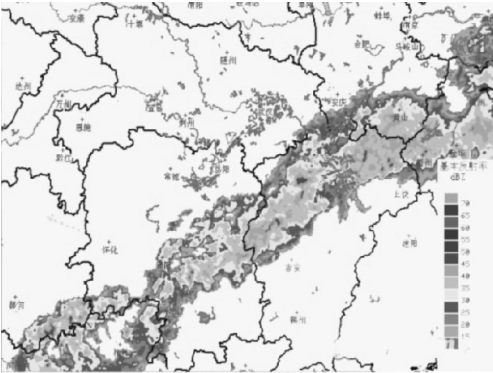


(b) 长江中下游实时雷达回波图

图 5 14 日 20 时水汽图与雷达回波拼图



(a) FY2 号卫星红外水汽图



(b) 长江中下游实时雷达回波图

图 6 15 日 08 时水汽图与雷达回波拼图

由图 6 可见,6 月 15 日 08 时 00 分先前 14 日 20 时位于河套地区的黑区南移至江淮流域附近,来自西

北的冷空气依然强劲,南下与来自西南的暖湿气流汇合,图中黑色暗区为大范围强对流区,说明在该区域有大范围的下沉运动。图 6(a)可以看见,西南急流在水汽图上表现为边界分明一条急流带,从华南地区西部一直延伸至黄淮东北部海上附近。急流带的东南侧,出现大范围的云带,覆盖了长江中下游及华南地区。水汽云图上的白亮云带位于对流活动旺盛区域的南侧,由卫星云图可以看出在暴雨发生期间,有旺盛的对流云发展,长江中下游流域一直是对流活动活跃的地区,云系的分布趋势和降水的分布非常一致。另外从雷达回波图上可以看出,在两股气流交汇处南侧,有深厚的雷达回波亮区,正好位于长江流域,带来了范围大、强度高、持续时间长的降水过程。较 14 日 20 时图 5 相比,之前清晰的 4 个云团 D、E、F、G 已经消散,只剩下大片的云带。

2 主要结论

在长江中下游地区存在利于暴雨发生的高低空配置,低空急流的存在使得低涡生成并东移,并输送来了大量水汽,给沿江流域带来降水条件。高空急流则在流场中体现为反气旋式的中心,有利于高层的辐散作用。高空辐散、低空辐合的散度条件与高层负涡度、低层正涡度互耦,促进垂直运动的加强。另外,长江中下游流域假相当位温的高值区的出现配合着 K 指数的大值带的东移与互耦,也是此次强降水过程之所以持续时间长的一个原因。

过程中,通过对红外及水汽卫星云图的分析,发现此次暴雨过程的雷暴单体云团有如下几个特征:(1)多个云团在长江中下游流域出现,并向东移动;(2)在东移过程中多个云团出现了合并、分裂的过程,对相应地区造成了较强降水影响;(3)在西南地区不断有新的云团生成并加入东移过程。配合着西南急流的引导,以及水汽输送带的耦合,云团不断发展,直至东移入海。这一相对连续的过程在此次暴雨过程中起到了极为重要得到作用,形成了极有利的降水条件。

参考文献:

[1] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京:科学出版社, 1980:1-225.

[2] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法[M]. 气象出版社,2000.

[3] 卢敬华. 西南低涡概论[M]. 北京:气象出版社, 1986.

[4] 邹浩. 长江流域中下游梅雨期 500 毫巴环流形势的分析[J]. 气象学报,1964,34(2).