

云南冷锋切变大暴雨过程的环流及水汽输送特征^①

何 华 孙绩华

(云南省气象台,昆明 650034)

提 要

通过对 1980~1991 年在云南出现的 46 次暴雨过程的主要影响系统进行分型,找出造成云南暴雨的主要影响系统,利用美国国家环境预测中心(NECP)再分析资料对暴雨出现次数最多的冷锋切变型的 11 次全省范围大暴雨过程进行合成分析,揭示在冷锋切变环流形势下云南大暴雨发生前后中低层环流、湿度场、水汽输送的演变特征及其与大暴雨发生之间的关系;找出它们的共同特征提取造成云南暴雨的强信号,以期对今后的暴雨预报提供依据。

关键词: 大暴雨 冷锋切变 水汽输送

引 言

暴雨是云南主要灾害性天气之一,尤其是大范围的、极强的暴雨造成的洪涝灾害,严重地影响云南经济的发展。长期以来广大气象工作者在暴雨预报研究中取得了许多成果,我们对云南暴雨的能量收支及湿位涡特征也曾做过初步研究^[1,2]。但是,由于暴雨天气的发生发展是大尺度与中小尺度天气系统相互作用的结果,其形成的机理还有待于进一步认识,因此目前暴雨预报仍是气象预报工作中的难题。过去对云南暴雨发生的温湿和动力条件以及暴雨发生前后大尺度天气系统的环流演变特征及中尺度对流系统的结构都是通过个例分析得到的,缺乏一定的普遍性,因此有必要对相同环流形势下的多个大暴雨过程进行深入细致的研究,特别是研究大暴雨发生前后的中低层环流及水汽变化的特性,以期找出相同环流形势下云南大暴雨发生前后大尺度环流演变和水汽变化的共同特征。本文通过对冷锋切变形势下出现的 11 次大暴雨过程进行合成及个例分析,来探

讨该形势下云南大暴雨过程的大尺度环流演变和水汽变化的结构特征。

1 资料及全省范围暴雨标准

本文采用美国 NCEP 提供的 1980~1991 年 1~12 月逐日的日平均再分析资料,其分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 1980~1991 年 1~12 月全省 125 站的日雨量资料。规定 24 小时内全省须有 22 站或以上的日雨量 $\geq 25\text{mm}$, 其中有 9 站或以上的日雨量 $\geq 50\text{mm}$, 为一次全省范围暴雨天气过程; 24 小时内全省须有 40 站或以上的日雨量 $\geq 25\text{mm}$, 其中有 15 站以上日雨量 $\geq 50\text{mm}$, 为一次全省范围大暴雨天气过程。1980~1991 年期间暴雨过程共出现 46 次, 大暴雨过程共出现 14 次。

2 造成云南暴雨的主要影响系统及出现时段

普查 1980~1991 年 1~12 月云南省出现的 46 次暴雨过程的历史天气图, 按照主要影响系统划分, 将造成云南全省范围暴雨过程的主要影响系统大致分为三类: 第一类是

① 本文由云南省应用基金(2000D91M)及云南省“十五”攻关项目(2001NG43)资助。

冷锋切变型(500hPa 云南为槽前的西南气流或是为槽后脊前的西北气流控制),700hPa 在 25~27°N、101~105°E 附近有一东西向的切变,地面冷锋位于昆明附近;第二类是台风低压型(包括西行台风、孟加拉湾风暴),第三类是两高辐合型(500hPa 及 700hPa 云南均处于西太平洋副热带高压与青藏高原高压之间的辐合区内,地面上在昆明附近往往有弱静止锋存在)。

云南全省范围暴雨过程出现在每年的 5~10 月份之间,其中 7 月份出现次数最多,6 月份次之,5 月、10 月出现次数最少,这个统计结果与以前的一些研究结论是一致的。在所取资料时段内,冷锋切变型出现 31 次,占暴雨总次数的 67%;在 14 次大暴雨过程中冷锋切变型出现 11 次占大暴雨总次数的 80%。可见冷锋切变是造成云南暴雨或大暴雨天气过程的主要影响系统。以下合成分析均以冷锋切变形势下出现的 11 次大暴雨过程为研究对象。

3 大暴雨发生前后 500hPa 大气环流的演

变特征

图 1 为大暴雨发生前后 500hPa 高度场、温度场合成图,其中 -48h、-24h、0h、+24h 分别为暴雨发生前 48 小时、24 小时、暴雨出现时及暴雨过后 24 小时的日平均合成图(下同)。由图 1 可见,云南大暴雨发生前,在太原—西安—成都附近有一长波槽在东南移过程中不断加强,槽后有一温度槽在发展,孟加拉湾有低压槽发展,西太平洋副热带高压经历了一次明显的增强西伸过程(见图 2)。副高的增强西伸一方面阻止长波槽迅速东南移,另一方面使得孟加拉湾低压槽前气流的偏南分量增加。图 2 给出了 11 次大暴雨过程 500hPa 高度场沿 22.5°N 的时间-经度剖面图。由图 2 可见,孟加拉湾低压槽也经历了一次发展东扩的过程,由于孟加拉湾低压槽的东扩,使到达云南的西南气流的偏南风分量加大;大暴雨发生时,长波槽强度最强位于云南境内,孟加拉湾低压槽强度增强;大暴雨过后,上述三个系统的扩展过程趋于减弱,长波槽迅速东移出云南,其后部的温度槽

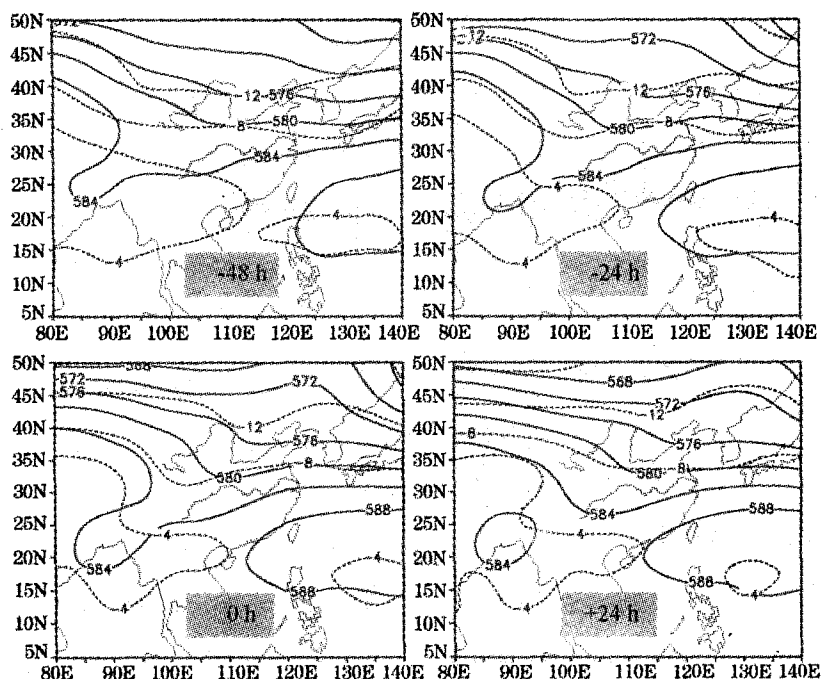


图 1 云南大暴雨发生前后 500hPa 高度场、温度场合成图
实线为等高线,间隔 40gpm;虚线为等温线,间隔 4℃

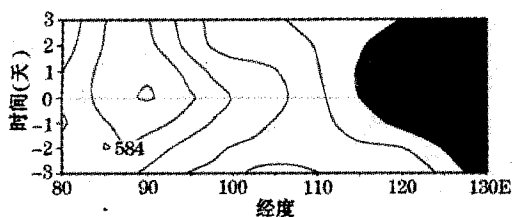


图2 云南11次大暴雨500hPa高度场沿22.5°N的时间-经度剖面图
间隔10gpm,阴影区为位势高度 ≥ 5880 gpm

减弱。

4 大暴雨发生前后700hPa大气环流及地面冷锋的演变特征

由于云南地处低纬高原地区,全省90%的台站的海拔高度在1000m以上,最高的达到3500m以上,所以选700hPa高度层作为云南的对流层低层。图3给出了700hPa 11次大暴雨过程高度场、风场合成场在大暴雨发生前后的演变情况。由图3可见,云南大暴雨发生前对流层低层700hPa上,新疆盆地出现3120gpm高压环流,其东部脊线经历了一次向东南方向扩展的过程,在四川西北部

有一条东西向的切变线,孟加拉湾有一低压槽发展,槽前的西南气流在孟加拉湾—缅甸—云南形成一条强SW风速带,中心最大风速为 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,西太平洋副热带高压增强西伸,地面冷锋位于秦岭—四川盆地之间(图略)。大暴雨发生时,新疆盆地的3120gpm高压环流继续推动其前部的切变线向东南方向移动到达云南境内,地面冷锋位于昆明—哀牢山之间,西太平洋副热带高压继续西伸北抬,其外围的西南气流在贵州—长江中下游一带形成一强SW风速区,与孟加拉湾低压槽前的强西南风速带连在一起。尽管副高外围的西南气流没有直接向云南输送水汽,但由于副高的北抬西伸及孟加拉湾低压槽的继续发展东移,使得孟加拉湾—缅甸—云南的强SW风速带增强(中心最大风速为 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),到达云南境内的气流的偏南风分量加大。偏南风分量的加大使上升运动得以加强^[3]。这条强SW风速带一方面可将南方的水汽不断输送过来,使得未来暴雨区的低层大气增温增湿,积累不稳定能量;另一方面将

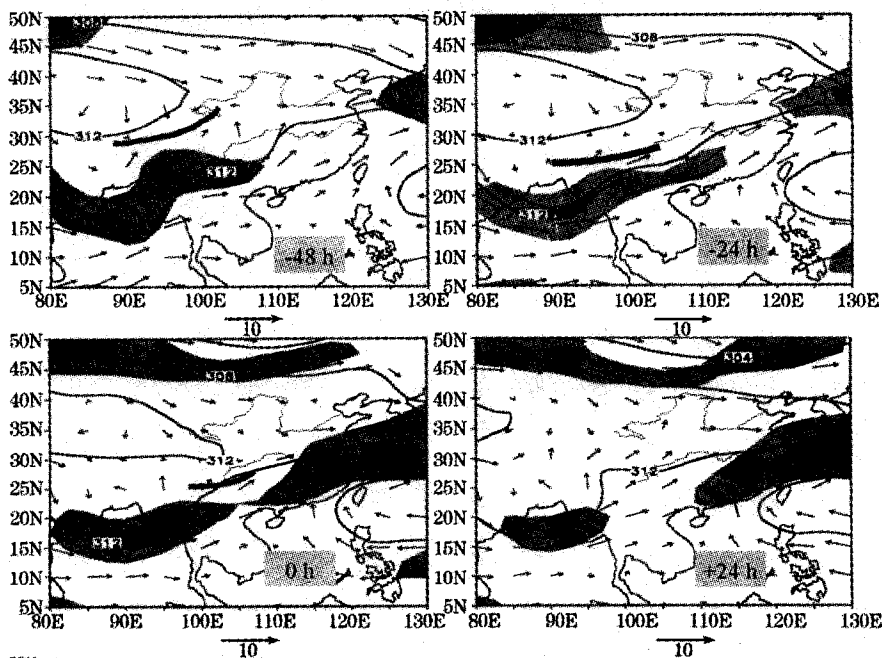


图3 云南大暴雨发生前后700hPa高度场、风场合成图

细实线为等高线,间隔40gpm,浅影区为风速 $\geq 8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,深影区为风速 $\geq 10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,粗实线为切变线

沿着锋面向上滑升,使水汽冷却凝结成雨。此时云南大部地区处于切变线南侧、地面冷锋北侧及低空强 SW 风速的左前方;大暴雨过后,新疆盆地的 3120gpm 高压环流断裂成

两个,一个向西收缩,另一个与西太平洋副热带高压合并控制云南,孟加拉湾低压槽略有减弱,切变线减弱消失,强 SW 风速带断裂成两段范围减小,地面冷锋移出云南。

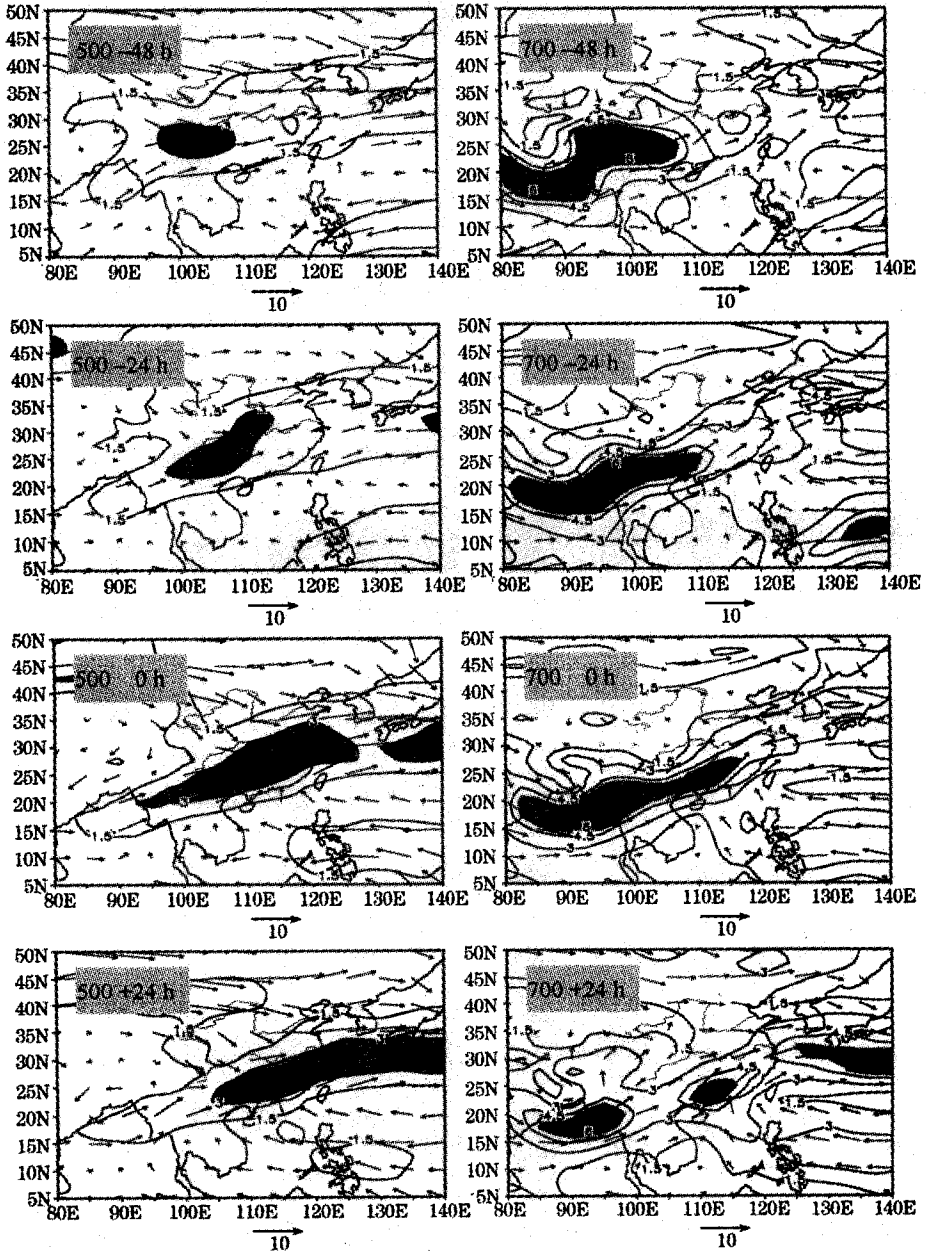


图 4 云南大暴雨发生前后 500hPa(左)及 700hPa(右)水汽通量合成图
 500hPa 浅影区为水汽通量 $\geq 3g \cdot (s \cdot hPa \cdot cm)^{-1}$,深影区为水汽通量 $\geq 4.5g \cdot (s \cdot hPa \cdot cm)^{-1}$;
 700hPa 浅影区为水汽通量 $\geq 5g \cdot (s \cdot hPa \cdot cm)^{-1}$,深影区为水汽通量 $\geq 6.5g \cdot (s \cdot hPa \cdot cm)^{-1}$

5 大暴雨过程中 700hPa 及 500hPa 的比湿特征及水汽输送

文献[4]指出,在相同的上升运动条件下,大气柱中饱和比湿愈大,则降水愈强。从原则上讲,比湿虽小,但只要有较强的上升运动,同样可以降暴雨,而实际上,暴雨的发生都是在饱和比湿达到一定程度以上才能发生。通过对 700hPa、500hPa 大暴雨发生前后比湿合成图分析发现(图略),大暴雨发生前 48 小时到大暴雨发生时,500hPa 云南上空一直维持一比湿 $\geq 4.5\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的大比湿中心,700hPa 云南上空也一直维持一比湿 $\geq 9\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的高比湿中心。暴雨过后,500hPa 云南上空的大比湿中心移出云南,700hPa 云南上空的高比湿中心范围迅速减小。图 4 分别给出了大暴雨发生前后 500hPa(左)700hPa(右)水汽通量及风场合成图。由图 4 可见,大暴雨发生前 48 小时到大暴雨发生时,500hPa 及 700hPa 从孟加拉湾—云南上空为一致的东北—西南走向的水汽通量带,风向为西南风,云南上空的水汽通量值分别为 $3\text{g}\cdot(\text{s}\cdot\text{hPa}\cdot\text{cm})^{-1}$ 及 $6\text{g}\cdot(\text{s}\cdot\text{hPa}\cdot\text{cm})^{-1}$,暴雨发生时,两层的水汽通量值少变,最大水汽通量带迅速向东扩展。大暴雨过后云南上空水汽通量值 500hPa 减小到 $1.5\text{g}\cdot(\text{s}\cdot\text{hPa}\cdot\text{cm})^{-1}$,700hPa 减小到 $3\text{g}\cdot(\text{s}\cdot\text{hPa}\cdot\text{cm})^{-1}$ 。同时由图 4 还可看出造成云南大暴雨的水汽输送多来源于孟加拉湾。

6 结论

通过对云南 1980~1991 年的 46 次暴雨过程的主要影响系统进行分型,并对出现次数最多的冷锋切变型的 11 次大暴雨过程进

行合成及个例分析得出以下结论:

(1)在造成云南暴雨及大暴雨过程的冷锋切变型、台风低压型及两高辐合型环流中,冷锋切变型是造成云南暴雨及大暴雨过程的主要影响系统。

(2)云南大暴雨发生前,500hPa 在太原—西安—成都附近有一长波槽,孟加拉湾有一低压槽。随着大暴雨的临近,长波槽在东南移过程中加强,孟加拉湾低压槽发展东扩,西太平洋副热带高压增强西伸;700hPa 切变线位于 $25\sim 27^{\circ}\text{N}$ 、 $101\sim 105^{\circ}\text{E}$ 之间,地面冷锋位于昆明附近。

(3)云南大暴雨的水汽输送主要来源于孟加拉湾。大暴雨发生前,500hPa 和 700hPa 层从孟加拉湾—云南一直维持一大的水汽通量带及强 SW 风速带,临近大暴雨时,低空强 SW 风速带的增强,对大暴雨的产生起了主要作用。它一方面为未来大暴雨的产生提供了大量所需的水汽,另一方面也使得未来暴雨区的低层大气增温增湿,为大暴雨的发生积累了大量的不稳定能量有利于产生对流不稳定。

致谢: NCEP 资料由云南省气象科学研究所提供,特此致谢!

参考文献

- 1 段旭,孙绩华,汪中兴.暴雨与非暴雨过程涡散场能量收支特征.高原气象,1997,16(2):204~209.
- 2 段旭,李英.滇中暴雨的湿位涡诊断分析.高原气象,2000,19(2):253~259.
- 3 丁一汇.高等天气学.北京:气象出版社,1991:171~188.
- 4 朱乾根,林锦瑞,寿绍文.天气学原理和方法.北京:气象出版社,1983:246~250.

Circulation and Moisture Flux Characteristics at Middle and Lower Levels during Heavy Rains in Yunnan

He Hua Sun Jihua

(Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034)

Abstract

Based on the heavy rainfall in Yunnan province and the reanalysis data(1980 - 1991) of NCEP/NCAR, the mainly systems and the circulation characteristics at the middle and lower levels coupling the heavy rains are discussed. The results show that there is a closer relationship between the evolution of circulation, humidity field and vapor transfer and the heavy rains in Yunnan.

Key Words: heavy rain cold front shear moisture transportation