

长江上游区域性暴雨发生前的中尺度特征^①

陈忠明

缪强

(四川省气象研究所, 成都 610072)

(四川省自贡市气象局)

提 要

通过对长江上游 12 次区域性暴雨发生前数小时至十余小时的探测资料进行合成分析, 揭示了该区域暴雨天气发生前的流场、能量场、水汽场和动力场的中尺度特征。对提高该区域暴雨天气预报质量和长江流域防洪具有积极意义。

关键词: 长江上游 区域性暴雨 合成分析 中尺度特征

引 言

长江上游的区域性暴雨对长江中下游地区洪涝灾害的发生和加重有着重要影响。因此, 长江上游区域性暴雨天气的成因及预报一直为四川、重庆乃至湖北的气象科技人员所重视。过去, 限于计算条件和资料影响, 有关长江上游地区区域性暴雨的个例分析较多, 而有关区域性暴雨发生条件的合成分析还不多见。这对弄清该区域暴雨天气发生的共性条件, 提高其预测准确率是不利的。本文以长江上游发生的 12 次区域性暴雨过程为例, 利用合成分析方法, 对暴雨发生前数小时

和十余小时的环流背景、中尺度影响系统、能量场特征、水汽条件和动力强迫因子进行分析, 揭示了暴雨天气发生前的某些中尺度特征, 为预报该区域暴雨提供重要参考依据, 为长江流域防洪发挥积极作用。

1 个例及合成分析方法

本文所选个例均为暴雨站数在 18 站以上的区域性暴雨天气过程, 所有暴雨过程的主要降水区域都集中在四川省南充、达县两市和重庆市, 其个例概况见表 1。所选个例取 80 年代中后期和 90 年代初, 这主要基于这一时段所收集的资料比较齐备, 便于做合成

分析,其合成雨量见图1。

表1 合成暴雨个例

日期	暴雨发生区域	中心位置	中心强度/mm
1985.06.21	四川达县市,重庆市	合川	89.9
1985.08.20	四川南充、达县市,重庆市	万县	134.8
1985.09.15	四川南充、达县市,重庆市	平昌	158.8
1986.05.18	四川达县市,重庆市	邻水	102.8
1986.05.20	四川南充、达县市,重庆市	铜梁	91.2
1986.07.16	四川达县市,重庆市	云阳	83.8
1986.09.10	四川达县市,重庆市	云阳	116.0
1987.06.28	四川南充、达县市,重庆市	大竹	112.6
1989.07.10	四川南充、达县市,重庆市	梁平	290.4
1990.05.15	四川达县市,重庆市	大竹	109.8
1990.06.24	四川达县市,重庆市	蓬安	81.3
1990.06.30	四川南充、达县市,重庆市	大竹	130.1

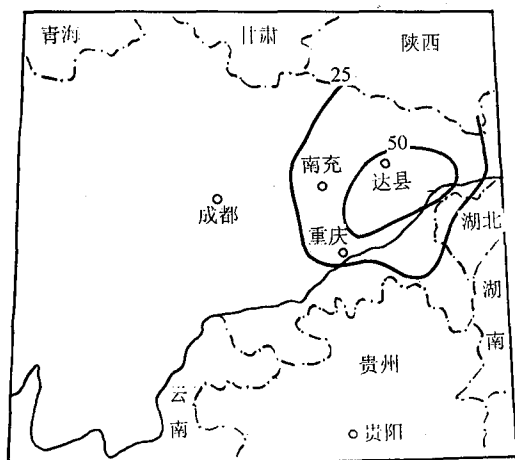


图1 长江上游12次区域性暴雨过程合成雨量

由于本文的主要目的是了解长江上游区域性暴雨天气发生前的主要特征,为暴雨预报提供线索,因此,所有个例均取暴雨日前的08时(北京时,下同)观测资料作为合成分析的资料源。鉴于暴雨区域集中在几万 km² 的范围内,且暴雨中心位置差异不大。因此,本文的合成分析仍以地球坐标的经纬网格为参照系,对每例暴雨过程均取相同的分析区域(20~40°N,95~115°E),分析格距为 0.5°×0.5°,将12例暴雨的同一物理量在相同格点处求算术平均,以此作为合成分析结果。对于

流场,则先将风矢作 u, v 分解,进行标量合成后,再求取流场合成分析结果。此处采用的客观分析方法为文献[1]的省时计算方案。中尺度信息提取采用文献[2]介绍的方案,分析参数为: $C_1 = 4000\text{km}^2, C_2 = 150000\text{km}^2, G_1 = G_2 = 0.3$ 。除了对标准等压面上的高度、温度、湿度、风场进行合成分析外,我们还利用合成分析的格点资料计算了涡度、散度、850与700hPa水汽通量散度和、850和700hPa假相当位温 θ_{se} 及平流 $-V \cdot \nabla \theta_{se}$ 、大气运动非平衡动力强迫因子 $-\nabla^2 E + k \cdot \nabla \times [(f + \zeta) \vec{V}]$ [3],以揭示该区域暴雨天气发生的中尺度能量、水汽和动力学特征。

2 合成结果分析

2.1 区域性暴雨天气发生的背景流场

图2展示了暴雨发生前的500hPa流场

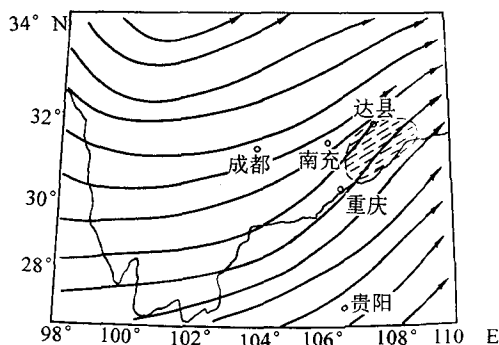


图2a 暴雨发生前500hPa合成流场

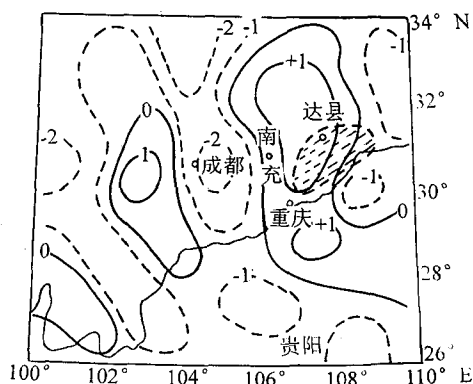


图2b 暴雨发生前合成涡度平流场
(单位: 10^{-9}s^{-2})

及涡度平流分布特征。由图可见,高原东部低槽的存在及其槽前一致的偏西南气流对长江上游区域性暴雨天气的发生是重要的。西南气流上一定强度的正涡度平流向暴雨区输送,有助于激发低层中尺度扰动的发展。因此,高原东侧大尺度扰动的存在(槽线位于 100°E 附近)将是长江上游区域性暴雨天气发生的有利背景条件。

2.2 影响区域性暴雨天气发生的中尺度系统

图 3 给出了暴雨发生前的 850hPa 中尺度滤波合成流场(700hPa 图略)。由图可见,在两层不同的等压面上长江上游均有一水平尺度为 300~500km 的中尺度气旋,两者位置一致,中心近于重合。这表明,它是一个中尺度系统在不同层次上的反映。未来区域性暴雨天气就发生在该中尺度气旋的东部。可见,在长江上游区域性暴雨天气过程中,对流层低层中尺度扰动活动是显著的,它在暴雨天气过程中扮演着十分重要的角色。

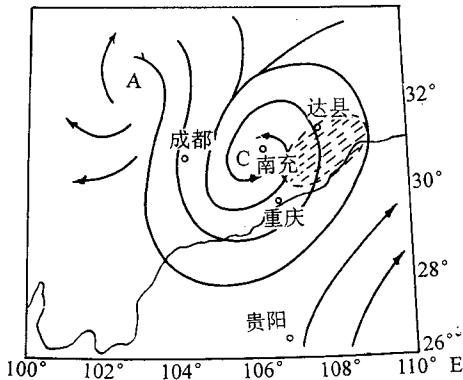


图 3 850hPa 合成中尺度流场特征

2.3 合成能量场特征

图 4a 给出了 700hPa 暴雨天气发生前的合成 θ_{se} 场分布。由图可见, θ_{se} 低能舌位于陇南到川西北地区,高能脊控制着四川东部和重庆市,在未来暴雨发生区北侧有一定强度的假相当位温梯度。850hPa θ_{se} 分布与 700hPa 相似(图略)。从 850hPa 假相当位温平流($-V \cdot \nabla \theta_{se}$)的分布来看,未来暴雨区

上空有较强的暖湿平流,而在其北侧和西侧有较强的干冷平流(图 4b)。这种 θ_{se} 场分布及其平流配置,有利于在川东和重庆市聚集湿斜压不稳定能量,在中尺度动力扰动的激发下,产生区域性暴雨天气过程。这是长江上游区域性暴雨天气发生的一个共有特征。

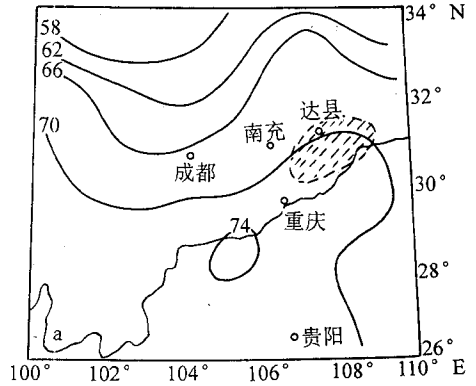


图 4a 700hPa 合成 θ_{se} 场

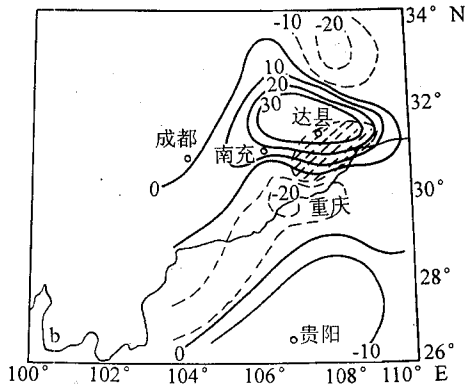


图 4b 850hPa 合成平流场 $-V \cdot \nabla \theta_{se}$ 分布

2.4 合成水汽通量散度场

水汽的聚合是区域性暴雨天气发生的重要条件。图 5 展示了 850 与 700hPa 水汽通量散度和的分布。由图可见,在长江上游的南充、达县和重庆市东部直至陕南的一个较大区域内,均为水汽通量散度负值区控制,负值中心位于达县附近,强度达 $-13 \times 10^{-5} \text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。而在紧邻上游的四川中、西部,则为弱的水汽通量散度正值区控制。未来区域

性暴雨就发生在水汽辐合中心附近的东南部。

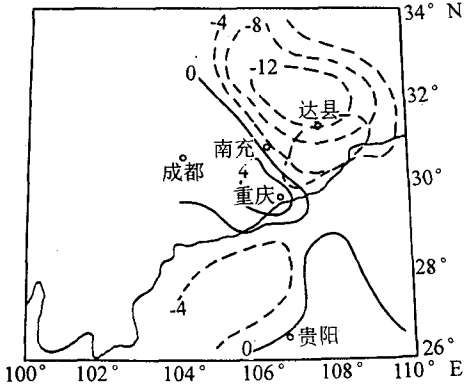


图5 合成的850与700hPa水汽通量散度和分布 单位： $10^{-5} \text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

2.5 非平衡动力强迫特征

文献[3]的研究结果表明,大气运动非平衡强迫是激发暴雨天气的动力机制。且可用非平衡值 $-\nabla^2 E + k \cdot \nabla \times [(f + \zeta) V]$ 的正、负来诊断暴雨天气的发生区域。图6展示了700hPa非平衡值的分布。由图可见,其非平衡值的负值带位于从陕南到贵州北部的南

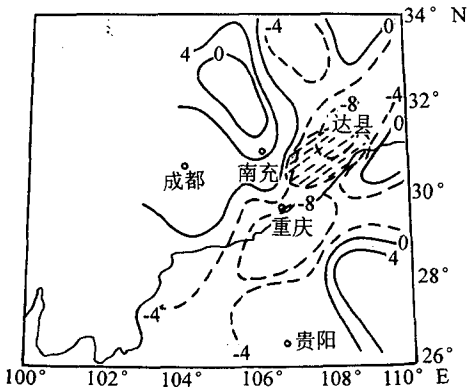


图6 合成700hPa大气运动非平衡值 $-\nabla^2 E + k \cdot \nabla \times [(f + \zeta) V]$ 分布 单位： 10^{-9}s^{-2}

了700hPa非平衡值的分布。由图可见,其非平衡值的负值带位于从陕南到贵州北部的南

北向区域内,南充东部、达县、重庆均为负值区控制,达县附近有一负值中心,强度达 $-9.2 \times 10^{-9} \text{s}^{-2}$ 。此外,其他区域则为非平衡正值区控制。这种非平衡值的分布有利于在南充、达县和重庆激发辐合流的持续增长。未来暴雨就发生在该区域内。可见,这种非平衡强迫对发生在长江上游的区域性暴雨是有指示意义的。

3 小结

通过对12次长江上游区域性暴雨临发生前的多种物理量场作合成分析,揭示了对该区域暴雨天气发生有指示意义的中尺度特征。主要结果有:

①500hPa高原东侧大尺度扰动的存在及其前部一致的偏西南气流是该区域暴雨发生的有利背景条件。

②对流层低层(850和700hPa)中尺度气旋先于暴雨出现在该区域,是长江上游地区发生暴雨天气的一个重要中尺度特征。

③对流层低层长江上游高能舌的存在及其适当的 $-V \cdot \nabla \theta_{se}$ 正平流配置以及较大区域的水汽通量辐合,反映了长江上游区域性暴雨发生的能量和水汽共有特征。

④对流层低层非平衡负值区 $(-\nabla^2 E + k \cdot [\nabla \times (f + \zeta) V] < 0)$ 的存在,是长江上游区域性暴雨发生的重要动力特征。其强迫作用激发的气流辐合持续增强对暴雨区有指示意义。

参考文献

- 1 陈志明. 客观分析的一种高效省时计算方案. 低纬高原天气, 1994, (7): 27~32.
- 2 陈志明. 常规资料获取中尺度气象信息的一种简便方案. 气象, 1994, (7): 39~42.
- 3 陈志明. 大气内部不平衡激发暴雨天气的动力诊断. 科学通报, 1992, (14): 1231.

Mesoscale Features of Heavy Rain in the Upper Reaches of the Changjiang River

Chen Zhongming Miao Qiang

(Meteorological Science Institute of Sichuan Province, Chengdu 610072)

Abstract

The composite analysis of some major physical quantities in a few hours before 12 heavy rains occurring in the upper reaches of the Changjiang River reveals mesoscale features of flow, energy and moisture fields. Analytic results may be applied into prediction of heavy rain in the region.

Key Words: upper reaches of the Changjiang River regional heavy rain composite analysis mesoscale feature