

肖红茹,顾清源,何光碧,等.一次大暴雨过程中高原低涡与西南低涡相互作用机制探讨.暴雨灾害,2009,28(1):14-20

# 一次大暴雨过程中高原低涡与西南低涡相互作用机制探讨

肖红茹<sup>1,2,3</sup>,顾清源<sup>2</sup>,何光碧<sup>3</sup>,王瑾<sup>4</sup>

(1.云南大学资源环境地球科学学院,昆明 650091; 2.四川省气象台,成都 610071;  
3.中国气象局成都高原气象研究所,成都 610071;4.国家卫星气象中心,北京 100081)

**摘要:**对 2007 年 7 月 16—19 日高原低涡东移形成的川渝地区大范围大暴雨过程,利用自动气象站雨量资料、常规观测资料、FY-2C  $T_{bb}$  云图资料和 T213 分析场资料,采用天气动力学和中尺度诊断方法,分析了大暴雨的形成机制。结果表明:此次大范围大暴雨过程是高原低涡诱发西南低涡发展从而形成耦合系统造成的,其垂直上升运动气柱和涡柱的耦合发展与维持是低涡发生发展并产生持续性强降水的动力机制,对流层下部深厚不稳定层结的形成和维持是低涡发展并形成持续对流性降水的热力层结条件。

**关键词:**高原低涡;西南低涡;大暴雨;相互作用机制

**中图分类号:**P458.1+21.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2009)01-0014-07

## 1 引言

位于青藏高原东麓的川渝地区,夏季常因高原低涡东移活动形成暴雨。暴雨是川渝地区夏季主要的灾害性天气之一,常造成山体滑坡、泥石流和洪涝灾害,其中又以高原低涡暴雨和西南低涡暴雨最为典型<sup>[1-4]</sup>。杨克明等<sup>[5]</sup>研究指出,暴雨与高原低涡结构密切相关;顾清源等<sup>[6]</sup>分析一次川西大暴雨成因指出,“北槽南涡”是引起特大暴雨的主要影响系统;陈忠明等<sup>[7]</sup>通过诊断分析认为,高原低涡东部的正涡度平流和负值非平衡强迫与 850 hPa 四川盆地浅薄低涡发生垂直叠加时,两者之间产生耦合作用,导致盆地浅薄低涡和 500 hPa 高原低涡同时发展,四川盆地发生大面积暴雨;段海霞等<sup>[8]</sup>对川渝暴雨的中尺度分析认为,低涡切变线上不断产生的中- $\beta$  尺度对流系统是造成强降水的主要原因,高层强辐散与中、低层强辐合以及强上升运动可能为中尺度对流系统提供有利的动力条件,水汽通量的强辐合以及对流不稳定层的存在可能为中尺度对流系统的发展提供有利的热力条件。

以往的工作对于高原涡引发川渝暴雨的成因及物理机制研究不多,特别是东移的高原低涡与西南低涡相互作用引起的川渝暴雨研究相对较少。2007 年 7 月 16—19 日川渝地区发生的大范围大暴雨过程,就是由高原低涡东移引起的。本文利用自动站雨量资料、常规观测资料、FY-2C 间隔 1 h 的  $T_{bb}$  云图资料和 T213 分析场资料,对这次大暴雨过程的形成机制进行了探讨。

## 2 雨情分析

2007 年 7 月 16 日 04 时(北京时,以下同)至 19 日 20 时的 88 h 内,四川盆地东北部和重庆市(105.00°—107.86°E,29.29°—32.00°N) 约  $7 \times 10^4$  km<sup>2</sup> 区域出现了一次大范围大暴雨过程(以下简称“07.7”川渝大暴雨)。7 月 15 日 20 时至 19 日 20 时川渝地区 96 h 累计降水量分布见图 1。

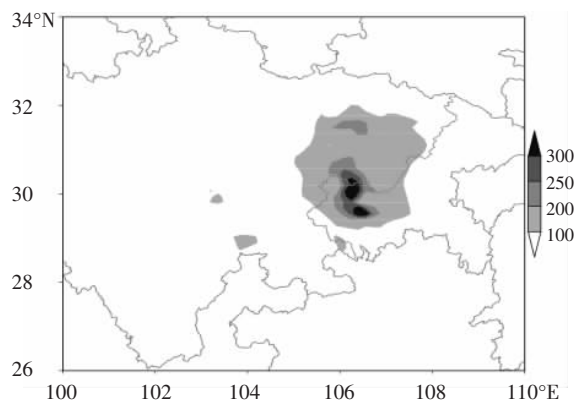


图 1 2007 年 7 月 15 日 20 时至 19 日 20 时川渝地区累计降水量分布图(单位: mm)

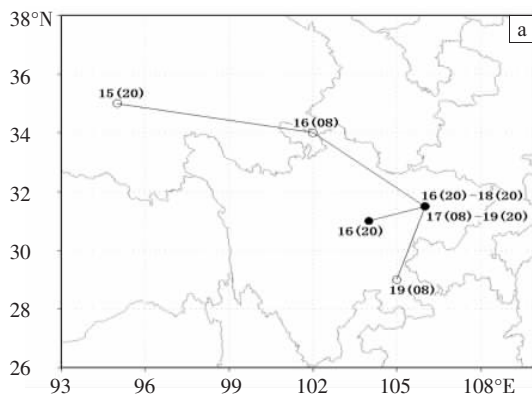
“07.7”川渝大暴雨过程首先于 16 日 04 时从四川盆地遂宁、南充西部地区开始发展,然后略有东移;17—18 日降水在南充、广安、达州和重庆地区持续加强;到 19 日,降水在巴中、达州地区结束。整个过程共有 28 个县(市)过程雨量超过 100 mm,7 个县(市)超过 250 mm,暴雨强中心的重庆市沙坪坝,其过程累计降雨量达 363.5 mm,合川累计雨量达 360.1 mm。四川暴

收稿日期:2008-11-11;定稿日期:2009-01-04

基金项目:国家自然科学基金项目“青藏高原低涡切变线的形成维持机制研究”(40775032)资助

作者简介:肖红茹,女,1976 年生,工程师,主要从事天气预报业务与研究工作。Email: calfdream@163.com

雨强中心位于武胜县,其累计降雨量也达到 297.9 mm。根据日降水资料分析(图略),7月16日强降水主要发生在遂宁和南充西部,遂宁地区的射洪县出现161.1 mm强降水中心;然后,降水区开始东移,7月17日强降水主要在南充、广安和重庆中部到西部,雨带呈南北向,强降水中心有两个,一在武胜县,24 h 累计雨量 2327 mm,二在重庆市沙坪坝,24 h 累计雨量262.9 mm。18日强降水主要在达州、广安和重庆西部,雨带呈西南—东北向,邻水县和合川县分别出现122.6 mm、124.4 mm降水中心。16日20时至18日20时是降水过程稳定、持续阶段,其中以16日20时至17日20时的降水强度最大。19日强降水区缩小到达州和巴中两个地区,强度减弱,暴雨过程趋于结束。



“07.7”川渝大暴雨过程具有来势猛、强度大、持续时间长、降水范围大且集中等特点,造成严重的洪涝与地质灾害,为重庆市 115 年一遇的特大暴雨,创重庆市有气象记录以来之最,该市因暴雨洪涝而水、电、气全部中断,城区交通瘫痪,数十万人出行受阻。

### 3 暴雨过程中高原低涡和西南低涡活动及其东移发展

#### 3.1 高原低涡和西南低涡活动

与“07.7”川渝大暴雨过程密切相关的中尺度系统是两个中尺度低涡,即高原低涡和西南低涡。图 2a 是根据探空资料给出的高原低涡和西南低涡发生、发展动态图。

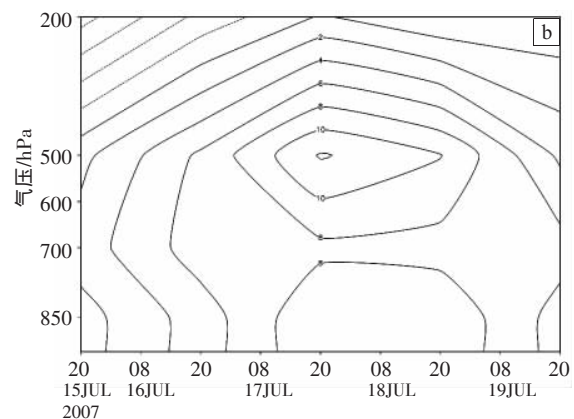


图 2 “07.7”川渝大暴雨过程中 500 hPa 高原低涡(○)和 700 hPa 西南低涡(●)动态图(a)与 15—19 日暴雨区(31°N、106°E)涡度(单位:10<sup>-5</sup> s<sup>-1</sup>)的时间—高度垂直剖面图(b)

高原低涡于 15 日 20 时在沱沱河地区(95°E、35°N)附近生成(图 2a),16 日 08 时东移到合作附近(102°E、34°N),合作出现-3 dagpm 的 24 h 变高中心,此时 700 hPa 四川盆地西南低涡尚未形成;16 日 20 时,高原涡移到四川盆地(106°E、31.5°N)附近,对应 700 hPa 西南低涡在盆地西部(104°E、31°N)附近生成(图 2b),500、700 hPa 成都、重庆、达州三探空站 24 h 变高均为-2 dagpm。高原低涡移到盆地后稳定维持到 18 日 20 时,而西南低涡生成后略往东北方向移动,17 日 08 时在 106°E、31.5°N 附近稳定维持,直到 19 日 20 时该过程结束。从 17 日 08 时开始,高原低涡和西南低涡在四川盆地处于上下垂直叠加状态,低涡发展加强,17 日 20 时达州 500、700 hPa 高度分别降至 579 dagpm 和 303 dagpm,与 15 日 20 时比较,均下降 5 dagpm,也是整个过程当中的最低值。另从暴雨区(106°E、31°N)涡度的时间—高度垂直剖面图上可见(图 2b),高原低涡和西南低涡的耦合结构,17 日 08 至 18 日 20 时,对流层低层到中高层是一垂直涡柱,17 日 20 时涡柱发展最强,存在一个最大中心和一个次大中心,最大中心(12×10<sup>-5</sup> s<sup>-1</sup>)位于 500 hPa,次大中心(8×10<sup>-5</sup> s<sup>-1</sup>)位于对

流层低层。19 日 08 时,高原低涡向西南方移到盆地南部,西南低涡开始减弱,700 hPa 四川盆地内位势高度均在 305 dagpm 之上,对应降水也开始减弱。

#### 3.2 高原低涡东移背景场

“07.7”川渝大暴雨过程开始前的 15 日 20 时,500 hPa 亚欧中高纬地区为“两脊两槽”形势,两脊分别是乌拉尔山高脊和贝加尔湖浅脊,两槽分别是巴尔喀什湖(以下简称巴湖)横槽和东北冷涡低槽,且巴湖以西有冷性截断低涡存在(图 3a)。过程开始后,北支乌拉尔山高压东移崩溃,推动巴湖低槽东移,槽底锋区随之南压,将巴湖地区冷空气源源不断注入高原涡中,促使其东移<sup>[9]</sup>,贝湖浅脊和东北冷涡低槽也快速东移,到 18 日 20 时巴湖横槽和截断低涡已被堵塞、消失。

南亚高压脊线附近的强辐散有利于对流层中低层辐合上升及对流发展。本次过程中对流层高层 200 hPa 南亚高压强大且稳定,控制了整个青藏高原和四川盆地,其脊线维持在 29°N 附近,在南亚高压北侧 35°—50°N 范围为一支较强西风急流(图 3b),急流轴呈准东西向,急流核风速达 50 m·s<sup>-1</sup>。另外,在南亚高压南侧 5°—20°N 范围为一支较弱的东风急流,四川盆地

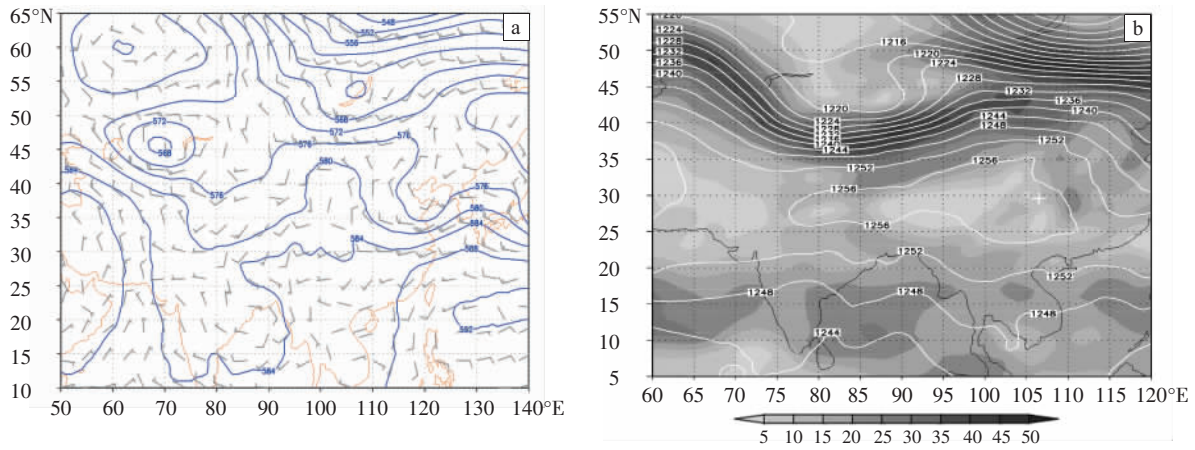


图 3 2007 年 7 月 15 日 20 时 500 hPa 位势高度场与风场(a)以及 200 hPa 位势高度场和风速分布(b)  
(等高线,单位为 dagpm;阴影区所示为风速,单位  $m \cdot s^{-1}$ )

位于急流入口的右侧。500 hPa 槽脊移动将巴湖冷空气注入高原低涡,200 hPa 两支高空急流形成南亚高压的强辐散是促使高原低涡东移的有利环流背景条件。

### 3.3 西南低涡发展的背景场

“07.7”川渝大暴雨期间,西太平洋副热带高压脊线位于  $25^{\circ}N$  附近,588 dagpm 线在过程前位于华东到华南沿海一线(图 3a),则过程开始后便缓慢西伸,到过程结束时位于杭州湾—长沙—海南岛西部海域一线,其西脊点由广东河源西伸到桂林附近,而 584 dagpm

线在过程开始时位于长江沿线,随着 588 dagpm 线西伸,其东段北抬,西段仍位于长江沿线并略南退,过程大暴雨区刚好位于副热带高压 588 dagpm 线西北侧。另外,孟加拉湾丰沛的水汽随着西南季风源源不断向青藏高原东部输送,与北支南下的干冷空气相遇,在川渝地区形成水汽汇合。可见,副热带高压西伸有利于低空急流发展与维持。

低空急流的发展和维持,不仅是暴雨低涡形成和持续的重要动力条件,也是暴雨过程所需水汽的主要

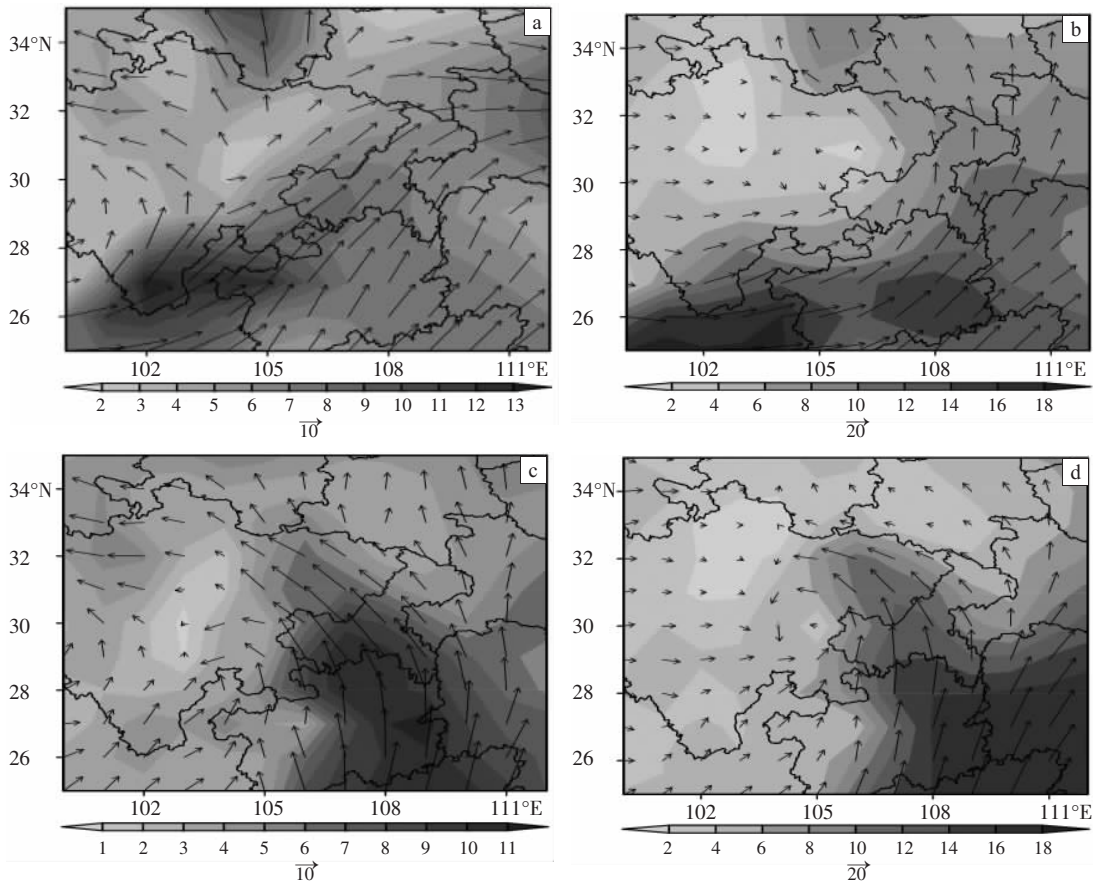


图 4 2007 年 7 月 15 日 20 时(a)、17 日 08 时(b) 700 hPa,以及 15 日 20 时(c)、17 日 08 时(d) 850 hPa 风矢量和风速(阴影,单位:  $m \cdot s^{-1}$ )分布

载体<sup>[10]</sup>。15 日 08 时,700 hPa 四川盆地西南气流开始加强;15 日 20 时,川西高原南部到四川盆地西南急流形成(图 4a),最大风速大于  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,且急流仍在加强,到该过程强盛时的 17 日 08 时,最大风速达  $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,急流区范围从云贵高原一直伸展到华南、华中(图 4b)。同样,850 hPa 在 15 日 20 时从华南到四川盆地形成一支偏南风急流(图 4c),急流不断加强,到 17 日 08 时达最强,急流最大风速为  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,华南到华中均为急流区(图 4d)。低层这种形势一直维持到过程结束,且四川盆地处于急流出口左前方,强盛暖湿气流的维持为低涡在四川盆地生成、发展和维持创造了条件。

#### 4 大暴雨过程中高原低涡和西南低涡相互作用

##### 4.1 暴雨中尺度对流云系

分析“07.7”川渝大暴雨的实况降水特征发现,过

程与对流云团活动关系密切。根据间隔为 1 h 的 FY-2C  $T_{\text{BB}}$  云顶亮温云图资料,过程主要由 3 个中尺度对流云团造成。16 日 02 时,在遂宁西南部生成一个云顶亮温低于  $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$  的中- $\beta$  云团 A(图 5a);03 时,阆中附近也有一个云顶亮温低于  $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$  的中- $\beta$  云团 B(图 5b);到了 05 时,绵阳东部新生一个云顶亮温低于  $-60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  的中- $\beta$  云团 C(图 5c);07 时,A、B、C 三云团合并成一个水平尺度为 300 km 左右的中- $\alpha$  尺度云团,云顶最低亮温降到  $-70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  以下,云顶亮温低于  $-60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  的冷云砧呈椭圆形;12 时,云顶最低亮温小于或等于  $-70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  的冷云覆盖了整个遂宁地区及南充地区西南部(图略),造成射洪县 11—12 时 1 h 雨量达 59.5 mm;5 h 后,该中- $\alpha$  云团减弱南移,南充、遂宁地区的强降雨也减弱,这一时段高原低涡还未移到四川盆地,西南低涡也未形成。

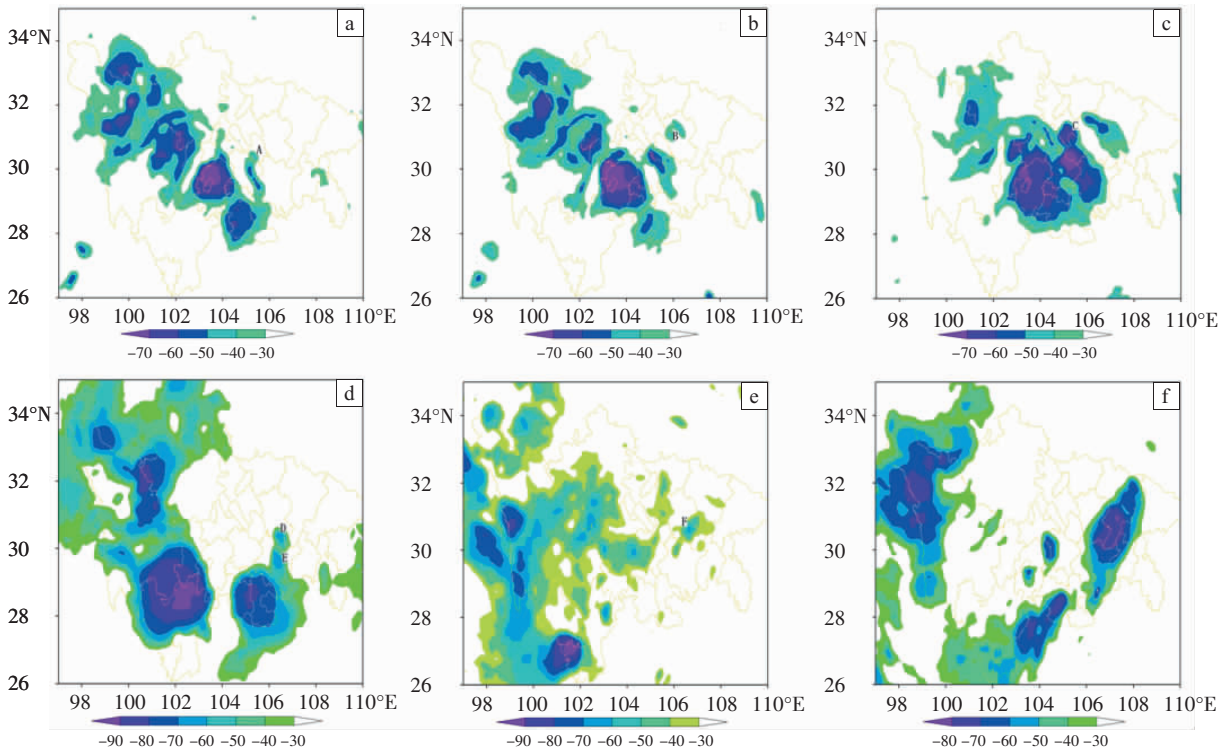


图 5 2007 年 7 月 16—18 日不同时刻 FY-2C  $T_{\text{BB}}$  卫星云图(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

(a) 16 日 02 时; (b) 16 日 03 时; (c) 16 日 05 时; (d) 16 日 22 时; (e) 17 日 23 时; (f) 18 日 04 时

16 日 22 时,在武胜县和重庆市新生两个对流云团 D 和 E(图 5d),先是呈西北—东南向发展成一水平尺度达 550 km 的中- $\alpha$  对流云带,然后纵向收缩;17 日 06 时,云团 D、E 形成一个水平尺度约 250 km 的深对流云团,云顶最低亮温低于  $-90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,云顶亮温低于  $-80 \text{ }^{\circ}\text{C}$  的冷云砧呈准圆形,此深对流云团造成 17 日 06—07 时武胜县 1 h 降雨 61.3 mm,重庆市沙坪坝 07—08 时和 08—09 时 1 h 雨量分别为 438 mm、556 mm,云团维持了 21 h 后减弱消失,造成 17 日南充、广安

和重庆地区强降雨,这一时段冷云中心和强降水中心吻合较好,高原低涡和西南低涡在四川盆地北部形成了耦合系统,强降水中心位于低涡右下方(图略)。17 日 23 时,在广安重新生成一个对流云团 F(图 5e),其呈东北—西南向发展成一条中- $\alpha$  对流云带(图 5f),发展旺盛时云顶最低亮温低于  $-80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,这条云带维持了 18 h,造成 18 日达州、广安和重庆地区强降雨,雨带和云带相一致,位于耦合低涡右下方。因此,中- $\alpha$  对流云团是这次强降雨的原因。

### 4.2 气旋性涡柱和垂直上升气柱耦合作用

图 6 给出“07.7”川渝大暴雨过程前(15 日 20 时)

和过程强盛期(17 日 08 时)从对流层低层到高层的涡度、散度和垂直速度沿 30°N 垂直剖面图。

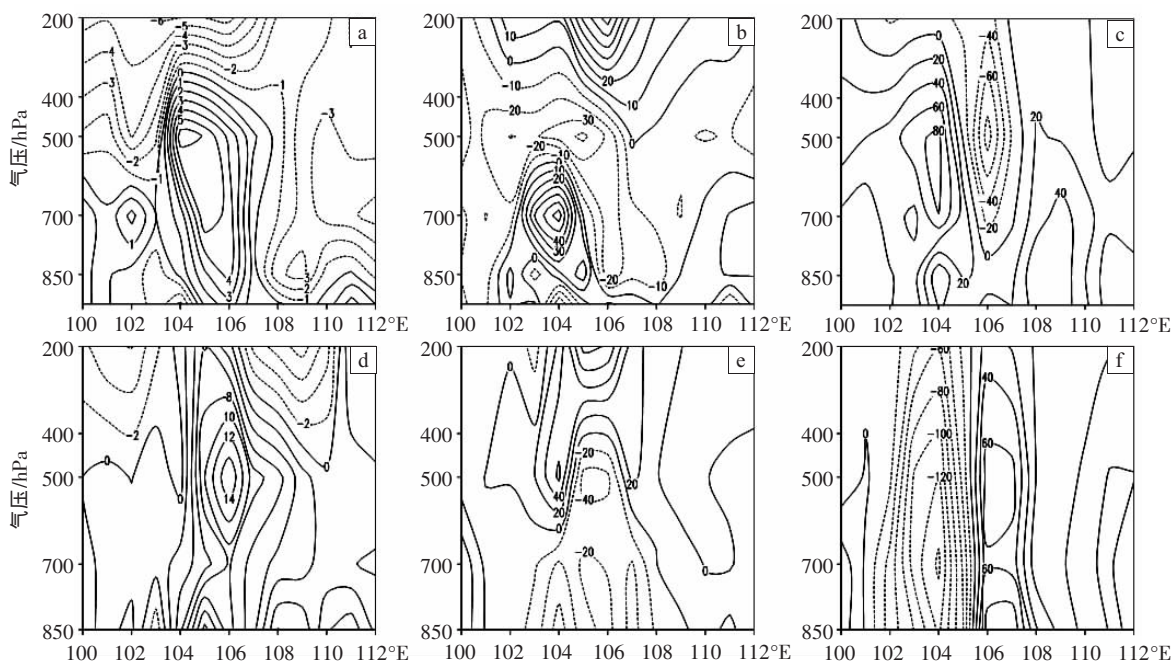


图 6 2007 年 7 月 15 日 20 时、17 日 08 时分别沿 30°N 经暴雨中心的涡度(a、d),散度(b、e),垂直速度(c、f)纬向剖面图  
(单位: 涡度、散度为  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ;垂直速度为  $10^{-3} \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ )

过程前的 15 日 20 时, 四川盆地上空对流层低层到中层存在一弱的涡柱(图 6a), 最大涡度位于 500 hPa, 为  $6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 但以辐散下沉气流为主, 辐散中心位于 700 hPa, 散度值为  $60 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  (图 6b), 700—500 hPa 为一大于  $80 \times 10^{-3} \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$  的下沉气柱(图 6c)。到 17 日 08 时, 暴雨区上空从 850 hPa 一直到 200 hPa 是一个强大涡柱(图 6d), 涡度中心位于 500 hPa, 中心值大于  $14 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 表明高原涡和西南涡处于上下垂直耦合状态, 且上下层涡度差异将形成垂直差动平流强迫, 激发低层的上升运动与气旋性涡度加强, 涡旋系统发展<sup>[7]</sup>; 在散度图上(图 6e), 400 hPa 层之下暴雨区上空均为辐合, 辐合中心也位于 500 hPa 层, 其中心值小于  $-40 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 200 hPa 层上是强烈辐散中心, 其中心值大于  $100 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 低层辐合且是高湿大气层结与高层辐散有利于低涡生成; 在垂直速度图上(图 6f), 四川盆地上空从 850—200 hPa 是一个垂直速度柱, 最强上升速度位于 700 hPa, 其上升速度高于  $-140 \times 10^{-3} \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ , 垂直上升运动气柱在低涡区强烈发展, 上升运动气柱与涡柱具有伴随关系, 在涡柱初始形成时, 上升运动气柱很弱, 其后不断发展, 垂直上升气柱与涡柱的这种耦合过程, 是一种重要的动力机制, 即强烈的上升运动要求低空有强烈的辐合, 而这种强烈的辐合必然导致局地有强正涡度生成, 再通过垂直上升运动输送到高空, 使涡柱继续加强; 此时, 这支强上升气流和两侧的弱下沉气流构成次级垂直环流, 该环流是完成低空和高空水

汽、热量与动量输送、交换和循环所必需的, 这是低涡能在四川盆地长时间维持的原因。

### 4.3 水汽条件

持续性大暴雨须有源源不断水汽输送。“07.7”川渝大暴雨过程期间, 从孟加拉湾到四川盆地西南季风气流很强。图 7a 给出 17 日 08 时 700 hPa 水汽通量( $qv$ )与比湿水平分布图。

从图 7a 中可见, 孟加拉湾是水汽源, 从孟加拉湾到四川盆地是一条水汽通量大值带, 强劲的西南季风将水汽输送到青藏高原东南麓, 水汽环绕山区越过云贵高原输送到四川盆地, 在四川盆地辐合, 印度半岛到四川盆地是比湿为  $11 \sim 16 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  的一个高值带, 且四川盆地是比湿中心, 700 hPa 比湿达  $16 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 850 hPa 比湿更达  $20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (图略)。从比湿垂直结构分布图可见, 在高原低涡东移到四川盆地与西南低涡耦合前, 水汽湿舌不在四川盆地上空(图略); 17 日 08 时, 当高原低涡与西南低涡形成耦合系统时, 对流层中低层在四川盆地存在一深厚湿舌(图 7b), 该湿舌与图 6 中的强上升运动气柱和气旋性涡柱共存, 深厚湿舌、强上升运动与涡柱三位一体的共存结构, 实际上是中尺度对流系统产生积云对流及其对流性降水的一种基本结构。这种结构的形成是西南低涡发展并产生持续暴雨所必须的条件和机制<sup>[10]</sup>。

### 4.4 不稳定能量

大暴雨的发生与高能不稳定大气层结密切相关。

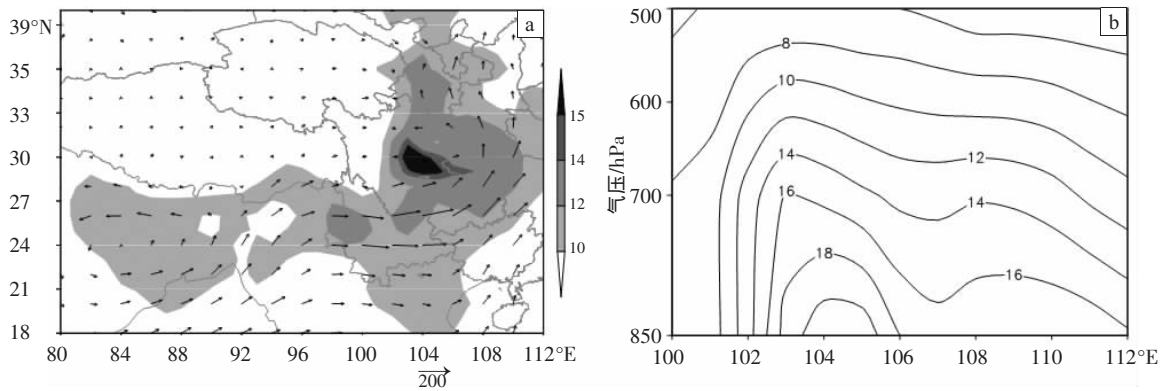


图 7 2007 年 7 月 17 日 08 时 700 hPa 水汽通量(箭头)与比湿(阴影)叠加图(a),以及同时刻沿 30°N 经暴雨中心的比湿纬向剖面图(b) (单位:  $g \cdot kg^{-1}$ )

“07.7”川渝大暴雨过程开始前的 15 日 20 时,500 hPa 青藏高原到川西高原为一片高能区,  $\theta_{se}$  高达 355 K, 体现高原涡暖性结构特征; 到过程强盛时的 17 日 08 时, 这片高能区一直东扩, 囊括整个四川盆地(图略)。而在 850 hPa, 在暴雨发生期间四川盆地都维持高能高湿状态,  $\theta_{se}$  大于 370 K(图略), 低涡正是在这种高能高

湿不稳定大气层结中发展。分析假相当位温经向剖面可见(图 8a、b、c), 西南低涡生成前后四川盆地东部到重庆西部 500 hPa 以下为一高能舌, 大气层结处于对流不稳定状态, 对流层下部深厚的不稳定层结的形成和维持是暴雨低涡产生和对流活动以及对流性降水持续所必须的, 当暴雨结束之后, 大气层结变得稳定(图 8d)。

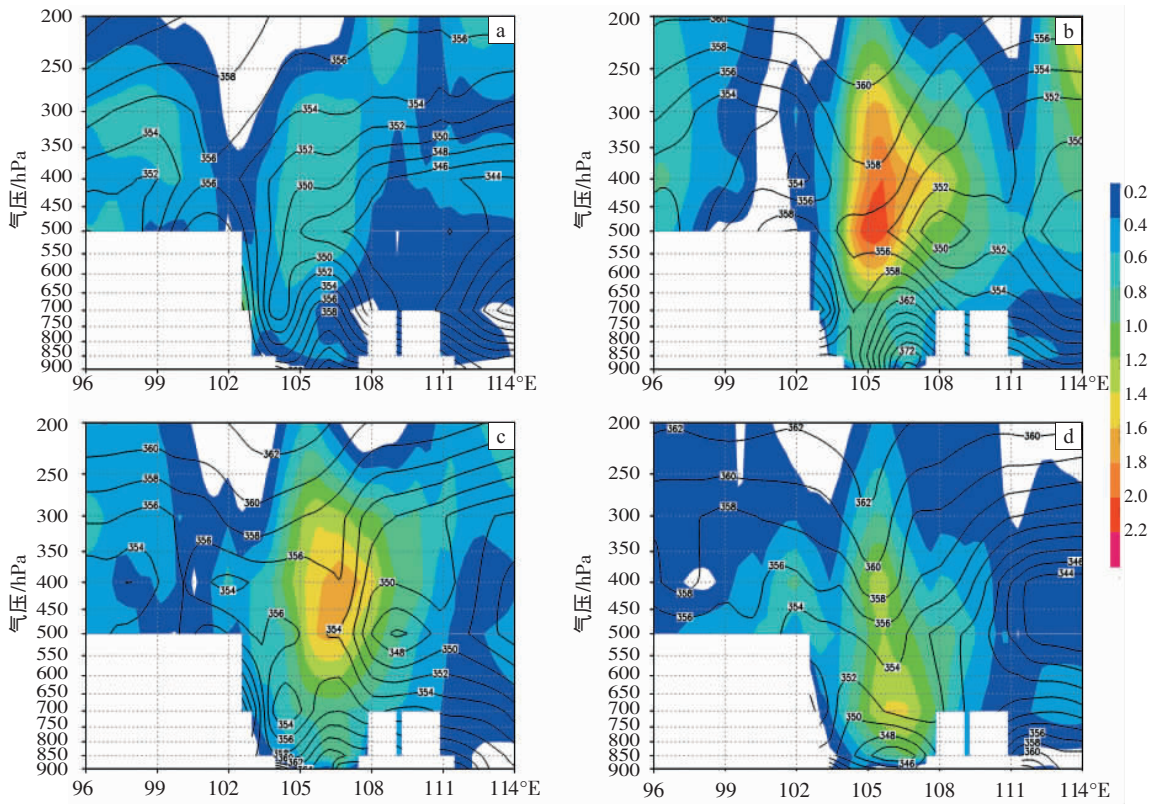


图 8 2007 年 7 月 15—19 日不同时刻沿 30°N 经暴雨中心的  $\theta_{se}$ (等值线, 单位: K)和干位涡(阴影, 单位: PVU)纬向剖面图(500 hPa 以下白色区域代表地形)  
(a) 15 日 20 时; (b) 16 日 20 时; (c) 17 日 20 时; (d) 19 日 20 时

位涡是综合热力、动力的物理量, 有干位涡和湿位涡之分, 干位涡可反映冷空气活动的路径和暖湿气流活动。从“07.7”川渝大暴雨过程前后干位涡的纬向剖面图可见(图 8), 15 日 20 时, 西南涡形成前四川盆地上空为弱位势涡度, 暴雨区上空 600—300 hPa 为

0.6 PVU 的干位涡柱, 强降水尚未开始; 16 日 20 时, 对流层干位涡急剧上升, 暴雨区上空 600—300 hPa 为一大位涡柱, 强中心位于 500—400 hPa, 位涡值达 2 PVU, 其外围等值线向下延伸到 700 hPa, 对应高原低涡东移到四川盆地, 并已产生强降水; 17 日 20 时,

暴雨区上空维持 1.6 PVU 高位涡。由于高层干位涡具有向对流层低层延伸和低层干位涡具有向上伸展的特点<sup>[11]</sup>,当高层干冷空气与低层暖湿气流汇合,加上强烈的低层辐合机制,从而产生强上升运动。这种形势有利于对流不稳定能量储存和释放,并造成强降水。19 日 20 时,对流层高层、低层干位涡减弱,并发生断裂,高、低层干位涡相互作用减弱,对应降水也减弱。

## 5 结论

(1)高原低涡东移诱发西南低涡发生发展,且东移后的高原低涡和西南低涡在四川盆地形成上下垂直叠加状态并相互耦合,造成“07.7”川渝大暴雨过程。

(2)500 hPa 中高纬地区槽脊活动和 200 hPa 南亚高压稳定为高原低涡东移提供了有利环流背景条件;西太平洋副热带高压加强西伸,脊线位于 25°N 附近以及低空急流的维持为西南低涡发展创造了有利的动力条件。

(3)垂直上升运动气柱和气旋性涡柱的耦合发展是高原低涡和西南低涡相互耦合并产生持续降水的动力机制。

(4)深厚湿舌、强上升运动与涡柱三位一体的共存结构,是中尺度对流系统产生积云对流及其对流性降水的一种基本结构,这种结构的形成是西南低涡发展并产生持续暴雨所必须的形式和机制。

(5)对流层中下部深厚高能舌和位涡柱形成是西南低涡能够产生的必要条件,对流层下部深厚不稳定层结的形成和维持是中尺度对流活动持续发展和暴雨低涡产生持续对流性降水必须的热力条件。

## 参考文献:

- [1] 肖递祥,顾清源,祁生秀,等.2007 年 7 月川东北连续 3 场大暴雨过程的诊断分析[J].暴雨灾害,2008,27(3):231-236.
- [2] 钱正安,顾弘道,严宏,等.四川“81.7”特大暴雨和西南涡的数值模拟[J].气象学报,1990,48(4):415-423.
- [3] 宗志平,张小玲.2004 年 9 月 2—6 日川渝持续性暴雨过程初步分析[J].气象,2005,31(5):37-41.
- [4] 顾清源,周春花,青泉,等.一次西南低涡特大暴雨过程的中尺度特征分析[J].气象,2008,34(4):39-47.
- [5] 杨克明,毕宝贵,李月安.1998 年长江上游致洪暴雨的分析研究[J].气象,2001,27(8):9-14.
- [6] 顾清源,康岚,张毅.“95.8”川西大暴雨成因分析[J].成都气象学院学报,1997,12(2):177-184.
- [7] 陈忠明,闵文彬,缪强,等.高原涡与西南涡耦合作用的个例诊断[J].高原气象,2004,23(1):75-80.
- [8] 段海霞,毕宝贵,陆维松.2004 年 9 月川渝暴雨的中尺度分析[J].气象,2006,32(5):74-79.
- [9] 郁淑华,高文亮,肖玉华.冷空气对两例高原低涡移出高原影响的分析[J].高原气象,2008,27(1):96-103.
- [10] 程麟生.“91.7”暴雨低涡发展结构和暴雨机制的中尺度数值模拟[C]//武汉区域气象中心.暴雨·灾害.北京:气象出版社,1997(1):63-69.
- [11] 范可,据建华.位涡诊断在云南夏季强降水预报中的应用[J].高原气象,2004,23(3):387-393.

## Mechanism of the Interaction between Plateau Vortex and Southwest Vortex During a Heavy Rain Event

XIAO Hong-ru<sup>1,2,3</sup>, GU Qing-yuan<sup>2</sup>, HE Guang-bi<sup>3</sup>, WANG Jin<sup>4</sup>

(1. Institute of resource and environment, Yunnan University, Kunming 650091;

2. Sichuan Meteorological Observatory, Chengdu 610072;

3. Institute of Plateau Meteorology, CMA, Chengdu 610072;

4. National Meteorology Satellite Center, Beijing 100081)

**Abstract:** Based on the rain gauge data at automatic weather stations, conventional observations, FY-2C  $T_{BB}$  satellite pictures and T213 analysis data, the genesis mechanism of a large-scale heavy rain process from 16 to 19 of July in 2007 of Sichuan-Chongqing were analyzed by the synoptic dynamics and mesoscale diagnosis methods. The results show that: the occurrence of heavy rain are caused by the coupling system reformed by the Plateau vortex inducing the development of the southwest vortex; the development and persistence coupling system between the vertical ascending motion and the cyclonic vorticity are the dynamic mechanisms for the genesis, development of the vortex and the persistence of the heavy precipitation; the formation and maintenance of the deep unstable stratification in the lower troposphere are the necessary thermal stratification conditions for developing the vortex and reforming the persistent convective activity and convective precipitation.

**Key words:** Plateau vortex; Southwest vortex; Heavy rain; Interaction mechanism