

造成山东不同天气的两个西南低涡异同分析

张 飒 刘志红 张少林

程相坤

(山东省气象台, 济南 250031)

(山东省东营市气象局, 257091)

提 要

1996年6月28—29日和7月3—4日有两次相似的西南低涡东移,造成山东降水的范围和强度却悬殊极大。分析发现:西南低涡影响山东产生天气差异的根本原因在于引导气流、物理机制和热力结构的不同,尤其是引导气流的差异。西南低涡的移向基本上沿引导气流方向,而其发展决定于高空冷暖平流的强弱。给出了西南低涡造成山东暴雨的天气概念模型,对今后预报此类暴雨提供一些参考。

关键词: 西南低涡 引导气流 物理机制 暴雨

概述

700hPa生成于青藏高原的西南低涡,多数对山东天气没有直接影响,但其中约15%左右的西南低涡向东—东北方向移出时,配合产生地面江淮气旋或黄淮气旋,却往往造成山东大范围降水天气^[1]。特别是初夏,西南低涡移出造成山东大范围暴雨的可能性很大^[2]。1996年6月27日08时位于四川盆地的一个西南低涡随高原槽东移出川后,经老河口向东北方向移动进入山东半岛,受其影响,6月28日夜间到29日夜间(简称“96.6”),山东中南部及半岛地区先后出现大一暴雨,过程降水量有32个县(市区)达50mm以上,7个县超过100mm以上,郯城降雨最大,达146.3mm。对此次大一暴雨过程,省台预报与实况基本相符,取得了良好的预报服务效果。时隔不久,7月2日08时,700hPa上在四川盆地再次出现西南低涡,低涡生成位置和前期移动路径与6月28日过程非常相似,其后西南涡经徐州进入黄海,但在西

南涡东移过程中,7月3—4日(简称“96.7”),除鲁南降小到中雨,局部大雨外,山东大部地区没有降水。而自7月2日08时至4日08时我省南部的江苏和安徽两省出现大到暴雨,局部大暴雨。为什么两次相似西南低涡的东移过程,山东降水会出现如此悬殊的差异呢?本文试图通过两次西南低涡影响山东有无暴雨的对比分析,搞清楚产生暴雨的物理机制,以便为今后预报此类暴雨提供一些参考依据和预报线索。

1 西南低涡影响山东有无暴雨的对比分析

1.1 环流形势的主要差异

1.1.1 引导气流的差异

西南低涡东移的根本原因是斜压因子,即高空低槽活动及冷暖平流的作用,而其移向基本遵循引导气流原理^[1]。通过分析“96.6”和“96.7”两次西南低涡过程的环流形势,发现两次过程的引导层500hPa形势存在着很大差异。

由图1的500hPa环流形势可以看出,

两次过程的形势有类似之处,但通过其前期的演变分析发现,西风带槽脊及副热带高压的变化差异较大。“96.6”西南低涡过程前,由于西风带小高压并入副高西伸脊内,副高加强北跳。28日08时,副高588线北沿达32°N,脊线位于25°N(图1实线),与此同时,西风带环流形势由纬向型向经向型转变。27日20时,我国东北至雅库茨克形成阻塞高压。原位于威海地区的高压脊发展东移至我国新疆地区。脊前低槽发展,由于温度槽落后于高度槽,西风槽东移不断发展,其南端延伸至35°N附近。此时青藏高原有南支槽移出,槽前有大片负变高区,高原槽东移发展。由于北支槽与南支槽结合加深东移,28日08时,西风槽和副热带高压之间形成一支较强的副热带急流,急流轴线位于重庆、宜昌、徐州、青岛一线,急流中心位于胶东半岛上空,其风速为 $22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,与之对应的700hPa西南涡移至老河口附近,正处于500hPa槽前,有利于西南低涡的发展,并沿引导气流迅速向东北方向移动,影响山东省。

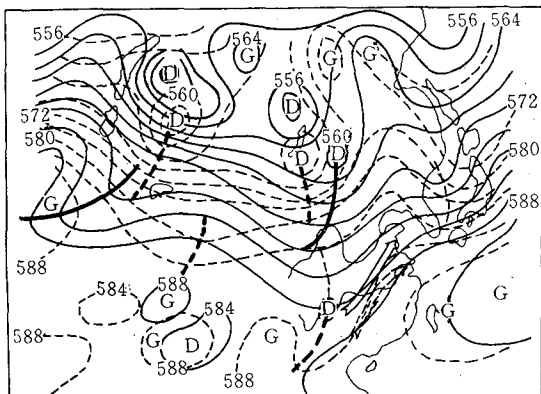


图1 1996年6月28日08时(实线)和7月3日08时(虚线)500hPa形势
双矢线:急流轴线

而“96.7”西南低涡影响前,7月2日08时,西西伯利亚到巴尔克什湖和蒙古到青

海湖分别为两个低槽区,由于两槽相距太近,不利于位于其间的新疆地区高压脊发展,同时其下游西风槽对应一个温度脊,槽后无冷空气补充,低槽南端出现大片正变高区,这预示着槽东移过程中将减弱。3日08时,低槽移至河套地区,其南端减弱十分明显,同时高原上也无低槽东移,却被大片正变高区覆盖,自青藏高原到长江口均为偏西气流控制。此时副高虽然北抬,588线达33°N,比“96.6”过程偏北1个纬距,但副热带急流轴线却偏南,位于南宁、长沙、杭州一线(图1虚线)。急流轴风向自南向北顺转,且由于河套地区西风槽较弱,同样位于老河口的西南低涡正位于副热带急流左侧的偏西气流里,其上空的正涡度平流较弱,不利于低涡发展。在500hPa偏西气流的引导下,低涡向偏东方向移动。

1.1.2 西风槽和西南涡配置上的差异

分析“96.6”和“96.7”两次过程700hPa高度场和温度场发现,冷暖空气的强弱和南北两支系统的配置截然不同。“96.6”过程,北支系统上温度槽落后于高度槽,槽后有冷平流输送,北支槽东移加深。28日08时到达满洲里、呼和浩特、平凉一线(图2a),槽后有冷中心配合,此时的西南涡位于老河口,中心为3080gpm,从而构成“北槽南涡”的形势^[1],但此时低涡仍是暖性结构,对应有12℃的暖中心配合,其降水主要分布在低涡附近,山东降水还未开始。28日08时低涡移到驻马店,其前部西南急流进一步加强,到20时最大风速由 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 增至 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,急流伸展到35°N,低空西南急流引导暖湿空气北上,位于华北的北支槽携带的冷空气从低涡后部侵入与其汇合,北槽南涡结合,从而进一步加强了低空锋区和动力辐合。而“96.7”过程中,7月3日08时,西南低涡同样位于老河口,但北支槽却明显偏北,位于赤塔、呼和浩特、银川一线,高

度场和温度场几乎重合，温度平流较弱，北支槽东移过程中明显北缩。同时青藏高原北部的高压迅速东伸，在北支槽和西南涡之间形成一条东西向的高压带(图2b)，由于北支槽位于高压带以北，不能与西南涡结合，低涡只能沿切变线东移。尽管低涡前部也有一支低空西南急流，急流轴最大风速也基本相等，但急流轴北端较“96.6”过程偏南2个纬距，且风向自南向北顺转，由南—西南风转为偏西风，暖湿空气主要输送到江淮流域，主要雨带出现在33—35°N，山东南部仅出现小—中雨。

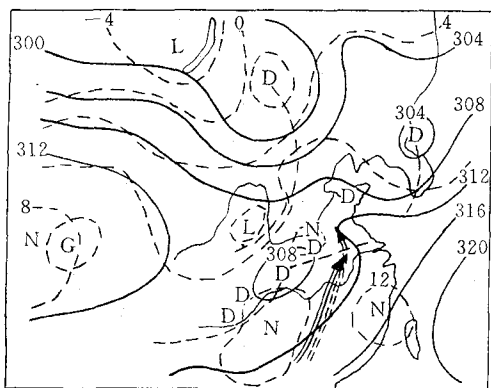


图2a 1996年6月28日08时700hPa形势
实线：等高线，虚线：等温线，
实矢线：急流轴，虚矢线：未来12小时急流轴

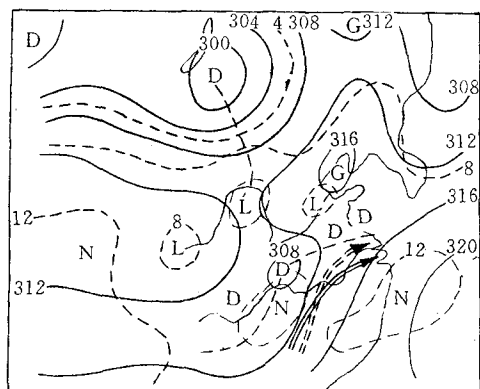


图2b 1996年7月3日08时700hPa形势
说明同图2a

在两次过程中，与西南涡相对应，地面上均有气旋生成，但是气旋生成的机制却各不相同。“96.6”过程中，由于500hPa北支槽与高原槽合并东移，带动700hPa西南涡也沿着切变线向偏东方向移出，促使西南涡与西风槽结合，槽后冷空气侵入到低涡后部，此时低涡前部的低空偏南急流加强北上，暖湿空气向北输送，使低空锋区大大加强，相应地面倒槽开始发展。当北槽南涡结合后，河套冷锋进入倒槽。28日08时，冷锋与倒槽前部暖锋相接，形成气旋。而在“96.7”过程中，高空低槽东移减弱北缩，高原低槽较弱，西南涡始终沿江淮流域的切变线东移，对应地面的东伸倒槽内有静止锋配合。当西南涡沿切变线东移时，正涡度平流加强，地面静止锋上产生扰动而生成气旋波。以上分析表明：前一类气旋由于北支锋区较强且逐渐南压，北支槽与高原槽合并发展，冷暖平流和高空涡度平流都较强，有利于气旋强烈发展，造成较大范围的强降水。而后一类气旋则相反，高原槽东移减弱，西南涡沿切变线东移，冷平流和高空涡度平流很弱，主要是由于暖平流的加强引起地面降压，故气旋不发展，降水范围较小，强降水仅集中在气旋中心北侧较狭小的区域。

1.2 能量对比分析

通过对850hPa的能量形势及其演变进行分析发现：6月28日08时(图3实线)，东北—西南向的高能舌自长江流域伸向胶州湾，高能轴线位于芷江、汉口、赣榆一线，高能舌北侧的能量锋区正位于山东中南部和半岛地区上空，锋区东南侧为暖湿气团控制，其后部有干冷空气侵入，暴雨就发生在能量锋区上。暖湿气流也源源不断向山东南部及半岛地区输送，从 $\Delta T_{.24}$ 的水平分布可以看到：大片的 $T_{.24}$ 正值区覆盖山东省中南部和半岛地区上空，中心轴线位于阜阳、徐州、成

1.1.3 气旋生成机制的差异

山头,其中成山头和徐州分别增加7℃和10℃。这说明大量的能量正向山东南部 and 半岛地区聚积,为该地区提供了充足的暖湿空气。而“96.7”过程中,高能舌呈东—西向,

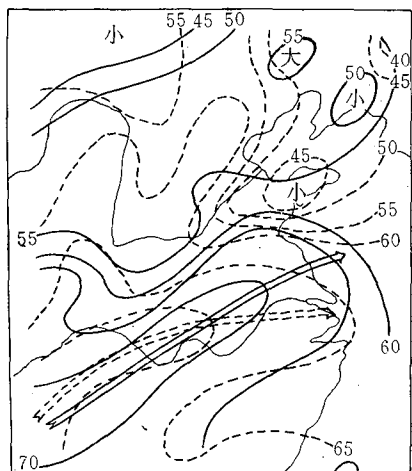


图3 1996年6月28日08时(实线)和7月3日08时(虚线)850hPa总温度分布
 矢线:高能轴线,单位:℃
 控制江淮流域,轴线位于宜昌、汉口、南京一线,自东北伸向山东的低能舌前端到达郑

州附近,能量锋区位于35°N以南。能量的24小时变量差异也较大,济南、青岛、成山头均为负值。济南最大为-17℃,只在徐州以南为正变量,这表明暖湿空气不断地向江淮流域上空输送,所以降水区偏南。

1.3 有无暴雨热力结构差异

为揭示西南低涡影响山东有无暴雨的热力结构,我们选取低涡前部沿东南至西北方向作垂直剖面图,对两次过程的热力结构作一比较。图4a是28日20时的垂直剖面,图中可以看出,在对流层中下层有两个 θ_{se} 低值区,分别位于济南以北和南京以南,其间徐州附近为一深厚的 θ_{se} 高值区,徐州以南地区低层有 θ_{se} 高能舌向北伸展,说明低空西南急流携带暖湿空气不断向上输送。等 θ_{se} 密集带位于济南到徐州之间,且有明显的高空锋区配合,与高空锋区相联系的地面冷锋从低涡后部侵入。当暖湿空气北上与冷空气相遇时,沿锋区爬升而造成山东南部暴雨出现。

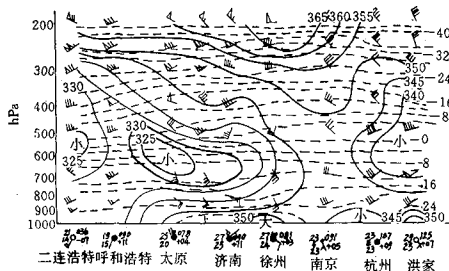


图4a 1996年6月28日20时东南—西北向垂直剖面图
 实线:等 θ_{se} 线,虚线:等温线,粗虚线:高空锋区

在7月3日08时的垂直剖面图上(图4b), θ_{se} 的分布与上次有类同之处,在对流层中下层也有两个低值区,分别位于徐州以北和杭州以南,但北部的 θ_{se} 低值区明显偏南,整个山东均为低值区控制,而且 θ_{se} 高值区位于南京附近,其以南的低层为一个低值区,这说明暖湿空气的输送较上次明显偏弱。

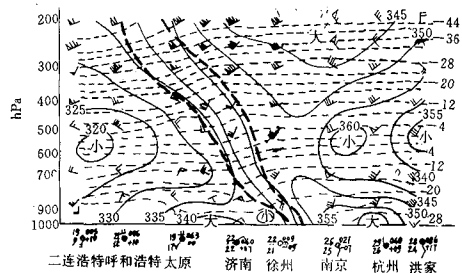


图4b 1996年7月3日08时东南—西北向垂直剖面图
 说明同图4a

另一个显著的差异是无高空锋区存在,表明并无冷空气南下,降水主要是由低涡本身携带的暖湿空气北上在切变线附近辐合上升而产生的。故降水范围小,强度弱,这是山东南部无暴雨出现的主要原因。

2 西南低涡影响山东暴雨的天气概念模型

通过上述分析发现,西南低涡影响山东

所产生的天气差异，主要在于引导气流、物理机制、热力结构上存在着显著差异，尤其是引导气流的差异。为此我们以6月28日夜间到29日的暴雨天气过程为例，给出西南低涡造成山东暴雨天气概念模型（图5），以便对今后的实际预报有所启示。

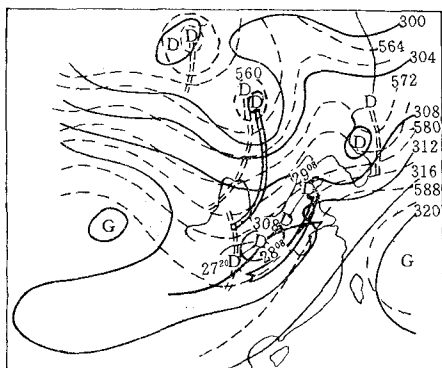


图5 1996年6月28日夜间—29日西南低涡影响山东综合形势图

实线：700hPa等高线，虚线：500hPa等高线。
双实线：700hPa槽线，双虚线：500hPa槽线。
双箭头：500hPa急流轴

2.1 500hPa图上，副热带高压与西风带长波脊结合形成强而稳定的高压带控制着华东沿海地区，脊线位于25°N附近；北支槽与高原低槽合并发展移到河套南部地区，副热带

高空急流建立并北伸到胶东半岛，轴线位于重庆、汉口、青岛。

2.2 700hPa图上，北支槽移到河套东部，西南涡位于北支槽槽底的东南方，形成北槽南涡结合的形势，西南涡与北支槽结合后强烈发展向东北方向移动，移动路径与500hPa急流轴线一致，低涡中心未来24小时移至500hPa急流轴风速最大的青岛附近。

2.3 在西南涡前部有一支西南低空急流，并不断加强北上，急流中心向东北发展，风速加大，为暴雨的发生提供了丰沛的水汽。

2.4 地面西南倒槽开始发展，地面冷锋移到河套地区。北槽南涡结合后，河套冷锋进入倒槽，与倒槽前部的暖锋相接产生气旋，气旋发展并向东北方向移动，造成山东暴雨和大风天气。暴雨落区主要在山东南部 and 胶东半岛地区。

致谢：本文写作过程中得到朱官忠老师的指导，在此表示感谢。

参考文献

- 1 曹钢锋等. 山东天气分析与预报. 北京: 气象出版社, 1988.
- 2 朱官忠等. 影响山东的西南低涡的统计分析. 山东气象, 1994 (1).

Comparative Analysis of Two Southwest Low-vortices Causing Different Weather in Shandong

Zhang Sa Liu Zhihong Zhang Shaolin

(Shandong Meteorological Observatory, Jinan 250031)

Cheng Xiangkun

(Dongying Meteorological Observatory, Shandong Province)

Abstract

There are two similar southwest low-vortices moving eastward on June 28—29, 1996 and July 3—4, 1996, but causing large difference in coverage and intensity of precipitation in Shandong. Study on it shows: the basic reasons that southwest low-vortices cause different weather in Shandong are the differences of steering flow, physical mechanism and thermal structure, esp. the difference of steering flow. The movement direction of the southwest low-vortices is decided by the steering flow, but the development is decided by the intensity of aerological thermal advection. The weather pattern of rain gust in Shandong caused by southwest low-vortices is given. The results give us some references in the operational forecast.

Key Words: southwest low-vortex steering flow physical mechanism