

The Diagnostic Analysis of a Strong Precipitation Weather in Aletay Area of Xinjiang in the Winter of 2009

Songzhu Bai¹, Xinjun Qu², Xinyu Li¹

¹Aletay Meteorological Observatory, Aletay

²Bortala Mongol Autonomous Meteorological Bureau in Xingjiang, Bole

Email: bai-1009@163.com

Received: May 17th, 2014; revised: Jun. 20th, 2014; accepted: Jun. 27th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

By using conventional observation data, T639 model products and astronomical power data, this paper makes a diagnostic analysis of a strong precipitation happened in Xinjiang Aletay from 5 November to 6 November 2009. It points out the region's strong precipitation vapor path and transmission mode that affect the strong precipitation weather, and the relationship between the energy tongue and energy front. In the end, this weather process was diagnosed by using astrodynamical analysis method, which gets a deeper understanding of the mechanism of developing strong precipitation weather in the north of Xinjiang, particularly the Aletay area; it is very significant to reduce and prevent the disaster.

Keywords

Strong Convection, Vapour Transport, Astronomy Tide-Generating Force, Dynamical Construction

2009年入冬新疆阿勒泰地区一次大降水过程的诊断分析

白松竹¹, 屈信军², 李新豫¹

¹新疆阿勒泰地区气象局, 阿勒泰

²新疆博州气象局, 博乐
Email: bai-1009@163.com

收稿日期: 2014年5月17日; 修回日期: 2014年6月20日; 录用日期: 2014年6月27日

摘要

本文利用常规观测资料、T639数值产品以及天文动力等资料, 对新疆阿勒泰地区2009年11月5~6日强降水天气过程进行了诊断分析。指出了影响该地区大降水的水汽路径和输送模式, 以及大降水与高能舌、能量锋的关系, 最后用天文动力结构分析方法对此次大降水天气进行了天文动力结构诊断分析, 从而进一步加深了对阿勒泰地区大降水天气发生发展的动力机制的认识, 对防灾减灾具有重要意义。

关键词

大降水, 水汽输送, 天文引潮力, 动力结构

1. 引言

阿勒泰地区位于新疆最北部, 准葛尔盆地北沿, 地形复杂, 有高山丘陵、河流湖泊、沙漠戈壁, 整个地势东北高, 西南低, 自东北部向西南至额尔齐斯河和准葛尔盆地急剧倾斜。北部到东部是阿尔泰山脉, 呈西北东南走向, 西南部为萨吾尔山脉, 呈东西向; 在阿尔泰山和萨吾尔山之间, 是横贯该地区五县的额尔齐斯河和乌伦古河; 南部为准葛尔盆地和盆地北沿的戈壁沙漠。该地区属北温带大陆性寒凉气候, 四季分明; 气温年、日较差较大; 雨热同季。冬季严寒漫长, 多积雪; 夏季短暂温暖多雨; 春季多风, 气候干燥, 气温回升不稳定; 秋季凉爽。

庄晓翠等[1]统计了阿勒泰地区积雪、降雪特征, 指出从9月到次年5月阿勒泰地区就有积雪、降雪产生, 主要发生在11月至次年3月; 积雪初日一般在10月下旬。2009年初冬, 阿勒泰地区气温偏高, 11月5~6日出现了历史同期罕见的暴雨天气过程, 这次天气主要特点是: 持续时间长、降水量大、范围广。根据新疆降水标准, 阿勒泰地区普降中雨, 其中哈巴河、富蕴为暴雨, 青河为暴量的雨夹雪(表1)。这次天气过程在6日表现最为明显, 日降水量富蕴、青河均突破1961年以来11月份的日降水量极值, 哈巴河居历史同期第三位。本文主要利用2~6日常规高空图和前一日20时T639产品, 对本次大降水天气过程进行了分析。

2. 高空环流背景和天气系统演变

图1为国家气候中心网站计算的2009年11月上旬北半球500 hPa环流距平图, 由图1可见, 2009年月上旬东欧是脊区, 伴有80 gpm的正距平中心, 长波槽位于西伯利亚, 伴有-40 gpm负距平, 说明西伯利亚极涡较常年偏强, 东欧脊偏强, 脊前的西北气流引导极地强冷空气东南下影响新疆。位于西北太平

Table 1. The precipitation in Aletay area occurred on 5-6 November 2009
表1. 2009年11月5~6日阿勒泰地区降水量

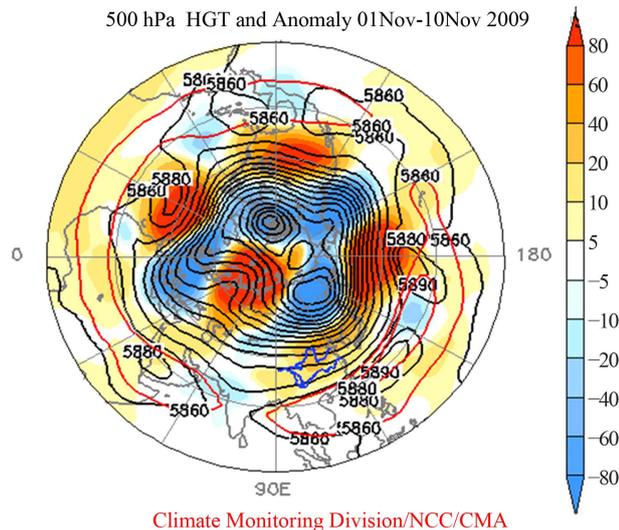
	哈巴河	吉木乃	布尔津	福海	阿勒泰	富蕴	青河
5日	9	4	2.4		6.1	0.4	2.7
6日	18.6	8.1	11.6	3.8	10.8	26.4	25.8

洋的高压脊阻挡了极涡的东移，从而使西伯利亚极涡维持，阿勒泰处于其底部强锋区中。

11月5~6日发生在阿勒泰地区的强降水天气的主导系统是北欧到乌拉尔山的高压脊，影响系统为西伯利亚地区深厚的冷低涡，控制系统为200百帕中低纬的南支高压系统以及在南亚地区形成的低压槽。

2日到4日，在200 hpa上，欧亚范围内维持明显的南北支反位相叠加，北支上欧洲和中东西伯利亚地区为明显的低值活动区，西西伯利亚到新疆北部地区为强盛的高压脊区，南支上伊朗高原南部和中南半岛地区维持高压带，中亚到印度半岛地区为明显的低槽活动区。对流层顶形成北高南低的高度场配置，在北疆及上游地区对中低层水汽的有效积累和辐合上升具有积极地促进作用。

在500 hpa上(图2)，受对流层顶大环流的形势的引导，极涡冷空气沿新地岛不断南下到乌拉尔山及



Climate Monitoring Division/NCC/CMA

(彩色阴影区为距平场，等值线为平均场，红色粗等值线为气候平均值的588线)

Figure 1. The 500 hPa geopotential height and its anomaly in the Northern Hemisphere in the first ten-day period of November, 2009 (unit: dagpm)

图 1. 2009年11月上旬北半球500 hPa高度场和距平场(单位: dagpm)

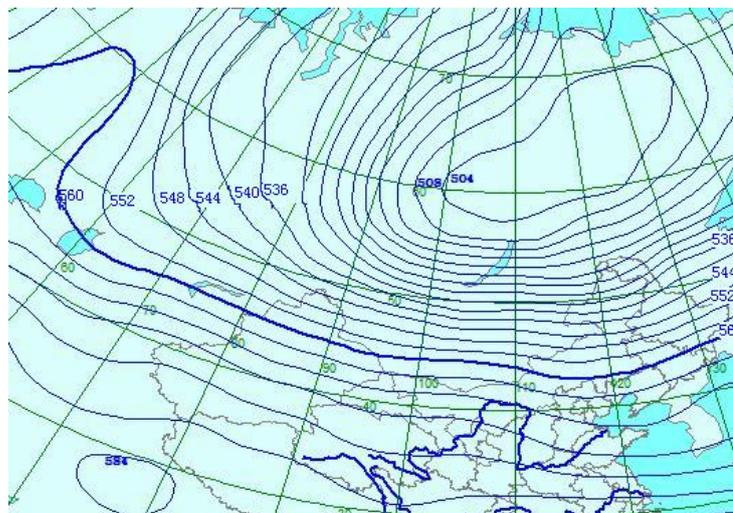


Figure 2. 500 hPa geopotential height field at 08:00 on November 6th

图 2. 11月6日08时500 hpa位势高度场

西西伯利亚一带,使西伯利亚强冷空气中心反时针旋转,西退南压。低涡后部的偏北风带引导极地冷高压从北欧地区南下,与伊朗高压打通并推动部分正变高东移,填塞中亚及南亚地区低槽后,使暖热空气北抬东移,为中低层充沛的水汽提供移动的能量通道。11月5日到6日,当北方冷槽底部西退南下到巴尔喀什湖开始东移进入北疆地区时,与阿尔泰山共同作用,造成阿勒泰地区强盛的降水天气。

从850 hpa上,11月1日到4日中亚地区始终维持一个强盛的暖热中心,5日08时开始,暖热中心分裂东移进入北疆盆地北部,同时北方冷空气整体南压,直到6日20时零度线南压到阿勒泰地区南部,阿勒泰各县市先后进入明显的降水天气时段。

从风场的变化中发现5日20时,850~500 hpa从巴尔喀什湖到塔城有一条东北-西南向的切变线,切变线北侧为冷平流,南侧从伊犁到阿勒泰为暖平流;6日08时500 hpa北疆到敦煌为 ≥ 20 m/s的低空急流区,850 hpa在塔城-阿勒泰有一中 α 尺度切变线,阿勒泰地区处在中尺度切变线前部的偏南气流控制中。可见,500 hpa的低空急流和850 hpa中 α 尺度切变线是此次大降水的主要影响系统。

3. T639 物理量场的诊断分析

利用 $0^{\circ}\text{N}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 、 $40^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 范围内,500~850 hPa T639数值预报 $1.125^{\circ}\times 1.125^{\circ}$ 客观分析及其6 h、12 h预报场进行诊断分析。

3.1. 水汽条件分析

水汽条件是影响强降水发生的关键物理量,本文取相对湿度 $\text{rh} \geq 90\%$ 作为湿度饱和区,湿层越厚,降水越强,湿层厚度可作为降水预报的指标之一[2]。分析此次阿勒泰地区大降水上空T639产品的相对湿度垂直剖面图发现(图3),从11月5日20时至6日14时,大降水区上空有着深厚的湿层,湿层高达300 hpa。

大降水的形成除高空具有深厚的湿层外,还需要有水汽从源地通过大规模水平气流不断地输送到降水区并在该地区汇集,一般其输送量大小用水汽通量表示,水汽辐合强度用水汽通量散度表示。从700 hpa水汽通量场来看,水汽主要来源于红海及波斯湾,沿西南气流输送到咸海到巴尔喀什湖集中,然后沿偏西气流进入阿勒泰地区,5日08 h大值中心进入阿勒泰地区西部,中心值为 $10 \times 10^{-1} \text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,西部降水开始,5日23时到6日08时水汽通量大值中心东移到阿勒泰地区东部,中心值为 $8 \times 10^{-1} \text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。同时,850 hPa阿勒泰地区处于明显的水汽辐合区,最强辐合区位于强降水中心地,中

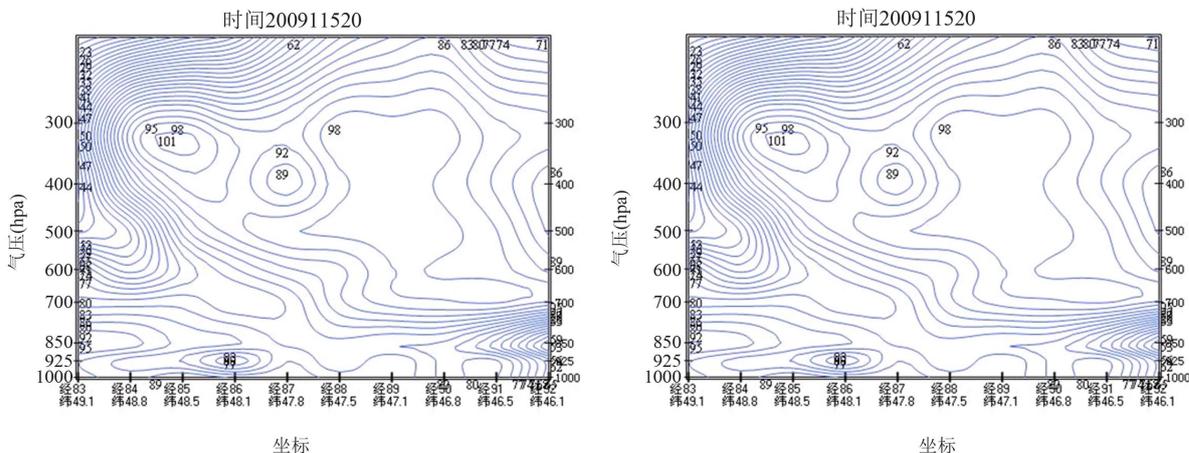


Figure 3. Vertical cross-sections of T639 model

图3. T639产品相对湿度垂直剖面图

心值达 $-70.0 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从850 hpa水汽通量和水汽通量散度的叠加图可以看到(图4), 强降水中心位于大值中心的右侧。

3.2. 动力条件分析

西北暴雨都出现在一定的大尺度环流背景下, 常常导致冷、暖空气不断在西北地区某地交汇, 并有中间尺度系统发展。在该系统的一定部位上, 出现强烈的水汽和不稳定能量输入, 持续的上升运动, 为产生暴雨提供条件[3], 从涡度、垂直速度不同时刻的纬向剖面图上可见, 5日20时,阿勒泰地区上空850~500 hpa为正涡度区, 最大正涡度出现在700 hpa附近, 其中心量值为 $6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 整层表现为垂直上升运动, 最强上升运动在500 hpa附近。6日08时(图5), 对流层中低层正涡度值增大到 $12 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 垂直上升运动位于1000~400 hpa, 上升运动明显加强, 最强上升运动在700 hpa, 其中心值为 $-110 \times 10^{-1} \text{ hPa/s}$, 大降水分布与上升运动区相吻合。这种正涡度与强的垂直上升运动, 有利于中低层产生气旋性辐

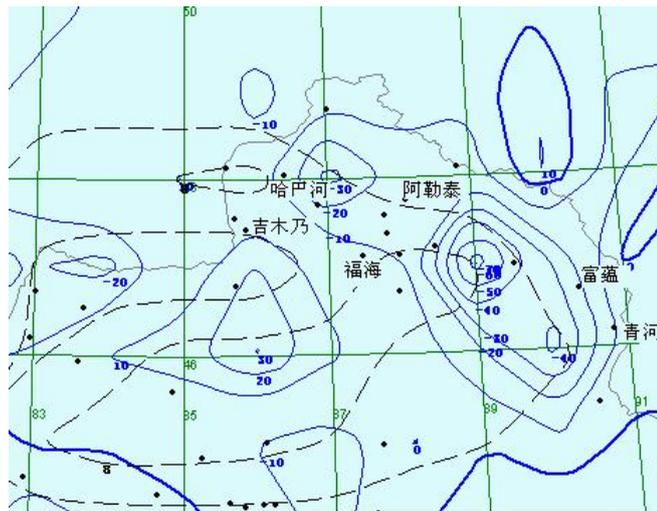


Figure 4. Water vapor flux and water vapor flux divergence at 08:00 on 6 November 2009

图4. 2009年11月6日08时850 hpa水汽通量和水汽通量散度的叠加图

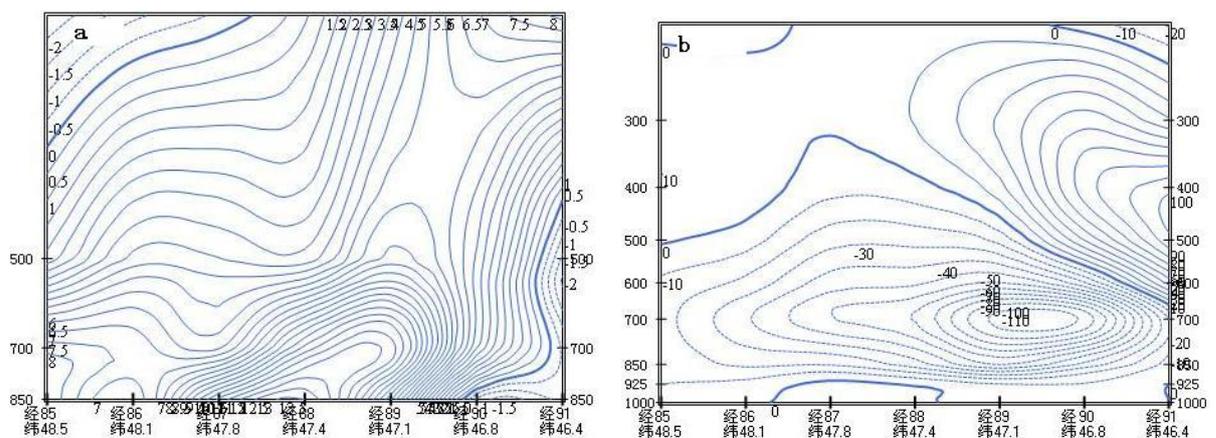


Figure 5. Cross-sections of vertical velocity (a) and vorticity (b) at 08:00 on 6 November 2009

图5. 2009年11月6日08时垂直速度(a)、涡度(b)剖面图

合上升运动及扰动,也有利于大降水的形成。另外,东部的富蕴、青河暴雨的产生与低层正涡度区的加强、垂直上升运动的发展基本上是同时发生的。

低空风场,特别是行星边界层风场分析,在暴雨预报中具有重要意义。因为低空风场的辐合对水汽的输送和辐合上升起到了重要作用。分析对流层中下层风场的分布发现,5日20时到6日02时850 hPa预告图上(图略)在青河与北塔山之间一直存在暖式切变,与该日最大降水带吻合,同时也充分说明在此次强降水中次天气尺度系统的存在。

3.3. 不稳定机制分析

K指数能较好地反映大气层结的稳定性和不稳定能量的蓄积程度,被广泛应用于中小尺度强对流天气分析和强降水分析中[4]。5日08时在巴尔喀什湖有一个K指数大于 32°C 的高值中心,之后该高值中心东移北上,中心减弱为 24°C ,控制阿勒泰地区,这种控制维持时间达12 h以上(图略)。不稳定能量的不断积累为此次大降水提供了充足的能量,6日20时该高值中心移出阿勒泰地区,维持大降水的能量得到释放,过程结束。

大降水的产生不仅需要充沛的水汽输送,而且必须具备一定的能量和不稳定条件。 θ_{se} 就是表示大气的一个很好温湿特征量,暖区相当于高能区,等值线密集区相当于能量锋,通过分析大降水天气过程的 θ_{se} 场,看出5日20时巴尔喀什湖以北的 50°N 有一条带状锋区,表明有较深厚的暖湿气流存在,而暖湿气流中蕴藏着潜在不稳定能量,6日的大降水就出现在这支强锋区附近。在锋区南部地面至500 hPa均为高能区,表明有深厚的暖湿气流存在,由于 θ_{se} 锋区的强迫抬升作用,触发了不稳定能量的释放,对应强位势不稳定区,有利于大降水的产生。

降水量预报也是一个很好的参考工具。在本次降水过程中,T639降水量预报场从72 h预报就准确的指示了此次过程的开始和结束时间,以及最大降水落区,但降水量比实际略偏大,需要在以后的工作中加以订正。

4. 天文动力结构分析

天文动力是指日月引潮力。天文动力结构分析是在三位直角坐标系中分析逐日日月引潮力平均位置、平均强度的不同配置与各类强天气过程对应关系的诊断方法。

4.1. 必要的约定

由于大气运动和日月引潮力作用都是以场的形式同步进行,所以我们规定:上升力调制和触发上升运动,下沉力调制和触发下沉运动;东风力调制和触发偏东风的辐合运动,西风力调制和触发偏西风的辐散运动;北风力调制和触发冷空气南下运动,南风力调制和触发暖热空气的北上运动。经研究对比发现,天文动力对大气运动是通过时空积累效应而发生作用的。我们对逐小时的平均位置的天文动力结构进行分析,发现11月5日~6日阿勒泰地区的天文动力结构属于深厚的暖热动力不稳定结构,是形成大降水重要的天文动力背景。

4.2. 平均位置天文动力结构特征

从阿勒泰地区2009年11月的平均位置天文动力复合分析曲线图表(图6)中,我们发现,5日~6日是深厚的暖热动力不稳定时段。该时刻的天文动力特征为:1)有较强的上升力极大值时刻;2)有明显的北风力向南风力切变;3)东西风力接近零值;4)北风力主导总力和水平力,并使总力和水平力出现明显切变;5)垂直趋势为极大值;6)动力不稳定度为极大值。

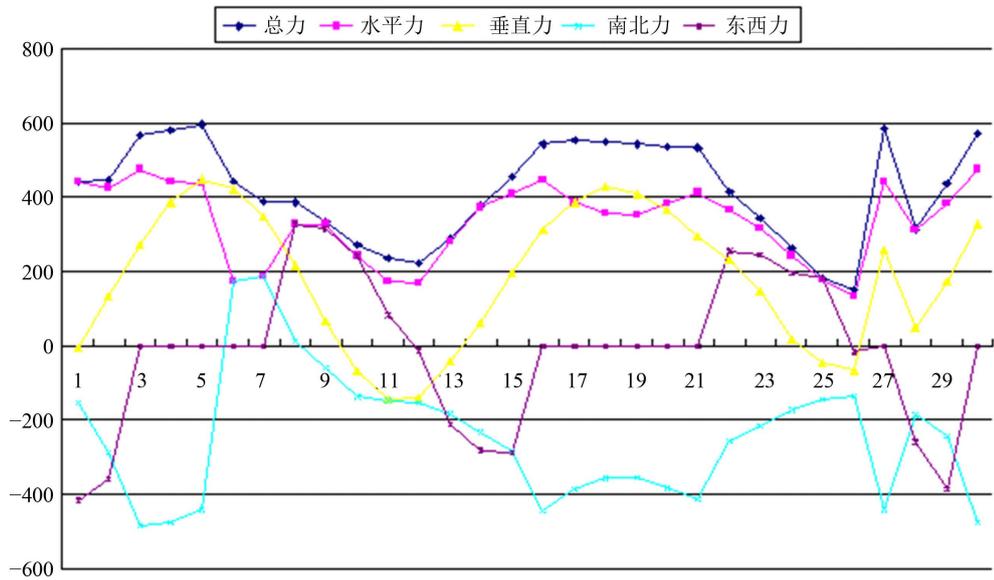


Figure 6. The variation trend of astronomical tide force strength values in November 2009

图 6. 2009 年 11 月阿勒泰地区天文引潮力强度值变化趋势分析图表

从以上的特征我们可以看出：上升力极大值有利于水汽有效辐合上升，凝云致雨；北风力与上升力配置可先增强水汽的饱和度，南风力与上升力配置增强上升运动爆发力；东西风力小有利于水汽的有效积累；总力极大值明显减小，表明动力不稳定性明显减小，不稳定能量急剧释放，水平力明显减小动力扰动变弱；垂直趋势极大值和动力不稳定极大值均与上升力极大值相对应，有利于形成大降水天气。可见，5~6 日阿勒泰地区的天文动力结构完全符合当地的暖区降水天气学特征，通过天文动力结构分析，完全可能预报当地的大降水天气过程。

4.3. 潮汐运动轨道特征

从月球的赤纬运动特征来看：6 日为 11 月份月球北纬极大值，在这个时刻，阿勒泰地区距月球的月下点距离最近。由于地球一日内将自转 360 度，北纬极大值由于自转作用将形成大气动力的强振荡，形成南北力的强切变。这与 3.2 中的分析相同。南北力的强切变有利于冷暖空气的交汇，对大降水有利。

从月球的距离变化运动特征看：7 日为 11 月份月球的近地点，近地点月球上升力将达到高高潮，与上升力极大值相伴的南北力也会出现绝对值的最大值，使大气的动力不稳定性明显增强。

5. 小结

1) 欧洲脊北挺顺转，西伯利亚低涡西退南压，里海小槽的东移补充，并配合 500 hpa 的低空急流和 850 hpa 中 α 尺度切变线是此次强降水过程的环流背景和天气学条件。

2) 大降水区上空有着深厚的湿层，水汽沿西南气流输送，强降水中心位于水汽通量和水汽通量散度辐合大值中心的右侧。

3) 涡度、垂直速度的配置造成了对流层较大范围内深厚的上升运动，提供了大降水的动力条件，同时低空风场的辐合对水汽的输送和辐合上升起到了重要作用。

4) θ_{se} 锋区的强迫抬升作用，触发了不稳定能量的释放，对应强位势不稳定区，造成了大降水的产生。

5) 天文动力结构分析对强天气过程具有很稳定的结构特征，配合天文动力的诊断分析，可以有效的提高强降水天气过程预报时效和准确率。

参考文献 (References)

- [1] 庄晓翠, 郭城, 赵正波, 等 (2010) 阿勒泰地区积雪变化分析. *干旱气象*, **2**, 190-197.
- [2] 马月枝, 等 (2009) 豫北一次区域性大暴雨的数值模拟分析. *暴雨灾害*, **1**, 21-28.
- [3] 白肇烨, 徐国昌 (1988) 西北天气. 气象出版社, 北京, 210.
- [4] 张瑞禹, 张兵, 钟敏 (2007) 对 2005 年 9 月鄂东一次连续大暴雨的诊断分析. *暴雨灾害*, **1**, 52-56.