

Diagnostic Analysis of a Rainstorm in Changji of Xinjiang

Chunyan Wang¹, Xiaoxiao Tao¹, Bingzhang Zhu¹, Lei Zhang²

¹Changji Meteorological Bureau in Xinjiang, Changji Xinjiang

²Jimusaer Meteorological Bureau in Xinjiang, Changji Xinjiang

Email: qjy51368@163.com

Received: Sep. 28th, 2015; accepted: Oct. 16th, 2015; published: Oct. 19th, 2015

Copyright © 2015 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

We used the conventional surface observation data, upper-air sounding meteorological data, hourly precipitation data from AWS and the NCEP/NCAR reanalysis dataset to analyze a rainstorm in Changji during 9th-10th June, 2015. The results showed that: the circulation background of the rainstorm displayed a two-body pattern of South Asia high and the influence of the low latitudes in shortwave. The systematic ascending motion in the both sides of the Tianshan Mountains was formed by strong east and west wind shear, and convergence ascending motion prompted rainstorm intensity increased; the heavy rain corresponded to the vorticity center of low-level convergence and high-level divergence, and the water vapor from the low trough, transported to the rainstorm area by westerly low levels.

Keywords

Changji, Heavy Rain, Genetic Analysis

新疆昌吉州一次暴雨过程的诊断分析

王春燕¹, 陶笑笑¹, 朱炳璋¹, 张磊²

¹新疆昌吉州气象局, 新疆 昌吉

²新疆吉木萨尔县气象局, 新疆 昌吉

Email: qjy51368@163.com

收稿日期：2015年9月28日；录用日期：2015年10月16日；发布日期：2015年10月19日

摘要

本文利用常规高空地面气象观测资料、自动站逐时降水资料及NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ 逐6 h再分析资料，对2015年6月9~10日发生在昌吉州的暴雨天气成因进行了天气学诊断分析。结果表明：此次暴雨天气是在100 hPa南亚高压呈双体型、500 hPa低纬的短波影响下形成的；沿天山两侧的强东西风切变形成了系统性的上升运动，辐合上升运动促使暴雨强度增大；暴雨大值区与低层辐合、高层辐散的正涡度中心相对应；来自低槽自身携带的水汽，通过中低层的偏西气流输送到暴雨区。

关键词

昌吉州，暴雨，成因分析

1. 引言

新疆地处我国西北部，是典型的大陆性干旱、半干旱气候，地形复杂，降水成因也十分复杂，特别是暴雨过程出现次数并不多，但是暴雨造成的泥石流和洪水却是新疆的主要灾害之一，如1996年、1998年、1999年夏季发生在新疆的暴雨，均给新疆的国民经济和人民的生命财产造成了巨大的损失[1]。近年来，随着新疆气候由暖干向暖湿的转变[2]，暴雨出现的频次增加，暴雨引发的洪涝、泥石流和山体滑坡等自然灾害也比以往更加严重。对于新疆的预报员来说，暴雨的预报一直是个难题，加强对新疆暴雨天气的研究十分有必要。

由于国家降水量级标准不适合干旱半干旱气候的新疆地区，所以新疆暴雨标准按《新疆降水量级标准(修订版)》，即：日降水量 ≥ 12.1 mm 为大雨， ≥ 24.1 mm 为暴雨。新疆的生态环境脆弱，暴雨发生时对新疆的影响较大，许多气象工作者对新疆的暴雨进行了大量的研究[3]-[6]。构建了暴雨天气过程的概念模型：100 hPa 南亚高压的双体型、500 hPa 控制新疆的副热带大槽以及三支气流的配置：200 hPa 西南急流、500 hPa 偏南急流、700 hPa 低空偏东急流[7]。但是，2015年6月9~10日的暴雨天气过程，500 hPa 没有副热带大槽的出现，同时也没有三支气流的配合，是什么原因造成了此次暴雨过程呢？本文通过计算一些物理参数的演变特征，认识暴雨形成的物理过程，以期提高昌吉州暴雨的预报准确率，减少灾害损失。

2. 暴雨实况及天气形势特征

2.1. 暴雨实况

6月9日~10日，昌吉州出现一次历时短、强度大、局地性强的降水过程。全州范围内，有32站日降水量 ≥ 24.1 mm，7站日降水量 ≥ 48.1 mm，木垒县双湾村日降水量达107.2 mm，其中木垒县日降水量达62.0 mm，突破历史同期极值。

从每小时降水量演变(图1)可以看到中尺度对流系统的活动情况，木垒县双湾村9日22时1小时降水量为16.5 mm，之后强度减弱，10日02时，降水量猛增至23.7毫米，之后再度减弱，09时后降水趋于结束。在小时降水量较大时次，对应的雷达资料中有异常活跃的中小尺度对流云团存在。由此看来，在有利的大尺度环流背景下，中小尺度系统导致了暴雨的发生。

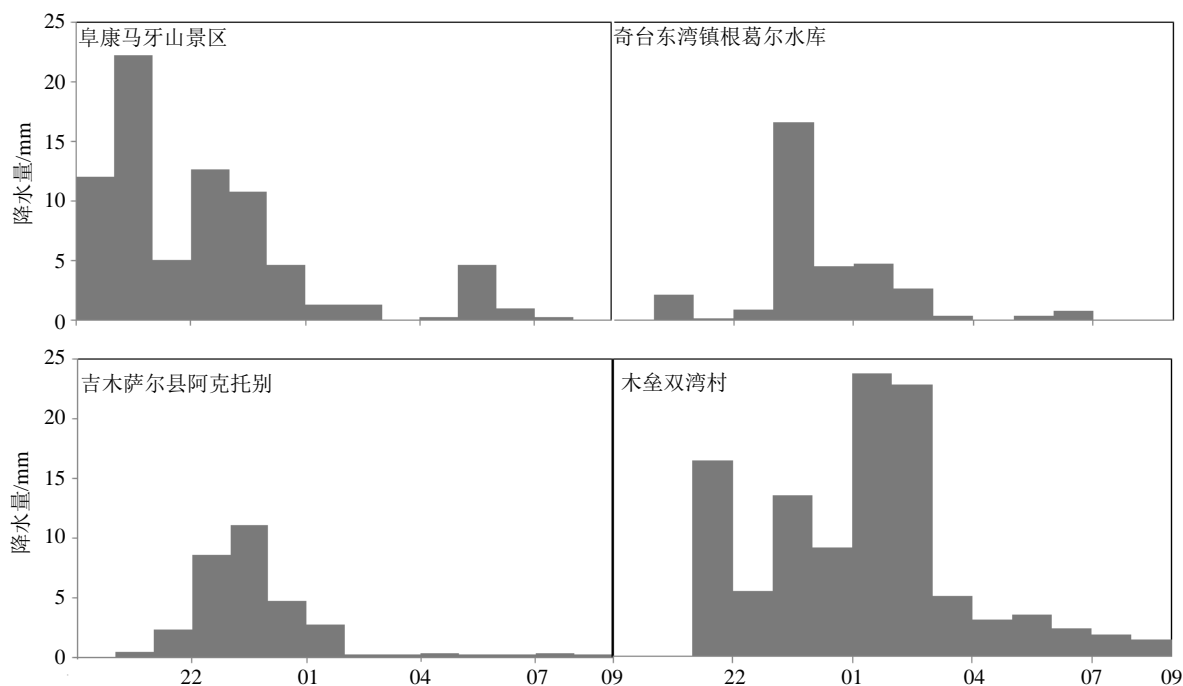


Figure 1. The hourly precipitation at four stations from 20 BT 09 June to 09 BT 10 June 2015 (unit: mm)

图 1. 阜康马牙山景区等 4 站 9 日 20 时至 10 日 09 时逐小时降水量(单位: mm)

2.2. 天气形势特征

100 hPa (图 2(a))南亚高压在东移加强过程中, 在伊朗高原和青藏高原东侧分别形成闭合的高压中心, 咸海与巴尔喀什湖之间为低槽, 但低槽的经向度并不大, 约南北跨越 10 个纬度。南亚高压的双体型为强降水形成提供了大尺度的环流背景[1] [3] [4]。

天气过程前期, 500 hPa (图略)欧亚范围内中高纬度为两槽一脊型, 乌拉尔山西侧和贝加尔湖东南侧为低槽区, 新疆上空为高压脊区。随着上游低槽逐渐东移发展, 新疆上空的高空脊不断北伸, 乌拉尔山西侧的低槽在东移北抬的过程中, 底部不断分裂短波于 9 日夜间快速东移影响昌吉州(图 2(b))。

此次强降水过程中新疆上空的高压脊稳定少动, 促使上游低槽强度不断加强并主体北抬, 底部分裂的短波槽等高线较为稀疏, 仅 580 dagpm 较为明显, 为预报带来一定的困难。

3. MCS 卫星云图的演变特征

高分辨率的云图能较好的监测到强降水过程中 MCS 的演变。此次昌吉州强降水天气过程中主要受到 4 个对流云团的影响(图 3(a))。9 日 14:00 之前, 昌吉州上空基本为少云区, 14:00 之后, 开始有弱的对流云团产生。18:45, 对流云团明显加强, 可清晰的看到 4 个中尺度云团。4 个中尺度云团在缓慢东移的过程中, 云团 A 减弱, B、C 云团的云区相互衔接, 云团 B 中心加强, 位置稳定在阜康山区且云区面积有所扩大, 云顶亮温 $TBB < 224 K$ (图 3(b)); 此时, 阜康山区的马牙山及天池出现强降水。

21:45, 云团 A、C、E 减弱消亡, 云团 B 后部产生新的云顶亮温 $< 224 K$ 的云团, 昌吉州东部上空生成 F 云团(图 3(c))。22:15, F 云团稳定在木垒双湾村上空, 并且云顶亮温下降至 223 K, 云区面积也有所扩大(图 3(d)), 造成双湾村小时降水量达到 16.5 mm。10 日 02、03 时, 双湾村小时降水量分别为 23.7 mm、22.8 mm, 此时稳定维持在双湾村上空的 F 云团的云顶亮温上升为 235 K。之后, F 云团减弱消失, 至此本次强对流过程基本结束。

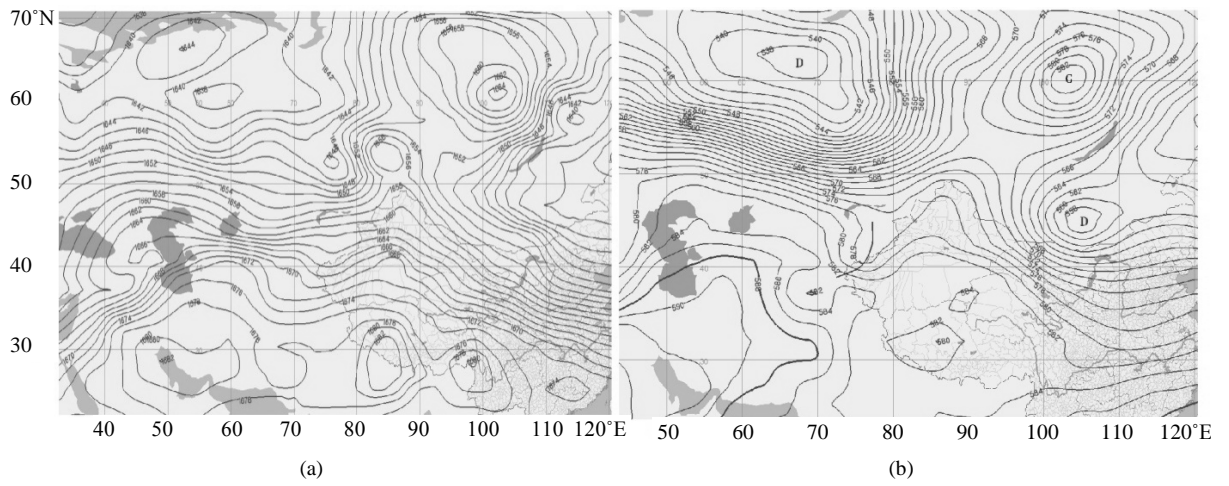
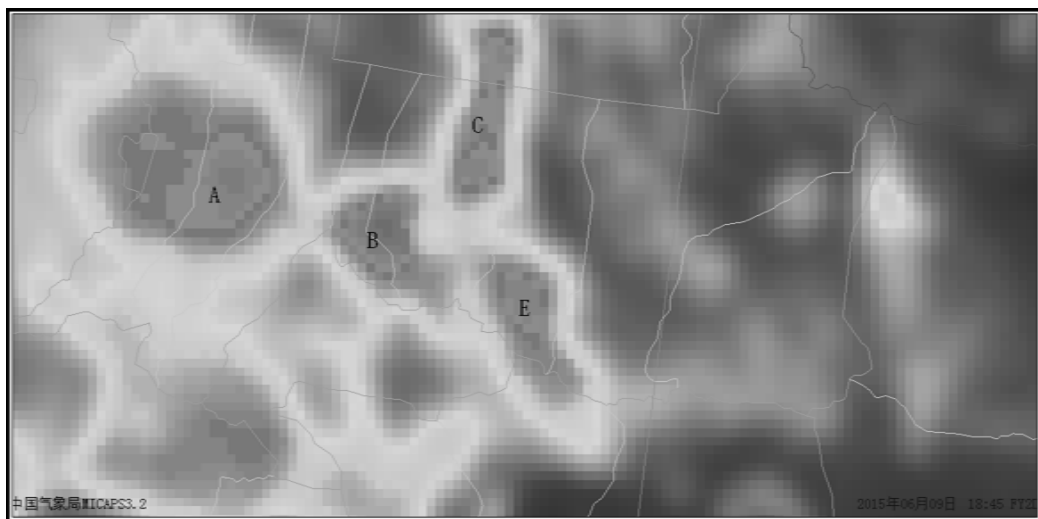
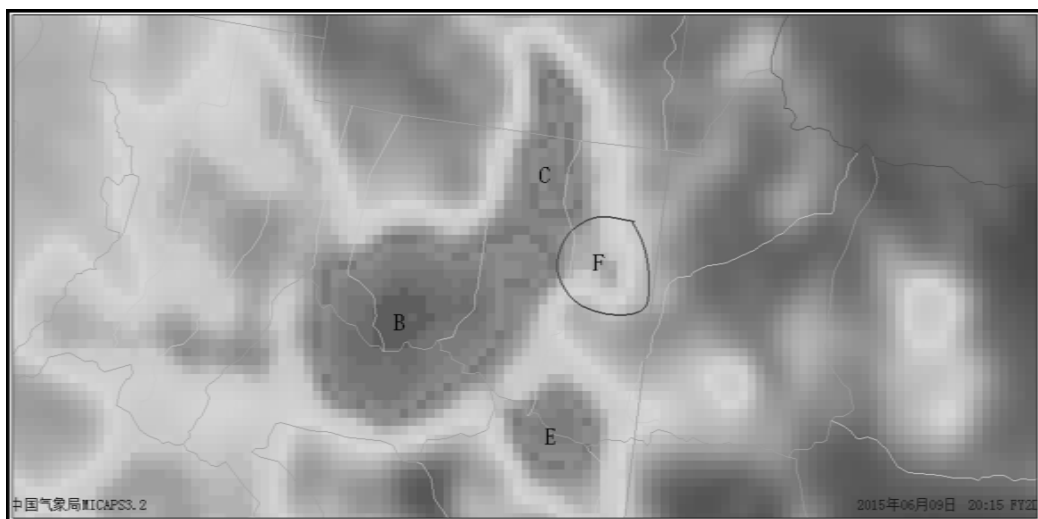


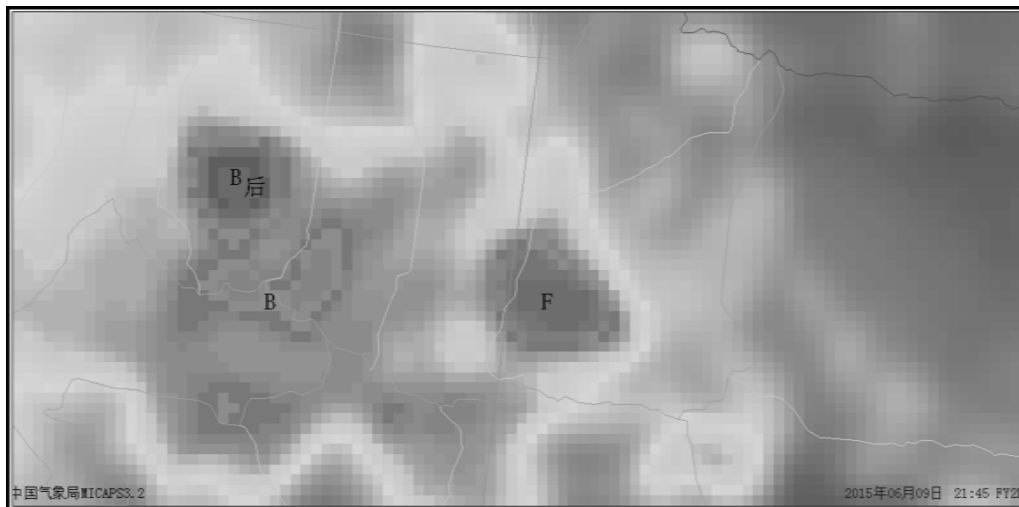
Figure 2. The geopotential height fields of 100 hPa (a) and 500 hPa (b) at 20 BT 9 June 2015 (unit: dagpm)
图 2. 2015 年 6 月 9 日 20 时 100 hPa (a) 和 500 hPa (b) 高度场 (单位: dagpm)



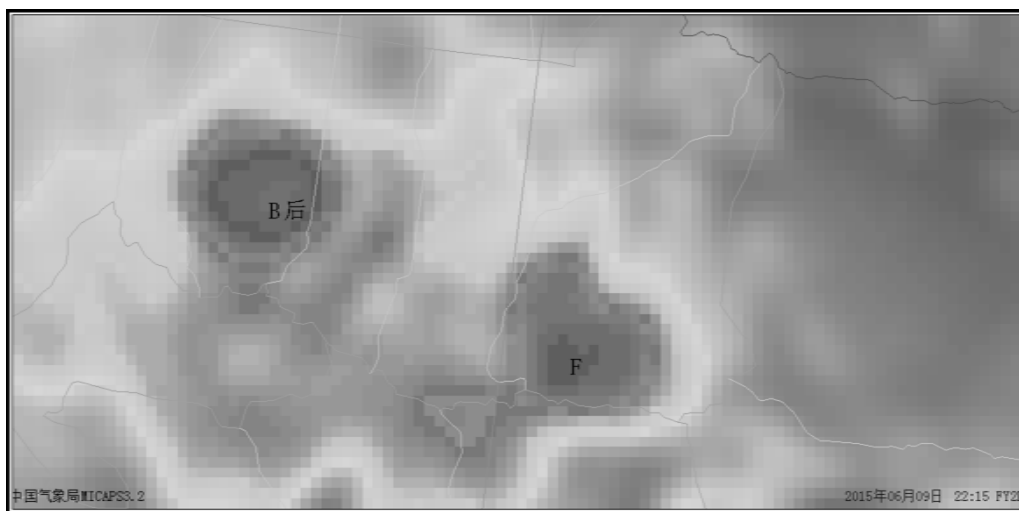
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 3. TBB (unit: K) and infrared satellite images from FY-2E on 9-10 June 2015
图 3. 2015 年 6 月 9~10 日 FY-2E TBB (单位: K)和红外云图

4. 强降水成因分析

4.1. 不稳定条件

强降水发生时，大气层结的状况对其有很好的指示意义。图 3 是沿 44°N 的假相当位温剖面图。强降水发生前 12 小时，在暴雨区的东西侧分别存在 θ_{se} 的大值中心，中心值为 330 K。9 日 20 时(图 4(a))，暴雨西侧的高能中心减弱消失，东侧的高能中心向西伸展，高层的冷空气开始向低层侵入，此时暴雨区东侧的大气具有高温高湿的特性，处于对流不稳定状态，并且低层的 θ_{se} 与东侧 θ_{se} 大值中心水平梯度加大，暴雨区中有明显的能量锋区存在。偏东气流向暴雨区输送不稳定能量，为暴雨的产生积累了能量。10 日 02 时(图 4(b))，随着暴雨区上空的 θ_{se} 减小，强降水基本结束。

4.2. 水汽条件

沿暴雨大值区木垒双湾村做了 6 月 9 日 14 时到 10 日 08 时的水汽通量散度剖面图(图 5)，可以看出

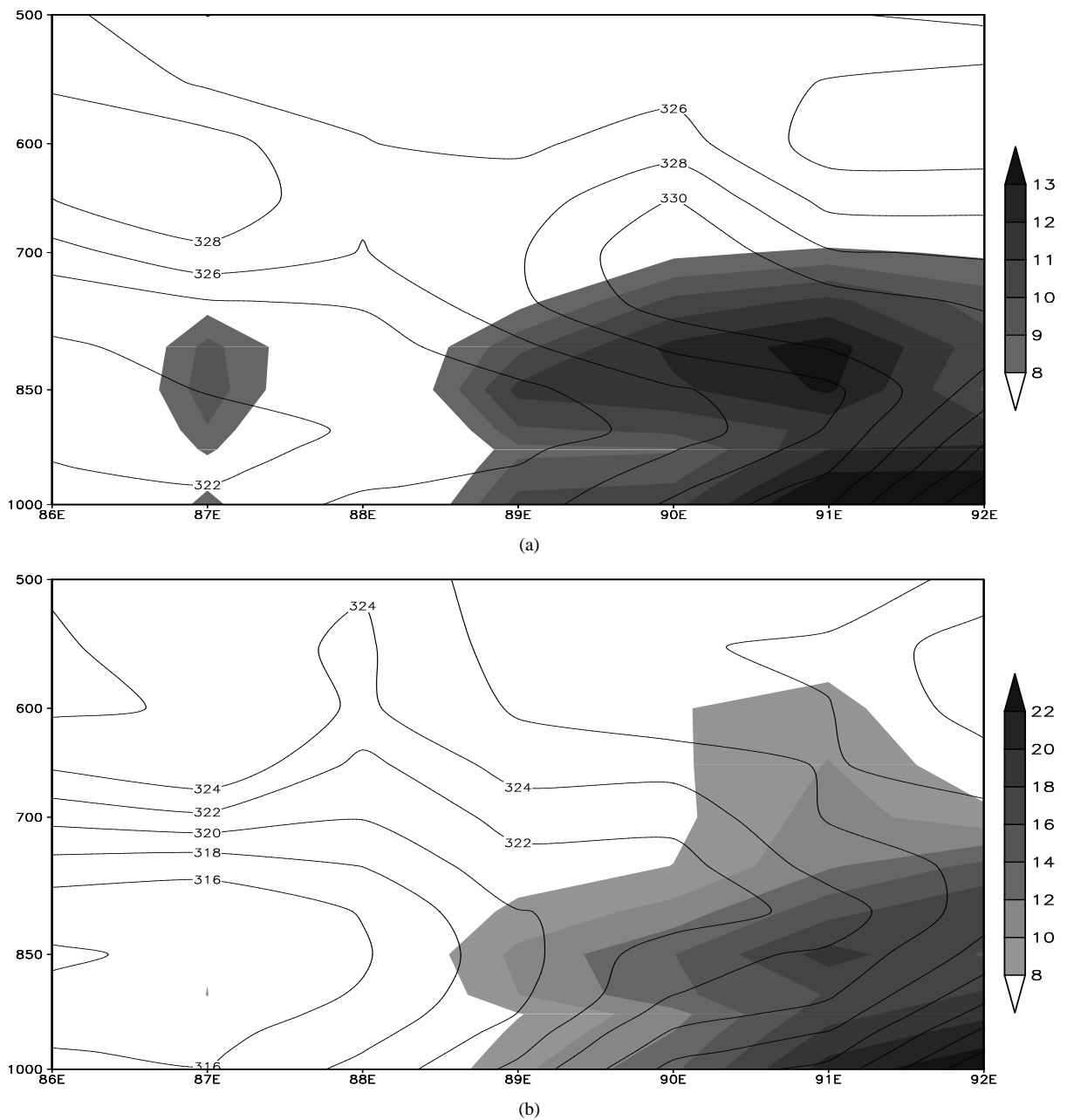


Figure 4. The vertical cross-sections of θ_{se} (solid line, unit: K) and specific humidity (shaded, unit: $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) along 44°N at 20 BT 9(a) and at 02 BT 10(b) June 2015

图 4. 2015 年 6 月 9 日 20 时(a)和 10 日 02 时(b)沿 44°N 的假相当位温(实线, 单位: K)及比湿(阴影, 单位: $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)的垂直剖面

在 9 日 14 时之后, 700 hPa 以下为水汽辐合, 随着水汽通量的偏西分量加大, 9 日 20 时在 900 hPa 附近出现了强的水汽辐合, 辐合中心值为 $-25 \times 10^{-5} \text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$, 与双湾村 22 时 16.5 mm 的强降水相对应。9 日 23 时之后, 水汽通量散度中心值下降到 $-10 \times 10^{-5} \text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$, 高度在 850 hPa~700 hPa 之间。这与 10 日 2 时、3 时双湾村的每小时 23.7 mm、22.8 mm 的强降水不相对应。由此可以看出, 水汽通量散度在降水开始前明显增大, 降水开始后, 由于大气对水分的消耗, 水汽通量散度的值处于相对的低谷。因此, 水汽通量的大值区对明显降水的大小有一定的指示意义, 但与降水量并无严格的正比关系。

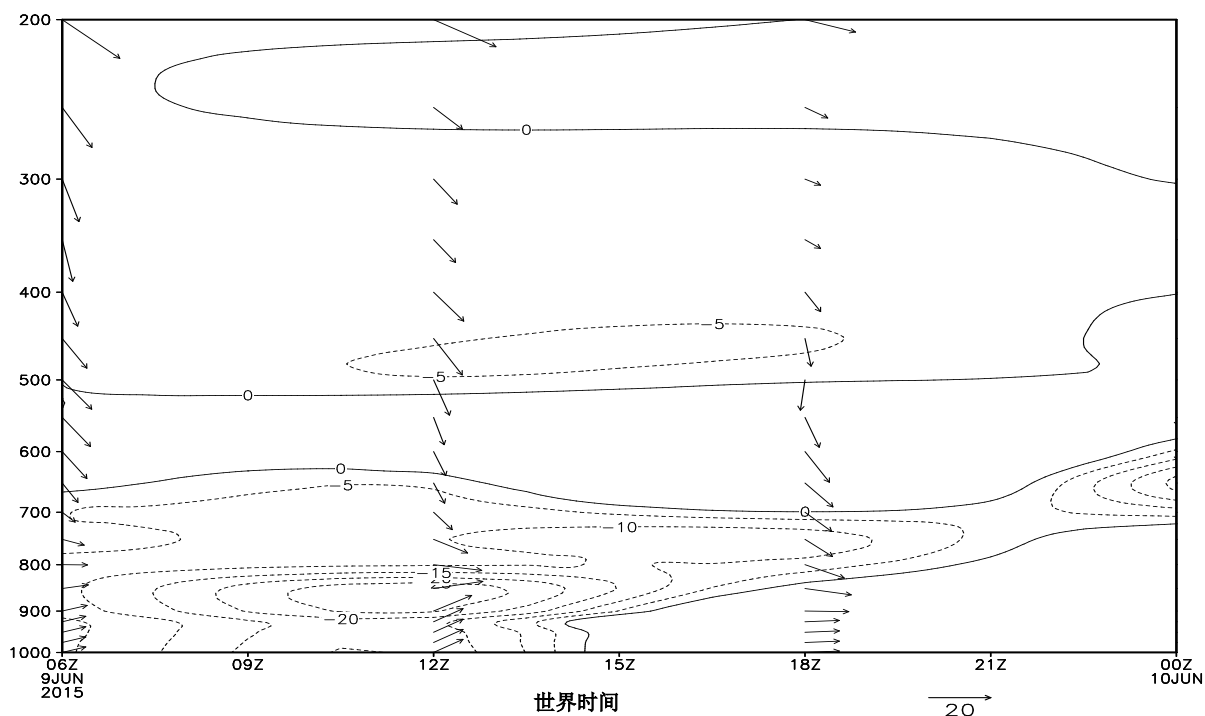


Figure 5. The height-time section of water vapor flux over Mulei County village of Shuangwan 9th 14 to 10th 08 June 2015 (unit: $10^{-5} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$)

图 5. 2015 年 9 月 14 时~10 月 08 时木垒双湾村(43.7°N, 90.3°E)水汽通量散度随时间剖面图(单位: $10^{-5} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$)

4.3. 高低空急流配置对暴雨过程的作用

沿 90°E 做垂直速度、 u 分量的剖面图(图 6), 可以看出, 43°N (天山山区分水岭的位置)以南为东风带, 以北为西风带, 在天山两侧出现了东西风的切变。在东风带里, $>5 \text{ m/s}$ 的风速区由 1000 hPa 伸至 650 hPa , $>10 \text{ m/s}$ 的大风速区集中在 700 hPa 以下。西风带的强度强于东风带, $>10 \text{ m/s}$ 的风速区从 1000 hPa 伸至 650 hPa , 在 200 hPa 附近出现 $>20 \text{ m/s}$ 最大风速区, 是高层最大西风气流轴的位置所在。东西风的切变为暴雨的持续辐合上升运动提供了有利的条件。在西风带的南侧出现了强的上升运动区, 上升运动区从 900 hPa 升至 500 hPa , 最大中心值为 $3 \times 10^{-3} \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$, 与切变对应[8]。

沿 44°N 分别作了 10 日 02 时散度、垂直速度和涡度的剖面图(图略), 暴雨区对应中低层辐合, 高层辐散以及正的涡度中心, 散度场的垂直结构变化不仅有利于涡旋内上空抽吸作用的加强, 而且有利于上升运动的增强, 为暴雨提供了有利的动力条件。

4.4. 地形作用

昌吉州地处欧亚大陆腹地, 位于四周环山的盆地中, 海拔从西部的 441 m 逐渐升到东部 1858 m 的倾斜谷地。此次暴雨天气过程集中在昌吉州东部, 其地形作用不容忽视。暴雨开始前, 昌吉地区受偏西气流控制, 由于特殊的西低东高倾斜谷地的作用, 随着偏西气流的加强及强迫抬升, 在昌吉州上空形成垂直环流圈, 为暴雨过程提供了强的垂直上升运动。同时, 偏西气流将中低层暖湿气流向暴雨区输送, 水汽在迎风坡辐合, 为暴雨的产生提供了充沛的水汽。

5. 结论

通过上述分析, 得出以下主要结论:

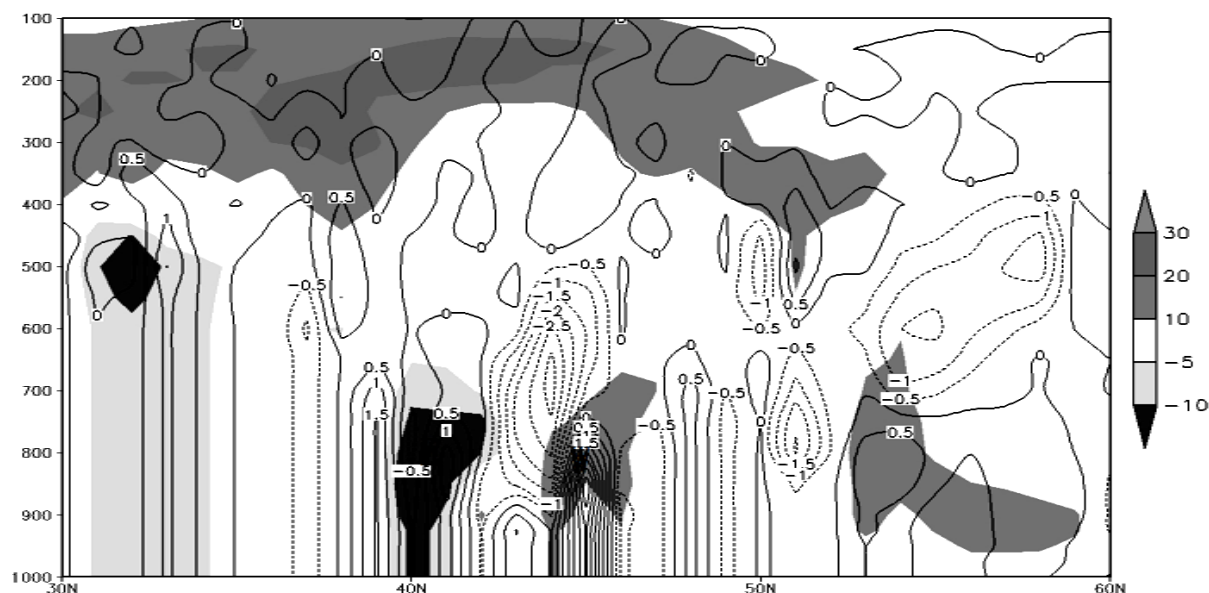


Figure 6. The vertical section of zonal wind, vertical velocity at 20 BT 9 June 2015 (unit: $10^{-3} \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$)
 图 6. 2015 年 6 月 9 日 20 时沿 90°E u 、 w 垂直剖面(阴影区为东西风带, 虚线为上升运动区(单位: $10^{-3} \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$))

- 1) 本次暴雨是在南亚高压双体型的大尺度环流背景下中小尺度天气系统造成的强对流天气过程。
- 2) 卫星云图上的中尺度系统, 结构密实云区对应降水大值区, 大降水的分布与云系的发展、强盛、消散紧密联系。
- 3) 天山两侧的东西风切变为暴雨提供了持续的动力条件, 特殊的倾斜谷地的地形也使暴雨强度增大, 暴雨区对应着强烈的辐合上升区, 偏东气流将不稳定能量和水汽向暴雨区输送, 为暴雨的形成提供了必要的条件。

参考文献 (References)

- [1] 徐羹慧 (1997) “96.7” 新疆特大暴雨洪水预报服务技术研究的综述与启示. “96.7” 特大暴雨专辑. 新疆气象, 1, 1-5.
- [2] 施雅风 (2003) 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估. 气象出版社, 北京.
- [3] 张家宝, 邓子风 (1987) 新疆降水概论. 气象出版社, 北京.
- [4] 新疆气象局 (1986) 新疆短期天气预报指导手册. 新疆人民出版社, 乌鲁木齐, 184-217.
- [5] 王荣梅, 道然, 屠月清 (2014) 哈密地区 7.17 暴雨天气过程分析. 沙漠与绿洲气象, 1, 36-40.
- [6] 杨莲梅, 张云惠, 杨浩 (2012) 2007 年 7 月新疆三次暴雨过程的水汽特征. 高原气象, 4, 963-973.
- [7] 陈春艳, 孔期, 李如琦 (2012) 天山北坡一次特大暴雨过程诊断分析. 气象, 1, 72-80.
- [8] 朱乾根, 林锦瑞, 唐东升 (2007) 天气学原理和方法. 气象出版社, 北京.