

# Diagnosis and Analysis of the Rainstorm from 8:00 on August 2<sup>nd</sup>, 2018 to 8:00 August 3<sup>rd</sup>, 2018

Guorong Zhao

Haibei Prefecture Meteorological Bureau, Haiyan Qinghai  
Email: 3249976760@qq.com

Received: Jul. 6<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jul. 20<sup>th</sup>, 2020; published: Jul. 27<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

In this paper, the diagnosis and analysis of a local rainstorm occurred in the eastern part of Qinghai plateau from August 2, 2018 to August 3, 2018 were carried out. The analysis shows that the east shift of the high short wave channel is the trigger mechanism of the rainstorm. The cold air is diffused southward along the northwest route, and then overflows in the eastern part of the plateau due to the action of topography. The sudden and local characteristics of the heavy precipitation are obvious, and it has obvious mesoscale characteristics. The water vapor flows continuously north along the southwest airstream. With the indirect influence of the typhoon, the easterly airstream on the south side carries the water vapor supplement, resulting in the water vapor convergence center located in the eastern part of the Qinghai plateau. The boundary between the high-energy region and the dense zone of  $\theta_{se}$  is indicative for the regional prediction of heavy precipitation. The configuration of convergence in the lower layer and divergence in the upper layer induces a strong upward movement, and the vertical upward movement has obvious strengthening process and is very deep. This deep upward movement provides a strong dynamic condition for this regional heavy rainfall.

## Keywords

Rainstorm, Weather Analysis, Physical Quantity

---

# 2018年8月2日08时~3日08时暴雨天气诊断分析

赵国蓉

海北州气象局, 青海 海晏  
Email: 3249976760@qq.com

收稿日期: 2020年7月6日; 录用日期: 2020年7月20日; 发布日期: 2020年7月27日

## 摘要

本文对2018年8月2日08时~3日08时出现在青海高原东部一次局地暴雨天气进行了诊断分析。分析表明,高短波槽的东移成为了暴雨天气的触发机制;冷空气的入侵是沿西北路径扩散南下,而后由于地形作用倒灌进入高原东部地区;强降水的突发性和局地性都较为明显,具有明显的中尺度特征,卫星云图及雷达回波都很好地反应了此次过程;水汽源源不断沿着西南气流北上,加之台风的间接影响,其南侧东风气流携带水汽补充,致使水汽辐合中心位于青海高原东部地区; $\theta_{se}$ 高能区和密集带的交界处对强降水的区域预报具有指示性;低层辐合、高层辐散的配置诱发了强烈的上升运动,垂直上升运动有明显的加强过程,并且很深厚,这种深厚的上升运动为这次区域性强降水提供了强烈的动力条件。

## 关键词

暴雨, 天气分析, 物理量

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

暴雨是我国最严重的气象灾害之一,暴雨出现时极易引发洪涝灾害、泥石流及山体滑坡等衍生灾害[1],直接威胁人民群众生命财产安全,因此加强暴雨监测、提高预测水平是国家防灾减灾的重大需求[2],气象专家及工作人员长期致力于开展暴雨天气预报研究分析。2018年8月2日08时至4日08时,位于青海省东部农业区的海东市乐都区中坝乡中坝水库持续出现大暴雨天气过程,其中2日08时至3日08时降水量为133.4 mm,3日08时至4日08时降水量为116.9 mm,连续两天均为全省降水中心,且日降水量均接近青海省有气象记录以来的全省日降水量极值,连续两日降水量合计为250.3 mm,实属罕见。中坝水库位于青海高原东南部的海东市乐都区中坝乡,地处湟水谷地南侧山地、沟谷地,距乐都区府驻地34公里,中坝乡0.8万人,面积129.8 km<sup>2</sup>,为农业区,主要农作物有小麦、青稞、油菜等。2018年8月2日,乐都区中坝藏族乡突遭暴雨袭击,到4日08时累计降雨250.3 mm,暴雨引发山洪,出现了山体滑坡、泥石流,严重摧毁全乡基础设施,使得电力、交通、通讯、饮水全部中断,直接经济损失6432.53万元,尤其中坝水库大坝后坡滑坡长达80 m,面积4800 m<sup>2</sup>,横山水源地遭到了毁灭性的损坏,致使全乡14个村的群众饮水完全被中断。因灾导致1人死亡,3人受伤。

## 2. 天气实况分析

02日08时至3日08时由于先后受到两个高压之间的低涡切变线及副热带高压边缘的西南暖湿气流影响[3],青海海东地区出现了一次显著的强降水天气过程。2日08时到3日08时,共计602个测站出现降水,大雨84个,暴雨21个。降水中心位于乐都南部。最大降水出现在乐都区乐都中坝乡中坝水库:133.4 mm,其次为乐都峰堆乡下阳洼村:98.4 mm。

2日08时至3日08时每小时均产生降水(见图1),主要降水时段分为2日下午和3日凌晨,最大小时降水量出现在2日16~17时,为18 mm,以及3日05~06时,为13.2 mm;小时降水量超过8 mm有4个站次。故此次暴雨为稳定性降水伴有短时强降水性质。

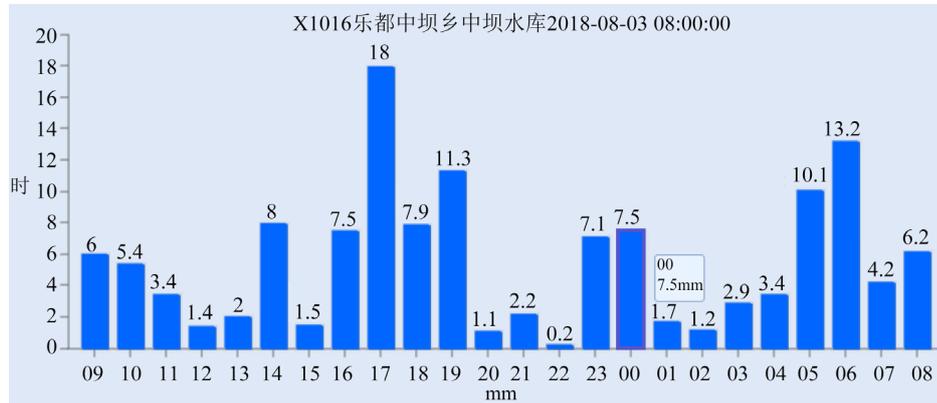


Figure 1. Hourly precipitation from August 2 to August 3 at 08:00 hours X1016

图 1. 8月2日08时至3日08时X1016逐小时降水量

### 3. 成因分析

#### 3.1. 环流背景分析

从天气背景上分析, 图 2 上, 2018 年 8 月 2 日 500 hPa 中西伯利亚维持  $-28^{\circ}\text{C}$  的高空冷中心, 在西伯利亚高原有一个深厚的低槽存在, 并在咸海及贝加尔湖附近存在分裂下来的短波槽, 高空冷平流明显, 高空槽底部不断分裂的短波槽携带冷空气东移南下; 副热带高压西脊点位于蒙古 ( $44^{\circ}\text{N}$ ,  $104^{\circ}\text{E}$ ), 青海始终处于 584 位势米线外围边缘, 海南至玉树南部一线存在短波槽, 并缓慢东移南压, 2 日 20 短波槽移动到我省东部地区(见图 3), 3 日 08 时(见图 4), 青海中西部受高压控制, 高压中心位于海西中部, 西太平洋副热带高压西伸脊点中心到达宁夏东部(东经  $107^{\circ}$  左右), 青海省偏东地区处于西部高压与西太平洋副热带高压的切变线中, 祁连山区存在槽线, 新一轮降水开始。台风的间接影响使得青海东部地区水汽充足, 水汽从东海沿台风北部的偏东气流及副高南部的偏东气流和其西部的偏南气流输送到青海东部。短波槽的东移成为了暴雨天气的触发机制, 副高边缘的西南暖湿气流提供了源源不断的水汽, 造成了几十年一遇的大暴雨天气。

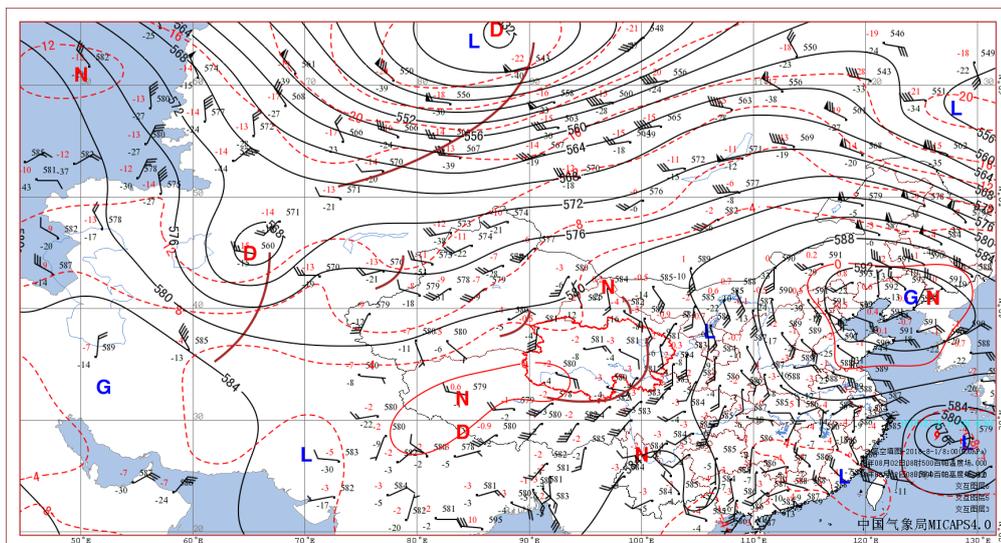


Figure 2. Altitude view of 500 hPa at 08:00 on August 2, 2018

图 2. 2018 年 8 月 2 日 08 时 500 hPa 高空图

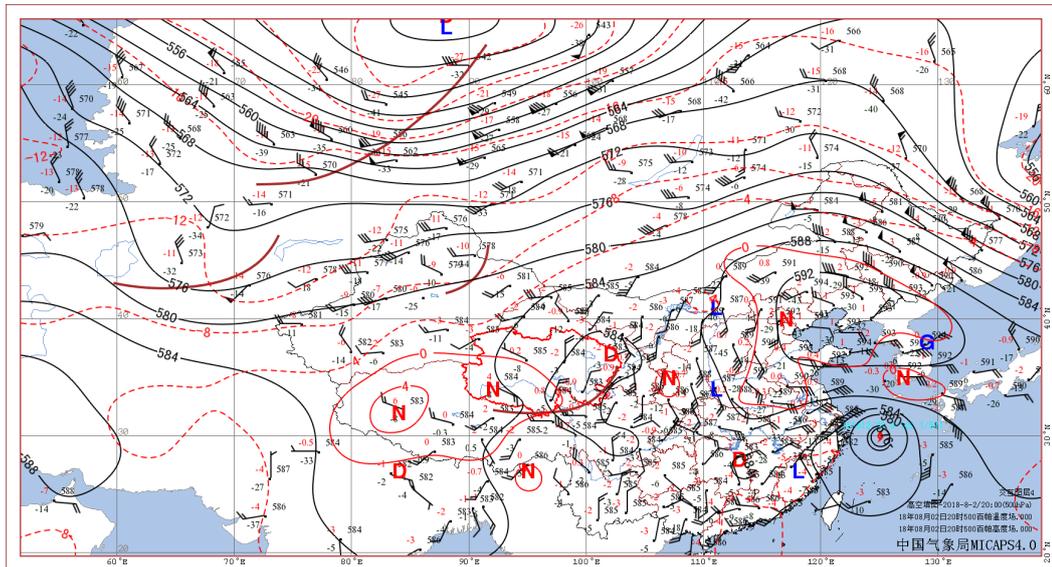


Figure 3. Altitude view of 500 hPa at 20:00 on August 2, 2018  
图 3. 2018 年 8 月 2 日 20 时 500 hPa 高空图

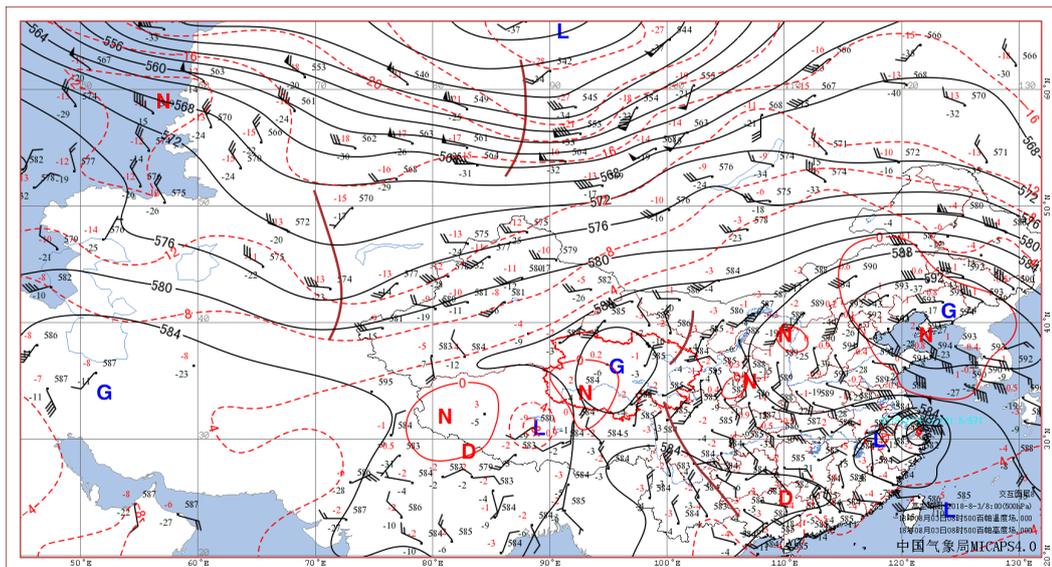
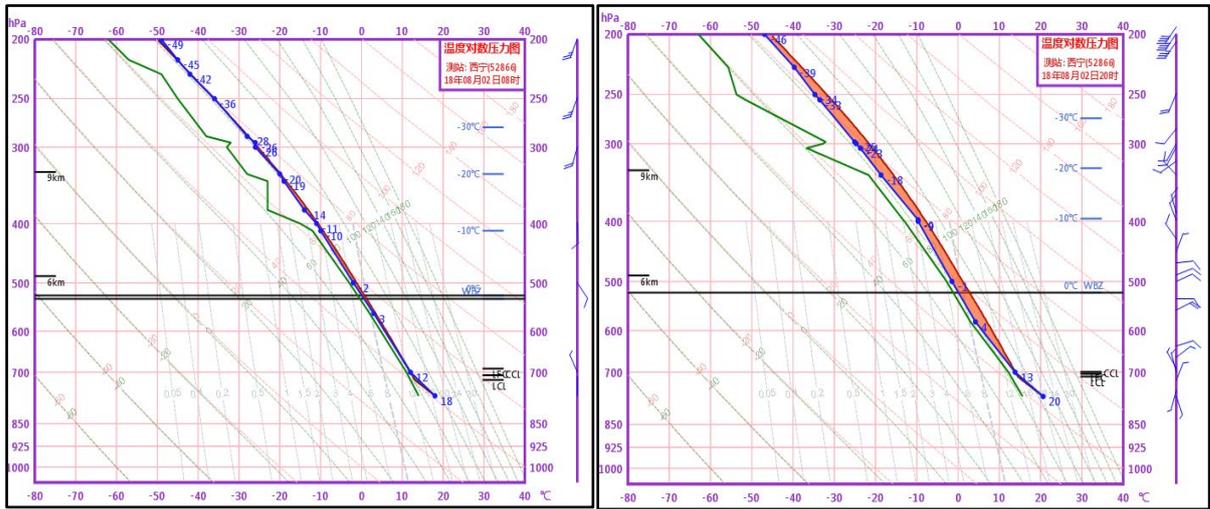


Figure 4. High altitude view of 500 hPa at 08:00 on August 3, 2018  
图 4. 2018 年 8 月 3 日 08 时 500 hPa 高空图

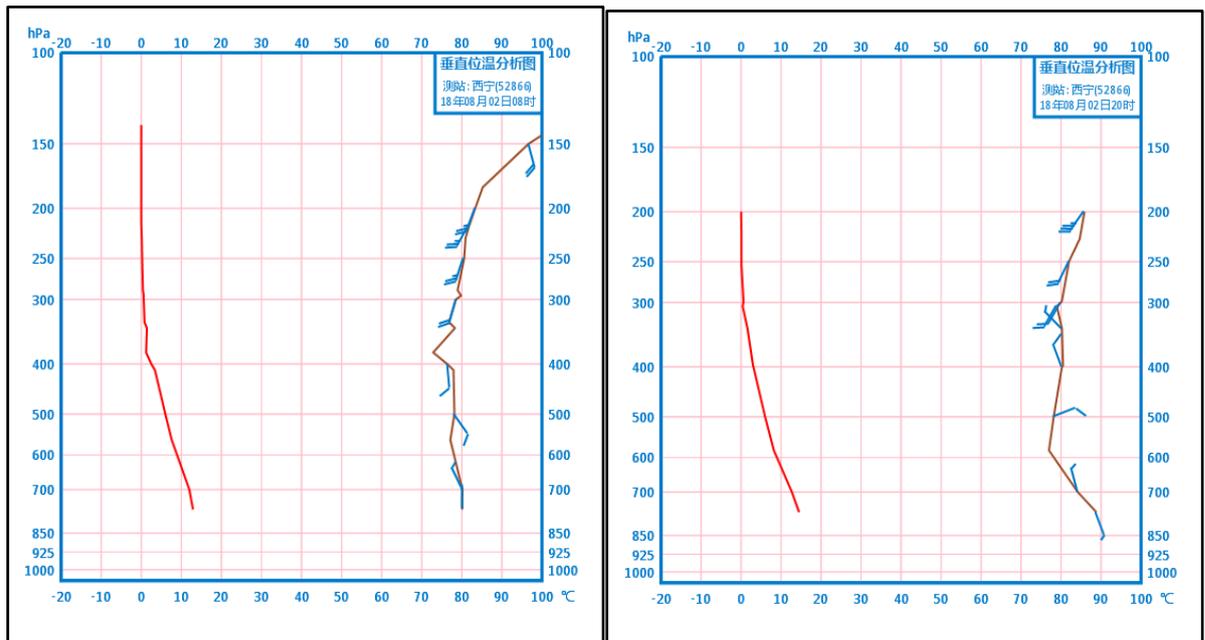
### 3.2. 地面形势分析

分析地面形势场，2018 年 8 月 2 日 05 时，在天山山脉附近有冷空气堆积并沿西路进入海西西部，东路冷空气沿河西走廊倒灌至河湟谷地，地面冷锋位于祁连山区北侧。2 日 17 时在西宁与乐都之间存在地面气旋式切变，乐都与民和之间有地面辐合线，地面切变与辐合线推动低层辐合与上升运动，进而促使降水量级不断增大。3 日 05 时北疆地区有冷空气堆积，我省处于负变压控制，但民和地区仍存在气旋式切变，降水持续。从 24 小时变压图上(见图 5)可以看出，冷空气在 8 月 2 日 08 时已经侵入青海大部，到 8 月 3 日 08 时全省仍被冷空气覆盖，受冷空气影响，对流云团得以爆发性发展，使得青海境内出现以短时强降水为主要表现形式的暴雨天气。



**Figure 5.** TLOGP diagram of Xining station at 08:00 and 20:00 on August 2  
**图 5.** 8月2日08时及20时西宁站 TLOGP 图

从西宁站探空图(见图 6)看出, 08 时 CAPE 值较小, 呈细长形分布, 地面至 400 hPa 高空均处于明显的湿层, 是短时强降水产生的典型形势, 有一定的 CIN 值, 有利于低层能量的累计, 一旦有触发条件即可产生强对流天气, 而到了 20 时, CAPE 值较大, 且湿层明显增厚, 不稳定能量较强, 促使强降水天气产生。从比湿垂直分布看出 08 时和 20 时比湿条件都较好, 而右侧假相当位温垂直廓线看出地面假相当位温均大于 80℃, 至 600 hPa 随高度递减, 表明随高度假相当位温减小, 呈现出低层暖湿、高层干冷的现象, 可见东部地区上空的大气层结状态极不稳定。从风速的垂直分布看出 08 时和 20 时 500 hPa 均为偏东风, 有利于水汽的输送。西宁探空站资料对青海东部地区具有一定的指示意义。



**Figure 6.** Distribution of specific humidity and false equivalent potential temperature in Xining station at 08:00 and 20:00 on August 2  
**图 6.** 8月2日08时及20时西宁站比湿及假相当位温分布

## 4. 中尺度特征分析

### 4.1. 雷达资料分析

8月2日08时至8月3日08时(见图7),整个青海上空都有云系存在,东部地区云系回波较强,而在2日16:17乐都中坝地区 $0.5^\circ$ 仰角基本反射率因子为45 dbz左右,并且整个海东南部地区均有较强雷达回波存在,且范围较大,为降水持续提供了有力条件;而从8月2日16:24速度图显示乐都中坝地区存在辐合,有利于强降水的持续发展,造成了乐都中坝乡17时次小时降水量为18 mm的短时强降水。

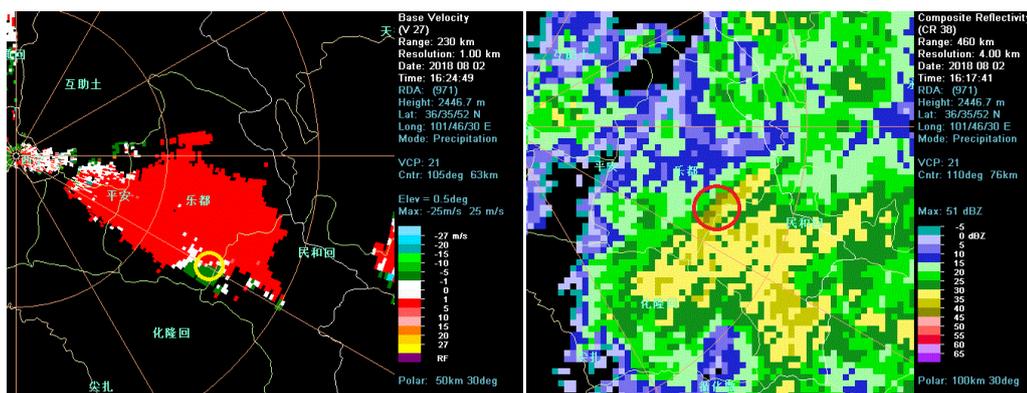


Figure 7. Radar echo from 08:00 on August 2 to 08:00 on August 3

图7. 8月2日08时至8月3日08时雷达回波

### 4.2. 卫星云图分析

从2日午后16~17时的葵花卫星云图中(见图8)看出,这期间有明显对流云团在我省东部地区持续维持,并在乐都、民和地区云顶发展高度较高,云层发展旺盛,产生了此时刻的短时强降水。

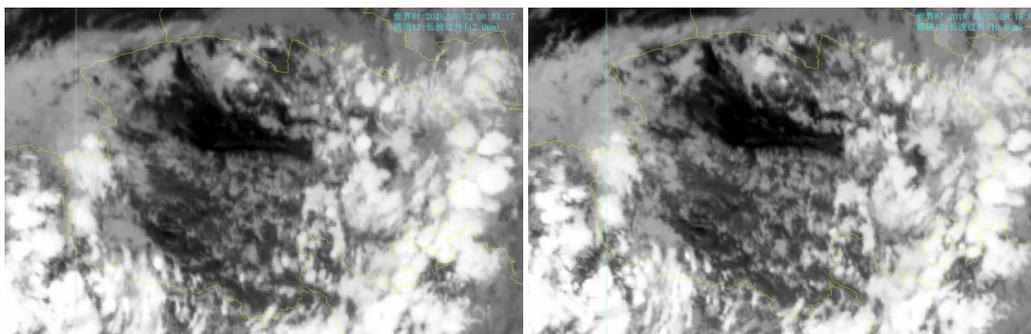


Figure 8. Sunflowers satellite image at 16-17 hours on 2 August

图8. 8月2日16~17时的葵花卫星云图

### 4.3. 物理量场分析

#### 4.3.1. 假相当位温

热力条件是强降水形成、发生的必要条件。由图9可以看出,2日08时,500 hPa高空,青海东部出现 $\theta_{se}$ 高值中心,且 $\theta_{se}$ 值由西北向东南趋于增大,分布极不均匀,同时随着时间的推移, $\theta_{se}$ 能量不断的积累增强,到了2日20时,青海大部分地区特别是东部,均处于高能区中,大量不稳定能量积聚,使得对流不稳定层结发展强烈,强降水区于 $\theta_{se}$ 高值区相对应。大气变暖,东部地区为500 hPa $\theta_{se}$ 高能

区和密集带交界，正对应强降水区域。可见  $\theta_{se}$  高能区和密集带的交界处可作为此次强降水区域预报的重要参考指标。

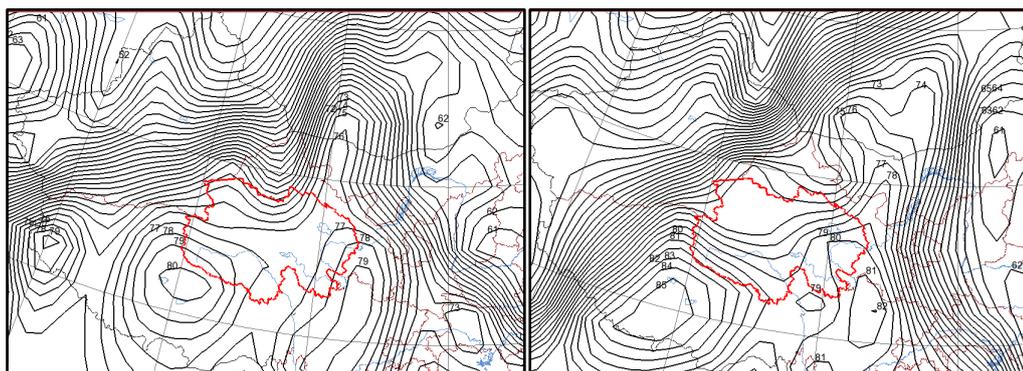


Figure 9. False equivalent potential temperature at 08:00 and 20:00 on August 2

图 9. 8 月 2 日 08 时及 20 时假相当位温

#### 4.3.2. 水汽通量散度

分析水汽通量散度场(见图 10)，8 月 2 日 08 时，青海东部有一低值中心区，中心值为  $-27 \times 10^{-6} \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{hPa})$ ，20 时，出现了中心值为  $-17 \times 10^{-6} \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{hPa})$  的低值区，水汽辐合稳定且强盛，水汽辐合中心正对应着强降水区域，500 hPa 高空以上为正值，说明高层为辐散区，低层为水汽辐合区，且辐合强烈，水汽通量高辐散、低辐合的形势有利于水汽垂直交换，促进了对流活动的发生发展，因此该区域内出现了强降水。水汽源源不断沿着西南气流北上，加之台风的间接影响，其南侧东风气流携带水汽补充，致使水汽辐合中心位于青海高原东部地区。

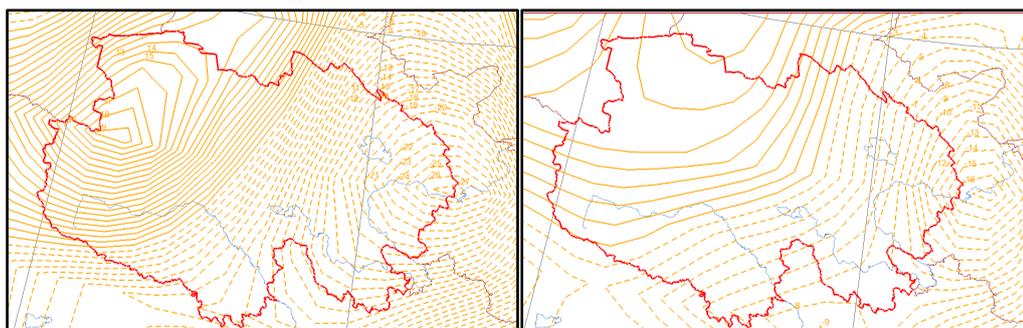


Figure 10. Water vapor flux divergence at 08:00 and 20:00 on August 2

图 10. 8 月 2 日 08 时及 20 时水汽通量散度

#### 4.3.3. 涡度场及散度场

低层中尺度辐合区与上升运动区具有密切相关性，低层辐合可促使上升运动加强。强降水中心正好与低层正涡度中心对应，正涡度的中心与中低层低涡以及切变线上生成的中尺度系统有很好的相关；同时，强降水区上空散度场中，低层存在着强烈的辐合，而高层则为明显的辐散。由图 11 可看出，8 月 2 日 08 时、20 时，这两个时段东部地区都出现了明显的低层辐合、高层辐散现象，这种配置促使低层大气形成“抽气”作用，使得上升运动出现并加强，20 时相对于 08 时青海中东部地区高层辐散较弱，但是大降水区依旧存在明显的上升运动。由此可见，低层辐合、高层辐散致使上升运动发展强烈，成为强降水天气发生发展的有力的动力条件。

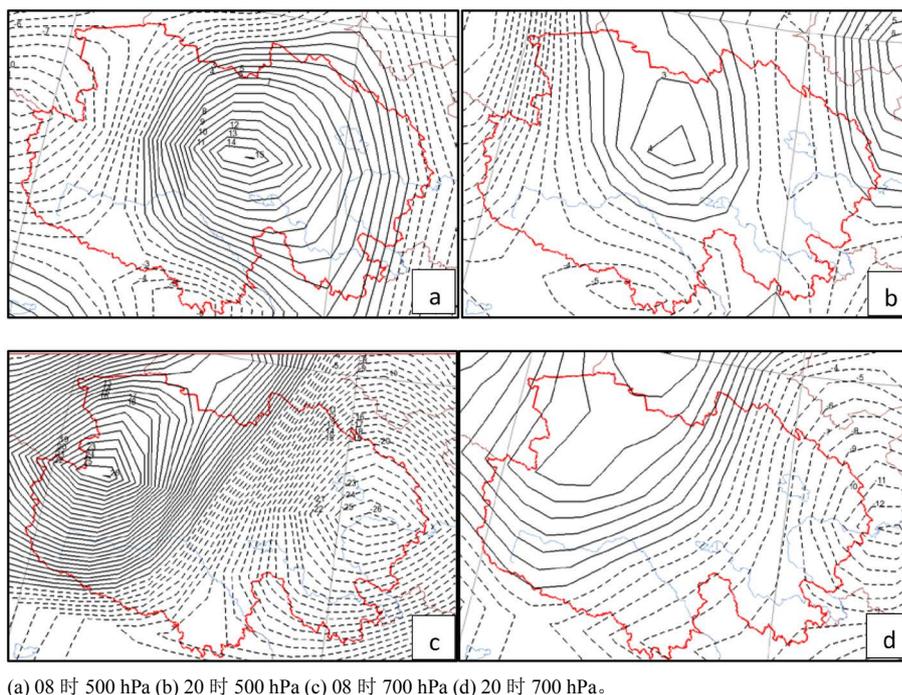


Figure 11. The divergence field of August 2  
 图 11. 8月2日散度场

#### 4.3.4. 垂直速度场

分析8月2日垂直速度(见图12)可知,08时,200 hPa、300 hPa、500 hPa在东部地区分别存在着一个 $-12 \text{ Pa/s}$ 、 $-23 \text{ Pa/s}$ 、 $-33 \text{ Pa/s}$ 的强烈的上升运动区,20时左右,东部地区200 hPa、300 hPa、500 hPa上分别出现了 $-13 \text{ Pa/s}$ 、 $-19 \text{ Pa/s}$ 、 $-18 \text{ Pa/s}$ 上升运动区,上升运动较强,而且低层垂直运动更为强烈,负速度中心面积相对也越向西扩展。由高层向低层的负速度中心趋于向右倾斜的现象,基本与中低层的低涡暖切变的走向呈现一致性,而向东南移动趋势则与低槽向东南移动存在密切相关,说明垂直上升运动强度出现了明显的加强过程,且发展深厚,较深的强烈上升运动是此次区域性发生强降水的有利动力条件。

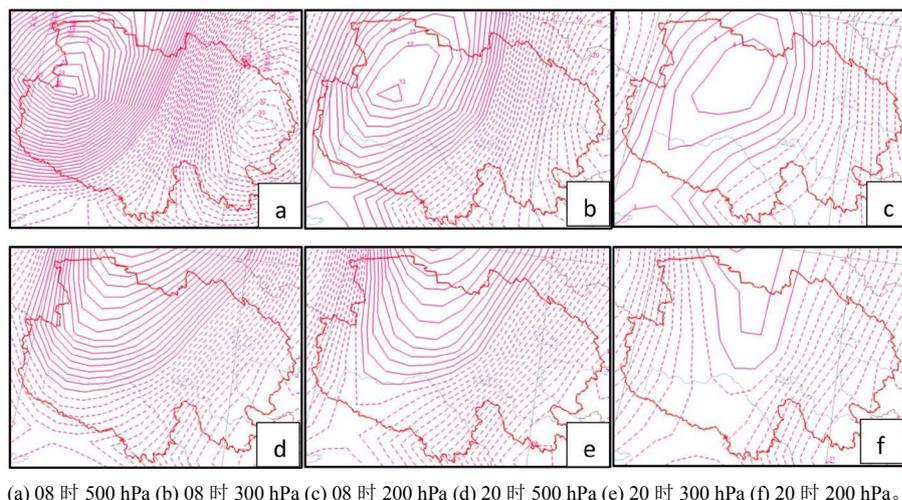


Figure 12. Vertical velocity field on August 2  
 图 12. 8月2日垂直速度场

## 5. 结论

① 受低涡切变线及副热带高压边缘西南暖湿气流影响,青海海东地区 2018 年 8 月 2~3 日出现显著强降水天气过程,此次暴雨为稳定性降水伴有短时强降水性质。

② 500 hPa 高空存在冷平流中心,西西伯利亚高原有一深厚低槽,高空槽底部分裂出短波槽携带冷空气东移南下;青海中西部受副热带高压控制,高压中心位于海西中部,青海省偏东地区处于西部高压与西太副高切变线中,同时台风为青海东部地区带来充足水汽,短波槽东移触发暴雨天气。

③ 地面形势场上,新疆冷空气堆积并沿西路进入海西西部,东路冷空气沿河西走廊倒灌至河湟谷地,地面冷锋位于祁连山区北侧,地面形成气旋式切变及地面辐合线,共同推动低层辐合与上升运动,促使降水量增大,引发对流云团爆发性发展,出现短时强降水。东部地区上空大气层结状态极不稳定,呈现出低层暖湿、高层干冷现象,500 hPa 均为偏东风,有利于水汽输送。

④ 整个天气过程青海上空均有云系,东部地区云系回波较强,海东南部地区存在大范围的较强雷达回波,且范围较大,为降水持续提供了有力条件。卫星云图上可见明显对流云团在青海省东部维持,乐都、民和地区云顶发展高度较高,云层发展旺盛,促使出现短时强降水。

⑤ 青海东部处于高能区中,大量不稳定能量积聚,使对流不稳定层结发展强烈, $\theta_{se}$  高值区与强降水区对应,500 hPa  $\theta_{se}$  高能区和密集带交界正对应强降水区域。高层为辐散区、低层为水汽辐合区,且辐合强烈,这种形势利于水汽垂直交换,促进对流活动发生发展,大量水汽沿西南气流北上,加之台风间接影响,致使水汽辐合中心位于青海高原东部地区,为暴雨天气提供了充足水汽条件。强降水区上空散度场中,低层为强烈辐合,高层则是明显辐散,这种配置促使低层大气形成“抽气”作用,使得上升运动出现并加强,成为强降水天气发生发展的有力的动力条件。垂直上升运动强度明显加强,且发展深厚,也是此次区域性发生强降水的有利动力条件。上述物理量场演变可作为此次强降水区域预报的重要参考指标。

## 参考文献

- [1] 王莉萍,孙超作,杜世晔.“06.7”郧西暴雨天气的成因分析[J]. 暴雨灾害,2007(3): 261-265.
- [2] 周兵,文继芬. 2004 年渝北川东大暴雨环流及其非绝热加热特征[J]. 应用气象学报,2006(S1): 71-78.
- [3] 赵玉春,王叶红. 高原涡诱生西南涡特大暴雨成因的个例研究[J]. 高原气象,2010(4): 819-831.