

# Analysis of Triggering Conditions of a Heavy Rain in the Area around the Lake in Qinghai

Shaolong Zhou\*, Guiling Huang, Guorong Zhao

Haibei Prefecture Meteorological Station, Haibei Qinghai  
Email: qxr567@163.com

Received: Jul. 1<sup>st</sup>, 2020; accepted: Jul. 15<sup>th</sup>, 2020; published: Jul. 22<sup>nd</sup>, 2020

---

## Abstract

In view of a convective local heavy rain weather process that occurred at Gangcha county station in the region around Qinghai Lake on August 20, 2013, the upper air circulation situation, sounding data, single ground station data, physical quantity field and satellite cloud picture are analyzed, it is concluded that the trigger environment of this heavy rain is the convergence zone of the southwest warm moist air flow along the periphery of the 588 line of the Horse latitudes and the cold air carried by the northern short wave trough; in addition, the lake-land breeze and the special topography play an important role in triggering the local heavy precipitation.

## Keywords

Qinghai, Gangcha, The Heavy Rain, Genesis, Analysis

---

# 青海省环湖地区一次大雨天气触发条件分析

周少龙\*, 黄桂玲, 赵国蓉

海北州气象台, 青海 海北  
Email: qxr567@163.com

收稿日期: 2020年7月1日; 录用日期: 2020年7月15日; 发布日期: 2020年7月22日

---

\*第一作者。

## 摘要

针对2013年8月20日青海省环湖地区刚察县站出现的一次对流性局地大雨天气过程,分析了高空环流形势、探空资料、地面单站资料、物理量场、卫星云图达五个方面的资料,得出此次大雨天气的触发环境是沿着西太平洋副热带高压(588线)外围的西南暖湿气流与北部短波槽携带的冷空气交汇带;单站水汽压的持续上升或维持,对大降水是否会触发有一定的指示意义;另外,湖陆风与特殊的地形对局地大降水的触发起到了重要的作用。

## 关键词

青海, 刚察, 大雨, 成因, 分析

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

2013年8月20日08时至21日08时,青海海北地区出现了一次中-大雨的天气过程,降水中心出现在刚察地区,其中刚察本站过程降水量达到了45.4 mm(表1),此次降水过程具有明显的短强特征,刚察县站6小时降水 $\geq 26$  mm,同时降水时段集中,主要出现在午后至前半夜,是8月下旬以来全州降水量级最大的一次天气过程,其中刚察地区五个区域自动站均达到大雨。对此次大雨天气过程的分析,得出造成此次降水天气过程的主要原因和部分指标,为提高海北地区大雨的预报准确率积累经验。

**Table 1.** Statistical table of precipitation in Qinghai Haibei regional station at 08:00 on 20-21 August 2011 (mm)

**表 1.** 2011年8月20日08时至21日08时青海海北区域站降水量统计表(mm)

测站	降水量	测站	降水量	测站	降水量	测站	降水量
海晏县站	10.0	门源县站	10.5	祁连县站	3.2	刚察县站	45.4
海晏金滩乡	6.1	门源青石嘴	13.1	祁连八宝镇	3.1	刚察泉吉	42.5
海晏甘子河温都	5.9	门源东川	2.8	祁连扎麻什	4.1	刚察热水	40.7
海晏甘子河俄日	0.1	门源珠固	0.0	祁连阿柔	13.6	青海湖鸟岛	39.2
		门源皇城	3.1	祁连峨堡	8.5	刚察哈尔盖	30.9
				祁连默勒	0.4		

## 2. 高空环流形势特征

8月20日08时500 hPa高空图中,整个欧亚上空为南高北低一槽一脊的环流形势,贝加尔湖延伸出的高空槽至我国内蒙至甘肃河西走廊一线,而青海省的东南部处于副热带高压584线内,588线位于我省东南部(见图1)。到8月21日08时,588线退出我省,而甘肃河西走廊一线的高空槽有所东移,其底部分裂小槽下滑的弱冷空气,青海东北部受到影响。同时青海大部 $\Delta Td < 4^\circ\text{C}$ ,整个为一湿区,沿着584线边缘充沛的水汽输送和北部下滑的弱冷空气在刚察上空交汇(见图2)。因此此次大雨是沿着西太平洋副

热带高压(588 线)外围的西南暖湿气流与北部短波槽携带的冷空气交汇触发的一次短时强降水为主的对流性局地大雨天气。

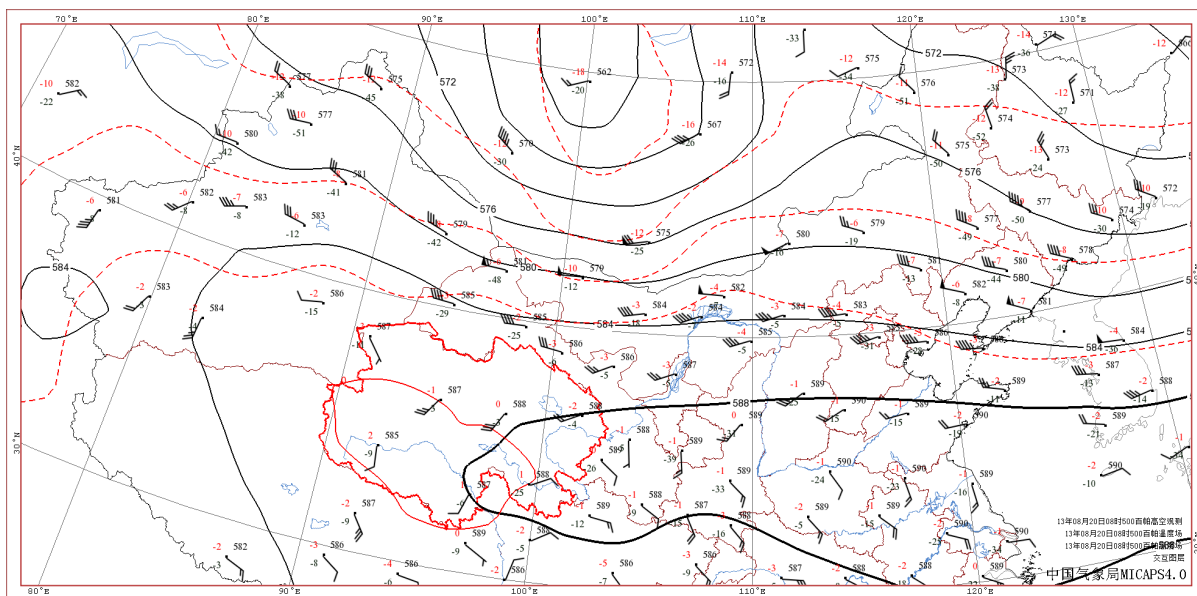


Figure 1. 500 hPa upper-air view at 08:00 on 20 August

图 1. 8月20日08时500 hPa 高空图

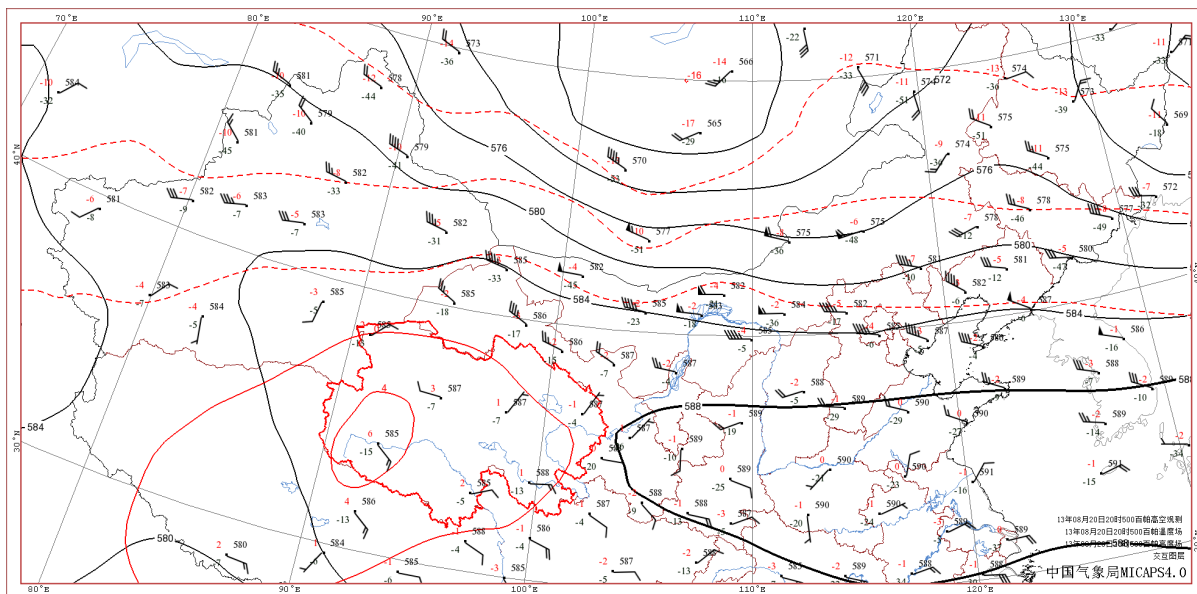


Figure 2. 500 hPa upper-air view at 08:00 on 21 August

图 2. 8月21日08时500 hPa 高空图

### 3. 地面自动站单站资料分析

单站要素中,反映最好的为水汽压,8月20日14时环湖地区的各监测站水汽压较前一日均有明显的上升,各站均维持在10~12 hPa;21日14时刚察站水汽压有所下降,刚察地面Td在降水前期一直递增加强,最大值达到11℃之后骤降;而海晏地面Td一直维持,没有触发(见图3、图4)。

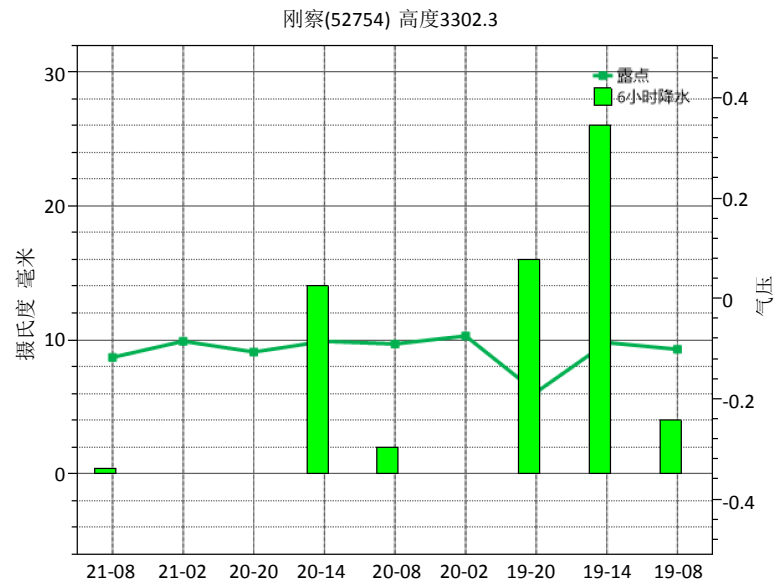


Figure 3. Water vapor pressure changes at Gangcha station from August 19 to 21  
 图 3. 8月 19~21 日刚察站水汽压变化图

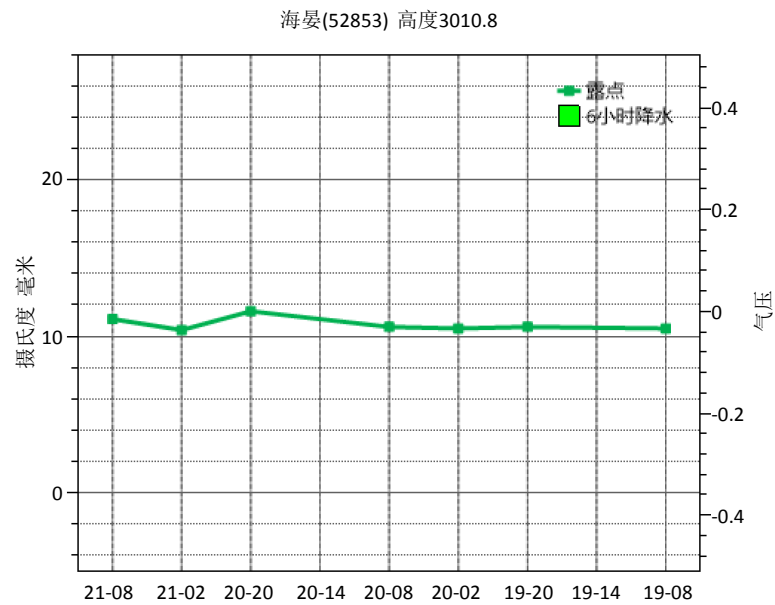


Figure 4. Water vapor pressure changes at Haiyan station from August 19 to 21  
 图 4. 8月 19~21 日海晏站水汽压变化图

## 4. 物理量场分析

### 4.1. 不稳定层结条件分析

#### 4.1.1. 探空资料

大气层结不稳定是产生大暴雨的重要条件[1]。上网站都兰 52836 (海拔 3192.1) 08 时探空按照午后最高气温、露点订正后有一定的不稳定能量；湿层深厚，低层西南风  $\geq 12$  m/s，顺转暖平流，高层干，逆转冷平流，层结不稳定利于强对流天气发生(图 5)。

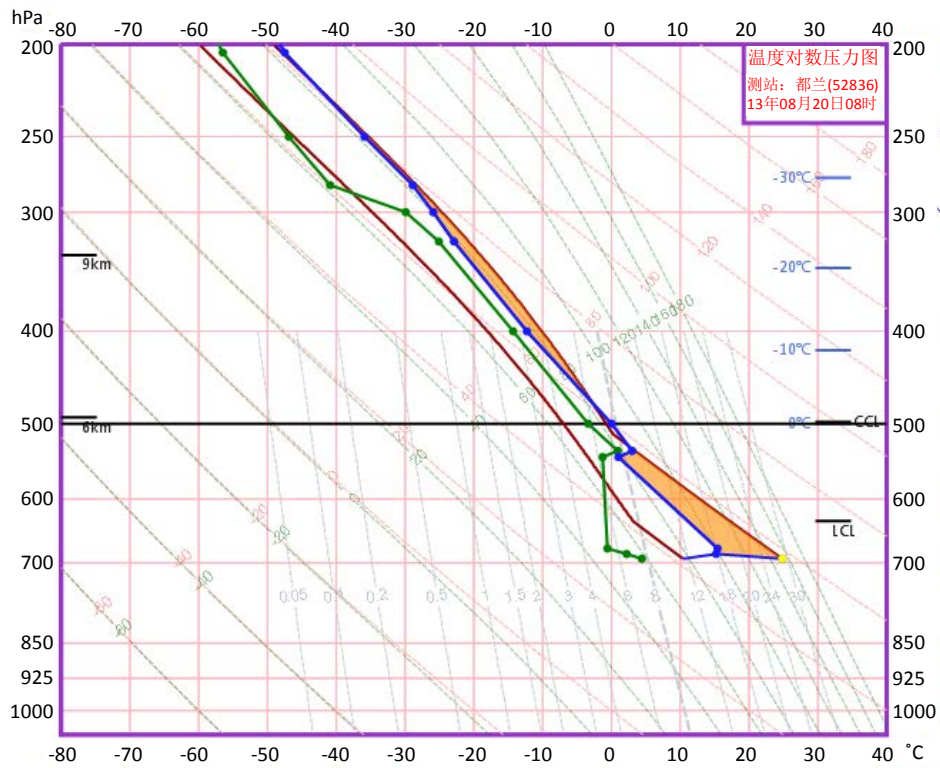


Figure 5. Air sounding of Dulan station at 08:00 on August 20  
 图 5. 8月20日08时都兰站探空图

#### 4.1.2. 温度资料

在高原大雨的分析和预报中， $k_i$  指数是一个可供参考的反应稳定性和湿度的综合指标。前期副高控制，午后增温带来一定的能量汇聚；同时  $T_{700} - T_{500} \geq 13^\circ\text{C}$ ，整层层结处于不稳定状态(见图 6、图 7)。

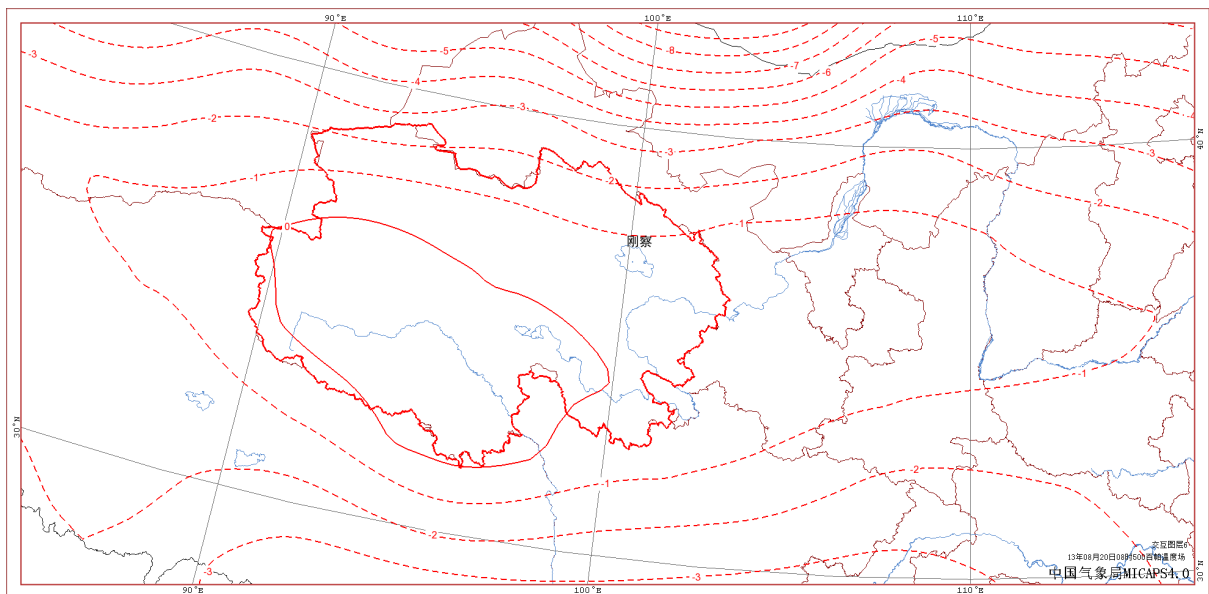
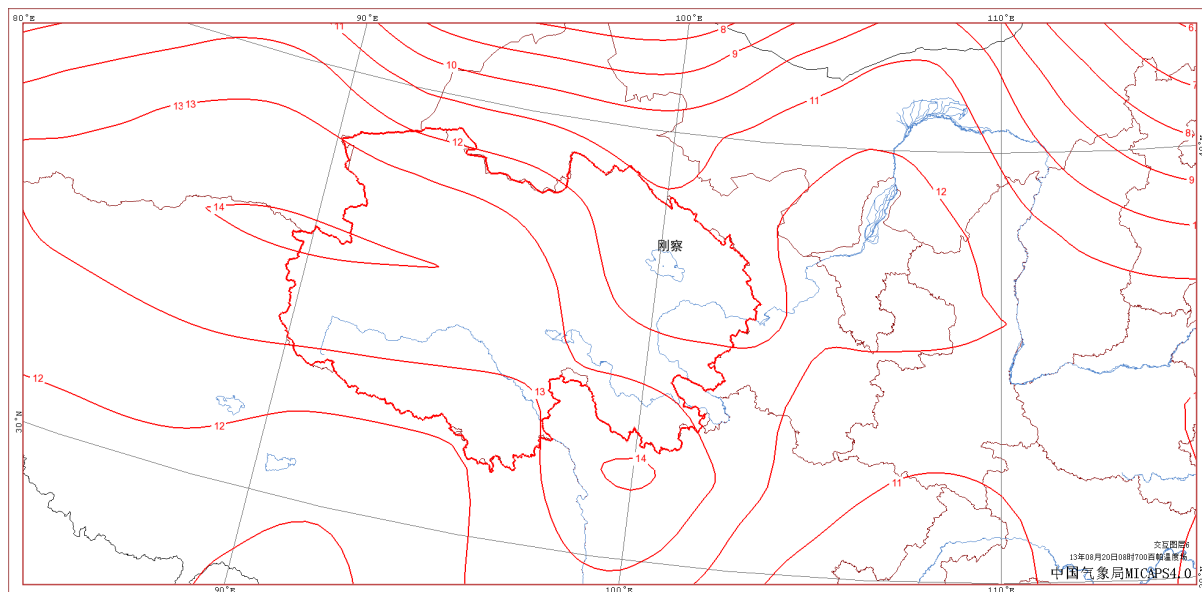


Figure 6. 500 hPa temperature field at 08:00 on August 20  
 图 6. 8月20日08时500 hPa 温度实况场

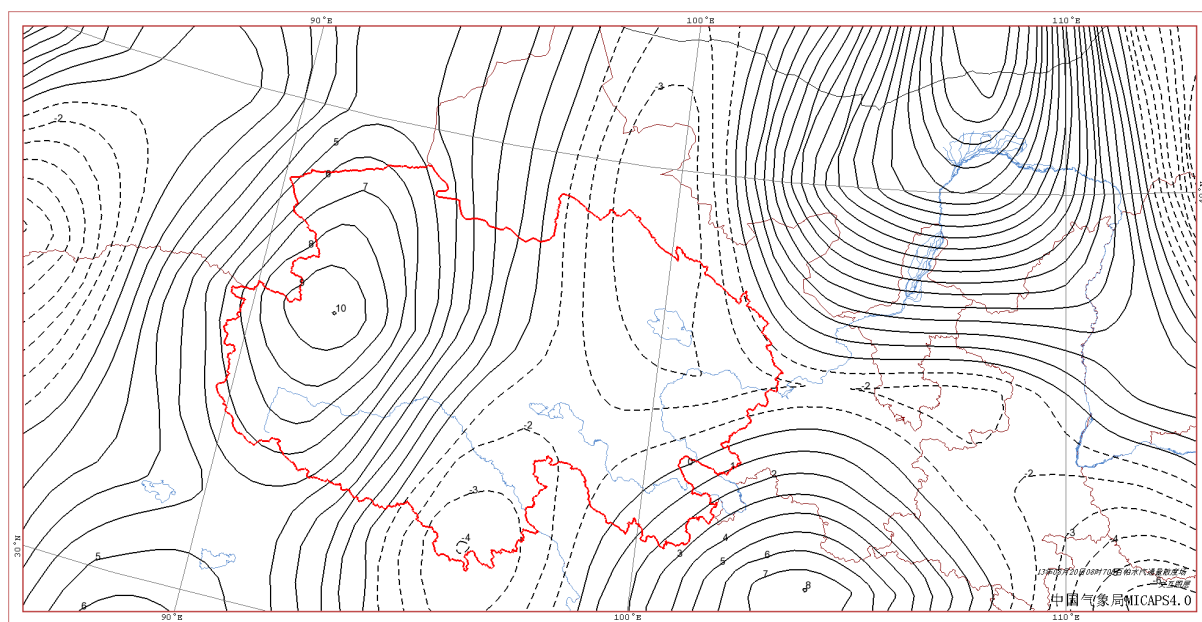


**Figure 7.** Actual temperature field at 08:00 on August 20, 700 hPa

**图 7.** 8月20日08时700 hPa 温度实况场

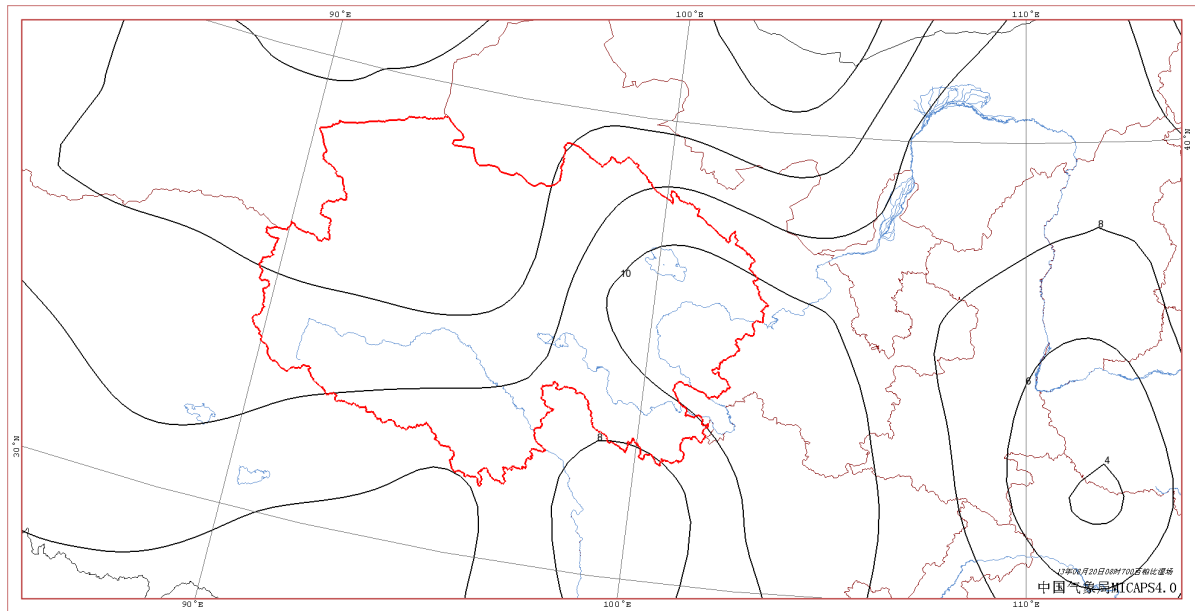
#### 4.2. 水汽条件分析(比湿、水汽通量散度)

水汽通量散度与大气强对流活动密切相关，尤其是大气低层水汽通量辐合是形成大降水重要条件之一[2]。700 hPa (近地面)刚察附近存在水汽的辐合，为 $-3 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$  (见图 8)；同时刚察一带为 700 hPa (近地面)比湿  $\geq 10 \text{ g/kg}$  的中心，符合大雨标准，水汽条件好(见图 9)；另外从同一时次的水汽通量散度垂直剖面分析，而 500 hPa 以上，刚察一线都是以弱辐散为主(图略)，低空水汽辐合、高空辐散配置促进底层水汽在垂直方向上向高空的铅直输送。



**Figure 8.** Divergence of water vapor flux at 08:00 on August 20, 700 hPa

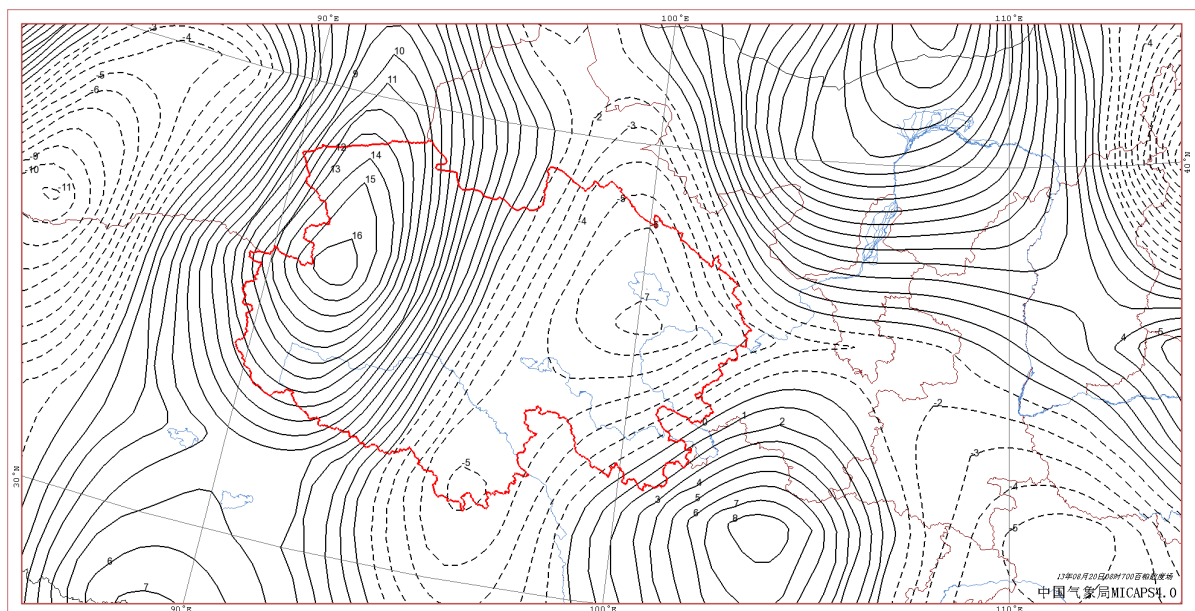
**图 8.** 8月20日08时700 hPa 水汽通量散度



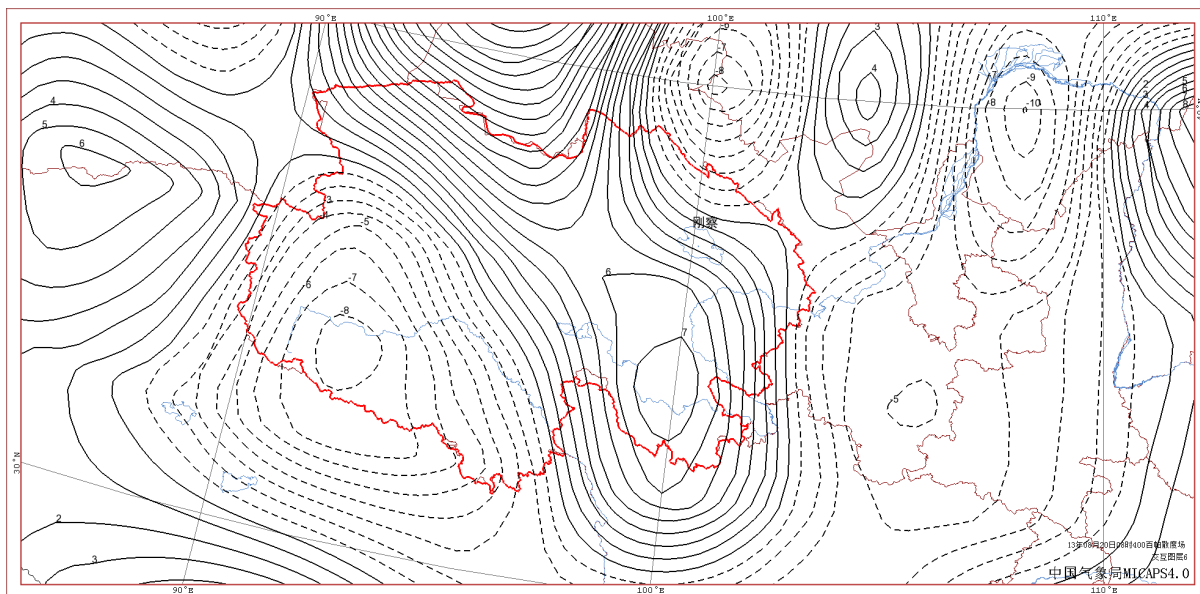
**Figure 9.** 700 hPa specific humidity at 08:00 on August 20  
**图 9.** 8 月 20 日 08 时 700 hPa 比湿

#### 4.3. 动力抬升条件分析(散度、垂直速度)

分析 8 月 20 日 08 时 700 hPa 散度场资料, 96°~104°E 的区域整个为一气流辐合区, 其中环湖附近正好位于辐合中心, 中心值达到  $-7 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  (图 10); 8 月 20 日 20 时的涡度剖面资料分析, 刚察附近 700 hPa 以下均为负散度, 说明底层为气流辐合区, 中心达到  $-6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  (图略), 而 400 hPa 以上均为正散度区, 说明高层处于气流辐散区, 这种高层辐散形成抽吸垂直结构, 有利于加强低层辐合和对流上升运动 (图 11), 强烈的上升运动条件被认为是强降水天气发生的直接触发机制[3]。



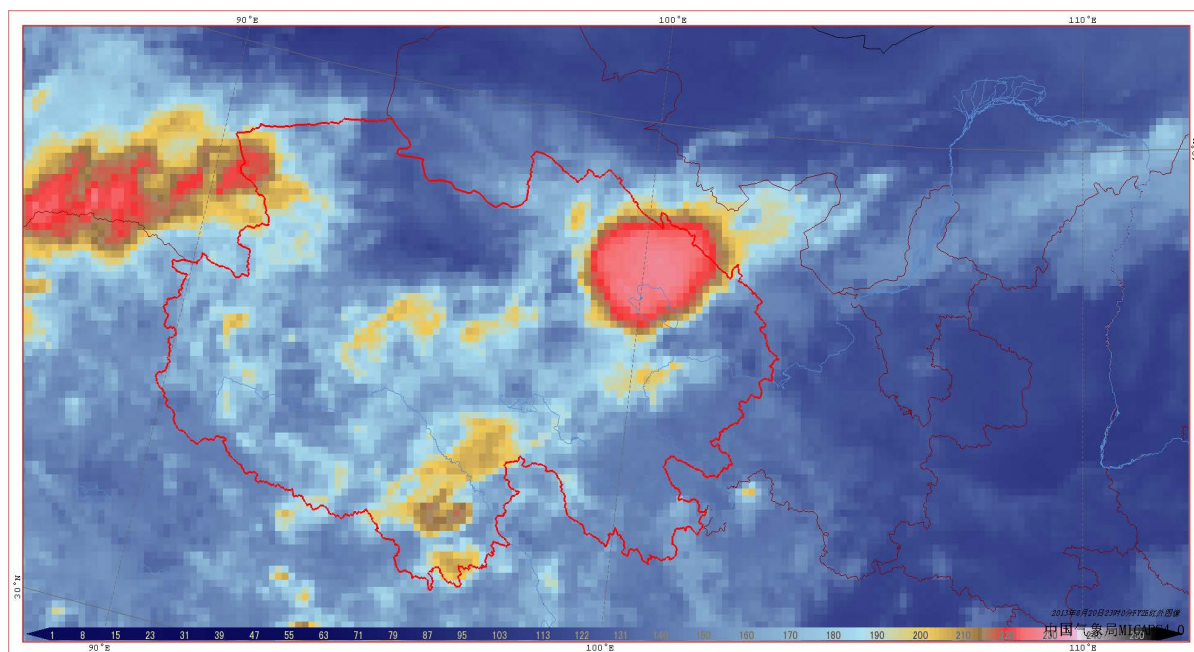
**Figure 10.** 700 hPa divergence field at 08:00 on August 20  
**图 10.** 8 月 20 日 08 时 700 hPa 散度场



**Figure 11.** 400 hPa divergence field at 08:00 on August 20  
**图 11.** 8月20日08时400 hPa 散度场

## 5. 云图分析

在中纬度地区，中尺度对流系统(MCS)中有组织的强对流单体的发生、发展往往可能造成暴雨、冰雹等灾害性天气[4]。造成这次海北门源大雨天气过程的云系是有多个中尺度强对流云团组成的对流云系，在适合的形势场下移到降水区。发生在刚察上空的 MCS，形态为指状云团，由不同生命史阶段的子云团构成，是产生持续性强降水的云团的显著特征；移动缓慢，持续时间长，呈圆形，是准正压性的发展系统(见图 12)；后续的云团列车效应明显，持续补充并大小稳定维持，影响到刚察地区持续降水，至 21 日凌晨云系东移并减弱，降水也趋于结束(图略)。





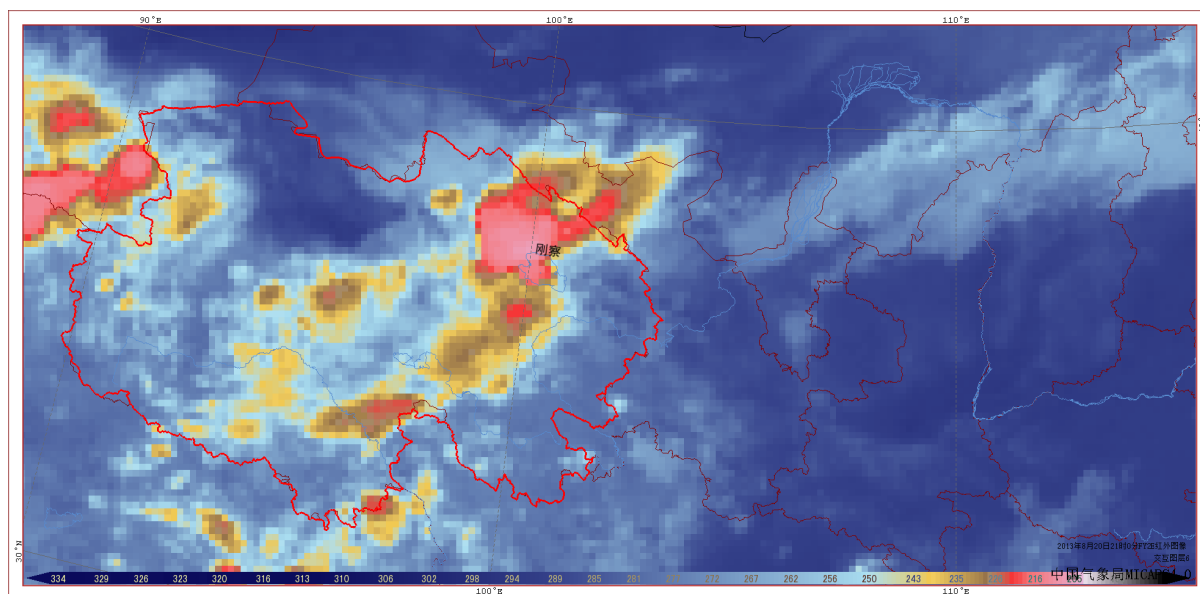


Figure 12. Infrared satellite cloud image at 21:00 and 23:00 on August 20

图 12. 8月20日21时、23时红外卫星云图

## 6. 中尺度分析

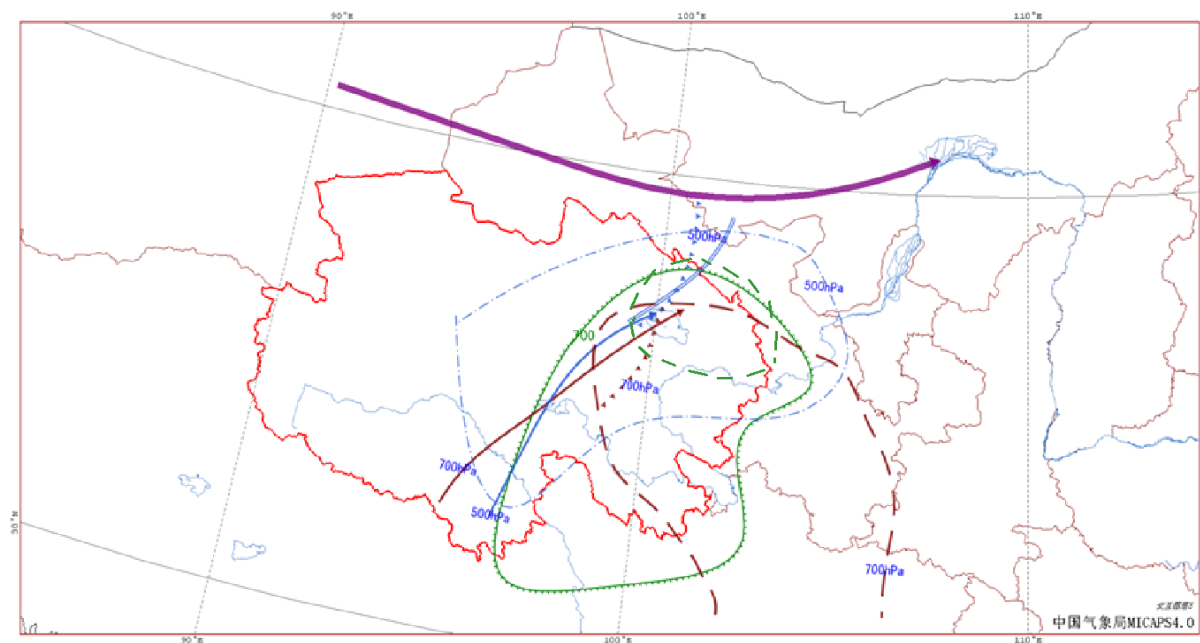


Figure 13. Mesoscale map at 21:00 and 23:00 on August 20

图 13. 8月20日21时、23时中尺度分析图

500、700 hPa 湿区重合于环湖，500、700 hPa 显著流线交汇，200 hPa 高空急流左侧，高低空急流及其耦合作用，能产生深厚的上升运动和快速的水汽垂直输送；西南风速的辐合使得水汽在刚察汇合对大雨的产生非常有利；500、700 hPa 冷温槽在刚察上空叠加，冷空气的楔入带来触发；高能舌伸向环湖地区，具备不稳定大气层结；500 hPa 高空风切变压至环湖，对应大雨的落区(见图 13)。

## 7. 刚察地区单点大雨的触发机理分析

### 7.1. 湖陆风作用

刚察地面白天吹陆风，傍晚强的湖风。通常离湖区越近，湖陆风越明显；刚察位于湖正北，无地形阻挡；海晏离湖区远，并且有山区的阻挡。湖陆风中尺度天气系统加强了刚察地区的大雨天气(见图 14、图 15)。

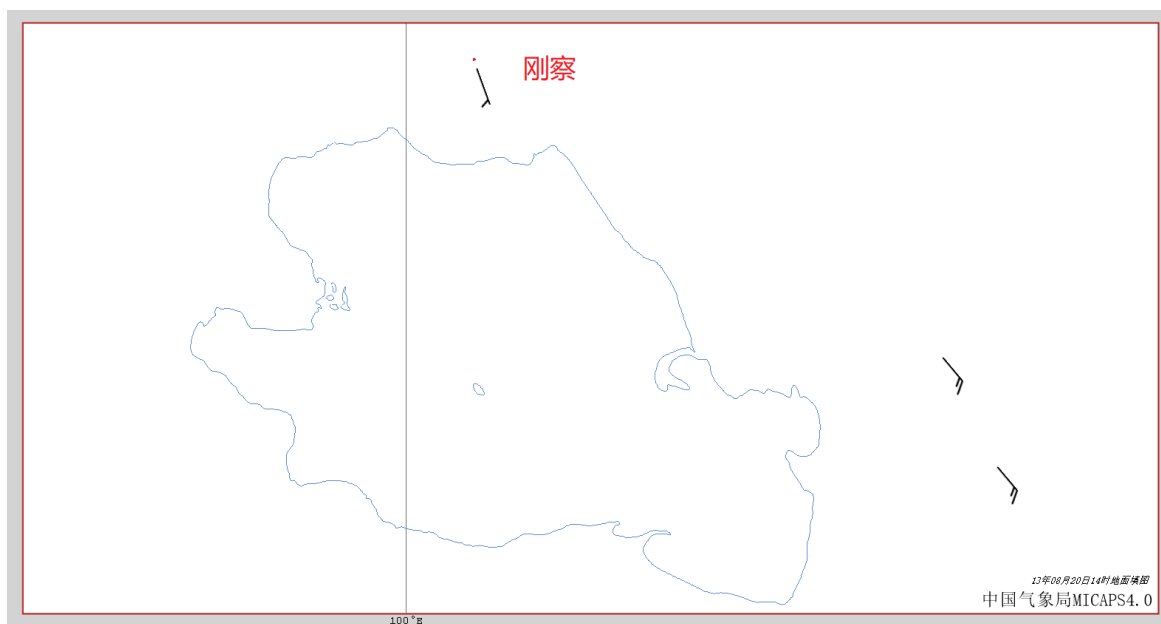


Figure 14. Actual ground wind field at 14:00 on August 20

图 14. 8月20日14时地面实况风场

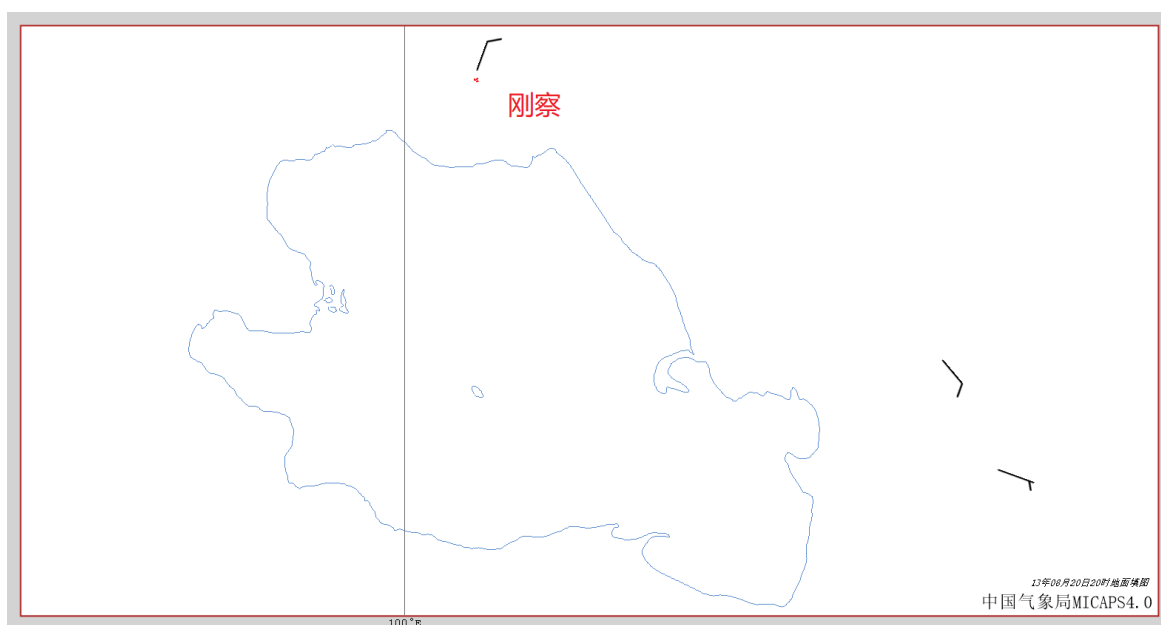


Figure 15. Actual ground wind field at 20:00 on August 21

图 15. 8月21日20时地面实况风场

## 7.2. 地形作用

下午到傍晚强的湖风将湖面较好的水汽在刚察迎风坡的堆积抬升，海晏的风沿着山谷，与山脉的夹角小，抬升较弱；刚察的风与山脉的夹角大，抬升更强(图 16)。

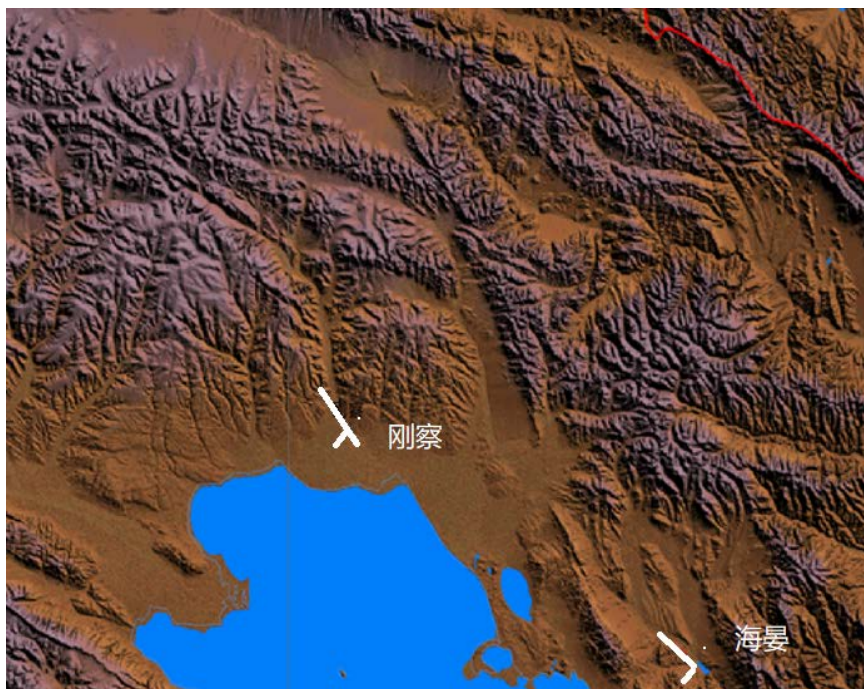


Figure 16. Actual ground wind field superimposed terrain at 14:00 on August 20  
图 16. 8 月 20 日 14 时实况地面风场叠加地形

## 8. 结论

- ① 此次大雨天气的触发环境是沿着西太平洋副热带高压(588 线)外围的西南暖湿气流与北部短波槽携带的冷空气交汇带。
- ② 单站水汽压的持续上升或维持，对大降水是否会触发有一定的指示意义。
- ③ 湖陆风与特殊的地形对局地大降水的触发起了重要的作用。

## 参考文献

- [1] 王江山, 李锡福, 马元仓, 等, 编著. 青海天气气候北京[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [2] 朱乾根, 等. 天气学原理与方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [3] 俞小鼎, 等, 编著. 新一代天气雷达原理与业务应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [4] 张培昌, 杜秉玉, 等, 编著. 雷达气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2000.