

# 裕民阿克乔克草原一次暴雨天气雷达回波特征分析

许 铭<sup>1</sup>, 杨国辉<sup>2</sup>, 王雅婷<sup>1</sup>, 曾 华<sup>1</sup>, 李 波<sup>1</sup>

<sup>1</sup>塔城地区气象局, 新疆 塔城

<sup>2</sup>塔城市气象局, 新疆 塔城

Email: 441505760@qq.com

收稿日期: 2020年10月14日; 录用日期: 2020年10月28日; 发布日期: 2020年11月4日

## 摘 要

本文利用X波段多普勒天气雷达的基本反射率图、径向速度图等相关资料,对6月6日裕民县阿克乔克草原的暴雨天气过程进行了综合分析,并总结了暴雨过程的雷达回波特征。结果表明:中亚低值系统是造成此次暴雨天气的主要影响系统。源源不断的水汽从西南方向不断向塔城地区输送,并在此区域辐合造成此次暴雨过程出现时间短、雨强大,时段集中。低层正涡度区、上升运动、层结不稳定等因素为暴雨的产生创造了热力、动力和能量条件。此次暴雨过程的触发机制是低层中尺度风速切变、西南暖湿气流的增强,以及低层辐合、高层辐散的大气上下抽吸作用。

## 关键词

暴雨, 雷达回波, 特征, 分析

# Analysis of Radar Echo Characteristics of a Rainstorm on Akjock Grassland in Yumin County

Ming Xu<sup>1</sup>, Guohui Yang<sup>2</sup>, Yating Wang<sup>1</sup>, Hua Zeng<sup>1</sup>, Bo Li<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tacheng Regional Weather Bureau, Tacheng Xinjiang

<sup>2</sup>Tacheng Weather Bureau, Tacheng Xinjiang

Email: 441505760@qq.com

Received: Oct. 14<sup>th</sup>, 2020; accepted: Oct. 28<sup>th</sup>, 2020; published: Nov. 4<sup>th</sup>, 2020

文章引用: 许铭, 杨国辉, 王雅婷, 曾华, 李波. 裕民阿克乔克草原一次暴雨天气雷达回波特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(6): 642-650. DOI: 10.12677/ccl.2020.96071

## Abstract

In this paper, the basic reflectivity chart and radial velocity chart of x-band Doppler weather radar are used to comprehensively analyze the rainstorm weather process in Akjok grassland of Yumin County on June 6, and the radar echo characteristics of the rainstorm process are summarized. The results show that the central Asian low-value system is the main influence system of the rainstorm. The continuous water vapor from the southwest to the Tacheng area, and convergence in this area caused the rainstorm process of short time, strong rain, concentrated time. The factors such as low level positive vorticity region, rising motion and stratigraphic instability create thermal, dynamic and energy conditions for rainstorm. The triggering mechanism of the rainstorm process is the mesoscale wind shear in the lower layer, the enhancement of the southwest warm and humid airflow, and the suction of the atmosphere with convergence in the lower layer and divergence in the upper layer.

## Keywords

Rainstorm, Radar Echo, Characteristic, Analysis

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

受低涡活动影响, 6月2日至6月7日, 地区大部断续出现明显的降水天气过程, 同时地区北部出现雷电、冰雹、短时强降水、短时大风等强对流天气。6月6日下午15时至17时裕民县境内出现短时强降水并且引发局地山洪, 具体小时降水量如下: 1) 阿克乔克草原站16时、17时小时降水量达35 mm、11.5 mm; 2) 哈拉布拉水库15时、16时小时降水量达10.7 mm、9 mm; 3) 阿勒腾水库雨量16时小时降水量达9.2 mm; 4) 克孜布拉克水库雨量16时、17时小时降水量达14.8 mm、15.7 mm; 5) 裕民县17时小时降水量8.1 mm。从图1可以看出6日裕民县境内的降水有时间短、雨强大、时段集中等特点, 是典型的夏季对流性天气形成的降水。塔城X波段多普勒雷达于2019年4月23日投入试运行, 现就有限的资料, 对这次暴雨天气过程进行分析, 以期对今后的防灾减灾提供依据。



Figure 1. On 5 June 21 to June 6, 20 Yumin county territory by hour precipitation  
图 1. 5 日 21 时至 6 日 20 时裕民县境内逐小时降水实况

## 2. 天气背景

### 2.1. 大尺度环流背景

#### 2.1.1. 100 hPa 环流特征

过程前期, 南亚高压呈双体型, 裕民县处在位于纬向多波动锋区中。

#### 2.1.2. 500 hPa 环流演变

过程前期, 欧亚范围内为一槽一脊形势, 环流径向度不大, 咸海至巴尔喀什湖地区为低涡活动区, 配合 $-20^{\circ}\text{C}$ 冷中心, 里黑海一线为高压脊区。5日20时, 上游脊迅速发展, 脊前北风带形成, 带上最大风速达 $40\text{ m/s}$ , 下游低涡继续加深南下, 低涡底部分裂两股短波。6日08时, 上游脊继续发展, 脊顶西退, 脊前北风带转为西北风带, 带上最大风速有些减弱, 达 $24\text{ m/s}$ , 推动低涡不断东移南下, 低涡底部强锋区压至北纬 $44$ 至 $48$ 度, 并以分裂短波形势影响我区。6日白天, 中高层均表现为温度槽略超前于高度槽。

高空 $500\text{ hPa}$ 形势特点: 主导系统里黑海地区高压脊, 影响系统巴尔喀什湖地区低涡, 位置稳定少动, 移动路径由西北向东南方向移动, 底部不断分裂短波影响我区。

### 2.2. 强降水成因分析

暴雨的产生, 需要大气中含有大量的水汽, 同时需要源源不断的水汽输送与补充。从能量角度看, 暴雨是能量不断释放的过程, 要产生强降水, 大气中必须具备一定的能量条件, 这种不稳定能量的释放又触发了较强的上升运动, 通过对水汽通量、水汽通量散度、散度、涡度、垂直速度等物理量场以及 Tlogp 图的诊断分析, 了解本次暴雨水汽、热力与动力等时空分布特征。

#### 动力条件

##### 1) 垂直运动

沿 $82.9^{\circ}\text{E}$ 、 $46.2^{\circ}\text{N}$ 做垂直速度时间剖面图, 从图2可以看出, 6日08时至14时, 在阿克乔克上空存在整层均为较强的下沉运动, 14时之后 $300\text{ hPa}$ 至 $700\text{ hPa}$ 上升运动开始增强, 低层为下沉运动。强烈的上升运动有利于水汽的凝结。

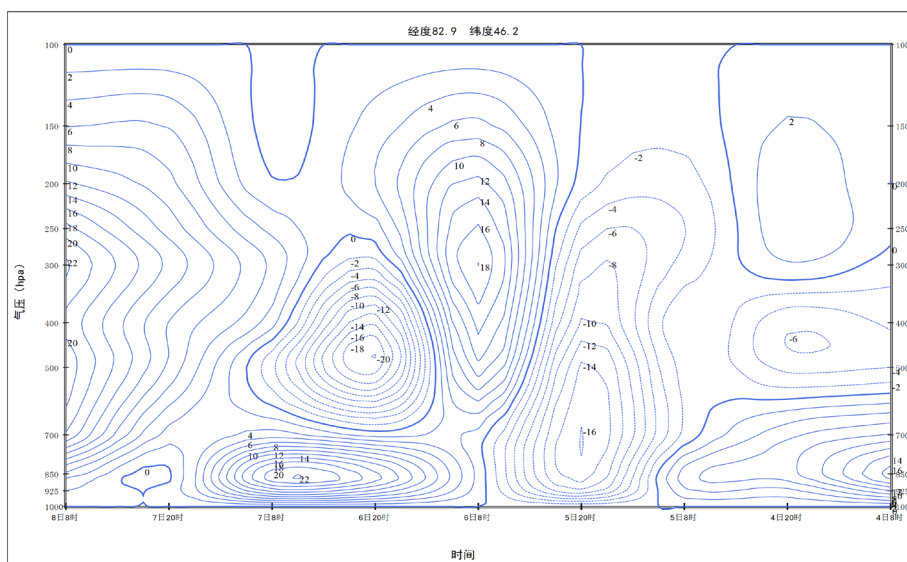


Figure 2. Along ( $82.9^{\circ}\text{E}$ ,  $46.2^{\circ}\text{N}$ ) the vertical speed of the vertical profiles of change over time  
图2. 沿( $82.9^{\circ}\text{E}$ ,  $46.2^{\circ}\text{N}$ )垂直速度随时间变化的垂直剖面图

## 2) 散度分析

如图 3, 在暴雨发生期间, 裕民县阿克乔克上空 850 hPa 至 500 hPa 存在较明显的辐合区, 中高层存在辐散, 从 6 日 08 时开始 850 hPa 至 500 hPa 的辐合开始加强, 中高层的辐散也加强, 有利于水气的辐合, 上升为强降水的持续提供了很好的动力条件。

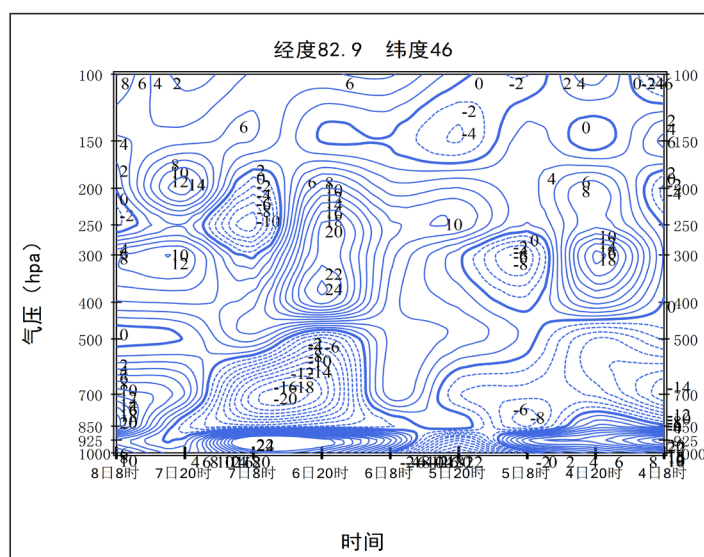


Figure 3. Along (82.9°E, 46.2°N) the divergence of the vertical profiles of change over time  
图 3. 沿(82.9°E, 46.2°N) 散度场随时间变化的垂直剖面图

## 3. 条件分析

### 3.1. 水汽条件

#### 3.1.1. 相对湿度场分析

在降水时段, 阿克乔克上空整层相对湿度范围在 60%至 90%, 湿度条件好, 所以有利于降水。

#### 3.1.2. 比湿场分析

由 6 日 08 时和 6 日 20 时降水时段的 700 hPa 和 850 hPa 比湿场可以看出, 在 6 日 08 时 700 hPa 上阿克乔克上空有 6 g/kg 的湿区, 在 850 hPa 上有 7 g/kg 的湿区, 低层水汽充足, 均有利于阿克乔克的降水。

#### 3.1.3. 水汽源地及路径

暴雨的发生不仅要有很好的局地水汽条件, 而且要有源源不断的水汽补充, 只有水汽在降水区辐合, 才能形成暴雨。从水汽通量场来看, 6 日白天水汽由北方路径转为西南方路径输送, 大值区在巴尔喀什湖西南侧, 6 日 20 时 700 最大值  $15 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$ 。6 日 20 时 850 最大值达  $20 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$ 。这说明在暴雨发生前后 700 hPa 有强的水汽的输送。由水汽通量散度场可以看出, 在降水开始前开始逐渐增大, 水汽辐合主要集中在 850 hPa 至 500 hPa。而 500hpa 以上均为正值, 这种低层辐合, 中高层辐散, 造成该过程水汽的辐合、垂直输送更明显。这也是造成暴雨的一个重要因素。

### 3.2. 热力条件

#### 3.2.1. 前期气温高热力条件好

对 5 日 20 时至 7 日 12 时裕民县阿克乔克草原逐小时气温、降水实况图进行分析发现, 降水天气出

现前期阿克乔克草原气温与历年同期相比维持较高,最高气温在 11℃至 17℃之间。天气过程前期气温均较高,表现为热力条件好,为后期强降水的出现积蓄了能量。

### 3.2.2. 单站热力条件分析

如图 4,从 6 月 6 日 08 时塔城测站探空曲线图来看,当日 K 指数为 32,沙氏指数为 1.47, IQ = 2658.3, CAPE = 68.9,在上述 4 项对流指数中,相对而言 k 指数条件对短时强降水天气的发生较为有利;从探空曲线可以看出,6 日 08 时中高层至低层湿度条件较好,虽然不稳定能量的面积较小,但仍表现出中层有不稳定能量的聚集,此外,从低层 1000 hPa 至 850 hPa 风向由东北风转为西北风,表征对流层低层有明显的冷平流,由低层至高层有明显的风速垂直切变,整层为偏西风,且风速较大;从 6 月 6 日 20 时塔城测站探空曲线图来看, K 指数,沙氏指数 0.59, IQ = 2689, CAPE=89.0,各项对流指数中除沙氏指数较 08 时减小外,其余均增大;从中层 500 hPa 至低层 850 hPa 湿度条件较好,且中层有不稳定能量的聚集,从低层 1000 hPa 左右至 850 hPa 由风向东南风转为偏西风,有明显的暖平流,由低层至高层有明显的风速垂直切变,整层为偏西风,且风速较大。

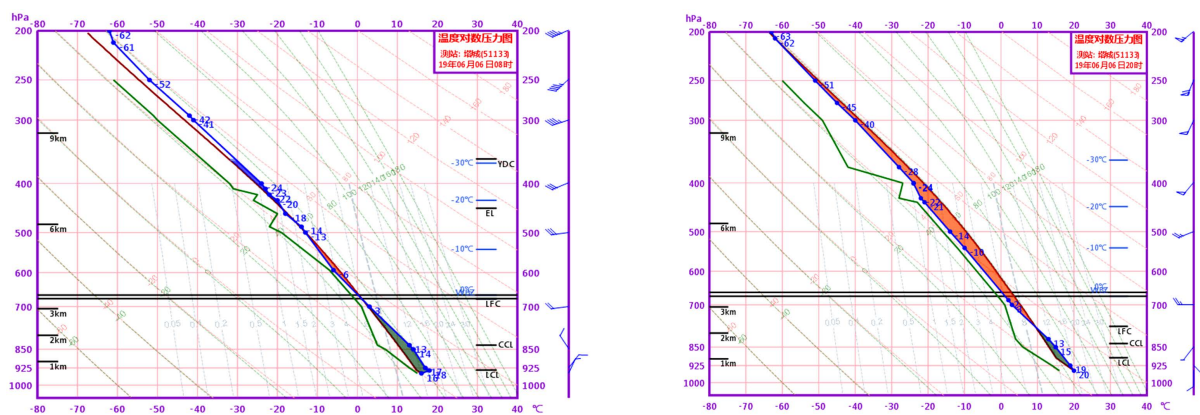


Figure 4. Tacheng meteorological station high altitude meteorological observation curve (a: On June 6, 2019, 8 AM; b: On June 6, 2019, 8 PM)

图 4. 塔城测站探空曲线图(a: 2019 年 6 月 6 日 08 时, b: 2019 年 6 月 6 日 20 时)

### 3.2.3. 层结和稳定度分析

对 700 hPa 假相当位温进行分析,6 月 5 日降水前期,  $\theta_{se}$  大值区位于巴尔喀什湖地区,中心值为 52,至 6 日  $\theta_{se}$  等值线密集,即能量在巴湖至我区堆积,且  $\theta_{se}$  随高度升高而增大,表明整层大气层结较稳定。

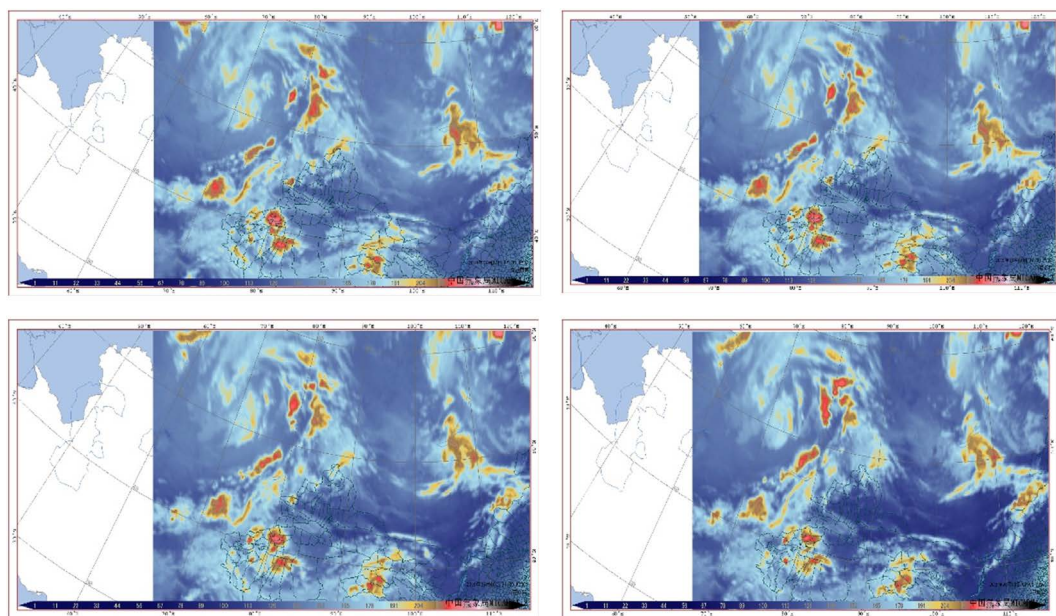
## 3.3. 卫星云图特征分析

6 月 6 日,巴尔喀什湖至我区受西西伯利亚外围涡旋云系影响,从图 5 可以看出,该云系具有清楚的螺旋云带和中心,随着高空西西伯利亚低涡外围不断分裂短波影响,涡旋云系发展至成熟阶段,开始影响我区降水断续开始。6 日 15 时至 17 时,受低涡外围强盛西南气流影响,云系逆转过程中影响我区,云顶亮温达 234.67 k,降水达到最强。

## 4. 雷达回波特征分析

从雷达回波演变看,这次降水过程大致可分为三个阶段。15 时以前为生成发展阶段;15 时至 16 时为成熟维持阶段;16 时为减弱消散阶段。低层辐合,中高层辐散,造成该过程水汽的辐合、垂直输送更明显。这也是造成暴雨的一个重要因素。





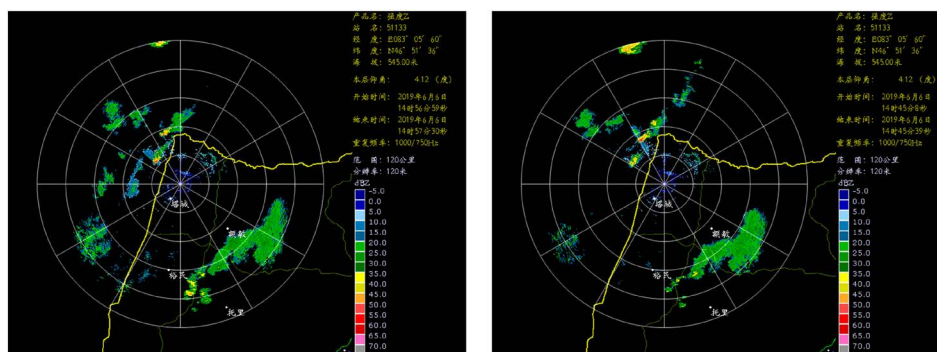
**Figure 5.** Satellite cloud image (a: On June 6, 2019, 3 PM; b: On June 6, 2019, 3:30 PM; c: On June 6, 2019, 4 PM; d: On June 6, 2019, 5 PM)

**图 5.** 卫星云图(a: 2019年6月6日15时; b: 2019年6月6日15时30分; c: 2019年6月6日16时; d: 2019年6月6日17时)

#### 4.1. 生成发展阶段

(如图 6)从反射率因子图上看, 6日 14 时距边境线 15 公里处有一条东北 - 西南向带状回波, 长 70 多公里, 宽约 8 公里, 其南端最强, 强中心达 55 dbz, 高度约 12 公里, 回波带向东北移动; 14 时 33 分, 在裕民县的东南方开始时出现小范围的点状回波, 不断发展扩大, 中心逐渐加强, 呈现东北 - 西南向回波带, 长约 25 公里, 宽约 7 公里, 14 时 51 分, 强中心达 50 dbz, 回波带以每小时约 20 公里的速度向东北方向伸展, 与托里西北面回波带汇合。14 时 59 分裕民县的西南部出现点状降水回波, 由于西南急流的引导和辐合作用, 裕民县西南部的回波逐渐增强, 范围不断扩大, 并逐渐由西南向东北方向发展。

在速度图上, 辐合、辐散区表现比较清楚。在裕民县南面径向速度变化很大, 拐点在裕民县南面 20 公里处(阿克乔克草原方向), 表明阿克乔克草原方向有强的风向切变, 因此该区域回波发展旺盛; 从低层 1000 hPa 左右至 850 hPa 由风向东南风转为偏西风, 有明显的暖平流, 由低层至高层有明显的风速垂直切变, 整层为偏西风, 且风速较大。



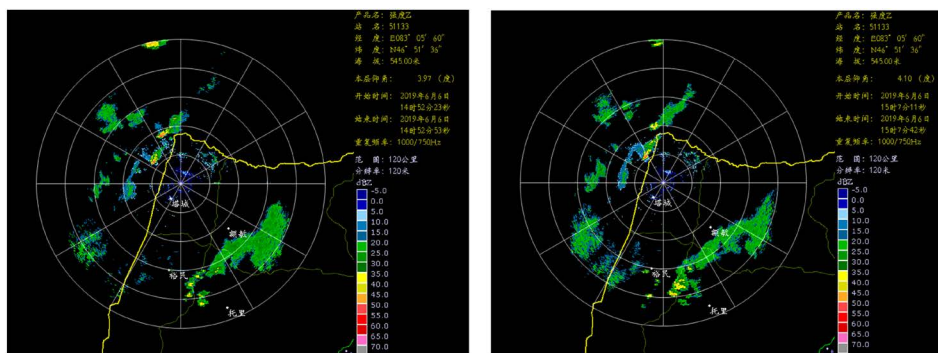


Figure 6. Radar echo generation stage of development

图 6. 雷达回波生成发展阶段

### 4.2. 成熟维持阶段

(如图 7)强度图上, 15 时 18 分开始有强回波汇合并形成一个明显的带状回波, 回波梯度很大, 回波强中心接近 50 dbz (阿克乔克降水已经开始), 到 15 时 35 分, 回波强度继续加强, 范围继续加大形成大范围絮状回波, 最强达到 55 dbz, 表明已经进入成熟阶段, 回波区域不断扩大, 有新生回波移入合并, 回波强度稳定少变移动缓慢。在大片絮状回波区中, 存在着无数个对流单体, 它们的降水率大, 对暴雨的贡献就越大, 如果某一点, 恰好有几个这样的对流块经过, 就会产生几次雨峰, 使累计雨量达到暴雨以上量级[1]。就本阶段而言, 在 1 小时的时间跨度内, 某些点有多个对流块经过时很容易的事, 这个阶段的后期回波以片絮状为主, 少部分强度在 40~45 dbz, 大部分在 40 dbz 以下, 高度下降到 12 公里左右, 而且强中心偏于低层, 高度趋于一致。

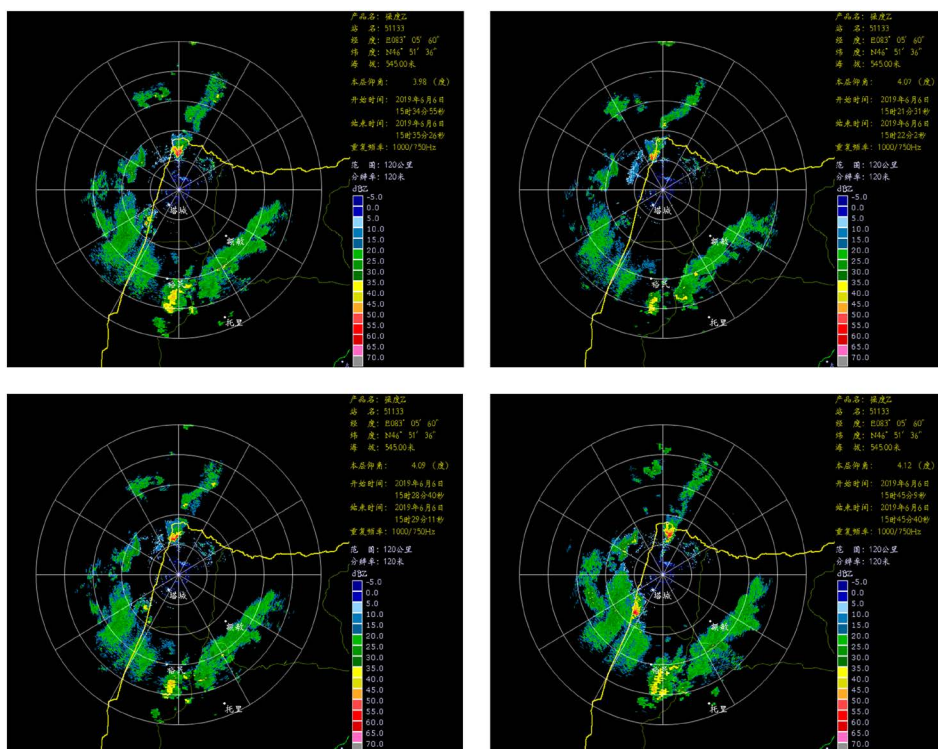


Figure 7. Radar echo mature stage

图 7. 雷达回波成熟维持阶段

速度图上, 低层辐合, 中高层辐散, 造成该过程水汽的辐合、垂直输送更明显。这也是造成这次暴雨的一个重要因素。低层辐合线生成后, 由于南风大于北风, 系统缓慢向北移, 15 时 18 分裕民县南面的西南风开始减弱, 开始出现南风包围中的北风逆风区[1]。也就是成片的相同方向速度区当中, 包围着更小的且方向相反的速度区。逆风区一侧为辐合, 一侧为辐散。一侧为辐散, 在其厚度区间存在垂直风切变, 辐合气流强; 逆风区是中小尺度垂直环流的一种表现, 说明上升和下沉气流共存, 低层丰富水汽向上输送产生凝结而形成降水[2]。由此可见, ”逆风区”的存在对强降水的产生是非常有利, 所在高度区间有垂直风切变存在, 辐合气流加强[3]。

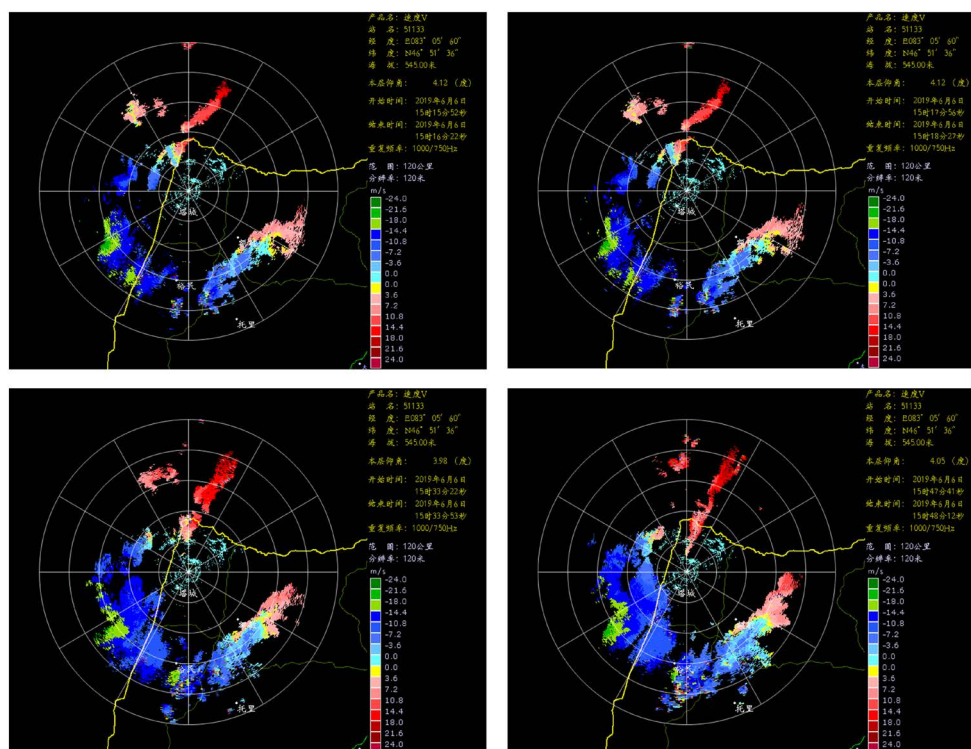


Figure 8. Velocity diagram  
图 8. 速度图

### 4.3. 消散阶段

在强度图上, 回波带强中心向东北方向移动, 虽然回波区仍较大, 但强度明显减弱, 转变为以层状云降水的片状回波, 并且开始分裂, 裕民县阿克乔克方向的回波已减弱消失。西南方仍有块状回波生成, 但都强度较弱。

速度图上, 径向速度减小, 西南部仍有一些辐合, 但势力不强。

## 5. 结论与讨论

1) 低层辐合、高层辐散; 中低层一致的西南气流, 中等强度的垂直风切变, 为这次暴雨过程提供了有利的大气环流条件[4]。

2) 反射率因子场表明, 在混合性降水云系中存在强度为 45~55 dBzde 强回波中心, 对流云团出现“列车效应”时, 有利于暴雨天气的发生。



3) 回波平均强度与降水量有较好的对应关系, 因而强回波长时间呈准静止状态是强降水产生的有利条件。

4) 径向速度回波表明, 逆风区与强回波中心有较好的对应关系, 中尺度辐合线、逆风区的存在是判断强降水产生并维持的重要依据[5]。

5) 暴雨回波系统的走向、移动与降水密切相关, 移动方向与回波带的夹角越小, 降水持续时间越长[6]。

## 参考文献

- [1] 黄成亮, 李庆. 2005 川西“7.3”暴雨多普勒雷达回波个例分析[J]. 四川气象, 2006(2): 30-32.
- [2] 贾显锋, 温水荣, 朱明. 广西中部一次特大暴雨过程雷达回波特征分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(22): 11347-11349.
- [3] 宋长远, 梁曙光, 寇思聪, 赵雷. 2011 年 8 月 28~29 日本溪暴雨天气雷达回波特征分析[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(4): 1630-1632, 1649.
- [4] 吴红秀, 和卫东, 焦泽红, 吉平, 李淑华. 滇西北高原一次局地暴雨的雷达产品分析[J]. 干旱气象, 2012, 30(4): 645-649.
- [5] 张秀珍, 刘桂玲, 全文峰, 于文超, 杨凤玉. 局地暴雨和冰雹在雷达回波上的对比分析[J]. 内蒙古气象, 2011(5): 29-31.
- [6] 毛荣方, 沈永生, 章达华, 杜大梁, 宋亚杰. 福建省 2010 年连续性暴雨雷达回波特征分析[J]. 绿色科技, 2012(4): 286-288.