

# Forecast Difficulties Analysis for a Rainstorm in Aletai Area

Ali Huang<sup>1</sup>, Zhiqiang Xu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fuhai Meteorological Bureau, Fuhai

<sup>2</sup>Jimunai Meteorological Bureau, Jimunai

Email: [986799302@qq.com](mailto:986799302@qq.com)

Received: Nov. 19<sup>th</sup>, 2013; revised: Dec. 25<sup>th</sup>, 2013; accepted: Jan. 10<sup>th</sup>, 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

There appeared different degree of precipitation in Aletai from West to East in the afternoon of July 21, 2011, and it happened rainstorm in Fuhai, Fuyun, Qinggil station, other stations for rain. By analysing the data of precipitation, EC, high live, satellite images and T639 in Aletai on July 21, 2011, the results showed that the dominant system was the long ridge in Europe, and its influence system was the eastward and northward moving low trough in central Asia. The mesoscale system influencing the weather is 850 hPa shear lines and mesoscale convective cloud. By analysing the high-altitude live elements field 21 at eight o'clock, the weather triggering mechanism is mainly manifested in four aspects: the unsteady stratified atmosphere, an east lower troposphere jet, "pumping effect" and the effect of terrain. The forecast ability of T639 numerical forecast products is poor in the weather forecast, and the water vapor condition and dynamic condition all do not support the rainstorms in southern and eastern Aletai. It reflects the lack of prediction model on the prediction ability of small and medium scale system.

## Keywords

Rainstorm, Mesoscale System, Unsteady Stratified Atmosphere, East Lower Troposphere Jet, "Pumping Effect", The Effect of Terrain

---

# 阿勒泰地区一次暴雨预报难点分析

黄阿丽<sup>1</sup>, 胥执强<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福海县气象局, 福海县

<sup>2</sup>吉木乃县气象局, 吉木乃县  
Email: [986799302@qq.com](mailto:986799302@qq.com)

收稿日期: 2013年11月19日; 修回日期: 2013年12月25日; 录用日期: 2014年1月10日

## 摘要

2011年7月21日午后至傍晚, 阿勒泰地区自西向东出现不同程度的降水, 福海、富蕴、青河站出现暴雨, 其它站为小雨。本文利用2011年7月21日阿勒泰地区降水资料、EC、高空实况、卫星云图及T639产品对此次突发性暴雨进行诊断分析。结果表明, 此次天气的主导系统欧洲长脊, 影响系统是东移北上的中亚低槽。影响此次天气的中尺度系统是850 hPa切变线及中尺度对流云团。并通过21日08时高空实况要素场分析, 此次天气触发机制主要变现在四方面, 分别为大气层结不稳定、低空偏东急流、“抽气效应”及地形作用。但是T639数值预报产品在此次天气预报中, 预报能力差, 水汽条件及动力条件均不支持阿勒泰地区南部、东部的暴雨, 体现了数值模式预报对中小尺度系统预报能力的欠缺。

## 关键词

暴雨, 中尺度系统, 不稳定层结, 低空偏东急流, “抽气效应”, 地形作用

## 1. 引言

新疆是全国有名的干旱、半干旱地区, 年平均降水量约 147 mm, 不到全国平均值的 1/4, 但暴雨却是新疆的主要灾害之一。随着新疆气候由“暖干”向“暖湿”型的转变, 暴雨出现的频率可能会增加, 因此有必要加强对新疆暴雨天气的分析研究[1]。很多学者通过对新疆暴雨个例的分析, 得到一些有意义的结论, 如杨莲梅[2]指出暴雨是在大尺度环流异常突变的形势下, 高、中、低层多种尺度相互作用及适当配置的结果; 刘平[3]则通过对 2007 年 7 月中旬暴雨的分析, 表明暴雨的落区与对流层低层风场的切变和不稳定、高能舌、水汽通量大值轴线和辐合区相一致。

阿勒泰地区位于新疆的北部, 北部和东北部为阿尔泰山脉, 西南部为萨吾尔山, 南接准噶尔盆地, 地形复杂、气候变率大, 降水时空分布不均匀。近几年来, 该地区暴雨发生的频率较高, 给当地经济及人民生命财产造成巨大损失。但阿勒泰地区对暴雨天气个例的研究较少, 本文拟通过 2011 年 7 月 21 日阿勒泰地区降水资料、EC、高空实况、云图资料及 T639 产品对暴雨天气进行诊断分析, 以期得到一些有意义的结论, 为日后暴雨的预报提供参考依据。

## 2. 降水实况

7 月 21 日午后至傍晚, 阿勒泰地区自西向东出现不同程度的降水, 福海、富蕴、青河站出现短时暴雨, 小时降水 20 毫米以上, 其它地方为小雨。此次天气造成 3 万余亩农作物不同程度受灾, 9720 人人受灾, 部分防洪渠、耕地、草场被冲毁, 多处山洪爆发, 造成当地农田水利设施及农作物严重受损, 直接经济损失近 900 万元。具体降水量见图 1。

## 3. 环流形势

### 3.1. 100 hPa 环流形势

19~20 日, 中高纬度为两脊两槽分布, 中欧、东亚为高压脊区, 大西洋沿岸、中西伯利亚至中亚为

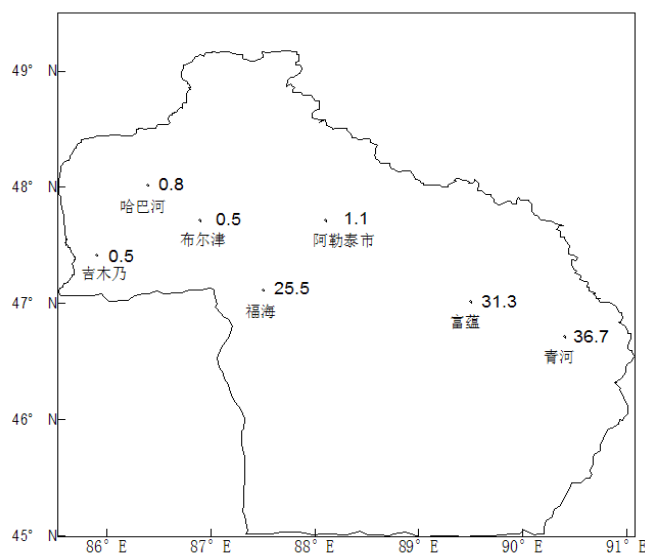


Figure 1. Rainfall of each station in Altay area on July 21<sup>st</sup>, 2011  
图 1. 2011 年 7 月 21 日阿勒泰地区各站降水(单位: mm)

低槽活动区, 槽区南伸至 40°N 以南, 这是造成本次降水的长波槽系统。中低纬南亚高压呈双体型分布, 其高压中心一个在青藏高原上空, 另一个位于伊朗高原以西, 中心分别为 16,840、16,800 dgpm, 下游高压强于上游高压。21 日 08 时, 位于伊朗高原西侧的高压中心东移与青藏高原的高压合并, 南亚高压由双体型开始转为单体型。由于伊朗高压北挺, 使长波槽分裂短波东移北上, 与北支有些汇合, 从而造该地区的大降水天气。在暴雨过程前, 南亚高压表现为明显的东西振荡, 伊朗副高表现明显的南北震荡。

### 3.2. 500 hPa 环流形势

过程前 3 天, 500 hPa 欧亚范围环流为经向环流, 中高纬为两脊两槽型, 欧洲、东亚地区为高压脊区, 大西洋沿岸、乌拉尔山以东至中西伯利亚为深厚低槽活动区, 极地有极涡活动, 极涡中心位于泰梅尔半岛及新西伯利亚群岛的北部, 中心为 528 dgpm, 同时位于咸海至巴尔喀什湖之间有一低涡。20 日, 大西洋沿岸低槽前部的西南气流向欧洲输送暖湿气流, 推动欧洲脊东移发展。伊朗副高明显北挺, 两者在 20 时同位相叠加, 580 线伸至 N65°左右, 从而使欧洲脊发展极其强盛, 脊顶伸至极区, 其前部强盛的西北气流为极地冷空气的南下创造了条件。以此同时, 中亚低涡减弱成槽东移, 西西伯利亚低值系统逆时针旋转南下, 两者部分打通, 环流经向度进一步加大。21 日 08 时(图 2), 极涡逆时针旋转南下分裂短波南下侵袭欧洲脊顶, 欧洲脊向东南方向部分衰退, 部分冷空气南下至中亚低槽, 增强了其斜压性, 使该低槽发展并分裂短波。由于贝加尔湖脊的阻挡, 导致短波东移缓慢, 从而造成了阿勒泰地区南部、东部的暴雨天气。

## 4. 暴雨过程的中尺度分析

降水的范围小, 时间短, 是一次突发性局地降雨, 说明此次天气是中尺度系统造成的。故本文主要从中尺度系统对本文进行诊断分析。影响本次暴雨的中尺度系统主要为 850 hPa 切变线及中尺度云团。

### 4.1. 850 hPa 切变线

切变线的存在作为不稳定扰动会导致上升运动增强, 大降水落区就在此切变线附近[4]。21 日 08 时至 20 时, 塔城与阿勒泰之间存在西北风和偏南风的冷性切变线。该切变线呈南北走向, 长度 500 km 左

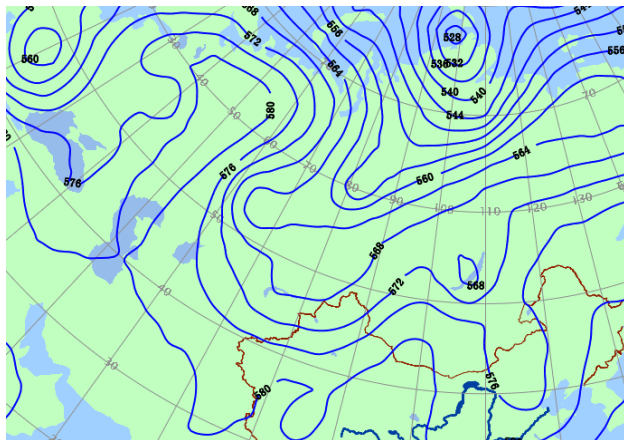


Figure 2. Height field of 500 hPa at 08 on July 21<sup>st</sup>, 2011  
图 2. 2011 年 7 月 21 日 08 时 500 hPa 高度场(单位: d gpm)

右,为中尺度系统。该冷性切变于 20 时有所减弱,阿勒泰站风由 4 m/s 减小为 2 m/s。中尺度切变线的存在有利于强上升运动和正涡度区的发展。可见,冷性切变线的存在及减弱与大降水的降水时段及地域分布息息相关,即在有利的大尺度环流背景下,切变线的生成和发展可直接影响大降水的形成与消失。

#### 4.2. 中尺度云团的发展演变

强降水的出现经常与中小尺度系统相联系,由于新疆台站少,特别是阿勒泰地区没有多普勒雷达的情况下,资料相对缺乏,因此对中小尺度系统的分析存在一定的困难,但此次强降水在 FY-2C 卫星云图上可清楚的看到中- $\beta$  尺度对流系统。从 21 日云图演变(图略)来看,11 时吉木乃一带有一范围较小的对流云单体存在,该对流云单体不断锋生加强,范围扩大,至 13 时发展为中- $\beta$  尺度云团,云顶最低亮温为 $-60^{\circ}\text{C}$ ,此后该对流云团继续锋生东移,到 15 时发展成熟,云顶最低亮温为 $-75^{\circ}\text{C}$ ,影响偏南一带的强降水。此后,该中- $\beta$  尺度云团继续缓慢东移,17 时,分裂成两部分,一部分云团呈南北向的狭长中- $\beta$  尺度系统滞留在中部,云顶最低亮温为在 $-40^{\circ}\text{C}$ ,另一部分呈准圆形的中- $\beta$  尺度云团位于富蕴及青河站一带,云顶最低亮温为在 $-80^{\circ}\text{C}$ ,从而导致东部的暴雨。此后该中尺度云团继续向东移动,并不断减弱,于 20 时移出本区。由此可见,云系的发展和移动有较好的对应关系,暴雨均出现中- $\beta$  尺度云团的强盛阶段。同时,该中尺度云团与 850 hPa 切变线的维持时间也较为一致,这充分说明了此次暴雨天气中尺度系统的存在。

### 5. 触发机制

此次天气水汽条件较好,通过对流场的分析,可知此次大降水天气的水汽输送带有三支,一支是里咸海至巴尔喀什湖通过西南气流到达本区;一支是河西走廊及蒙古的水汽通过偏东气流到达本区;另一支是低值系统本身携带的水汽。以上三支水汽在本区上空聚集,造成阿勒泰地区南部、东部的大降水。

由于此次天气是发生在 21 日午后的一次突发性暴雨,故下文主要通过 21 日 08 时实况要素场从暴雨动力及热力的爆发机制方面做一些分析。

#### 5.1. 大气层结不稳定

突发性暴雨的产生必须有足够的不稳定能量。暴雨出现前,阿勒泰单站的 21 日 08 时温度对数压力图 3,该图以温度为横坐标,气压为纵坐标,右侧为不同气压场上风的表现。蓝色实线为温压曲线,它是把各高度上的气压、温度数据用笔点绘在图上,然后用直线连接起来的曲线,反映测站上空温度的垂

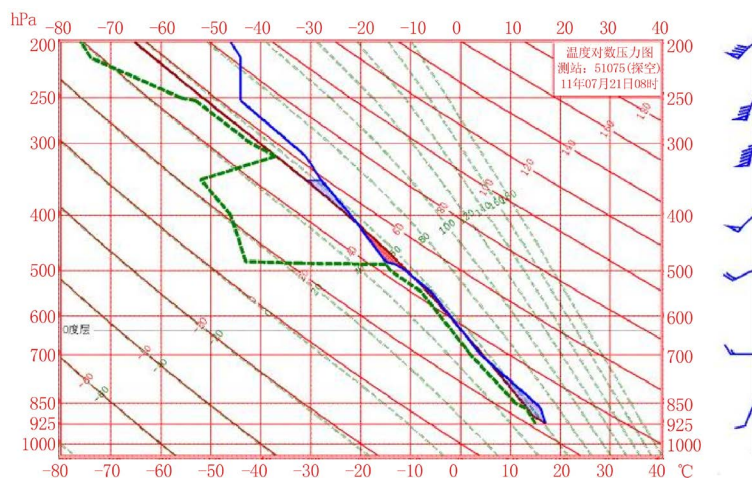


Figure 3. Temperature logarithm pressure diagram on July 21<sup>st</sup>, 2011

图 3. 2011 年 7 月 21 日温度对数压力图

直分布状况。深绿色虚线为露压曲线，是把各高度上的气压、露点温度数据用笔点绘在图上，依次把各点用虚线连接起来的曲线。同高度上，蓝色实线和深绿色在横坐标上的差值即为温度露点差的大小，它反映出测站上空水汽的垂直分布状况，露点温度差越小证明空气中水汽含量越充沛。从中可看到 850~200 hPa 均为偏西风，其中 850~700 hPa 风向随高度顺时针旋转，证明有暖平流，500~400 hPa 风向随高度逆时针旋转，证明有冷平流。说明测站上空低层为暖平流，中层为冷平流，即中低层有不稳定能量。同时，500 hPa 以下，温度露点差很小，为 2~4℃，表明中低层大气十分潮湿，但到 500~350 hPa 的高度，温度露点差出现了急剧增加，这说明中层大气非常干冷。这种中层干冷，低层潮湿的结构表明阿勒泰地区上空大气层结非常不稳定，有利于强对流天气的发展。

$\theta_{se}$  是不仅反映了大气层结的稳定性，也是表征大气温度、湿度、压力的综合特征量，暖区相当于高能区，等值线密集带相当于能量锋区。通过对  $\theta_{se}$  场分析表明：在大降水期间，自哈密西部，途经吐鲁番、北塔山至本区东部存在一个较强的带状能量锋区，在对流层中高层，阿勒泰地区南部、东部处于该强锋区中。在西南急流和低空偏东气流的引导下，带状锋区高能区迅速向北扩展。在对流层的中低层，阿勒泰地区南部、东部处于高能舌顶端的暖湿气流控制区，特别是 850 hPa (图 4)，北塔山至青河一带有一个 64℃ 的高能量中心，表明该地区南部及东部有深厚的暖湿气流存在，并伴有大量的不稳定能量存在，从而为突发性降水提供了不稳定能量。此外，中西伯利亚地区至塔城西部地区为宽广的能量低值区，表明这些地区受冷气团控制，在西北气流的引导下，部分冷空气南下至本区，冷暖空气相遇，触发了不稳定能量的释放，使阿勒泰地区东部、南部高能区的暖湿水汽沿锋面上升凝结，从而形成暴雨。

## 5.2. 低空偏东急流

根据研究，低空急流是一种动量、热量和水汽的高度集中带，对强对流天气的作用主要表现在三方面：一是通过低层暖湿平流的输送产生位势不稳定层结；二是在急流最大风速中心的前方有明显的水汽辐合和质量辐合或强上升运动，这对强对流的连续发展是有利的；三是在急流轴的左前方是正切变涡度区，有利于强对流活动发生[5]。20 日 08 时，蒙古至哈密站盛行一支偏东急流，从全风速场看，哈密站附近有一风速急流核，大小为 12 m/s (图 5)，这支偏东急流在 21 日 08 时得到明显加强，哈密站附近的风速急流核加大为 20 m/s (图 6)，福海、富蕴、青河站位于急流核出口区的左前侧。急流随时间的突然加大，可以解释为出现了风速的脉动。实际上这种脉动是一种中尺度或小尺度的扰动，研究表明：在风速发生



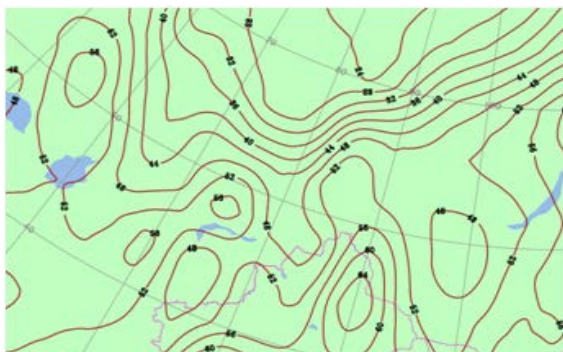


Figure 4. Potential pseudo-equivalent thermal field of 850 hPa at 8 on July 21<sup>st</sup>, 2011  
图 4. 2011 年 7 月 21 日 08 时 850 hPa 假相当位温场

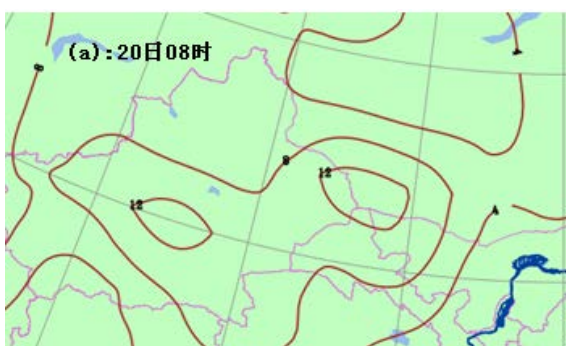


Figure 5. The velocity field of 850 hPa at 8 on July 20<sup>th</sup>  
图 5. 7 月 20 日 08 时 850 hPa 全风速场

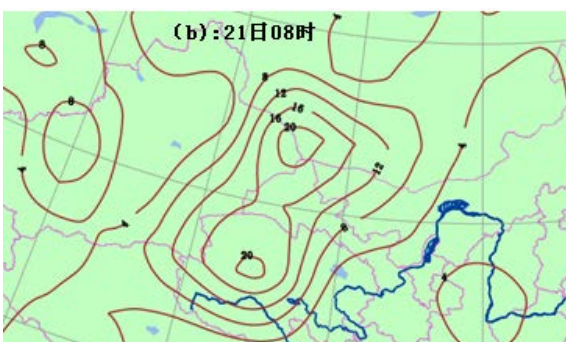


Figure 6. The velocity field of 850 hPa at 8 on July 21<sup>st</sup>  
图 6. 7 月 21 日 08 时 850 hPa 全风速场

脉动地区的下游则有强度较大的降水出现[6]。根据降水实况来看，这支偏东急流对此次南部、东部的强降水有很大的贡献。

### 5.3. “抽气效应”

中低层辐合一高层辐散的结构，形成热力次级环流，表现出了“抽气效应”，这也是此次天气触发机制之一。7月21日08时从对流层中低层850~500 hPa阿勒泰地区南部、东部处于比较强的辐合中心，特别是在500 hPa(图7)东部有 $-20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ，400~300 hPa为辐合区，在300 hPa(图8)东部受大于 $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的辐散中心控制，辐散区及辐合区在本地区东部上空完全重叠，重叠区与大降水区域一致。中低层强

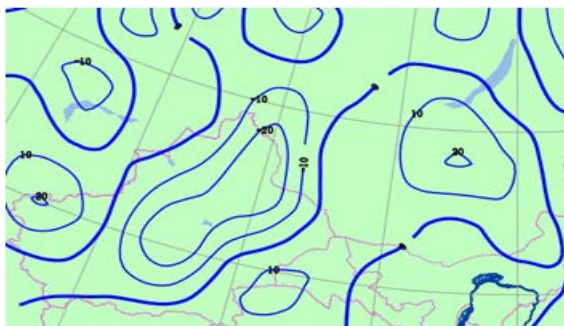


Figure 7. Divergence field of 500 hPa at 8 on July 21<sup>st</sup>  
图 7. 7月21日08时500 hPa 散度场

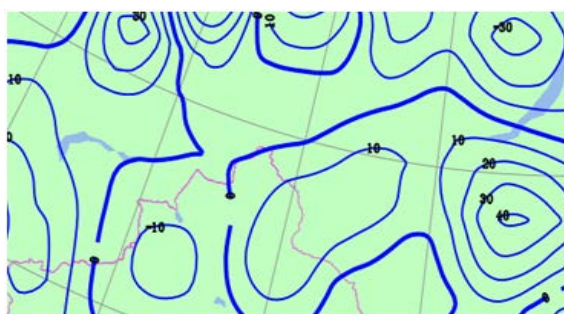


Figure 8. Divergence field of 300 hPa at 8 on July 21<sup>st</sup>  
图 8. 7月21日08时300 hPa 散度场

辐可造成较强的上升运动，使暖湿不稳定的空气释放不稳定能量，促使强对流发生。这可以解释高空垂直上升运动不太强，但暴雨却发生在本区东部、南部，是因为垂直速度中心轴在本区上空[7]。

#### 5.4. 地形作用

由于阿尔泰山呈西北-东南走向，暴雨天气发生前，阿勒泰地区盛行偏南风，与阿尔泰山走向交角几乎垂直，从而加剧了辐合上升运动。其次，阿勒泰地区的地形是东北高、西南低。东部较高的海拔，有利于偏东气流的爬坡运动，且对底层偏东急流的维持也起到了垫高作用。在此次天气过程中，地形也表现出了重要的作用。

### 6. T639 数值预报物理量场及雨量场与暴雨落区的分析

阿勒泰地区气象台7月20日发布天气预报，故从预报时效方面出发，把7月19日20h当做预报初始场的时间。降水主要出现在21日午后至傍晚，故主要研究T639物理量42~48h预报及雨量场的分析，诊断阿勒泰地区南部、东部是否有暴雨的产生。

#### 6.1. 相对湿度及水汽通量散度场

源源不断的水汽输送是大降水产生的物质基础。一般来说，阿勒泰地区出现暴雨，三层高空850~500 hPa都有明显的时区。从7月19日相对湿度场42~48h预告图(图略)来看，阿勒泰地区南部、东部>80%的高湿区所在高度主要为700 hPa，而850 hPa及500 hPa的湿度较小，均<60%。并从同一时次700及850 hPa的水汽通量散度场来看，西部为明显辐合区，东部为辐散区，特别是在700 hPa 42h预告图(图略)，西部有一辐合中心，其中心值为 $-36 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{hPa}$ ，而东部则为辐散区，其中心值为 $24 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{hPa}$ 。辐合中心的位置与大降水的落区相反。总的来说，水汽条件不支持阿勒泰地区南部、东部的暴雨。

## 6.2. 垂直速度及涡度场

从7月19日垂直速度场42~48h时预告图(图略)来看,阿勒泰地区的南部、东部处于 $-12\sim-24$  hPa/s的弱上升运动区。一般来说,阿勒泰地区出现暴雨,850~500 hPa都有明显的上升运动,大降水落区附近有 $<-60$  hPa/s的上升运动中心。从相同时次的700 hPa涡度场来看,整个地区为 $<0$ 的负涡度区控制,而一般情况下大降水落区附近有 $>8$ 的正涡度中心。总的来说,动力条件也不支持阿勒泰地区南部、东部的暴雨。

## 6.3. 雨量场

以7月19日20时为初始场,T639雨量场预报24~48时累计降水,全地区都预报出了降水,且吉木乃的南部有19 mm的中心,东部、南部则预报1~5 mm的降水。由此表明,T639数值预报模式在降水定性预报方面一定的预报能力,但预报量值普遍偏小,并且大降水的落区预报与实况偏差大。预报员在今后的工作中需要不断检验该模式在本地区的预报效果,注意模式预报和预报员的经验相结合,以提高降水预报的准确率。

## 7. 预报难点

阿勒泰地区气象台对这次降水的预报是小量,预报量级与实况出现很大偏差,预报量级与实况出现很大偏差。究其原因,主要有以下三点:

1) 降水的范围小,时间短,是一次突发性局地降雨,说明此次天气是中尺度系统造成的,这样就决定了它的预报难度大。观测网点稀疏,高空观测资料时间跨度大,故提高了中小尺度系统的捕捉难度[8]。

2) 数值预报产品不尽人意。一般来说,阿勒泰地区的大降水,必须同时具备不错的水汽条件及动力条件。从数值预报场分析,此次天气不具备本地区的一些暴雨预报指标,故经验预报发挥不了作用。

3) 现在的预报员过于依赖数值预报产品,特别是降水量级的预报对数值产品的依赖性更强,缺乏针对实况判断未来天气形势发展的能力。目前,数值预报日益发展成熟,但中尺度数值预报远不如大尺度预报那么成熟,改进模式的降水强度与落区预报还需要做大量的工作。

## 8. 结论与讨论

1) 大尺度形势场分析表明:此次天气的主导系统欧洲长脊,影响系统是东移北上的中亚低槽。此次暴雨具有中尺度特征,850hPa切变线及中尺度对流云团是造成此次天气强降水的重要的中尺度系统。

2) 此次天气水汽条件充沛,水汽输送带有三支,一支是里咸海直达巴尔喀什湖通过西南气流到达本区;一支是河西走廊至蒙古的水汽通过偏东气流到达本区;另一支是低值系统本身携带的水汽。

3) 此次天气的动力及热力触发机制主要有四个方面,分别为大气层结不稳定、低空偏东急流、“抽气效应”及地形作用。四方面的完美配合,触发了不稳定能量的释放,使阿勒泰地区东部、南部的暖湿水汽沿锋面上升凝结,从而形成暴雨。

4) 此类突发性暴雨时间及落区很难把握,因此要通过临近的高空实况、卫星云图及雷达来做好暴雨天气的订正、跟踪及预警工作。

5) 不能过分相信T639数值预报产品,因为数值产品对大尺度天气形势已经达到一定的预报水平,但对中小尺度系统的预报能力较差,故需要预报员不断总结预报经验,不断订正数值预报产品,从而提高对中小尺度灾害性天气预报能力。

## 参考文献 (References)

- [1] 黄海波 (2005) 位涡分析在新疆暴雨预报中的应用. *干旱气象*, **23**, 22-25.



- [2] 杨莲梅 (2003) 南亚高压突变引起的一次新疆暴雨天气研究. *气象*, **29**, 21-25.
- [3] 刘平, 徐予洋, 刘国进 (2008) 2007 年 7 月中旬新疆暴雨天气过程诊断分析. *安徽农业科学*, **36**, 12360-12361.
- [4] 张家宝 (2007) 新疆短期天气预报指导手册. 新疆人民出版社, 新疆.
- [5] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文等 (1986) 天气学原理和方法. 气象出版社, 北京.
- [6] 尹东屏, 张备, 刘梅等 (2009) 2006 年江苏省两次降雪天气过程分析. *气象科学*, **29**, 398-402.
- [7] 孙东霞 (2003) 克拉玛依一次强降水特征分析. *新疆气象*, **26**, 11-12.
- [8] 李津, 王华 (2006) 北京城区一次大到暴雨的预报难点分析. *气象*, **32**, 92-97.