

# Analysis of the Cause of Heavy Rain in the Eastern Part of Aletai

Linmei Zhang, Xiuqin Xie, Lei Hu

Aletai Meteorological Bureau of Xinjiang, Aletai Xinjiang  
Email: zlmxjalt@sina.com

Received: Oct. 6<sup>th</sup>, 2016; accepted: Oct. 20<sup>th</sup>, 2016; published: Oct. 27<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 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

Based on the conventional meteorological data, EC model and T639 model of fine grid forecast products, we analyzed the cause of the rainstorm weather process in the east of Aletai on June 29, 2015, and analyzed the performance of the numerical model prediction of the rainstorm process. The results showed that the rainfall process on the South Asian high was 100 hPa double size; 500 hPa Europe long wave ridge was the dominant system; the main influence of rainstorm weather system was West Siberia wave trough, the level of air circulation and weather system reasonably; and especially the mesoscale system activity was the main cause of torrential rain. Over the eastern part of Aletai, the deep unstable energy, strong dynamic uplift, abundant water vapor conditions and favorable terrain effect were the causes of heavy rain. In the course of the storm, the performance of various numerical forecast products to predict height field for the weather was good, similar to the actual situation; but for the heavy rain in eastern dynamic conditions and water vapor condition, prediction showed a large deviation, which had no reference value; while EC fine grid rainfall forecast on the eastern rainstorm was closer to the truth.

## Keywords

Mesoscale System, Unstable Stratification, Topographic Effect

# 阿勒泰东部地区暴雨过程的成因分析

张林梅, 谢秀琴, 胡磊

新疆阿勒泰地区气象局, 新疆 阿勒泰  
Email: zlmxjalt@sina.com

收稿日期：2016年10月6日；录用日期：2016年10月20日；发布日期：2016年10月27日

## 摘要

利用常规气象观测资料、2015年6月29日阿勒泰地区降水资料以及EC模式细网格和T639模式细网格预报产品，对2015年6月29日阿勒泰东部地区暴雨天气过程的成因进行了天气学分析并检验了暴雨过程的数值模式预报的性能，结果表明：这次暴雨过程100 hPa上南亚高压呈双体型，500 hPa上欧洲长波脊是主导系统，而暴雨的主要影响天气系统是西西伯利亚长波槽，高低空环流形势和影响天气系统合理配置，尤其是中尺度系统活动是暴雨形成的主要原因。阿勒泰东部地区上空深厚的不稳定能量、较强的动力抬升作用、充沛的水汽条件和有利的迎风波地形效应是暴雨产生的缘由。在此次暴雨过程中，各家数值预报产品对于此次天气过程的高度场预报性能较好，与实况相差不大；但对东部暴雨动力条件、水汽条件的预报偏差较大，无参考价值；EC细网格对东部暴雨的雨量预报较接近实况。

## 关键词

中尺度系统，不稳定层结，地形作用

## 1. 引言

新疆是我国干旱、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。新疆近年来的气候由“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。

近几年来，阿勒泰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。文献[4]-[8]研究表明在全球变暖的背景下，阿勒泰地区年际气候变化呈现出气温升高、降水增多的特点，即使该地区气候由暖干向暖湿方向发展。文献[9] [10]对阿勒泰地区近 50a 夏季极端降水事件进行了分析，指出阿勒泰地区夏季极端降水事件偏多与否不仅与同期 700 hPa 和 500 hPa 高纬度的冷空气活动、西西伯利亚低槽的强度和位置及中低纬度副热带系统是否活跃有关，还与同期 200 hPa 副热带急流的位置及 30°N~42°N 的西风急流连续性、赤道东风急流是否加强及东风零线的位置明显相关。

但对阿勒泰地区暴雨天气的个例研究较少，本文拟利用常规气象观测资料、2015 年 6 月 29 日阿勒泰地区降水资料以及 EC 模式细网格和 T639 模式细网格预报产品，对 6 月 29 日阿勒泰东部地区暴雨天气过程的成因进行了天气学分析，并检验对比了几家数值模式对此次暴雨的预报性能，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. 资料选取和天气实况

### 2.1. 资料选取和降雨实况

利用常规气象观测资料、2015 年 6 月 29 日阿勒泰地区降水资料以及 EC 模式细网格和 T639 模式细网格预报产品，采用中尺度分析技术，研究此次天气过程的中尺度环境场特征。

根据气发[2004] 45 号关于下发《新疆降水量级标准(修订版)》的通知，24 h 降水量级如下，0.0~0.2

为微雨；0.3~6.0 为小雨；6.1~12.0 为中雨；12.1~24.0 为大雨，24.1~48.0 为暴雨。

2015 年 6 月 28 日 20 h 至 29 日 20 h，阿勒泰地区出现不同程度的降水，就国家观测站而言：西部、南部测站无降水，东部测站为暴量，富蕴、青河站日降水量分别为 25.9、32.8 mm；就区域自动站气象站而言，13 个站为大量；14 个站为暴量，暴雨区主要集中于东部，最大降水中心出现在东部青河县的阿热勒托别乡(41.8 mm)。

## 2.2. 灾情

此次暴雨天气过程为历史少见，东部富蕴、青河县由暴雨引发洪水，均有不同程度的受灾。其中，富蕴县受灾 6006 人，倒塌房屋户 98 间，严重损坏房屋 363 间，受灾农作物 798.0 公顷，倒塌羊牛圈舍 443 间；青河县 181 公顷草场、苜蓿被淹，178 公顷农作物受损，100 多座房屋及牲畜棚圈不同程度受损。

## 3. 环流形势演变特征和主要影响系统

### 3.1. 100 hPa 大尺度环流特征

此次天气过程前两天，100 hPa 南亚高压为明显的双体型，两个中心分别位于伊朗高原北部及青藏高原上空，这是新疆大降水的典型形势[11]。文献[12]指出，南亚高压呈双体时，两高压中心主体之间必然有一副热带槽，有利于新疆出现明显降水。由图 1(a)可看出，26 日 08 时西风带低槽位于 70°E，南伸至 30°N，并分裂成南北两段，南段低槽东移造成南疆西部的大降水。此后，至 27 日 08 时(图 1(b))西风带低槽整体东移，南亚高压双体型维持，并且呈明显的东部型，南疆西部的大降水减弱，此时北疆西部(伊犁河谷)大降水开始。随着西风带低槽的继续东移北上，大降水带移至中天山及阿勒泰地区东部。

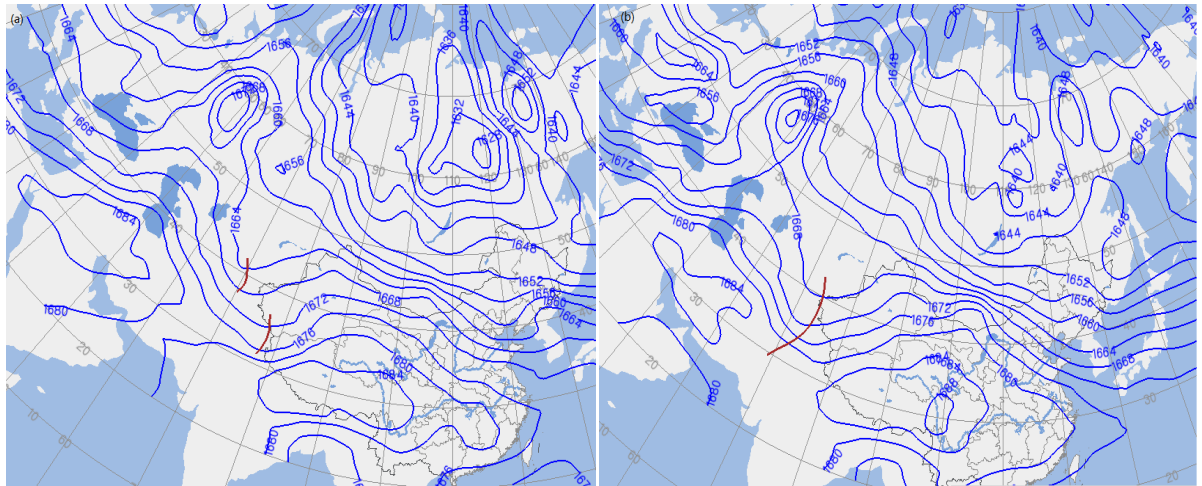
### 3.2. 500 hPa 环流特征

过程前 3 天，欧亚范围环流为经向环流(图 2(a))，中高纬为两脊两槽型，欧洲、东亚地区为高压脊区，西欧、西西伯利亚地区为低槽活动区，极涡环流与西西伯利亚低槽同位相叠置并加强，致使低槽中的冷空气势力强盛。西欧低槽前部的西南气流向乌拉尔山地区输送暖湿气流，导致乌拉尔山阻高发展并加强，其向北伸展到 70°N，脊顶部伸至极区，脊前的强西北气流引导极地冷空气南下；而南疆受中亚南部的低槽控制。因强乌拉尔山阻高稳定少动，西西伯利亚低槽也停滞少动。到了 29 日 08 时(图 2(b))，由于上游有低槽东移，促使乌拉尔山阻高也东移，西西伯利亚低槽沿阻高前部的西北气流往南加深，并与中亚南部低槽合并而发展成一闭合的低值系统。阿勒泰地区处于低压环流的偏东气流，并处于该低值系统的东南象限的暖湿气流中，从而降水量较大。

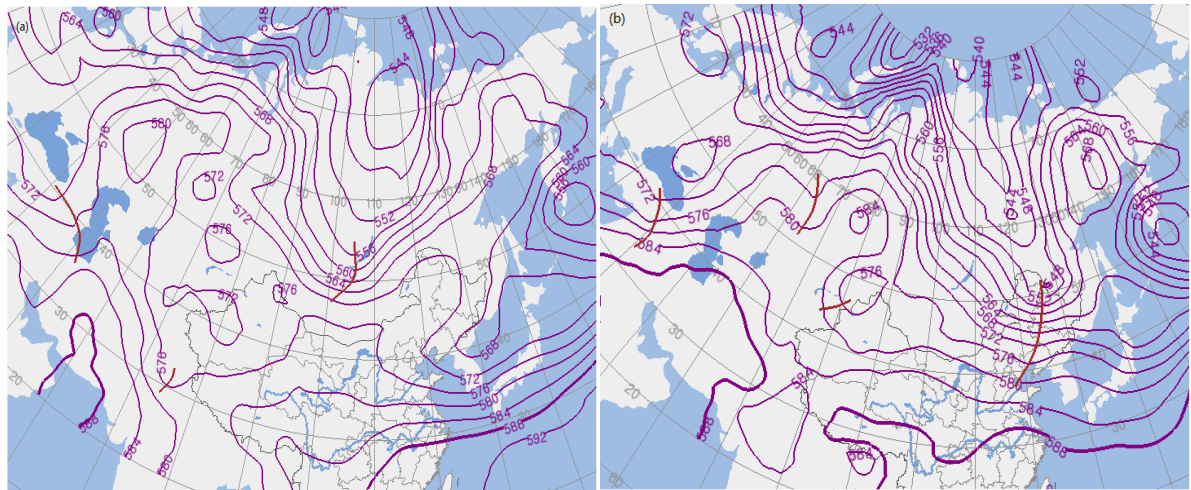
## 4. 中尺度分析

### 4.1. 中尺度天气系统发展的配置与降水落区的关系

暴雨区高低空配置较好，其上空具有明显的动力强迫抬升作用和水汽条件。如图 3，从 200 hPa 来看，东部位于高空西南急流轴出口区左侧，具有强辐散抽吸作用；500 hPa 塔城到阿勒泰一带的西南风与阿勒泰东北部境外的东北风在东部形成明显的气流辐合区；700 与 850 hPa 阿勒泰北部境外有明显的干区，T-Td 大于 12℃，整个北疆 T-Td 小于 4℃，该地区东部处于湿度梯度大值区，塔城与阿勒泰存在偏西风与偏北风的切变；从地面图上看，塔城、和丰的偏南风与哈巴河的北风形成一辐合，阿勒泰市的西风与富蕴的东南风形成一辐合，两条辐合线呈“人”字型，沿着国境线存在一干线，境外露点温度小于 9℃，暴雨区出现在干线与“人”字型辐合线之间。从 700~250 hPa，阿勒泰地区处于 T-Td 小于 5℃的饱和湿区，说明湿层深厚。



**Figure 1.** (a) 100 hPa height field on June 26th 08 h and (b) on June 27th 08 h  
**图 1.** (a) 100 hPa 高度场 6 月 26 日 08 h 及(b)27 日 08 h



**Figure 2.** (a) 100 hPa height field on June 26th 20 h and (b) on June 29th 08 h  
**图 2.** (a) 500 hPa 高度场 6 月 26 日 20 h 及(b)29 日 08 h

#### 4.2. 不稳定能量

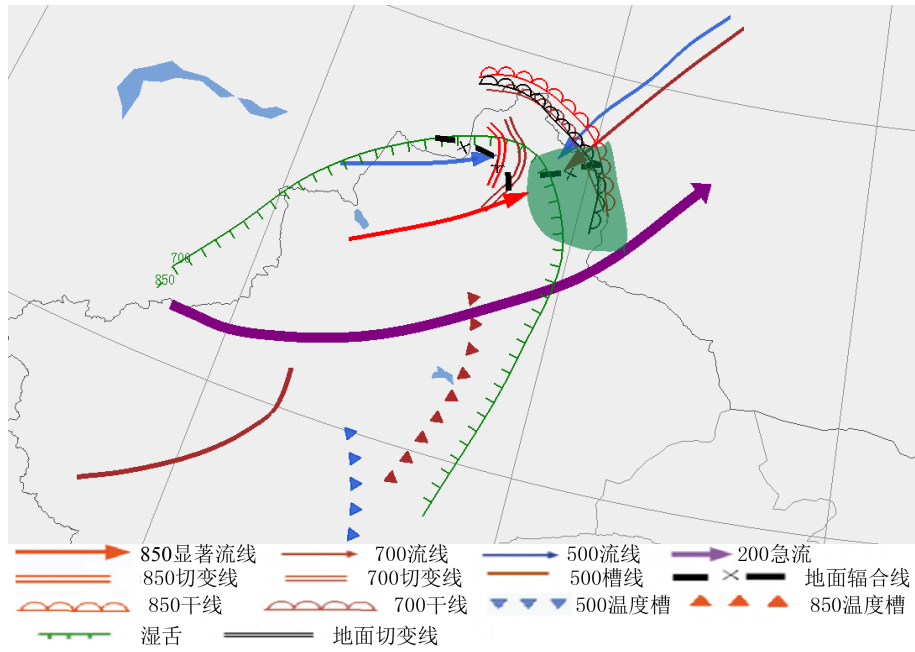
突发性暴雨的产生必须有足够的不稳定能量。暴雨出现前，阿勒泰单站的 28 日 20 时探空图 4 看，850~700 hPa 风向随高度顺时针旋转为暖平流，500~400 hPa 风向随高度逆时针旋转，有冷平流。说明测站上空中低层为暖平流，中高层为冷平流，导致大气层结不稳定。从温度曲线与露点曲线的分布来看，整层大气比较潮湿。K 指数越大，越不稳定，容易出现对流，在 28 日 20 时 K 指数为 37，且对流有效位能也较大，为 584.5 J，故青河出现了暴雨时还伴有雷暴天气。

#### 4.3. 地形作用与低空偏东急流

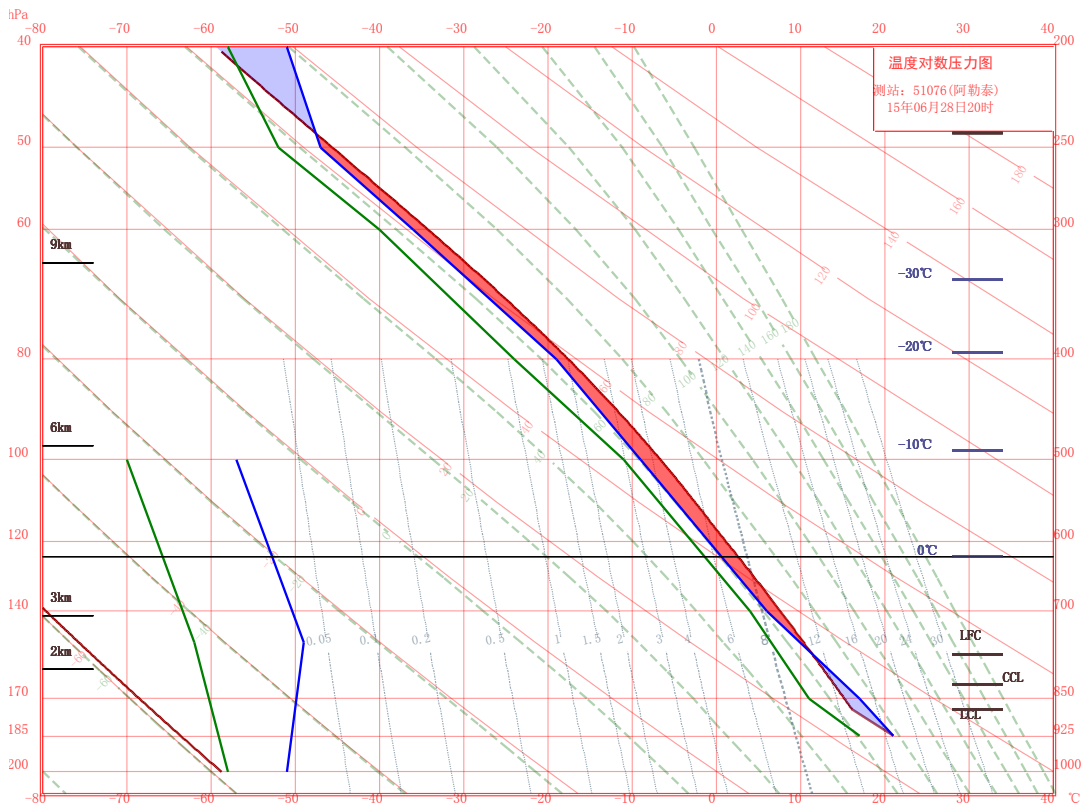
天气过程发生之前，从河西走廊经哈密、北塔山、阿勒泰市有一支偏东气流，这支气流有利于动量、热量和水汽向暴雨区的输送。由于低层暖湿平流的输送产生位势不稳定层结，导致强对流活动发生。这支偏东气流对此次东部的暴雨有很大的贡献，有利于前期水汽、能量的酝酿。由于阿尔泰山呈西北-东南走向，暴雨天气发生前，阿勒泰地区盛行偏南风，与阿尔泰山走向交角几乎垂直，从而加剧了辐合上



升运动。



**Figure 3.** The high above the ground floor on June 28th 20 h (shaded area for heavy rain area)  
**图 3.** 6月28日20h高空地面综合图(阴影区为暴雨区)



**Figure 4.** The sounding station map of Aletai on June 28th 20 h  
**图 4.** 6月28日20h阿勒泰站探空图

## 5. 数值预报产品性能检验

数值模式在天气预报业务中发挥了越来越广泛的应用。但由于数值预报结果受模式初值场、边界条件、物理过程、地形、植被及模式本身的设计等诸多方面的影响，模式输出产品不可避免地会存在一定的误差。数值预报在不同的区域预报性能有差异，模式检验结果对比是了解逐模式。近年来，很多气象工作者针对数值模式在本地的检验与释用做了较多的分析研究工作[13]-[18]，如牟欢等[19]指出 T639 和德国模式对新疆大降水预报具有较好的参考价值，德国模式的晴雨预报准确率为 80.49%，高于 T639 模式；大雨(雪)预报的准确率两种模式接近，大约为 44%；T639 模式暴雨预报的准确率为 29.07%，明显高于德国模式。

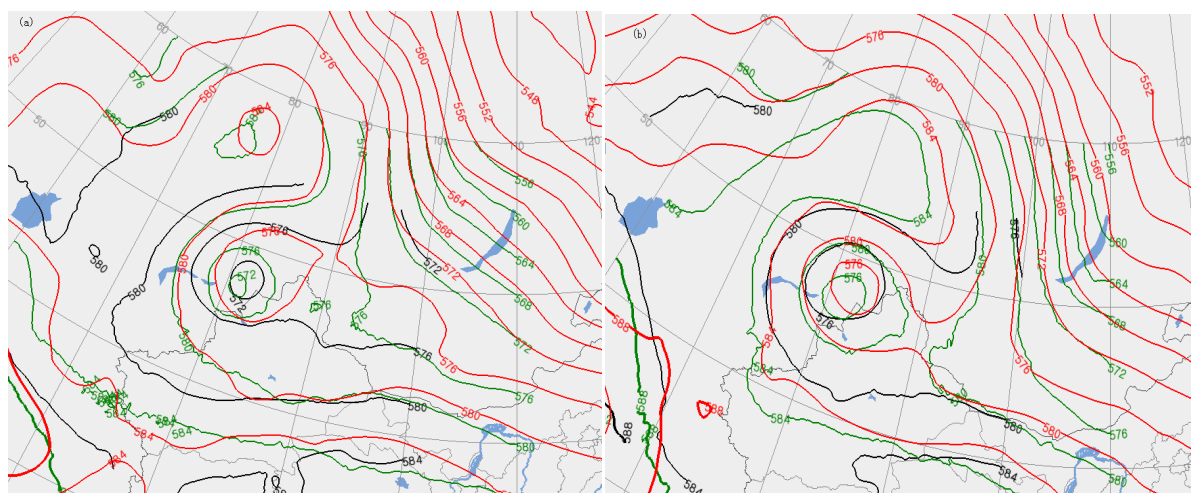
### 5.1. 500 hPa 高度场

见图 5，从 500 高度场 08h 的对比来看，对于巴尔喀什湖以西低涡的位置，EC 及 T639 细网格与实况吻合，但低涡的范围均比实况小，EC 细网格预报与实况相比误差较 T639 大；对西西伯利亚低槽分裂的短波槽，EC 及 T639 细网格与实况相比均偏南，而 T639 细网格的短波槽强度预报较弱，但相比 EC 细网格预报更接近实况。从 500 高度场 20 h 的对比来看，对于巴尔喀什湖以西低涡的位置，EC 及 T639 细网格与实况一致，T639 细网格报低涡的范围与实况更接近，对西西伯利亚低槽分裂的短波槽，T639 细网格与实况更接近。总而言之，对于 500 hPa 高度场。EC 及 T639 预报与实况基本一致，预报性能相当。

### 5.2. 水汽条件、动力条件检验

从相对湿度场的预报来看，两个模式报较为一致，大于 80% 的明显湿区一直在东部，并且到 17h 全地区大部湿度较小，小于 60%。湿度的大值区域与暴雨的位置较为吻合。但两者也存在一些误差，如 29 日 05h，EC 细网格对东部报了大于 90% 的湿区，但 T639 细网格只报了大于 80% 的湿区。相比较而言，EC 细网格更接近实况。

从垂直速度场的预报来看，两个模式报较为一致，均未报明显的上升运动。在 29 日 05 时，EC 细网格在富蕴、青河一带报了  $-8 \text{ hPa/s}$  的中心，T639 细网格在富蕴站的南部报了一个  $-12 \text{ hPa/s}$  的中心。总的来说，此次天气，模式垂直速度场预报能力均欠佳。



**Figure 5.** The 500 hPa height field on June 29th 08 h (a) and 20 h (b) (note: red indicates the fact; black represents T639; green represents EC fine mesh)

**图 5.** 500 hPa 高度场 29 日 08 h (a)与 20 h (b) (注红色表示实况；黑色表示 T639；绿色表示 EC 细网格)

### 5.3. 降雨量检验

预报实践表明, EC 细网格累计降水模式对新疆的降水有较好的预报能力, 其输出的降水预报是业务预报的重要依据之一, 但夏季降水强度系统误差常常是实况雨量的 2~3 个量级, 位置偏离误差不确定。那么对于此次天气过程 EC 及 T639 细网格的参考价值如何?

EC 细网格此次天气预报富蕴站为 22 mm, 青河站为 14 mm, 阿勒泰市 10 mm, 福海站 5 mm, 吉木乃、布尔津站位 1 mm, 哈巴河站未报。T639 细网格此次天气预报富蕴站 3 mm、青河站为 9 mm, 哈巴河、阿勒泰市 1 mm, 哈巴河、布尔津、福海未报(图 6)。

通过与实况对比可知, 两家模式对于此次暴雨过程的降雨量均报得偏小, 而 EC 细网格预报较接近实况, 与实况相差 1 个量级, 但大降水中心位置与实况相符; T639 细网格与实况相差较大, 与实况相差 2~3 个量级, 且大降水位置预报在青河站以南, 与实况也相差较大。但对西部、南部测站的降水定性预报来说, T639 细网格具有一定的参考价值。

通过对比可知, EC 细网格对东部暴雨的雨量预报较接近实况, T639 细网格对西部、南部测站降水的定性预报较接近实况。

### 6. 预报难点

阿勒泰气象台对于此次东部罕见暴雨过程按常规天气过程来服务的, 没有预报是暴雨过程。在 29 日的 24 h 预报中, 对阿勒泰东部只预报有小雨, 与当地降下暴雨出现很大预报偏差。预报失误原因主要有三点:

1) 此次暴雨过程的暴雨区范围小, 是由中尺度天气系统所造成的, 其监测困难, 预报难度很大。其因是西部地区观测网点稀疏, 高空观测资料也少且测时间隔长, 从而中小尺度影响系统难以捕捉。

2) 数值预报产品预报不尽人意。通常阿勒泰地区出现强降水必须具有充足水汽和动力抬升条件, 从本次暴雨过程的数值预报产品来看, 这些条件的预报因子预报失利, 也均不符合当地暴雨条件的预报指标, 则限制了预报员的预报经验。

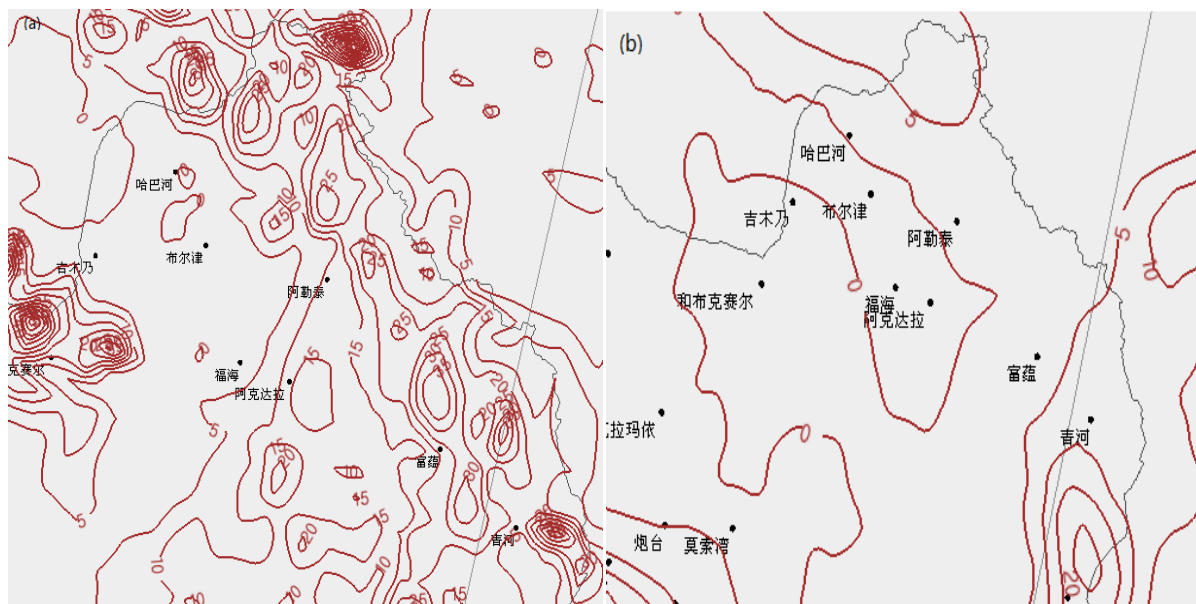


Figure 6. The EC fine grid (a) and T639 fine grid (b) rainfall forecast on June 29th

图 6. EC 细网格(a)及 T639 细网格(b)预报 29 日降雨量

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。预报员在今后的工作中需要不断检验逐模式预报在本地区的预报性能,注重修正并提高数值预报产品的释用能力,提高降水预报的准确率。

## 7. 结论

1) 这次暴雨过程 100 hPa 上南亚高压呈双体型,500 hPa 上欧洲长波脊是主导系统,影响天气系统是西西伯利亚长波槽,高低空环流形势和影响天气系统合理配置,尤其是中尺度系统活动是暴雨形成的主要原因。

2) 在此次暴雨过程中,各家数值预报产品对于此次天气过程的高度场预报性能较好,与实况相差不大;但对东部暴雨动力条件、水汽条件的预报偏差较大,无参考价值;EC 细网格对东部暴雨的雨量预报较接近实况,T639 细网格对西部、南部测站降水的定性预报较接近实况。

3) 不能过分相信数值预报产品,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的预报能力。

## 基金项目

新疆气象局科研课题(编号: MS201604)吉林省气象局科研课题(编号: 2015007)共同资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 黄海波. 位涡分析在新疆暴雨预报中的应用[J]. 干旱气象, 2005, 23(3): 22-25.
- [2] 杨莲梅. 南亚高压突变引起的一次新疆暴雨天气研究[J]. 气象, 2003, 29(8): 21-25.
- [3] 刘平, 徐予洋, 刘国进. 2007 年 7 月中旬新疆暴雨天气过程诊断分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(28): 12360-12361.
- [4] 庄晓翠, 杨森, 赵正波. 新疆阿勒泰地区降水变化特征分析[J]. 干旱区研究, 2012, 29(3): 487-494.
- [5] 李帅, 李祥余, 何清, 等. 阿勒泰地区近 40 年的气候变化研究[J]. 干旱区研究, 2006, 23(4): 637-643.
- [6] 古丽扎提·哈布肯, 赵景波. 近 50 年来新疆阿勒泰地区的气候变化[J]. 干旱区研究, 2011, 28(2): 268-274.
- [7] 庄晓翠, 田忠锋, 李博渊. 新疆阿勒泰地区冬季日降雪特性指标变化分析[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 31(3): 463-471.
- [8] 庄晓翠, 郭城, 张林梅. 西北干旱区阿勒泰地区气温日较差的变化特征及 R/S 分析[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(12): 85-92.
- [9] 张林梅, 马禹, 田忠锋. 新疆阿勒泰地区 1961~2010 年夏季极端降水事件及其环流特征[J]. 干旱气象, 2015, 33(6): 970-978.
- [10] 张林梅, 苗运玲, 李建丽. 新疆阿勒泰地区近 50 a 夏季极端降水事件变化特征[J]. 冰川冻土, 2015, 37(5): 1199-1207.
- [11] 张家宝, 苏起元, 孙沈清, 等. 新疆短期预报手册[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1986: 98-101.
- [12] 刘惠云, 马军. 新疆夏季降水与南亚高压逐日环流特征的相关分析[J]. 新疆气象, 2001, 24(6): 1-3.
- [13] 程立渤, 崔宜少, 仇彦辉. T639 降水预报产品的应用和检验[J]. 山东气象, 2011, 125(31): 24-27.
- [14] 张俊兰, 李圆圆, 张超. ECMWF 细网格模式降水产品在北疆暴雪中的应用检验[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(4): 7-13.
- [15] 陈海凤, 黄世芹, 金建德, 等. EC 细网格温度预报在贵阳地区的释用效果分析[J]. 贵州气象, 2014, 38(4): 22-24.
- [16] 许美玲, 孙绩华. MM5 中尺度非静力模式对云南省降水预报检验[J]. 气象, 2002, 28(12): 24-26.
- [17] 张楠, 候瑞钦. 两种初始场 MM5 模式预报效果对比评估[J]. 气象科技, 2009, 37(2): 129-134.



- [18] 韩洁, 庞翻, 陈卫东. WRF 模式对宝鸡地区 2013 年夏季温度和降水预报的评估检验[J]. 陕西气象, 2015(1): 1-6.
- [19] 牟欢, 阿不力米提江·阿布力克木, 赵凤环. T639 和德国模式对新疆大降水预报的检验[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(1): 12-15.

**期刊投稿者将享受如下服务:**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [crl@hanspub.org](mailto:crl@hanspub.org)