

阿拉山口市2017年“5·16”强降水、大风天气浅析

成文杰, 张丽娜*, 田菊, 姜鹏, 依扎提

阿拉山口市气象局, 新疆 阿拉山口

收稿日期: 2022年12月15日; 录用日期: 2023年1月11日; 发布日期: 2023年1月19日

摘要

通过对阿拉山口地区2017年5月16日~19日一次大风暴雨天气影响系统的分析, 总结造成此次暴雨天气的有利环流形势, 为今后此类大风暴雨天气过程预报服务提供参考依据。此次暴雨天气过程, 有明显的高空较强西南急流, 中低层有明显的切变区移来, 暴雨区正位于急流入口区右侧, 暴雨发生时中低层表现为不稳定结构, 配合有比湿大于10 g/kg的高湿区和强的水汽通量辐合中心, 暴雨发生过程中伴随着强的辐合和垂直上升运动。

关键词

阿拉山口, 大风, 暴雨, 环流形势分析

Analysis on the “May 16” Heavy Rainfall and Gale Weather in Alashankou City in 2017

Wenjie Cheng, Lina Zhang*, Ju Tian, Peng Jiang, Yizati

Alashankou Meteorological Bureau, Alashankou Xinjiang

Received: Dec. 15th, 2022; accepted: Jan. 11th, 2023; published: Jan. 19th, 2023

Abstract

Based on the analysis of the influence system of a gale and rainstorm in Alashankou area from May 16 to 19, 2017, the favorable circulation situation of the rainstorm was summarized to provide reference for the forecast service of such gale and rainstorm process in the future. During this rainstorm, there was obviously strong southwest jet at the upper level, and obvious shear area

*通讯作者。

moved from the middle and lower levels. The rainstorm area was located at the right side of the entrance area of the jet stream. When the rainstorm occurred, the middle and lower levels showed an unstable structure, which was accompanied by high humidity area with specific humidity greater than 10 g/kg and strong water vapor flux convergence center, and the rainstorm was accompanied by strong convergence and vertical upward movement.

Keywords

Alashankou, Gale, Rainstorm, Circulation Situation Analysis

Copyright © 2023 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

本文从高空形势、卫星云图、水汽条件和地面天气系统等方面研究了造成阿拉山口地区 2017 年 5 月 16 日~19 日一次大风、强降水天气的影响系统, 结合阿拉山口市地形和社会经济发展过程中不断对气象服务提出的要求, 做了比较系统的分析。

阿拉山口属于极端干旱地区, 但偶然发生的短时强降水天气过程, 一次小概率的极端天气过程可能会改变当地的气候极值, 本文所研究的此次大降水天气过程, 改变了阿拉山口地区有气象记录以来 5 月份日降水极值。分析影响阿拉山口地区暴雨大风主要影响系统和天气形势的配置情况, 探讨暴雨形成机理, 提高针对阿拉山口地区强降水的预报能力, 为当地气象服务工作提供有力支撑[1]。

此次天气过程, 对天气下游地区也造成较大影响, 天气系统进入奎屯、石河子、克拉玛依等地区后, 也造成不同程度的降水天气过程。石河子 19 日降水量为 9.8 mm, 克拉玛依为 10 mm。

2. 天气过程概述

5 月 16~19 日, 受中亚低槽不断东移的影响, 阿拉山口市发生一次强降水、大风天气过程, 过程极大风速达 26.9 m/s, 风力达 10 级, 过程降水量 37.5 mm。19 日降水量是阿拉山口市有降水观测记录以来 5 月日降水量最大的一次, 日降水量 31.5 mm。前一次极值记录是 1988 年 5 月 16 日, 日降水量 14.8 mm。此次降水天气过程有四个降水时段, 分别是 17 日 01~03 时、17 日 17~21 时、18 日 18~21 时、18 日 22 时~19 日 10 时。其中主要最大降水时段集中在 18 日 22 时到 19 日 10 时, 12 个小时内降水量达 30.6 mm, 降水量最大时间点在 19 日凌晨 2~3 h 间, 1 小时降水量 8.8 mm。此次强降水过程中表现出降水时间短、降水强的特点, 短时迅速达到暴雨量级[2], 在阿拉山口地区短时强降水天气特点上有一定的典型性。

3. 环流形势和天气系统演变

3.1. 高空天气图分析

2017 年 5 月 16 日开始(图 1(a)), 首先在, 200 hpa 欧亚范围内自西向东就形成一个相对稳定的大槽区, 不断有从北欧移入的短波槽并入欧亚大槽内。如此形成中高纬度地区有短波活动频繁, 低纬度地区为西风带控制, 使得西南气流在新疆西部稳定维持, 形势比较稳定, 19 日 08 时随着系统减弱, 阿拉山口地区的降水也趋于结束。

16 日 08 时, 中高纬地区欧亚范围内整体为纬向环流, 副热带高压为单体偏东型, 中亚过北疆到蒙

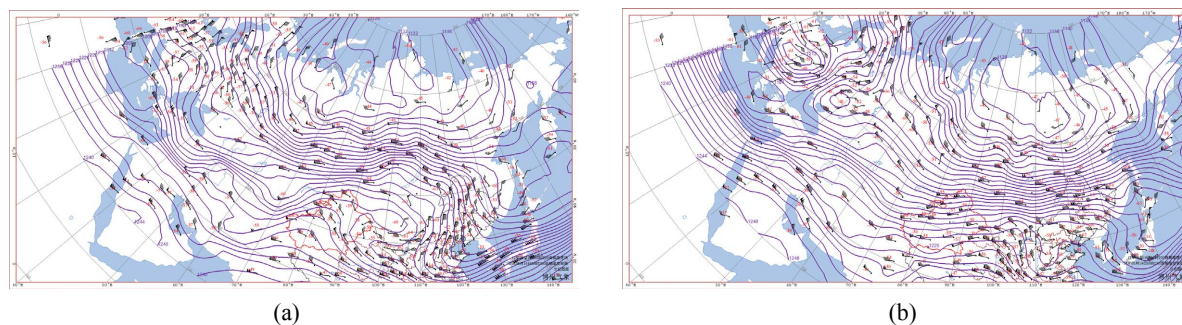


Figure 1. 200 hpa height fields at 08:00 (a) on May 16 and 08:00 (b) on May 19, 2017 (isoline, unit: dagpm)
图 1. 2017 年 5 月 16 日 08 时(a)和 5 月 19 日 08 时(b) 200 hpa 高度场(等值线, 单位: dagpm)

古为西偏南急流控制, 阿拉山口及贝加尔湖地区处在急流轴附近[3]。18 日 20 时, 环流稳定, 急流略有加强东移, 阿拉山口地区处在急流入口区右侧, 19 日 08 时急流在东移过程逐步东移南压, 到 19 日 20 时急流中心南压并进入南疆, 本地区降水趋于结束(图 1(b))。

500 hpa 高度场上, 从 16 日开始(图 2(a)), 欧亚大陆主要形成“一槽一脊”型, 中亚地区为中亚低槽所控制, 在贝加尔湖附近为一高压脊, 脊后西南气流不断引导低纬地区的暖湿空气北上, 中亚低槽不断南压并逐渐向东移动。槽脊呈冷槽暖脊型, 温度槽略落后于高度槽, 这种环流形势增强了大气层的不稳定性, 导致冷空气不断从新地岛以东的洋面南下, 在黑海和里海间堆积, 在中亚地区形成一波又一波的短波槽向东移动[4]。地中海至黑海一带的水汽, 在槽前的西南气流带动下, 有利于将水汽输送至本地上空。充沛的水汽输送, 配合短波槽的快速滑过, 为这次大风强降水天气提供了较好的动力条件。

此次天气过程中, 在咸海至巴尔喀什湖南面中亚地区, 700 hpa 高度处形成高湿区, 在此层的上下均为干区。到 18 日 20 时从 850 hpa 到 700 hpa 阿拉山口地区上空均为高湿区, 且在 850 hpa (图 2(b))上有偏西风和西南风的切变, 有利于水汽堆积[5]。这为 19 日凌晨产生的集中强降水提供有利的水汽条件。且 500 hpa 上本地正处于短波槽过境, 有利于产生上升运动, 特别是后面快速移动的短波槽跟上, 对降水水汽的持续提供非常有利。从对天气过程的分析可以看出, 阿拉山口地区在不同尺度辐合上升运动的配合下, 加之有充分的水汽条件, 为此次暴雨天气过程的发生、发展提供了有利动力条件和水汽条件[6]。

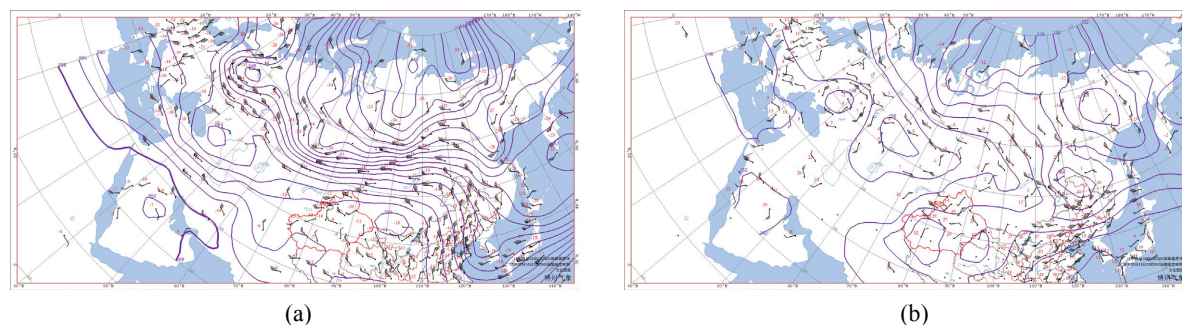


Figure 2. 500 hpa height field at 20:00 (a) on May 16, 2017 and 850 hpa height field at 20:00 (b) on May 18, 2017 (isoline, unit: dagpm)
图 2. 2017 年 5 月 16 日 20 时(a) 500 hpa 高度场和 18 日 20 时(b) 850 hpa 高度场(等值线, 单位: dagpm)

3.2. 云图特征

从 FY2G 红外卫星云图上看, 从伊犁至阿拉山口地区有多个云团分布, 云顶亮温较低, 结合高空形势场可以看出不稳定能量较大。此次造成阿拉山口地区暴雨大风天气过程过程由不断东移北进的不同尺度云团连续影响造成, 云团发展的过程与降水时间短比较吻合[7]。16 日~19 日, 中尺度云团从西南方向

发展东移,云团沿引导气流向东运动持续发展,南北尺度 160 km,云顶亮温 -58°C ,19 日 01 时对流云团持续向东移动,强度进一步增强,影响范围进一步扩大,但是云团移动速度较慢,这个时段也是阿拉山口地区进入最大降水时段,与最大降水时段是吻合的,19 日凌晨大降水云系的南边界总体上看比较光滑,说明东南气流比较强盛。云团在东移北上过程中强度略有减弱,该云团从 19 日 01 时到 07 时持续维持了 6 个小时,是本次暴雨天气过程中造成降水量最大的影响云系,07 时后该云团逐渐减弱东移,截止 19 日 08 时,云团主体部分移出阿拉山口地区。

从水汽图分析显示,从 18 日下午开始伊犁至阿拉山口地区分布着水汽大值区,随着影响系统不断发展逐渐东移合并,亮温不断降低,到 22 时对应上述两个云团的亮温分别达到了 -66°C 和 -60°C ,表明中高层水汽大量汇聚,水汽量丰富,到 19 日 01 时水汽块合并为大的水汽云团,块状变为团状特征,并东移进入阿拉山口地区上空,导致大量的水汽聚集,为此次暴雨天气过程的发展维持提供了充足的水汽条件[8]。

3.3. 水汽条件分析

比湿场上(图 3(a)),17 日 20 时至 19 日 08 时,在巴尔喀什湖西南至沿北疆天山中部存在相宽广大的水汽带,并且在高空西偏南气流引导下源源不断向东偏北方向输送,为暴雨产生提供了较为充分的水汽[9]。

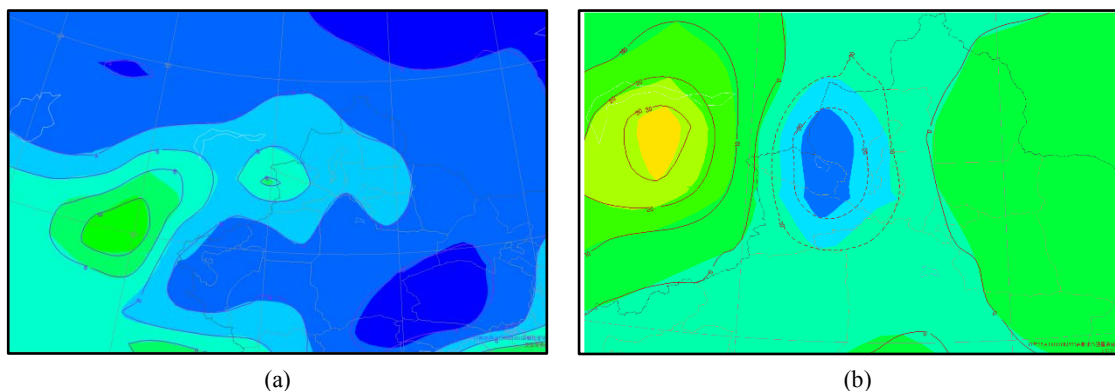


Figure 3. (a) Specific humidity field (isoline, g/kg) at 20:00 on 17 May, 2017 and (b) water vapor divergence field (isoline, g/kg·s) at 08:00 on 18 May, 2017

图 3. (a) 2017 年 5 月 17 日 20 时比湿场(等值线, g/kg), (b) 2017 年 5 月 18 日 08 时水汽散度场(等值线, g/kg·s)

水汽散度场(图 3(b))看出,18 日 08 时北疆地区还处于水汽辐散区,阿拉山口地区辐散区西北边缘部位,在到 20 时,北疆西部出现了中心低于 -20 单位的水汽辐合中心,随后辐合区缓慢东移,并逐渐开始对阿拉山口地区造成影响。

从相对湿度来看,阿拉山口地区 850 hpa 相对湿度也从 18 日 20 时的 70%~80%迅速增大到 90%以上,700 hpa 接近 100%,处于饱和状态并维持,与大降水时段相对应。

从 5 月 18 日 20 时制作的中分析图可知:从湿区范围来看,500 hpa 上的湿区要比 700 hpa 上的湿区范围相对较小,850 hpa 湿区控制在本地上空,850 hpa 上还有西北风和西南风的风场切变,这有利于水汽在本地上空积累[10]。

综合分析 18 日 20 时(图 4)天气形势的有利因素:

- 1) 从 850 hpa 到 500 hpa 上本地上空都处于高湿区,水汽条件充沛;
- 2) 本地处于 500 hpa 槽前,有较好的垂直上升运动产生的动力条件;
- 3) 还有 850 hpa 上风场切变对向下游输送的水汽进行拦截。

从对天气图的连续分析看,降水集中时段就是有利条件配合最好的时间段中,当 850 hpa 上的切变线减弱并消失后,降水也趋于减弱并停止,本地上空为下游水汽的输送的通道打通[11],且配合云图也看出

到 19 日 08 时云团主体已移出本地。

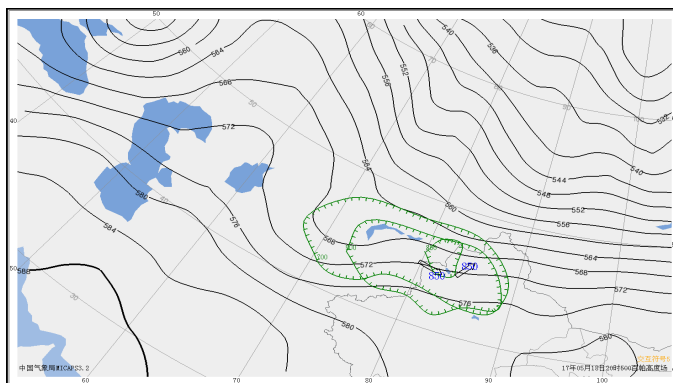


Figure 4. Middle layer analysis diagram
图 4. 中层分析图

4. 地面天气图分析

从地面天气图的演变来看，到 16 日 08 时，由西北方东移来的高压系统的前沿已压在巴尔喀什湖的西北面，随着高压系统的不断东移南压，在巴尔喀什湖北面不断形成一个正的变压中心，在高压系统不断东移的条件下和天山山脉的阻挡作用下，一部分南落，另一部分中心在有利地形条件下，变压强度增强，通过本地至阿勒泰北部的风口灌入准格尔盆地。故从 16 日白天开始，本地开始了因变压差形成的大风天气，在 17 日 05 时后变压中心最强达到 +5 hpa 以上。在高压系统东移北上的驱动下，变压中心北移，到 18 日 05 时正变压区完全移出本地，此次大风天气也趋于结束。

4.1. 从地面能量存储方面分析

从气温变化分析(图 5)，阿拉山口地区 8 日开始，是一个持续升温的过程，到 15 日白天，气温升至最高，15 日的日最高气温达到 35.4℃，日平均气温也在 28.3℃。而露点温度在 15 日却降到了最低，达到了 -3.7℃。较大的温度露点差维持了约 24 小时。在不断的热量储存过程中，为后期的天气爆发储备了较好的热力条件[12]。

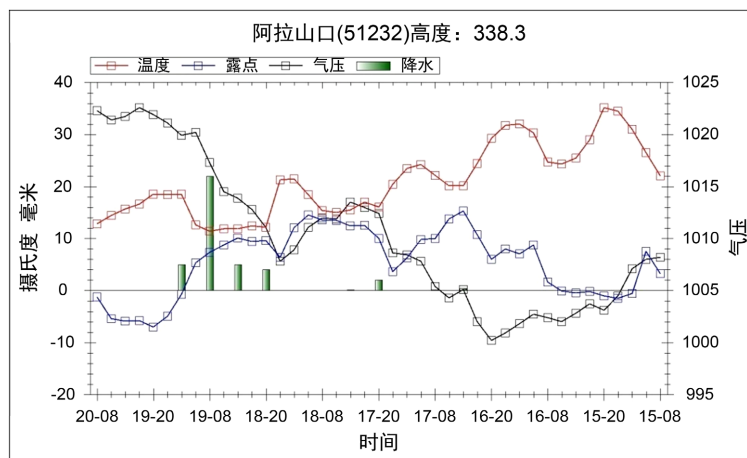


Figure 5. Pressure, temperature and humidity three-line chart from 08:00 on 15th to 08:00 on 20th
图 5. 15 日 08 时~20 日 08 时的压温湿三线图

4.2. 从气压值的变化分析

到 16 日 20 时前,阿拉山口站观测到的气压降到最低 958.5 hpa,与 15 日最低气压 961.9 hpa 相比,24 小时内降压达到 3.4 hpa。随后,气压开始阶段性上升,在 16 日后半夜达到一个阶段,此阶段上升了约 5 hpa,维持一下后期缓慢上升,这一阶段也上升了约 5 hpa,到 18 日傍晚后又开始迅速上升,这个阶段上升了约 15 hpa。16 日 11 时 09 分到达 8 级大风,到 19 日 19 时 02 分 8 级大风结束,期间 4 天都有大风,瞬间极大风速 26.9 m/s,风力达 10 级。风力最大时段在 17 日午后至傍晚前和 18 日傍晚前至上半夜。

5. 数值预报检验

5.1. Ecthin (欧洲细网格) 850/700 hpa 风场检验

在 15 日 20 时起报的 850 hpa 风场上,16 日 02 时之前低层盛行一致的偏东南风,风场辐合区还在本地边境线附近,16 日 05 时开始,本地上空风场出现弱偏北风,风速 6~8 m/s,到 08 时偏北风开始增大 12~16 m/s,此后 850 hpa 上的风速一直维持偏北风,只是在风力上有强弱的变化。在 18 日 14 时有明显增强,一直维持到 19 日 20 时,这 and 实际大风观测的实况比较吻合。

5.2. 相对湿度

Ecthin (欧洲细网格) 850/700 hpa 相对湿度检验与上述切变线相对应,本地区 850 hpa 相对湿度也从 18 日 14 时的 50%~60%迅速增大到 20 时的 80%~90%以上,700 hpa 相应时段接近 100%,处于饱和状态并维持到 19 日 08 时之后,与强降水时段相对应。

6. 小结

此次强降水、大风天气过程,没有给阿拉山口市地区造成灾害,因当地西高东低的地形和疏松砂砾下垫面,未产生大面积积水和城市里内涝现象[13]。除了给市民出行、交通等带来影响,没有造成明显的气象灾害。得到一些对预报预警有意义的结论:

- 1) 在 2017 年 16 日到 19 日的强降水、大风天气,在高空有明显的较强西南急流;
- 2) 850 hpa 有明显的风场切变存在;
- 3) 暴雨区正位于高空急流入口区右侧,低空水汽输送带的左侧,暴雨发生时中低层表现为热力条件不稳定状态;
- 4) 850 hpa 至 700 hpa 上有比湿大于 10 g/kg 的高湿区与强的水汽通量辐合中心配合;
- 5) 从欧洲细网格的预报分析中,可以看出低层风场辐合切变场配合湿度场的预报得出的预报情况,与此次暴雨实况位置极为吻合,在降水落区预报上,有非常好的参考价值。

参考文献

- [1] 彭江良,刘毅,路学敏,等. 2013 年 6 月 16 日-18 日暴雨天气过程预报技术总结[C]//新疆气象学会 2013 年会议论文集. 2013: 37-43.
- [2] 杨莲梅,张云惠,汤浩. 2007 年 7 月新疆三次暴雨过程的水汽特征分析[J]. 高原气象, 2012, 31(4): 963-973.
- [3] 庄晓翠,李如琦,李博渊,李健丽,孙智娟. 中亚低涡造成新疆北部区域暴雨成因分析[J]. 气象, 2017, 43(8): 924-935.
- [4] 谢泽明,周玉淑,杨莲梅. 新疆降水研究进展综述[J]. 暴雨灾害, 2018, 37(3): 204-212.
- [5] 周括,冉令坤,蔡仁,屈涛,陈蕾. 地形追随垂直运动方程在南疆极端暴雨中的诊断分析[J]. 大气科学, 2022, 46(3): 745-761.
- [6] 郭帷,谢海涛,王旭,海伦. 1981-2019 年北疆暴雨洪涝灾害的时空变化特征分析[J]. 暴雨灾害, 2022, 41(1):

101-108.

- [7] 杨霞, 周鸿奎, 赵逸舟, 唐震, 赵克明. 新疆夏季暴雨精细化特征分析[J]. 气象, 2021, 47(12): 1501-1511.
- [8] 庄晓翠, 张云惠, 周雪英, 杨莲梅, 祝小梅, 黄艳, 罗继. 新疆短时强降水天气雷达回波特征[J]. 气象, 2021, 47(11): 1402-1415.
- [9] 王清平, 秦贺, 程海艳, 张天成, 陈春艳. 天山北坡中部一次短时暴雨的卫星反演云参数特征及成因分析[J]. 干旱区地理, 2021, 44(6): 1580-1589.
- [10] 陈颖, 马禹. 新疆不同等级暴雨洪涝灾害的时空变化特征[J]. 干旱区地理, 2021, 44(6): 1515-1524.
- [11] 杨涛, 杨莲梅. 基于探空资料的 1961-2018 年新疆高空大气比湿气候特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(3): 77-84.
- [12] 程凡. 新疆地区暴雨洪水特征及成因分析[J]. 水利科技与经济, 2021, 27(2): 23-26.
- [13] 王新涛, 陈超. 新疆山洪灾害防治进展与展望[J]. 中国水利, 2022(11): 48-51.