

白松竹,杨杰尧,庄晓翠,等.新疆阿勒泰地区短时强降水尺度特征[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(6):93-100.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2022.06.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



新疆阿勒泰地区短时强降水中尺度特征

白松竹^{1,2},杨杰尧²,庄晓翠^{3*},李如琦⁴

(1.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002;2.哈密市气象局,新疆 哈密 839000;
3.阿勒泰地区气象局,新疆 阿勒泰 836500;4.新疆气象台,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:利用区域自动气象站逐小时降水、FY2F/G 逐时云顶亮温(*TBB*)、ERA-interim 再分析等资料,对 2013—2020 年暖季(5—9 月)阿勒泰地区 36 次短时强降水过程的中尺度特征进行分析。结果表明:阿勒泰地区短时强降水过程发生在高、中、低纬度和高、中、低空系统的有利配合下,低层暖湿高层干冷的配置有利于不稳定层结的产生和加强,从而触发 MCS 发生发展;短时强降水常发生在涡旋云系、带状云系中产生的呈圆形或椭圆形的 MCS 发展或成熟阶段、云顶亮温梯度大值区附近;造成阿勒泰地区短时强降水的中尺度系统有中低压、风场气旋式辐合和切变、露点锋和温度锋、850 hPa 低空急流等;中尺度系统的形成与阿尔泰山脉和萨吾尔山脉有关,是地形差异形成的热力、动力机制的产物,且具有一定的提前量,对阿勒泰地区短时强降水预报预警具有一定的指示意义。

关键词:短时强降水;中尺度特征;阿勒泰地区

中图分类号:P458.121.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2022)06-0093-08

短时强降水具有突发性强、持续时间短、雨强大、局地性强、来势迅猛等特点,易导致山洪、泥石流等地质灾害和次生灾害。近年来国内外专家对短时强降水的气候统计特征、形成机理、中尺度特点及其预报技术等做了诸多研究^[1-11]。新疆因为“三山夹两盆”的特殊地形,暖季短时强降水具有北疆多于南疆,山脉坡面多于谷地和沙漠的特点^[12],天山北坡短时强降水主要发生在沿山海拔 1 000~2 000 m 区域^[13],而新疆北部短时强降水发生集中在山脉的迎风坡和喇叭口地形附近^[14],造成新疆短时强降水的对流风暴主要有合并加强型、列车效应型和孤立对流单体型^[15-16]。杨霞等^[17]对新疆一次短历时大暴雨过

程研究表明,前期温度异常偏高及暴雨上空的中尺度垂直环流圈为大暴雨的产生提供了有利的热动力条件;大气层结不稳定、低层水汽的强烈辐合为对流云团和降水的形成提供了必要条件,地面中尺度辐合线和中尺度低压对大暴雨过程具有触发作用。李建刚等^[18]对天山中部局地暴雨研究指出对流云带发展强盛并在本地区上空长时间停留,强回波区的稳定少动,逆风区的出现,是产生短时大暴雨的关键原因。杨莲梅等^[19]对一次西北气流控制短时强降水研究指出,700 hPa 中 β 尺度西北急流上多个中 γ 尺度对流单体以“列车效应”形式依次影响乌鲁木齐,造成短时强降水,降水发生在局地新生中尺度对流云团西南侧云顶亮温 *TBB* 梯度最大处。阿勒泰地区降水以短历时为主^[20],大多数过程 *T*-*lnP* 图温湿廓线呈上干冷下暖湿的“漏斗”状,对流层中低层水汽较好,CAPE 呈“瘦弱”的梭形,抬升凝结高度较低^[21]。

自动气象站、卫星云图等资料在观测短时强降水中发挥着重要作用,地面资料能提供 MCS 演变过程和生命期所处阶段具有指示意义的信息^[22],地面

收稿日期:2022-02-24;修回日期:2022-10-20

基金项目:中亚大气科学研究基金项目(CAAS201923);新疆维吾尔自治区自然科学基金(2022D01F81)

作者简介:白松竹(1979—),女,高级工程师,主要从事天气预报及灾害性天气研究。E-mail:19511514@qq.com

通信作者:庄晓翠(1964—),女,正高级工程师,主要从事天气预报及灾害性天气机理研究。E-mail:zxcxjalt@163.com

加密风场中尺度辐合线先于 MCS 和雨团出现^[23], 中尺度辐合线造成的局地辐合可作为 MCS 发展的启动机制。中尺度对流系统(MCS)中-52℃冷云区与降水存在明显的相关性^[8], 短时强降水通常发生在冷云区中心前进方向右侧。庄晓翠等^[24]对阿勒泰地区一次区域暴雨成因分析表明, 云图及自动站风场均监测到中 γ 尺度系统; 地形使中尺度低涡(涡旋)在暴雨区旋转、滞留、增强, 是造成强降水的主要原因。以往的研究针对阿勒泰地区短时强降水中尺度特点分析较少, 因此, 本文运用多种资料, 分析阿勒泰地区短时强降水中尺度特征, 归纳预报着眼点, 为当地短时强降水预报预警的制作及防灾减灾救灾提供科学的技术支撑。

1 资料与方法

目前, 中央气象台和中国中东部地区气象部门均将 1 h 降水量 ≥ 20 mm 的降水记为短时强降水。根据多年的预报服务实践、暴雨洪水成灾事实和干旱半干旱地区暴雨特点, 新疆气象部门将该标准调整为 1 h 降水量 ≥ 10 mm。为了与实际业务保持一致, 本文将短时强降水过程定义为: (1) 1 h 内相邻 (200 km 以内) 2 个或以上测站雨强均 ≥ 10 mm $\cdot$ h⁻¹; (2) 同一测站连续 2~3 h 雨强 ≥ 10 mm $\cdot$ h⁻¹。至少满足上述 1 个条件的定义为一次短时强降水过程。

利用区域自动气象站逐小时降水、FY2F/G 云顶亮温 (TBB)、ECMWF 细网格高分辨率 (0.125° $\times$ 0.125°) 每日 4 次的 ERA-interim (简称“EC-thin”) 再分析等资料, 分析 2013—2020 年 5—9 月 (简称“暖季”) 阿勒泰地区 8 个国家基本气象站和 60 个区域自动站共 68 个站点 (图 1) 逐小时降水资料, 按上述标准筛选出短时强降水过程共 36 次。MCS 定义标准参考文献[25], 定义地面图上水平尺度 ≤ 200 km 的低压 (高压) 称为中低压 (高压)。

2 短时强降水天气尺度的影响系统及 MCS 特征

2.1 影响系统

杨莲梅等^[26]将南北疆主要地区短时强降水的影响系统分为: 中亚低槽、中亚低涡、西西伯利亚低槽 (涡)、西北气流 4 类。分析 2013—2020 年暖季阿勒泰地区 36 例短时强降水过程的 500 hPa 影响系统, 可分为中亚低槽、中亚低涡、西西伯利亚低槽 (涡) 等 3 类, 同时均有高、中、低纬度和高、中、低空系统的有利配合; 中、低纬度系统较强, 槽前对流层低层暖湿偏南气流旺盛, 将较低纬度水汽向强降水区输送,

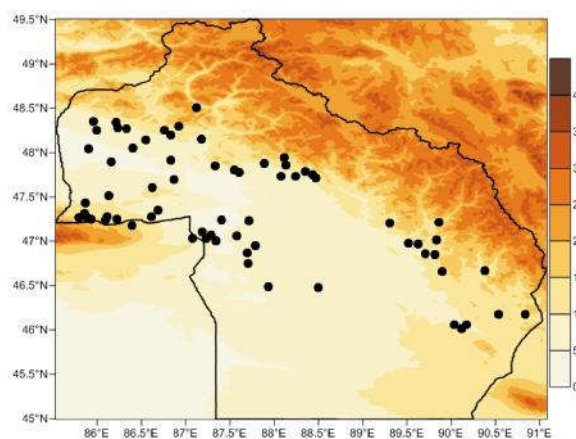


图 1 阿勒泰地区 68 个自动站点地形分布
(●为自动站站址, 填色, 单位: m)

而高层高纬度系统相对干冷, 其南下为强降水区提供干冷空气, 这种配置有利于造成强降水区的不稳定层结, 易诱发 MCS 发生发展, 导致短时强降水的产生。

2.2 MCS 特征

分析阿勒泰地区短时强降水 FY2F/G 卫星云图表明, 可将影响系统分为涡旋云系 (21 次)、高空槽云系 (15 次) 两类。前者产生的 MCS 主要位于涡旋云系头部南侧干冷空气侵入与暖湿空气交界的区域 (16 次), 4 次 MCS 位于涡旋云系的尾部与西南暖湿气流的交汇处, 1 次位于其前部, 本文主要分析前一种类型。高空槽云系主要呈盾状或带状, 产生的 MCS 主要位于其南部暖湿空气与高空槽后冷空气交界的区域。MCS 呈圆形或椭圆形, 短时强降水常发生在 MCS 发展或成熟阶段, 且在 TBB 梯度密集区附近。

2.3 典型个例分析

2013 年 6 月 20 日 20:00 (以下简称“6·20”) 中亚低涡形成涡旋云系 (图 2a), 在涡旋云系东南部暖湿气流与干冷空气交汇处有 MCS 发展, 21:00—23:00 MCS 旋转不断生消, 青河县沙尔巴斯套村等 3 个自动站出现短时强降水, 其中沙尔巴斯套村 2 h 累计降雨达 30.0 mm (超过新疆暴雨量级), 23:00 最大雨强为 16.9 mm $\cdot$ h⁻¹。

2015 年 7 月 4 日 (以下简称“7·4”) 受西西伯利亚低涡底部分裂短波槽东移影响, 在带状云系西南部暖湿空气与槽后干冷空气交汇处有 MCS 发展 (图 2b), 13:00 西部哈巴河县阿舍勒铜矿附近 2 站出现短时强降水, 最大雨强为 13.2 mm $\cdot$ h⁻¹, 出现在阿舍勒铜矿; 同时, 在吉木乃县有 MCS 发展东移 (图

2b),造成 15:00—17:00 福海县 5 站次短时强降水,最大雨强达 $21.4 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$,出现在赛克露村,该站 2 h 累计降雨为 38.1 mm。

2016 年 6 月 24 日 20:00(简称“6·24”),中亚低涡减弱东移(图 2c),涡旋云系处于消散期,21:00—22:00 有 MCS 增强西退,造成阿勒泰市乌图布拉克、塔拉特村短时强降水,雨强分别达 22.1 、 $32.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

2017 年 6 月 30 日(简称“6·30”)受涡旋云系影响(图 2d),在其西南部有多个 MCS 发展,合并增强、旋转,14:00—18:00 先后造成布尔津、哈巴河、福海县和阿勒泰市等站短时强降水,其中 15:00 哈巴河县合孜勒哈克村雨强最大,达 $37.5 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

上述 4 个个例共性是短时强降水过程主要发生在 MCS 的发展和成熟期,不同点是 MCS 冷云区中心值及移动方向不同。“6·20”和“6·30”是 MCS 旋转,然后随高空低涡或槽减弱东移, TBB 分别是 -36 、 -40°C ,持续时间为 6 和 7 h。“7·4”是 MCS 发展东移,移出福海时减弱东移;“6·24”是 MCS 西退增强,然后减弱东移, TBB 均为 -48°C ,”7·4”持续了 7 h,“6·24”持续了 4 h。可见阿勒泰地区 MCS 的移向复杂,这与中国东部地区相似^[27-28]。

3 中尺度系统

受阿尔泰山脉和萨吾尔山系的影响,阿勒泰地区的短时强降水主要发生在阿尔泰山、萨吾尔山的沿山一带及山麓丘陵一带(图 3)。统计 2013—2020 年阿勒泰地区 36 次短时强降水中尺度系统(表 1)可知,中亚低槽、中亚低涡背景下的短时强降水主要为中尺度低压(简称“中低压”),而西西伯利亚低槽(涡)主要为倒槽或低压舌(简称“低压舌”),地面中低压和低压舌主要是准噶尔盆地的热低压向北伸展或中亚热低压东伸形成,短时强降水发生在中低压北部或东北部、低压舌北部。分析 EC-thin 2 m 温度和露点温度场,91%的短时强降水过程同时存在露点锋和温度锋,当 2 m 露点温度 $\geq 8^\circ\text{C}$ 时,易出现短时强降水,且其值大小与短时强降水强度呈正相关,露点锋和温度锋主要出现在阿尔泰山、萨吾尔山的沿山一带及山麓丘陵一带。10 m 流场上,92%的短时强降水落区附近存在风场辐合(切变及气旋性辐合)。850 hPa 56%的个例有中尺度低空急流,主要为中亚低槽和西西伯利亚低槽(涡)造成的短时强降水。短时强降水落区位于露点锋和温度锋附近的中

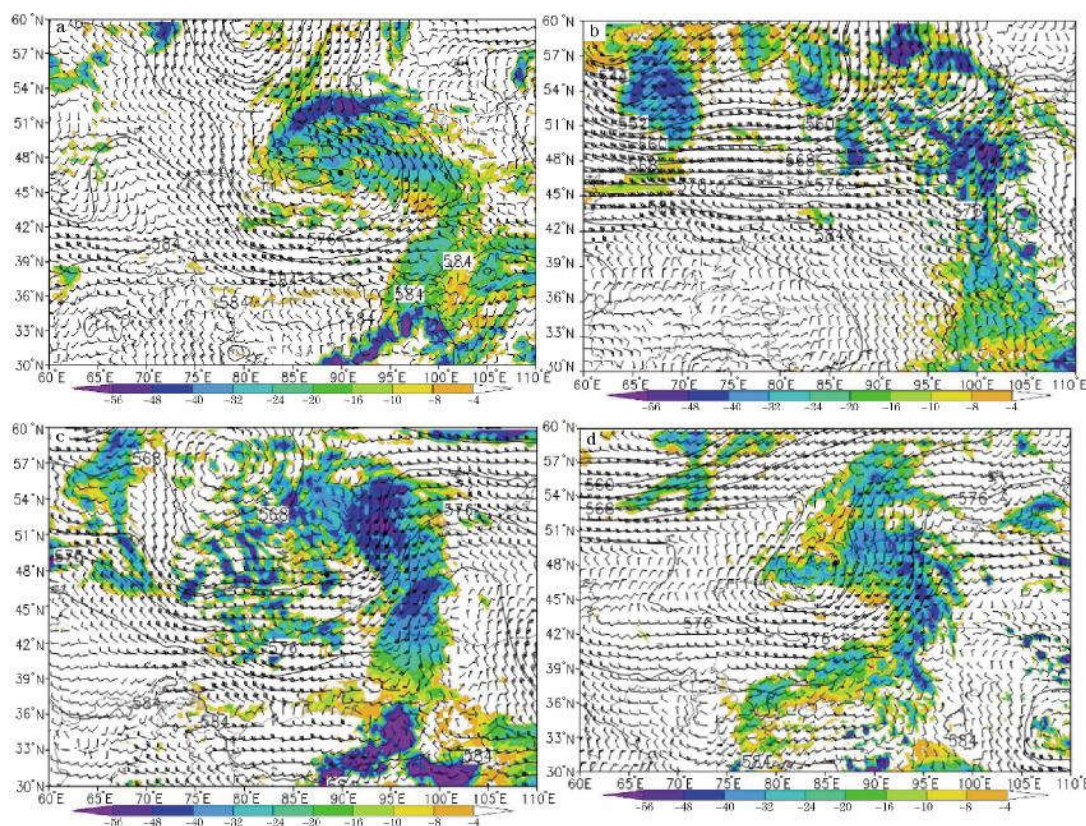


图 2 500 hPa 高度场(等值线,单位: dagpm)和风场(风羽,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)及 TBB (填色,单位: $^\circ\text{C}$)

(a 为沙尔巴斯套村,2013 年 6 月 20 日 20:00;b 为赛克露村,2015 年 7 月 4 日 14:00;c 为塔拉特村,2016 年 6 月 24 日 20:00;d 为合孜勒哈克村,2017 年 6 月 30 日 14:00;“·”为最强短时强降水中心)

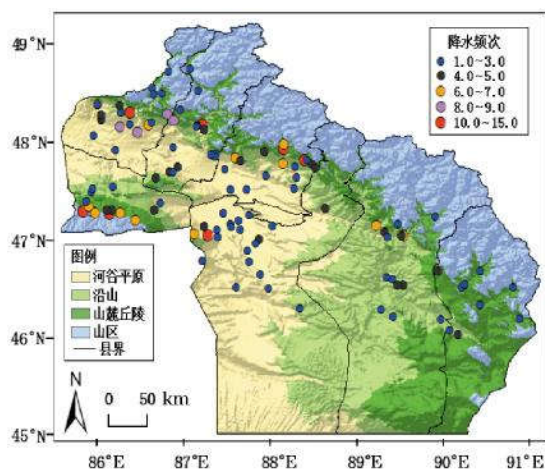


图3 2013—2020年阿勒泰地区短时强降水的空间分布(单位:次)

表1 2013—2020年阿勒泰地区短时强降水系统中尺度系统发生频次(单位:次)

	中低压	倒槽或 低压舌	温度锋	露点锋	风场 850 hPa 辐合 急流
中亚低槽	4		7	6	6 5
中亚低涡	11		14	14	14 4
西西伯利亚槽 (涡)	3	8	13	14	13 11
合计	18	8	34	34	33 20

低压、低压舌北部或东北部及辐合区附近、850 hPa低空急流前部辐合区或切变线附近的重叠区域。

3.1 中低压

在阿勒泰地区短时强降水发生前,地面图上有热低压发展,约4~6 h发展为中低压,在中低压发展到最强时段,MCS迅速发展、增强、面积增大;中低压开始填塞时,MCS减弱东移,有时减弱的MCS又发展增强,并造成短时强降水。说明中低压是触发MCS的主要原因之一。

受2016年6月24日16:00—22:00涡旋云系发展影响,阿勒泰地区中西部发生短时强降水,22:00阿勒泰市塔拉特村短时强降水最强,为 $32.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。24日08:00(图4a)自哈巴河县到阿勒泰市南部和福海县北部的河谷一带有热低压发展,14:00达最强(图4b),低压中心由08:00的1012 hPa发展到14:00的1010 hPa,且在阿勒泰地区中、西部分别形成中低压(图4b),20:00中低压减弱填塞(图4c)。短时强降水集中发生在16:00—19:00,即地面中低压发展到最强时,中低压东移过程中,由于其东北部、东部及东南部为西南、偏南、东南风,有利于水汽向强降水区输送辐合,因此,对应MCS发展面积较大, TBB 较低、为 $-44 \sim -52 \text{ }^{\circ}\text{C}$,南侧和北侧水汽相对较少MCS面积较小, TBB 为 $-32 \sim -44 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。当中低压明显减弱填塞,短时强降水结束。

由热低压发展到中低压一般需要4~6 h,当中低压形成时预示着短时强降水即将产生,中低压逐渐填塞是短时强降水短时临近预报预警和观测的重点,这是由于对流开始后,冷池作用将造成中尺度涡旋和中尺度负变压中心逐渐消失^[5]。

3.2 风场气旋式辐合和切变

阿勒泰地区多数短时强降水发生前,地面图上没有中低压,但10 m风场上存在气旋式辐合中心或切变线,且在短时强降水发生前12 h形成,由于受阿尔泰山脉影响,阿勒泰地区东部常有西北风和东南风的辐合线,MCS多数呈东南—西北向的椭圆型,但在阿勒泰地区其它区域,常为西南风与东南风的切变,有时是偏南风与山脉的辐合。地面切变线北侧、西侧浅薄冷空气南下与南侧暖湿偏南气流辐合,有利于边界层水汽向高空输送,触发MCS发生发展,造成短时强降水,且切变线、辐合线早于MCS,对短时强降水的出现具有一定的预报指示意义。

2013年6月20日22:00—23:00在阿勒泰地

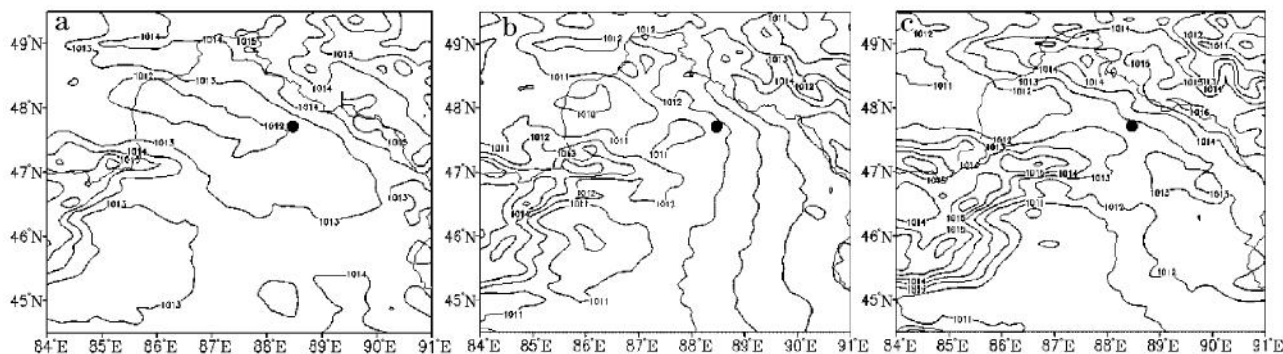


图4 2016年6月24日EC-thin海平面气压场(等值线,单位:hPa)
(a为08:00,b为14:00,c为20:00;●是短时强降水中心)

区东部沿山出现短时强降水。20 日 08:00—20:00, EC-thin10 m 风场(图 5),阿勒泰地区东部青河县有明显的切变线和辐合线,14:00 和 20:00 在短时强降水区附近为明显的偏西风与偏东风的辐合区,21:00 在风场辐合区附近有 MCS 产生,受低空东南急流前较强辐合的影响,MCS 向强降水区移动,MCS 不断生消,造成短时强降水, TBB 为 $-32\sim -36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 露点锋和温度锋

阿勒泰地区阿尔泰山和萨吾尔山主峰都在 3 000 m 以上,而沿山和丘陵地区海拔在 1 500 m 以下,由于地形高度的差异,在阿尔泰山和萨吾尔山的沿山和丘陵地区易形成温度锋和露点锋,是 MCS 发生发展的关键因素,且只出现在地面图上。分析阿勒泰地区 36 次短时强降水发生前 EC-thin 的 2 m 温度和露点温度场(简称温度、露点)发现,在阿尔泰山或萨吾尔山的沿山一带,中低压或低压舌北部、东北部或南部存在温度锋区和露点锋区,此时若阿尔泰山露点温度 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、萨吾尔沿山及其丘陵露点温度 $\geq 8\text{ }^{\circ}\text{C}$,则易出现短时强降水。

2017 年 6 月 30 日 14:00—18:00 阿勒泰地区

中西部发生短时强降水,前一天强降水落区露点温度为 $17\sim 18\text{ }^{\circ}\text{C}$,露点锋区在强降水发生前逐渐增强,1 h 前迅速减弱(08:00、14:00 露点温度梯度分别为 20.0 、 $11.8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$);对应 2 m 温度,08:00、14:00 温度梯度分别为 21.6 和 $23.1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$,温度锋区在短时强降水发生前强度有较明显增大(图 6a)。14:00—15:00 对应有多个 MCS 对流云团生成,16:00 合并增强旋转,之后逐渐减弱。

2016 年 7 月 22 日 19:00—20:00 吉木乃拉斯特村南(萨吾尔山的丘陵区)出现短时强降水,08:00—14:00 露点温度梯度由 $28.2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$ 增至 $51.7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$,露点温度也由 $8\sim 9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 增至 $12\sim 13\text{ }^{\circ}\text{C}$,温度梯度由 $54.7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$ 减小到 $36.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$ (图 6b)。20:00 露点温度梯度减小到 $41.0\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$,温度梯度则增大到 $41.7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$ 。18:00—19:00 新疆西部境外至边界附近,有 2 个中 β 对流云团合并加强, $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的 TBB 范围扩大。

温度锋、露点锋达最强时,对流云团发展合并增强,造成短时强降水;温度锋在短时强降水前或发生时有一个增强的过程,露点锋在短时强降水前明显

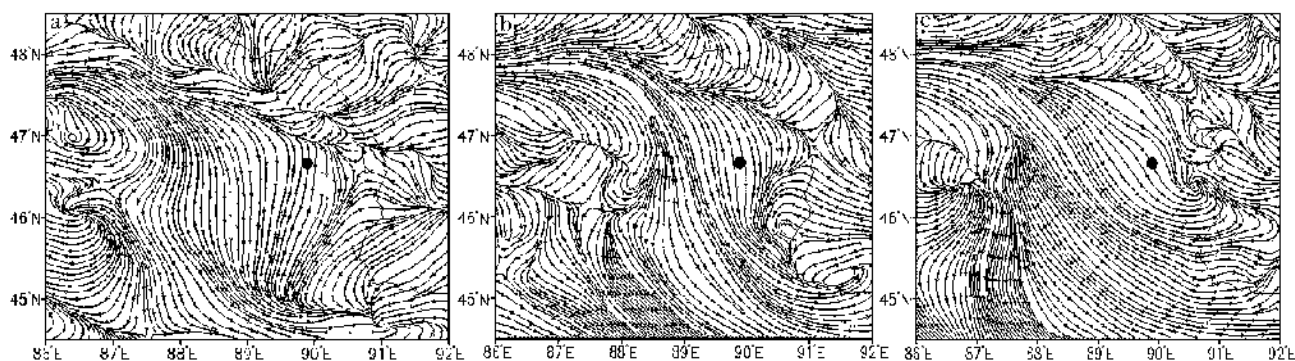


图 5 2013 年 6 月 20 日 EC-thin10 m 风场
(a 为 08:00, b 为 14:00, c 为 20:00; ● 为短时强降水中心)

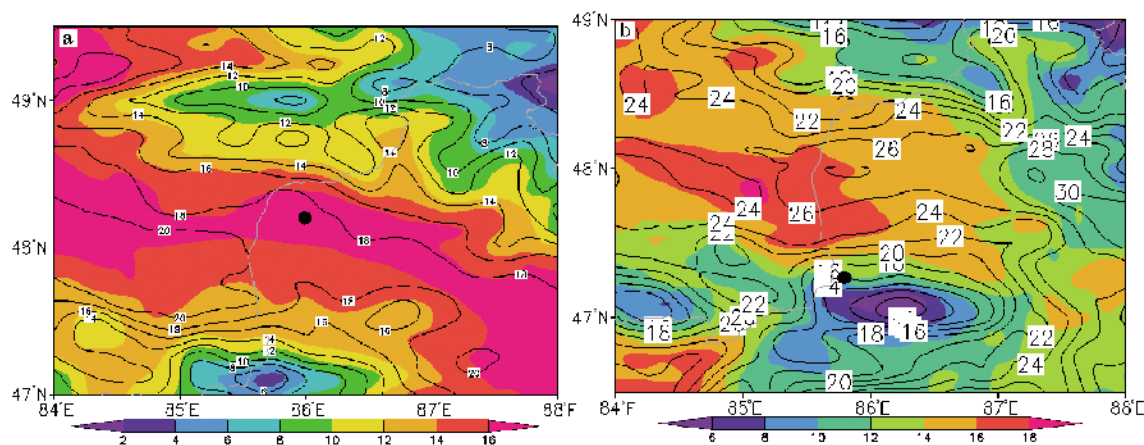


图 6 EC-thin 地面 2 m 要素场
(a 为 2017 年 6 月 30 日 08:00, b 为 2016 年 7 月 22 日 14:00; 实线温度、填色露点温度,单位: $^{\circ}\text{C}$; “●”是短时强降水中心)

增强,发生时明显减弱。因此,温度锋、露点锋是触发 MCS 的主要热力机制,且露点锋在短时强降水发生前增强,对短时强降水有一定的指示意义。

3.4 850 hPa 低空急流

短时强降水发生前,EC-thin 850 hPa 风场主要存在偏西(西南)低空急流。当 500 hPa 西西伯利亚低值系统南下,阿勒泰地区受槽前西南气流控制,850 hPa 中亚地区偏西(西南)低空急流携带暖湿气流进入阿勒泰地区,与中高层不同风向或较强风速的气流共同作用,使垂直风切变增大,不稳定层结加强,有利于短时强降水的发生。此外,在大尺度环流合适的背景下,当中亚低涡东移,850 hPa 在蒙古—哈密常形成东南低空急流,阿勒泰地区东部处于急流出口区前部,东南低空暖湿气流与中高层不同风向的气流形成垂直风切变,有利于不稳定层结的形成和加强,在低空急流的触发下造成短时强降水,这种情况相对较少。

受西西伯利亚低槽东移的影响,2017 年 7 月 2 日 06:00—08:00、11:00、16:00 阿勒泰地区 17 个区域站出现短时强降水,850 hPa 02:00(图 7a),阿勒泰地区西部境外中亚有偏西低空急流,14:00(图 7b)

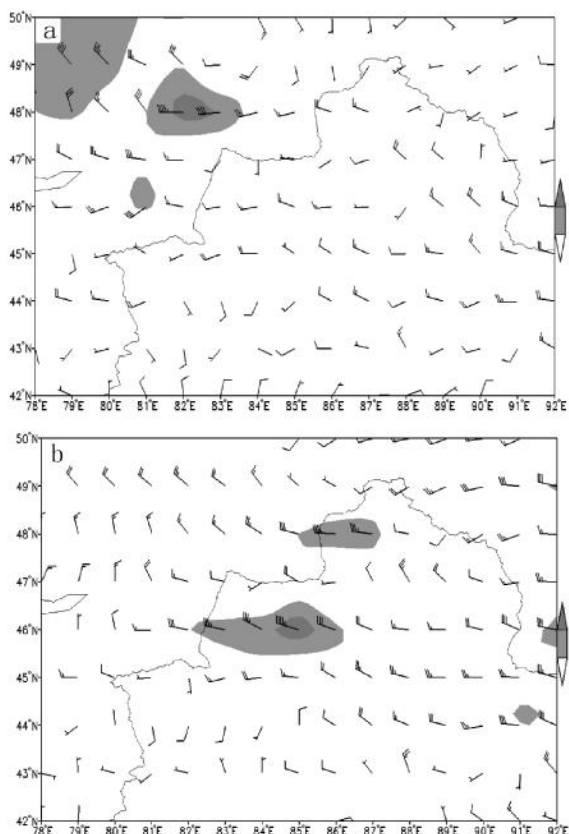


图 7 2017 年 7 月 2 日 850 hPa 风场
(a 为 02:00,b 为 14:00)

急流东移进入阿勒泰地区西部和塔城地区。该低空急流逐渐东移,先后造成阿勒泰地区短时强降水。

造成阿勒泰地区短时强降水的中尺度系统有地面中低压、风场气旋式辐合和切变、温度锋和露点锋、850 hPa 低空急流等,均与阿尔泰山脉和萨吾尔山脉有关,地形差异形成的热力、动力机制是触发 MCS 的主要原因。

4 结论与讨论

本文主要运用区域自动气象站逐小时降水、FY2F/G 云顶亮温(TBB)、ERA-interim 再分析资料,对阿勒泰地区短时强降水中尺度特征进行了分析。主要结论如下:

(1)阿勒泰地区短时强降水过程发生在高、中、低纬度和高、中、低空系统的有利配合下;中、低纬度系统较强,而高层高纬度系统相对干冷,低层暖湿高层干冷的配置有利于不稳定层结的产生和加强,从而触发 MCS 发生发展。

(2)造成阿勒泰地区短时强降水的 MCS 主要是涡旋云系头部南侧或尾部干冷空气侵入与暖湿空气交界的区域,带状云系的南部暖湿空气与高空槽后冷空气交界的区域。MCS 呈圆形或椭圆形,短时强降水常发生在 MCS 发展或成熟阶段,且在 TBB 梯度密集区附近。

(3)造成阿勒泰地区短时强降水的地面中尺度系统有中低压、风场气旋式辐合和切变、露点锋和温度锋及 850 hPa 低空急流等。不同的影响系统,中尺度系统存在差异。地面中低压和低压舌主要是准噶尔盆地的热低压向北伸展或中亚热低压东伸形成,短时强降水发生在中低压北部或东北部、低压舌北部。露点锋和温度锋主要出现在阿尔泰山、萨吾尔山的沿山一带和山麓丘陵一带,由复杂地形引起的热力差异造成。

(4)中低压发展到最强时段,MCS 迅速发展、增强、面积增大,造成短时强降水。中低压开始填塞时,MCS 减弱东移,短时强降水结束。地面切变线北侧、西侧浅薄冷空气南下与南侧暖湿偏南气流辐合,有利于边界层水汽向高空输送,触发 MCS 发生发展,造成短时强降水。温度锋在短时强降水前或发生时有一个增强的过程,露点锋在短时强降水前明显增强,发生时明显减弱。850 hPa 低空急流携带暖湿气流进入阿勒泰地区,与中高层不同风向或较强风速的气流形成较强的垂直风切变,有利于不稳定层结的形成和加强。

造成阿勒泰地区短时强降水的中尺度系统均与阿尔泰山脉和萨吾尔山脉有关,地形差异形成的热力、动力机制,且具有一定的提前量,对该区短时强降水预报预警具有一定的指示意义。

参考文献:

- [1] 段鹤,夏文梅,苏晓力,等.短时强降水特征统计及临近预警[J].气象,2014,40(10):1194-1206.
- [2] 马玉坤,马俊强,李菲,等.青藏高原边坡临夏地区短时强降水时空分布及海拔特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(3):1-9.
- [3] 陈元昭,俞小鼎,陈训来.珠江三角洲地区重大短时强降水的基本流型与环境参量特征[J].气象,2016,42(2):144-155.
- [4] 吕晓娜.河南一次强对流天气潜势、触发与演变分析[J].高原气象,2017,36(1):195-206.
- [5] 常煜,马素艳,仲夏.内蒙古夏季典型短时强降水尺度特征.应用气象学报,2018,29(2):232-244.
- [6] 俞小鼎.2012年7月21日北京特大暴雨成因分析[J].气象,2012,38(11):1313-1329.
- [7] 周雅清,胡桃花,王弢,等.陕西省汛期短历时强降水特征[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(6):40-46.
- [8] KANE R J, CHELIUS C R, FRITSCH J M. Precipitation characteristics of mesoscale convective weather systems[J]. American meteorological Society, 1987, 6: 1345-1357.
- [9] HOLLE R L, WATSON A I, LOPEZ R E, et al. The life cycle of lightning and severe weather in a 3-4 Jun 1985 PRE-STORM mesoscale convective systems[J]. Mon Wea Rev, 1994, 122: 1798-1808.
- [10] 丛梅,俞小鼎,刘瑾,等.弱天气尺度背景下太行山极端短时强降水预报失败案例剖析[J].气象,2018,4(1):107-117.
- [11] 东蓓,苟尚,肖玮,等.两种类型短时强降水形成机理对比分析—以甘肃两次短时强降水过程为例[J].高原气象,2018,37(2):524-534.
- [12] 秦贺,陈春艳,阿不力米提江·阿布力克木,等.新疆暖季短时强降水特征[J].干旱区研究,2019,36(6):1440-1449.
- [13] 王勇,张云惠,王智楷,等.天山北坡短时强降水时空分布及环流配置特征[J].沙漠与绿洲气象,2020,14(3):11-18.
- [14] 李博渊,赵江伟,李新豫,等.新疆北部暖季短时强降水的时空分布特征[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(2):34-41.
- [15] 杨涛,杨莲梅,张云惠,等.新疆短时强降水天气系统环流配置及雷达回波特征[J].干旱气象,2021,39(4):631-640.
- [16] 庄晓翠,张云惠,周雪英,等.新疆短时强降水天气雷达回波特征[J].气象,2021,47(11):1402-1415.
- [17] 杨霞,李云,赵逸舟,等.新疆一次深秋局地短时大暴雨的成因分析[J].高原气象,2014,33(1):162-170.
- [18] 李建刚,马玉英,姜彩莲,等.天山山区中部一次局地暴雨成因分析[J].干旱气象,2014,32(6):972-979.
- [19] 杨莲梅,李建刚,刘晶,等.西北气流下乌鲁木齐短时强降水中小尺度特征个例分析[J].暴雨灾害,2017,36(5):389-396.
- [20] 李博渊,马宏君,庄晓翠,等.2010—2016年新疆阿勒泰地区暖季降水日变化特征[J].干旱气象,2017,35(5):797-805.
- [21] 庄晓翠,赵江伟,李健丽,等.新疆阿勒泰地区短时强降水流程及环境参数特征[J].高原气象,2018,37(3):675-685.
- [22] RIGO T, LLASAT M C. Analysis of mesoscale convective systems in Catalonia using meteorological radar for the period 1996-2000[J]. Atmos Res, 2007, 83: 458-472.
- [23] 常煜. 内蒙古典型暴雨过程的中尺度雨团观测分析[J].应用气象学报,2016,27(1):56-66.
- [24] 庄晓翠,李如琦,李博渊,等.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.
- [25] MADDIX R A. Mesoscale convective complexes[J]. American Meteorological Society. 1980, 61(11):1374-1387.
- [26] 杨莲梅,张云惠,黄艳,等.新疆短时强降水诊断分析暨预报手册[M].北京:气象出版社,2020:21-24.
- [27] 张小玲,余蓉,杜牧云.梅雨锋上短时强降水系统的发展模态[J].大气科学,2014,38(4):770-781.
- [28] 朱蒙,康暑雨,张艳玲.豫东地区短时强降水时空分布特征及物理量指标分析[J].气象与环境科学,2020,43(3):116-123.

Mesoscale Characteristics of Short-time Heavy Precipitation in Northern Xinjiang

BAI Songzhu^{1,2}, YANG Jieyao², ZHUANG Xiaocui³, LI Ruqi⁴

(1. Institute of Desert Meteorology of China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;

2. Hami Meteorological Bureau, Hami 839000, China;

3. Altay Meteorological Bureau, Altay 836500, China;

4. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China)

Abstract Using automatic station hourly precipitation data, FY2F/G hourly cloud top brightness temperature (*TBB*), ERA-interim reanalysis, the mesoscale features of 36 short-time heavy precipitation processes in warm season in Altay from 2013 to 2020 were analyzed. The results show that: The short-time heavy precipitation in Altay occurs under the favorable coordination of high, middle, and low latitude and high, middle and low altitude systems. The configuration of warm and wet on low-level and dry and cold on high-level is conducive to the generation and strengthening of unstable stratification, which triggers the occurrence and development of MCS. Short-duration heavy rainfall processes usually occur when MCS is developing and matured, and they appear in *TBB* gradient large value region. The mesoscale system includes mesoscale depression, cyclonic convergence and shear of wind field, dew point front and temperature peak, 850 hPa mesoscale low-level jet, etc. The formation of the mesoscale system is related to the Altay Mountains and the Sawur Mountains, and is the result of the thermal and dynamic mechanism of the terrain difference. The mesoscale system has a certain amount of advance, which has certain indicative significance to the short-duration heavy rainfall processes forecast and early warning in Altay.

Key words short-time heavy precipitation; mesoscale characteristics; Altay region