

热孜瓦古·孜比布拉,吕新生,王鹏飞,等.2020年春季南疆西部一次极端暴雨成因分析[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(3):20-28.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2021.03.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



2020年春季南疆西部一次极端暴雨成因分析

热孜瓦古·孜比布拉¹,吕新生^{2*},王鹏飞¹,胡素琴¹,杨 鸿¹

(1.喀什地区气象局,新疆 喀什 844000;2.新疆气象台,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要:利用常规观测、FY-2G 卫星、雷达、全球同化系统(GDAS)及 NCEP(1°×1°)再分析等资料,分析 2020 年 4 月 17—24 日南疆西部喀什地区极端暴雨过程。结果表明:此次极端暴雨是在 100 hPa 南亚高压呈东部型的大尺度环流背景下,主要影响系统为 500 hPa 中亚低涡(槽)和 700~850 hPa 切变线;低层辐合、高层辐散的发展及持续为暴雨提供动力支持;暴雨过程中低层 θ_{se} 均随高度增加而减小,为暴雨产生提供了较好的不稳定条件;且中低层水汽充沛,700 hPa 喀什地区水汽辐合中心强度达 $-10 \times 10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,比湿 $\geq 5 \text{ g/kg}$ 。雷达回波图上单体风暴或线性多单体风暴持续多个体扫导致强降水的发生,风暴最大反射率因子 $\geq 55 \text{ dBZ}$,径向速度图上具有明显的中小尺度辐合特征;TBB 低值区与降雨落区紧密结合,强降雨发生在 TBB 梯度最大处,且 TBB 等值线越密集雨强越强。

关键词:极端暴雨;环流背景;中小尺度;南疆西部

中图分类号:P458.121.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2021)03-0020-09

南疆西部常年干旱少雨,平原地区年降水量在 40~70 mm,属典型的内陆性沙漠气候^[1],但南疆西部暴雨特点是一次极端暴雨过程降水量可以超过其年均降水量,甚至能改变气候值^[2-4]。暴雨是我国的主要气象灾害之一,多年来气象专家对我国不同地区的暴雨形成机制做了大量研究^[5-11],在暴雨落区、出现时间、强度等预报方面总结出了很多宝贵的经验。不少学者^[12-20]对南疆西部短时强降水及暴雨进行研究,表明,中亚低涡(槽)是造成南疆西部大降水的主要影响系统,低空偏东急流起重要作用,高、中、低空三支气流的有利配置,中小尺度辐合与对流是暴雨产生的直接原因,阿拉伯海和孟加拉湾的水汽通过

接力方式可以影响到南疆,从而产生大降水甚至暴雨。同时,雷达资料分析应用对南疆西部暴雨的中小尺度特征有了进一步认识。

由于南疆西部三面环山的特殊地形及干旱气候背景,暴雨落区及强度预报一直是难点,在实际预报业务中对是否有暴雨,暴雨发生时间、落区及强度等很难把握。近年来,南疆西部强降水天气频发且强度较强,局地性暴雨、冰雹、雷暴明显增多增强,从而造成局地暴雨诱发洪水、泥石流等地质灾害风险增大,不确定性气象灾害风险越来越高,但各类数值模式对暴雨预报准确率较低,从而增加了预报的难度^[18-20]。2020 年 4 月 17—24 日,南疆西部持续多日出现暴雨天气,新疆气象台和喀什地区气象台连续三日全网发布暴雨红色预警信号,过程降水持续时间长、影响范围广、局地性强、降水强度大,其中短时强降水、冰雹等强对流天气出现的时间较历年同期偏早。目前,针对类似极端过程的分析和研究较少,因此,本文通过分析环流演变、动力及水汽条件、触发机制、中小尺度系统等与降水落区、强度的对应关系,总结此次极端暴雨天气成因,为提高南疆西部暴雨、短时

收稿日期:2020-07-27;修回日期:2021-01-25

基金项目:国家自然科学基金(41965002);国家重点研发计划重点专项(2018YFC1507103);新疆维吾尔自治区自然科学基金(2020D01A93);喀什地区气象局课题(KS202103)

作者简介:热孜瓦古·孜比布拉(1987—),女(维吾尔族),高级工程师,主要从事天气预报技术研究。E-mail:375837606@qq.com

通信作者:吕新生(1965—),男,高级工程师,主要从事灾害性天气研究。E-mail:372518189@qq.com

强降水预报预警准确率提供更多参考依据。

1 天气实况及资料

1.1 资料

利用2020年4月16日08时—24日20时南疆西部喀什地区国家站及区域自动站逐小时降水、地面加密观测、FY-2G卫星、多普勒雷达、全球同化系统(GDAS)数据及NCEP($1^\circ \times 1^\circ$)再分析等资料。降水量级使用新疆标准,即24 h降水量 ≥ 24.1 mm为暴雨,24 h降水量 ≥ 48.1 mm为大暴雨,文中时间统一采用北京时间(BT)。

1.2 暴雨天气实况

2020年4月17—24日喀什各地普遍出现小到中雨,偏北区域的喀什市、疏附县、英吉沙县和偏南区域的泽普县、莎车县、麦盖提县、叶城县等部分区域出现大到暴雨,其中19、21日及22日午后至夜间平原大部区域伴有雷阵雨和短时冰雹。17日08时—24日08时有46个区域自动站累计降水量 ≥ 24.1 mm(图1),最大累计降水量出现在叶城县乌夏巴什镇台斯村,为67.3 mm;日最大降水量为48.3 mm,出现在22日泽普县阿依库勒乡库台村;小时最大雨强为31.2 mm,出现在22日22时疏附县栏杆乡。受短时强降水和冰雹影响,疏附县、英吉沙县山区出现

洪水,喀什市、疏勒县、麦盖提县、岳普湖县的部分区域出现不同程度灾情。需要说明的是,此次过程中英吉沙县克孜勒乡5村过程累计降水量为169.2 mm,20日降水量为106.4 mm,20日08—09时小时降水量为42.5 mm,但此区域站所处地形复杂,降水数据可靠性有争议,因此本文对此站不做分析。

1.3 极端气候特征

2019年夏季以来喀什平原各地平均气温一直偏高,降水偏少,冬季除了莎车县降水量较历年偏多外,其余各地均偏少,尤其喀什市、伽师县、岳普湖县2020年冬季以来未出现明显的降水天气。

分析1961—2020年喀什地区9个国家气象观测站逐月降水资料,2020年4月喀什降水量为62.7 mm,突破历史极值(喀什基准站于2014年迁站),泽普为33.5 mm,居历史第3位。另外2020年4月21日伽师县、岳普湖县、疏附县、疏勒县、麦盖提县出现小冰雹,22日喀什市、疏勒县、岳普湖县出现冰雹。历年4月喀什地区很少出现冰雹天气,仅1975、1991年岳普湖县,1984、1991年伽师县及2006年麦盖提县出现过冰雹。

分析1961—2020年4月喀什地区平均降水量M-K突变检验结果(图2a),4月喀什地区平均降水量UF曲线在1973年之前振荡频繁,1973—2006年

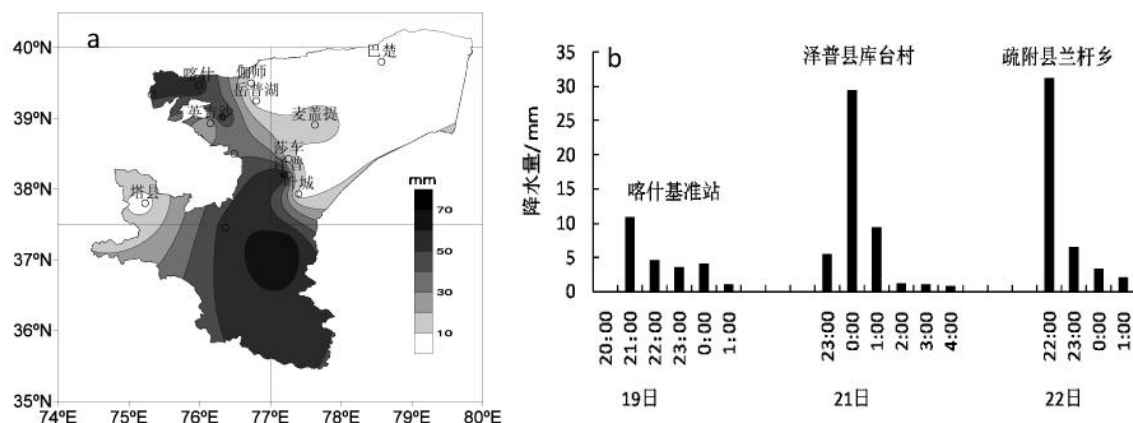


图1 4月17日08时—24日08时喀什地区过程累计降水量(a)和3个暴雨中心逐小时降水量(b)

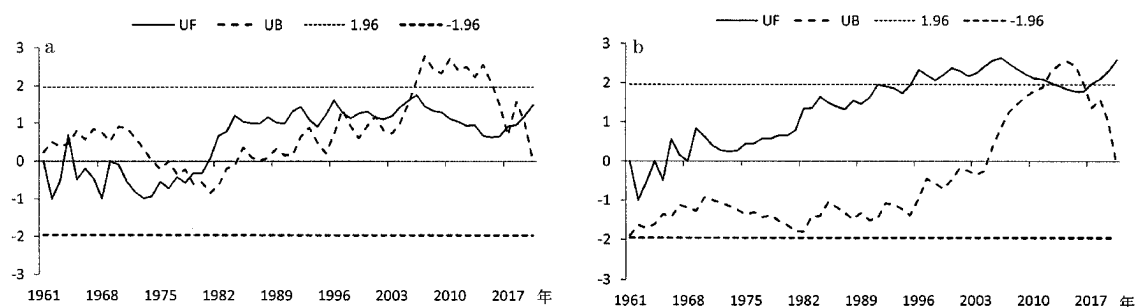


图2 1961—2020年喀什地区(a)与泽普(b)4月降水量Mann-Kendall突变检验曲线

处于上升趋势,2006—2018年呈下降趋势。UF曲线和UB曲线相交于1964、1979、2001、2006、2018、2019年。4月泽普县降水量M-K突变检验结果显示(图2b),UF曲线在2006年之前一直处于上升趋势,UF曲线和UB曲线相交于2012和2017年,说明近年来气候异常,降水突变明显,极端天气频发。

2 环流背景

2020年4月17—23日,100 hPa南亚高压呈东部型,脊线位于85°E,青藏高原型为南疆西部大降水有利的大尺度环流形势^[14]。16日08时—19日20时200 hPa南疆西部处于西南气流控制,17日20时最大风速达30 m/s,20日08时—22日20时转为偏西风,风速减弱,23日08时转为西北风,降水趋于减弱。

16日08时500 hPa欧亚范围呈两脊一槽的经向型环流,西伯利亚80°E附近存在低涡,与-32℃的冷中心相配合,南疆西部沿国境线以西70°E附近有一短波槽,南疆西部由槽前西南气流控制。17日08时乌拉尔山高压脊发展,受脊前偏北气流影响,西伯利亚低涡东移南压至贝加尔湖一带;同时中亚短波槽持续加深,在18日20时风场闭合形成低涡。19日08时随着乌拉尔山高压脊衰退,有低槽从贝加尔湖底部伸至东疆,冷中心加强到-40℃,温度槽落后于高空槽,中亚低涡稳定维持,形成“东西夹攻”形势,有利于南疆西部出现降水天气^[2]。20日08时—23日08时贝加尔湖低涡东移南压,其后部不断有短波槽补充南压至东疆,同时中亚低涡维持(图3a)。

17日20时—18日08时700~850 hPa南疆西部有偏东风和偏西风的切变线,17日夜间至18日白天英吉沙及莎车、叶城、泽普出现中到大雨,山区局地出现大到暴雨。19日20时喀什—阿克苏、喀什—和田存在偏东风和偏南风的切变线,19日夜间

疏附县、伽师县浅山区及莎车浅山区出现大到暴雨。21日08时喀什地区有偏东风和偏北风的切变线,21日午后疏附、疏勒、伽师、麦盖提出现小冰雹,夜间泽普出现暴雨。22日08—20时喀什—阿克苏有偏西风 and 偏南风的切变线,傍晚至夜间疏附县出现暴雨。23日08—20时偏东风和偏西风的切变线位于喀什—和田一带,暴雨落区在莎车县山区。

海平面气压场上,冷高压为偏北路径,冷高压从中西伯利亚南下至蒙古高原堆积并不断有南下冷空气补充,19日08时冷高压中心强度为1 047.5 hPa,东疆东部有一高压中心,强度为1 022.5 hPa,与南疆西部低压形成“东高西低”的气压场形势,24日前冷高压在蒙古高原稳定维持,盆地东西部气压梯度加大,有利于冷空气从东疆灌入南疆西部(图3b)。

3 极端暴雨成因

3.1 动力条件

沿39°N做南疆西部暴雨中心散度的垂直剖面,降水开始前19日14时850~600 hPa为辐散区,中心值为 $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,而500~300 hPa为弱辐合区,大气垂直运动不强(图4a)。随着降水时段接近,850~600 hPa转为辐合区,强度不断加强,强降水期间达到 $-20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,500 hPa以上为辐散层,中心强度达到 $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。22日喀什暴雨中心也呈低层辐合、高层辐散的配置(图4b)。表明强的低层辐合,高层辐散的发展和持续为暴雨产生提供动力条件。

沿39°N做暴雨中心垂直速度的垂直剖面,降水开始前19日850~600 hPa为上升运动区,强度为-2 Pa/s,但500 hPa为下沉区,强度为2 Pa/s,20日00时850~400 hPa转为上升运动区,强度达到-12 Pa/s。22日22时短时强降水发生前,仍以下沉气流为主,在强降水过程中整层为上升运动。强降水前上升速度快速增大,为暴雨形成提供了有利的动力条件。

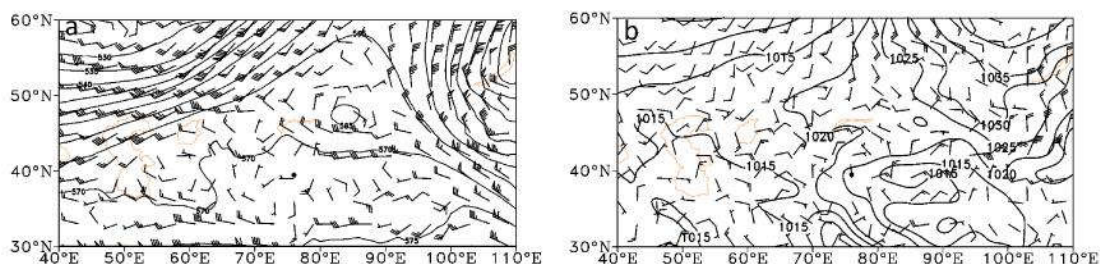


图3 4月19日08时500 hPa高度场(单位:gpm)和风场(单位:m/s)(a)及海平面气压场(单位:hPa)和风场(单位:m/s)(b)
(黑点为喀什基准站)

3.2 热力不稳定

假相当位温(θ_{se})反映了大气的温湿状况, θ_{se} 随高度的变化反映大气层结稳定度状况,当其随高度减小时,为对流不稳定,反之则为对流稳定^[9]。沿 39°N 做喀什暴雨中心假相当位温剖面,19 日 20 时 θ_{se} (图 5a)大值区位于近地面 $>46.85^{\circ}\text{C}$,500 与 850 hPa 的 θ_{se} 差为 -8.33°C ;23 日 02 时 θ_{se} (图 5b)大值区位于 700 hPa,中心值为 36.85°C ,500 与 850 hPa 的 θ_{se} 差为 -9.26°C 。在两次暴雨过程中,低层 θ_{se} 都随高度增加而减小,产生剧烈的上升运动,即对流不稳定,为暴雨形成提供了较好的动力条件。

3.3 水汽条件

3.3.1 水汽输送及辐合

沿 39°N 做 4 月 17 日 20 时—23 日 20 时比湿的垂直分布图(图 6a),可见从地面到 700 hPa 的比湿 $\geq 5\text{ g/kg}$ 。17 日中亚低槽前西南气流使低纬度暖湿气流输送到中纬度,另外中低空偏东气流也接力输送水汽,使喀什地区迅速增湿,为后期暴雨提供有利的水汽条件。17 日 700 hPa 喀什全区比湿增加到 5 g/kg (图 6b),17 日 20 时—18 日 08 时疏附县、英吉沙县浅山和叶城县山区达 $6\sim 7\text{ g/kg}$,18 日 20 时—19 日 14 时 850 hPa 比湿高达 10 g/kg ,为暴雨

的发生提供了充沛的水汽供应。

500 hPa 上只有一支水汽输送通道,从阿拉伯海—中亚南部—南疆西部随着低槽前西南气流输送暖湿水汽。700 hPa 上有两支水汽输送通道,分别为阿拉伯海—中亚南部—南疆西部和孟加拉湾—青藏高原东部—河西走廊西部—南疆盆地(图 7a)。850 hPa 上除了上述两支通道外还有一支是印度半岛—青藏高原中部—南疆盆地。700 和 850 hPa 低空水汽输送较强,18 日 08 时 700 hPa 青藏高原西部有 $8\text{ g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 的辐合中心,20 日 20 时喀什南部有 $6\text{ g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 的辐合中心。

降水开始前,18 日 08 时 700 hPa 喀什地区为水汽通量散度辐合中心(图 7b),最强达到 $-10\times 10^{-6}\text{ g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$,低空强烈的水汽辐合有利于将水汽快速集中到暴雨区。21 日 08 时 700 hPa 喀什偏南地区存在 $-4\times 10^{-6}\text{ g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 的辐合中心,21 日午后疏附县、疏勒县、伽师县、麦盖提县出现小冰雹,夜间泽普出现暴雨。22 日 08 时喀什上空 700 hPa 存在 $-6\times 10^{-6}\text{ g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 的辐合中心,喀什、疏附等地出现暴雨。18 日 08 时—23 日 20 时青藏高原、昆仑山脉一带有强水汽辐合中心,持续时间长,22 日 20 时 700 hPa 青藏高原西北部中心强度达 $-20\times$

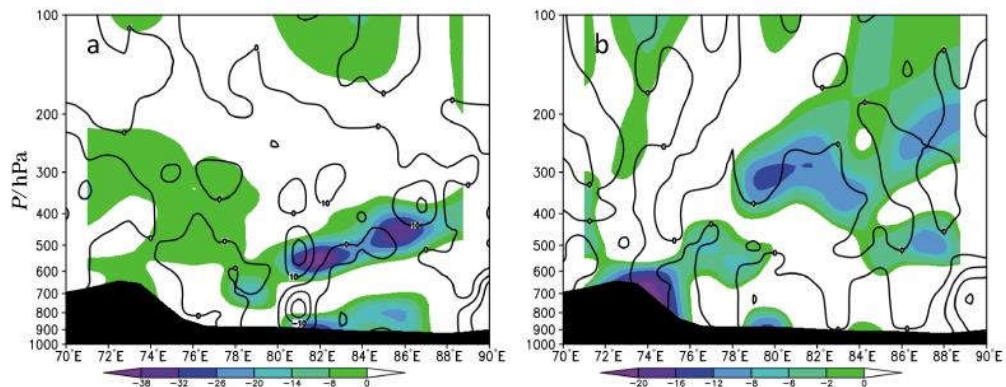


图 4 4 月 19 日 14 时(a)、22 日 20 时(b)沿 39°N 的散度(填色,单位: 10^{-5} s^{-1})和垂直速度(实线,单位: Pa/s)的剖面

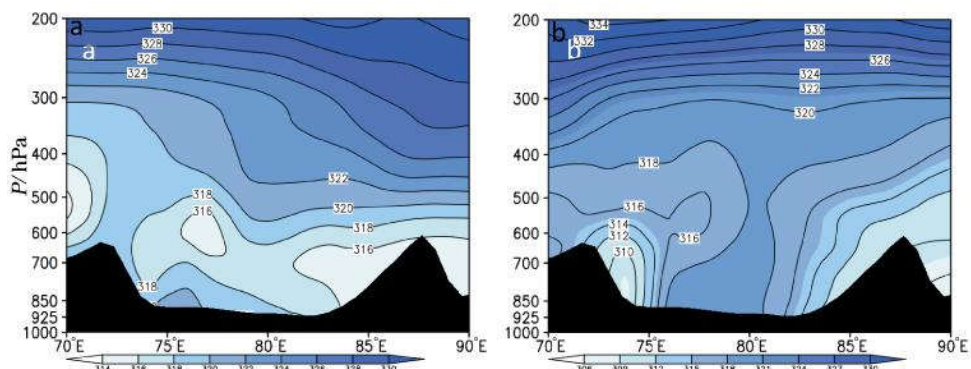


图 5 4 月 19 日 20 时(a)、23 日 02 时(b)沿 39°N 的 θ_{se} 垂直剖面(单位: K)

$10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 。可见,700 和 850 hPa 低空水汽强烈辐合对暴雨的贡献较大。

3.3.2 水汽后向轨迹追踪

利用 HYSPLIT 水汽后向轨迹追踪模式分别对喀什基准站(39.48°N, 75.75°E, 海拔高度 1 385.6 m)、泽普县库台村(38.21°N, 77.20°E, 海拔高度 1 281.1 m)、疏附县栏杆乡(39.52°N, 75.80°E,

海拔高度 1 413.0 m)3 个暴雨中心根据暴雨出现时间及不同高度做 120 h 水汽后向轨迹追踪(图 8),4 月 16 日 08 时—20 日 08 时喀什 500~700 hPa 水汽主要以偏西路径为主,850 hPa 水汽为西南路径(图 8a)。4 月 17 日 08 时—22 日 08 时泽普县库台村 500~700 hPa 水汽主要以偏西路径为主,850 hPa 水汽为偏东路径(图 8b),20 日 20 时—21 日 08 时 700

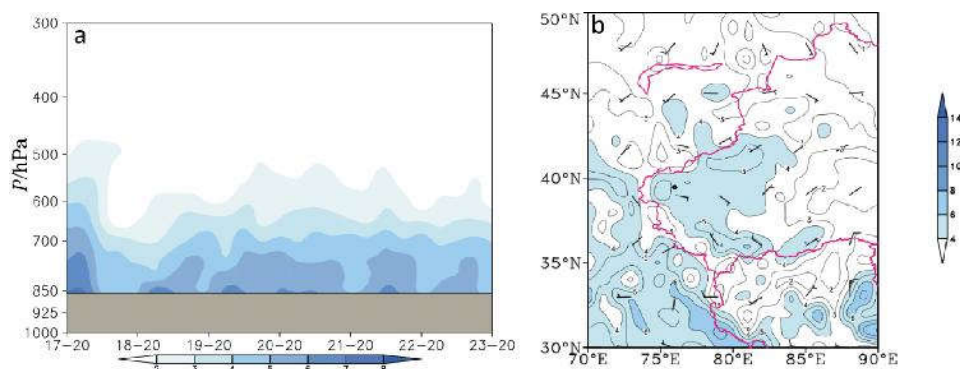


图 6 4 月 17—23 日喀什比湿空间随时间变化(a),22 日 20 时 700 hPa 比湿(b,单位:g/kg,黑点为喀什基准站)

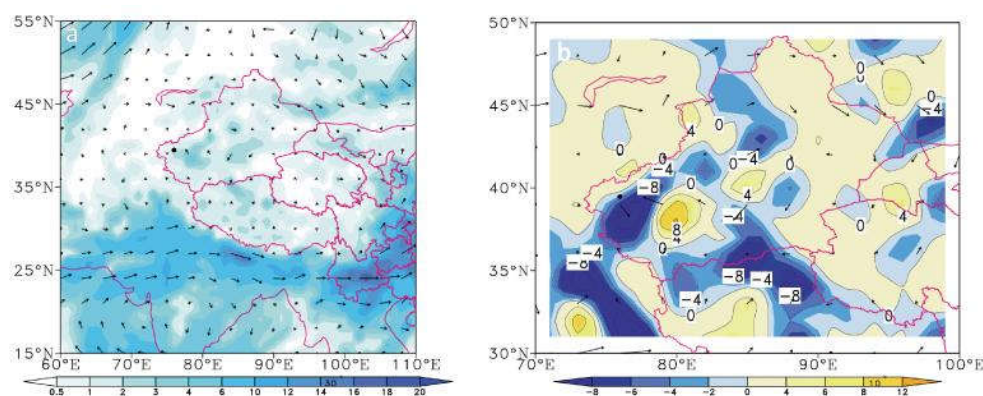


图 7 4 月 18 日 08 时 700 hPa 水汽通量(a)(单位:g/(cm·hPa·s))和水汽通量散度(b,单位:g/(cm²·hPa·s);黑点为喀什基准站)

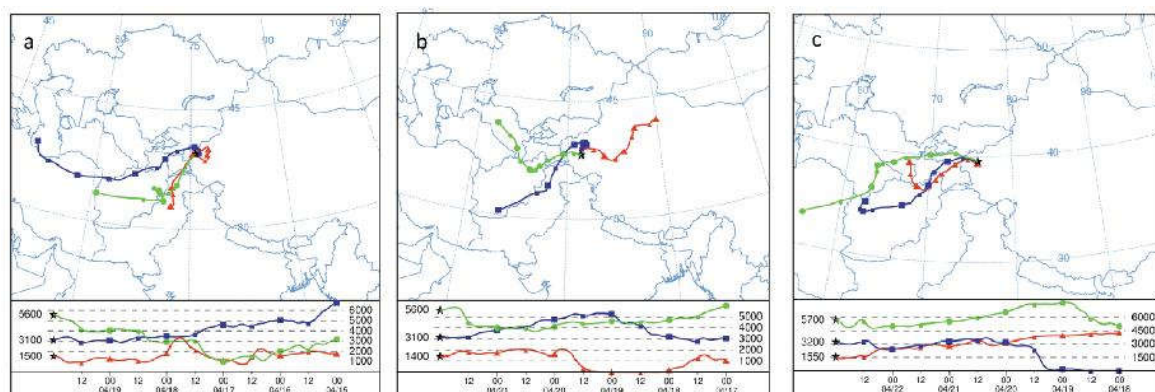


图 8 4 月 17 日 08 时—23 日 08 时 HYSPLIT 水汽后向轨迹追踪 (a 为喀什基准站,b 为泽普县库台村,c 为疏附县栏杆乡)

和 500 hPa 高度的水汽在 4 000 m 汇合,21 日夜间泽普县库台村出现暴雨。疏附县栏杆乡 500~850 hPa 水汽主要以偏西路径为主(图 8c),21 日 20 时—22 日 08 时 850 和 700 hPa 高度的水汽在 2 800 m 左右汇合,22 日夜间疏附县栏杆乡出现暴雨。

3.4 中小尺度特征

3.4.1 地面加密观测

分析地面加密观测资料 2 m 气温和 10 m 风场(图 9),19 日 11 时喀什为偏东风,20 时风速增强,气温迅速下降,喀什附近形成地面辐合线(图 9a);此时喀什以西帕米尔高原为 -15°C 的冷中心,喀什处于 20°C 的暖中心西侧,在冷暖交界处温度梯度大,形成等温线密集带,地面辐合线与等温线密集带垂直,21 时喀什基准站小时降水量为 11 mm。

21 日 14 时沿和田至喀什南部为一致的偏东气流(图 9b),21 时喀什南部地区仍为偏东风,22 时转为偏北风且风速增强,气温快速下降,泽普处于冷暖交界等温线密集带,泽普县库台村 23 时—00 时小时降水量为 29.5 mm。22 日 16 时喀什基准站从西南风转为偏东和东南风,20 时风速突增,温度骤降 10°C ,地面辐合线与等温线密集带垂直,等温线梯度较 19 日强,对流比 19 日更强,疏附县栏杆乡小时降水量为 31.2 mm。

3.4.2 FY-2G 卫星云图

卫星云图能够用来检测暴雨云团的生成源地、发展、移动路径及移速^[14-16],本文利用 FY-2G 卫星红外云图的云顶亮温 TBB 资料来分析此次暴雨过程中尺度对流系统的演变特征。

4 月 19 日 18 时,在喀什地区西南部山区出现了 MCS,该对流云团向东北方向移动,山区开始降雨,20 时在克州境内,即暴雨区的东北方向出现了对流云团,TBB 低值区范围增大,云顶亮温迅速下降,最低为 -56°C ,并向暴雨区移动(图 10a)。21 时

移至暴雨区上空,喀什基准站位于 TBB 梯度大值区,20—21 时小时雨强为 11.0 mm/h。20 日 00 时 TBB 低值区范围继续增大,对流发展旺盛,MCS 向西移动,喀什基准站处于 $-56\sim-52^{\circ}\text{C}$ 的 TBB 梯度处,降雨持续,小时降水强度开始减弱,降雨落区集中在 MCS 所在区域。20 日 01 时(图 10b),云团中心温度升高,TBB 减弱,MCS 开始减弱,TBB 降至 -36°C 以下,降雨趋于结束。21 日 20 时泽普县库台村西北方向出现弱对流云团,该云团向东南移动并不断加强,22 时影响库台村。21 日 23 时—22 日 00 时(图 10c、10d),库台村位于 $-56\sim-48^{\circ}\text{C}$ 的 TBB 梯度处,对应 29.5 mm 的强降水。随后云团快速减弱,降水趋于结束。22 日 19 时,西天山两个对流云团合并,并迅速增强,云团呈东北—西南状分布,中心 TBB 强度达 -60°C 。该 MCS 不断扩大增强,向南移动,21 时疏附县栏杆乡处于 $-60\sim-44^{\circ}\text{C}$ TBB 梯度处,强降雨随之开始。21—22 时,栏杆乡出现 31.2 mm 的短时强降水(图 10e)。MCS 不断向南移动,22 日 22 时—23 日 00 时,栏杆乡位于 TBB 低值中心处,TBB 强度为 -60°C ,降雨明显减弱(图 10f),小时雨强分别为 6.6、3.4 mm。之后随着 MCS 的快速减弱,降水基本结束。TBB 低值区与降雨落区紧密结合,强降雨发生在 TBB 梯度最大处,TBB 等值线梯度越大,雨强越强。

3.4.3 雷达回波特征

19 日 18 时喀什地区为大片以层云为主的混合性回波,19:17 乌恰、疏附县境内出现小对流单体,20:13 疏附县境内是以积云为主的降水回波,20:47 喀什基准站附近积云回波中有 γ -中尺度对流单体发展,最强反射率因子达 58 dBZ(图 11a),回波顶高为 5 km,垂直液态含水量 VIL 达 $21\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$,速度图上疏附县境内东南风有利于水汽辐合,中层有干冷西北气流侵入(图 11b), 2.4° 仰角基准站附近中层有

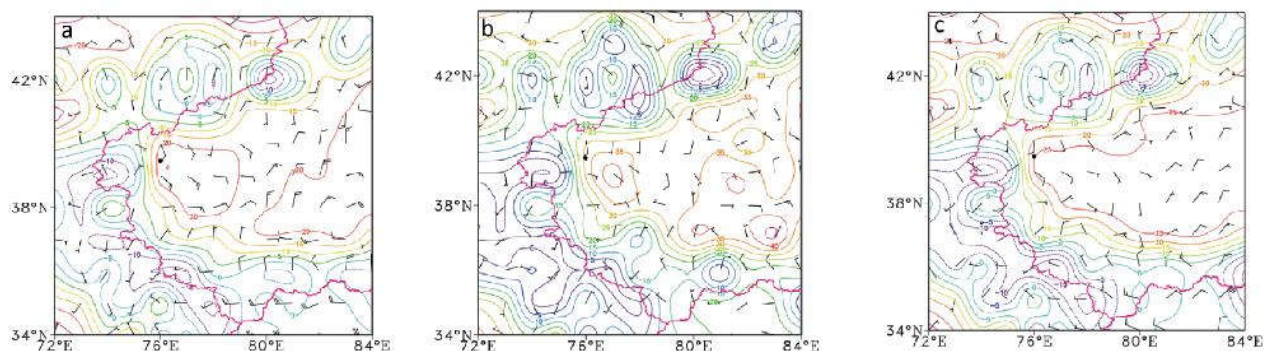


图 9 4 月 19 日 20 时(a)、21 日 14 时(b)、22 日 20 时(c)2 m 温度场(单位: $^{\circ}\text{C}$)和 10 m 风场(单位:m/s)(黑点为喀什基准站)

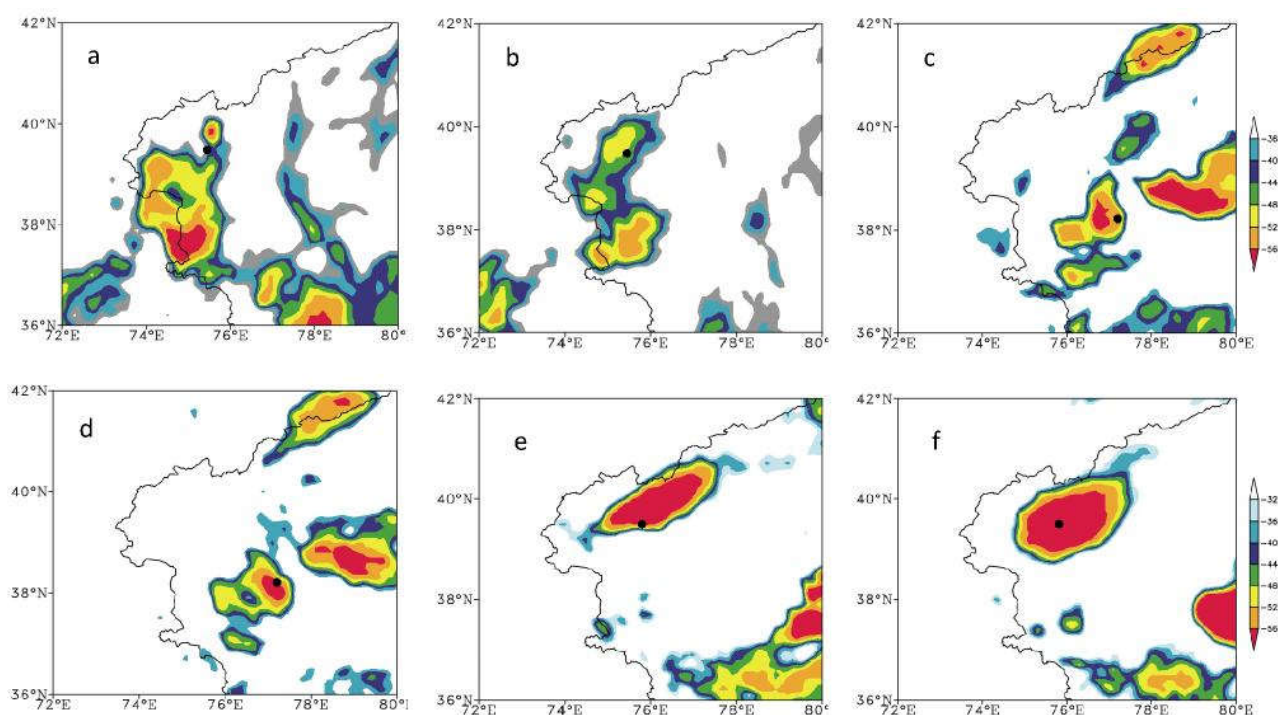


图 10 4月18日20时(a)、20日01时(b)、21日23时(c)、22日00时(d)、
21时(e)、23时(f)FY—2G TBB分布(单位:℃)
(a、b中黑点为喀什基准站;c、d中黑点为泽普县库台村;e、f中黑点为疏附县栏杆乡)

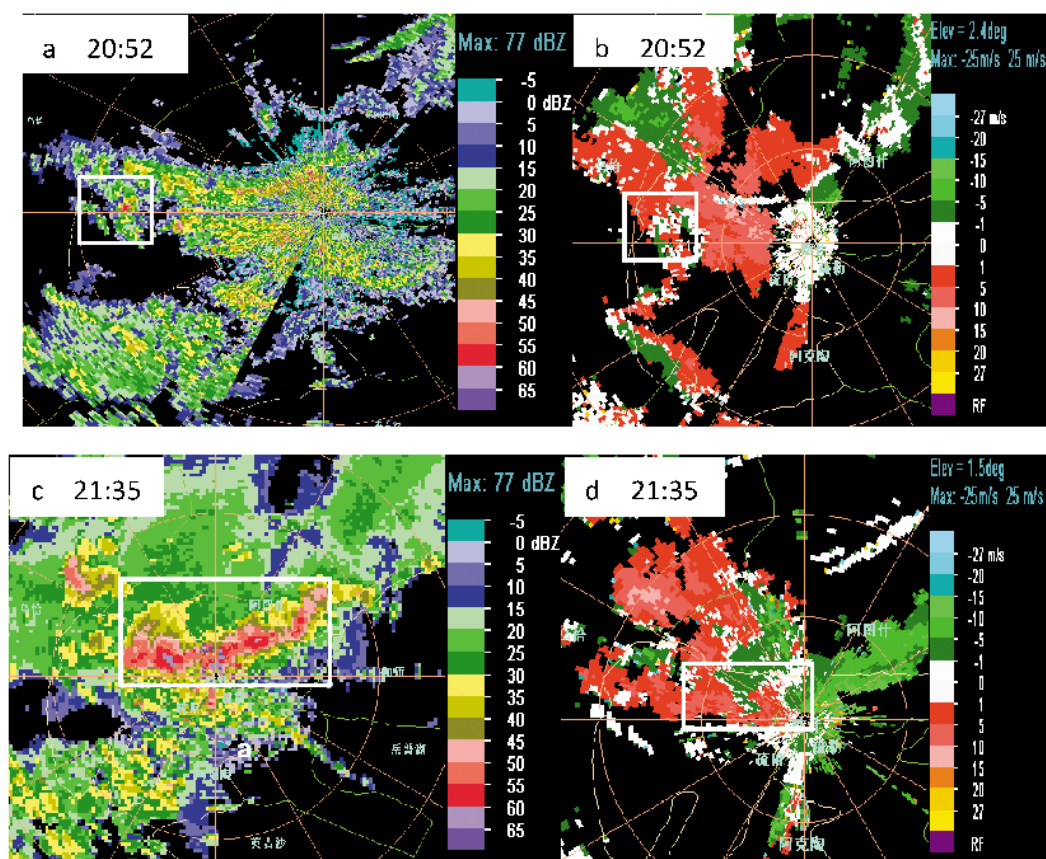


图 11 4月19日20:52、22日21:35喀什雷达站组合反射率因子(a、c)和径向速度(b、d)

明显的辐合,有利于对流发展。21:09 单体减弱,23:51 之前积云降水回波强度 >45 dBZ 的。21 时雷达站以西喀什、乌恰不断有西北风侵入,喀什基准站 20—21 时 1 h 降水量为 11 mm,21—00 时的 3 h 降水量为 12.5 mm,之后降水减弱。

22 日 20:30 喀什以北阿图什境内出现多个分散型对流单体,20:54 在雷达站东北方向阿图什境内发展为线性多单体风暴,最大反射率因子达 58 dBZ,回波顶高为 10 km,垂直液态含水量达 $32 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,此时距雷达站处西北方向 22 km 的阿图什境内也有一对流单体发展,最大反射率因子达 58 dBZ,不断有新对流单体发展并直接翻山南压,21:12 西北方向回波进入喀什境内并发展,21:29 东—西向回波在喀什境内结合形成飑线,持续 5 个体扫影响喀什市和疏附县附近(图 11c),21:41 飑线断裂,其西侧的单体位于疏附县境内,持续多个体扫最大反射率因子达 60 dBZ,45 dBZ 以上的强回波拓展到 6.0° 仰角,对应高度 8 km,从 1.5° 仰角径向速度图上看到该单体左侧对应明显的中小尺度辐合风场特征(图 11d),上升运动强烈,基于单体质心的垂直液态含水量长时间维持在 $40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 左右,造成疏附县小时降水达 31.2 mm 的大暴雨及喀什市小冰雹和短时强降水。

22:23 线性多单体风暴南压至疏勒县并发展加强,在其右侧有新生单体,该单体迅速发展,23:03 其最强反射率因子达 63 dBZ,回波顶高为 8 km,垂直液态含水量达 $27 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,造成疏勒县冰雹天气。23:51 对流单体东移南压至距雷达站约 40 km 处,之后逐步减弱,最大反射率因子为 45 dBZ 左右,降水强度减弱。

4 结论

通过分析 2020 年 4 月 17—24 日南疆西部暴雨的大尺度环流背景、动力及水汽条件、触发机制、中小尺度系统等与降水落区、强度的对应关系,得出以下结论:

(1)南疆西部持续性暴雨过程的环流背景相对稳定,处于 100 hPa 南亚高压脊线左侧,500 hPa 为“东西夹攻”的大尺度环流背景,500 hPa 中亚低涡(槽)和 700 hPa 切变线、850 hPa 低空急流为主要影响系统,低层不断有中小尺度系统发展。

(2)水汽源地是阿拉伯海、孟加拉湾,输送路径主要有两条:一支水汽直接翻越帕米尔高原进入南

疆,另一支水汽输送至青藏高原东部在偏东气流影响下沿着河西走廊进入南疆盆地。中低层有强烈的水汽辐合,为暴雨的发生提供了有利的水汽条件。

(3)低层辐合高层辐散的配置以及垂直上升运动为暴雨提供了有利的动力条件。低层高温高湿,假相当位温随高度增加而减小,有利于暴雨区上空对流性不稳定层结的建立和维持。

(4)雷达回波图上单体风暴或线性多单体风暴持续多个体扫导致强降水的发生,风暴最大反射率因子 ≥ 55 dBZ,径向速度图上具有明显的中小尺度辐合特征;TBB 低值区与降雨落区紧密结合,强降雨发生在 TBB 梯度最大处,且 TBB 等值线越密集雨强越强。

参考文献:

- [1] 张家宝,邓子凤.新疆降水概论[M].北京:气象出版社,1987.
- [2] 张家宝,苏起元.新疆短期预报指导手册[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1986.
- [3] 张云惠,胡顺起,王勇,等.新疆暴雨(1961—2018)[M].北京:气象出版社,2020.
- [4] 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.
- [5] 林建,杨贵名.近 30 年中国暴雨时空特征分析[J].气象,2014,40(7):816—826.
- [6] 梁生俊,马晓华.西北地区东部两次典型大暴雨个例对比分析[J].气象,2012,38(7):804—813.
- [7] 王晓芳,黄华丽,黄治勇.2010 年 5—6 月南方持续性暴雨的成因分析[J].气象,2011,37(10):1206—1215.
- [8] 徐远波,尹恒,谭永秀,等.副高边缘一次局地突发性大暴雨过程的中尺度分析[J].暴雨灾害,2009,28(1):58—63.
- [9] 阿不力米提江·阿布力克木,汤浩,张俊兰,等.新疆一次罕见的暖区暴雨过程特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2019,13(6):1—12.
- [10] 陈春艳,孔期,李如琦,等.天山北坡一次特大暴雨过程诊断分析[J].气象,2012,38(1):72—80.
- [11] 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.
- [12] 张云惠,陈春艳,杨莲梅,等.南疆西部一次罕见暴雨过程的成因分析[J].高原气象,2013,32(1):191—200.
- [13] 张云惠,王勇,支竣,等.南疆西部一次强降雨的多普勒雷达分析[J].沙漠与绿洲气象,2009,3(6):17—20.
- [14] 张云惠,李海燕,蔺喜禄,等.南疆西部持续性暴雨环流背景及天气尺度的动力过程分析[J].气象,2015,41(7):816—824.
- [15] 黄艳,刘涛,张云惠,等.2010 年盛夏南疆西部一次区域性暴雨天气特征[J].干旱气象,2012,30(4):615—622.
- [16] 刘海涛,刘海红,张云惠,等.南疆西部沙漠边缘汛期两

- 次罕见暴雨过程诊断分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(8): 90-96.
- [17] 杨霞, 张云惠, 赵逸舟, 等. 南疆西部一次罕见大暴雪过程分析[J]. 高原气象, 2015, 34(5): 1414-1423.
- [18] 努尔比亚·吐尼牙孜, 杨利鸿, 米日古丽·米吉提, 等. 南疆西部一次突发暴雨成因分析 [J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(6): 75-82.
- [19] 杨霞, 张云惠, 张超, 等. 南疆西部“5·21”极端大暴雨成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2020, 14(1): 21-30.
- [20] 张俊兰, 魏荣庆, 杨柳. 2013年南疆两场罕见暴雨落区和强度的对比分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(5): 1-9.

Analysis of an Extreme Rainstorm in the West of Southern Xinjiang in Spring 2020

Reziwagu Zibibula¹, LYU Xinsheng², WANG Pengfei¹, HU Suqin¹, YANG Hong¹

(1. Kashgar Meteorological Bureau, Kashgar 844000, China;

2. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China)

Abstract Based on the conventional observation data, radar, FY-2G satellite and NCEP ($1^\circ \times 1^\circ$) reanalysis data, the extreme rainstorm weather process during 17-24 April, 2020 in Kashgar of southwestern Xinjiang are analyzed. It shows that, the 500 hPa Central Asian low trough and the 700-850 hPa low-altitude shear lines were the main affecting systems in case of the large-scale circulation from the east of the South Asian high pressure. The development and continuation of low-level convergence and high-level divergence provided motivation to this rainstorm. The decrease of θ_{se} in the middle and low layers provided a better instability for the occurring of the rainstorm. The water vapor was abundant in the middle and low layers. The central intensity of the 700 hPa reached $-10 \times 10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ and the specific humidity was $\geq 5 \text{ g/kg}$ in Kashgar. The radar echo showed that the single or multiple storms on the radar caused the heavy rainfall. The maximum reflectivity factor of the storm was $\geq 55 \text{ dBZ}$ and had an obvious characteristic of meso and small-scale convergence. The low value area of TBB was closely combined with the rainfall area. Heavy rainfall occurred at the maximum TBB gradient, and the denser the TBB contour, the stronger the rainfall intensity.

Key words extreme rainstorm; circulation background; meso- and small-scale; western region of southern Xinjiang