

希热娜依·铁里瓦尔地,玛依热·艾海提,孟凡雪,等.南疆西部两次极端暴雨中尺度特征对比分析[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(5):47-55.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2022.05.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



南疆西部两次极端暴雨中尺度特征对比分析

希热娜依·铁里瓦尔地¹,玛依热·艾海提¹,孟凡雪¹,胡素琴^{1*},孙雨¹,李建刚²

(1.喀什地区气象局,新疆 喀什 844000;2.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:利用常规气象观测、地面区域气象站逐小时观测数据、FY-2G 云顶亮温、喀什 CR/CC 雷达产品及 NCEP 再分析等资料,对比分析南疆西部 2020 年 4 月 17—24 日和 2021 年 6 月 15—17 日(分别简称“过程 1”、“过程 2”)两次极端暴雨过程环流背景和短时强降水环境条件、中尺度特征。结果表明:两次过程均发生在 500 hPa“东西夹攻”的有利环流背景下,100 hPa 南亚高压分别呈东部型和双体型,低空急流、切变线和地面中尺度辐合线是两次暴雨重要的触发系统。两次强降水均发生在对流云团发展最强盛、范围最大时或 TBB 梯度最大处。但雷达回波特征明显不同,“过程 1”影响系统为线性多单体强风暴,最大反射率因子达 65 dBZ,具有中小尺度辐合和旋转特性,强降水期间 VIL 维持 40 kg/m² 以上并有跃增现象,更有利于产生强对流。“过程 2”影响系统为分散性普通单体风暴,径向速度高层辐散不明显,VIL 值明显小于“过程 1”。

关键词:南疆西部;极端暴雨;环境条件;中尺度特征

中图分类号:P457.6

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2022)05-0047-09

南疆西部位于塔里木盆地西缘,北部为西天山,西部为帕米尔高原,南部为昆仑山,东侧为塔克拉玛干沙漠,具有三面环山、东面敞开的地理特征。平原年均降水量仅 50~70 mm,是我国西北部典型的干旱地区^[1]。受复杂地形影响,春夏季傍晚前后易发生突发极端暴雨,累计雨量往往能超过当地气候值。此类极端降水在生态环境脆弱的南疆西部,更容易诱发严重的城市内涝、山洪等气象灾害,给农业生产、人民生命财产等造成重大损失^[2],但因为突发性和局地性强、尺度小、生命史短等原因,暴雨落区和强度预报一直是短临预报的难点。

多年来国内气象专家对我国各地暴雨、短时强

降水的时空分布特征、环流背景、影响系统、中尺度系统演变特征等方面进行了大量研究^[3-11],取得了诸多有价值的研究成果,表明不同地域暴雨、短时强降水有明显差异。新疆学者对新疆暴雨、短时强降水也有深入的研究^[12-14],对南疆西部暴雨的大尺度、天气尺度影响系统和水汽分析等方面的研究显示,南疆西部暴雨大部分是在南亚高压双体型的大尺度环流背景下,受中亚低涡(低槽)有利的天气系统影响产生的^[15-17],高低空急流的有利配置为暴雨提供动力条件,来自阿拉伯海、孟加拉湾的水汽以及低涡本身携带的水汽提供水汽条件,还给出了南疆西部暴雨概念模型^[18-21]。而对南疆西部暴雨中尺度对流系统特征和不同季节极端暴雨对比分析的研究尚少。在全球气候变暖的背景下,南疆西部极端降水呈增加趋势,且早发频发,其影响和造成的灾害损失也在不断扩大,因此,加强对此类天气的中尺度系统和触发因子的研究显得十分重要。

2020 年 4 月 17—24 日(以下简称“过程 1”)和 2021 年 6 月 15—17 日(以下简称“过程 2”),南疆西部出现两次极端暴雨过程,其中短时强降水突发性

收稿日期:2022-03-01;修回日期:2022-05-12

基金项目:新疆气象局科技创新发展基金(MS202222);国家自然科学基金(41965002);喀什地区科技计划项目(KS2021020);喀什地区气象局课题(KS202209);国家自然科学基金(U2003106)

作者简介:希热娜依·铁里瓦尔地(1987—),女(维吾尔族),工程师,主要从事天气预报技术研究。E-mail:549882245@qq.com

通信作者:胡素琴(1968—),女,高级工程师,主要从事天气预报技术研究。E-mail:1376870722@qq.com

和局地性极强,虽然各级气象台站均做出提前预报和服务,但由于模式对极端暴雨落区及强度预报能力不足,预报员对此类小概率极端事件缺乏预报经验,导致暴雨落区、强度跟实况存在明显差异。本文利用常规气象观测、区域自动站资料、FY-2G云图、雷达及NCEP再分析等资料,对两次极端暴雨过程短时强降水的环境条件、中尺度系统特征等进行对比分析并找出异同点,进一步加深对南疆西部极端暴雨事件中尺度系统发展机理的认识,以期提高业务短临预报能力。

1 暴雨概况及极端性分析

过程1为2020年4月17日08时—24日08时(北京时,下同)南疆西部出现大范围持续性暴雨的过程。喀什地区有2个国家站、44个区域站累计雨量超过24.1 mm,7站超过48 mm。最大累计雨量67.3 mm,出现在叶城县台斯村(图1a);日最大雨量48.3 mm,出现在22日泽普县库台村。泽普县库台村21日00时、疏附县兰杆乡22日22时最大小时雨强分别为29.5、31.2 mm(图1c)。暴雨过程强降水时段分别在19、21、22日午后至夜间,平原大部区域同时伴有雷雨大风和短时冰雹。2020年4月喀什和泽普站月降水量分别为62.7、33.5 mm,前者突破4月历史极值,后者居同期历史第3位。

过程2为2021年6月15日08时—17日08

时,南疆西部出现大范围极端暴雨的过程。喀什地区国家站5站、区域站100站累计雨量超过24.1 mm,10站超过48 mm。最大累计雨量达67.6 mm,出现在疏附县乌帕尔乡7村(图1b),其中15日17时最大小时雨强为29.4 mm(图1d),最大日降水量为54.3 mm,突破此站建站以来的极值。强降水分别出现在15、16日午后至夜间。2021年6月喀什、叶城月降水量分别为33.5、44.8 mm,均居历史第1位。莎车、英吉沙、叶城站最大日降水量分别为37.2、28.2、33.9 mm,均突破6月历史极值。泽普、伽师、喀什站最大日降水量均居6月历史第2位,英吉沙、叶城居夏季历史第2位,莎车居夏季历史第3位。

两次暴雨过程均具有极端性特征,且有降水持续时间长、范围广、短时强降水的局地性强、小时雨强大等特点;强降水均发生在午后至夜间,最大暴雨中心都在疏附县境内。不同之处在于,“过程1”强降水突发性更强并伴有冰雹、雷雨大风等强对流天气,是典型的对流性强降水。“过程2”暴雨站次更多、范围更广、累计降水量更大,降水极端性特征更明显,属于系统性强降水。

2 环流背景

“过程1”中,2020年4月17—23日100 hPa南亚高压呈东部型,17—19日200 hPa副热带大槽强烈发展,南端南伸至25°N附近,>30 m/s的西南急

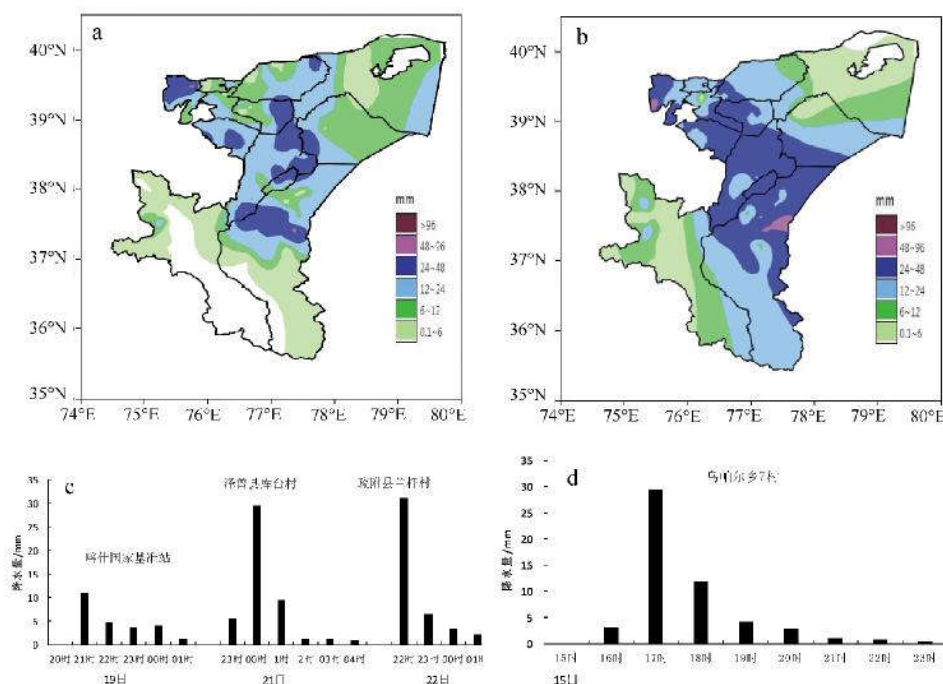


图1 喀什地区两次过程累积降水量分布(a、b)和暴雨中心逐时雨量变化(c、d)(单位:mm)
(a、c为“过程1”,b、d为“过程2”)

流位于南疆西部上空,高空辐散明显。降水开始前17日08时,500 hPa高度场为“两支锋区”型的经向环流,北支在东欧至贝加尔湖以西为“两槽一脊”形势,南支在中亚一带有不稳定短波槽活动,18日20时—19日08时(图2a)中亚短波槽切涡加深,与巴尔喀什湖以北东移的低槽形成“东西夹攻”的形势,850 hPa南疆西部为“人”字型切变,700~850 hPa河西走廊至南疆西部为偏东急流,850 hPa风速达20 m/s;19日20时中亚低涡减弱成槽过境,造成19日夜间疏附县及伽师、莎车浅山区出现大到暴雨。21日08时—23日08时中亚短波活动频繁,低层切变线维持,分别造成21日夜间泽普县库台村短时暴雨和22日傍晚至夜间疏附县兰杆乡、喀什市的短时强降水和小冰雹。

“过程2”中,2021年6月15—17日100 hPa南亚高压呈双体型,200 hPa高空西南急流位于南疆盆地上空,南疆西部位于西南急流(中心56 m/s)分流辐散区。降水前14日20时,500 hPa高度场为“两槽一脊”的经向环流,乌拉尔山至西伯利亚为脊区,贝加尔湖北侧至南疆西部为东北—西南向的横槽区,南疆西部处于横槽底部,700~850 hPa南疆西部有风向切变。15日08—20时(图2b、2d),横槽分

为两段,北段位于北疆东部,南段为中亚北部切涡,形成“东西夹攻”形势,700~850 hPa低涡不断发展,使得阿克苏—喀什—和田的风场辐合、切变加强,盆地东部配合有回流性偏东风,15日20时850 hPa风速达14 m/s,15日白天喀什大部地区出现小量以上降水,偏北、偏南局地出现中到大雨,疏附县出现大暴雨。15日20时—16日20时中亚低涡进入南疆西部,700~850 hPa持续有12~14 m/s的偏东急流输送冷空气和水汽至南疆西部,配合低层风场辐合及切变,造成喀什平原大部地区暴雨和叶城县浅山区大暴雨。

3 环境参数特征

两次极端暴雨过程中都有短时强降水发生,利用喀什站探空资料(表1)分析两次过程中短时强降水发生的能量和层结条件,其中“过程1”共有两次短时强降水,分别发生在21日泽普县和22日疏附县,本文选取降水强度更强并伴有冰雹的22日的短时强降水进行对比分析。

“过程1”在2020年4月22日08时探空主要特征为,850~500 hPa风随高度顺转有暖平流,500 hPa以上风随高度逆转有冷平流。850 hPa有弱

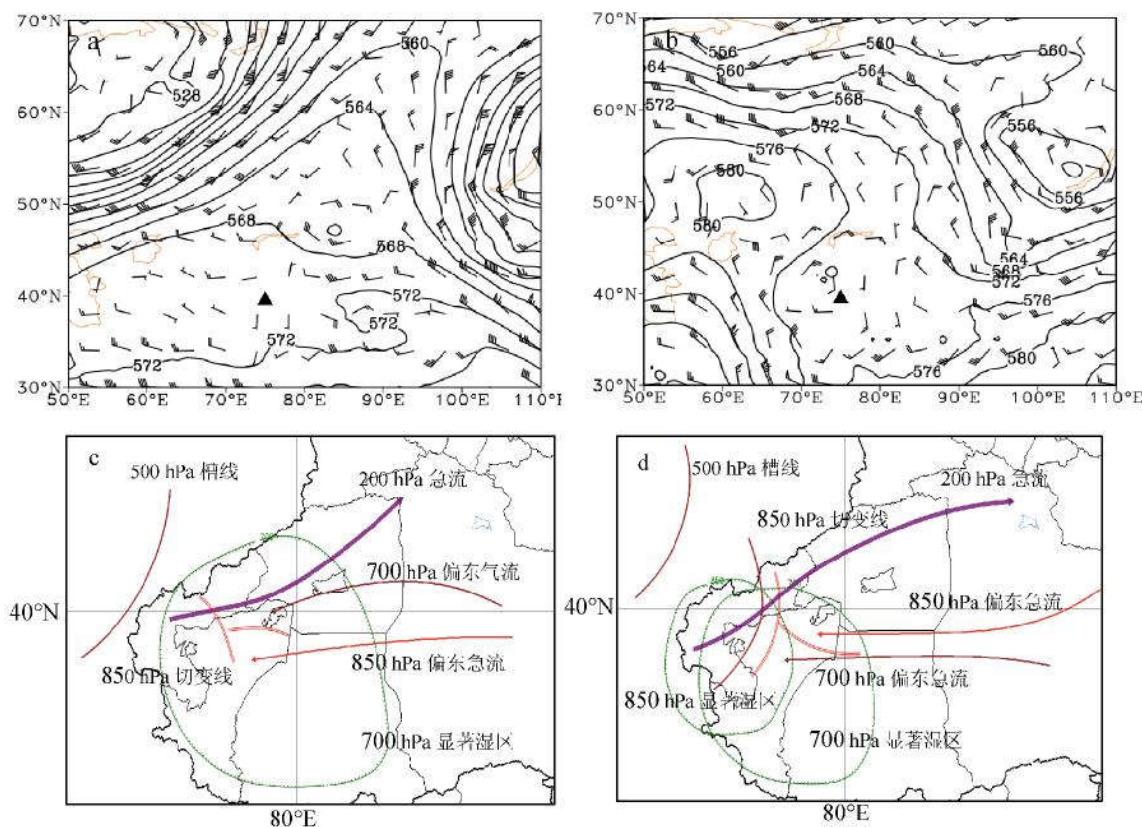


图2 500 hPa高度场(等值线,单位:dagpm)、风场(单位:m/s)(a、b)和中尺度环境场分析(c、d)(a、c为2020年4月19日08时,b、d为2021年6月15日20时;a、b中▲分别表示喀什基准站、疏附县乌帕尔乡)

逆温,有利于积累不稳定能量。14时,“上干冷、下暖湿”的不稳定层结进一步增强。 K 指数由08时的30℃增大到34℃, SI 指数由-1.24℃降到-5.2℃, LI 指数由0.86℃降至-1.0℃, CIN 由240.4 J/kg减小至189 J/kg, $CAPE$ 由3.8 J/kg突增到611 J/kg,说明14时前逆温层已破坏,不稳定能量得到释放。另外-20℃层与0℃层高度差为2 851 m,有利于冰雹发生。

表1 两次过程短时强降水探空对流参数

时间	$K/^\circ\text{C}$	$SI/^\circ\text{C}$	$CAPE/(\text{J/kg})$	$CIN/(\text{J/kg})$	$LI/^\circ\text{C}$
4月22日08时	30	-1.24	3.8	240.4	0.86
4月22日14时	30	-5.2	611	189	-1.0
6月15日08时	31	-0.95	8.1	154	0.03
6月16日00时	33	-3.2	382	37	0

“过程2”在6月15日08时850~600 hPa温、湿廓线呈倒喇叭状,风向顺转有暖平流,500~300 hPa风向逆转有冷平流,大气层结呈“低层干暖、高层湿冷”分布。15日20时随着降水出现,850 hPa温度露点差由08时的14℃转为4℃,湿度加大、湿层加厚至250 hPa,200 hPa以上温度露点差>20℃,大气层结为“高层干冷、中低层暖湿”,这种结构有利于热力不稳定层结的增强。16日00时 K 指数由15日08时的31℃增大到33℃, SI 指数由-0.95℃降到-3.2℃, $CAPE$ 由8.1 J/kg增加到382 J/kg, CIN 由154 J/kg减小到37 J/kg,以上几种对流参数的变化加剧了热力不稳定,为强对流的发生提供了有利的环境条件。

4 中尺度对流系统特征

4.1 中尺度对流云团演变特点

中尺度对流系统是短时强降水的直接制造者。两次过程均发生在南疆西部,期间不断有对流系统组织生成、发展、消亡,伴随多次强降水。其中,既有

大尺度系统性降水,也包含局地特征显著的突发性降水。为了突出南疆极端降水过程中中尺度系统的发展演变特点,对两次过程进行中尺度对流系统(MCS)发展演变的对比分析。

“过程1”中,2020年4月22日19时(图3a)南疆西部的阿克苏北部—克州一带出现一条东北西南向对流云带,其中有3个对流云团A、B、C,分别位于阿合奇、阿图什和乌恰,位于阿图什的对流云团B云顶 TBB 为-60℃,3个对流云团随500 hPa引导气流向西南方向移动,20时,(图3b)云团A和B在向西南移动过程中迅速合并,尺度增大形成 β 中尺度对流云团D,-60℃云顶亮温范围扩大。21时云团对流云团D脱离对流云带继续向西南移动与C合并形成东北西南向椭圆状 β 中尺度对流云团,疏附县兰杆乡处于 TBB 为-60~-44℃最大梯度处,强降雨随之开始,受椭圆状强对流云团持续影响,21—22时兰杆乡出现31.2 mm的强降水。22日22时—23日01时,对流云团继续南移(图3d),兰杆乡和喀什市位于强度为-60℃的 TBB 大值区,兰杆乡降水明显减弱,喀什市出现短时强降水和冰雹。23日03时,对流云团快速减弱,降水减弱。

“过程2”中,2021年6月15日15时,在吐尔尕特山区—乌恰出现东北西南向对流云带,包含2个 β 中尺度对流云团A、B,中心 TBB 为-48~-40℃,吐尔尕特开始降雨。16时,对流云带向南伸展(图4a), TBB 低值区范围增大,并向暴雨区移动,17时,移至暴雨区上空(图4b), TBB 强度为-48℃,对流发展旺盛,疏附县乌帕尔乡处于-48~-44℃的 TBB 梯度大值区,造成16—17时29.4 mm的短时强降水。18时-44~-40℃的 TBB 范围扩大,小时雨强为11.8 mm,降水落区集中在MCS所在区域。19时,后云团中心温度升高(图4c), TBB 降至-36℃以下,降水明显减弱。

综上所述,中尺度对流云团的发展演变与强降水的发生、发展及降水落区有密切关系,两次过程

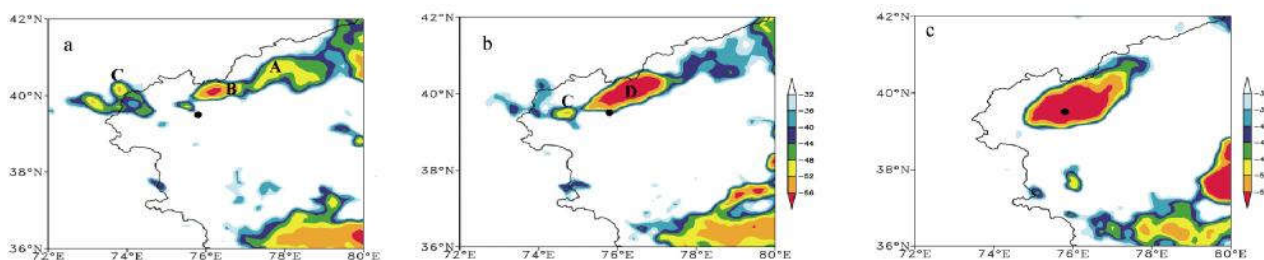


图3 2020年4月22日逐小时FY—2G卫星 TBB 云图演变
(a为09时,b为20时,c为22时;黑点代表疏附县兰杆乡;单位:℃)

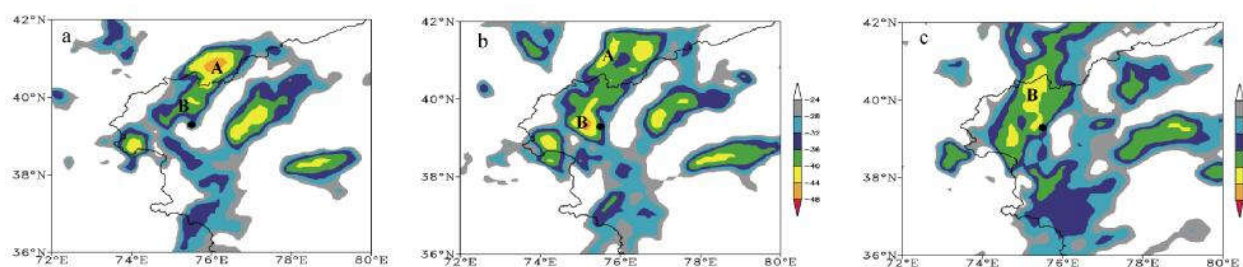


图4 2021年6月15日逐小时FY—2G卫星TBB云图演变
(a为16时,b为17时,c为18时,d为19时;黑点为疏附县乌帕尔乡;单位:℃)

MCS对短时强降水有2~3 h提前预报时效。“过程1”中强降水出现在对流云团发展尺度最大时的TBB梯度最大处, β 中尺度对流云团生命史长、尺度大。“过程2”的TBB强度明显弱于“过程1”,强降水出现在TBB低值区,对流云团尺度相对较小,变化明显,预报难度更大。

4.2 地面中尺度辐合线与短时强降水

两次过程强降水前地面有中尺度辐合线形成,与对流单体不断生成、合并增强关系密切。小时雨强较大时次与地面辐合增强时次配合较好。

“过程1”中,2020年4月22日强降水开始前区域加密自动站风场显示,20时,喀什北部的疏附县附近以东南风为主,喀什以东为东风,风速均在4 m/s以下,疏附县兰杆乡风速为2.9 m/s,东南风与南疆西部山区地形近乎垂直,在疏附县附近形成地形辐合线。20—21时,兰杆乡风速增至4.8 m/s,对应时刻喀什北部有中尺度对流云团形成,对对流风暴有动力抬升作用。21—22时,疏附县由东南风转为偏北风,兰杆乡风速迅速增至18.6 m/s,偏北风与疏附县东部的东风强烈辐合,形成地面中尺度辐合线,造成兰杆乡短时暴雨,随后辐合线快速移过疏附县,降水减弱。

“过程2”中,2021年6月15日09时巴楚至伽师一带有强东风,最大为20.5 m/s,暴雨中心乌帕尔乡为12.4 m/s的西南风。12时,喀什北部地区全部转为偏东风,偏东风在山前辐合。强降水出现前15时疏附县西北部由偏东风转为西北风,乌帕尔乡风速增至13.4 m/s,此时喀什至伽师维持偏东风,西北风与偏东风形成地面中尺度辐合线。16—17时,辐合线东移,配合有中尺度对流云团,造成疏附县乌帕尔乡短时暴雨,强降水发生在辐合区内。随后喀什北部均转为西北风,地面辐合线消失,降水减弱。

4.3 雷达回波特征

本文从雷达组合反射率因子(CR)、基本径向速

度(V)、垂直累积液态含水量(VIL)等方面对两次过程的雷达产品特征进行对比分析。

4.3.1 组合反射率因子

“过程1”中,2020年4月22日20:01在喀什雷达站以北90 km范围内出现大片降水回波,并存在多个强对流单体,最强单体强度为53 dBZ,随后分散型强单体风暴向南扩展。20:30,雷达站西北方向的3个强对流单体发展为西北—东南向线性多单体风暴,同时雷达站东北方向阿图什境内回波在南压过程中与原地激发的新生单体合并增强,20:54,发展为东西向线性回波(图5a),中心强度为58 dBZ。21:00,两个线性风暴合并形成弓状回波,此后向南移动发展并不断有新生对流单体形成,并与之合并,强回波面积扩大,底部进入喀什境内。21:23,弓状回波在喀什上空发展成为东西向飚线(图5b),强度达63 dBZ,飚线移速缓慢,用8个体扫时间南压扫过喀什市和疏附县北部,强度持续60 dBZ以上,造成疏附县兰杆乡31.2 mm/h的大暴雨和喀什市短时强降水、小冰雹。22:05—22:17,飚线断裂,受偏北气流影响南压,回波强度减弱至53 dBZ,降水也随之减弱。22:23,线性强单体风暴进入疏附县境内与周围的新生单体合并增强(图5c),强度达65 dBZ并维持5个体扫,造成疏附县冰雹。

“过程2”中,2021年6月15日14:00—15:00喀什市、疏附县、疏附县境内出现积层混合云降水回波,疏附县境内有多个对流单体,最强单体强度为48 dBZ,受对流单体影响疏附县境内开始降水;随后对流单体加强与北部单体合并,面积扩大,强度达53 dBZ,15:32—16:00暴雨中心乌帕尔7村降水量为3.1 mm,乌帕尔3村为7.8 mm。16:21(图5d)疏附县境内的两个强对流单体周围不断有新回波激发、发展、加强,回波强度维持在45~58 dBZ,强回波向暴雨中心移动,造成乌帕尔7村29.4 mm/h的暴雨。17:28(图5e)位于暴雨中心北部和南部的两个

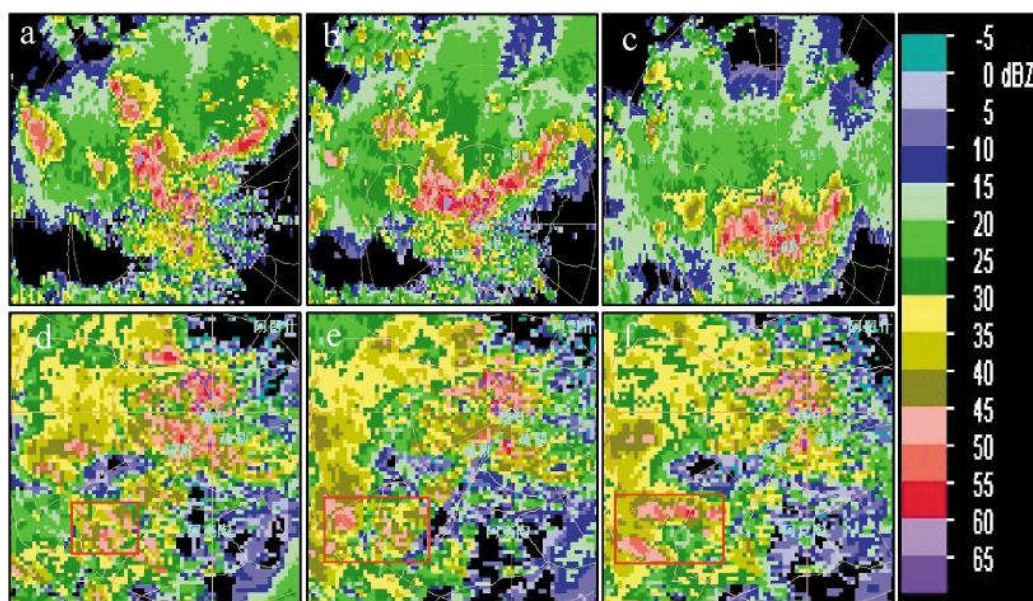


图5 2020年4月22日20:54(a)、21:23(b)、22:23(c)和2021年6月15日16:21(d)、17:28(e)、18:19(f)喀什雷达组合反射率因子(单位: dBZ)

强单体合并,乌帕尔乡位于强度为58 dBZ的回波中心,强回波随后分离为南、北两个单体,南部强单体仍位于乌帕尔乡,58 dBZ的强回波持续9个体扫,造成乌帕尔7村11.8 mm/h短时强降水。18:19(图5f)强回波范围逐渐减小,强度维持在50~53 dBZ,暴雨中心小时降水为4.3 mm。

两次暴雨过程对流单体回波强度均>50 dBZ,强回波稳定少动且中心强度长时间保持大值是造成两次短时暴雨的主要原因。但造成强降水的风暴强度不同,“过程1”由持续增强并持续时间长的超级单体风暴造成,“过程2”由不断新生激发的分散型普通单体风暴造成。

4.3.2 径向速度

“过程1”中,4月22日21:06,喀什雷达1.5°仰角径向速度图上(图6a),喀什西北方向30~90 km为明显的速度辐合区,21:23(图6b)超级单体风暴形成时1.5°~4.3°仰角的径向速度图上均出现明显的中小尺度辐合、旋转特性,径向速度垂直剖面图上表现为中低层辐合、高层辐散特性,有利于风暴单体的维持和加强,维持到21:53,在21:47的1.5°仰角上最明显(图6c)。过程中喀什西北、偏北、东北方向有风向辐合,辐合区位置与暴雨落区有很好的对应关系。

“过程2”中,6月15日16:01—17:06,喀什雷达1.5°~3.4°仰角径向速度图上(图6d、6e),喀什雷达站偏西、西南方向90 km范围内有明显的速度辐合区,其中2.4°仰角上不仅有辐合特征,还具有旋转

特征。17:17—17:56在1.5°~3.4°仰角径向速度图上(图6f),暴雨区有大片的正速度区中包含着小片负速度区,即类似于“逆风区”,附近存在明显的风的径向辐合,2.4°~3.4°仰角上这种辐合特征维持8个体扫,说明上升运动强,但更高的仰角辐散特征不明显。“逆风区”的长时间维持有利于上升气流的维持和增强。

两次过程的径向速度风场都具有辐合、旋转特征,此特征出现的时间、位置与暴雨出现时间、位置较吻合。不同点是“过程1”径向速度风场表现为明显的超级单体特征,中低层辐合、高层辐散,而“过程2”只有中低层风场辐合,高层辐散不明显。“过程2”出现逆风区,维持时间长、上升运动更强,这也是持续2 h出现短时强降水的重要原因。

4.3.3 垂直累积液态含水量

“过程1”中,2020年4月22日20:30雷达站西北方强回波单体所在范围出现大片 $VIL > 13 \text{ kg/m}^2$ 的区域,其中最强单体 VIL 为 38 kg/m^2 ,随后单体风暴发展为超级单体风暴,21:29,飑线最西端位于疏附县境内的单体 VIL 达 43 kg/m^2 (图7a),21:59,又增大至 48 kg/m^2 ,随后回波减弱, VIL 随之减小(图7b)。疏附县短时暴雨出现期间的9个体扫 VIL 维持在 40 kg/m^2 以上。疏勒县小冰雹出现前的22:17—22:23, VIL 由 3 kg/m^2 跃增至 18 kg/m^2 ,22:34,跃增至 28 kg/m^2 , VIL 跃增有利于雹粒的形成,对冰雹预报有指示意义(图7c)。

“过程2”中,2021年6月15日16:01喀什雷达

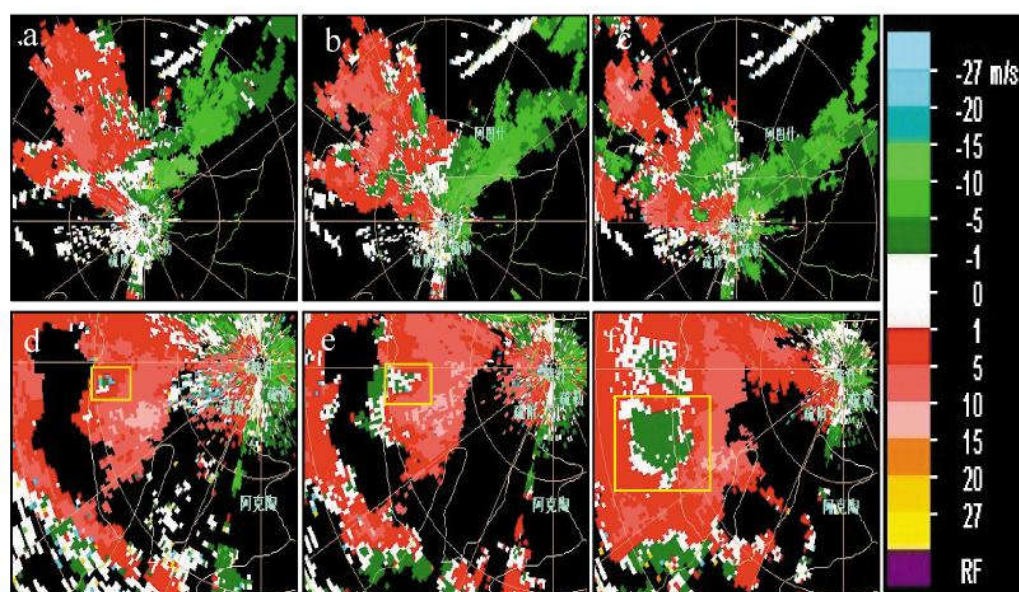


图6 2020年4月22日21:06(a)、21:23(b)、22:47(c)和2021年6月15日16:49(d)、16:49(e)、17:45(f)喀什雷达径向速度
(a、b、c、d为1.5°仰角,e、f为2.4°仰角,单位:m/s)

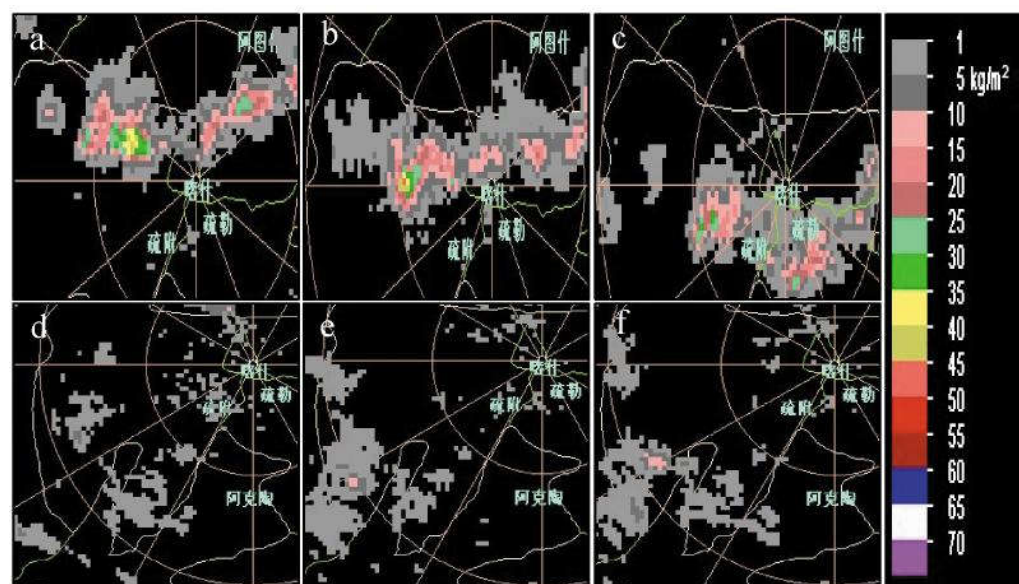


图7 4月22日21:29(a)、21:59(b)、22:34(c)和6月15日16:21(d)、17:28(e)、17:51(f)
喀什雷达垂直累积液态含水量VIL(单位:kg/m²)

站西南方向60 km的疏附县境内分析“过程2”的VIL演变(图7d、7e、7f),出现 $VIL > 0$ 的区域,16:21,暴雨落区北部强单体所在区域VIL达 13 kg/m^2 ,随后减小至 8 kg/m^2 ,在17:28—17:56的6个体扫时间暴雨中心VIL维持 13 kg/m^2 ,这与长时间维持的对流单体反射率有较好的对应关系。

两次过程在暴雨出现期间VIL长时间保持较大值,与强降水出现时间有较好的对应关系。“过程1”VIL值明显大于“过程2”,冰雹出现前有VIL的跃增。

5 结论与讨论

通过对比分析南疆西部两次极端暴雨过程的环流背景、环境参数以及中尺度对流系统演变特征,得出以下结论:

(1)两次极端暴雨发生期间南疆西部均处在200 hPa强辐散区内;500 hPa为有利于南疆西部暴雨的“东西夹攻”形势,低层辐合切变和偏东急流为对流触发系统。不同点是:两次过程100 hPa南亚高压的位置不同,“过程1”中南亚高压呈东部型,“过程2”中呈双体型;中亚低涡的强度和维持时间不

同,“过程2”明显强于“过程1”,且维持时间更长。

(2)两次过程短时强降水前大气均处于“上干冷、下暖湿”的不稳定层结,并不稳定能量的累积。但“过程1”CAPE明显大于“过程2”,各对流参数更有利于强对流的发生。

(3)两次强降水均由 β 中尺度对流云团产生,强降水出现在对流云团前沿TBB梯度最大处或者TBB低值区。“过程1”的中尺度对流云团较“过程2”范围大、发展成熟、TBB强度大、生命史长、降水局地性强;“过程2”中对流云团演变迅速,TBB变化明显、生命史短,预报难度更大。

(4)雷达回波上“过程1”中短时强降水是由超级单体风暴造成,而“过程2”是由普通单体风暴造成。径向速度风场都具有辐合、旋转特征,“过程2”长时间维持的“逆风区”为强降水的持续提供了有利的环境条件。“过程1”的VIL值明显大于“过程2”,且有VIL的跃增,对冰雹预报有指示意义。

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] 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.
- [3] 胡钰玲,王遂缠,王式功,等.2012年初夏西北干旱区罕见区域性大暴雨天气过程分析[J].干旱气象,2015,33(1):128-137.
- [4] 牛淑贞,张一平,梁俊平,等.郑州市两次短时强降水过程的环境条件和中尺度特征对比[J].暴雨灾害,2016,35(2):138-147.
- [5] 杨康权,张琳,肖递祥,等.四川盆地西部一次大暴雨过程的中尺度特征分析[J].高原气象,2013,32(2):357-367.
- [6] 孔祥伟,杨建才,李红,等.河西走廊西部干旱区一次极端暴雨天气的水汽特征分析[J].气象,2021,47(4):412-423.
- [7] 常煜,李秀娟,陈超,等.内蒙古一次暴雨过程中尺度特征及成因分析[J].高原气象,2016,35(2):432-443.
- [8] 符娇兰,马学款,陈涛,等.“16·7”华北极端强降水特征及天气学成因分析[J].气象,2017,43(5):528-539.
- [9] 张桂莲,仲夏,韩经纬,等.内蒙古中西部地区一次极端暴雨特征分析[J].干旱气象,2018,36(1):17-26.
- [10] 胡皓,李丽平,王建鹏,等.2016年陕甘宁地区一次强降水的大气环流特征及水汽输送途径[J].干旱气象,2018,36(5):776-781.
- [11] 田付友,杨舒楠,郑永光,等.北京地区两次极端特大暴雨过程中短时强降水环境条件对比分析[J].暴雨灾害,2021,40(1):27-36.
- [12] 张家宝,苏起元,孙沈清,等.新疆短期天气预报指导手册[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1986.
- [13] 张云惠,胡顺起,王勇,等.新疆暴雨(1961-2018)[M].北京:气象出版社,2020.
- [14] 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.
- [15] 李如琦,李建刚,唐冶,等.中亚低涡引发的两次南疆西部暴雨中尺度特征对比分析[J].干旱气象,2016,34(2):297-304.
- [16] 江远安,包斌,王旭.南疆西部大降水天气过程的统计分析[J].新疆气象,2001,24(5):19-20.
- [17] 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.
- [18] 曾勇,杨莲梅.新疆西部一次极端暴雨事件的成因分析[J].高原气象,2018,37(5):1220-1232.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.

Comparative Analysis on Mesoscale Characteristics of Two Extreme Rainstorms in the West of Southern Xinjiang

Xerinay Tiliwaldi¹, Mayire Ahat¹, MENG Fanxue¹, HU Suqin¹, SUN Yu¹, LI Jiangang²

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

2.Institute of Desert Meteorology of China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China)

Abstract Based on conventional meteorological observations, hourly observation data from meteorological stations in the ground region, FY-2G cloud top brightness temperature, CR/CC radar products in Kashgar and NCEP reanalysis data, The circulation background, and mesoscale characteristics of two extreme rainstorm processes from April 17 to 24, 2020 and June 15 to 17, 2021 (Process 1 and Process 2, respectively) in western Southern Xinjiang were compared and analyzed. The results show that both processes took place under the favorable circulation background of “east–west attack” at 500 hPa, and the 100 hPa SAH was east type and double type, respectively. Low–level jet, shear line, and surface mesoscale convergence line were the critical triggering systems of the two heavy rainstorms. The two heavy rainfall events occurred when the convective cloud cluster was the most powerful and its range was the largest or the *TBB* gradient was the largest. However, the radar echo characteristics are obviously different. The influence system of “Process 1” is a linear multi–cell strong storm with a maximum reflectivity factor of 65 dBZ, which has the characteristics of convergence and rotation at small and medium scales. During the heavy rainfall, *VIL* maintains over 40 kg/m² and has a jump phenomenon, which is more conducive to the generation of severe convection. The system affected by “Process 2” was a dispersed typical mono storm, with no apparent divergence in the upper level of radial velocity. The Value of *VIL* was significantly smaller than that of “Process 1”.

Key words west of southern Xinjiang; extreme rainstorm; environment condition; mesoscale characteristics