

李海花,李吉州,刘大锋,等.阿克苏地区早春一次极端降水水汽特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(6):18-24.

doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2022.06.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



# 阿克苏地区早春一次极端降水水汽特征分析

李海花<sup>1</sup>,李吉州<sup>2</sup>,刘大锋<sup>3</sup>,方雯<sup>4</sup>,张云惠<sup>1\*</sup>

(1.新疆气象台,新疆 乌鲁木齐 830002;2.辉县市气象局,河南 辉县 453600;3.新疆气象服务中心,新疆 乌鲁木齐 830002;  
4.昌吉州气象局,新疆 昌吉 831100)

**摘要:**利用常规观测、区域自动站、地基GPS观测的大气可降水量和美国国家环境预报中心(NCEP)再分析等资料,采用水汽通量诊断、后向轨迹模型等方法,分析2022年3月18—22日(简称“03·20”过程)阿克苏地区西部极端降水的环流形势、高低空配置、水汽输送、水汽收支及水汽追踪等。结果表明:(1)此次极端降水过程因受中纬度较强西风锋区上波动影响,强降水期间,环流配置与夏季南疆西部典型暴雨过程类似,暴雨落雨处在200 hPa西南急流、500 hPa偏西气流、850 hPa南疆盆地偏东急流、低层切变与辐合的重合区。(2)暴雨期间,水汽自南欧—地中海—里海南部—咸海南部输送至南疆西部,并在阿克苏地区北部辐合,最强水汽辐合集中在700~850 hPa;西边界各层均以水汽输入为主,水汽输入贡献占85%,水汽追踪表明低层还有来自偏东路径的水汽输送。(3)降水2 d前阿克苏站和库车站大气可降水量(PWV)出现增加,当 $PWV \geq 17$  mm时,产生暴雨的可能性增大。

**关键词:**极端降水;阿克苏地区;水汽特征

**中图分类号:**P458.121.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-0799(2022)06-0018-07

南疆远离海洋,气候不受季风系统的直接影响,降水稀少,大部分地区的年均降水量不足100 mm<sup>[1-2]</sup>。近年来,随着全球气候变暖,南疆降水量增多,特别是进入21世纪以来,南疆暴雨发生几率明显增大,极端暴雨频次显著增加<sup>[3-4]</sup>。一次暴雨过程甚至能改变其气候阈值,造成严重灾害,使得农田受灾面积增大,发生次数增多,直接经济损失明显上升<sup>[5-8]</sup>。南疆强降水事件是小概率事件,暴雨落区和强度预报一直是难点,提高南疆暴雨预报能力一直是新疆天气预报员的重要工作之一。许多学者在南疆强降水方面开展了大量研究,中亚低槽(涡)型是南疆强降水的

典型环境背景场<sup>[9-11]</sup>,高、中及低空3支气流的有利配置,中小尺度辐合与对流是产生暴雨或极端暴雨的直接原因<sup>[12-15]</sup>;水汽的远距离输送并在南疆上空汇集是南疆西部暴雨形成的重要原因<sup>[14]</sup>,除影响系统自身携带水汽外,孟加拉湾、阿拉伯海和南海的水汽输送为南疆西部强降水区提供了更充足的水汽<sup>[17-18]</sup>,其路径主要为西方、南方和东方<sup>[19]</sup>。中低层切变与辐合影响暴雨落区与强度,中高层偏南气流向暴雨区输送,低层偏东气流迅速增强导致的偏东路径水汽输送是南疆西部暴雨的关键因子<sup>[20-23]</sup>。上述的研究成果对于研究南疆强降水提供了一定的思路和方法。

南疆暴雨过程的水汽输送路径有明显的差异,水汽来源复杂,不同地区不同时间的水汽输送路径和影响系统有较大差别。南疆暴雨的局地性和突发性强,预报预警难度大。阿克苏地区地处中国西北地区、新疆中部,天山山脉中段南麓,塔里木盆地北部。阿克苏地区地势北高南低,由西北向东南倾斜,由于

收稿日期:2022-09-01;修回日期:2022-10-19

基金项目:新疆维吾尔自治区重点研发任务专项(2022B03027-1),国家自然科学基金(41965002)

作者简介:李海花(1976—),女,高级工程师,主要从事天气预报及相关研究。E-mail:lhahaltqxj@163.com

通信作者:张云惠(1968—),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:715208285@qq.com

远离海洋,为暖温带干旱型气候,具有大陆性气候的显著特征:气候干燥,蒸发量大,降水稀少,且年、季变化大。近年来,南疆地区极端强降水事件频发,其发生时间也在提前,一方面有利于绿洲区农田及山区牧草水分的补给,增加河流径流量,缓解干旱;另一方面极端暴雨致灾性强,容易造成洪涝及其次生灾害,给人们生产生活带来不利影响。已有研究在阿克苏地区早春强降水方面较少涉及。本文通过分析2022年3月18—22日(简称“03·20”过程)早春阿克苏地区极端暴雨过程的高低空配置、水汽源地、输送路径、水汽收支等,为此类暴雨预报预警提供科学的参考依据。

## 1 资料与方法

选取2022年3月18—22日阿克苏地区常规气象观测、自动气象站逐时雨量、阿克苏和库车站GPS观测大气可降水量(GPS-PWV)和NCEP $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 的全球再分析等资料,降水量按照新疆降水等级标准<sup>[1]</sup>,即24 h降水量( $R$ ) $\geq 24.1$  mm为暴雨, $R \geq 48.1$  mm为大暴雨, $R \geq 96.1$  mm为特大暴雨。

水汽追踪采用HYSPLIT模式。该模式是由NOAA的Draxler等开发的供质点轨迹、扩散及沉降分析用的综合模式系统,是一种欧拉—拉格朗日混合计算模式,其平流和扩散计算采用拉格朗日方法。这个模式通常用来跟踪气流所携带的粒子或气体移动方向。分为前向轨迹模型和后向轨迹模型,通常用来追踪气流所携带粒子或气体移动方向,其后向轨迹模型通过追踪某地、某日的气团来向,可用于分析该地、该日大气中水汽的主要来源。本文选取追踪点和追踪区域的初始高度即地面以上高度(AGL)1 500、3 000、5 000 m高度层作为模拟初始高度,选定时间向后追踪5 d,模式使用 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ GDAS资料。

水汽边界计算取地面至700 hPa(对流层低层)、700~500 hPa(对流层中层)、500~300 hPa(对流

层高层)以及整层(地面至300 hPa),分析阿克苏地区降水区( $40^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$ , $78^{\circ}\sim 84^{\circ}\text{E}$ )水汽输入、输出和收支量(正值为流入,负值为流出)。

## 2 结果与分析

### 2.1 强降水过程概况

2022年3月18日14:00—22日20时(北京时间,下同),南疆西部出现降水,强降水主要集中在阿克苏地区北部、克州山区(降水时段为20—22日)。阿克苏地区过程累计降水量14站24.1~48.0 mm(图1a),4站达48.1~96.0 mm,最大累计降水中心在拜城县康其乡黄山羊沟(61.7 mm),最大雨强为 $7.0 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ,出现在3月20日12—13时(图1b)。国家站最大降水出现在拜城站,3月20日降水量为17.7 mm(3月气候平均值为4.8 mm),居历史同期第一位,3月21日降水量为15.3 mm(图1c)。库车站3月20、21日降水量分别为16.6和15.3 mm,均破历史同期极值。

在降水前2 d阿克苏地区升温明显,拜城站和库车站的最高气温升至 $18^{\circ}\text{C}$ 左右,为强降水提供了热力不稳定条件。

### 2.2 环流配置及主要影响系统

“03·20”过程降水前,18日08时—21日08时,200 hPa中亚偏南地区一直维持西南急流,急流轴位于 $40^{\circ}\text{N}$ , $80^{\circ}\text{E}$ 附近,高空辐散抽吸作用明显。500 hPa欧亚范围中高纬为“两脊一槽”环流形势,乌拉尔山以东为脊,乌拉尔山以西至勘察加半岛为广阔的低槽,环流经向度较大。19日20时(图2a)低槽发展成2个低涡,一个在黑海附近,一个在里海与咸海之间, $-36^{\circ}\text{C}$ 冷中心与低涡配合,新疆北部、东部受北支锋区引导的西西伯利亚地区冷空气南下影响,出现降温和大风天气。阿克苏地区受中亚地区较平直西风带不断分裂的短波影响,西风锋区较强,风速达 $26 \text{ m/s}$ ;700 hPa为 $6\sim 12 \text{ m/s}$ 的偏西气流。

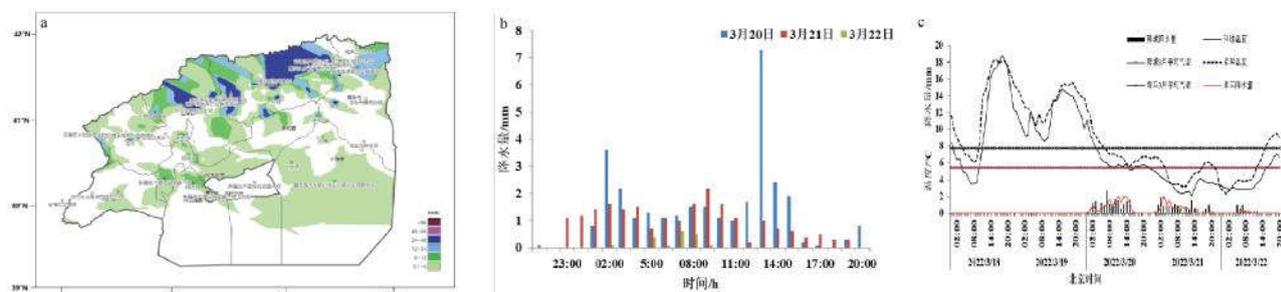


图1 3月18日14时—22日20时阿克苏地区过程累计降水量(a)、强降水站(拜城康其乡黄山羊沟)逐日逐时降水量(b)和日降水极值站气温、降水(c)

850 hPa 18日08时南疆偏东气流开始建立,19日08时偏东气流强度明显加大(图2b),若羌站偏东风风速为 $26\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,阿克苏站偏东风风速为 $8\text{ m/s}$ ,南疆最西部的喀什站出现 $3\text{ m/s}$ 偏东风,20日08时后偏东气流强度有所减弱,西部喀什到阿克苏之间偏西风与偏东风辐合,并维持到21日08时。地面图显示,21日08时—22日08时地面冷高压(中心强度最强达 $1\ 042.5\text{ hPa}$ )偏西路径进入北疆,然后东南移,气压场呈“北高南低”,在南疆盆地东部维持偏东风,喀什克州维持偏西风,降水区处于偏西风与偏东风辐合区域。

### 2.3 水汽输送及辐合特征

#### 2.3.1 水汽源地及水汽输送强度

充沛的水汽输送是形成大降水的必要条件。由于阿克苏地区山脉较多,此次暴雨过程的强降水区的平均海拔在 $2\ 000\text{ m}$ 左右,为分析水汽源地与水汽输送情况,计算强降水站出现降水时地面至 $300\text{ hPa}$ 的垂直积分和 $500$ 、 $700$ 和 $850\text{ hPa}$ 的水汽通量(图3a~3d),沿暴雨中心做水汽通量散度和比湿的时间剖面(图3e)。

分析地面至 $300\text{ hPa}$ 垂直积分水汽通量(图3a),降水主要受锋区上波动影响,水汽源地主要在大西洋—地中海南部—里海、咸海南部,水汽大部分沿低涡前的西南路径一部分随中亚低槽前偏西气流与沿脊前的偏北路径在里咸海南部汇合,然后随锋区上的偏西气流再进入暴雨区。强降水时段, $500\text{ hPa}$ (图3b)水汽路径均为大西洋—地中海南部—里海、咸海南部沿槽前的偏西路径进入降水区; $700\text{ hPa}$ (图3c)水汽路径与 $500\text{ hPa}$ 相似; $850\text{ hPa}$ (图3d)水汽输送路径有一部分为大西洋—地中海南部—里海、咸海南部的偏西路径,还有一部分水汽进入新疆北部,然后沿 $850\text{ hPa}$ 偏东气流进入暴雨区。

$300\text{ hPa}$ 西南方和偏北方的水汽在里、咸海南部汇合,最大水汽通量值达 $30\times 10^{-3}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上

(强度最强)进入暴雨区的水汽通量值在降水期间均维持在 $(5\sim 10)\times 10^{-3}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ,20日02时达最大(图3a)。降水期间 $500\text{ hPa}$ 的水汽通量值维持在 $(2\sim 6)\times 10^{-3}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ , $700\text{ hPa}$ 和 $850\text{ hPa}$ (图3c~d)的水汽通量值为 $2\times 10^{-3}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。此次强降水期间 $500\text{ hPa}$ 的水汽输送表现较为明显。

结合3月18日20时—22日20时(图3e)在暴雨中心拜城县康其乡黄山羊沟站( $42.07^{\circ}\text{N}$ , $81.84^{\circ}\text{E}$ )上空的水汽通量散度和比湿随时间变化图可知,大的水汽通量散度和比湿值均维持在 $700\sim 850\text{ hPa}$ ,水汽通量散度最大值为 $-16\times 10^{-6}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 和比湿 $\geq 5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的大值均集中在19日20时—21日20时,最强时段为19日20时—20日20时,强的水汽辐合与强降水时段吻合。大的水汽通量散度值和高比湿值在南疆西部早春出现还是比较少见的。阿克苏地区中高层水汽输送的意义重大,是此次暴雨区降水强度较大的重要原因。

#### 2.3.2 水汽收支

通过计算降水期间(19日20时—22日20时)间隔 $6\text{ h}$ 的各层水汽收支发现,水汽西边界(图4a)对流层低层和高层水汽均为输入,水汽输入总量分别为 $22\times 10^8$ 和 $23\times 10^8\text{ t}$ ,中、高层的水汽在西边界中均较为明显;东边界(图4b)对流层低层以输入为主,水汽输入总量为 $3\times 10^8\text{ t}$ ;南边界(图4c)对流层中、高层水汽以输入为主,输入总量分别为 $1\times 10^8$ 和 $3\times 10^8\text{ t}$ ;北边界(图4d)低层水汽以输入为主,输入总量为 $1\times 10^8\text{ t}$ 。降水时段中,西边界的水汽输入贡献占 $85\%$ ,起了重要作用,也说明偏西的水汽接力输送是非常充沛的,且进入到暴雨区的水汽输入量远远大于输出量,说明水汽大部分在暴雨区进行辐合,这与高低层急流配置和水汽通量分布一致。其次是南边界的水汽输入贡献占 $8\%$ ,暴雨期间中亚偏南气流的水汽接力输送也起到一定作用。

#### 2.3.3 拉格朗日方法的水汽追踪分析

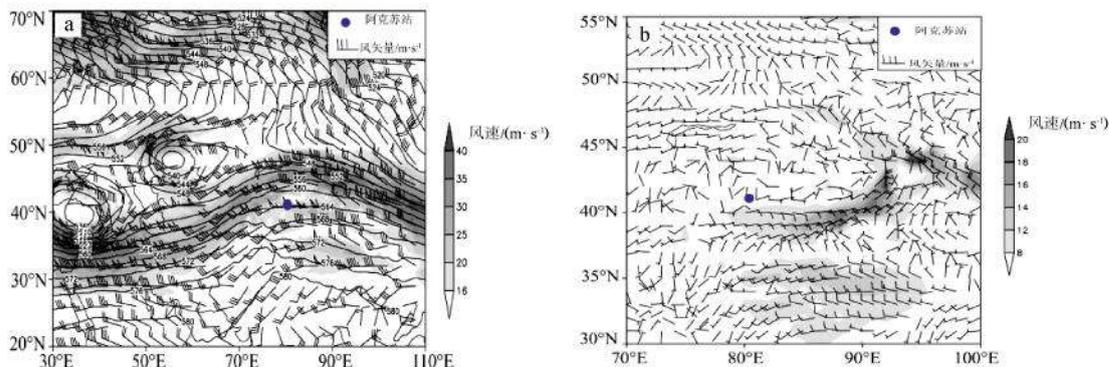


图2 3月19日20时 $500\text{ hPa}$ 形势场(a)和20日08时 $850\text{ hPa}$ 风场(b)

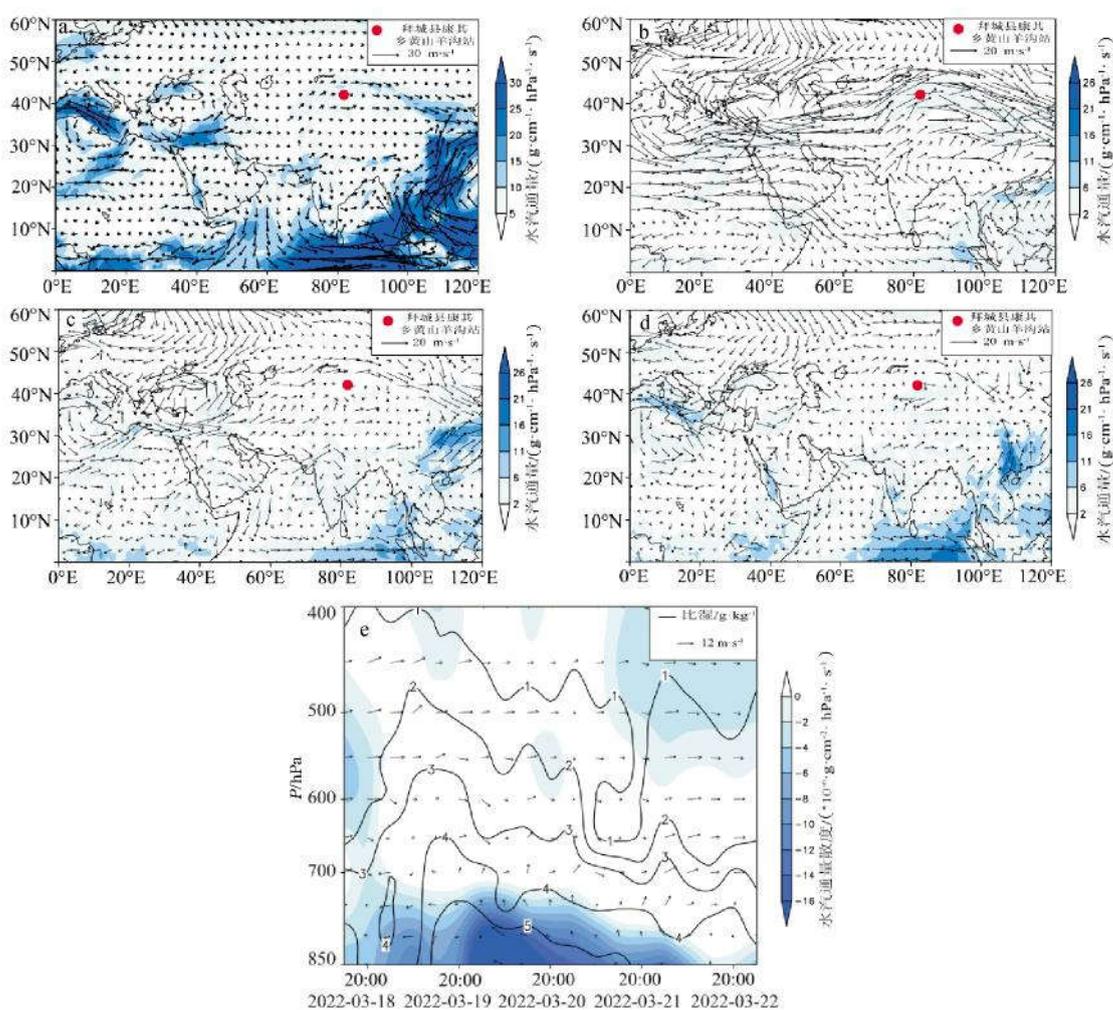


图3 2022年3月20日02时地面至300 hPa(a)、500 hPa(b)、700 hPa(c)、850 hPa(d)水汽通量及暴雨中心3月18—22日水汽通量散度—比湿(e)

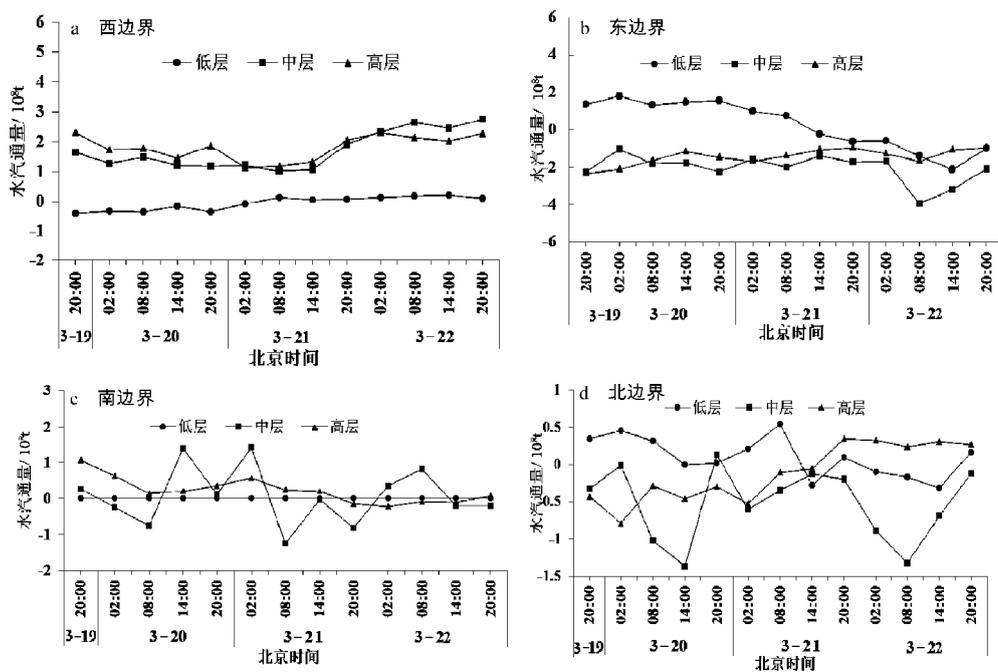


图4 “03·20”过程对流层高、中、低层各边界水汽输送量

由2022年3月22日08时的水汽粒子追踪强降水点(42.07°N,81.84°E)(图5a)和强降水区轨迹图(图5b~5d),强降水中心1500、3000和5000m的水汽路径一致为偏西路径,其中1500m水汽路径最短,3月17日08时在地中海东部附近,18日08时到里海附近,3月19日08时—22日08时,沿西南方进入降水区。3000m的水汽路径次之,17日08时在地中海西部附近,3月18日08时—19日20时进入里海,20日08时—22日08时,沿锋区偏西路径进入降水区。5000m的水汽路径最长,3月17日08时在大西洋附近,18日08时—22日08时,沿西方进入降水区:(1)来自1500m高度的水汽质点(图5b)大部分成员的路径在沿大西洋—地中海,在地中海附近汇集,然后以西南路径向暴雨区输送。这与前述水汽输送路径一致。有少数成员在里海附近汇集,随北支槽进入新疆,然后随偏东气流进入强降水区。均在3月19日20时左右以2500m高度输送到强降水区;(2)来自3000m高度上的水汽质点(图5c)在地中海聚集,由地中海—黑海、里海以西方路径到达咸海南部,在降水时段以西南方进入新疆西部,在3月20日08时左右以3000m左右高度输送到强降水区;(3)来自5000m高度上的水汽质点(图5d)所有成员的路径经大西洋—地中海,在地中海附近汇集,由地中海南部—黑海南部—里海

南部—咸海南部,以偏西路径到达新疆西部,在3月20日08时左右以5000m左右的高度输送到强降水区。

### 2.3.4 大气可降水量

强降水发生前,南疆的大气可降水量均有增加趋势,选取阿克苏、库车站大气可降水量(PWV)数据分析(图6),强降水站从3月20日01时—21日19时(主要降水时段)出现了52.7mm的降水,此次暴雨过程是由中纬度锋区波动造成的,降水持续了2d。降水发生前2d,阿克苏和库车两站大气可降水量呈增加状态,刚开始大气可降水量值在平均值(2017—2019年的平均值,以下简称平均值)附近变化,随后逐渐增加,持续时间约30h,在19日20时达到第一个峰值14~16mm,19日21时—23时开始略有减弱,20日00时—01时,出现降水,20日02—05时,PWV继续增加,出现第二个峰值17.0mm,为平均值的2倍多,最大小时雨强出现在PWV峰值后的4h,说明水汽有一个急剧增加的过程。20日08时—21日19时,整个降水过程PWV值呈减少趋势,但均高于平均值,随着PWV值减弱,降水也开始减小直至结束。阿克苏地区PWV值突然增大至平均值以上时,对未来出现强降水有指示意义,特别是当 $PWV \geq 17$ mm时,可能会出现暴雨或极端暴雨天气。

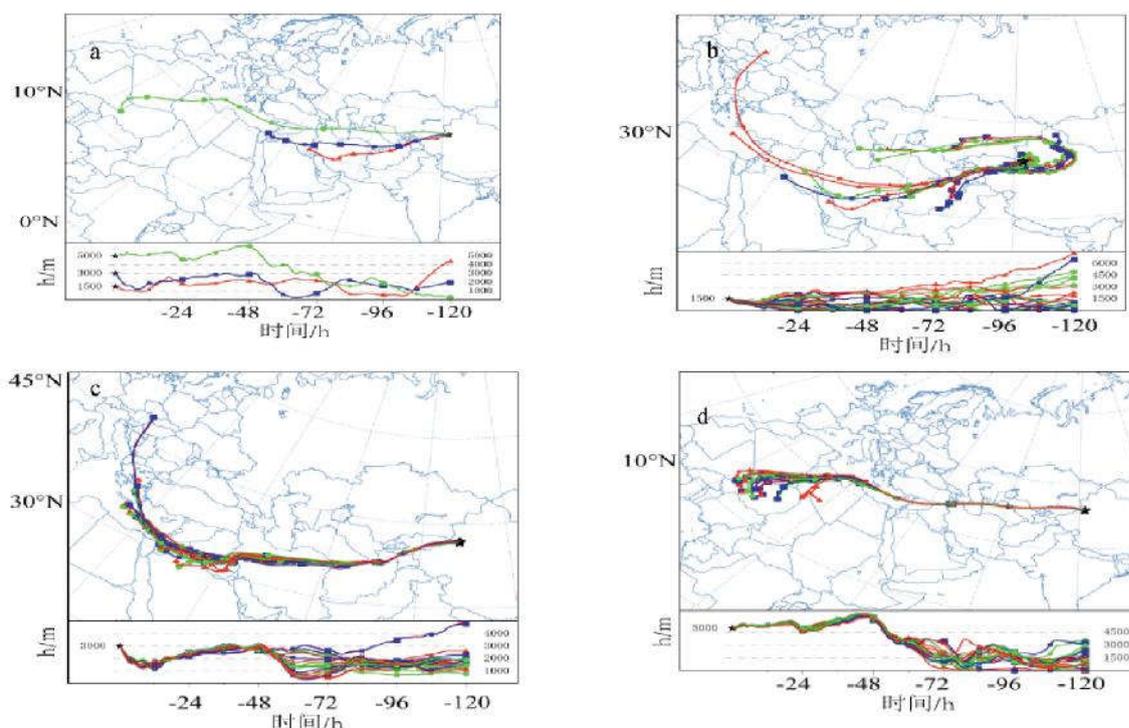


图5 不同高度向后120h气体轨迹分布

(矩形框为追踪强降水区;星号为追踪强降水点;a为总体分布,b为1500m,c为3000m,d为5000m)

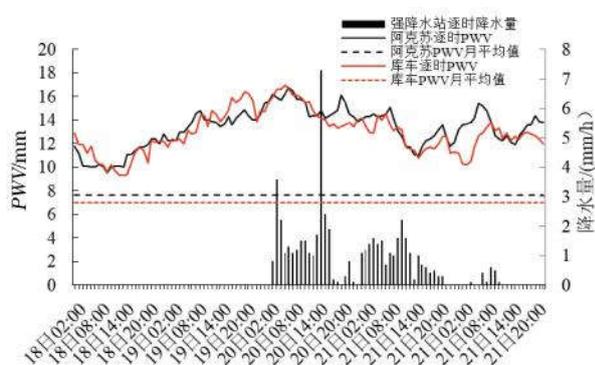


图6 “03·20”过程大气可降水量(PWV)和降水量逐时变化

### 3 结论

本次强降水天气发生在早春,主要是降水前期气温异常偏高,提供了一定的热力条件,其次是中纬度锋区较强,动力条件较好,再配合有利的水汽条件造成了阿克苏地区此次极端降水天气。

(1)暴雨过程环流配置上,高、低空主要有两支急流,一支是200 hPa中亚及中亚南部的西南急流,另一支是850 hPa南疆盆地的偏东急流,西南急流起着输送水汽的作用,偏东急流起辐合抬升的作用。500 hPa中纬度强锋区波动和700(850) hPa喀什与阿克苏之间的切变线是主要影响系统。

(2)水汽源地主要为大西洋—地中海南部—里海、咸海南部且大的水汽通量散度值与高的比湿值均与强降水时段吻合。暴雨过程前后对流层中低层始终维持一定量的比湿,且越贴近近地层比湿越大,暴雨发生的集中时段中低层都有水汽辐合,中低层强的水汽输送是此次暴雨区降水强度较大的重要原因。降水期间西、南边界水汽以输入为主,西方路径的水汽输送强度大,贡献率达85%;东边界低层水汽以输入为主。水汽追踪进一步验证,3 000 m和5 000 m水汽均来自西方路径。1 500 m水汽输送路径有西方路径和偏东路径。

(3)极端暴雨前,阿克苏地区测站的大气可降水量呈增加趋势,强降水时段PWV值一直处于较高值,水汽快速聚集造成强降水,特别是PWV增大至峰值开始下降时,对本地未来出现强降水有一定参考意义。

#### 参考文献:

[1] 张家宝,苏起元,孙沈清,等.新疆短期天气预报指导手册[M].新疆:新疆人民出版社,1986:456.  
[2] 马淑红,席元伟.新疆暴雨的若干规律性[J].气象学报,1997,55(2):239-248.

[3] 杨莲梅.新疆极端降水的气候变化[J].地理学报,2003,58(4):577-583.  
[4] 杨霞,周鸿奎,许婷婷,等.南疆夏季不同类型暴雨精细化特征分析[J].干旱区研究,2021,38(3):747-756.  
[5] 姜逢清,朱诚,穆桂金.当代新疆干旱扩大化:人类活动的影响分析[J].地理学报,2002,57(1):57-65.  
[6] 魏艳英,龚美玲,李海花.2010—2019年新疆南疆致灾暴雨时空分布及其影响[J].干旱气象,2021,39(6):930-938.  
[7] 吴素芬,张国威.新疆河流洪水与洪灾的变化趋势[J].冰川冻土,2003,25(2):199-203.  
[8] 李燕.近40年新疆河流洪水变化[J].冰川冻土,2003,25(3):342-346.  
[9] 黄艳,俞小鼎,陈天宇,等.南疆短时强降水概念模型及环境参数分析[J].气象,2018,44(8):1033-1041.  
[10] 张云惠,杨莲梅,肖开提·多莱特,等.1971—2010年中亚低涡活动特征[J].应用气象学报,2012,23(3):312-320.  
[11] 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.  
[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] 张俊兰,魏荣庆,杨柳.2013年南疆2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.  
[14] 努尔比亚·吐尼牙孜,张超,李泽巍,等.南疆西部2016年8月4次暴雨过程特征分析[J].干旱气象,2019,37(2):301-311.  
[15] 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.  
[16] 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.  
[17] 曾勇,杨莲梅.南疆西部一次暴雨强对流过程的中尺度特征分析[J].干旱气象,2017,35(3):475-484.  
[18] 黄艳,刘涛,张云惠.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.  
[19] 赵克明,黄艳,于碧馨.2013年南疆西部暴雨天气的水汽特征[J].气象科技,2017,45(1):121-130.  
[20] 努尔比亚·吐尼牙孜,杨利鸿,米日古丽·米吉提.南疆西部一次突发极端暴雨成因分析[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(6):75-82.  
[21] 赵伟,郝成元.中国大陆夏季水汽稳定同位素空间特征[J].气象与环境科学,2019,42(1):54-59.  
[22] 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.  
[23] 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.

## Analysis of Water Vapor Characteristics of an Extreme Precipitation in Aksu Area in Early Spring of 2022

LI Haihua<sup>1</sup>, LI Jizhou<sup>2</sup>, LIU Dafeng<sup>3</sup>, FANG Wen<sup>4</sup>, ZHANG Yunhui<sup>1</sup>

(1. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China; 2. Huixian Meteorological Bureau, Henan 453600, China; 3. Xinjiang Meteorological Service Center, Urumqi 830002, China; 4. Changji Meteorological Bureau, Changji 831100, China)

**Abstract** Based on the data of conventional observation, regional automatic station, the atmospheric precipitable water vapor observed by ground-based GPS and National Environmental Forecasting Center (NCEP) reanalysis, the circulation situation, high and low altitude configuration, water vapor transport, water vapor budget and water vapor tracking of extreme precipitation in the western Aksu region from March 18 to 22, 2022 (referred to as “03·20” process) were analyzed by using the methods of water vapor flux diagnosis and backward trajectory model. The conclusions are as follows: (1) The extreme precipitation process was affected by the fluctuation of the strong westerly wind front area in the mid-latitude. During the heavy precipitation, the circulation configuration was similar to the typical rainstorm process in the western part of southern Xinjiang in summer, that is, the southwest jet at 200 hPa, the west flow at 500 hPa, the east jet at 850 hPa, and the low level wind shear and convergence. (2) During the rainstorm, the water vapor was transported from southern Europe, Mediterranean Sea, southern Caspian Sea and southern Aral Sea to the western part of southern Xinjiang, and converged in the northern part of Aksu area. The strongest water vapor convergence was between 700 hPa and 850 hPa. Water vapor input is the main input in each layer of the western boundary, accounting for 85%, and there is water vapor transport from the easterly path in the upper and lower layers of water vapor tracking. (3) Two days before the precipitation, the atmospheric precipitable water vapor (*PWV*) at Aksu station and Kuche station showed a wetting process. When *PWV* was  $\geq 17$  mm, the possibility of heavy rain increased.

**Key words** extreme precipitation; Aksu area; water vapor characteristics