

南亚高压突变引起的一次新疆暴雨天气研究^①

杨莲梅

(新疆乌鲁木齐沙漠气象研究所, 830002)

提 要

分析了2001年夏季一次最强的全疆性大降水天气过程,指出暴雨是在大尺度环流异常突变的形势下,高、中、低层多种尺度系统相互作用及恰当配置的结果。给出了影响新疆的水汽路径和输送方式模式,认为阿拉伯海和孟加拉湾的水汽通过接力方式可以影响南疆、东疆,并探讨了新疆暴雨与能量锋的关系,总结了指标,加深了对新疆尤其是南疆暴雨的认识。

关键词: 南亚高压 水汽路径 输送方式

引 言

2001年7月28日08时(北京时,下同)至8月2日08时,新疆出现了夏季最强的一次全区范围内的大降水天气过程,降水量大、范围广、降温幅度大,造成了棉花的障碍性冷害,棉花减产2成,其灾害是罕见的。对大降水天气过程预报一直是预报工作的重点,尤其是对50年一遇的“96.7”新疆特大暴雨的全面、深入的研究^[1],提高了对大降水天气的认识。本文对这次大降水天气过程进行了天气、云图分析和物理量诊断,给出了影响新疆的水汽路径和输送方式模式,以期对新疆大降水天气过程和低纬度水汽更进一步的认识。

1 天气概况

2001年7月28日08时至8月2日08时,全疆出现了一次大降水天气过程,普遍为小到中雨,部分地区为大到暴雨,大雨以上41个站(全疆共69站),暴雨24个站,北疆最大降水在昭苏为61.8mm,乌鲁木齐降水量为46.7mm,南疆最大降水量在于田为30.9mm,超过其年平均降水量。降水过程分三个阶段:第一阶段28日08时至29日20时,全疆大部出现了小量的降水(南疆东部、东疆地区和吐鄯托盆地除外);第二阶段29日20时至31日20时,北疆西部、北疆沿天山一带、天山山区、南疆地区和塔城地区出现大降水过程;第三阶段31日20时至8月

^①本文得到新疆气象局青年基金课题“新疆强对流天气趋势预报、预警方法的研究和应用”资助。

2日20时,北疆北部、东部、东疆地区出现大降水过程,这三个降水时段与天气形势的变化是一致的。

2 大尺度环流特征及影响系统

2.1 100hPa大尺度环流特征

27日欧亚范围中高纬为两脊一槽的经向环流,西西伯利亚为平均槽区,南亚高压为西部型,中心在里海地区;28日里海地区的南亚高压突然北挺,中纬环流经向度加大,29日青藏高原东部脊发展,南亚高压的双体型形成,且高压北部伸到 50°N ,在 $70\sim 80^{\circ}\text{E}$ 内形成波长较短的副热带槽,槽底伸到 30°N ,从而使得副热带系统的强降水基本态势出现;30日副热带槽进一步发展加深,从印度北部到新疆 80°E 以西为强西南急流,这期间为大范围大降水时段;31日南亚高压的西部中心突然南落,东部稳定,副热带槽减弱北缩到 40°N 以北并东移,造成8月1日至2日北疆北部、东部和东疆北部的大降水。南亚高压的双体型和副热带槽是这次大降水的大气环流背景,但南亚高压的双体型形成到减弱仅仅4天,副热带槽的波长之短、经向度之大、南伸程度之偏南均是少见的。

2.2 500hPa环流形势及影响系统

前期欧亚范围内中高纬为两脊一槽的经向环流,西西伯利亚为超长波槽,伊朗高压和西太平洋副高偏南,中低纬为纬向环流。28日伊朗高压突然北挺,29日其高压脊顶向东北方向伸,西太平洋副高部分西伸到青藏高原东部并向北发展,帕米尔高原形成深厚的低值系统,欧亚范围中低纬发展成三脊三槽的经向环流, 50°N 以北为强纬向环流,从而形成 50°N 以北的北支强锋区,中低纬强经向环流的切断低涡形势,并维持到31日。这次大降水影响系统为帕米尔高原低涡,低涡位于 $25\sim 48^{\circ}\text{N}$ 、 $60\sim 85^{\circ}\text{E}$ 范围内,槽底伸到 25°N 以南,如此偏南的低值系统是罕见的,使得29~31日印度北部、青藏高原中西部到新疆为大范围的偏南暖湿气流,低涡主体造成北疆的大范围大降水,低纬系统沿低涡偏南气流北上造成南疆地区的大降水,从卫星云图上可以清晰地看出两条云系。“96.7”大降水研究首次提出低纬度系统可以北上影响

南疆,这次天气进一步证实了这一观点。31日,伊朗高压南落,帕米尔高原低涡迅速减弱北缩到 40°N 以北并东移,青藏高原东部脊维持,脊后的南方暖湿气流与减弱的低涡共同影响造成偏北、偏东地区的大降水。

2.3 700hPa环流形势

利用T106客观分析、6小时和12小时预报的700hPa流场,发现不同时段强降水中心均有明显的偏东急流。29日开始从河西走廊形成一支强的偏东急流,在南疆东部分成两支,一支沿东天山北麓进入准葛尔盆地与西部的气流在北疆西部及沿天山产生中尺度辐合线;另一支沿塔里木盆地南缘与西南气流在皮山到民丰一带形成中尺度辐合线,均与实况最大降水带吻合。8月1~2日河西走廊南部到新疆东部为强的东南急流。700hPa的偏东急流与100hPa的西南急流、500hPa的偏南急流形成了大降水上空三支急流的配置。

3 物理量诊断分析

利用 $0\sim 70^{\circ}\text{N}$ 、 $50\sim 120^{\circ}\text{E}$ 范围内,1000~200hPa T106数值预报 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 客观分析、6小时预报场进行诊断分析。

3.1 水汽的输送和辐合

一般认为新疆大降水过程中水汽主要来自里、咸海以西方路径输送,并且从中低层进行输送^[2]。由于新疆远离海洋,周围又有高山,不可能从海面上直接获得大量的水汽,而“96.7”大降水的研究提出了重新认识高原水汽源的问题^[3],提出了新疆境内产生降水的水汽,在一定的环流条件下,在新疆境外集中,并在合适的环流条件下通过接力输送机制输送到暴雨区的概念^[4]。分析500~850hPa流场、相对湿度和水汽通量分布,可以清晰地给出此次过程水汽来源和输送路径(图1)。

27日20时在中亚地区,500hPa有一中心为 $4.4\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的水汽通量高值区,700hPa有中心为 $10.4\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的水汽通量高值区,由此可见28日降水的水汽主要来源于中亚地区,以西方路径输送。29~31日阿拉伯海水汽沿西风到达印度再沿副热带槽前偏南气流向北输送,在帕米尔

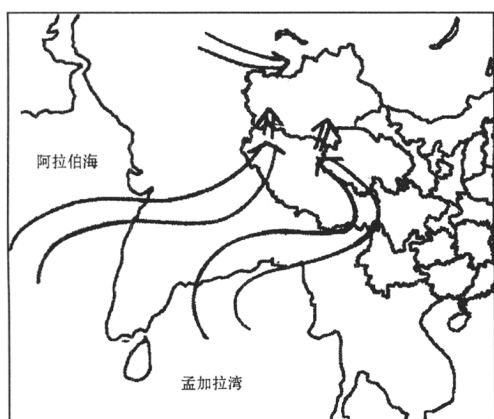


图1 水汽来源和输送路径

高原附近和青藏高原西部集中。孟加拉湾水汽先通过低空偏东急流输送到印度东部再经过西南季风和东南急流到达高原东北部,从流场可以看出这一过程。以前认为高原水汽不能越过高原进入新疆,现在看青藏高原水汽一部分经过高原西北部与帕米尔高原南部的水汽结合从西南方向进入新疆,一部分直接经过高原西北部进入南疆。图2为29日13时云图,图3为28日20时500hPa水汽通量图,均说明了这一事实。29日开始从帕米尔高原、高原西北部到新疆的90°E以西地区为西南—东北向的水汽通道,水汽通量大值轴与风场方向一致。从700hPa~850hPa相对湿度、水汽通量分布,看出河西走廊的低空急流携带的水汽含量较小,与新疆地区水

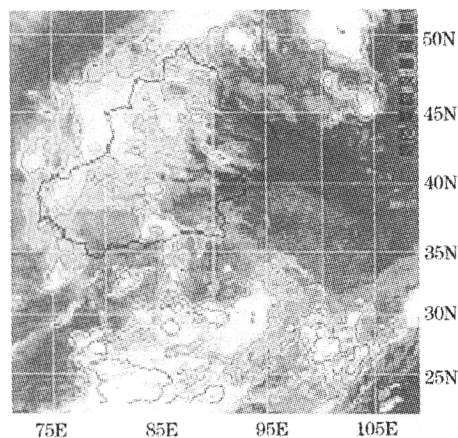


图2 7月29日13时静止卫星云图

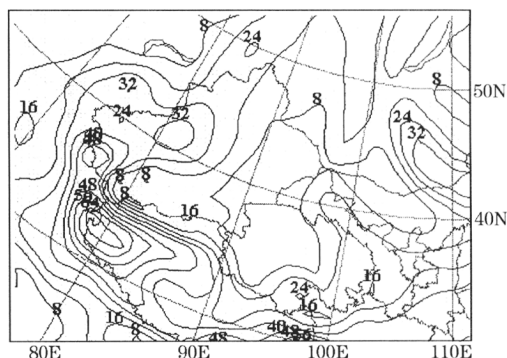


图3 7月28日20时500hPa水汽通量

汽含量相差不大,在这一阶段大降水中偏东水汽源并不明显,低空急流仅是提供降水的能量、动量的重要机制。

1~2日大降水的水汽来源于青藏高原中北部减弱低涡携带的水汽,图4为1日02时500hPa水汽通量图,由图看出减弱低涡携带的水汽位于北疆北部、东部,高原水汽从中北部进入东疆,这两股水汽造成新疆偏北、偏东地区的强降水。图5为31日15时云图,可以看见这两个云系,对于青藏高原水汽从青海向北进入东疆是值得注意的问题,在以前的研究中还未有。从700hPa水汽通量图(图略)看出,青海到东疆有一东南水汽通道,比一般河西走廊的水汽通道偏南,且为东南方向,31日20时700hPa水汽通量中心为 $8.8\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,而新疆北部水汽通量中心为 $12.0\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。850hPa两者水汽通量相当,甚至东部水汽通量大于北部,由此可见低层偏东水汽源在新疆东部大

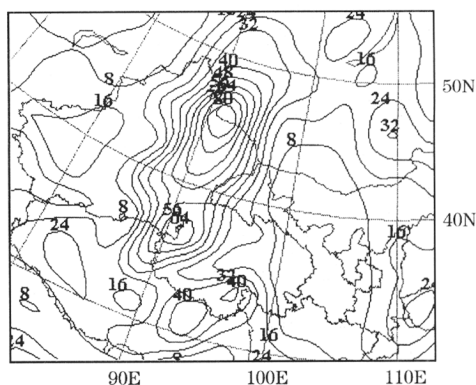


图4 8月1日02时500hPa水汽通量图

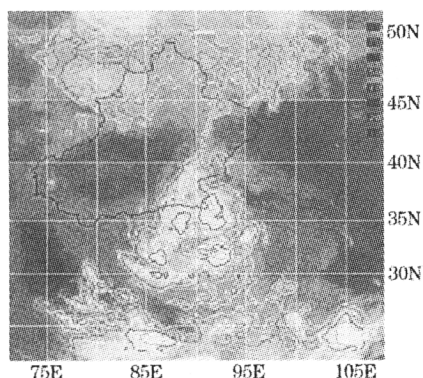


图5 7月31日15时云图

降水中占一定的分量。

有了水汽的来源和输送,还必须要有水汽的集中和上升运动,才能造成降水。从大降水期间850~500hPa降水区各时次水汽辐合区基本一致,说明500hPa以下降水区水汽几乎为整层辐合,850~700hPa水汽辐合大于500hPa,强降水中心与水汽通量中心不一致,而与700hPa水汽通量散度辐合中心一致,水汽通量高值区不完全与水汽通量辐合区一致,而是稍落后辐合区,这种分布有利于水汽通量向水汽通量散度辐合中心靠近,充足的水汽在暴雨区集中,造成大范围强降水(图略)。

3.2 上升运动分析

分析1000~200hPa垂直速度的垂直分布,发现降水区内对流层低层850hPa以下为弱下沉运动,850~200hPa为深厚的上升运动,上升运动从850hPa到500hPa是逐渐增强的,最大在500hPa附近,500hPa以上上升运动是逐渐减弱的,且上升运动区近于垂直,尤其是强的上升运动中心几乎重合。图6为29日20时84°E垂直速度剖面分布图,可以看出上升运动区在42~46°N,中心在44°N附近,大降水区也位于该范围内,降水中心与上升运动中心一致。500hPa北疆西部、北疆沿天山一带为上升运动区,垂直速度中心达 $-88 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,强烈的垂直上升运动为降水提供了有利的动力条件,在这一上升运动区24h降水量大部分达到大到暴雨,沿80°E垂直速度剖面分布图看出(图略),另一上升运动区在36~38°N,中心位于于田附近,

500hPa中心强度达 $-48 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,造成南疆西部明显的大降水,极其干旱的于田29日20时~30日02时降水量竟达13mm,24h降水量达30.4mm,超过年平均降水量。从急流和散度的垂直分布看,高空急流位于200hPa附近,无辐散层在400hPa附近,上升运动区上层辐散、低层辐合,且位于高空急流右侧强辐散区,低空急流左侧辐合区,这种急流与散度场的配置十分有利于上升运动的发展和维持。

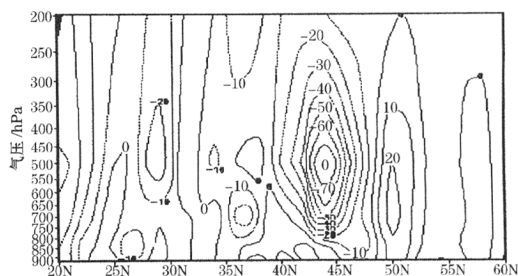


图6 29日20时沿84°E垂直速度剖面图

3.3 能量和不稳定条件分析

强降水的产生需要充沛的水汽和动力条件,还必须具备一定的能量和不稳定条件^[4],K指数不仅反映了大气层结的稳定性,也是表征大气温度、湿度、压力的综合特征量,暖区相当于高能区,等值线密集区相当于能量锋。分析降水过程中的K指数分布及变化,看出降水区处于K高能区,说明层结的不稳定较为明显,且K高能区与降水区一致,并与辐合区相配合,有利于增强降水天气。降水过程中K最大中心达40℃,降水区基本上在K>30℃区,说明K指数与降水的关系较好。分析能量锋与强降水的关系,发现能量锋配合合适的水汽条件和上升运动则产生强降水。如图7为29日20时K指数图,K高能中心位于北疆西部及乌鲁木齐以西的北疆沿天山一带,该地带为强降水带。塔克拉玛干沙漠南缘为一强能量锋,但只在莎车到于田一带有水汽配合和强的上升运动,上升运动中心在于田附近,这一带产生了强降水,降水中心在于田。从500、700hPa温度平流情况看,31日前新疆基本上是升温过程,加上几天的降水,使得中低层大气高温高湿,持续增加了大气的不稳定性,从500~850hPa

θ_{se} 的垂直分布看,降水区处于 $\Delta\theta_{se}/\Delta Z < 0$ 区,降水中心与 $\Delta\theta_{se}/\Delta Z < 0$ 中心吻合, θ_{se} 能量锋与强降水的关系与 K 指数能量锋相同,29日20时沿 82°E θ_{se} 的垂直剖面图(图略),看出大降水区在 $\Delta\theta_{se}/\Delta Z < 0$ 区,降水中心与 $\Delta\theta_{se}/\Delta Z < 0$ 中心一致。 $36\sim 39^\circ\text{N}$ 为 θ_{se} 能量锋区,该范围配合水汽和上升运动,产生于田附近的强降水。

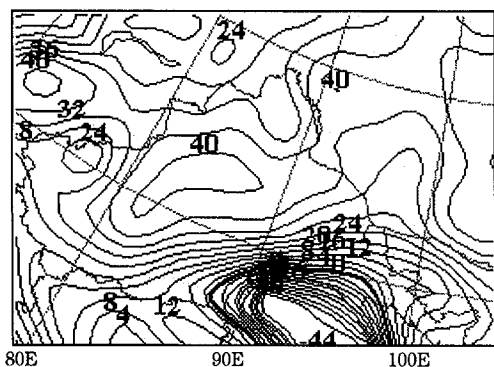


图7 29日20时 K 指数图

4 小 结

(1)这次暴雨过程是在环流形势突变的情况下产生的,南亚高压的双体型、伊朗高压的南北振荡、西太平洋副高的西伸北进以及帕米尔高原低涡的发展是此次大降水过程和暴雨过程的环流背景和天气学条件。

(2)低纬系统在一定的环流形势下可以北上影响新疆,大降水上空三支气流的时空

配置所造成的水汽和能量输送及辐合上升运动是帕米尔高原低涡产生大范围暴雨的物理机制。

(3)重新认识了新疆水汽路径和输送模式,认为阿拉伯海和孟加拉湾的水汽在一定的环流下以接力方式向南疆、东疆输送水汽,是水汽来源之一。但其所占比重、机制有待于进一步研究。

(4)急流、散度、垂直速度的配置造成了 $850\sim 200\text{hPa}$ 较大范围内深厚的强上升运动,提供了大降水的动力条件。

(5) K 指数和 θ_{se} 对新疆的大降水有好的指示意义,大降水区与 K 指数高能区、 $\Delta\theta_{se}/\Delta Z < 0$ 区对应, K 指数高能区中心和 $\Delta\theta_{se}/\Delta Z < 0$ 中心对应暴雨中心, K 指数和 θ_{se} 的能量锋配合水汽条件、上升运动产生暴雨,这可以作为新疆暴雨的预报指标之一。

参考文献

- 1 “97.6”特大暴雨专辑. 新疆气象, 1997, 20(1).
- 2 张家宝, 邓子凤. 新疆降水概论. 北京: 气象出版社, 1987: 113~117.
- 3 徐羹慧. “96.7”新疆特大暴雨洪水预报服务技术研究的综述与启示. 新疆气象, 1997, 20(1): 1~4.
- 4 肖开提等. “96.7”新疆特大暴雨的水汽条件研究. 新疆气象, 1997, 20(1): 8~11.
- 5 陶诗言等. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980: 8~13.

Research on a Case of Heavy Rain in Xinjiang from South Asia High Abnormity

Yang Lianmei

(Urumqi Institute of Desert Meteorology, 830002)

Abstract

The heavy rain process from July 28 to August 2, 2001 in Xinjiang is analyzed. It is shown that the heavy rain event is produced by the interaction and the adaptive configuration of the multi-scale systems of the higher, middle and lower layers under the anomaly change of the large-scale. Furthermore, the transportation path and its model of water vapor are given, and it is shown that water vapor of Arabian Sea and Bay of Bengal would influence South and East Xinjiang. Also the relationship between the energy front and heavy rain is discussed.

Key Words: South Asia high water vapor path transportation mode