

2011年4月下旬托什干河融雪洪水的气象成因

张俊兰

(阿克苏地区气象局, 新疆 阿克苏 843000)

摘 要:2011年4月下旬南疆托什干河流域发生了罕见的融雪型洪水,卫星遥感监测到此次融雪型洪水过程中山区积雪的变化。本文从气象的角度分析了其成因,结果表明:托什干河流域融雪型洪水出现前上游地区降水明显偏多,高空0℃层高度持续和异常偏高,流域上空出现了明显的高空温度脊,并有较强的暖平流配合,暖平流出现的时间、强度与托什干河融雪洪峰出现的时间和大小有较好的对应关系。这些条件为托什干河流域融雪型洪水的预报提供了较好的技术指标。

关键词:托什干河;融雪洪水;0℃层高度;温度脊;暖平流

中图分类号:P429

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2012)04-0001-06

阿克苏河是天山南坡径流量最大的河流,有两大支流,西支流为托什干河流域,地势西北高,东南低,自西北向东南倾斜,托什干河源自吉尔吉斯斯坦,入境后,流经克孜勒苏及阿克苏两地州的阿合奇、乌什等县,是塔里木河的水源补给之一。阿克苏河是一条以雪冰融水补给为主的河流,北支库玛拉克河的冰川融水与降水径流均集中于夏季,而西支的托什干河上游冰川分布较少,春季季节融雪和夏季降水对径流的贡献均较显著^[1]。

新疆融雪型洪水是常发的次生气象灾害,经常对公路、铁路、下游水库、渠道等交通、水利设施构成严重威胁,还会危及人民生命财产安全,对当地经济发展产生较大的制约。科研工作者对洪水灾害开展了大量的研究工作,研究探讨了北疆区域融雪型洪水的特点、预报手段和方法^[2-8],针对南疆的融雪洪水灾害,取得了一定的研究成果^[9-10],对实现融雪型洪水的预报预测有着重要的意义。本文借鉴以上研究成果,从气象角度利用天气诊断分析等方法,研究2010年4月下旬发生在南疆托什干河流域特大融雪型洪水的气象成因,揭示融雪型洪水的气象

预报指标,以求提高当地融雪型洪水灾害的预报水平,增强托什干河流域融雪洪水的防灾减灾应急能力,为更有效地防范融雪洪水灾害提供技术支持。

1 洪水概况及灾情

2011年4月24—26日托什干河爆发罕见的融雪型洪水,最大洪峰流量为1 690 m³/s,为春季最大洪峰流量。该流量仅次于1 950 m³/s的历史最大洪峰流量,居托什干河水有文记录以来的第2位。

此次融雪型洪水造成托什干河上游的阿合奇县直接经济损失9 302.74万元,其中S306线3处路段被洪水冲毁,经济损失最大,高达7 693.7万元,乡镇的水利设施损毁严重,经济损失1 100余万元,交通、电力、农业等经济损失为509.04万元;造成托什干河中游的乌什县亚曼苏乡、奥特贝希乡、依麻木乡、阿恰塔格乡、阿合雅乡共13个村的部分防洪设施和农田受损,直接经济损失83.18万元。阿合奇和乌什两县的经济损失合计9 385.92万元。

24日起托什干河水文代表站沙里桂兰克洪峰流量迅速上升,呈现明显的日变化特征。24日12:00流量升至608 m³/s,超过了500 m³/s警戒流量,14:00超过了800 m³/s的危险流量,16:00—17:00洪峰流量达1 200 m³/s,17:00后开始下降;25日出现此次融雪型洪水的最大洪峰,10:00和13:00分别突破了警戒和危险流量,14:00—18:00持续4 h流量超过

收稿日期:2011-06-02;修回日期:2011-06-21

基金项目:2011年中国气象局预报员专项项目“新疆融雪期0℃层高度的预报方法研究”(CMAYBY2011-056)资助。

作者简介:张俊兰(1967-),女,正研级高级工程师,从事天气预报和应用气象的研究工作。E-mail:zjl_0997@sina.com

1 000 m³/s, 17:30—18:00 达到 1 690 m³/s, 为历史第 2 大洪峰流量; 26 日仍出现较大洪水, 1 000 m³/s 以上大流量持续了 8 h(14:00—22:00), 最大流量 1 540 m³/s, 出现在 17:00—18:00, 27 日洪峰流量迅速下降(图 1)。

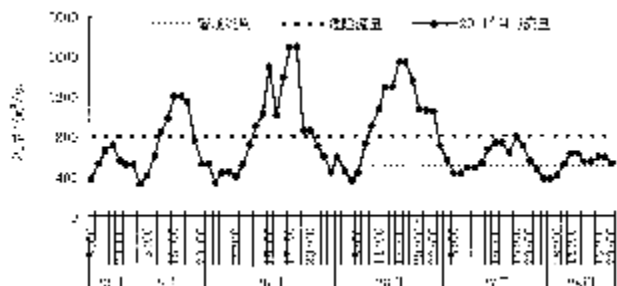


图 1 2011 年 4 月 23—28 日托什干河沙里桂兰克水文站流量变化曲线/(m³·s⁻¹)

2 融雪洪水的气象成因分析

托什干河流域的地势有利于融雪型洪水的发生, 由于流域北面环山, 地势北高南低, 当流域积雪融化后, 雪水沿天山南坡流下, 在浅山戈壁和绿洲区域汇集中, 形成洪水。除了存在有利的地形环境外, 物质基础(积雪)与引发因子(升温过程并维持)的共同作用是形成新疆融雪洪水的主要气象成因。

2.1 冬末春初降水偏多, 山区积雪多

2011 年 2—3 月托什干河流域山区站降水较历史同期明显偏多, 分析托什干河融雪洪水发生前期的 2—3 月阿克苏河流域内 2 个山区气象站(阿合奇和乌什)的降水距平百分率可看出, 融雪洪水发生前托什干河上游地区的阿合奇附近降雪明显偏多, 偏多幅度与历年同期相比在一倍以上(距平百分率为+104.1%), 托什干河下游地区的乌什偏多 56.1%, 流域 2—3 月降水明显偏多, 为后期 4 月出现罕见融雪洪水奠定了一定的物质基础, 为融雪洪水的发生提供了基础条件。

2.2 高空 0℃层高度急剧上升引发融雪型洪水

阿克苏 0℃层高度于 2011 年 4 月 24—27 日 08 时升到了 4 109~4 594 m, 20 时 0℃层高度自 24 日升至 4 573 m, 25—26 日升至 4 610~4 679 m, 均超过了 24 a 来有历史资料的最高值。1987—2010 年 4 月下旬阿克苏探空站高空 08 时 0℃层高度平均值为 3 507 m, 2006 年 4 月 29 日 08 时 0℃层高度曾达到 4 556 m。而在此次融雪型洪水发生过程前的 22 日阿克苏 0℃层高度较历年偏高 200 m, 23 日偏高 426 m, 24—27 日偏高幅度高达 697~966 m

(图 2), 高空 0℃层高度的长时间持续偏高和异常偏高是出现融雪洪水的重要原因。

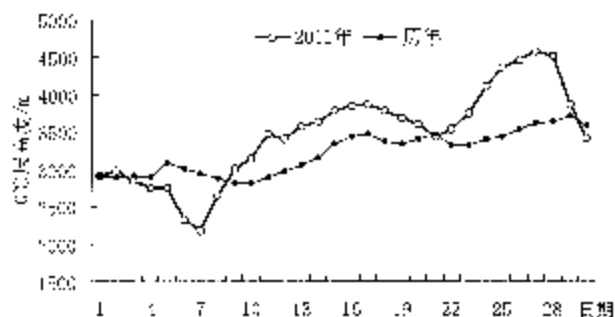


图 2 2011 年 4 月 1—30 日 08 时阿克苏 0℃层高度与历年平均值的对比

对照洪水过程中的洪峰变化及其对应的高空零度层高度变化情况, 高空零度层高度持续上升 2 d 后, 托什干河洪峰超过危险流量, 超危险流量持续了 3 d(24—26 日), 27 日洪峰流量明显下降, 降至危险流量附近, 但仍在警戒流量之上。前期流域的山区测站降水偏多, 山区积雪偏多, 又出现高空 0℃层高度的持续上升(2 d 以上), 托什干河春季出现融雪洪水的概率明显增大。此次洪水是由山区积雪明显偏多、高空温度迅猛上升共同造成的。

2.3 流域及附近区域中低层持续升温并维持, 3 000 m 左右的温度变化更显著

2011 年 4 月 15 日—5 月 1 日阿克苏探空站上空气温的时空变化特征明显。在 08 时的高空温度垂直剖面变化图(图 3a)上, 4 月 19—22 日 300~1 000 hPa 高度间气温持续下降, 21—22 日 500~850 hPa 出现高空温度槽, 23 日气温开始上升, 23—24 日在 400~850 hPa 高度间出现了一明显的温度脊, 25—29 日 500~700 hPa 的高空气温变化较为平稳, 气温维持较高, 此时 700 hPa 以下的层次温度脊较明显, 20℃等值线的区域面积较大, 27 日约 850 hPa 以下的低层出现了 25℃的高温中心。20 时的气温空间—时间垂直变化(图 3b)与 08 时基本一致。08 时和 20 时两个时次的中高层暖温度脊出现早于低层暖温度脊的出现, 也早于托什干河融雪型洪水的出现。托什干河流域中高层出现明显的暖温度脊, 有利于未来托什干河流域出现融雪洪水, 描述暖温度脊变化的物理量可以作为托什干河流域预报融雪型洪水的一个定量气象指标。

2.4 洪水后流域内山区积雪明显减少

中国气象局国家卫星气象中心提供的环境减灾卫星监测到的 4 月 22 日、4 月 26 日托什干河流域

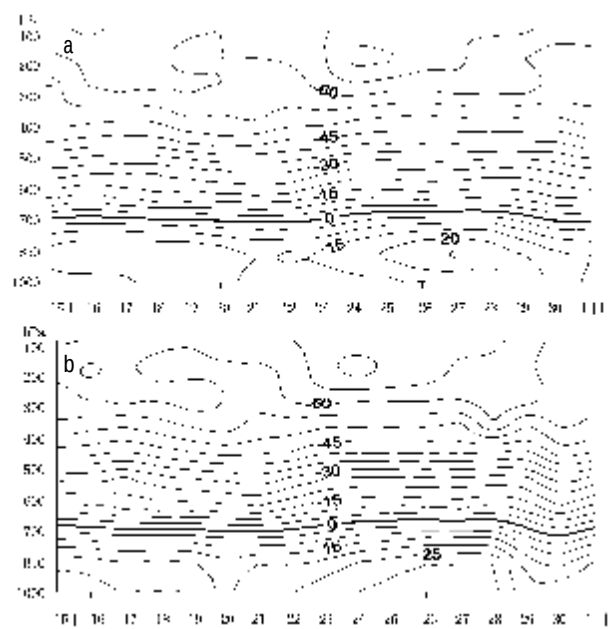


图3 2011年4月22日—5月1日阿克苏高空温度—时间变化
(a为08时,b为20时,单位:℃)

地表积雪变化图像显示(图4),托什干河流域融雪型洪水发生前后地表的积雪发生了明显变化。4月22日13:37托什干河流域地表有大面积均匀的积雪覆盖,只清晰可见托什干河主河道和一些小支流;融

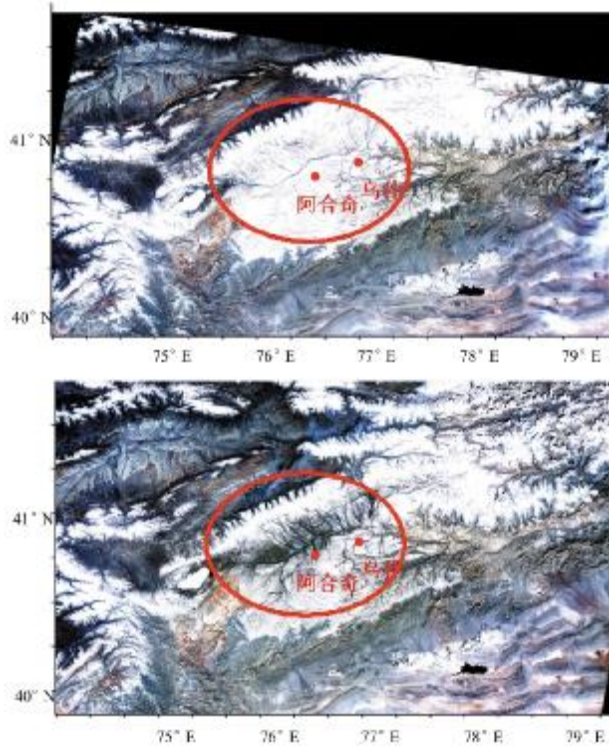


图4 环境减灾卫生监测的托什干河流域地表积雪变化图像
(a为融雪型洪水发生前,b为融雪型洪水发生后)

雪洪水出现后,26日13:39流域地表积雪已大面积融化,托什干河上游阿合奇至乌什北部一线地表呈现丝缕状的液态水迹,白色积雪面积明显减少。

新疆气候中心EOS/MODIS卫星遥感积雪监测数据也反映出托什干河融雪型洪水发生前后流域内积雪发生了明显变化。2011年4月23日,托什干河流域总积雪面积12334.7 km²,位居2003年以来的同期最大值,较历年同期平均值8160.5 km²偏多了51.2%,融雪后的4月26日,流域内积雪面积降为6989.0 km²,较历年同期偏少14.4%。融雪前后,积雪覆盖率由23日的41.4%减少到26日的23.4%,减少幅度达43%;积雪量也由13.8287×10⁸ m³降为4.9459×10⁸ m³,降幅为64.2%(图5)。融雪后的各层积雪也发生了显著的变化,尤其是雪深大于30 cm的积雪面积减少幅度高达79.0%。

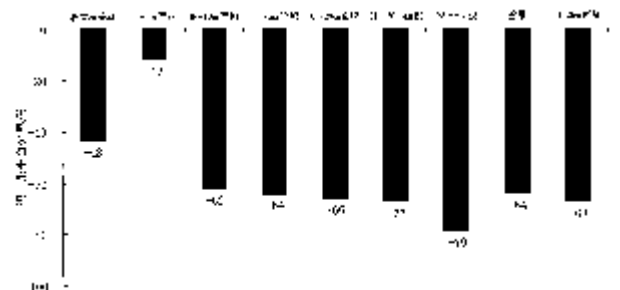


图5 2011年4月26日与23日托什干河流域积雪变化百分率/%

3 托什干河融雪春洪的预测预警环流指标分析

3.1 高空环流形势

2011年4月23—26日的20时500 hPa高空图上可以看出,23—26日南疆地区受暖高压脊控制,脊线在80°E附近。23日20时(图6a)584 gpm等高线的北界跃上帕米尔高原、东界进入青藏高原腹地,伊朗高原出现了588 gpm的高值中心,并有-12℃的暖舌向东北方向伸展。24日(图6b)伊朗高压脊和-12℃暖中心向东扩展。25—26日(图6c、6d)高压脊有些南压,强度略有减弱,26日在伊朗高原附近出现了-8℃的暖中心。此次融雪洪水的新疆暖高压脊稳定维持了4 d,高压脊线稳定在80°E附近,584 gpm等高线和-12℃暖中心的北界跨过40°N,最北达到42°N左右,这种暖高压脊稳定控制新疆的环流形势有利于南疆托什干河流域的持续升温 and 高温天气的维持。

对比分析高空环流形势与托什干河逐时流量的对应关系发现,暖高压脊出现的第1天没有涨洪,日最大流量低于危险流量,第2~4天暖高压脊维持,

融雪洪水维持,日最大洪峰流量加大。逐日洪峰流量与 500 hPa 高空温度关系密切,与位势高度关系次之。高空温度越高,位势高度越高,对应的洪峰流量就越大。

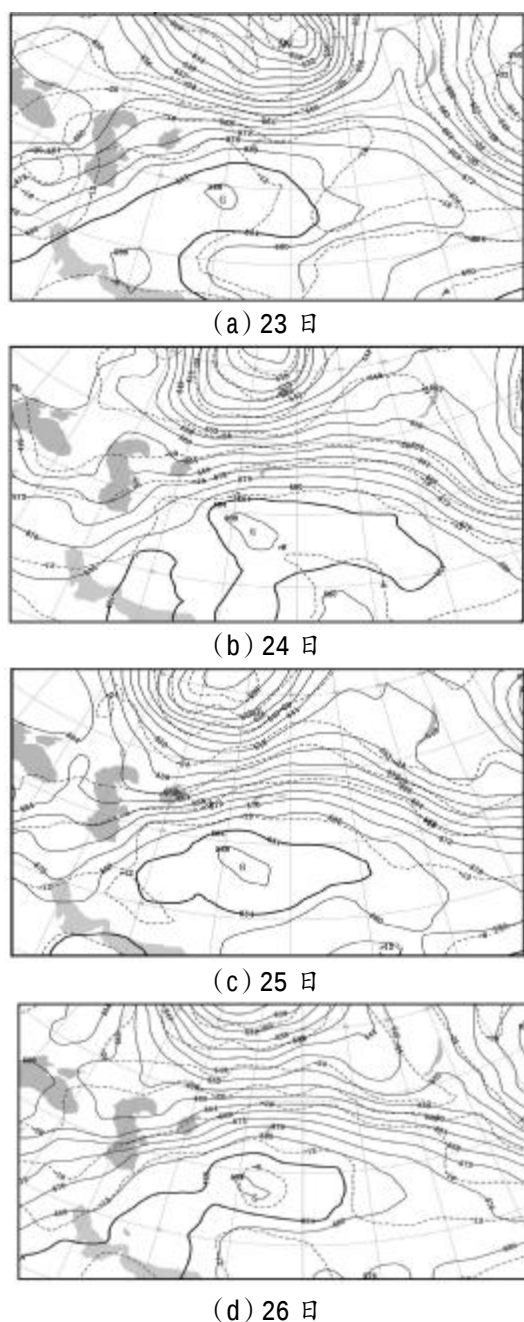


图6 2011年4月23—26日20时欧亚范围500 hPa 高度场(实线,单位:gpm)和温度场(虚线,单位:℃)

3.2 温度平流

温度平流是高空局部温度产生变化的重要因素,图7给出融雪前后托什干河流域附近500 hPa温度平流的分布情况。由图可知,4月20—23日托

什干河流域上空无明显暖平流存在,24—26日被较强暖平流控制,24日08时河流的源头区域——阿合奇县西部出现了 $40 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 的暖平流高值中心,托什干河上游升温显著;25日08时,流域上空暖平流维持,高值中心值升到 $50 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$;26日08时,暖平流中心强度仍为 $50 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$,暖平流高值中心位置东移至托什干河中游地区,范围有所缩小。28日暖平流中心北抬,托什干河流域的暖平流降为 $(10 \sim 20) \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

对比托什干河24—26日的洪峰流量分析发现,500 hPa 暖平流的出现时间及强度与托什干河洪峰出现的时间和大小有较好的对应关系,当托什干河500 hPa 上空出现 $40 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 或以上的暖平流中心时,流域上空升温明显,托什干河将出现较大的融雪洪峰流量,托什干河上空暖平流的强度越强,河流的最大融雪洪峰流量越大;同时,流域上空的暖平流中心出现的时间也与最大融雪洪峰流量有一定的对应关系,暖平流中心较最大融雪洪峰提前出现,提前约为8~9 h。因此,暖平流中心出现的时间和强度可作为托什干河春季融雪型洪水流量、出现时间的预报参考指标。

4 讨论与结论

此次托什干河罕见融雪性洪水的最大洪峰流量位居有水文记录以来的第2大流量,在春季流量中位居第1,产生该次洪水最重要的气象因素是前期降水(山区积雪)和气温,托什干河融雪前的2011年4月23日的积雪面积($12\,334.7 \text{ km}^2$)和积雪覆盖率(41.4%)均为近9 a来的最大值,流域融雪前期山区积雪偏多,为后期出现融雪洪水奠定了物质条件。前期降水要以山区积雪多少来衡量,不应以山区气象站的降水量作为融雪的物质条件,2011年2—3月流域山区测站降水偏多,但未达到历史最多(2011年2—3月乌什降水合计18.2 mm,居1959年以来的第8位,阿合奇32.1 mm,居1957年以来的第9位)。

2011年4月中下旬的气温条件对产生托什干河融雪型洪水也十分有利,升温过程在历史同期(4月)达到最强,乌什、阿合奇2011年4月22—26日在气温偏高的情况下,升温强度均居40 a第1位,平均气温4 d持续上升了9.5℃和7.8℃,2011年4月最高气温乌什33.4℃,居1957年以来的第1位;阿合奇28.2℃,居1957年以来的第2位。积雪偏多和气温偏高的有利气候背景对托什干河流域出现融

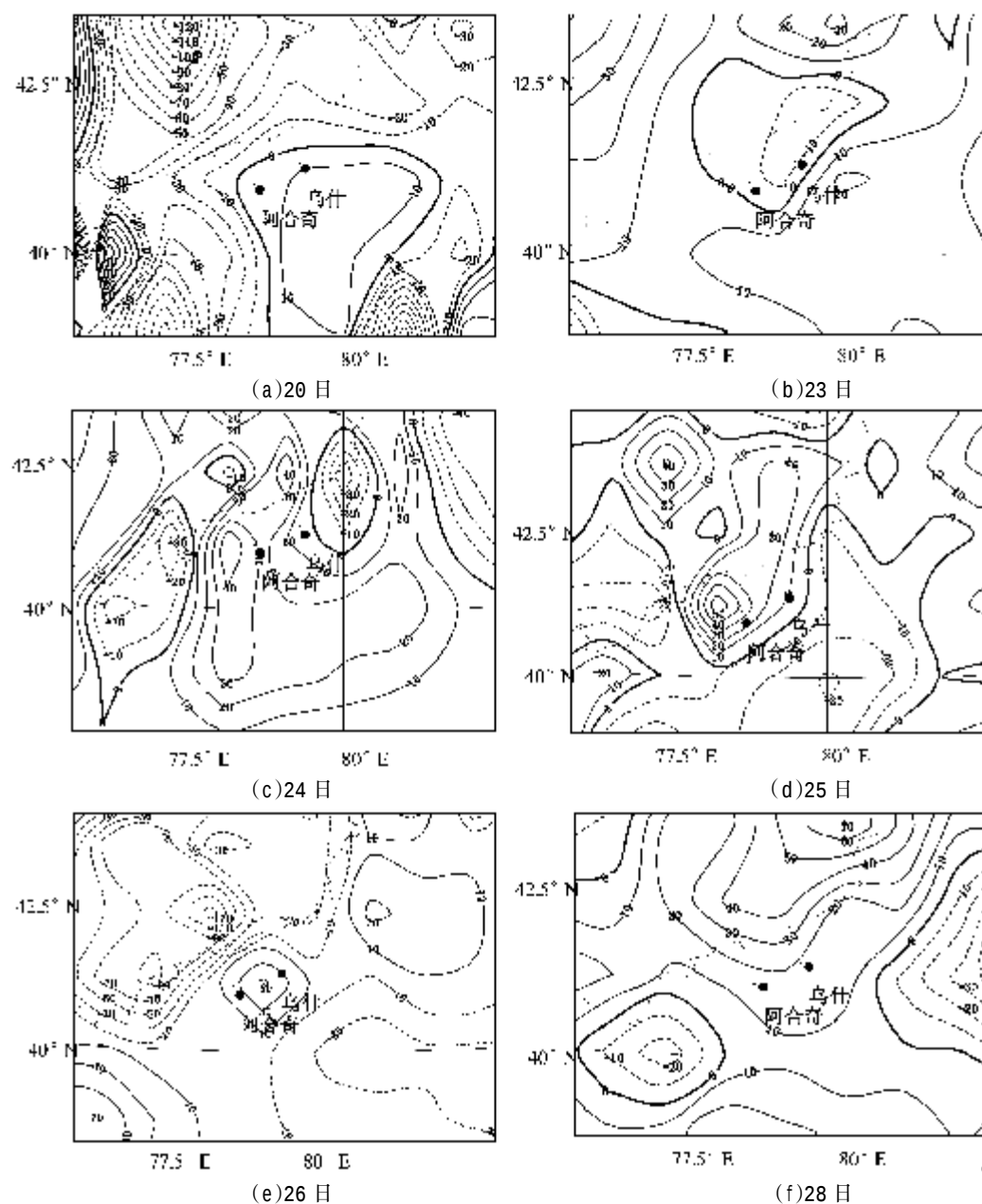


图7 2011年4月20—27日08时500 hPa温度平流的分布(单位: $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$)

雪洪水十分有利,两者缺一不可。

融雪前流域内山区积雪偏多,为基础物质条件。为提高当地融雪洪水的气象服务水平,更好地做好融雪洪水的监测和预报工作,得出了托什干河春季融雪洪水过程中出现异常升温和高湿的预测指标,主要为:

第一,高空 0°C 层高度持续和异常偏高,流域阿克苏探空站 0°C 层高度为24 a来(有资料以来)最高值,与历年同期相比, 0°C 层高度偏高近700~1 000 m。

第二,中低层持续升温并维持较高,先是流域上

空气温持续下降,出现高空温度槽,之后又出现高空温度脊,中高层暖温度脊较托什干河融雪型洪水出现时间略偏早,为托什干河流域融雪型洪水的预报提供了技术指标。

第三,融雪洪峰流量与500 hPa的温度和位势高度有较好的对应关系。高空温度越高、位势高度越高,对应的洪峰流量就越大。

第四,托什干河流域上空出现了明显的暖平流,此暖平流出现的时间、强度与托什干河春季融雪洪峰出现的时间和大小有较好的对应关系,暖平流中心出现的时间和强度可作为托什干河融雪型洪峰流

量、出现时间的预报参考指标。流域上空暖平流越强,流域的融雪洪峰流量越大,并且暖平流中心较最大融雪洪峰流量提前 8~9 h 出现。

参考文献:

[1] 周聿超.新疆河流水文水资源[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1999:144-152.
[2] 李云华,李红,丁国梁,等.军塘湖河融雪洪水个例分析[J].中国西部科技,2005,8:48-49.
[3] 杨绍富,刘志辉,闫彦,等.融雪期土壤湿度与土壤温度、气温的关系[J].干旱区研究,2008,25(5):642-646.
[4] 王云丰.人类活动对季节性积雪融化的影响[D].新疆大学硕士论文,2007.
[5] 吴素芬,刘志辉,邱建华.北疆地区融雪洪水及其前期气

候积雪特征分析[J].水文,2006,26(6):84-87.

[6] 毛炜峰,张旭,杨志华,等.卫星遥感首次监测到准噶尔盆地西北部的冬季融雪洪水 [J]. 冰川冻土,2010,32(1):211-214.
[7] 毛炜峰.盛夏流域面融雪量初步分析[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(6):24-28.
[8] 魏守忠,常绪正,马健,等.影响三工河干沟春季融雪洪水发生的气象因素[J].干旱区研究,2005,22(4):476-480.
[9] 黄健,毛炜峰,李燕,等.渭干河流域“2002·7”特大洪水分析[J].冰川冻土,2003,25(2):204-210.
[10] 黄玉英.新疆托什干河“95·5”春季特大洪水分析[J].干旱区地理,1996,19(2):68-73.

The Meteorological Causes of Snowmelt Flood in the Tuoshikan River in the Last Ten Days of April 2011

ZHANG Jun-lan

(Aksu Meteorological Bureau, Aksu 843000, China)

Abstract: A rare snowmelt flood occurred in the Tuoshikan River in the southern Xinjiang in the last ten days of April 2011. The snowmelt flood was monitored by satellite remote sensing. The causes were analyzed from meteorological aspects in the paper. The results showed that the rainfall was anomalous abundant in the upstream regions before the snowmelt flood occurred in the Tuoshikan river. The height of the 0℃ layer in the upper air was remained anomalous high. The upper-air temperature ridge appeared obviously over the river with relatively strong warm advection. The occurring time and intensity between the warm advection and the snowmelt flood peak in the Tuoshikan River had a good corresponding relationship. They provided helpful forecast index for snowmelt flood in the Tuoshikan River.

Key words: the Tuoshikan river; snowmelt flood; the 0℃ layer height; temperature ridge; warm advection