

服务新技术研究

张俊岚¹ 毛炜峰² 王金民¹ 张亚新¹

(1. 新疆阿克苏地区气象局,阿克苏市 843000; 2. 新疆环境气象中心)

提 要

通过分析新疆渭干河流域 2002 年夏季特大洪水过程中的暴雨以及融雪对径流量的贡献,综合应用天气监测、雷达卫星监测、水文气象预报等手段,发现了西北地区暴雨融雪型洪水的一种新副型。并通过对渭干河流域暴雨、融雪型洪水的监测、预测及克孜尔水库防洪调控等气象服务技术问题进行综合分析,得出新疆暴雨、融雪型洪水服务的新思路、新方法、新手段。

关键词: 渭干河流域 面雨量 降雨径流量 融雪径流量

引 言

新疆阿克苏地区是南疆重要的粮棉生产基地,也是洪水灾害的频发区,水患长期制约着当地经济的发展,威胁着各族人民生命财产的安全。该区域的洪水多发生于夏季,主要有暴雨型、融雪型和雨雪混合型三类,洪水的形成由降水的强度和时空分布、山区积雪的深度和广度、流域面积的大小、河床纵坡的坡度、河网的密度以及气温的高低等自然因素决定。该地区的防洪工作在新疆的防洪中具有代表性。本文以 2002 年 7 月下旬渭干河流域洪水为例,重点分析了渭干河流域暴雨型及融雪型洪水的监测、预测和克孜尔水库防洪调控的气象服务技术指标,进一步探讨了新疆乃至西北部分地区防洪气象服务的新思路、新方法、新手段。

1 渭干河流域防洪气象服务新思路的建立

1.1 渭干河流域的防洪工作概况

阿克苏渭干河流域水系发源于天山山脉的乌尔他乌山,流经拜城、库车、新和、沙雅四县,全长 340km。该流域主要有木扎提河、黑孜河等五条支流,灌溉区为库车、新和、沙雅

三县。渭干河流域位于天山中段南麓,该流域地势北高南低,流域集水面积 $1.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,北部森林较多,南部植被稀少,下垫面是裸露的岩石和戈壁滩。暴雨型洪水形成于中、低山带,此类洪水起涨速度快,流速急,流量涨率大,洪水中挟带着大量的悬移质和推移质,对下游人民的生命财产和基础设施构成严重的威胁。据历史记载,渭干河流域洪水发生频率大,中等灾害年份三年一遇,其中 1958 年 8 月 12 ~ 13 日渭干河出现了 $1840 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 的最大洪峰流量,冲毁住房 6168 间、农田 1067 hm^2 、道路 81km、桥梁 8 座,死 516 人^[1]。1999 年该流域又出现了当时位居水文记录第一位的特大洪水。

1.2 克孜尔水库建设对防洪工作提出了新要求

克孜尔水库是新疆最大的流域控制性水利枢纽工程,它是渭干河流域中下游地区的“命脉工程”,于 1990 年截流,1993 年竣工。水库坝址在拜城县境内、渭干河干流木扎提河与最末一条支流黑孜河汇合口以下约 500m 处。水库设计库容 $6.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,以灌

溉和调节用水为主,兼有防洪、发电等综合效益,它的安全维系着下游人民生命财产的安全、社会稳定和经济发展^[2]。图1为渭干河流域水系及观测站网分布图^[3]。

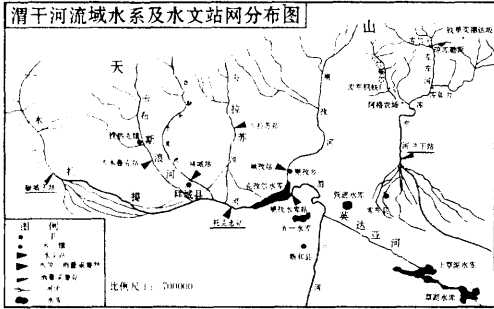


图1 渭干河流域水系及观测站网分布图

克孜尔水库的建设对一般性暴雨或融雪型洪水具有拦蓄、防洪、抗洪的作用,但遇到特大暴雨引发特大洪水,首要的任务是运用科学调控手段,确保水库的安全,避免水库溃坝引发灾难性洪水,同时根据气象水文变化,调控出库量,尽量减少下游洪水危害。

1.3 气象、水文服务的新思路

2002年7月22~23日天山山区南麓渭干河流域普降大暴雨,流域面雨量50mm左右(图2^[3]),渭干河流域遭受百年一遇特大洪水。洪流直接泻入克孜尔水库,入库流量由7月21日的日均 $500\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 左右猛增,23日入库最大流量高达 $3400\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,是1958年最大洪峰的2倍多,是1999年最大洪峰的1.58倍,超过百年一遇的 $3380\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,库容在短时间内由 $3.2\times 10^8\text{m}^3$ 增至 $5.5\times 10^8\text{m}^3$,23日水库坝前最高水位为1148.23m,距设计洪水危险水位1148.57m仅差0.34m,为历史最高蓄水水位。由于径流长时间居高不下,洪水仍源源不断地涌入克孜尔水库,22日22时至29日15时,160h入库总水量为 $5.032\times 10^8\text{m}^3$,占水库总库容的78.6%。出库流量24日增至 $660\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,26日11时以后增至 $1000\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 。克孜尔水库和下游地区的安全长时间处于前所未有的巨大危险状态(图3)。

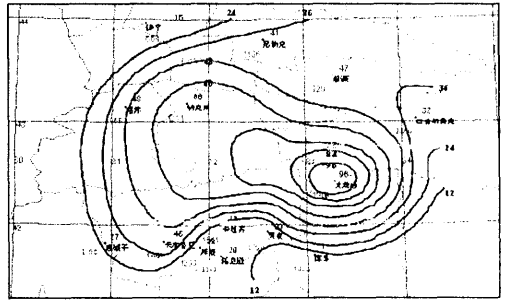


图2 7月22日08时~24日08时天山中西部山区及其两侧各河流域降水量分布图

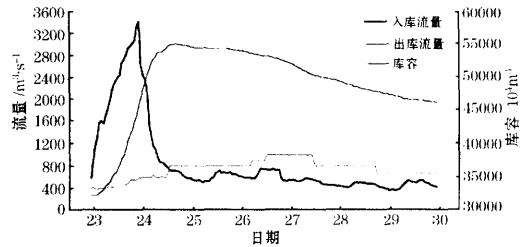


图3 克孜尔水库7月22日22时~29日22时进出库流量及库容变化图

渭干河流域防洪和克孜尔水库调度总体要求是:(1)确保水库安全,主洪期库容量不得突破百年一遇库容控制量 $5.5\times 10^8\text{m}^3$,主洪期过后尽快恢复到汛期安全库容控制量 $3.7\times 10^8\text{m}^3$;(2)严格控制水库出库排水量,尽量减少水库泄洪对下游地区造成的洪水危害损失。在抗洪期间,气象决策服务必须严肃地回答:流域内的暴雨定时定量预报、暴雨结束预报;主洪峰过境时间;主洪峰过后,径流量下降不快,超过正常流量的原因及其估算、预测等问题。

根据分析和卫星监测资料证实,“7·23”洪水主要成因是暴雨所致,但在流域上中游,因地势较高,降水性质以雪为主,新降雪的逐步融化和土层含水量的渗出是主洪峰过后洪水径流量不能迅速回落的主要原因。这是一种过去还未认识到的夏季暴雨融雪型洪水新类型。对这类洪水的监测,前期工作的重点是暴雨的定时定量预报和洪峰过境预报,后期工作的重点是新降雪及其融化的监测预报和后续降水的预测。同时要利用天气预报、遥感监测、水文测报等多种手段,开发研究暴

雨落区定量预报与监测、流域面雨量的监测与评估、积雪监测与水当量评估、积雪日融量的监测与预测、融雪径流量的分析与预测等业务服务新技术问题。在抗洪实践中,根据当时技术条件,较好地解决了主要技术问题,做出了正确的决策服务,为抗洪指挥、水库调控提供了关键性依据,正如图3所示,库容得到严格控制,即确保了水库安全,又科学合理地减少了出库量,最大限度地减少了下游泄洪造成的损失。

2 暴雨融雪型洪水的气象水文服务技术方法的研究开发

2.1 暴雨的预报分析及主洪峰入库时间预报

7月22~24日天山中西部山区强降水中心位于库车河流域山区,渭干河流域内山区降水量空间分布是东部强于西部,流域中山区到平原一带降水量在20~30mm之间,高山区50~70mm,流域内降水持续时间长达30h以上,强度较大的时段主要集中在7月22日夜间到23日白天。根据当地暴雨洪水发生规律与多年实践经验,在暴雨结束后主洪峰在7~10h进入克孜尔水库,我们在7月23日16时明确地提供了主洪峰将在未来12h内进入克孜尔水库的预报,实况是主洪峰在23日23时入库。

2.2 流域面雨量的估算

关于流域内面雨量的估算,除了正在发展的雷达测定法、卫星测定法、时面深理论分析及水文资料反算法外,尚有实地观测资料分析和天气气候分析两种方法。图2是依据实地收集的水文站、气象站、自动气候站的资料所分析,但由于目前通信条件限制暂不能实时应用。当时,根据天气形势、实时收集到流域内及其邻近地区降水资料,以及测站与中高山区降水气候统计关系等深入分析,得出面雨量在40~60mm。

2.3 降雨径流量计算

将面雨量换算成流入水库的降雨径流量,是渭干河流域水资源利用的重要方面,也是与气象要素密切相关的技术难题。气象服务中流域内的面雨量 P 经植物截流、下渗、蒸发和添注的部分外,剩余部分的雨水向流

域各支流汇集,最后进入克孜尔水库,入库的降雨平均径流量 M 为:

$$M = \beta SP/t$$

其中 S 为流域面积, P 为流域面雨量, t 为降雨时间, β 为降雨径流系数,是指流域内降水总量转化为径流量概率,其值一般为0.2~0.8,由于渭干河流域地势北高南低,植被率低,应针对不同的降雨天气和土壤含水量确定降雨径流系数。

取进入水库径流流域面积 S 为 $1.0325 \times 10^4 \text{ km}^2$;流域内面雨量 P 取50mm,暴雨主体发生在22日08时至23日21时,取时间 t 为37h(13320s);因21日山区已有小到中量降水,土壤含水量较高, β 取为0.6,入库的暴雨平均径流量估算为 $2325 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,与实况接近。

2.4 山区降雪量及其水当量的卫星监测

于新文等在1989~1993年利用NOAA气象卫星监测资料,建立统计模式,得出山区不同厚度的积雪分布监测方法。黄镇等在2002年进一步将该技术移植到EOS/MODIS卫星资料分析上,实现了多星积雪遥感实时监测分析服务。引用此方法的实时监测信息,流域内积雪含水量 N 可由下式计算:

$$N = \sum \rho_i H_i F_i$$

其中 ρ 为积雪密度,根据气温、风力、积雪形成时间等因素,夏季 ρ 可取为 $0.10 \times 10^3 \sim 0.35 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; H 为积雪深度,依据现有技术水平可采集到 $H < 10 \text{ cm}$, $10 \sim 20 \text{ cm}$ 和 $H > 20 \text{ cm}$ 三种积雪深度的面积,计算时 H 分别取为5、15、25cm; F 为流域内不同积雪深度相对应的积雪面积。

取邻近时刻的卫星积雪资料分别计算积雪含水量 N ,其差值可以认定为新降雪形成的积雪含水量或者是上一个时间间隔的融雪量。根据2002年7月24日14时EOS卫星的积雪资料监测(见表1),得出渭干河流域山区尚有 $1.0734 \times 10^{11} \text{ kg}$ 可融积雪水量。由于7月23日暴雨出现前山区也有积雪覆盖,无法直接得到暴雨发生前流域内积雪资料分布监测资料。我们采用前一年同期积雪资料进行比较,发现2002年7月24日流域

内积雪量明显地多于2001年同期,可容积雪量增多 $0.867 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由此推断,2002年7月22~23日暴雨后流域内约有 $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的降水以雪的形式暂存于山区,包括24日

14时前的融雪量。这也是主洪峰过境后入库径流量仍然超过正常径流量的主要原因之一。

表1 渭干河流域2002年7月24~27日卫星监测资料及融雪径流量计算

项目	7月24日14时 (EOS)	25日14时 (EOS)	26日9时 (F1—C)	27日9时 (F1—C)
积雪总面积(km^2)	3555	2992	2684	2223
覆盖率(%)	22	19	17	14
<10cm积雪面积A(km^2)	742	1024	958	1169
10~20cm积雪面积B(km^2)	1440	1537	1348	933
>20cm积雪面积C(km^2)	1373	431	378	121
积雪密度 $\rho(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	180	200	200	200
积雪含水量N(10^4 m^3)	10734	7790	6892	2898
入库融雪径流系数 γ		0.6	0.6	0.6
融雪入库量($10^4 \text{ m}^3/24\text{h}$)		1766	539	2396
融雪入库径流量 $J(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$		204	79	277

2.5 融雪径流量的估算

在流域内无明显降水情况下,融雪平均径流量 J 估算方程为:

$$J = \gamma(N_1 - N_2)/T$$

其中 N_1 为前一时刻的流域内积雪含水量; N_2 为后一时刻的流域内积雪含水量; γ 为融雪径流系数,与降雨径流系数的物理意义相似,一般取 $0.4 \sim 0.7$; T 为二次卫星积雪观测的间隔时间。

2002年7月24日08时以后至30日,经雷达多次监测未发现渭干河流域内有明显的降水。根据表1的计算,24日14时~25日14时,平均入克孜尔水库的积雪径流量 $204 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,至27日入库积雪径流量竟然达到 $277 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。我们在25日预测:22~23日暴雨(雪)在山区形成的新雪主体在29日左右可大部分融化。预测与实况基本吻合。

3 小结

暴雨融雪型洪水是新疆天山山区、昆仑山区、帕米尔高原和甘肃祁连山区、青海西部山区常见的洪水类型,是气象部门防洪抗洪服务研究的主要对象之一。对2002年汛期渭干河流域暴雨融雪洪水的预报服务技术的研究和实践,得出以下几个主要结论与认识。

(1)暴雨型、融雪型、暴雨融雪混合型洪水是新疆与西北山区主要洪水类型。以前所研究暴雨融雪混合型是指暴雨前高温(或升

温)造成山区融雪,其融雪径流与暴雨径流合成加剧洪水危害程度。本研究发现了暴雨融雪型的一种新副型,主要表现为暴雨时段高山区形成较厚积雪,造成主洪峰过境后,继续有大量融雪径流形成洪水,造成长时间危害。

(2)对于暴雨融雪型洪水的这类新副型的监测预报的思路,前期是暴雨的定量落区预报和暴雨径流量预测;后期是山区新增积雪的融化及其融雪量的监测预测,做好水库容量调控的气象保障服务工作。

(3)在暴雨融雪型洪水监测预测气象服务工作中,遇到了一系列技术问题。本文的研究着重地提出了暴雨落区预报、暴雨径流量预测、流域面雨量估算、山区积雪可融含水量的计算、融雪径流量的监测与预测等新方法,对新疆与西北部分地区的融雪型洪水、暴雨融雪型洪水的监测预测均有着有效的借鉴意义。其技术指标参数尚待根据当地的实践经验积累进行调整。

致谢:本文在徐夔慧正研级高级工程师指导下完成,在此表示感谢。

参考文献

- 1 新疆通志.气象志编撰委员会.新疆通志(第十卷)气象志,乌鲁木齐:新疆人民出版社,1995:189.
- 2 李锡龄编写.跨活动断层筑坝的克孜尔水库工程简介.新疆科技兴水实例(第一册).乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1995:198~217.
- 3 黄健,毛炜峰,李燕等.渭干河流域“2002·7”特大洪水分析.冰川冻土,2003,25(2):204~210.

A New Technique of Forecast and Service of Heavy Rainfall and Snow-melted Flood in Weigan River Area

Zhang Junlan¹ Mao Weiyi² Wang Jinmin¹ Zhang Yaxin¹

(1. Aksu Meteorological Office, Xinjiang, 843000 2. Xinjiang Environment Meteorology Center, 830002)

Abstract

The contributions of the heavy rain and the melted snow during severe flood of the Weigan River area in Xinjiang in the summer of 2002 are analyzed based on the data obtained by the meteorological observation, radar and satellite monitor, hydrology and meteorology forecast products. A new technique of forecasting and service of the heavy rain and snow-melted flood in Xinjiang is developed.

Key Words: area rainfall radial flux snow-melted flood