

大理河 2017 年“7·26”暴雨产洪产沙浅析

金双彦, 高文永, 郭邵萌, 高亚军

(黄河水文水资源科学研究院, 河南 郑州 450004)

摘要: 阐述了大理河 2017 年“7·26”暴雨洪水的水文情势, 计算了次洪径流量和次洪输沙量, 并与历史洪水进行了对比分析, 发现本次洪峰流量、次洪径流量和次洪输沙量在历史点群的左上方或点群中间。结果表明: 几十年水土保持工作和生态修复政策的实施, 大理河流域下垫面发生了一定程度的改变, 但是遇到“7·26”这样的强降雨, 依然会产生高含沙洪水。

关键词: 产洪产沙; 下垫面; 大理河; “7·26”暴雨洪水

中图分类号: P333.2; S157

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2019)01-0093-04

2017 年 7 月 25~26 日, 黄河山峡区间中北部出现强降雨过程, 暴雨中心位于无定河支流大理河。大理河干支流相继发生洪水, 绥德水文站 26 日 5 时 05 分洪峰流量 $3\,290\text{m}^3/\text{s}$, 为 1959 年建站以来实测最大洪水。与历史洪水相比, 现状下垫面条件下本次暴雨产流产沙状况如何? 带着疑问, 项目组深入暴雨中心区开展实地查勘, 并在此基础上, 对绥德站次洪水沙量进行了分析。

1 大理河流域概况

大理河是黄河支流无定河最大的一级支流, 位于东经 $109^{\circ}14' \sim 110^{\circ}13'$, 北纬 $37^{\circ}30' \sim 37^{\circ}56'$, 在陕西省北部, 榆林地区南部。发源于靖边县白于山东侧、毛乌素沙漠南缘, 自西向东流经靖边、横山、安塞、子长、子洲 5 县, 至绥德县城东北注入无定河。干流全长 170km, 流域面积 $3\,906\text{km}^2$, 高差 503.3m, 河床比降 3.16% 。流域出口水文站为绥德水文站, 集水面积 $3\,893\text{km}^2$, 占全流域面积的 99.7%。大理河流域主要支流有小理河、岔巴沟等, 见图 1。

大理河流域包括两个地貌类型区, 青阳岔以上的上游段为黄土梁塬河源丘陵沟壑区, 青阳岔至周家砭的中游段和周家砭至绥德的下游段为黄土梁峁丘陵沟壑区^[1-4]。流域多年平均土壤侵蚀模数在 $12\,000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上, 水土流失严重, 是黄河流域粗泥沙的主要来源区之一。

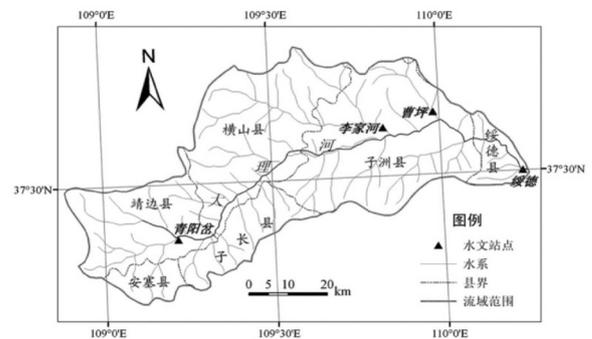


图 1 大理河流域位置示意图

Fig.1 The location of the Dalihe River basin

2 雨水沙情

2.1 雨情

受高空槽底部冷空气与副高外围暖湿气流共同影响, 2017 年 7 月 25~26 日黄河山峡区间中北部大部分地区降大到暴雨, 大理河普降暴雨到大暴雨。暴雨过程从 25 日 17 时到 26 日 7 时, 历时 14h, 雨量大于 200mm 的有 7 个雨量站(见表 1)。主雨时段从 25 日 22 时到 26 日 6 时, 历时 8h, 期间雨量占总雨量的 89%, 雨峰出现在 26 日 2 时。特大暴雨中心绥德赵家砭雨量 252.3mm 。等值线法计算的面平均雨量为 129.8mm ; 50mm 降雨量笼罩面积 $3\,775\text{km}^2$, 占流域总面积的 97.0%; 100mm 降雨量笼罩的面积约 $2\,753\text{km}^2$, 占流域总面积

收稿日期: 2017-10-17

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0402401)

作者简介: 金双彦(1974-), 女, 山西夏县人, 教高, 博士, 主要从事水文水资源方面的研究工作。E-mail: 1178922805@qq.com

的70.7%(见表2)。

2.2 水情沙情

受强降雨影响,大理河干支流相继发生洪水。上游青阳岔站26日4时洪峰流量1800m³/s,8时最大含沙量620kg/m³;小理河李家河站26日5时洪峰流量997m³/s,为1994年以来最大洪水,按年最大值排序,为有资料以来第3位,5:30时最大含沙量260kg/m³;岔巴沟曹坪站26日7时洪峰流量299m³/s,8时最大含沙量272kg/m³;大理河绥德站26日5:05时洪峰流量3290m³/s(见图2),为1959年建站以来实测最大洪水。

(1)此次大理河绥德站次洪水沙量都比较大。绥德站7月26日0时洪水起涨,流量为3.46m³/s,水位为811.83m。5:05时洪峰流量3290m³/s,最高水位823.1m,水位涨幅达11.27m。次洪径流量1.1335×10⁸m³(见表3),排历史第一,是第二名1977年“8·05”洪水水量的1.6倍。

绥德站次洪输沙量为3373×10⁴t,排历史第四。前三名分别为1977年“8·05”洪水的5450×10⁴t,2001年“8·19”洪水的3850×10⁴t,以及1966年“8·15”洪水的3780×10⁴t。

(2)绥德站洪水峰顶高水位持续接近5.5h。从Google Earth上可以看出,大理河在汇入干流无定河处二者呈现接近180度的夹角。大理河绥德站洪峰出现于26日5时05分,干流无定河丁家沟站的洪峰出现于26日4时48分,峰现时间相差17min;绥德站距离无定河口4.4km,丁家沟站距离大理河入无定河处16.5km;从峰现时间和到河口的距离判断,在二者交汇处,无定河洪水对大理河洪水有顶托作用。受干流无定河洪水顶托的影响,绥德站峰顶822m高水位持续接近5.5h。

3 产洪产沙分析

建立暴雨洪水泥沙关系时,选取了三个影响产洪

表1 7月25日17时~26日7时单站大于200mm的降雨量统计

Table1 The statistics of the rainfall higher than 200mm at the stations from 17:00 on July 25 to 7:00 on July 26

序号	所属河流	雨量站	累计雨量/mm	序号	所属河流	雨量站	累计雨量/mm
1	大理河	子洲	218.7	5	岔巴沟	曹坪	212.2
2	小理河	李家瓜	218.4	6	岔巴沟	朱家阳湾	201.2
3	小理河	李家河	214.8	7	岔巴沟	姬家硷	200.6
4	岔巴沟	新窑台	214.2				

表2 大理河7月25日17时~26日7时暴雨不同量级雨量笼罩面积

Table2 The enveloped area of the different rainfall in the Dalihe River basin from 17:00 on July 25 to 7:00 on July 26

区域	不同量级雨量(mm)笼罩面积/km ²							面积/km ²	面雨量/mm
	0~25	25~50	50~75	75~100	100~150	150~200	200~250		
大理河	0	118.2	414.8	606.5	1549	715.2	489.2	3893	129.8

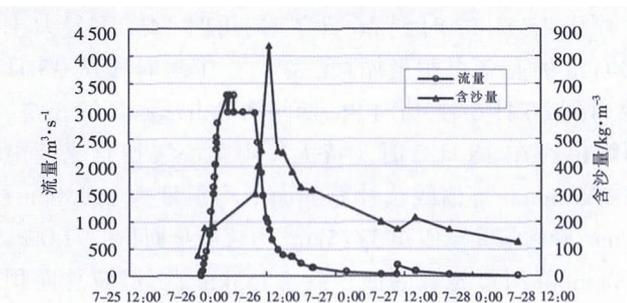


图2 大理河绥德“7·26”洪水流量和含沙量过程线

Fig.2 The discharge and sediment concentration of “7·26” flood at the Suide station

表3 大理河“7·26”洪水主要水文站水沙量

Table3 The runoff and sediment at the major stations of “7·26” flood in the Dalihe River basin

河流	站名	径流量/10 ⁴ m ³	输沙量/10 ⁴ t	起迄时间(日时分~日时分)
大理河	青阳岔	2 229	1 291	25 20:00~27 00:00
小李河	李家河	2 263	361	25 23:00~27 04:00
岔巴沟	曹坪	659	88	25 21:42~26 17:30
大理河	绥德	11 335	3 373	26 00:42~28 08:00

产沙的主要自变量,即次洪对应的面平均雨量(\bar{P})、不同百分比降雨量(40%~100%,间隔 10%)集中期的最大雨强(I)和暴雨笼罩面积占流域面积的比值(F_i/F_0)。

根据“十一五”国家科技支撑计划专题的成果^[5],因变量与降雨组合因子的关系式分别为:洪峰流量 $Q_m=625.7*(\bar{P}*I_{40})^{0.080}*(1+F_{50}/F_{总})^{0.73}$,次洪径流量 $W_w=202.6*(\bar{P}*I_{40})^{0.217}*(1+F_{50}/F_{总})^{1.88}$,次洪输沙量 $W_s=375*(\bar{P}*I_{40})^{0.160}*(1+F_{50}/F_{总})^{1.08}$ 。式中: \bar{P} 为次洪对应的面平均雨量; I_{40} 为 40%次洪降雨量的最大雨强; F_{50} 为 50mm 降雨量的笼罩面积; $F_{总}$ 为大理河流域面积。

选取绥德站洪峰流量从大到小排序的前 25 场历史洪水,分别建立洪峰流量、次洪径流量和次洪输沙量与对应的面平均雨量、降雨组合因子的关系(见图 3~4)。

本次洪峰流量 3 290m³/s,在点群左上方;次洪径流量为 1.1335×10⁸m³,也在点群左上方;次洪输沙量 0.3373×10⁸t,在趋势线略偏右下方,仍然在点群中间。说明经过 50~60 年的水土保持治理后,大理河流域下垫面有了明显的改善,但是遇到“7·26”这样的极端强降雨,依然会产生大的洪峰流量和洪量、相对较大的沙量。

4 泥沙来源浅析

(1)林草植被。大理河流域在 1998 年实施了退耕

还林、封山禁牧等政策,到目前植被覆盖度有了明显的提高,从 20 世纪 70 年代的 9.9%、90 年代的 14.9% 提高到 2013 年的 35.8%^[6]。

本次暴雨中心大部分雨量站 1h 雨量在 30~40mm,部分站 50~60mm,磨石沟李孝河站更是达到 79mm,高强度降雨已大大超出坡耕地的抗冲抗蚀性,坡耕地的地表细沟侵蚀非常明显,甚至有些地方有冲沟发育,但自然修复坡面细沟侵蚀比较少见。暴雨形成的细沟或冲沟侵蚀基本上发生在正在耕种的坡耕地和地表裸露的经济林地上。

(2)梯田。大理河流域新修梯田不多,在耕的坡耕地规模大,机修梯田规模小。根据全国水利普查成果,本次暴雨中心子洲县梯田占水土流失面积的比例为 10%~15%,米脂和绥德县为 15%~20%。部分老梯田遇到“7·26”强降雨,发生田埂水流冲蚀,但是从损毁面上的深棕色痕迹判断,大多数损毁不是由于本次暴雨,而是长年累月风蚀水蚀的结果。

(3)淤地坝。本次实地查勘淤地坝约 20 多座,没有损毁的淤地坝基本没有排沙,有损毁的淤地坝大多是溢洪道或排水设施旁边冲了一条沟。总体来说,淤地坝拦沙量大于因损毁而下排的泥沙量。

(4)重力侵蚀。在黄土丘陵沟壑区,降雨强度大于下渗能力时产生坡面径流,其必然要流经沟边,植被

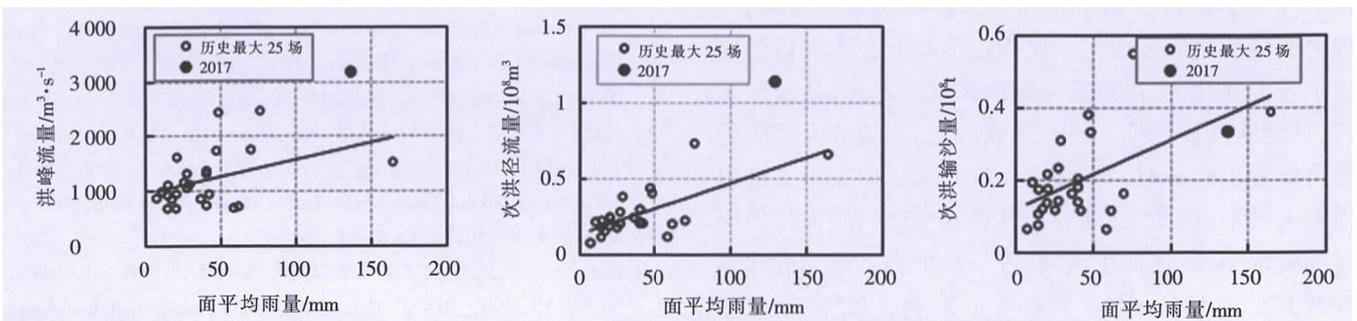


图 3 绥德站洪峰流量、次洪径流量和次洪输沙量与对应的面平均雨量的关系

Fig.3 The relation between peak discharge, flood runoff, flood sediment and mean areal rainfall at the Suide station

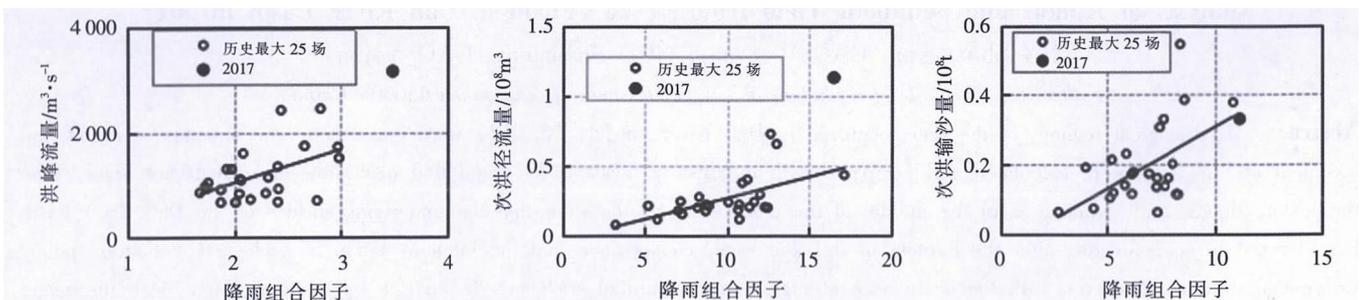


图 4 绥德站洪峰流量、次洪径流量和次洪输沙量与降雨组合因子的关系

Fig.4 The relation between peak discharge, flood runoff, flood sediment and rainfall combination factors at the Suide station

条件得到改善后,水流中携带的泥沙到达沟边时往往达不到挟沙能力,加上此时势能转化为动能流速加大,导致冲刷沟边引起坍塌,因而挟带起大量泥沙向下游输送。

随着坡面到崩沟、支沟、干沟,再到支流,水流汇集,流速逐渐增大,挟沙能力增强,极限含沙量也逐渐增大^[7]。

(5)其它。沿途查勘的所见所闻,河道两边和滩地冲刷比较严重、洪水之前的河道淤积物在本次洪水中一卷而下、农民为便于上山耕作而修建的小路被冲刷等,也是泥沙的来源途径。

5 认识与思考

(1)暴雨强度大、笼罩面积广,来水来沙比较多。暴雨中心绥德赵家砭次洪降雨量 252.3mm,50mm 和 100mm 降雨量等值线笼罩面积分别占流域总面积的 97.0%和 70.7%。绥德站 26 日 5:05 时洪峰流量 3290m³/s,为 1959 年建站以来实测最大洪水。次洪面平均雨量仅次于 1977 年,排历史第二位,次洪径流量排历史第一位,次洪输沙量排历史第四位。说明经过 50~60 年的水土保持治理后,大理河流域下垫面有了明显的改善,但是依然会产生大的洪峰流量和洪量、相对较大的沙量。

(2)产汇流和侵蚀产沙输沙研究任重而道远。经过几十年水土保持工作和流域生态修复政策的实施,大理河流域下垫面发生了一定程度的改变,水文情势出现了较大变化,大洪水发生频次降低。不过,从长期来看,该地区气候特征并没有本质改变,局地或大范围仍有可能发生短历时的强降雨天气,从而引发干支流出较大洪水。因此,必须利用各种水文、水保、泥沙等研究的技术手段,选择小流域,进一步加强下垫面变化调查及其对产汇流、侵蚀、产沙等的影响,以适应下垫面条件不断变化的水沙成因分析工作。

参考文献:

- [1] 李丽娟,姜德娟,杨俊伟,等. 陕西大理河流域土地利用/覆被变化的水文效应[J]. 地理研究, 2010,29(7):1233-1243. (LI Lijuan, JIANG Dejuan, YANG Junwei, et al. Study on hydrological response to land use and land cover change in Dali River basin of Shaanxi province [J]. Geographical Research, 2010,29(7):1233-1243. (in Chinese))
- [2] 冉大川,张志萍,罗全华,等. 大理河流域 1970-2002 年水保措施减洪减沙效益深化分析[J]. 水土保持研究, 2011,18(1):17-22. (RAN Dachuan, ZHANG Zhiping, LUO Quanhua, et al. More comprehensive analysis on benefits of flood and sediment reduction of soil and water conservation measures during 1970-2002 in Dali River basin [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2011,18(1):17-22. (in Chinese))
- [3] 王民,李占斌,崔灵周,等. 大理河流域地貌分形特征空间变异研究[J]. 水土保持通报, 2008,28(5):104-107. (WANG Min, LI Zhanbin, CUI Lingzhou, et al. A study on spatial variation of geomorphologic fractal characters in Dali River watershed [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2008,28(5):104-107. (in Chinese))
- [4] 李斌斌,李占斌,李鹏. 基于 GIS 与 RS 的大理河流域植被格局分形维数时空变化特征[J]. 农业工程学报, 2015,31(12):173-178. (LI Binbin, LI Zhanbin, LI Peng. Spatial and temporal variation characteristics of vegetation cover fractal dimension in Dali River watershed based on GIS and RS [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015,31(12):173-178. (in Chinese))
- [5] 徐建华,李晓宇,陈建军,等. 黄河中游河口镇至龙门区间水利水保工程对暴雨洪水泥沙影响研究 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2009: 116-119. (XU Jianhua, LI Xiaoyu, CHEN Jianjun, et al. Conservation Projects Impacts on Flood and Sediment in Hekouzhen to Longmen Region [M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 2009:116-119. (in Chinese))
- [6] 刘晓燕. 黄河近年水沙锐减成因 [M]. 北京: 科学出版社, 2016:96-114. (LIU Xiaoyan. Causes of Sharp Decrease in Water and Sediment in Recent Years in the Yellow River [M]. Beijing: Science Press, 1987:49-50. (in Chinese))
- [7] 钱宁,张仁,周志德. 河床演变学[M]. 北京: 科学出版社, 1987:49-50. (QIAN Ning, ZHANG Ren, ZHOU Zhide. River Bed Evolution [M]. Beijing: Science Press, 1987:49-50. (in Chinese))

Analysis of Runoff and Sediment Yield from “7·26” Flood in Dali River Basin in 2017

JIN Shuangyan, GAO Wenyong, GUO Shaomeng, GAO Yajun

(Yellow River Institute of Hydrology and Water Resources, Zhengzhou 450004, China)

Abstract: Hydrological regimes of the flood occurred in Dali River on July 26, 2017 were introduced. The amounts of runoff and sediment of this flood were calculated and compared with the history floods. It is found that peak flow and runoff are higher than the history floods, and sediment is in the middle of the group. The results show that the underlying surface of the Dali River basin has changed in some degree, after the harness of soil and water conservation and the implementation of ecological restoration policy for several decades. However, with the occurrence of high intensity rainfall such as “7·26”, it will generate large peak discharge, runoff and relatively large amount of sand.

Key words: runoff and sediment yield; underlying surface; Dali River; “7·26” rainstorm and flood