

敦煌西土沟沙漠洪水资源开发利用模式及成效分析

陈学林¹, 牛最荣¹, 黄维东¹, 张文春², 王亦农¹, 张昌顺²

(1.甘肃省水文水资源局,甘肃 兰州 730000;2.甘肃省酒泉水文水资源勘测局,甘肃 嘉峪关 735100)

摘要:收集研究区域内雨量站历年降水量资料,水文站历年径流系列资料以及历年最大洪峰流量、洪水总量成果资料及西土沟敦煌沙漠水文实验研究站实测水文资料,调查该区域内洪水沟道的历史最大洪水。用水文学原理和方法对洪峰流量和洪水总量变化规律进行统计分析,结合敦煌西土沟流域灾害综合治理工程实施情况估算区域水资源可利用量,提出沙漠洪水资源开发利用新模式。结果表明:西土沟流域洪水灾害综合治理工程的实施探索出导流+分洪+工程防护的洪水资源开发利用模式、拦蓄洪水产生地下径流利用模式和沙漠冷水虹鳟鱼养殖到葡萄种植的区域水资源重复利用模式;有效遏制了研究区内沙漠的进一步推进并可显著增加流域内可利用水资源量,实现了区域生态治理与经济良性循环。

关键词:洪水调查;洪水总量;水资源可利用量;灾害治理成效;敦煌西土沟流域

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)02-0073-05

1 前言

西土沟流域包括阿克塞自治县和敦煌市部分地区,属内陆河流域疏勒河水系。西土沟流域上游地处祁连山西端和阿尔金山东端区域,长期面临“水患”、“沙害”的双重威胁,区域绿洲外围土地沙化面积不断扩大,区域地下水水位下降,泉水出流量锐减,世界文化遗产莫高窟、大漠奇观鸣沙山-月牙泉等一大批独具特色的人文和自然景观正经受着严峻考验。从2001年开始,历时10年时间在西土沟流域内实施了西土沟流域洪水灾害综合治理工程,又称“沙漠都江堰”工程,此项工程构成拦蓄-滞洪-利用的防沙防洪工程体系,既起到防洪固沙作用,又可有效增加区域水资源可利用量,实现了区域生态治理与经济良性循环。

虽然国内外在雨洪水资源开发利用方面已有不少研究成果,但是大部分研究成果都着眼于较大集水面积流域和水库,对缺乏水文资料的小流域关注相对较少,尤其对沙漠区洪水资源开发利用问题研究比较罕见,2016年2月《瞭望》新闻周刊报道,西土沟流域“沙漠都江堰”工程洪水灾害综合治理模式被列入我国“十三五”治水新思路中。本文在调查西土沟流域洪水沟道

历史洪水和西土沟敦煌沙漠水文实验研究站实测水文资料的基础上,利用研究区域邻近流域水文站历年径流系列资料以及历年最大洪峰流量、洪水总量实测成果资料研究分析该流域洪水产生规律及特征,结合流域内洪水灾害综合治理工程实施情况探索提出洪水资源开发利用模式,并对流域治理成效进行初步分析。

2 研究区概况

西土沟流域上游区域的红柳沟、阿克塞沟、黑沟、红崖子沟、大鄂博图沟、小鄂博图沟、博罗转井沟、长草沟等8条沟道洪水汇集在一起,通过阿克塞盆地汇入敦煌市阳关镇西土沟,其汇水面积约1125km²,主沟长约235km,流域相对高差4349m,平均纵坡降为18.5‰。地形比较简单,由中高山地貌和堆积地貌组成。土壤可分为如下几种类型:戈壁、沙漠、盐碱地、沼泽地、湿地、荒草地、绿洲地(含耕地)和水体等。本区域属典型的大陆性、温热沙漠型气候区,年平均日照时数为3240h,年平均气温9.4℃,多年平均降水量40.1mm,多年平均蒸发量高达2417.19mm,气候干旱少雨,蒸发量为降水量的60倍。西土沟流域地理位置见图1。

收稿日期:2016-06-10

作者简介:陈学林(1967-),男,甘肃临泽人,教授级高级工程师,主要从事水文水资源监测、评价和研究工作。E-mail:chxuelin@126.com

通讯作者:牛最荣(1964-),男,甘肃通渭人,教授级高级工程师,主要从事水文水资源及水环境监测、评价和研究工作。E-mail:zrniu12@sina.com

表2 西土沟出山口设计频率洪峰流量成果表

Table2 The design frequency peak flow at the Xitugou mountain pass

站名	集水面积 / km ²	统计参数			P / %					
		$Q_m / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	C_v	C_s / C_v	1	2	3.3	5	10	20
党河水库水文站	16 970	131	1.01	2.5	642	536	430	397	296	199
西土沟(洪泉坝)	1 125				227	189	152	140	105	70.3

注:表内不同频率设计洪峰流量单位为m³/s。

表3 2015年月年径流量统计表

Table3 The statistics of the runoff in 2015

径流量 / 10 ⁴ m ³	月份												年径 流量
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
测站													
西土沟(洪泉坝)	49.55	44.76	49.55	53.4	350.9	92.53	216.2	66.16	60.65	49.82	51.32	53.57	1 138
党河水库	1 605	1 679	3 375	4 046	3 065	3 864	8 044	3 346	3 431	2 787	2 678	1 794	39 560

3.2.1 同步实测资料

为了研究西土沟流域水资源特征及规律,2014 年 12 月,甘肃省水文水资源局在西土沟流域设立了敦煌沙漠水文实验研究站,依据相关规范和技术要求,布设西土沟出山口洪泉坝站、下游实验研究(渠)站、实验研究(河)站三个测验断面,分别在出山口监测上游来水量,下游监测泉水溢出量。2015 年 1 月 1 日开始观测并积累气温、降水、蒸发、水位、流量等水文气象资料。党河水库水文站 1982~2015 年有完整的实测径流系列资料和反推入库洪水资料系列,同步实测径流资料见表 3。

3.2.2 洪水总量分析计算

西土沟与党河同属山区性河流,流域内地质、水文、气象条件及植被覆盖情况均与党河流域条件相似,洪水均为暴雨洪水,且属同一暴雨分区。根据 2015 年实测洪水总量(基流分割后),采用面积比拟法分析计算。

党河水库水文站控制流域面积 16 970km²,西土沟洪泉坝段以上集水面积 1 125km²,西土沟洪水总量用下列公式计算:

$$W_{\text{西}}=(F_{\text{西}}/F_{\text{参}})nW_{\text{参}} \tag{1}$$

式中: $W_{\text{西}}$ 为西土沟实测洪水总量(10⁴m³); $W_{\text{参}}$ 为参证站党河水库站洪水总量(10⁴m³); $F_{\text{西}}$ 为西土沟流域面积(km²); $F_{\text{参}}$ 为参证站党河水库站流域面积(km²); n 为比拟系数。

表4 西土沟洪水总量频率计算成果表

Table4 The results of the total flood frequency calculation for the Xitugou watershed

站名	流域面积 / km ²	均值 / 10 ⁴ m ³	C_v	C_s / C_v	P				
					1%	2%	5%	10%	20%
党河水库(坝上)	16 970	2 640	1.20	2.20	15 000	12 400	9 030	6 550	4 200
西土沟(洪泉坝)	1 125				1 960	1 620	1 180	855.7	548.7

注:表内不同频率洪水总量单位为10⁴m³。

代入 2015 年实测数据进行分析得出比拟系数 n (取值 0.75)。西土沟历年洪水总量变化过程线见图 3。

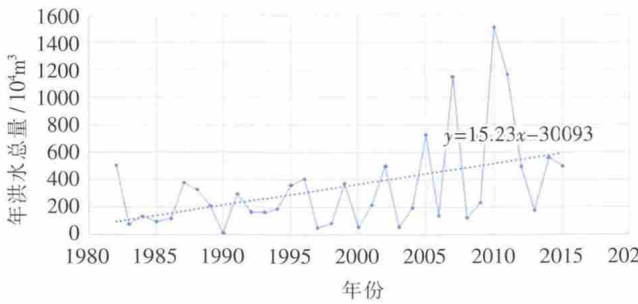


图3 西土沟历年洪水总量变化过程线图

Fig.3 The change process of the annual total flood in the Xitugou watershed

3.2.3 洪水总量频率分析

依据党河水库历年洪水过程(基流分割后)计算的洪水总量长系列资料进行 P- 型频率曲线分析计算,比拟分析得出西土沟流域不同频率洪水资源量,比拟系数 $n=0.75$ 。计算结果见表 4。

4 洪水灾害治理及洪水资源开发利用模式

西土沟流域洪水灾害通过“沙漠都江堰”工程实施综合治理,该工程主要包括导流工程、排导工程、护堤工程。首先在洪水汇集口的沙漠里修建分洪河道,

把洪水分流在库姆塔格沙漠,使绿洲及原河道免遭洪灾冲毁;其次修建沙障,既阻挡沙丘前移,又将分流的洪水分别拦蓄其中,积蓄的洪水下渗形成“地下水库”;最后在“地下水库”附近开挖侧渗截面,使下渗变清的洪水流淌出来成为可利用水资源。

通过分析研究提出导流→分洪→拦蓄→下渗→利用的洪水资源开发利用模式,拦蓄洪水产生地下径流→沙漠冷水虹鳟鱼养殖→葡萄种植、旅游生态用水的区域水资源重复利用模式。西土沟流域洪水资源开发利用模式见图4。

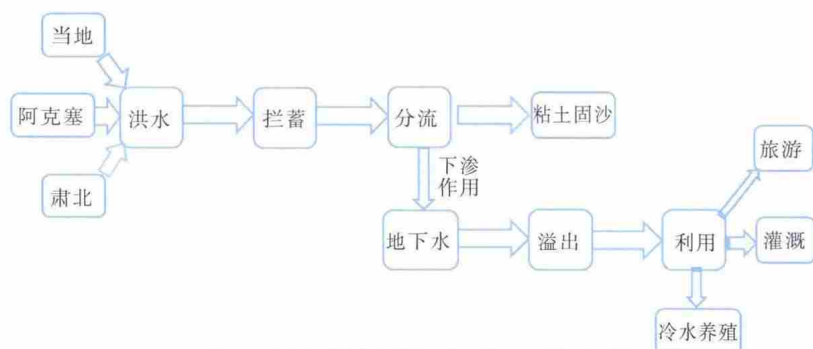


图4 西土沟流域洪水资源开发利用模式框图

Fig.4 The block diagram of development and utilization of the flood resources in the Xitugou watershed

5 流域综合治理成效分析

5.1 防洪治沙效果

5.1.1 防洪效果

西土沟流域洪水灾害综合治理工程实施洪水疏流-沙石渗滤-洪水拦蓄-枢纽调蓄-集水净化等技术,采取清洪分离、多级梳流、渗滤净化,变“水害”为“水利”,该项工程排导渠设计过水能力、导流坝堤顶高度、河堤冲刷深度均满足20年一遇防洪设计标准。据敦煌市水利志记载西土沟自1995年以来较大以上洪水发生过26次,每次洪水灾害损失均较为严重,冲毁村庄、道路、泉水溢出沟道。西土沟调查历史最大、次大洪峰流量分别为 $140\text{m}^3/\text{s}$ 、 $126\text{m}^3/\text{s}$,20年一遇设计洪峰流量为 $140\text{m}^3/\text{s}$,实现了防洪保安全、保水源的目标。

5.1.2 治沙效果

西土沟流域洪水灾害综合治理工程实施分洪疏流,将洪水泥浆有序引入沙漠,通过粘土盐壳固沙技术遏制沙漠的推进,粘土固沙面积 30km^2 ,荒漠化治理面积 60km^2 ,在库姆塔格沙漠风口设置沙障100多条,形成了保护阳关的 21km 生态屏障,把“沙化”危及村庄

的沙漠推出沙漠长城以外远离村庄 5.6km 。

5.2 不同年代泉水资源量变化

西土沟下游泉水出流量表现为1980、1990年代径流量比较稳定(代表年份1983年,年径流量 $2.617\times 10^4\text{m}^3$);2000年代偏枯,径流量偏低50%(代表年份2006年,年径流量 $1.104\times 10^4\text{m}^3$);2010年代偏丰,偏高40%(代表年份2015年,年径流量 $3.456\times 10^4\text{m}^3$)。此表现特征与区域生态环境变化和流域内沙漠都江堰工程建设密切相关。

根据西土沟洪泉坝段洪水总量频率分析结果,

1983年和2015年西土沟洪泉坝段洪水总量均属平水年份,据此可以分析得出:西土沟流域沙漠都江堰工程竣工后的2015年比20世纪80年代的1983年净增泉水出流径流量为 $839\times 10^4\text{m}^3$,年平均流量净增 $0.27\text{m}^3/\text{s}$;工程竣工后的2015年比工程实施期间的2001~2006年净增泉水出流径流量为 $2.352\times 10^4\text{m}^3$,年平均流量净增 $0.75\text{m}^3/\text{s}$ 。

5.3 区域水资源可利用量估算

5.3.1 工程实施前水资源可利用量估算

据西土沟洪泉坝站2015年实测年径流量 $1.138\times 10^4\text{m}^3$,分割基流后洪水总量 $481.2\times 10^4\text{m}^3$,进行频率分析计算为5年一遇年洪水总量,为相对普遍、发生频次较高的洪水过程,当遇到发生频次较低的大洪水过程时,洪水总量占年径流量的比重会加大,其水资源利用率会降低,故以5年一遇频次的洪水过程估算西土沟流域水资源利用量较为合理,以洪水资源量不计入可利用水资源量的方法进行估算,西土沟可利用水量为 $657.8\times 10^4\text{m}^3$,水资源的利用率为57.8%。

5.3.2 工程实施后水资源可利用量估算

当流域内陡涨陡落、峰高量大的洪水过程通过工程措施的影响,转化为稳定的、清澈的优质水资源后,水资源的利用量及利用率都会得到较大的提升。为了合理估算工程实施后对流域水资源可利用量的影响,在地下水溢出带下游泉水汇集的河段设立测验断面,监测西土沟下游泉水溢出量,该断面水量流入月亮湖水库并得到充分利用。据监测资料显示,2015年西土沟流域水资源可利用量为 $3.456\times 10^4\text{m}^3$,扣除必要的渗漏损失,利用率达到90%以上。

综合以上分析得出:西土沟流域通过“沙漠都江堰

堰工程”措施水资源可利用量净增 $2\,798.2 \times 10^4 \text{ m}^3$, 水资源利用率提高 32.2%。

6 结论

(1) 区域洪水规律及特征。西土沟出山口 100 年一遇洪峰流量为 $227 \text{ m}^3/\text{s}$, 20 年一遇洪峰流量为 $140 \text{ m}^3/\text{s}$; 西土沟出山口 100 年一遇洪水总量 $1\,960 \times 10^4 \text{ m}^3$, 5 年一遇洪水总量 $548.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

(2) 结合西土沟流域洪水灾害综合治理工程提出导流→分洪→拦蓄→下渗→利用的洪水资源开发利用模式, 拦蓄洪水产生地下径流→沙漠冷水虹鳟鱼养殖→葡萄种植、旅游生态用水的区域水资源重复利用模式。

(3) 西土沟流域洪水灾害综合治理工程的实施可满足 20 年一遇防洪设计标准, 沙漠治理效果明显; 工程竣工后的 2015 年比工程实施期间的 2001~2006 年净增泉水出流量净增 $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$, 比 20 世纪 80 年代的 1983 年净增泉水出流量 $0.27 \text{ m}^3/\text{s}$; 区域水资源可利用量净增 $2\,798.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

参考文献:

- [1] 牛最荣, 赵文智, 黄维东, 等. 黑河下游生态调水对水资源时空变化的影响分析[J]. 水文, 2011, 31(5). (NIU Zuirong, ZHAO Wenzhi, HUANG Weidong, et al. Impact of ecological water diversion on temporal and spatial change of water resources in Heihe downstream [J]. Journal of China Hydrology, 2011, 31(5). (in Chinese))
- [2] 牛最荣, 赵文智, 陈学林, 等. 黑河流域中西部子水系水资源分布特征研究[J]. 冰川冻土, 2010, 32(6). (NIU Zuirong, ZHAO Wenzhi, CHEN Xuelin, et al. Study of the water resources characteristics in the mid-west sub-water systems of the Heihe River [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2010, 32(6). (in Chinese))
- [3] 牛最荣, 赵文智, 刘进琪, 等. 甘肃渭河流域气温、降水和径流变化特征及趋势研究[J]. 水文, 2012, 32(2). (NIU Zuirong, ZHAO Wenzhi, LIU Jinqi, et al. Study on change characteristics and tendency of temperature, precipitation and runoff in Weihe River basin in Gansu [J]. Journal of China Hydrology, 2012, 32(2). (in Chinese))
- [4] 牛最荣, 赵文智, 刘进琪, 等. 甘肃渭河流域土地利用及覆被变化对径流的影响研究[J]. 水利水电技术, 2012, 43(4). (NIU Zuirong, ZHAO Wenzhi, LIU Jinqi, et al. Study on impact from change of land-use and land-cover on runoff in Weihe River basin in Gansu province [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2012, 43(4). (in Chinese))
- [5] 陈学林, 刘进琪, 牛最荣, 等. 青甘宁三省区定点洪水调查方法研究[J]. 水文, 2012, 32(4). (CHEN Xuelin, LIU Jinqi, NIU Zuirong, et al. Method of fixed-point flood investigation for Qinghai, Gansu and Ningxia [J]. Journal of China Hydrology, 2012, 32(4). (in Chinese))
- [6] 陈学林, 牛最荣, 刘进琪, 等. 局部暴雨洪水(泥石流)调查方法研究[J]. 中国水利, 2012, (1). (CHEN Xuelin, NIU Zuirong, LIU Jinqi, et al. Survey and investigation methods of regional rainstorm and flood (mudslide) [J]. China Water Resources, 2012, (1). (in Chinese))
- [7] 陈满祥, 杨清武, 李俊民, 等. 甘肃省地表水资源[M]. 甘肃省水文总站, 1984: 11-14. (CHEN Manxiang, YANG Qingwu, LI Junmin, et al. Surface Water Resources in Gansu Province [M]. General Hydrological Monitoring Station, 1984: 11-14. (in Chinese))
- [8] 陈满祥, 张济世, 陈颂平. 河西水资源合理开发、持续利用与人工生态环境建设的研究[A]. (Chen Manxiang, Zhang Jishi, Chen Songping. The rational development of water resources, sustainable utilization and research on the construction of artificial ecological environment [A]. (in Chinese))

Mode and Effect of Flood Resources Utilization in Xitugou Watershed of Dunhuang

CHEN Xuelin¹, NIU Zuirong¹, HUANG Weidong¹, ZHANG Wenchun², WANG Yinong¹, ZHANG Changshun²

(1. Hydrology and Water Resources Bureau Gansu Province, Lanzhou 730000, China;

2. Jiuquan Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Gansu Province, Jiayuguan 735100, China)

Abstract: The historical data of precipitation, runoff, annual maximum peak discharge and total flood volume in the study watershed were collected. The observed hydrological data were also collected at the Xitugou experimental station in Dunhuang. In addition, an investigation was made on the historical maximum floods in the channels. The hydraulic theories and methods were adopted to statistically analyze the change of the peak discharge and flood volume. Based on the implementation status of Xitugou Watershed Hazard Comprehensive Treatment Project, the available water resource in the region was estimated. The study proposed a new model of developing and utilizing the flood resources in the desert. The results show that the implementation of Xitugou Watershed Hazard Comprehensive Treatment Project has led to some utilization models including the flood resources utilization model of river diversion+flood diversion+project protection, the utilization model concerning groundwater runoff due to flood blocking, water resources recycling model regarding cold water rainbow trout cultivation in the desert together with grape growth. Achievements have also been made in containing the desert spreading in the study area, increasing the available water resources in the watershed concerned, and beneficial cycle of regional ecological management and economic development.

Key words: flood investigation; total flood discharge; available water resources; effects of hazard treatment; Xitugou watershed in Dunhuang