

木垒河河道生态水量分析计算

汪 杰

昌吉水文勘测局, 新疆 昌吉 831100

[摘要]木垒河流域水资源匮乏,近年由于旱情严重,过度开发利用水资源,在河道上修建了两处拦河水库及多处引水工程,虽然每年不同程度,周期性向拦河控制性工程以下河段下泄河道生态水量,但是尚未分析论证下泄的河道生态水量及下泄周期是否满足全年河道生态需求。尤其在枯水季节龙王庙水库下游往往干涸断流,洪水季节,污水倾泻,易发污染事故,河道生态达不到预期保护效果。通过分析确定木垒河河道生态水量,强化水资源合理利用与节约以及河道上下游联合调度和合理利用,加强生态保护,加强“河长制”的落实,为水资源可持续利用,促进社会经济发展和河道生态水量保障共同努力。文中就木垒河生态水量计算,结合河流下游用水具体情况,确定合理的生态水量下泄值要求和计算方法,得出一般规律。为生态水量监测预警,切实恢复河道自身属性,保证河流生态可持续发展。

[关键词]木垒河;径流特性;河道生态水量;分析计算成果应用

DOI: 10.33142/hst.v7i6.12515

中图分类号: TV147

文献标识码: A

Analysis and Calculation of Ecological Water Quantity in the Mulei River Channel

WANG Jie

Changji Hydrological Survey Bureau, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: The water resources in the Mulei River Basin are scarce. In recent years, due to severe drought, excessive development and utilization of water resources have led to the construction of two river diversion reservoirs and multiple water diversion projects on the river. Although the ecological water volume of the river is periodically discharged to the lower reaches of the river control projects to varying degrees each year, it has not yet been analyzed and demonstrated whether the ecological water volume and discharge cycle of the discharged river meet the ecological needs of the entire year. Especially during the dry season, the downstream of Longwangmiao Reservoir often becomes dry and dry, and during the flood season, sewage pours out, making it prone to pollution accidents. The ecological protection of the river cannot achieve the expected effect. By analyzing and determining the ecological water quantity of the Mulei River channel, strengthening the rational utilization and conservation of water resources, as well as the joint scheduling and rational utilization of upstream and downstream of the river, strengthening ecological protection, and implementing the "river chief system", we will work together to promote the sustainable utilization of water resources, promote social and economic development, and ensure the ecological water quantity of the river channel. In the article, the ecological water quantity of Mulei River is calculated, combined with the specific water usage situation downstream of the river, to determine reasonable requirements and calculation methods for ecological water quantity discharge, and to obtain general rules. In order to monitor and warn the ecological water quantity, effectively restore the attributes of the river itself, and ensure the sustainable development of the river ecology.

Keywords: Mulei River; runoff characteristics; ecological water quantity of river channels; application of analysis and calculation results

1 木垒河河道概况

木垒河发源于天山山脉博格达山北坡,源头与奇台开垦河相隔分水岭,与开垦河源头直线距离不到 14km。支流南沟隔水涝梁与水磨沟河形成分水岭,河流流经石子沟,由西向东,横穿水磨沟河、东城河后山,拦截东城河、水磨沟河的天山南部雪山的冰雪水,并有苏巴什、台然、塔牙孜苏、南沟、唐斯克、艾买勒、冬沟等泉水沟汇入而成,是木垒县境内最大的一条河流。随着龙王庙水库和三眼泉水库的建成以及灌区灌溉工程的不断修建完善,一般平水年份河水几乎全部引入灌区,龙王庙水库以下河道,除汛期短暂泄洪外,河道常年处于干涸状态。近年来受人类活动的影响,水资源开发利用程度较高,天然径流大

部分被拦河蓄水工程人工控制。为实施水生态红线管理,建立系统完整的水生态文明制度体系,从源头保护水资源和水生态;控制用水总量,逐步退还挤占的河道生态环境用水,确定河道主要控制断面的生态水量标准,加强“河长制”的落实,保护水资源,防治水污染,维护水生态,保障河道基流量^[1-2]。

1.1 自然地理概况

木垒河流域与新疆其他河流一样,分为中低山区、前山丘陵区、山前倾斜平原区和平原区,中低山区与前山丘陵区的分界线为木垒河龙王庙水库^[3]。河流在龙王庙水库以上河段为山区,上游山区段河床发育较好,支流呈树枝状分布,主要有苏巴什、台然、塔牙孜苏、艾尔阿依勒、

南沟、唐斯克、艾买勒、东沟等泉水汇入。木垒河从龙王庙水库起由南向北直穿县城与木垒镇，流入新户乡，经过雀仁乡，最后经消失于北部沙漠。

1.2 河流水系

木垒河发源于天山山脉博格达山北坡博依勒克达坂，源头海拔高程 3474m，是木垒县境内最大的一条河流^[4]。木垒县境内河流均属山溪性河流，皆发源于天山山脉博格达山北坡，源头海拔 1500~3340m，共有英格堡河、水磨沟河、东城河、木垒河、白杨河、博斯塘河 6 条河流。6 条河流均位于南部山区，呈东西向平行排列。6 条河流中以木垒河的年径流量为最大，年径流量 $4798 \times 10^4 \text{m}^3$ 。另 5 条河的多年平均年径流量均小于 $0.2 \times 10^8 \text{m}^3$ 。木垒河从龙王庙水库起由南向北直穿县城与木垒镇，流入新户乡，经过雀仁乡，最后经消失于北部沙漠。

1.3 地形、地貌、地质

木垒河地貌由南向北依次是：南部山区、山前丘陵、平原戈壁、北部沙漠^[5]。木垒县木垒河处于准噶尔—北天山褶皱系（II）~北天山优地槽褶皱带（II3）中博格达复背斜（II32）三级构造单元内，其北侧为准噶尔坳陷（II2）~东部隆起（II25）~奇台凸起（II25-4）四级构造单元。区域内主要活动断裂有水根台断裂（8#），半截沟断裂（4#），开垦河断裂带（6#），木垒照壁山断裂（14#）。

1.4 水资源分布及利用

根据《昌吉州用水总量控制方案》和《木垒县地表水资源调查评价报告》木垒河地表水资源 0.5184亿 m^3 。通过分析可知，木垒河近 10 年丰水年、平水年、枯水年交替出现，10 年平均径流量为 0.5338亿 m^3 ，较实测长系列资料统计的年均径流量值偏丰。对比分析 2014 年至 2018 年 5 年木垒站水质化验结果，木垒河水质取样断面水质较好，非汛期一般达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）I 类水质标准，汛期达到 II 类水质标准，均满足下游使用的要求。

2 径流

木垒水文站作为木垒河上的唯一水量控制站，本次分析计算采用木垒水文站的长系列实测年径流资料进行分析计算，分析得到木垒水文站年径流系列年内、年际变化特点，并采用多种方法对年径流系列的可靠性、一致性、代表性进行了综合分析。

2.1 径流的年内分配

木垒河属冰雪融水及降水补给为主的河流，径流的年内分配极不均匀，其分配不但与降水有关，而且与热量同步。径流与气温、降水关系密切，全年径流量集中于高温季节 5~8 月。木垒水文站自建站以来有完整实测径流资料 57 年，多年平均年径流量为 $4839 \times 10^4 \text{m}^3$ 。连续最大四个月径流量占年径流量的 70.8%，出现在 5~8 月，连续最小四个月（12~3 月）的径流量，只占全年径流量的 7.1%。

水量最大月为 5 月，占到年径流量的 20.9%，最小月为 2 月，占到年径流量的 1.3%，多年平均最大月径流量是最小月径流量的 15.9 倍。径流年内分配极不均匀。木垒河径流年内分配见表 1。年内分配见柱状图 1。

表 1 木垒水文站径流量年内分配表

四季径流量占全年比例 (%)				连续最大四个月		最大月		最小月	
春 (3-5 月)	夏 (6-8 月)	秋 (9-11 月)	冬 (12-2 月)	起 迄 月	百分 率 (%)	月份	百分 率 (%)	月份	百分 率 (%)
29.9	49.9	15.1	5.1	5-8	70.8	5	20.9	2	1.3

2.2 径流的年际变化

由木垒水文站 57 年年径流资料统计，木垒河多年平均径流量为 $0.4839 \times 10^8 \text{m}^3$ ，年径流量变差系数为 3.0。最大年径流量为 $1.23 \times 10^8 \text{m}^3$ （2007 年），最小年径流量为 $0.1854 \times 10^8 \text{m}^3$ （1974 年），最大年径流量与最小年径流量的比值为 6.63。其原因是该流域无现代冰川，只有季节性融雪水与降水量混合补给，径流形成的互补性差，从而造成木垒河流域径流量的多年变化相对较大。

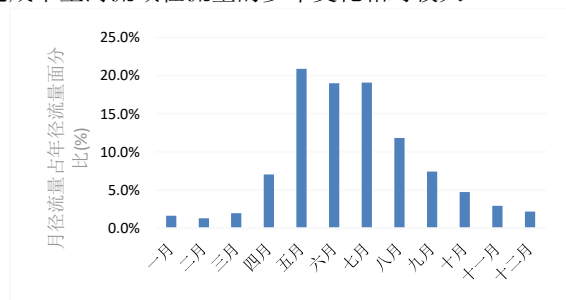


图 1 木垒水文站年径流量月分配柱状图

3 径流系列分析

采用木垒水文站实测年径流量系列（1963 年—2019 年）进行三性分析，以反映该河多年年径流量的变化趋势。

3.1 年径流系列可靠性

木垒水文站是木垒河流域上唯一的水量控制站，是国家基本站，水文测验、资料整编及刊印均严格按照国家行业规范标准执行，成果可靠，精度较高，可满足本项目生态水量分析计算要求。

3.2 径流系列一致性分析

本站径流资料的一致性主要考虑两个方面的影响：测站迁移对资料的影响及测站上游有无引用水对资料的影响。

（1）测站迁移的影响

木垒水文站设立于 1956 年 11 月，原测站以上控制面积为 467km^2 ，1959 年 2 月撤销，1963 年 1 月恢复观测，其间由于龙王庙水库大坝加高，断面于 1964 年 1 月、1981 年 1 月、1984 年 1 月分别上迁 20m、10m、500m，又于 1988 年 1 月上迁 3km，观测至今。现木垒水文站控制面积为 461km^2 ，控制面积变化为 1.3%，比例小于 5%。依据技术

规范要求, 径流系列可视为同一系列。

(2) 上游有无引用水

木垒水文站自设立以来, 其间主要有三眼泉渠首的引出水量。渠首引水主要用于降水不足时的补充灌溉, 但三眼泉渠首控制灌溉面积 0.65 万亩土地原为半旱田, 现基本改造为喷、滴灌示范基地, 因此引水量相对较少。根据木垒县水管总站提供的引水资料, 三眼泉渠首在 2001~2009 年期间, 平均引水量 $78.35 \times 10^4 \text{ m}^3$, (见表 2) 引水量占木垒水文站多年径流量的 1.6%, 我们认为这一比例相对较小, 符合规范关于“当径流受人类活动影响较小或影响因素较稳定、径流形成条件基本一致时, 径流计算也可采用实测系列”的规定。通过点绘木垒水文站降水量与径流量双累积曲线进行分析(见图 2)可见, 点子基本为带状分布, 因此, 本次计算直接采用木垒水文站 57 年实测径流系列。

表 2 木垒县三眼泉引水闸引水量统计表 单位: (10^4 m^3)

月 年	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	合计
2001		18.43	50.65	20.75		89.83
2002			40.23	16.95		57.18
2003		23.85	50.9	20.65		95.4
2004		8.56	24.2	9.86		42.62
2005		29	50.88	17.15		97.03
2006		6.5	41.8	17.26		65.56
2007		25	51.23	20.85		97.08
2008		9.6	41.6	21.6		72.8
2009		0.75	31.1	55.78		87.63

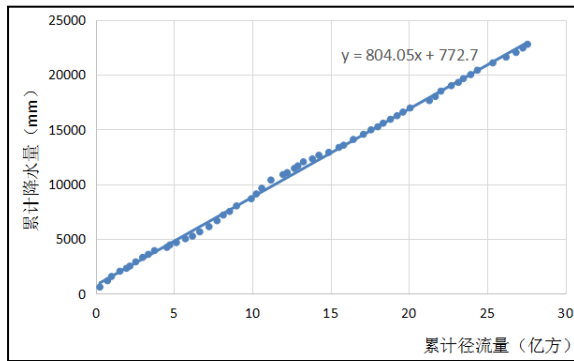


图 2 木垒水文站径流量与降水量双累积曲线

3.3 年径流的还原计算

木垒水文站是木垒河流域径流控制站, 河流下游是人们赖以生存的绿洲, 河流水量通过引蓄水工程输往绿洲被利用。木垒河为内陆河流, 有一个显著特点, 即河流水量形成于山区, 消失于平原、盆地。为了测得河流总水量, 各水文站断面都设在河流出山口附近, 控制了河流的绝大部分径流。

木垒县城及三乡两场饮水水源民生工程项目区位于

三眼泉水库至三眼泉水源地, 供水范围涵盖木垒镇、新户乡、照壁山乡等 6 个乡(镇)场的人畜安全饮水和生产用水。项目总投资 1640 万元。工程从三眼泉水库引水, 通过输水管道输送到新建水厂, 经净化处理后, 为木垒县三乡一场两场 21 个行政村和 8 个居委会共 5.6 万人、12 万头牲畜供水。

根据收集到的 2014~2019 年水厂逐月供水资料, 对木垒水文站 2014 年~2019 年逐月径流量进行还原计算, 得到木垒水文站 1963~2019 年径流系列资料。

3.4 年径流系列代表性分析

3.4.1 模比系数差积曲线分析

首先根据木垒水文站 48 年年径流系列作模比系数差积曲线, 见图 3。

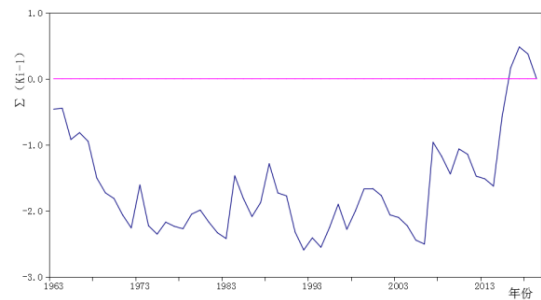


图 3 木垒水文站年径流模比系数差积曲线图

从图 3 中反映出, 木垒河在 1963~1988 年与 1989~2015 年经历了两个大的丰枯变化时段, 期间又包含若干短暂的丰枯水交替出现时段。由此可看出, 1963~2019 年 57 年径流量资料系列包含了丰、平、枯水量, 且周期完整。

3.4.2 模比系数累积平均过程线分析

由图 4 中可见, 当木垒水文站年径流量系列长度达 39 年以上时, 其模比系数累积平均过程线收敛于 1, 并在其附近小幅振荡。随着时间的增长, 均值趋于稳定, 可见系列均值有较好的稳定性。

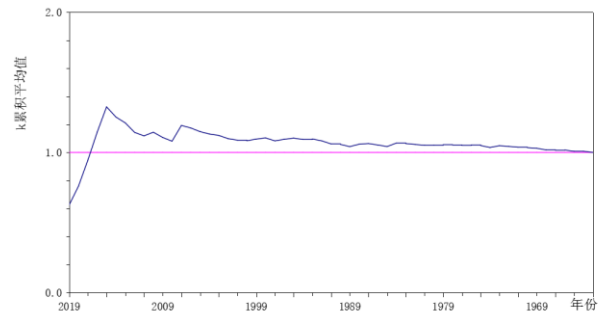


图 4 木垒水文站年径流模比系数累积平均线图

经分析, 木垒水文站 1963~2019 年 57 年径流量系列处在一个丰枯交替段, 年径流量系列周期基本完整, 统计参数趋于稳定。因此, 木垒水文站 1963~2019 年 57 年径流量系列具有一定代表性。

3.4.3 长短系列统计参数分析

采用木垒水文站 1963~2019 年 57 年实测年径流量资料,自 2019 年逆时序向前推,根据矩法计算的不同年代系列长度,进行统计参数对比,成果见表 3。随着系列长度的增加,统计参数变动幅度逐渐减小,当系列长度达到 45 年以上时,其均值相对偏差的绝对值小于 5%;当系列长度达到 24 年以上时, C_v 值相对偏差绝对值小于 5%。

综合以上分析,参证站木垒水文站 1963~2019 年 57 年径流系列具有较好的一致性和可靠性,且系列统计参数比较稳定,大、小实测径流量资料较完整,径流系列具有代表性较好。

表 3 木垒水文站实测流量长短系列统计参数对照表

统计年数	均值	均值相对偏差 (%)	C_v	C_v 值相对偏差 (%)	统计年数	均值	均值相对偏差 (%)	C_v	C_v 值相对偏差 (%)
5	0.6413	32.51	0.442	7.84	32	0.5123	5.86	0.424	3.47
6	0.6061	25.25	0.442	7.77	33	0.5145	6.32	0.416	1.58
7	0.5859	21.07	0.427	4.19	34	0.5097	5.33	0.417	1.86
8	0.5531	14.29	0.451	10.07	35	0.5042	4.20	0.421	2.65
9	0.5411	11.81	0.436	6.51	36	0.5165	6.72	0.429	4.67
10	0.5538	14.43	0.409	-0.30	37	0.5144	6.30	0.425	3.77
11	0.5357	10.69	0.416	1.52	38	0.5116	5.72	0.423	3.27
12	0.5227	8.02	0.415	1.38	39	0.5086	5.10	0.422	2.90
13	0.5771	19.26	0.495	20.87	40	0.5087	5.13	0.416	1.54
14	0.5684	17.45	0.487	18.75	41	0.5107	5.54	0.410	0.06
15	0.5557	14.83	0.488	19.01	42	0.5097	5.32	0.406	-0.91
16	0.5475	13.13	0.482	17.62	43	0.5084	5.05	0.403	-1.75
17	0.5426	12.13	0.472	15.26	44	0.5098	5.35	0.397	-3.07
18	0.5315	9.83	0.476	16.20	45	0.5079	4.95	0.395	-3.61
19	0.5263	8.75	0.469	14.53	46	0.5009	3.50	0.407	-0.61
20	0.5243	8.34	0.459	11.98	47	0.5072	4.81	0.407	-0.70
21	0.5300	9.52	0.445	8.64	48	0.5047	4.30	0.406	-0.95
22	0.5341	10.37	0.433	5.57	49	0.5019	3.70	0.406	-0.93
23	0.5239	8.26	0.441	7.58	50	0.5007	3.45	0.403	-1.63
24	0.5293	9.37	0.430	4.85	51	0.4982	2.95	0.403	-1.76
25	0.5333	10.21	0.419	2.28	52	0.4928	1.82	0.411	0.24
26	0.5288	9.27	0.416	1.65	53	0.4914	1.54	0.408	-0.32
27	0.5304	9.61	0.407	-0.56	54	0.4922	1.70	0.404	-1.39
28	0.5240	8.29	0.410	0.01	55	0.4879	0.81	0.409	-0.15
29	0.5135	6.11	0.425	3.77	56	0.4879	0.82	0.405	-1.07
30	0.5118	5.76	0.420	2.40	57	0.4839	0.00	0.410	0.00
31	0.5040	4.15	0.428	4.39					

3.4.4 生态水量

次生态水量计算节点拟设置木垒水文站断面(主要计

算断面)、三眼泉水库出库断面、龙王庙水库出库断面、芦花大桥(木垒河与 X188 交汇点)断面共四个水文计算断面。

计算断面一:木垒水文站测验断面。木垒水文站作为木垒河的区域代表站,属于省级重要水文站和自治区报讯站,是木垒河上游重要的水量控制站点,本次首先对木垒水文站的年径流量资料进行还原计算,对资料进行统计分析,以木垒水文站测验断面作为主要计算断面逐级推算其他各计算节点断面生态流量。

计算断面二:三眼泉水库出库断面。三眼泉水库主体工程于 2011 年 4 月开工奠基,2017 年 7 月完成水库蓄水安全鉴定。因三眼泉水库建设过程中对入库、出库水量未进行全面的监测,本次分析计算只收集到三眼泉水库 2019 年入库、出库流量资料。本次对资料进行复核分析,将木垒水文站天然径流量系列逐月还原计算至三眼泉水库出库断面,提出木垒河水库出库断面历年逐月的天然径流量系列,采用不同方法分析计算三眼泉水库出库断面河道生态水量。

计算断面三:龙王庙水库出库断面。根据还原后的木垒水文站实测径流资料与龙王庙水库 2000 年至 2017 年入库资料,推算出木垒水文站至龙王庙水库区间河段的径流损失系数,得出龙王庙水库出库断面天然径流量系列,采用不同方法分析计算龙王庙水库出库断面河道生态水量。

木垒控制站河道最小生态水量计算结果见表 4。

表 4 木垒控制站河道最小生态水量计算表

方 法		$W_{\text{平均}} (10^8 \text{m}^3)$	K	$W_r (10^8 \text{m}^3)$
多年平均 径流量的 百分率法	(1) 实测径流量计算	0.4839	0.15	0.0726
	(2) 汛期径流量计算	0.3783	0.20	0.0757
	非汛期径流量计算	0.1056	0.10	0.0106

表 5 三眼泉水库出库断面生态水量计算表 1-2

计算方法		生态水量 (10^8m^3)		
		木垒水文站计算断面	三眼泉水库出库断面	
多年平均 径流量 的百分率法	1 实测径流量计算	15%	0.0726	0.0661
	丰水期径流量计算	20%	0.0757	0.0690
	枯水期径流量计算	10%	0.0106	0.0097
	丰枯生态径流量合计		0.0862	0.0785
90%保证率的最小月径流量		0.0312		0.0284
7Q10 法保证率的最小月径流量		0.0155		0.0141

通过推荐方法 7Q10 法折算的三眼泉水库出库断面生态水量结果。

表 6 三眼泉水库出库断面生态水量计算推荐结果表

计算方法	生态水量 (10^8m^3)
	7Q10 法
7Q10 法	0.0141

表 7 龙王庙水库出库断面生态水量计算表

计算方法		生态水量 (10^6m^3)		
		木垒河水库出库断面	龙王庙水库出库断面	
多年平均径流量的百分率法	1 实测径流量计算	15%	0.0726	0.0611
	2	丰水期径流量计算	20%	0.0757
		枯水期径流量计算	10%	0.0106
		丰枯生态径流量合计		0.0862
	90%保证率的最小月径流量		0.0312	0.0263
7Q10 法保证率的最小月径流量		0.0155	0.0130	

通过推荐方法 7Q10 法折算的龙王庙水库出库断面生态水量结果。

4 算断面生态水量推荐结果

综上所述,木垒水文站计算断面采用 7Q10 法计算的河道生态水量为 $155 \times 10^4 \text{m}^3$ 。三眼泉水库出库断面生态水量成果为 $141 \times 10^4 \text{m}^3$;龙王庙水库出库断面生态水量为 $130 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

扣除区间河岸林草生态需水量后,三眼泉水库出库断面应下泄生态水量成果为 $122.5 \times 10^4 \text{m}^3$;龙王庙水库出库断面应下泄生态水量为 $125.9 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

5 结语

本次采用木垒水文站 1963 年~2010 年的实测径流量资料,通过统计计算,得到 90%保证率下连续最枯 7 日流量为 1969 年 2 月 3 日~9 日逐日平均流量,连续最枯 7 日的平均流量为 $0.049 \text{m}^3/\text{s}$,木垒水文站断面生态水量计算结果为 $155 \text{万 m}^3/\text{年}$ 。

将木垒水文站实测流量系列按照面积比拟法推算至三眼泉水库断面。再根据三种方法计算至三眼泉水库出库断面生态水量,推荐 7Q10 法计算结果,扣除区间河岸林

草生态需水量后,为 $122.5 \text{万 m}^3/\text{年}$ 。下游龙王庙水库出库断面和芦花大桥断面的生态水量均采用木垒水文站断面的计算结果,按照河段的损失率进行折算获得,扣除区间河岸林草生态需水量后,龙王庙水库出库断面生态水量为 125.9万 m^3 ;芦花大桥断面生态水量为 108.4万 m^3 。本次分析计算确定了四个计算断面,分别分析确定了四个计算断面的生态水量,计算方法选取合理。通过综合分析发现了河道水环境存在的问题,提出了解决问题的措施和建议,强化水资源合理利用和节约以及河道上下游联合调度和合理利用,加强生态建设,加强“河长制”的落实,为水资源可持续利用。本次木垒河河道生态水量分析计算为生态和环境质量提供环境保护依据,促进社会经济发展和河道生态水量保障共同努力,使流域经济走上可持续发展的道路。

【参考文献】

- [1]张维克,吕德生,王振华,等.新疆白杨河流域河道内外生态需水的研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2024(2):6.
 - [2]王成言,赵星伟.基于北方干旱地区河道生态景观需水研究[J].海河水利,2022(6):14-17.
 - [3]吕小愚.木垒水文站控制断面以下河道生态水量计算探讨[J].陕西水利,2021(4):37-39.
 - [4]张婷.木垒河流域 1980—2020 年降水径流变化特征分析[J].水利科学与寒区工程,2023,6(7):78-81.
 - [5]李军,姚秀华.新疆木垒河流域水文特性分析[J].地下水,2009,31(5):56-58.
- 作者简介:汪杰(1974.12—),男,民族:汉族,籍贯:新疆吉木萨县,学历:本科,单位全称:昌吉水文勘测局,职务:水文站站长,职称:高级工程师,主要从事:水文勘测及水文水资源研究工作。