

和田河汇入塔里木河径流演变及成因分析

黄领梅, 沈冰

(西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048)

摘要: 根据实测资料分析, 和田河源流径流年内高度集中、年际变化小, 而汇入塔里木河的径流集中在夏季、年际变化大; 和田河源流径流存在不显著减小趋势, 而汇入塔里木河径流减小较明显; 2007、2008 年和田河来水接近多年平均情况下, 汇入塔里木河水大幅度减小的主要原因有汛期来水与洪水量级偏小、乌鲁瓦提水库调蓄以及绿洲灌区无序引水等三方面。

关键词: 径流变化; 汛期来水; 和田绿洲; 和田河流域

中图分类号: TV121.1; TV143

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)02-0026-03

Analysis on runoff evolution and cause of Hotan River flowing into the Tarim River

HUANG Lingmei, SHEN Bing

(Northwest Water Resources and Environment Ecology Key Lab of MOE, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Based on the analysis of observed runoff data, annual distribution of runoff series from Hotan River is high concentration and yearly variation is small with an unnoticeable decrease trend, and the runoff series flowing into the Tarim River is concentrated in summer and yearly variation is vary large with an obvious decrease trend. The runoff in 2007 and 2008 from the headstream is closed to yearly mean value, but the amount of water flowing into the Tarim River decreases in large quantities. The main reasons are that the small runoff and flood in flood season, the regulation of the Wuluwati reservoir and out-of-order water diversion in the oasis irrigation area.

Key words: runoff variation; runoff in flood season; Hotan oasis; Hotan River basin

受气候变化与人类活动影响, 流域水循环的演变十分显著, 形成了天然水循环和人工水循环此消彼长的二元动态水循环模式。河川径流量是流域水资源综合利用、科学管理、优化调度的最重要依据^[1]。

塔里木河是中国典型的干旱区内陆河, 干流段自身不产流, 河川径流依靠其源流补给。和田河出山口多年平均径流量 43.41 亿 m^3 (1962 - 2008 年), 平均每年输入塔里木河径流量 10.08 亿 m^3 (1962 - 2008 年), 占塔里木河总径流量的 23.05%, 是目前塔里木河的四大源流之一, 对维护塔里木河以及整个塔里木盆地生态平衡, 防止沙漠侵蚀, 保护绿色走廊起到非常重要的作用。经实测统计, 2007、2008 两年, 和田河出山口径流分别为 42.1 亿 m^3 和 43.8 亿 m^3 , 与多年平均值接近, 可输入塔里木河的径流却锐减至 3.0 亿 m^3 和 2.7 亿 m^3 , 远小于多年平均值, 也距新疆维吾尔自治区制定的和田河向塔里木河年均输水 8.5 亿 m^3 的目标甚远。因此, 分析干

旱区和田河会入塔里木河径流量 (简称入塔河径流) 减小及其成因, 对和田河、塔里木河的水资源高效利用、水利规划等有着重要的现实意义, 也关系到和田河与塔里木河干流的生态修复与重建。

1 概况

和田河发源于塔里木盆地南部的昆仑山和喀喇昆仑山北麓, 自南向北纵贯塔克拉玛干大沙漠, 汇入塔里木河。和田河水系见图 1, 上游有东西两条支流, 东支玉龙喀什河 (简称玉河), 西支喀拉喀什河 (简称喀河)。两支流在出山口分别设有同古孜洛克水文站、托满水文站和乌鲁瓦提水文站; 在阔什拉什汇合口以上, 绿洲下游边缘分别设有艾格里亚水文站和吐直鲁克水文站。和田河干流, 长 319 km, 距河口 16 km 处设有肖塔水文站。选取支流乌鲁瓦提站、同古孜洛克站和干流肖塔站 1962 - 2008 年、汇合口站与托满站 2007、2008 年的实测径流资料进行分析。

收稿日期: 2011-12-01

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51109176)

作者简介: 黄领梅 (1972-), 女, 四川乐至人, 副教授, 博士, 主要从事干旱区水文水资源研究。



图1 和田河示意图

2 入塔河径流的演变

和田河干流位于塔克拉玛干大沙漠腹地,气候干燥,降雨稀少,蒸发剧烈,径流主要来自上游两条支流。沙漠里,降水基本不产流,干流肖塔站径流就是和田河输入塔里木河径流。

2.1 径流的年际变化

干旱区径流年际变化与水资源开发利用关系密切,它直接影响供水的保证率和工程的调蓄规模。年径流序列的变差系数 C_V 值可以用来衡量地表水资源量的年际变化情况,根据实测径流分析计算和田河3个水文站的年径流变差系数 C_V 值见表1。

表1 和田河年径流序列的特征值 亿 m^3

河名	站名	均值	C_V 值
玉龙喀什河	同古孜洛克	21.94	0.23
喀拉喀什河	乌鲁瓦提	21.47	0.19
和田河	肖塔	10.08	0.59

干旱区年径流序列的 C_V 值一般介于0.1~0.5之间^[2]。由表1可知:和田河两支流的径流年际变化小,而干流肖塔站的径流年际变化大。据杨针娘计算^[3],玉龙喀什河年冰川融水量14.8亿 m^3 ,占其出山口年径流量的66.4%;喀拉喀什河10.01亿 m^3 ,占其出山口年径流量的46.6%;另外,分别还有18.3%和24.3%的径流来自山区地下水的补给,而山区地下水亦是冰雪融化后渗入地下形成。由此可见,和田河源流的径流组成中,冰川融水的比例占首位,也即是其年际变化小的主要原因。出山口径流在流经和田绿洲及沙漠过程中,由于灌溉引水、生活供水,加之蒸发、渗漏、洪水漫溢等损失,流至肖塔站的径流受到人类活动的严重干扰,年际变化大。

2.2 径流的年内分配

和田河干流属于季节性河流,只有汛期径流丰沛,才有余水流经319 km的沙漠河段汇入塔里木河,其余季节均处于断流状态。根据实测径流资料

统计分析,一般7~9月和田河干流有水,8月水量最丰。在实测年限内,7月有6 a断流,8月没有断流,9月有5 a断流。6月仅4 a有水,最大流量4.4 m^3/s ;10月有3 a有水,最大流量0.94 m^3/s 。

和田河干流径流的年内分配,与上游两条支流的年内分配和灌区内的用水有关。上游两支流主要依赖山区的冰川积雪融水补给,玉龙喀什河和喀拉喀什河分别有88.8%和81.7%的径流集中在6~9月,径流年内分配很不均匀^[4]。而6月的上游来水主要补充灌区水库的蓄水,还要满足干流干涸河床的渗漏、蒸发等损失等,因而少有余水流至肖塔站。

2.3 径流的趋势分析

Mann-Kendall非参数统计方法^[4]是世界气象组织推荐并广泛使用的一种方法,这是由于这种方法更加适合于水文气象等非正态分布的数据。Kendall统计量 τ ,方差 σ_τ^2 和标准化变量 U 的计算公式为:

$$U = \tau / \sigma_\tau \quad (1)$$

$$\tau = \frac{4s - 1}{N(N - 1)} - 1 \quad (2)$$

$$\sigma_\tau^2 = \frac{2(2N + 5)}{9N(N - 1)} \quad (3)$$

式中: s 为年径流系列 x_1, x_2, \dots, x_n , 所有对偶观测值 $(x_i, x_j; i > j)$ 中 $x_i < x_j$ 出现的次数; N 为系列长度,取 $\alpha = 5\%$ 的显著水平, $U_{\alpha/2} = 1.96$ 。如果序列有明显的趋势,则 $|U| > U_{\alpha/2} = 1.96$ 。 U 值为正,表明具有上升或增加趋势; U 值为负,则意味着下降或者减少的趋势。计算结果见表2。由表2可知,和田河源流及其输入塔里木河的径流均存在减少的变化趋势,但源流的减少较小,而入塔河径流减少较明显。

表2 和田河3个水文站年径流序列的趋势分析

站名	检验统计量 U	显著水平 α	临界值 $U_{\alpha/2}$	判别结果	趋势性
同站	-0.87	0.05	1.96	$ U < U_{\alpha/2}$	不显著递减
乌站	-0.82	0.05	1.96	$ U < U_{\alpha/2}$	不显著递减
肖塔站	-1.51	0.05	1.96	$ U < U_{\alpha/2}$	不显著递减

3 入塔河径流的估算

和田河支流流经和田绿洲、干流流经塔克拉玛干沙漠,受到气候变化和人类活动的双重影响,使得径流的演变特征复杂。通过径流的年际变化和趋势变化分析可知,和田河2007、2008年汇入塔里木河径流量的锐减与源流来水减少有一定关系,但不是主要原因。根据出山口站和肖塔站1962~2006年实测径流资料,可写出二者之间的简直线回归方程:

$$y = 0.691x - 19.446, R^2 = 0.8991 \quad (4)$$

式中: x 为两支出山口年径流量之和, 亿 m^3 ; y 为肖塔站年径流量, 亿 m^3 。

在假设和田河流域没有大规模扩大灌溉面积前提下, 2007、2008 年和田河肖塔站的年径流量分别应为 9.6 亿 m^3 、10.8 亿 m^3 , 与实测相比可知, 分别减少 6.6 亿 m^3 、8.1 亿 m^3 。由 2007、2008 年两支流

下游水文站观测资料(表 3)可知, 喀拉喀什河流出绿洲水量远远小于玉龙喀什河流出绿洲水量。由此可以推断, 2007、2008 年入塔河径流减少主要是喀拉喀什河流出绿洲水量大幅度减少所致。在源流来水没有明显减少的情况下, 汇入塔里木河的径流量大幅度减少, 且是连续两年, 给和田河干流及塔里木河的生产与生态造成的影响难以估量。

表 3 和田河汛期来水特征统计

亿 m^3 , m^3/s

时间	玉龙喀什河				喀拉喀什河				和田河		
	同古孜洛克站		艾格里亚站		托满站		乌鲁瓦提站		吐直鲁克站		肖塔站
	水量	洪峰	水量	洪峰	水量	洪峰	水量	洪峰	水量	洪峰	
2007	17.1	758	8.1	633	16.2	514	13.0	385	0.5	129	3.0
2008	18.4	728	9.7	736	17.7	448	14.5	347	1.5	276	2.7
1971-2000	19.5	797					17.5	708			10.2

4 入塔河径流减少的原因分析

径流形成过程是多种因素相互作用和联系的复杂自然现象, 影响河川径流变化的因素可以分为自然和人为两大类。自然因素主要指降水、气温的变化; 人为因素主要指流域内用水量的增加和对流域下垫面条件的改变^[5]。

4.1 汛期洪水偏小

根据表 3 可知, 2007、2008 年玉龙喀什河汛期水量分别较多年(1971-2000 年)平均小 2.4 亿 m^3 、1.1 亿 m^3 ; 相应地流出绿洲水量会减小, 但影响程度较小。喀拉喀什河托满站 2007 年的汛期来水偏小约 1.3 亿 m^3 (与乌鲁瓦提站均值比较), 2008 年略高于均值。由此可知, 2007 年上游汛期来水共减小 3.7 亿 m^3 , 对入塔河径流减小有一定的贡献; 2008 年减小 0.9 亿 m^3 , 对入塔河径流减小影响不大。

2007、2008 年汛期, 上游大洪水的量级偏小, 也是导致流出绿洲水量减小的原因之一。玉龙喀什河出山口的最大洪峰流量略小于多年平均值; 按由大到小顺序排列, 分别位于 25、30, 与多年平均情况接近。喀拉喀什河托满站的最大洪峰流量在实测系列中, 分别位于 37、44, 比多年平均值小 182、260 m^3/s ; 相应地在乌鲁瓦提站观测到洪峰较多年平均值小 317、361 m^3/s , 分别位于倒数第三和第二, 仅大于 2004 年。和田河上游洪水主要是积雪、冰川融水形成, 受气温影响, 洪水特点是气温越高, 持续时间越长, 形成的洪水峰高、量大、历时长。因此, 喀拉喀什河 2007、2008 年汛期缺乏大洪水是导致其流出绿洲水量减小的重要原因。

4.2 乌鲁瓦提水库的调蓄

乌鲁瓦提水库位于和田河支流喀拉喀什河上游出山口乌鲁瓦提水文站以上 3.7 km 处, 坝址以上流域面积 19 986 km^2 , 多年平均径流量 21.9 亿 m^3 , 1998 年 8 月开始蓄水, 2003 年 7 月通过验收, 2005 年并网发电, 至今运行正常。

根据乌鲁瓦提水文站的实测资料分析可知, 经水库调蓄后的径流年内分配发生了较大变化。汛期(6-9 月)来水的比例明显下降, 而非汛期(9-5 月)来水的比例增加显著。水库运行前, 汛期来水高达 81.36%, 而非汛期仅占 18.64%。水库运行后, 汛期来水比例平均为 66.52%; 非汛期来水比例为 33.48%。乌鲁瓦提水库对喀拉喀什河洪水的影响较为显著。2007 年的最大洪峰经水库调蓄后, 流经绿洲到达汇合口以上的吐直鲁克水文站, 洪峰削减达 385 m^3/s 。与此同期, 玉龙喀什河洪峰流达汇合口以上艾格里亚水文站, 仅削减 125 m^3/s 。由此也印证了和田河水量沿程损失的特点^[6]: 流量大时损失小, 流量小时损失大。

4.3 绿洲段无序引水

和田河上游支流流出山区, 进入和田绿洲平原区, 也即是和田河径流的散耗区。距离出山口以下约 40 km 河段上分别建有引水渠首, 多年平均引水量 23.4 亿 m^3 。2007、2008 年的引水量分别为 23.58 亿、23.12 亿 m^3 , 与多年平均接近。两支流渠首以下的绿洲河段上, 有 22 处引水口。引水口无闸门, 建有简易沙坝挡水。河道涨水, 沙坝被冲毁, 引水减小; 河道来水小, 沙坝挡水, 大量来水引入灌区, 这也是大水损失小, 小水损失大的主要原因。(下转第 32 页)

本实验过滤采用上向流,冲洗也采用上向流,因此高速水流冲洗可能产生的滤料层分层现象反而可以提高滤池的截污量,对过滤性能有所帮助,但由于滤层截污主要发生在下面部分,因此冲洗需要较大的冲洗强度和冲洗时间才能有效地去除滤柱底部截留污物。试验采用过滤出水进行冲洗,确定冲洗强度为 $20 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,冲洗时间为 15 min ,此时冲洗出水浊度可达 3 NTU 以下,冲洗耗水量为 0.115 m^3 ,以滤速 $14 \text{ m}/\text{h}$ 计算得周期产水量为 2.583 m^3 ,因此冲洗用水量占周期产水量的 4.45% 。

3 结 语

(1) 采用微絮凝直接过滤工艺能够有效去除矿井水中的悬浮颗粒,在工艺参数适当的条件下,出水平均浊度和悬浮物浓度分别可达到 1 NTU 和 $5 \text{ mg}/\text{L}$ 以下,且此工艺成本低、占地少、操作简单,可在微污染矿井水的处理中有较好的应用。

(2) 试验得出微絮凝过滤最佳参数为投药量 $2 \sim 4 \text{ mg}/\text{L}$,絮凝时间 $3 \sim 4 \text{ min}$,滤速 $10 \sim 14 \text{ m}/\text{h}$,此

时出水水质可达要求,且过滤周期可达到 $30 \sim 40 \text{ h}$ 。

(3) 滤床表层 30 cm 截污量占整个滤料层的 60% 以上,说明过滤过程的截污作用主要来自滤料层表层部分,但由于微絮凝的作用使得深层滤料也发挥了一定的截污作用。

参考文献:

- [1] 范荣桂,范彬,杜显云,等.深床过滤机理及其在水处理中的应用研究与进展[J].环境污染治理技术与设备,2005,6(9):1-6.
- [2] Blanca Jimenez,Alma Chavez,et al. Sand and synthetic medium filtration of advanced primary treatment effluent from Mexico city[J]. Wat. Res.,2000,34(2):473-480.
- [3] 何利华,张广深.改性滤料及强化过滤技术在水处理中的应用[J].中山大学研究生学刊,2005,26(1):46-54.
- [4] 王兴戩,赵丽君,刘国田,等.微絮凝过滤预处理低浊度海水[J].中国给水排水,2004,20(3):47-49.
- [5] 栾兆坤,李桂平.微絮凝——深床直接过滤及工艺参数研究[J].中国给水排水,2002,18(4):14-18.

(上接第28页)

5 结论与建议

5.1 结论

和田河是塔里木河的主要源流之一,也是维持和田河干流绿色走廊、防止两岸沙漠合拢的重要水源。根据历史观测资料分析,和田河源流径流具有年内高度集中、年际变化小的特点,而入塔河径流集中于汛期、且年际变化大;在全球气候变化的大背景下,和田河源流径流存在不显著减小趋势,入塔河径流减小的趋势较明显,尤其是2007、2008年连续两年严重偏小。2007、2008年和田河来水接近多年平均情况下,输入塔里木河水量大幅度减小的主要原因在于汛期来水及洪水量级偏小、乌鲁瓦提水库调蓄以及绿洲灌区的无序引水三方面。前者是主要受气候变化影响所致,一般不可控;而后两者是人类活动干扰造成,可以通过一定的工程措施和非工程措施加以调节。

5.2 建议

径流的演变是一个多因素动态耦合的复杂过程^[7],河川径流的减少与区域经济活动密切相关。为满足和田河向塔里木河输水目标,改善和修复绿洲下游生态,提出以下建议:①加强和田河流域水资源的

统一管理,在关键节点设置最低流量目标,限制引水口的无序引水;②加固或提高渠首以下河道的过洪能力,使其达到设计标准;③适当调整乌鲁瓦提水库汛期调度方案,利用其调蓄能力,与玉龙喀什河洪水同步下泄,在汇合口形成高洪峰、长历时洪水,可减少沙漠河段损失,让尽可能多的洪水汇入塔里木河;④加快和田河干流河道整治,使洪水水流畅通,保证绿色走廊生态用水,实现向塔河输水的目标。

参考文献:

- [1] 黄强,蒋晓辉,刘俊萍,等.二元模式下黄河年径流变化规律研究[J].自然科学进展,2002,12(8):874-877.
- [2] 汤奇成,曲耀光,周聿超.中国干旱区水文及水资源利用[M].北京:科学出版社,1992.
- [3] 杨针娘.中国冰川概论[M].北京:科学出版社,1987.
- [4] 黄领梅.人类活动的水文效应研究——以和田河为例[D].西安理工大学,2005.
- [5] 张晓伟,沈冰,黄领梅.和田河年径流变化规律研究[J].自然资源学报,2007,22(6):974-979.
- [6] 秦胜英,买买提·阿不都外力,等.鲁瓦提水利枢纽工程生态效益[J].电网与清洁能源,2008,24(5):67-70.
- [7] 燕爱玲,黄强,王义民.河川径流演变的非趋势波动分析[J].水力发电学报,2007,26(3):1-4.