

李卫红,吾买尔江·吾布力,马玉其,等.基于河-湖-库水系连通的孔雀河生态输水分析[J].沙漠与绿洲气象,2019,13(1):130-135.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2019.01.019

基于河—湖—库水系连通的孔雀河生态输水分析

李卫红¹,吾买尔江·吾布力²,马玉其²,何宇²,王军政²,朱成刚¹

(1.中国科学院新疆生态与地理研究所,荒漠与绿洲生态国家重点实验室,新疆 乌鲁木齐 830011;

2.新疆塔里木河流域管理局,新疆 库尔勒 841000)

摘要:通过对新疆孔雀河流域水系分布和工程特点的分析,提出了基于河—湖—库水系连通的孔雀河流域抢救胡杨林生态系统的输水方案,并对输水水源、输水路线、输水水量以及输水最佳时间进行了探讨。提出采取跨流域河—河、河—湖、河—库水系连通的方式,提升水资源利用的有效性。当博斯腾湖水位在1 046.5 m以上时,可以从博斯腾湖调水,分西线和东线两条路线,分别向孔雀河中游和下游输生态水,输水量在 $(0.5\sim 1.0)\times 10^8\text{ m}^3$;而当博斯腾湖处于低水位运行时,建议从塔里木河调水,“引塔济孔”,由中线和南线两条路线分别向孔雀河中下游和下游输生态水,输水量在 $1.0\times 10^8\text{ m}^3$ 左右;输水时间以8月底—9月为宜,在输水过程中,需采取一定的工程措施,扩大输水的生态效益。

关键词:河—湖—库连通;生态输水;胡杨林;孔雀河

中图分类号:TV213

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2019)01-0130-06

孔雀河源于我国最大的内陆淡水湖——博斯腾湖,流经新疆巴音郭楞蒙古自治州(简称巴州)的库尔勒市和尉犁县,绵延数百公里,尾间为罗布泊,河流全长841 km,流域面积 $4.46\times 10^4\text{ km}^2$ 。孔雀河作为塔里木河的姊妹河,其中、下游河道与塔里木河干流河段基本平行,两河之间横向距离约20~80 km,218国道与建设中的“库—格铁路”在两河之间穿行。

孔雀河中下游的荒漠河岸林生态系统是塔里木河下游自然植被带与生态系统的重要组成部分,与塔里木河干流的荒漠河岸林共同组成塔里木河流域下游“绿色走廊”,构成了阻挡库木塔格沙漠与塔克拉玛干沙漠合拢的天然生态屏障,对于保护库尔勒—尉犁(以下简称“库—尉”)绿洲经济的健康发展和塔里木河流域下游绿洲生态安全、保障218国道与新一青铁路的畅通发挥着重要的生态防护与生态服务作用。然而,由于大规模、高强度的水土开发,导

致河道断流,荒漠河岸林植被衰败,天然绿洲萎缩,荒漠化加剧^[1-2]。据统计,1999—2012年孔雀河下游的林地和草地以每年 26.67 km^2 的速度减少,约60%~80%的胡杨处于枯死状态,胡杨死梢率达70%~90%^[3]。孔雀河中游区段由于耕地面积的不断扩大大,湿地面积急剧缩小,农业用水量不断增加,强烈挤占了生态用水。加之,大规模的打井、超采地下水,导致地下水位大幅下降,多处地下水位埋深已达8~10 m,接近胡杨死亡的临界地下水位^[4-5],造成荒漠河岸林生态系统严重退化,河岸两侧胡杨林大面积衰败甚至死亡,胡杨林生态系统濒临崩溃。

孔雀河流域天然胡杨林生态系统的持续退化,不仅涉及各族群众的切身利益,对库—尉绿洲经济的健康发展和生存环境造成严重影响,危及218国道与新一青铁路,同时加速了塔里木河下游“绿色走廊”整体的破碎化发展,加剧了“丝绸之路经济带”重要通道的生态危机^[6]。针对此,加快实施以抢救孔雀河沿岸胡杨林生态为目的生态输水迫在眉睫,势在必行。本文重点探讨了抢救孔雀河胡杨林、向断流河道输水的相关问题,包括输水水源、输水路线、输水时间及如何扩大输水效益等,旨在为抢救孔雀河胡杨林生态提供科技支撑。

收稿日期:2017-04-25;修回日期:2017-05-16

基金项目:中国科学院科技服务网络计划项目(KFJ-STZ-ZDTP-036)资助。

作者简介:李卫红(1958-),女,研究员,主要从事生态环境保护等研究。E-mail: liwh@ms.xjb.ac.cn

1 资料与方法

1.1 数据资料

本文所采用的气温数据是由东安格利亚大学(University of East Anglia)气候研究中心(Climate Research Unit, CRU)提供的月尺度 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 分辨率的气象数据 CRU TS v.3.22。CRU 数据是基于地表观测站点实测数据构建的格点数据,精度较好。水文资料包括 1960—2014 年博斯腾湖上游的开都河、黄水沟、清水河的出山口年流量数据。

1.2 孔雀河生态输水方案设计

向孔雀河实施生态补水的核心问题是水源问题。在实施生态输水过程中,同时考虑输水路线、输水时间和输水方式等,构建河—湖—库水系联网,以博斯腾湖来水为主要依托,利用现有河道、沟渠,结合新建渠道,辅以桥、涵、闸等工程措施,构建引、蓄、灌、排相结合的河—湖—库连通水系网络工程体系,实现流域水资源的联合调度,提升输水的生态效益,拯救孔雀河中、下游日益退化的荒漠河岸林生态系统。

2 结果分析

2.1 博斯腾湖调生态水的可行性分析

孔雀河源于博斯腾湖,是一条受人为控制、常年流量稳定的河流,多年平均年径流量 $13.34\times 10^8\text{ m}^3$ ^[7]。流域有三大主要分水枢纽,其中,第一分水枢纽由库—塔干渠经西尼尔水库和东、西干渠向下游的尉犁县供水;第二分水枢纽向库尔勒市供水;第三分水枢纽经永丰渠向库尔勒市的普惠地区供水(图 1)。

孔雀河下游的阿克苏甫水库以下 476 km 河道自 1976 年阿克苏甫水库修建后断流,中游普惠水库修建后,其下游 195 km 河道于 1995 年开始断流,上游第三分水枢纽以下,从 2011 年也开始断流。河道断流的原因关键在于流域土地资源的大规模开

发、引水强度的不断加大、以及一系列水利工程的修建,其结果造成自然河道被人工渠道代替,且人工渠道延伸的同时使自然河道断流情况愈演愈烈,断流时间和断流距离越来越长。

博斯腾湖既是开都河的尾间,又是孔雀河的源流,博斯腾湖有无生态水向孔雀河输,取决于其上游开都河的入水量和博斯腾湖的水位状况。研究结果显示,当博斯腾湖水位达到 1 046.5 m 左右时,湖泊水域面积为 1 018.8 km²,库容为 $67.92\times 10^8\text{ m}^3$,为博斯腾湖的合理生态水位^[8]。这期间,博斯腾湖水位每升高或降低 10 cm,相当于增加或减少库容 $1\times 10^8\text{ m}^3$ 。因而,当博斯腾湖水位达到 1 046.5 m 以上时,可以从博斯腾湖向孔雀河实施生态输水,总体不会影响博斯腾湖供水及湖区生态。不仅如此,如果合理调度博斯腾湖水位,还有助于加速湖泊水体循环,有效降低湖水矿化度,改善湖泊水生环境。

从水文分析也可以看出^[9-12],在全球变暖背景下,水循环加剧,山区冰川积雪消融加快,博斯腾湖流域近期进入了一个相对丰水时段^[12-13](图 2)。自 20 世纪 90 年代中期以来,博斯腾湖上游的开都河、黄水沟、清水河的来水量都较之前 30 a 有较大幅度的增加,增加量分别为 25%、47.9%和 37.9%。上游来水量的增加以及这两年对地下水井电双控措施的实施,使得博斯腾湖达到了合理生态水位(1 046.5 m),这些都为向孔雀河实施生态输水提供了有利条件。

2.2 向孔雀河生态输水的可行性分析

在过去 5 a 间(2011—2015 年),塔里木河下游大西海子节点向下游泄水 $28.4\times 10^8\text{ m}^3$,平均年下泄水量 $5.68\times 10^8\text{ m}^3$,事实上已远超出塔里木河流域近期综合治理目标($3.5\times 10^8\text{ m}^3$)。因此,从塔里木河调定量水济孔雀河中下游生态不会影响塔里木河下游输水指标的完成。在输水过程中,可以联合调度塔里木河和孔雀河水源,在博斯腾湖处于低水位运行状况下,可以采取“引塔济孔”方案,调塔里木河水济孔雀河。

在输水通道上,孔雀河中下游与塔里木河近乎平行,有多条通道可以借助工程措施连通塔里木河和孔雀河。这里重点介绍三条路线,即北线:引塔里木河干流水经沙子河调水入孔雀河中游的普惠水库,调水线路长 160 km;中线:从塔里木河干流经乌斯曼枢纽,沿乌斯曼河经塔里木河水库或水库库外渠向孔雀河中、下游输水,调水线路长 110 km;南线:经阿其克枢纽,沿渭干河与恰阳河引水至 66 分水闸,向孔雀河下游输水,调水线路长约 25 km。恰

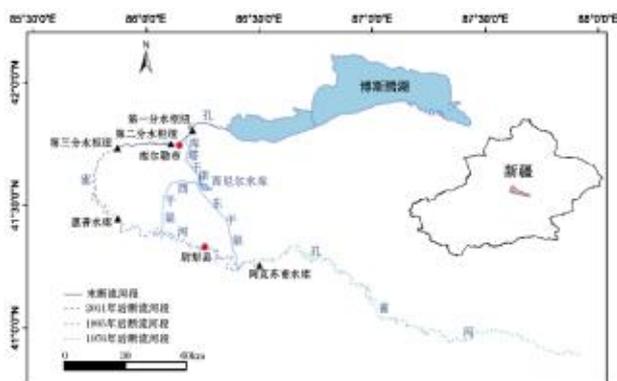


图 1 孔雀河流域示意图

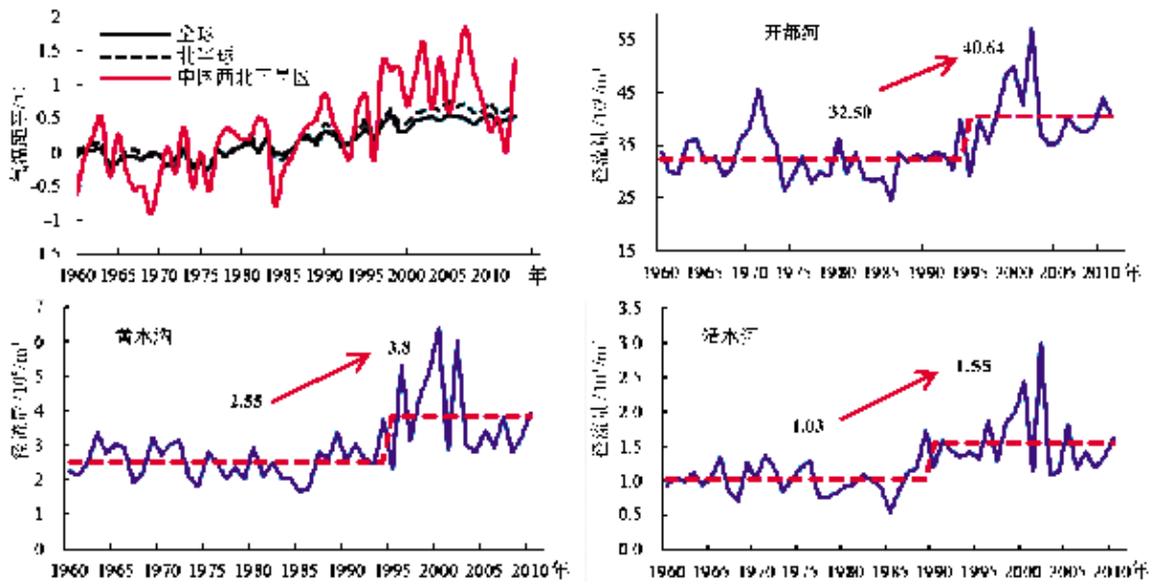


图2 博斯腾湖流域山区来水量变化

阳河输水路径最短,但需要一定河道疏浚。

2.3 生态输水量、线路及时间的选择

在输水路线上,从博斯腾湖输水有西线和东线两条输水路线,调塔里木河水有北线、中线和南线三条路线(图3)。

2.3.1 调博斯腾湖水济孔雀河

西线:即由孔雀河第三分水枢纽,经普惠水库向孔雀河中下游输水。这一输水路线经过孔雀河流域中游主要灌区,可以有效缓解各绿洲区因河道断流和地下水超采造成的地下水位下降的问题,并对绿洲区自然植被的生态需水保障有实际意义,也能够带来良好的社会效益与经济效益。但是,输水过程中有两方面问题要注意,一是,在河水进入普惠水库库区附近时,由于河道淤堵淹埋严重,加之大片湿地被开荒,河水行进缓慢,河损严重;再是,在普惠水库至

尉犁县城段的 106 km 河段,以及尉犁县城以下至 66 分水闸段,由于河道多年断流和绿洲区地下水过量开采,河水下渗严重,河损大,输水进程迟缓。为此,可以考虑把西干渠作为本路线的补充,以加快这一路线的输水进程,然而,西干渠流量较小,过水能力有限,对输水的补充是极为有限的。

东线:即由第一分水枢纽,经西尼尔水库由东干渠输水至孔雀河下游。整个东线输水通道完整,第一分水枢纽沿东干渠至 66 分水闸仅 55 km,输水线路快捷可行,可以直接输水至下游。这一输水路线有效地利用了流域较为完备的水利设施,通过流域内防渗输水干渠-东干渠向孔雀河下游实施生态输水,输水线路更短,沿途损耗更小,输水效率更高,同时,沿干渠水量监测管理相对完善,容易对输水进程和水量进行管理和及时调整。

2.3.2 调塔里木河水济孔雀河

从塔里木河调水有北线(沙子河)、中线(乌斯曼河)和南线(恰阳河)方案可选。北线:从沙子河调水入孔雀河,缺点是调水线路长,达 160 km,沿途河损大;中线:从乌斯曼河向孔雀河中下游输水,调水线路也较长,约 110 km;南线:经恰阳河引水至孔雀河,虽然调水线路短,约 35 km,但恰阳河需要一定河道疏浚,加大过水能力。

(1)北线:是在塔里木河干流洪水期,从沙子河生态引水闸引水,沿沙子河故道输水至普惠水库,之后经由普惠水库向孔雀河下游实施生态输水。每年夏季,塔里木河干流会有为期近 1 个月的洪水期,干



图3 孔雀河生态输水路线示意图

资源对生态环境与经济社会发展的支撑保障能力。

3.2 河道疏浚,提高输水效率

孔雀河中下游自然坡降很小,部分河段由于长期断流风沙淤积河床整体抬高,河道周围农区人为在河道内设置的一些土坝土埂,增大了水流运行的阻力致使水头运行缓慢、停滞甚至倒流,增加了河损。而且,由于长期河道断流,部分河段内生长有比较茂密灌草植物,阻滞水流下泄,滞缓了生态输水阶段任务的完成^[16-17]。孔雀河第三分水枢纽至普惠水库包头湖段的堤防比较薄弱,并且河床内生长有大量的芦苇等杂草,在本次输水中,在 35 m³/s 的流量下即发生了漫滩现象,严重妨碍水量足额下泄,与其应具有 150 m³/s 的泄洪流量相差甚远,建议相关部门组织清淤。对于在此次输水过程中,水头前进比较慢甚至倒流的河段,如 66 分水闸口上下河段进行勘察,查明本次输水水流迟滞原因,采取必要措施加以疏通和输水方式和线路上的调整。

2016 年合计从塔里木河调水约 1.08×10⁹ m³。然而,实际流入孔雀河生态水量为却仅为 0.32×10⁹ m³,按此计算,由塔河调水汇入孔雀河的沿途水量耗散达 70%。虽然沿途耗散的水补充了当地的地下水,但对于亟待拯救的孔雀河中下游天然植被来说,这无异于劫夺了它的“救命水”,从而一定程度上削弱了河—河水系连通、互济互补、联合调度生态输水的实施效果。因此,为保障引塔济孔主要线路——乌斯满河向孔雀河输水通道和恰阳河向孔雀河输水通道的畅通,提高输水效益,建议尽快对输水线路实施必要的清淤疏浚、拆障等措施,增大输水通道的过流能力。在水情允许的条件下,增大“引塔济孔”水量,以确保生态输水能够更多到达孔雀河下游,从而加快输水目标实现。

3.3 建设生态引水的通道与闸口,提高输水效益

孔雀河中下游河道坡降小,且河道断流多年失修,河道过水能力明显不足,加之两岸开荒过程中私自挖口、堵坝,河床内修路、打井等问题突出,对生态输水的进程影响极大;再则,沿自然河道实施的生态输水对地下水及两岸胡杨的保育恢复范围有限,加之孔雀河沿河缺少能够实施生态引水的闸口与相关设施,从而限制了借生态输水契机增大生态受水面积与胡杨恢复范围的实施,同时也弱化的生态输水的绩效。为此,建议对孔雀河第三分水枢纽以下至一道坝主要河道以及输水通道,除采取综合疏浚整治,提升河道过水能力外,还可以依据地势与自然植被分布特征,加快建设生态引水枢纽及分水闸、堰、人

工调控河水漫溢,以扩大生态受水面积和输水效益。在输水过程中,可以先通过沿自然河道输水,抬升河道附近地下水位,拯救河道两岸垂死的天然植被,进而借助一定工程措施或沿河道架泵泵水,从而扩大输水的生态效应。

参考文献:

- [1] 刘亚琦,刘加珍,陈永金,等.孔雀河下游断流河道的环境特征及物种间关系[J].生态学报,2017,37(8):2706-2718.
- [2] 陈亚宁,杜强,陈跃滨.博斯腾湖流域水资源可持续利用研究[M].北京:科学出版社,2013:103-109.
- [3] 徐梦辰,陈永金,刘加珍,等.塔里木河中游水文影响下的胡杨种群格局动态[J].生态学报,2016,36(9):2646-2655.
- [4] 陈亚宁,李卫红,徐海量,等.塔里木河下游地下水位对植被的影响[J].地理学报,2003,58(4):542-549.
- [5] 马建新,吾买尔江·吾布力,黄湘,等.孔雀河应急输水后的地下水响应研究[J].新疆环境保护,2017,39(1):13-17.
- [6] 张慧,刘秋菊,史淑娟.黄河流域农业水资源利用效率综合评估研究[J].气象与环境科学,2015,38(2):72-76.
- [7] Li W H, Fu A H, Zhou H H, et al. Analysis of trends and changes in the water environment of an inland river basin in an arid area [J]. Water Environment Research, 2014, 86(2): 104-110.
- [8] 李卫红,陈忠升,李宝富,等.新疆开都-孔雀河流域绿洲需水量与稳定性分析[J].冰川冻土,2012,34(6):1470-1477.
- [9] Chen Y N, Li B F, Li Z, et al. Water resource formation and conversion and water security in arid region of Northwest China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2016, 26(7): 939-952.
- [10] Chen Y N, Li Z, Fan Y T, et al. Progress and prospects of climate change impacts on hydrology in the arid region of northwest China [J]. Environmental Research, 2015, 139: 11-19.
- [11] 陈亚宁,李稚,范煜婷,等.西北干旱区气候变化对水文水资源影响研究进展[J].地理学报,2014,69(9):1-10.
- [12] 周雪英,段均泽,李晓川,等.1960-2011年巴音布鲁克山区降水变化趋势与突变特征[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(5):19-24.
- [13] 杨青,史玉光,李扬.开都河流域面雨量与径流变化分析[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(1):11-15.
- [14] 王顺德,张洪,魏琳,等.塔里木河流域2003年“四源一干”河川径流及输水运行分析[J].冰川冻土,2005,27(5):715-722.
- [15] 毛炜峰,高前兆,秦莉.塔里木河干流输水运行对河流生态功效的分析[J].干旱区地理,2008,31(4):604-614.

- [16] 刘加珍,李卫红,陈亚鹏,等.新疆孔雀河下游退化植被对环境的响应研究[J].新疆环境保护,2017,39(1):1-7. 沙漠化分析[J].聊城大学学报(自然科学版),2018(1):65-71,103.
- [17] 刘加珍,李卫红,陈永金,等.孔雀河下游衰退河岸林的

Ecological Water Conveyance Project Based on River-Lake- Reservoir Connected System in the Kongque River

LI Weihong¹, Wumairjiang Wubuli², MA Yuqi², HE Yu², WANG Junzheng², ZHU Chenggang¹

(1.State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Science, Urumqi 830011, China;

2.Xinjiang Tarim River Basin Management Bureau, Korla 841000, China)

Abstract By analyzing the watershed system distribution and engineering characteristics of the Kongque River, this paper proposed an ecological water conveyance project based on river-lake-reservoir connected system in the Kongque River to rescue the *Populus euphratica* forest, and discussed the water sources, routes, water volume and optimum time of the ecological water conveyance project. It is proposed that adopting the trans-basins ways of water conveyance, which were river-river, river-lake and river-reservoir connected systems, could improve the effectiveness of water resource utilization. The conclusion of this research were as follows: When the water level of the Bosten Lake is above 1046.5 m, it is suggested to transfer water from the Bosten Lake through the west and the east routes to the middle and lower reaches of the Kongque River respectively, and the water amount should be around $(0.5\sim 1.0)\times 10^9$ m³. While the water level of the Bosten Lake is low, it is suggested to transfer water from the Tarim River to the middle-lower and lower reaches of the Kongque River through the middle and southern routes respectively, and the water amount should be around 10×10^8 m³. The optimum time of ecological water conveyance project should be from the end of August to September. Meanwhile, some engineering measures should be taken to expand the ecological benefits of the water conveyance project.

Key words river-lake-reservoir connected system; ecological water conveyance; *Populus euphratica* forest; Kongque River