

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2013.02.008

西北干旱区水资源利用与生态环境响应研究

——以新疆白杨河流域为例

孟江丽

(新疆水利水电勘测设计研究院,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:为了白杨河流域内莫合台洼地、白杨河洼地、艾里克湖 3 大区域的生态不被破坏,确保白杨河水库可以给下游艾里克湖输水,在研究白杨河流域水资源开发利用现状的基础上,设定白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间的河段进行全防渗和部分防渗两套输水工程方案,并通过遥感技术、蒸散模型和水量平衡模型,统筹考虑上、中、下游的用水情况,建立水资源开发利用方案与 3 大生态保护目标之间的响应关系,对河段全防渗和部分防渗两个输水工程方案对 3 大生态保护目标所产生的影响进行对比分析。结果表明,部分防渗方案对生态的影响较小,部分防渗方案是合理的输水工程方案。

关键词:水资源利用;遥感技术;蒸散模型;水量平衡模型;生态环境响应;西北干旱区

中图分类号:TV231.9 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2013)02-0038-05

Water resources utilization and eco-environmental responses in arid areas in Northwest China: A case study in Baiyang River Basin in Xinjiang

MENG Jiangli

(Xinjiang Survey and Design Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi 830000, China)

Abstract: In order to protect the eco-environment of the Mohetai Billabong, the Baiyang River Billabong, and Ailike Lake, and to transfer water from the Baiyang River Reservoir to Ailike Lake, two projects were carried out to transfer water through a pipeline all along the river channel and part of the channel between the Baiyang River Sluice and the Baiyang River Reservoir, based on study of the actual status of water resources utilization in the Baiyang River Basin. The remote sensing technology, the evaporation-transpiration model, and the water balance model were used to analyze the response relation between the water resources utilization scheme and the eco-environment, with consideration of water utilization in the upper, middle, and lower reaches. The effects of the two projects on the eco-environment of the Mohetai Billabong, the Baiyang River Billabong, and Ailike Lake were compared. The results show that to transfer water through the pipeline along part of the river channel was reasonable.

Key words: water resources utilization; remote sensing technology; evaporation-transpiration model; water balance model; eco-environmental response; arid areas in Northwest China

1 白杨河流域概况

新疆白杨河流域位于新疆准噶尔盆地西北边缘,地理位置介于东经 83°51'~85°59',北纬 45°20'~46°48'之间,在行政区划上涵盖塔城地区和布克赛

尔蒙古自治县、额敏县、托里县的一部分、克拉玛依市的大部分地区以及新疆生产建设兵团农七师的 137 团和农九师的 170 团,流域总面积约 1.64 万 km²。白杨河流域内山区河网发育,主要河流有白杨河、布尔阔台河、科克塔勒河、达尔布图河和克拉苏河等(图 1)。其

中白杨河发源于乌日可下亦山、加依尔山及赛米斯台山,流经莫合台山间盆地、白杨河洼地及乌尔禾冲洪积平原,最后流入艾里克湖。白杨河流域的总体地势为自西北向东南倾斜,艾里克湖为流域最低处。白杨河流域的地表水资源量为 3.94 亿 m^3 ,地表水可利用量为 2.45 亿 m^3 ;地下水资源量为 3.73 亿 m^3 ,地下水可开采量为 1.5 亿 m^3 ;另外,从外流域引水 2005 年约 1.3 亿 m^3 ,2020 年和 2030 年约 2.6 亿 m^3 。

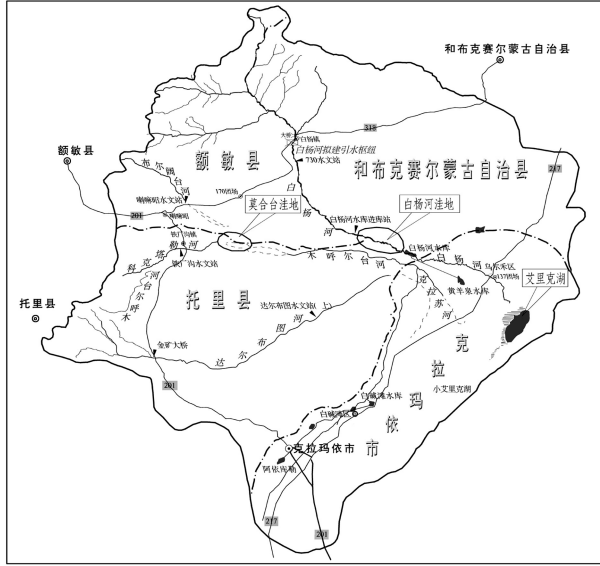


图 1 新疆白杨河流域河流水系示意图

莫合台洼地、白杨河洼地和艾里克湖均为白杨河流域内天然形成的自然生态地貌,其自然植被的衰败和面积变化是流域生态环境质量好坏的晴雨表,也是反映人类开发利用水资源是否适宜的指示针。莫合台洼地为布尔阔台河与白杨河冲洪积扇的扇间洼地,面积约 150 km^2 ,洼地内植被茂密,沼泽成片,主要接受布尔阔台河、科克塔勒河和白杨河的入渗水补给。白杨河洼地主要由白杨河冲积而成,面积约 360 km^2 ,洼地内沼泽地、盐碱地成片,河流阶地上生长有茂密的天然林,植被茂密,沿河谷形成绿色的条带。如果莫合台洼地和白杨河洼地内的生态植被衰退,周边居民将遭受沙尘影响。艾里克湖是白杨河的尾间,20 世纪 70 年代以前湖泊面积约 60 km^2 ,湖中有芦苇和少量的野生鱼生长。随着白杨河水库、白碱滩水库和黄羊泉水库的陆续建成,以及克拉玛依市生产、生活用水量的增加,白杨河流入艾里克湖的水 1991 年被彻底截断,1995 年艾里克湖干涸,造成湖泊周围数十平方公里的自然植被枯萎,中国第 2 大沙漠——古尔班通古特沙漠不断向克拉玛依市逼近。近几年,为了遏制艾里克湖周边生态环境持续恶化,克拉玛依市政府从 2001 年起每年定期向艾里克湖补水 5 000 多万 m^3 ,到 2008 年,干涸了多年的艾里克湖又重现生机,湖水面积逐渐扩大,目前已达 50 km^2 左右。

2 白杨河流域内地表水与地下水的 2 次水循环

以白杨河水库为界,白杨河流域的地表水与地下水在上、中、下游有 2 次大的水循环。位于上中游的第 1 次水循环主要给莫合台洼地和白杨河洼地补水,位于下游的第 2 次水循环主要给艾里克湖补水。

第 1 次水循环是在白杨河水库以上,布尔阔台河和科克塔勒河等诸小河流的水在出山口后下渗转化成地下水,而后在莫合台洼地溢出,形成克拉苏河;克拉苏河与白杨河河水流至白杨河水库坝址一带时,受基岩隆起正断层上升盘的阻水作用,形成白杨河洼地溢出带。

第 2 次水循环是在白杨河水库以下,克拉苏河与白杨河河水流出白杨河谷地后,与达尔布图河共同形成冲洪积平原,地表径流在沿途渗入补给地下水,最后以河床潜流形式补给艾里克湖。

3 研究思路及方法

3.1 研究思路

本研究以保护流域内生态环境为基本原则,首先对白杨河流域的水资源开发利用现状进行调查评价,找出流域内的主要生态敏感区(莫合台洼地、白杨河洼地和艾里克湖),再利用遥感技术^[1-2]对各生态保护目标历史时期的自然植被面积变化情况进行分析,确定自然植被保护规模,然后基于水资源开发利用现状和规划方案,在白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间拟定两套输水工程方案,采用蒸散模型^[3]和水量平衡模型^[4]预演这两套方案下主要生态敏感区的耗水量和面积变化情况,从而建立水资源开发利用整体方案与生态环境状况之间的响应关系,在统筹考虑流域上、中、下游生态环境用水量,兼顾 3 大生态保护区(莫合台洼地、白杨河洼地和艾里克湖)生态安全的基础上,确定白杨河流域合理的水资源开发利用方案。

3.2 研究方法

3.2.1 蒸散模型

用 Priestley-Taylor 公式^[3]计算湿润表面蒸散量,实际蒸散量 ET_a 的计算公式为

$$ET_a = 2a \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) - \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_A \right] \quad (1)$$

式中: a 为常数; Δ 为温度饱和水汽压曲线斜率; γ 为干湿表常数; R_n 为地表净辐射; G 为土壤热通量; E_A 为干燥力。

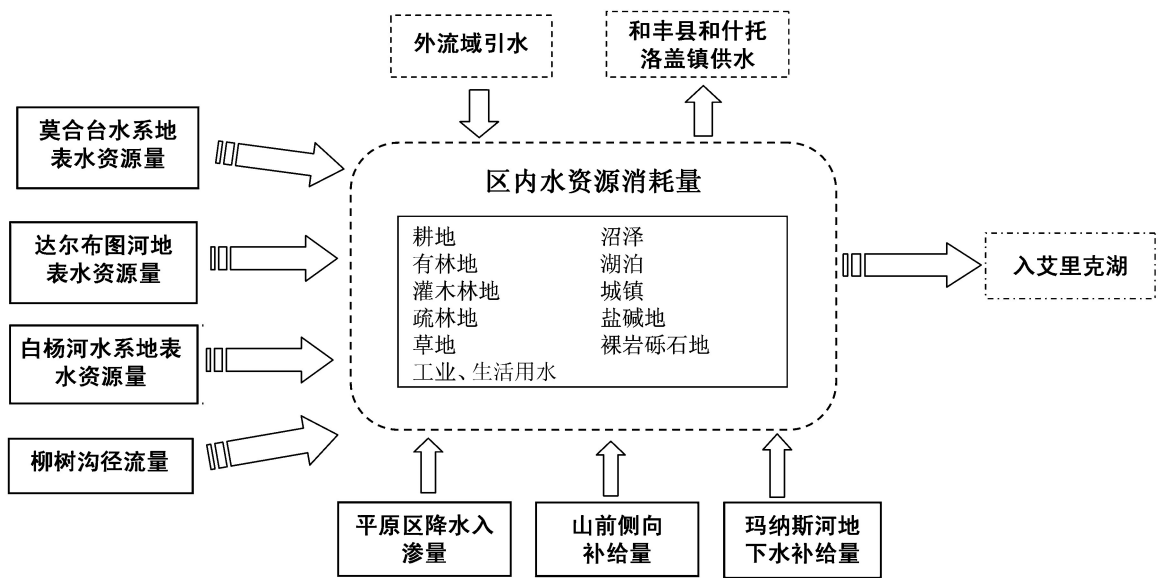


图2 白杨河流域水量平衡计算框图

3.2.2 水量平衡模型

白杨河流域的水量平衡计算框图见图2。

4 水资源开发利用方案和生态保护目标

4.1 水资源开发利用方案

根据白杨河流域内塔城、克拉玛依、新疆生产建设兵团农七师等城市的经济社会发展规划思路和产业布局,确定本水资源开发利用方案中白杨河流域内各规划水平年社会经济发展指标(表1)和需水量(表2)。

表1 白杨河流域各业发展指标

水平年	总人口/ 万人	工业总产值/ 亿元	牲畜年末存栏 头数/万 标准头	渔业 面积/ hm ²	总灌溉 面积/ hm ²	种植业 面积/ hm ²	林业 面积/ hm ²	牧业 面积/ hm ²
2005	27.60	160.72	52.61	0.9	490	268	177	45
2020	31.89	439.08	59.92	0.9	804	429	270	105
2030	34.61	674.49	64.12	0.9	885	474	300	111

4.2 生态保护目标

采用遥感解译技术对莫合台洼地、白杨河洼地、艾里克湖1980年、1990年、2000年、2005年4期的面积变化情况进行分析,并结合白杨河流域经济社会今后的发展需要,确定今后的生态保护目标为:通过建设水利工程、加强生态保护等措施,使莫合台洼地、白杨河洼地的生态植被总面积不减少,而仅区内自然植被分布格局发生变化;艾里克湖基本维持

2005年的湖面面积(55 km²)不萎缩,并每年向艾里克湖人工输送2500万 m³水量。

5 生态恢复工程方案

为了实现莫合台洼地、白杨河洼地和艾里克湖的生态保护目标,尽可能将河水输送到河流的尾间——艾里克湖,对白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间的河段采取防渗措施。由白杨河流域地表水和地下水之间相互转换的两次水循环可知,如果对白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间的河段进行全部防渗,将会大大减少白杨河的河道入渗水量,且莫合台洼地和白杨河洼地得到的河道渗漏补给水量也会减少,但会增加白杨河水库的入库水量,加大艾里克湖的入湖水量;若不防渗,则会增加莫合台洼地和白杨河洼地的河道渗漏补给水量,但会减少白杨河水库的入库水量,使艾里克湖的入湖水量减少。可见,必须寻找一个平衡点,使位于流域上中游的两大洼地和位于流域下游的艾里克湖的生态环境用水得到兼顾。为此,对白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间的河段防渗,本研究拟定了两套生态恢复工程方案:①全防渗方案,对白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间的河段进行全部防渗,或全部修建管道,将河水绕过河道通过管道引入白杨河水库;②部分防渗方案,在白杨河拟建引水枢纽至白杨河

表2 白杨河流域不同水平年各业需水量

万 m³

水平年	生活用水量			生产用水量					生态用水量 (给艾里克湖 人工补水)	全流域总用 水量
	城镇 生活用水	农村 生活用水	合计	工业用水	农业用水	牲畜用水	渔业用水	合计		
2005年	2287	56	2343	6021	15817	393	93	22324		24667
2020年	2796	111	2907	15512	22857	448	79	38896	2500	44303
2030年	3224	120	3344	17489	22688	480	75	40732	2500	46576

水库之间约 43km 长、渗漏较严重的河段修建管道, 其余河段仍从河道输水。

6 模拟结果

根据拟定的水资源开发利用方案和生态恢复工程方案, 采用蒸散模型和水量平衡模型对莫合台洼地、白杨河洼地、艾里克湖 2020 年、2030 年的面积和耗水量进行模拟, 模拟结果见图 3 ~ 7。

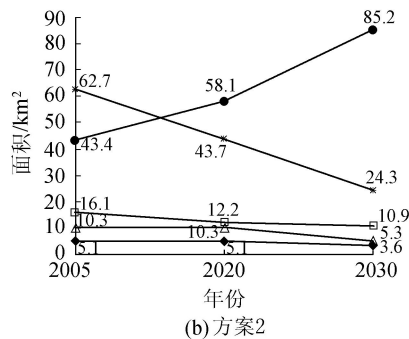
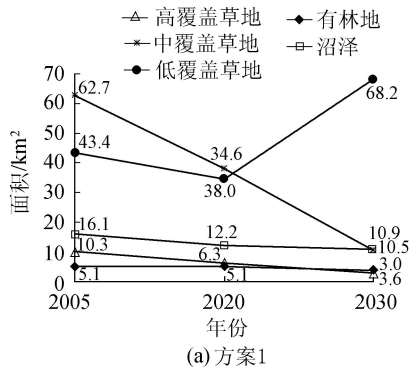


图 3 不同方案下莫合台洼地自然植被面积变化情况

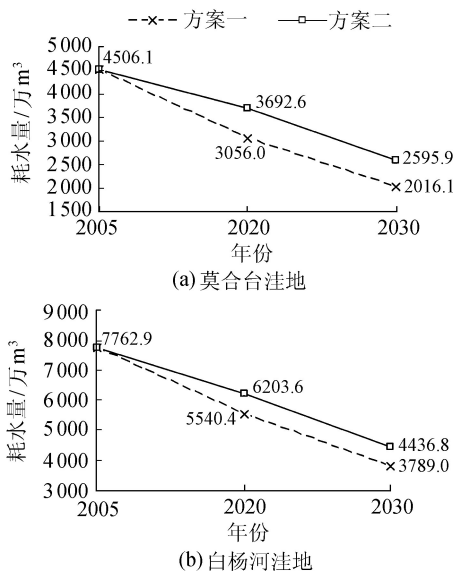


图 4 不同方案下莫合台洼地和白杨河洼地自然植被耗水量

6.1 莫合台洼地

从图 3 和图 4 可以看出, 当对白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间的河段进行全部防渗时, 莫

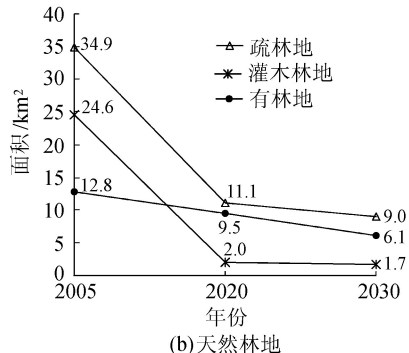
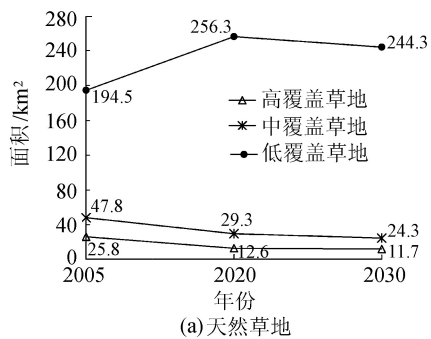


图 5 方案 1 下白杨河洼地天然草地和天然林地面积变化情况

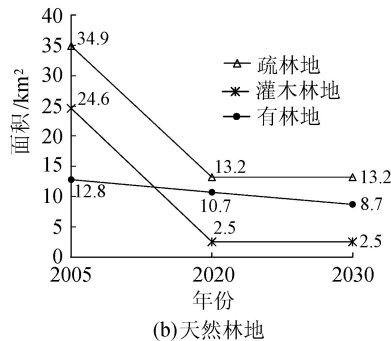
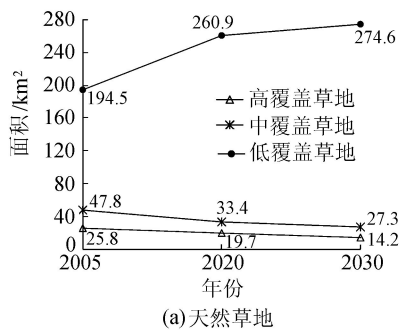


图 6 方案 2 下白杨河洼地天然草地和天然林地面积变化情况

合台洼地内的有林地和沼泽的面积变化较小, 但是高覆盖草地向低覆盖草地退化较严重, 草地总面积从 2005 年的 116.4 km² 退化为 2020 年的 78.9 km² 和 2030 年的 81.7 km²; 当采用部分防渗方案时, 莫合台洼地内的有林地和沼泽的面积变化情况与方案 1 相同, 草地面积退化速度变缓, 草地总面积 2005 年至 2030 年面积仅减少了 1.6 km²。从图 5 可以看出, 当对河道进行全部防渗时, 莫合台洼地内的自然生态

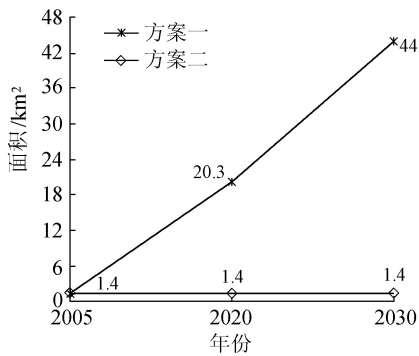


图7 白杨河洼地不同方案下裸岩砾石地面积变化情况

植被耗水量减少较快。由此可见,河道渗漏对莫合台洼地内的生态植被水量补给作用较明显,部分防渗方案有利于莫合台洼地内生态植被的生长。

6.2 白杨河洼地

从图4~7中可以看出,当对白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间的河段进行全部防渗时,白杨河洼地内的林地、高覆盖草地、中覆盖草地逐渐退化为低覆盖草地和裸岩砾石地,到2030年退化成裸岩砾石地的面积为43.3km²,退化较严重;当采用部分防渗方案时,白杨河洼地内的植被主要向低覆盖草地转化,且速度变缓,不会转化为裸地。白杨河洼地内的自然生态植被耗水量减少速度也是方案1比方案2快。由此可见,不同的输水方案对白杨河洼地的生态植被影响较大,采用部分防渗方案有利于白杨河洼地的生态植被生长。

6.3 艾里克湖

利用水量平衡模型进行计算,可知到2030年,全部防渗方案下,进入艾里克湖的水量为5050万m³,耗水量为4108.3万m³;部分防渗方案下,进入艾里克湖的水量为3960万m³,耗水量为3275.8万m³。可见,这两个方案都有水进入艾里克湖,但相对来说,全部防渗方案下进入艾里克湖的水量较多。

6.4 方案比选

通过上述分析可知,由于白杨河流域上、中、下游水力联系密切,所以当在上、中游对河道进行防渗时,莫合台洼地和白杨河洼地的补水量减少,入艾里克湖的补水量增加。在全部防渗方案下,进入艾里克湖的水量较多,但是莫合台洼地和白杨河洼地的草地面积退化较严重;在部分防渗方案下,进入艾里克湖的水量较少,但是莫合台洼地和白杨河洼地内草地的退化面积较少,而且进入艾里克湖的水量可以满足艾里克湖的耗水量和水资源配置方案中的补水量要求,因此,从维护流域整体生态环境良性发展、不打破现状生态平衡、使位于流域上、中游的两大洼地和位于流域下游的艾里克湖的用水量均能得到满足的角度出发,将部分防渗方案作为向白杨河拟建

引水枢纽至白杨河水库之间的河段输水的推荐方案。

7 结论

对白杨河流域规划水平年的经济社会指标进行预测,在此基础上,拟定两套工程输水方案,模拟流域内3大生态保护区(莫合台洼地、白杨河洼地和艾里克湖)的面积和耗水量变化情况。结果表明,当对白杨河拟建引水枢纽至白杨河水库之间的河段采取部分管道输水方案时,流域内的社会经济得到了适宜发展,且现状生态平衡得到了维持,因此,这种水资源开发利用模式有利于促进白杨河流域的整体可持续发展。利用蒸散模型和水量平衡模型可以将多因素的水资源开发利用方案与生态环境联系起来,从而量化水资源开发利用方案与生态环境之间的响应关系,为探索西北内陆干旱区水资源合理开发利用模式提供一种途径。

参考文献:

- [1] 瓦哈甫·哈力克,塔西甫拉提·特依拜,海米提·依米提,等. 克里雅河流域水资源利用及其生态环境响应研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2006, 22(4): 283-287. (WAHAP HALIK, TASHPOLAT TIYIP, HAMID YIMIT, et al. Water resources utilization and eco-environmental changing research in Keriya Valley [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2006, 22(4): 283-287. (in Chinese))
- [2] 张友静, 陈波, 何川, 等. 水文响应指数及其在TOPMODEL参数区域化中的应用[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2009, 37(5): 539-544. (ZHANG Youjing, CHEN Bo, HE Chuan, et al. Application of hydrological response index in regionalization of TOPMODEL parameters [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2009, 37(5): 539-544. (in Chinese))
- [3] 庞桂斌, 彭世彰, 丁加丽, 等. 南方气候区草坪草需水规律试验研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2009, 37(2): 143-146. (PANG Guibin, PENG Shizhang, DING Jiali, et al. Evapotranspiration from turfgrass under south China climate conditions [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2009, 37(2): 143-146. (in Chinese))
- [4] 冯小冲, 王银堂, 胡庆芳. 三参数月水量平衡模型在丹江口水库控制流域的应用[J]. 水利水电科技进步, 2010, 30(3): 5-7. (FENG Xiaochong, WANG Yintang, HU Qingfang. Application of three-parameter monthly water balance model in Danjiangkou Reservoir Basin [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2010, 30(3): 5-7. (in Chinese))

(收稿日期: 2012-10-09 编辑: 彭桃英)