

石羊河流域综合治理成效及后续治理建议

宋淑珍¹, 张 芮²

(1. 甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学水利水电学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在综合分析石羊河流域水资源问题、水资源问题形成因素的基础上, 结合石羊河流域综合治理目标总结了石羊河流域综合治理取得的成效。提出了更新水库现有调度模式, 实施生态调度; 发展集雨节灌日光温室, 开辟灌溉新水源; 推广节水灌溉集成技术, 压缩农业灌溉用水; 培育政府调控与市场调节相结合的水资源管理模式等石羊河流域后续治理建议。

关键词: 石羊河流域; 水资源; 可持续利用; 综合治理; 建议

中图分类号: S157.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)06-0073-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2018.06.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2018.06.020)

石羊河发源于祁连山北麓的冷龙岭, 流经金昌市, 武威市的凉州区、民勤县、古浪县、天祝县以及张掖市的肃南县及山丹县部分区域, 注入下游民勤绿洲, 形成上游山区-中游平地-下游绿洲的流域特点。石羊河流域地处东经 101° 00'~104° 12', 北纬 37° 02'~39° 20', 总面积 4.16 万 km², 年均降水量 200 mm, 而年均蒸发量超过 2 600 mm^[1], 由于水资源的低效率使用和过度开发, 引起了一系列环境问题, 成为中央领导和社会各界重点关注的问题之一。我们在综合分析石羊河流域水资源存在的问题及成因的基础上, 总结了石羊河流域综合治理取得的一些成效, 同时提出对石羊河流域水库实行生态调度、发展集雨节灌及其节水灌溉集成技术、转变水资源管理模式等后续治理建议, 以期为石羊河流域综合治理的深入推进提供参考。

1 综合治理前石羊河流域水资源存在的主要问题

1.1 上游冰川萎缩, 出山口径流量减小

全球升温加上滥伐、滥牧、开矿以及水资源过度开采等资源掠夺性开发, 祁连山冰川雪线上升, 冰川萎缩减薄^[2-4], 石羊河及其支流流量减少, 出现了出山径流减少等现象。据中国科学院寒区旱区环境与工程研究所测算, 位于祁连山西段西北坡的 170 条冰川以平均 4.9 m/a 的速度缩

减。与 20 世纪 70 年代和 80 年代实际观测的平均结果相比, 2002 年和 2003 年“七一冰川”的零平衡线海拔分别升高了 370 m 和 300 m^[5]。同时, 石羊河流域内 8 条主要支流出山口径流量减少 22.2%, 也由 20 世纪 50 年代的 17.524 亿 m³ 减少到 21 世纪初的 13.630 亿 m³。

1.2 中游大量引水灌溉, 注入下游水量减小

石羊河流域在上游的 8 条支流上累计修建了 7 座中型水库, 这些水库的建设对调蓄中游农业灌溉用水, 提高地表水资源的有效开发利用, 发挥了举足轻重的作用^[6]。但由于在水资源的调度、开发利用中忽略了流域水资源的整体性和下游生态需水幅度, 导致在水资源的开发利用过程中忽视了对环境的影响的评价。20 世纪 50 年代, 进入下游民勤的水量为 5.527 亿 m³, 而到 2005 年进入民勤的水量减少为 0.830 亿 m³, 锐减 85.0%, 具体变化过程见图 1。上游来水量的减少, 加之中游用水量不断增加, 最终导致下游河道及尾间湖泊青土湖完全干涸^[7]。

1.3 下游地下水过度超采, 水位下降严重

由于石羊河流域上、中游水资源的过度开发利用, 进入下游民勤绿洲的地表水总量显著降低, 加之随着社会经济的发展, 民勤绿洲需水规模的不断扩大, 地下水开采量大幅度上升。民勤绿洲地下水超采非常严重, 石羊河流域综合治理前民

收稿日期: 2018-03-26

基金项目: 甘肃水利重点科技项目“膜下滴灌条件下作物节水机理与灌溉模式研究”(2003-120-31)、甘肃水利科技项目“甘肃武威市高效节水灌溉工程综合效益评价”(2017-31)、甘肃省教育厅研究生导师项目“石羊河红崖山水库功能调整与生态调度模式研究”(0902-02)资助。

作者简介: 宋淑珍(1980—), 女, 甘肃通渭人, 助理研究员, 博士, 主要从事草食畜牧业及农业经济研究工作。Email: songshuzhen@gsagr.ac.cn。

通信作者: 张 芮(1980—), 男, 甘肃武威人, 教授, 博士, 主要从事农业水利工程研究工作。Email: zhangrui@gsau.edu.cn。

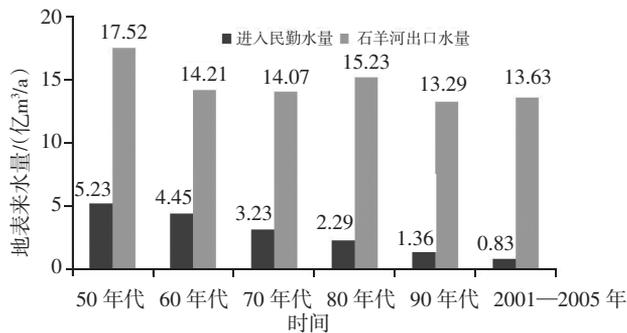


图1 石羊河出口水量与进入民勤水量

勤地下水开采量已经达到了 5.160 亿 m^3 , 超采量将近 4.100 亿 m^3 。地下水位下降 10 ~ 20 m, 局部地区地下水位下降甚至达到 40 m^[7]。

1.4 地表水污染严重,地下水矿化度升高

由于地下水过度开采,而地表水补给不足,导致石羊河下游民勤的地下水水质矿化度升高,地下水的矿化度平均 2.5 g/L 以上,最高区域可达 4.3 g/L^[8],超过人畜饮用水矿化度的临界值多倍。因此,石羊河流域水资源问题不仅是水量不足问题,同时也体现在水质不能满足生活、生产、生态要求等方面。

2 石羊河流域水资源问题成因分析

引起石羊河流域水资源问题的原因既有自然条件等环境因素,也有人为因素,主要归结为以下五个方面。一是资源性缺水是引起水资源问题的内因。石羊河流域内现有可利用水资源量为 $17.61 \times 10^8 m^3$,人均水资源占有量约 788 m^3 ,低于全省和全国的平均水平,约为全省人均水平的 1/2 和全国水平的 1/3;耕地平均水资源占有量 3 900 m^3/hm^2 ,约为全省水平的 40%和全国水平的 13%^[6]。二是石羊河流域水资源承载能力相对较弱。流域内主要以高耗水农业为主,难以承受目前以高耗水的农业为主的发展模式^[9]。三是水土资源开发不尽协调。农业灌溉规模偏大,严重挤占维护天然植被的生态用水。四是上、下游用水比例不协调,从而使生态平衡点遭到了破坏^[6]。五是石羊河流域内上下游用水、行业用水总量不协调。

3 石羊河流域综合治理目标与成效

3.1 流域综合治理实施及主要治理目标

石羊河流域生态环境恶化严重,特别是下游

流域民勤地区沙漠化、盐渍化程度加重,地下水位下降,矿化度升高^[10],民勤绿洲面临锐减或消亡威胁,危及民勤绿洲居民的生存问题。为了应对民勤及石羊河流域的生态与环境问题,2007年12月国务院批准实施以“民勤绿洲”为重点的石羊河流域重点治理规划,规划提出:“到2010年总用水量减至 3.590 亿 m^3 ,比2007年减少 3.990 亿 m^3 ,进入民勤地表水量(蔡旗断面)增加到 2.600 亿 m^3 以上;到2020年蔡旗断面水量达到 2.900 亿 m^3 以上,民勤地下水开采量控制在 1.250 亿 m^3 内,其中民勤盆地控制在 0.860 亿 m^3 内”^[11]。

3.2 取得的成效

石羊河流域重点治理规划实施以来,以全流域为整体综合考虑,初步构建了生产—生态安全体系,通过一些列治理措施的实施,石羊河流域地下水总补给量较治理前增加 1.3%,地下水资源拥有量较治理前增加 10.0%;武威盆地、民勤盆地实际开采量小于可开采量,超采问题得到缓解^[12]。以民勤县为例,其用水总量由治理前 7.580 亿 m^3 减至 3.580 亿 m^3 ,减少了 52.77%;进入民勤县水量由治理前 0.980 亿 m^3 增至 3.270 亿 m^3 ,增加了 233.7%^[13]。干涸 50 多年的青土湖重现水面 25.16 km^2 ;地下水埋深由 2011 年的 4.69 m 抬升至 3.04 m,形成旱区湿地 106 km^2 (表1)。

3.2.1 合理利用水资源,初步构建了节水生态安全体系 石羊河流域上、中、下游水资源基本实现合理分配。上游产流区建立以保护水源为主要目标的自然保护区,严禁挖土采矿,保护和抚育草甸植被,涵养水源。在上游封山育林育草,退耕还林,逐步退耕山口以上的全部耕地。中游大搞节水措施,积极发展节水型农业。下游利用景泰三期黄河水提灌工程已经引到民勤的有利条件补水,变抽水井为注水井,恢复地下水位。

3.2.2 初步构建了土地资源保护与生态安全体系 通过压缩灌溉耕地和加大老灌区改造力度来节约流域水资源、防止流域荒漠化。对祁连山开辟的冷凉灌区采取了退耕还林措施,促进水源涵养。对下游湖区注水,恢复地下水位,形成湿地,发展特色畜牧业。

表1 石羊河流域综合治理效益分析—以下游民勤县数据为例

项目	来水量 /亿 m^3	用水总量 /亿 m^3	地下水开采量/亿 m^3		下游青土湖相关水生态指标		
			开采总量	其中红崖山灌区	地下水埋深/m	湖面积/ km^2	湿地面积/ km^2
2007年(治理前)	0.98	7.58	6.60	6.15	4.69	0	0
2016年(治理后)	3.27	3.58	1.25	0.86	3.04	25.16	106
增加量	2.29	-4.00	-5.35	-5.29	-1.65	25.16	106

3.2.3 初步构建了粮食生态安全体系 坚持压缩灌溉耕地,生产粮食的灌溉耕地全面实施节水技术,以实施有机农业相结合的路子来实现石羊河流域的粮食安全和可持续发展。

3.2.4 初步构建了畜牧业生产安全体系 通过山区坡耕地退耕还草、荒漠区注水后自我修复草业、绿洲区秸秆及饲草基地建设来发展畜牧业。

3.2.5 初步构建了产业化生产安全体系 通过草产业、畜产业、粮食产业、果品产业、加工产业、能源产业等生产体系的调整,初步建立各行各业产业化生产体系。

3.2.6 初步构建了人居环境安全体系 通过现代农业经营体系、乡村人才振兴、乡村文明建设、公共文化服务等工程,构建人居环境安全体系^[14]。

4 后续综合治理建议

4.1 更新水库现有调度模式,实施生态调度

石羊河流域实施生态调度、恢复地下水位势在必行。一方面要加强生态环境需水量研究,确定基于生态水文学的河流生态环境需水量^[15];另一方面要基于满足河流适宜(或最小允许)生态径流或下游天然植被需水,研究确定水库的生态蓄水位和生态库容,最大限度地发挥水库对径流的调节作用,同时保护下游环境生态安全^[16]。根据流域总的生态需水量及设计生态需水过程线,利用兴利调节的计算方法,确定总的生态库容^[17],再按照水库区间生态需水量及设计需水过程线确定各水库必须承担的生态库容,最后结合各水库的水文特性、水库特性及综合利用等方面的要求,进行生态调节使各水库承担的生态库容既满足下游生态需水要求(各水库分担的生态库容大于其必须承担的生态库容,各水库生态库容之和不小于流域总的生态库容),又符合经济原则,使综合效益实现最大化。

4.2 发展集雨节灌日光温室,开辟灌溉新水源

石羊河流域多年平均降水量为 110~330 mm,降水量相对较少,但降水时间集中在 7—9 月份,因而便于利用日光温室膜面进行收集降水,配套水窖储存雨水,利用节水灌溉系统,根据棚内种植作物、蔬菜的需要进行灌溉,开辟灌溉新水源,是石羊河流域解决用水短缺的一条行之有效的途径。根据《石羊河流域重点治理规划》,石羊河流域在设计水平年平均建设日光温室 0.67 万 hm^2 ,按照流域平均可收集降水 120 mm 算,则可集蓄水总量为 700.35 万 m^3 ,而且日光温室用水量一般

相当大田作物的 1/2,发展 0.67 万 hm^2 日光温室可比大田作物节水 2000 万 m^3 ^[6]。因此,石羊河流域发展日光温室集雨节灌节水模式,建设集雨节灌型日光温室,每年相当于新开辟水源 700.35 万 m^3 ,节约水资源 2 000.00 万 m^3 ,两项总计约为 0.270 亿 m^3 ,接近景电调工程年调水量的一半。

4.3 推广节水灌溉集成技术,压缩农业灌溉用水

石羊河流域农业灌溉用水占总用水量的 90% 以上,大定额、粗放的灌溉方式,致使该流域平均毛用水在 12 000 m^3/hm^2 左右^[18],而当地年均 2600 mm 的蒸发量,更是引起大量水分无效蒸发。因此,石羊河流域减小农业灌溉用水量除压缩耕地面积、调整农业种植结构外,还需重点从以下两个方面入手。一是减小灌水定额,实行小畦灌溉、沟灌和膜下滴灌等高效节水灌溉技术。试验表明,对棉花进行膜下滴灌时,平均用水量减小到 3 750~4 500 m^3/hm^2 ,相当于大水漫灌的 1/3,而且产量提高 10% 以上,化肥、农药的施用量减少了一半^[19-21]。制种玉米采用膜下滴灌技术后,生育期灌水量减少到 2 745 m^3/hm^2 ,比垄作沟灌节水 34.0%,节肥 23.6%^[17]。石羊河流域的棉花、玉米、果树、大田蔬菜的生产均可采用膜下滴灌技术,一般情况可比裸田节水 3 000 m^3/hm^2 以上。二是减小棵间蒸发,采用地膜覆盖和秸秆覆盖技术^[22]。据测定,玉米地膜覆盖后,水分可以在膜内自由循环^[23],可以减少棵间蒸发水分 90%,增加土壤湿度。利用秸秆覆盖玉米,可使 60 cm 土层水分质量分数提高 3%~4%,减少棵间蒸发 74%,而且具有抑制杂草,减少中耕次数,增加土壤腐殖质的效果。小麦采用少免耕垄作栽培技术,免安冬水,留茬越冬,比常规灌溉可节水 3 000 m^3 ^[24-25]。

4.4 培育政府调控与市场调节相结合的水资源管理模式

4.4.1 明晰水资源产权 促进水资源的合理配置,明确上游和下游、农业用水和城市用水、经济用水和生态用水水资源分配定额和产权,做到水资源产权明晰。水资源产权明晰化将会改变旧的用水观念和用水方式,水资源产权主体将因为水资源的明晰化制度而轻松获得水资源的产权,而这些水资源产权具有有价流转性,即在交易的过程中可以获取个人或公共利益(水资源流转税金),这必将大大增强水权交易主体积极主动的保护其获得的用益物权以及建立在其用益物权基础上的水资源。水资源产权明晰化,还有利于保障和维护流域

中下游地区群众的用水权益,解决中下游之间的用水矛盾和行业之间的用水冲突等问题。

4.4.2 尽快完善水量精确量测系统 建立完善石羊河流域的配水制度,更新其输水系统,使用户实现“即需即取”的精准模式。通过长远规划,分步实施,通过工程措施,逐步实现以井灌区为主的流域管网输水量测系统,继续完善渠灌区的量水设施,提高量水的精确度,为明水权,进行水权交易奠定量化基础。

4.4.3 建立水权交易制度 建立水权交易制度,利用市场配置资源的优越性和合理性,合理分配、利用稀缺的水资源,实现水资源的可持续发展和人与水资源的和谐发展,以达到区域和社会整体的水资源分配、利用、管理的实质公平。水权交易制度的核心和宗旨是解决如何运用有限并且稀缺的水资源使其达到最合理的配置,使其价值发挥到最大限度的水资源的管理体制和运行机制。

4.4.4 实行水权交易严格审批制度 严格的水权交易审批制度,可确保水权交易市场管理和交易有序进行。除审核水权交易主体资格和水权交易主体权利能力外,应重点审查水权交易的正义性。正义性的主要内容除应该包括水权交易合同的主体双方除遵守合同交易基本原则外,还必须坚持保护环境、节约水源的原则。审批过程中应坚持满足生活用水安全需求,满足基本粮食生产用水需求,满足最小生态环境用水的需求,满足经济发展用水需求的主次层次原则。

参考文献:

[1] 苗慧珊. 蓄水渗膜在石羊河流域综合治理中的应用[J]. 农业科技与信息, 2010(14): 18.

[2] 刘潮海, 康尔泗, 刘时银, 等. 西北干旱区冰川变化及其径流效应研究[J]. 中国科学(D辑:地球科学), 1999(S1): 55-62.

[3] 王玉哲, 任贾文, 秦大河, 等. 利用卫星资料反演区域冰川冰量变化的尝试-以祁连山为例[J]. 冰川冻土, 2013, 35(3): 583-592.

[4] 张明军, 王圣杰, 李忠勤, 等. 近50年气候变化背景下中国冰川面积状况分析[J]. 地理学报, 2011, 66(9): 1155-1165.

[5] 刘时银, 丁永建, 李晶, 等. 中国西部冰川对近期气候变暖的响应[J]. 第四纪研究, 2006(5): 762-771.

[6] 成自勇, 张芮, 张步翀. 石羊河流域生态水利调控的思路与对策[C]. 中国水利学会: 中国水利学会2008学术年会论文集(上册), 北京: 中国水利水电出版社, 2008.

[7] 陆浩. 根本的出路在于节水-关于石羊河流域综合

治理的思考[J]. 资源环境与发展, 2007(1): 1-4.

- [8] 王化齐, 蔡焕杰, 张鑫. 石羊河下游民勤绿洲恢复地下水位生态需水量研究[J]. 水土保持通报, 2006(1): 44-49.
- [9] 全新丽. 群策群力 积极实施石羊河流域综合治理[N]. 中国经济时报, 2006-03-05(01).
- [10] 张奎俊. 石羊河流域下游民勤绿洲生态需水与措施研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2008.
- [11] 石岩, 张芮, 董平国, 等. 石羊河流域水资源高效利用与生态治理措施效应分析-以民勤县水资源管理为例[J]. 水利规划与设计, 2017(2): 53-55.
- [12] 张丽. 石羊河流域综合治理在水资源方面的成效研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2017.
- [13] 石磊, 张芮, 董平国, 等. 干旱缺水地区民勤县水资源持续高效利用措施研究[J]. 水资源保护, 2017, 33(4): 20-25.
- [14] 张世珍. 祁连山生态系统保护与治理[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2012.
- [15] 吕新华. 大型水利工程的生态调度[J]. 科技进步与对策, 2006(7): 129-131.
- [16] 余文公, 夏自强, 于国荣, 等. 生态库容及其调度研究[J]. 商丘师范学院学报, 2006(5): 148-151.
- [17] 杨俊宇, 张明久. 梯级水库的水利水能计算分析[J]. 黑龙江水利科技, 2011, 39(5): 82-84.
- [18] 张芮. 制种玉米膜下滴灌优化灌溉制度及土壤水热高效利用研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.
- [19] 周建伟, 何帅, 李杰, 等. 棉花膜下滴灌灌溉效应研究[J]. 新疆农业科学, 2005, 42(1): 41-44.
- [20] 郑重, 马富裕, 慕自新, 等. 膜下滴灌棉花水肥耦合效应及其模式研究[J]. 棉花学报, 2000, 12(4): 30-33.
- [21] 杨林娟. 甘肃石羊河流域民勤绿洲水资源可持续利用对策[J]. 中国农业资源与区划, 2007(1): 30-33.
- [22] 景明. 覆盖措施下非充分灌溉春玉米水分利用效率研究[C]. 中国农业工程学会. 现代节水高效农业与生态灌区建设(上). 北京: 出版者不详, 2010.
- [23] 何晟国, 何增国, 郭天云. 河西地区玉米双垄沟播膜下滴灌栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2012(10): 46-47.
- [24] 沈加印. 秸秆覆盖夏玉米不同生育期耗水特性及水分利用效率研究[J]. 山东农业科学, 2015, 47(6): 39-41; 44.
- [25] 宋金凤, 张连瑞, 张忠福, 等. 春小麦垄作沟灌高产节水栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2014(1): 65-66.

(本文责编: 郑立龙)