

甘肃省淤地坝水资源的利用潜力

吴晓¹, 靳峰², 张富³, 马瑞³, 王玲莉⁴, 沈宏涛⁵

(1.甘肃省兰州水文站, 甘肃 兰州 730000; 2.甘肃省水利厅, 甘肃 兰州 730000; 3.甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730070; 4.甘肃中和育生态环境咨询中心, 甘肃 兰州 730030; 5.环县水保局, 甘肃 环县 745700)

摘要: [目的] 分析淤地坝拦泥蓄水及其水资源利用潜力, 为淤地坝水资源利用及管理提供依据。[方法] 本文通过调查法对甘肃省多沙粗沙区淤地坝建设现状、拦沙数量及空间分布、水资源利用效益和利用潜力进行分析。[结果] 截至 2019 年底甘肃省共建成淤地坝 1 600 座, 其中大、中、小型坝各为 559, 452, 589 座; 坝控面积 4 101 km², 总库容 4.82 × 10⁸ m³, 其中设计拦泥库容 2.29 × 10⁸ m³。目前拦泥库容 1.43 × 10⁸ m³, 占设计拦泥库容的 62.37%; 拦泥库容中, 大、中、小型坝各占 80.86%, 13.21% 和 5.93%; 泾河流域、黄河干流、渭河流域、洮河流域各占 71.46%, 13.91%, 12.72%, 1.91%。由于流域产沙量减少, 大型坝平均淤积 17 a 后(平均设计淤积年限 15 a) 剩余拦泥库容占设计拦泥库容的 43.88%; 中型坝平均淤积后(平均设计淤积年限 10 a) 剩余拦泥库容占设计拦泥库容的 38.81%。全省淤地坝剩余拦泥库容 8.62 × 10⁷ m³, 可作为今后蓄水利用的潜在库容。目前, 淤地坝蓄水主要用于应急抗旱、农业及果园高效节水灌溉、土地多种经营及经济综合开发、畜禽养殖、淤地坝田园综合开发利用等。庆阳、平凉、天水 and 定西市安定区今后可开发用于人饮备用水源地、提灌补灌工程水源地、水体养殖(鱼塘)的淤地坝数量共 147 座。[结论] 为满足当地乡村振兴与高质量发展对淤地坝的社会需求, 对有蓄水用水需求的区域, 应提高新建坝的设计标准, 建设可长期蓄水的高标准淤地坝; 对已建成的大中型淤地坝进行提质改造, 保证淤地坝坝体、防洪及水资源利用的安全性, 同时建立淤地坝风险管控预警机制, 有效化解缺水地区淤地坝蓄水用水与防汛管理的矛盾。

关键词: 甘肃省; 淤地坝; 水资源; 开发利用; 多沙粗沙区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)03-0029-07

中图分类号: TV211.1

文献参数: 吴晓, 靳峰, 张富, 等. 甘肃省淤地坝水资源的利用潜力[J]. 水土保持通报, 2022, 42(3): 29-35. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2022.03.005; Wu Xiao, Jin Feng, Zhang Fu, et al. Utilization potential of water resources in check dams in Gansu Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(3): 29-35.

Utilization Potential of Water Resources in Check Dams in Gansu Province

Wu Xiao¹, Jin Feng², Zhang Fu³, Ma Rui³, Wang Linli⁴, Shen Hongtao⁵

(1.Lanzhou Hydrology Station, Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730000, China; 2.Gansu Provincial Department of Water Resources, Lanzhou, Gansu, 730000, China; 3.College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China; 4.Gansu Zhonghe Yu Ecological environment Consulting Center, Lanzhou, Gansu 730070, China; 5.Huanxian Water Conservancy Bureau, Huanxian, Gansu 745700, China)

Abstract: [Objective] The potential of check dams to retain silt and utilize water resources were analyzed in order to provide a basis for water resource utilization and management of check dams. [Methods] The current construction status, the quantity and spatial distribution of sediment retention, the utilization benefit, and the potential of water resources for check dams in sandy and coarse sand areas of Gansu Province were analyzed by investigation. [Results] By the end of 2019, 1 600 check dams had been built in Gansu Province, including 559 large dams, 452 medium dams, and 589 small dams. These dams controlled an area of 4 101 km², with a total capacity of 481.95 million m³, of which the designed siltation capacity was 229.08 million m³. The current soil interception capacity of these dams was 142.87 million m³, accounting for 62.37% of the

收稿日期: 2021-11-25

修回日期: 2021-12-30

资助项目: 甘肃省水利科技项目“甘肃省淤地坝开发利用对策研究”“甘肃省淤地坝水沙利用与风险管控研究”(甘水建管发[2021]71号)

第一作者: 吴晓(1964—), 男(汉族), 甘肃省兰州市人, 高级工程师, 大专, 主要从事水文水资源研究工作。Email: 986902730@qq.com。

通信作者: 张富(1961—), 男(汉族), 甘肃省定西市人, 研究员, 博士, 主要从事干旱区水沙演变规律研究及水土保持工作。Email: fuzhang001@163.com。

designed interception capacity. The interception amounts of large, medium, and small dams accounted for 80.86%, 13.21% and 5.93%, respectively, of the total interception by check dams. The Jinghe River basin, the main channel of the Yellow River, the Liujiaxia Reservoir area, the Weihe River basin, and the Taohe River basin accounted for 71.46%, 13.91%, 12.72%, 1.91%, respectively of the total interception. Due to a decrease in the soil erosion modulus, the actual mean interception capacity of large dams accounted for 43.88% of their designed capacity after 17 years of siltation (the average designed siltation period was 15 years). The actual mean interception capacity of medium-sized dams accounted for 38.81% of their designed capacity after 13 years of siltation (the average designed siltation period was 10 years). The remaining storage capacity of the check dams in Gansu Province was 86.21 million m^3 that can be used to store water for utilization. Currently, water in check dams is mainly used for drought emergencies, efficient water-saving irrigation of farmland and orchards, diversified land management, comprehensive economic development, livestock and poultry breeding, and comprehensive development and utilization of water. In the future, 147 check dams can be used to reserve water for human drinking, irrigation, and aquaculture (fish ponds) in Qingyang, Pingliang, Tianshui, and Anning of Dingxi. [Conclusion] In order to meet the social demand for check dams in the local rural revitalization and high-quality development strategy, for areas with water storage and water needs, the design standards of new dams should be improved, and high-standard check dams that can store water for a long time should be built. The large and medium-sized check dams that have been built will be upgraded reconstruction to ensure the safety of the check dam body, flood control and water resources utilization. More importantly, it is necessary to establish an early warning mechanism for the risk management and control of check dams to effectively resolve the contradiction between water storage and flood control management in check dams in water-deficient areas.

Keywords: Gansu Province; check dam; water resource; utilization and development; sandy and coarse sand areas

黄河流域是中华民族的摇篮,也是一条灾害频繁、难以治理的多沙河流,其输沙量之多、含沙量之高,堪称世界之最,造成历史上“三年两决口,百年一改道”的严重灾害。据统计,1954—1969年黄河年均输沙量达到 1.60×10^9 t,其中约有 1/4 淤积在下游河道,使下游成为“悬河”。而占黄河中游地区总面积 23% (7.86×10^4 km^2) 的多沙粗沙区〔侵蚀强度 ≥ 5000 t/($km^2 \cdot a$)〕产生的泥沙达 1.18×10^9 t,占黄河中游输沙量的 69.26%,其中产生的粗泥沙(粒径 ≥ 0.05 mm)量达 3.19×10^8 t,占黄河中游总粗泥沙输沙量的 77.2%^[1]。因此控制黄河泥沙特别是粗泥沙下泻,是治黄的症结所在。

淤地坝是黄土高原地区人民群众在实践中创造的一项具有显著生态、经济和社会效益的水土保持措施,它既能滞洪拦泥、淤地造田、增产增收,又能巩固退耕还林成果,促进特色产业及田园综合体的发展^[2]。1990年后水利部将黄河流域的多沙粗沙区 1.92×10^5 km^2 的水土流失治理列入国家重点规划^[1]。2003年水利部将淤地坝建设列入水利工作的三大“亮点工程”之一,编制完成了《黄土高原地区水土保持淤地坝规划》,并开展了大规模的淤地坝建设工作。截至 2019年 11月,黄土高原地区共建有淤地坝 58 776 座,其中陕西、山西、甘肃 3省分别占 57.99%,

30.89%, 2.72%, 其中大型坝 5 905 座、中型坝 12 169 座、小型坝 40 702 座,设计总库容 1.10×10^{10} m^3 ,设计拦泥库容 7.75×10^9 m^3 ,目前已淤积 5.50×10^9 m^3 ,淤积率(拦泥库容占设计拦泥库容的百分数,下同) 71.02%。

甘肃省淤地坝建于干旱、半干旱区,水资源匮乏,生产缺水成为制约坝区农牧业发展和农民增收的重要因素。淤地坝是甘肃省水土流失地区控制沟道侵蚀的重要工程措施,20世纪 90年代以来,各类坡面治理工程的实施,使黄土丘陵沟壑区的植被盖度显著增加,流域产水产沙量大幅降低^[3-7],致使到了设计淤积年限,淤地坝内泥面高度远低于拦泥坝高^[8]。如将剩余拦泥库容在非汛期蓄水发展农业或渔业,则可在很大程度上缓解坝区群众的生产乃至生活用水问题^[8-10]。本文对甘肃省淤地坝建设现状与蓄水利用潜力进行分析,以期为今后淤地坝水资源利用及管理提供依据。

1 研究内容与方法

1.1 研究区概况

甘肃省淤地坝建设于黄河流域多沙粗沙区。甘肃黄河流域位于乌鞘岭以东,子午岭以西,秦岭、迭山以北,西北止于青海省、宁夏回族自治区界,介于东经

100°45′—108°42′, 北纬 33°05′—37°37′ 之间, 涉及兰州、定西、天水、平凉、庆阳、白银和临夏 7 个市(州) 54 个县(市、区), 土地总面积 $14.55 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全省土地总面积的 32.1%。黄河流域有黄河干流(含刘家峡库区)、洮河、湟水、泾河、渭河、北洛河 6 个水系, 其特点是流域内不少河道属季节性河流, 冬春干涸断流, 汛期洪水暴涨陡落, 沿岸冲刷严重, 水低地高, 难以利用, 河流含沙量高, 输沙量大。据《甘肃省水资源公报》径流泥沙资料, 1999 年前位于黄河上中游的丘陵山地每年入黄泥沙达 $5.76 \times 10^8 \text{ t}$, 约占黄河(陕县以上)年均输沙量约 1/3, 占全省年均入黄泥沙量 $5.79 \times 10^8 \text{ t}$ 的 90% 左右。甘肃省多沙粗沙区属于黄土侵蚀亚区(Ⅲ区)的Ⅲ₈(马莲河东—华池强度侵蚀小区)、Ⅲ₉(马莲河西极强度侵蚀小区) 2 个小区, 面积 10 454 km^2 , 占Ⅲ区面积的 13.3%, 主要分布在泾河水系蒲河(巴家咀以上, 925 km^2) 和西川(庆阳以上, 9 529 km^2)^[11]。甘肃省淤地坝分布情况见图 1。

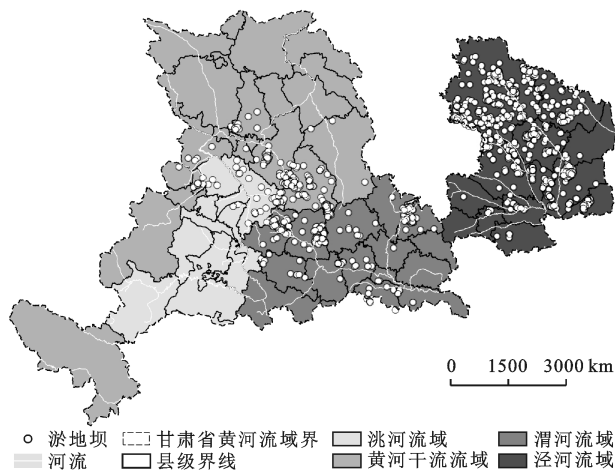


图 1 甘肃省淤地坝分布

1.2 研究内容

(1) 通过对淤地坝控制面积、总库容、设计拦泥库容、淤积量、水资源利用情况, 以及甘肃黄河流域段主要支流径流输沙量等现状数据的整理, 分析甘肃省淤地坝水资源利用潜力。

(2) 对不同区域典型淤地坝水资源利用现状、潜力以及发展利用方向进行分析, 提出发展利用对策。

1.3 研究方法

课题组于 2020 年 7 月下旬至 8 月上旬, 通过现场调研、资料查阅及与地方淤地坝责任人座谈等方式对甘肃省庆阳、平凉、天水、白银、定西、临夏、兰州共 7 个市州的淤地坝建设及水资源利用现状进行了调研, 同时发放淤地坝设计、利用状况调查表。截至 2021 年 6 月共收回“市(州)、县(区)淤地坝档案信息卡片(一坝一卡)”表格 1 600 份, 基于 GIS10.5 软件平台, 建立了甘肃省淤地坝水资源利用数据库, 对上述 2 个研究内容的相关指标进行了分析。

2 甘肃省淤地坝现状分析

2.1 淤地坝分布

截至 2019 年底甘肃省共建成淤地坝 1 600 座, 其中大型坝 559 座, 中型坝 452 座, 小型坝 589 座。按行政区划, 甘肃省淤地坝主要分布在庆阳、定西、平凉、兰州、天水、临夏、白银 7 个市(州) 的 36 个县(区), 建坝数量位于前 10 位的县区有环县(327 座)、安定区(155 座)、镇原县(131 座)、庆城县(125 座)、华池县(89 座)、榆中县(78 座)、陇西(65 座)、合水县(65 座)、庄浪县(63 座)、渭源县(61 座), 共计建坝 1 159 座, 占全省的 72.44%。按流域主要分布在泾河(925 座)、渭河(345 座)、黄河干流(286 座) 及洮河流域(44 座), 各流域大、中、小型坝的数量及比例详见表 1。

表 1 甘肃省黄河支流淤地坝建设数量及分布(截至 2019 年底)

流域名称	全省合计		大型坝		中型坝		小型坝	
	数量(座)	比例/%	数量(座)	比例/%	数量(座)	比例/%	数量(座)	比例/%
泾河流域	925	57.81	325	58.14	287	63.5	313	53.14
渭河流域	345	21.56	97	17.35	89	19.69	159	26.99
黄河干流	286	17.88	118	21.11	56	12.39	112	19.02
洮河流域	44	2.75	19	3.4	20	4.42	5	0.85
全省合计	1 600	100	559	100	452	100	589	100

2.2 淤地坝库容分析

如表 2 所示, 全省 1 600 座淤地坝控制面积 4 101 km^2 , 总库容 $4.82 \times 10^8 \text{ m}^3$, 设计拦泥库容 $2.29 \times 10^8 \text{ m}^3$, 已拦泥库容 $1.43 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占设计拦泥库容的 62.37%, 剩余拦泥库容 $8.62 \times 10^7 \text{ m}^3$, 占设计拦泥库容的 37.63%。从坝型来看, 大型坝的控制面

积(2 631 km^2)、总库容($3.92 \times 10^8 \text{ m}^3$)、设计拦泥库容($1.85 \times 10^8 \text{ m}^3$) 均远大于中型坝和小型坝; 大、中、小型坝的已拦泥库容分别为 1.16×10^8 , 1.89×10^7 , $8.47 \times 10^6 \text{ m}^3$, 分别占全省已拦泥库容的 80.86%, 13.21%, 5.93%, 因此大型坝是甘肃省拦泥淤地的主力军。大、中、小型淤地坝的剩余拦泥库容分别为

6.93×10^7 , 1.34×10^7 , 3.58×10^6 m^3 , 分别占全省总剩余拦泥库容的 80.34%, 15.51%, 4.15%, 这部分库容可作为今后蓄水利用的潜在库容。

从流域分布来看, 拦泥数量最大的是泾河流域, 占全省总拦泥库容的 71.46%; 其次是黄河干流和渭河流域, 分别占 13.91% 和 12.72%; 洮河流域最小, 仅为 1.91%。今后用于蓄水的潜在库容主要在泾河流域, 占总潜在蓄水库容的 43.83%, 其次是黄河干

流, 占 31.21%、渭河流域和洮河流域分别占 21.12% 和 3.83%。

从各市州淤积坝的淤地情况来看, 庆阳市的各项指标均居首位, 已拦泥库容占全省已拦泥库容的 70.19%, 剩余拦泥库容占全省剩余拦泥库容的 38.89%, 其次是定西市, 2 项指标值分别为 18.55% 和 33.87%。其余 5 个市(州)已拦泥库容共计占全省 11.25%, 剩余拦泥库容共计占全省 27.24%。

表 2 甘肃省淤地坝库容情况(截至 2019 年底)

类别	数量/座	控制面积/ km^2	总库容/ $10^4 m^3$	设计拦泥库容/ $10^4 m^3$	已拦泥库容		剩余拦泥库容		
					数量/ $10^4 m^3$	比例/%	数量/ $10^4 m^3$	比例/%	
全省	1 600	4 101	48 195	22 908	14 287	100	8 621	100	
坝型	大型	559	2 631	39 151	18 478	11 552	80.86	6 926	80.34
	中型	452	929	6 222	3 225	1 888	13.21	1 337	15.51
	小型	589	541	2 822	1 205	847	5.93	358	4.15
流域	洮河流域	44	148	1 289	603	273	1.91	330	3.83
	渭河流域	345	675	7 721	3 638	1 817	12.72	1 821	21.12
	泾河流域	925	2 518	29 768	13 989	10 210	71.46	3 779	43.83
	黄河干流	286	759	9 417	4 678	1 987	13.91	2 691	31.21
地区	庆阳市	862	2 420	28 412	13 382	10 028	70.19	3 354	38.89
	定西市	375	851	11 498	5 570	2 650	18.55	2 920	33.87
	天水市	91	225	1 961	928	565	3.95	363	4.21
	平凉市	127	272	3 439	1 517	505	3.53	1 012	11.74
	兰州市	123	266	2 552	1 357	439	3.07	918	10.65
	临夏州	21	61	257	127	72	0.50	55	0.64
	白银市	1	7	76	28	28	0.20	0	0.00

3 淤地坝水资源利用现状及存在问题

3.1 水资源利用现状

甘肃省建坝区域属于半干旱黄土区, 地貌类型为黄土丘陵沟壑区和黄土高原沟壑区。特别是在丘陵沟壑区地表水缺乏, 且部分地区水质苦咸, 矿化度高, 人畜不能直接饮用, 也不能用于灌溉。淤地坝通过拦蓄地表径流, 增加沟道水资源, 使水中硝酸盐、硫酸盐的含量和矿化度大大降低, 为农业灌溉、人畜饮用和工矿企业提供合格的水质^[12]。据调查, 甘肃省约有 129 座淤地坝存在蓄水利用情况, 在提供优质水资源、保障人畜饮水以及农业(植被)灌溉、水产养殖及绿色生态旅游等方面也有巨大潜力。

(1) 发展应急补充灌溉, 保障农业生产。利用坝库蓄水解决农村补充灌溉和群众生活用水, 是黄土丘陵区广泛采用的保障农村生产生活正常运行的 1 种蓄水利用模式。据调查, 环县共有蓄水淤地坝 17 座, 蓄水总量可达 $3.88 \times 10^6 m^3$ 。其中七里沟坝系建成后, 每年可提供有效水资源约 $1.60 \times 10^6 m^3$, 使中下游 120 hm^2 坝地及川台地变成水浇地, 还缓解了附近 4 个行政村 501 户, 7 000 多头(只)羊畜的饮水困难,

每户每年节约拉水用工约 480 个工时, 农户饮水受益率达 56.4%。此外, 环县还利用淤地坝蓄水兴办砖瓦厂 6 座, 生态养殖场 5 个, 年产值超过 1.20×10^7 元, 解决农村闲散劳动力近 1 000 人, 加快了当地群众的脱贫致富步伐。鸭台沟淤地坝利用蓄水发展高效农业灌溉 100 hm^2 , 建成环县首个旱作高效农业示范基地。

庄浪县在堡子沟、庙龙沟等 15 个较大流域内累计建成淤地坝 63 座, 总库容 $1.55 \times 10^7 m^3$, 仅 2018 年 1 a 的蓄水量可达 $1.20 \times 10^7 m^3$ 。利用淤地坝蓄水, 庄浪县建成了 3 处人饮补水工程, 每遇干旱缺水年份, 就开闸补充水源; 全县依托淤地坝水源建成提灌工程 15 处, 发展梯田灌溉 800 hm^2 。

安定区在其南部建设淤地坝 32 座, 剩余拦泥库容 $4.70 \times 10^6 m^3$, 全年的可利用的水量为 $7.05 \times 10^6 m^3$, 平均一个生长期灌溉 3 次, 每次需水量为 4 500 m^3/hm^2 , 可保灌种植甘蓝 347.92 hm^2 , 每 1 hm^2 纯收入 1.50×10^5 元, 与种植洋芋(地膜马铃薯纯收入 2.25×10^4 元/ hm^2 , 下同)相比, 增加经济收入 4.44×10^7 元; 在其北部建设淤地坝有 59 座, 剩余拦泥库容 $7.27 \times 10^6 m^3$, 可保灌种植芹菜 161.16 hm^2 , 纯收入 1.80×10^5 元/ hm^2 , 增加经济收入 2.55×10^7 元。

庆阳市环县、平凉市庄浪县和定西市安定区利用死库容蓄 $2.06 \times 10^7 \text{ m}^3$ 水用于应急抗旱、农业及果园高效节水灌溉、土地多种经营及经济综合开发、畜禽养殖等农民生产生活,为局部农业农村持续稳定发展起到了保驾护航、增添“稳定剂、助推剂”的作用。

(2) 以水为媒,发展水产养殖及田园综合体。利用坝库蓄水发展水产养殖及田园综合体,是黄土高原丘陵沟壑区的突出特点,利用的层次和水平,高于丘陵沟壑区。据华池县、泾川县淤地坝水体养殖调查,现拦泥高程与设计拦泥高程差大于 2 m 时可确保鱼类的成活和生长,通过发展渔业,每座可创收纯收入 1.00×10^5 元以上。例如,泾川县田家沟 G_1 大型坝位于田家沟小流域中上游,坝控面积 4.89 km^2 ,坝高 25.5 m,总库容 $58.62 \times 10^4 \text{ m}^3$,第一放水孔位置在距坝底 15 m 处,死库容 $1.52 \times 10^5 \text{ m}^3$,死水位处水面面积 5.05 hm^2 。经监测,其水质符合生活饮用水和水产养殖标准。2008 年田家沟开始实行个体全方位承包发展养殖业,在人工喂养的情况下年收入达 1.50×10^5 元左右,在自然水体养殖的情况下,年收入达 5.00×10^4 元左右。另外,淤地坝被承包用于养殖后,承包人常驻养殖点,养殖的同时对淤地坝精心管护,减轻了淤地坝建设部门及所在地村组的管理负担。

平凉市泾川县田家沟小流域坝系流域是淤地坝田园综合化综合开发利用的典型。经过多年坚持不懈地努力,治理程度达到 82.6%,实现了“塬面条田林网化、塬坡梯田林果化、沟壑林草郁闭化、沟底库坝川台化、资源开发效益化”的治理格局,已初步形成了功能齐全、结构完整的全方位、多层次的治理开发体系。该流域总面积 56.3 km^2 ,共建成淤地坝 34 座(其中大、中、小型坝分别为 9 座、12 座和 13 座),总库容 $7.51 \times 10^6 \text{ m}^3$,其中设计拦泥库容 $2.26 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、滞洪库容 $5.25 \times 10^6 \text{ m}^3$,流域内兴修水平梯田 1 397.98 hm^2 ,营造水保防护林 855.1 hm^2 ,人工种草 42.7 hm^2 ,发展果园经济林 17.32 hm^2 ,修建各类拦蓄工程、沟头防护等 294 处。开展特色养殖,开挖鱼塘 5 座,饲养黄羊 500 多只和一些梅花鹿、鸵鸟、孔雀等,种植无公害蔬菜 0.67 hm^2 ,引进稀有名木 20 余种,建苗圃 1 hm^2 ,塑造了以地文景观为主,人文景观与休闲娱乐相配套,集科技示范、生态旅游、文化展现、休闲养生为一体的水保生态风景区。成为泾川生态环境建设成果的展示窗口和水保科普宣传教育的基地。2004 年 7 月被中华人民共和国水利部命名为国家水利风景区,2007 年 3 月被水利部命名为全国水土保持科技示范园区。2010 年 5 月被国家旅游总局批准为国家 4A 级旅游景区,成为陇东黄土高原“生态建设的一面旗”。年均接待游客 $4.00 \times 10^4 \sim 5.00 \times 10^4$ 人(次),年均收入

3.00×10^5 元多左右。

定西市安定区根据淤地坝所处的区域环境和基础条件,打造以淤地坝为核心的集循环农业、创意农业、农事体验于一体的田园综合体。①以符家川镇的石门水库、新窑沟和杨湾大型坝与周边的李家峡旅游景区为中心,打造集水上乐园、垂钓、餐饮、采摘、滑冰为一体的田园综合体。李家峡景区已初具规模,石门水库、新窑沟也在短期内便可见成效。②以定西海旺农业专业合作社自筹资金打造的青岚山乡东坡、史家坪两座中型坝为中心,打造集苹果园、养殖业、房车、餐饮、山坡绿化、交通道路为一体的田园综合体。③以杏园乡范围内的淤地坝为中心,结合牛营大山打造集马铃薯花观赏、垂钓、餐饮、采摘、高原草原旅游为一体田园综合体。通过对这 3 处田园综合体的打造,进一步将淤地坝农业产业与科技示范、旅游、教育、文化、康养等产业深度融合,提升淤地坝的服务功能,吸引都市客源去旅居与休闲,在满足城市人口对休闲及社区的生活向往的同时,有效助推乡村经济、生态环境高质量发展。每个田园综合体年均纯收入约 1.00×10^7 元左右,总计收入约 3.00×10^7 元。

3.2 水资源利用存在的问题

水资源短缺,是干旱、半干旱区经济社会发展的刚性需求。尽管淤地坝蓄水对库区周边群众的生产生活、特色经济的发展起到了推动作用。群众生产和社会经济对水资源有巨大的需求,但是由于淤地坝设计中缺失防渗措施和度汛标准低,以及淤地坝安全度汛管理政策“放管服”改革相对滞后等原因,淤地坝水资源利用受到极大的限制,造成有限、稀缺的水资源利用率不高、蓄水与用水矛盾突出,有的地方在严重干旱时期造成干群关系紧张。

4 淤地坝水资源利用潜力及发展对策

4.1 淤地坝水资源利用潜力分析

(1) 淤地坝蓄水能力及分布。就蓄水利用而言,小型坝由于库容有限,在蓄水方面的潜力不大,本研究不予考虑。调查组共调查了庆阳、平凉、天水 and 定西市安定区 4 市(区)的大型坝 454 座、中型坝 327 座,占全省大、中型坝总量的 77.25%。由调查结果(表 3)可知,被调查的 781 座坝的剩余拦泥库容为 $7.58 \times 10^7 \text{ m}^3$,其中大型坝剩余拦泥库容 $6.73 \times 10^7 \text{ m}^3$,占 88.75%;中型坝剩余拦泥库容 $8.53 \times 10^6 \text{ m}^3$,占 11.25%。因此大型坝是今后提质增效的主要对象。从淤积年限来看,大型坝在平均设计淤积年限 15 a,实际淤积年限 17 a 后,尚有 43.88% 的设计拦泥库容可供蓄水利用;中型坝在平均设计淤积年限 10 a,实际淤积年限 13 a 后,还有 38.81% 的设计拦泥库容可

供蓄水利用。这主要是由于坝控区水土保持工程措施和林草措施的大幅度增加引起流域产流产沙量大

幅度减少,使得淤地坝的淤积速率降低,服务期限延长,这也为淤地坝的水资源利用提供了巨大空间。

表 3 被调查的 4 市(区)大、中型淤地坝库容调查汇总

类别	调查数量/ 座	控制面积/ km ²	库容/ 10 ⁴ m ³	设计拦泥库容/ 10 ⁴ m ³	设计淤积 年限/a	已淤积 年限/a	已拦泥库容/ 10 ⁴ m ³	剩余拦泥库容/ 10 ⁴ m ³
大型坝	454	2 133	31 945	15 341	15	17	8 610	6 731
中型坝	327	525	4 247	2 198	10	13	1 345	853
合计	781	2 658	36 192	17 538	13	15	9 955	7 584

(2) 淤地坝蓄水利用方向。对庆阳、平凉、天水 and 定西市安定区 454 座大型坝和 327 座中型坝,共计 781 座淤地坝进行了水资源利用现状调查。调查数据表明,4 个市已利用和有明确蓄水资源利用方向的大型坝有 329 座,中型坝有 256 座,共计 585 座,占调查数量的 74.90%。从这些淤地坝的水资源利用方向看,主要用于应急抗旱、农业及果园高效节水灌溉、土地多种经营及经济综合开发、畜禽养殖和淤地坝田园综合开发利用。按照利用性质及难易程度,上述利用方向可划分为三类,即人饮备用水源地、提灌补灌工程水源地和水体养殖水源地。

剩余的 125 座大型坝和 71 座中型坝,共 196 座淤地坝则无明确的水利用方向,占调查数量的 25.10%。考虑到剩余拦泥坝高 < 1 m 的大,中型坝

的蓄水量有限,不利于利用,这里不做蓄水考虑,则庆阳、平凉、天水 and 定西 4 个市目前可用于人饮备用水源地、提灌补灌工程水源地、水体养殖(鱼塘)3 类水体养殖的数量共 147 座,其中,大型坝 116 座,中型坝 31 座。考虑坝区农户用水意向,本研究将大、中型坝中剩余拦泥坝高 > 1 m 的淤地坝优先考虑作为发展提灌补灌工程水源地,将剩余拦泥坝高 > 2 m 且蓄水水质为非盐碱水的淤地坝优先考虑作为人饮备用水源地和水体养殖水源地的潜在淤地坝,则 147 座坝中可用于水体养殖的有 96 座,主要分布在庆阳市(91 座);可用于提灌补灌工程的 37 座,主要分布在平凉市(26 座)、天水市(4 座)、定西市安定区(7 座);可用于人饮备用水源地共 14 座,主要分布在庆阳市(10 座)、平凉市(2 座)、定西市安定区(2 座)(见表 4)。

表 4 被调查的 4 市(区)淤地坝水资源利用潜力调查结果

水资源利用类型	总数量(座)	大型		中型		
		数量(座)	比例/%	数量(座)	比例/%	
庆阳市	人饮备用水源地	10	9	90	1	10
	提灌补灌工程水源地	0	0	0	0	0
	水体养殖(鱼塘)	91	73	80.22	18	19.78
	小计	101	82	81.19	19	18.81
平凉市	人饮备用水源地	2	2	100	0	0
	提灌补灌工程水源地	26	17	65.38	9	34.62
	水体养殖(鱼塘)	1	1	100	0	0
	小计	29	20	68.97	9	31.03
天水市	人饮备用水源地	0	0	0	0	0
	提灌补灌工程水源地	4	3	75	1	25
	水体养殖(鱼塘)	1	1	100	0	0
	小计	5	4	80	1	20
定西市	人饮备用水源地	2	2	100	0	0
	提灌补灌工程水源地	7	5	71.43	2	28.57
	水体养殖(鱼塘)	3	3	100	0	0
	小计	12	10	83.33	2	16.67
4 市(区)	人饮备用水源地	14	13	92.86	1	7.14
	提灌补灌工程水源地	37	25	67.57	12	32.43
	水体养殖(鱼塘)	96	78	81.25	18	18.75
	合计	147	116	78.91	31	21.09

4.2 发展对策与建议

淤地坝是黄土高原水土流失地区防洪减灾,解决干旱缺水,优化土地利用结构,促进农村经济发展等重要措施^[13-14]。特别是在天水、平凉、庆阳市的大部分建坝区域,水质良好,通过死库容蓄水利用,在当地抗旱应急、乡村振兴与高质量发展、群众生产生活用水中发挥了重要作用,具有广泛而且巨大的社会需求。如何科学合理利用大中型坝剩余拦泥库容,蓄水兴利,解决干旱、半干旱黄土区水资源短缺这个刚性需求,对巩固脱贫攻坚成果,推进脱贫地区乡村振兴具有重要的意义。针对制约淤地坝水资源利用方面存在的瓶颈问题,本研究提出以下发展对策与建议。

(1) 从源头抓起,提高新坝的设计建设标准,建设可长期蓄水用水的高标准淤地坝。按照《淤地坝技术规范》(SL/T 804-2020),借鉴水库坝体防渗设计(如设计防渗心墙等)、结合淤地坝特点,增强坝体迎水坡防渗和坝体排水体设计,增加淤地坝蓄水数量和时间,为淤地坝蓄水用水,提高水资源利用率提供基础条件。

(2) 对具有蓄水用水需求的大中型淤地坝,通过旧坝坝肩及迎水面防渗加固、溢洪道配置闸阀、配套引提灌等措施进行提质改造,保证淤地坝坝体安全、防洪安全及水资源利用的安全性。

(3) 加大对老旧坝坝体稳定性、防汛安全性的研究,对有蓄水用水需求的淤地坝逐坝进行坝体稳定性、防汛安全性的精准评价,建立淤地坝风险管控预警机制,加强淤地坝管护意识、保证淤地坝运用过程中的工程安全、水文安全、管理安全和运行安全,有效化解缺水地区淤地坝蓄水用水与防汛管理矛盾。

[参 考 文 献]

- [1] 徐建华,吕光圻,张胜利,等.黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究[M].河南 郑州:黄河水利出版社,2000.
- [2] 朱芷,周波,张富,等.黄土丘陵区淤地坝系田园综合体的构建模式[J].水土保持通报,2021,41(4):145-150.
- [3] 穆兴民,赵广举,高鹏,等.黄河未来输沙量态势及其适用性对策[J].水土保持通报,2020,40(5):328-332.
- [4] 温丽娜,周波,王立,等.淤地坝沟道植被覆盖/土地利用和土壤水分的分析[J].草原与草坪,2021,41(3):41-47.
- [5] 鞠琴,王尧,王哲,等.淤地坝和植被变化对渭河流域水沙情势的影响[J].水力发电,2021,47(6):18-24.
- [6] 郭晖,钟凌,郭利霞,等.淤地坝对流域水沙影响模拟研究[J].水资源与水工程学报,2021,32(2):124-134.
- [7] 穆兴民,赵广举,高鹏.黄土高原水沙变化新格局[M].北京:科学出版社,2019.
- [8] 马瑞,张富,周波,等.甘肃省淤地坝工程的溃坝风险评价模型[J].水土保持通报,2021,41(4):139-144.
- [9] 杨奇奇,靳峰,张富,等.甘肃黄河流域生态环境现状及防治对策[J].中国水土保持,2021(4):26-30.
- [10] 靳峰,张富,胡彦婷,等.半干旱区降水—土地利用变化与水沙响应关系[J].水土保持研究,2020,27(3):63-69.
- [11] 张富,姚进忠,雷升文.甘肃省水土保持综合治理效益研究[M].郑州:黄河水利出版社,2014.
- [12] 黄河上中游管理局.黄土高原淤地坝安全运用管理探讨[J].中国水土保持,2020(10):27-29.
- [13] 惠波,惠露,郭玉梅.黄土高原地区淤地坝“淤满”情况及防治策略[J].人民黄河,2020,42(5):108-111.
- [14] 王亮,聂兴山,郝瑞霞.淤地坝蓄水加固改造方案的渗流和稳定性分析[J].人民黄河,2021,43(4):137-141.

(上接第28页)

- [7] Tennant D L. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation, and related environmental resource [C] // Orsborn J F, Allman C H. Proceedings of Symposium and Speciality Conference on Instream Flow Needs (II): American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 1976, 359-373.
- [8] 杨志峰,崔宝山,刘静玲,等.生态环境需水量理论、方法与实践[M].北京:科学出版社,2003:22-32.
- [9] 李丽娟,郑红星.海滦河流域河流系统生态环境需水量计算[J].地理学报,2000,55(4):495-500.
- [10] 严登华,何岩,邓伟,等.东辽河流域河流系统生态需水研究[J].水土保持学报,2001,15(1):46-49.
- [11] 崔起,于颖.河道生态需水量计算方法综述[J].东北水利水电,2008,26(1):44-47.
- [12] 宋进喜,曹明明,李怀恩,等.渭河(陕西段)河道自净需水量研究[J].地理科学,2005,25(3):3310-3316.
- [13] 王顺久,张欣莉,倪长键.水资源优化配置原理及方法[M].北京:中国水利水电出版社,2007:84-96.
- [14] 李俊峰,叶茂,范文波,等.玛纳斯河流域生态与环境需水研究[J].干旱区资源与环境,2006,20(6):89-93.
- [15] 胡顺军,顾桂梅,李岳坦,等.塔里木河干流流域防治耕地盐碱化的生态需水量[J].干旱区资源与环境,2007,21(1):145-149.
- [16] 张永明,胡顺军,翟禄新,等.塔里木河河道自净需水量[J].兰州大学学报(自然科学版),2008,44(2):22-27.
- [17] 叶朝霞,陈亚宁,李卫红,等.塔里木河下游断流河道最小生态流量研究[J].自然科学进展,2008,18(5):531-537.
- [18] 蓝利.干旱内陆河流健康评价及需水研究:以叶尔羌河干流段为例[D].新疆 乌鲁木齐:新疆农业大学,2018.
- [19] 曹建军,刘永娟,沈琪.我国干旱半干旱地区生态需水研究进展[J].安徽农业科学,2010,38(25):13966-13969.