

基于 AHP-物元可拓法的小型水库运行 管理标准化评价

梁文娟^{1,2}, 朱记伟^{1,2}, 张永进^{2,3}, 刘杰⁴

(1. 西安理工大学 省部共建西北旱区生态水利国家重点实验室, 陕西 西安 710048;

2. 陕西高校新型智库生态水利与可持续发展研究中心, 陕西 西安 710048;

3. 西安理工大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710048;

4. 陕西省江河水库工作中心, 陕西 西安 710018)

摘要: 为深度评估小型水库运行管理标准化水平, 指导标准化工作建设, 通过分析小型水库运行管理模式, 构建包含组织管理、安全管理、运行管理、环境保护、保障措施五个方面的小型水库运行管理标准化评价指标体系, 并基于层次分析法求取权重, 利用物元可拓法构建标准化评价模型。在此基础上, 以官务水库为例进行实证应用, 计算结果表明: 官务水库运行管理标准化水平为“好”状态, 运行管理和环境保护成效显著, 但组织管理、安全管理、保障措施仍需提高。

关键词: 小型水库; 运行管理; 层次分析法; 物元可拓法

中图分类号: TV62⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2021)02—0208—07

Small Reservoir Operation Management Standardization Evaluation Based on AHP – Matter Element Extension Method

LIANG Wenjuan^{1,2}, ZHU Jiwei^{1,2}, ZHANG Yongjin^{2,3}, LIU Jie⁴

(1. State Key of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2. Research Center of Eco-hydraulics and Sustainable Development, the New Style Think Tank of Shaanxi Universities, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

3. School of Economics and Management, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

4. Administration of Rivers and Reservoirs in Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710018, China)

Abstract: In order to comprehensively evaluate the standardization level of small reservoir operation and management and guide the standardization work construction, an operation and management mode of small reservoirs, constructing small reservoir operation and management standardization evaluation indicators including five aspects: organization management, safety management, operation management, environmental protection, and safeguard measures system was proposed. The weight is calculated based on the analytic hierarchy process and the matter – element extension method is used to construct a standardized evaluation model. Guanwu reservoir was taken as an example for empirical application, the calculation results show that the standardization level of Guanwu reservoir operation management is “good”, and the operation management and environmental protection have achieved remarkable results, but organizational management, safety management, and safeguard measures still need to be improved.

Keywords: small reservoir; operation management; analytic hierarchy process; matter-element extension method

我国水利工程管理正经历从粗放式到规范化、标准化、精细化、信息化的过程^[1]。2003 年 11 月,水利部颁布《水利标准化工作管理办法》,规范和加强水利标准化工作;2019 年全国水利工作会议提出水利工作重点转向“水利工程补短板、水利行业强监管”,推进水利工程管理标准化成为水利工程运行管理的中长期任务^[2]。小型水库作为保障区域国民经济、社会发展和服务民生的重要基础设施和物质载体^[3],具有规模小、数量多、分布广特点,且重建轻管问题较为严重。安全、高效、标准化的运行管理十分必要,在具体实践中,适时地进行标准化评价,有针对性地提出对策意见,对摸清小型水库运行管理现状,提高标准化管理水平具有重要意义。

小型水库运行管理是专指库容大于 10 万 m³,小于 1 000 万 m³ 的水库从完成设计、施工,经过竣工验收合格,正式投入运行管理阶段以后的关于大坝安全管理、水库兴利调度运用、洪水控制管理、水电站运行、水库泥沙淤积监测与调度、水质监测、库区水域开发管理和保护等一系列管理活动^[4]。目前,针对水库运行管理、标准化、评价有一些研究。水利部将水库工程管理考核标准划分为组织、安全、运行、经济管理四大类 34 个具体项目,浙江、江西等省在水利部考核标准的基础上,结合实际出台了大中型和小型水库标准化管理评价标准,并以千分制扣分原则进行赋分考核。刘华^[5]从组织管理、工作事项、操作流程、制度管理、应急管理、现场管理和信息化管理方面分析总结水库工程标准化管理工作。孙涛^[6]从大坝安全监测、维修养护和运行管理 3 个

方面构建递阶层次评价体系评价水库安全运行水平。周志维等^[7]基于 BP 神经网络算法,构建了包含管理基础、安全管理、运行管理、维养管理和保障管理的水库标准化管理评估模型。Wu 等^[8]利用集对分析法和主成分分析法构建风险评估模型,用于评价水利工程的社会稳定风险。Rafique 等^[9]利用水资源评价与规划系统,构建包含可靠性、恢复力、脆弱性因素的评价模型,对 Tarbela 水库水利发电、灌溉供水及防洪影响进行评价。但是没有学者基于系统思维及管理学理论对小型水库运行管理标准化管理范围进行界定,已有的评价方法大多采用层次分析法、BP 神经网络算法等研究方法,尚不能有效规避研究方法主观性太强或计算难度太大等弊端,无法科学评价小型水库运行管理标准化程度。

综上,本文通过分析小型水库运行管理模式,构建标准化评价指标体系,建立基于 AHP-物元可拓评价模型,并以官务水库为例进行验证,为小型水库运行管理标准化评价及后续建设提供依据。

1 小型水库运行管理标准化评价指标体系构建

1.1 小型水库运行管理模式

小型水库运行管理要素包括管理组织、保障措施、管理对象、管理目标,这些要素之间依据一定的关系和相互作用形成了小型水库运行管理的模式^[10],即小型水库管理单位通过一系列的保障措施管理小型水库运行管理对象以实现管理目标,该模式的结构如图 1 所示。

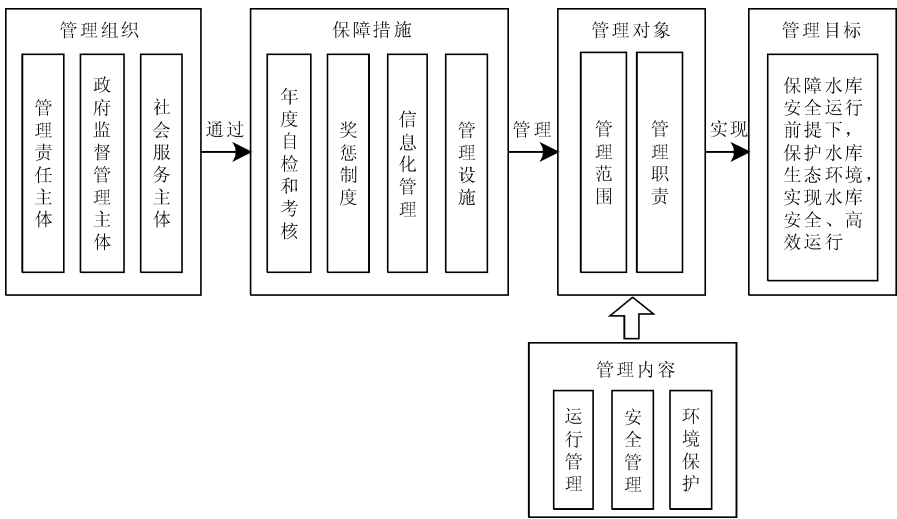


图 1 小型水库运行管理模式结构图

小型水库运行管理组织包括管理责任主体、政府监督管理主体和社会服务主体^[11]。其中管理责

任主体包括乡镇人民政府、农村集体经济组织等;政府监督管理主体包括省级水行政主管部门、县(市)水行政主管部门等;社会服务主体包括具有考核评价能力的技术支撑单位。标准化评价中的管理组织应以管理责任主体的组织管理为主,按照“科学、合理、健全”的要求,对小型水库管理责任主体单位的管理体制机制方面做出程序化要求。

运行管理保障措施^[12]是小型水库运行管理过程中管理责任主体为保证管理组织顺畅、管理内容明确,所使用的工具、方法的总和。主要包括管理责任主体年度自检和考核,制定奖惩制度,实现信息化管理,建设健全的管理设施。

运行管理对象是针对小型水库水工建筑物及其配套设施的管理,要明确管理对象的管理保护范围和职责范围。

运行管理内容^[13]作为小型水库运行管理的重点环节,是指管理流程、内容、技术部分,主要包括运行管理、安全管理和环境保护。

运行管理目标是在保障水库安全运行前提下,保护水库生态环境,实现水库高效运行、高质量发展。

1.2 小型水库运行管理标准化指标体系构建

在明确小型水库运行管理的概念、主体、对象、主要内容及保障措施后,通过文献研究、实地调查、专家访谈的方法,基于系统思维及管理学理论,遵循标准化、规范化进行管理范围界定,从组织管理、安全管理、运行管理、环境保护以及保障措施五个方面对管理对象标准化管理范围进行界定,得出小型水库运行管理标准化评价的指标,确定了标准化三级评价体系,指标层中各指标及其内涵如表 1 所示。

2 小型水库运行管理标准化评价模型

2.1 指标相对权重确定

指标权重的确定方法大体可概括为主观定权法、客观定权法和组合定权法三种,本文利用层次分析法(AHP),将定性 with 定量分析相结合,在主观经验的基础上进行数据的加工提炼得出小型水库运行管理标准化评价指标权重。在构建层次结构的基础上,首先构造判断矩阵,然后求取判断矩阵的最大特征值和对应的特征向量,再对判断矩阵进行一致性检验,检验通过后,对求得特征向量做归一化处理^[14],得到该准则下各个指标的权重。

表 1 小型水库运行管理标准化指标体系及其内涵

目标层	准则层	指标层	指标内涵
小型水库运行管理标准化	组织管理 B ₁	管理体制和运行机制 C ₁	管理体制顺畅程度及运行机制完善程度
		机构设置和人员配备 C ₂	机构岗位设置合理程度及培训制度完善程度
		管理制度和岗位责任 C ₃	管理制度科学健全程度,岗位明确、合理程度
		教育培训 C ₄	人员培训率满足专业管理需求程度
		经费落实与经费使用 C ₅	维修养护经费配套率,使用规范程度
		水行政管理 C ₆	水行政管理程序完善程度及实施率
	安全管理 B ₂	安全鉴定 C ₇	大坝定期开展安全鉴定情况
		安全监测 C ₈	监测设施完善、正常工作情况
		除险加固 C ₉	除险加固计划编制情况及实施情况
		应急管理 C ₁₀	应急预案编制、演练情况,防汛物料配备情况
		划界确权 C ₁₁	划界确权率
		防汛调度 C ₁₂	防汛、调度制度完善程度及组织落实情况
	运行管理 B ₃	维修养护 C ₁₃	维修养护制度制定情况及落实情况
		工程检查 C ₁₄	日常巡查落实情况
		工程观测 C ₁₅	观测设施完备情况及观测工作完成情况
		操作运行 C ₁₆	规程完善程度及规范实施情况
	环境保护 B ₄	水质安全 C ₁₇	水质达到水功能区要求所占比率
		物种多样性 C ₁₈	物种丰富程度
		水土保持 C ₁₉	植被覆盖率
		最小生态需水量 C ₂₀	最小生态需水量满足率
		环保宣传 C ₂₁	库区环保意识情况
	保障措施 B ₅	年度自检和考核 C ₂₂	年度自检和考核完成率
		奖惩制度 C ₂₃	职工考评结果与奖惩挂钩落实情况
		信息化管理 C ₂₄	管理信息化水平
		管理设施 C ₂₅	管理用房、标识牌等管理设施齐备情况

根据以上权重求取过程,邀请小型水库运行管理单位、水利主管部门、高校等该领域 20 位专家对小型水库运行管理标准化指标重要性进行打分,并运用层次分析法,剔除其中无效数据,得出权重结果如表 2 所示。

表2 小型水库运行管理标准化指标权重				
目标层	准则层	准则层权重	指标层	指标层权重
小型水库运行管理标准化	组织管理 B_1	0.205	管理体制和运行机制 C_1	0.135
			机构设置和人员配备 C_2	0.135
			管理制度和岗位责任 C_3	0.135
			教育培训 C_4	0.432
			经费落实与经费使用 C_5	0.162
	安全管理 B_2	0.177	水行政管理 C_6	0.306
			安全鉴定 C_7	0.156
			安全监测 C_8	0.287
			除险加固 C_9	0.125
			应急管理 C_{10}	0.125
	运行管理 B_3	0.337	划界确权 C_{11}	0.164
			防汛调度 C_{12}	0.098
			维修养护 C_{13}	0.311
			工程检查 C_{14}	0.147
			工程观测 C_{15}	0.147
	环境保护 B_4	0.099	操作运行 C_{16}	0.131
			水质安全 C_{17}	0.333
			物种多样性 C_{18}	0.111
			水土保持 C_{19}	0.111
			最小生态需水量 C_{20}	0.222
	保障措施 B_5	0.182	环保宣传 C_{21}	0.222
			年度自检和考核 C_{22}	0.121
			奖惩制度 C_{23}	0.422
			信息化管理 C_{24}	0.302
			管理设施 C_{25}	0.151

2.2 基于物元可拓模型的标准化评价

物元分析法由我国学者蔡文于 20 世纪 80 年代首次提出,用于从定性和定量的角度解决矛盾问题,适用于多因子评价^[15]。物元分析法先依据某些客观标准确定评价指标的经典域,再根据模型计算出来的各个指标(或综合指标)关于各个评价等级的关联度大小进行归等定级,提高了等级判定的客观性和科学性。目前,物元可拓模型已经广泛应用于水库水环境治理^[16]、大坝安全^[17]、和水库防洪调度^[18]等的评价。小型水库运行管理标准化评价包括组织管理、安全管理、运行管理、环境保护和保障措施五个方面,每个指标均对评价结果产生影响且存在差异,可以看成不相容问题,利用可拓学可以充分结合定性及定量指标,准确描述小型水库运行管理标准化各评价指标相互影响和作用的拓展过程。由物元对小型水库运行管理标准化评价的基本特征进行描述,三元组 $R = (Z, C, V)$ 表示“事物、特

征、量值”。引入物元,构建评价模型,步骤如下:

2.2.1 确定经典域、节域及待评价物元

小型水库运行管理标准化评价的经典域物元矩阵可表示为:

$$R_{oj} = (Z_{oj}, C_{oi}, V_{oji}) = \begin{bmatrix} Z_{oj} & C_{o1} & V_{o1} \\ & C_{o2} & V_{o2} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{on} & V_{on} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{oj} & C_{o1} & (a_{oj1}, b_{oj1}) \\ & C_{o2} & (a_{oj2}, b_{oj2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{on} & (a_{ojn}, b_{ojn}) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: R_{oj} 称为经典域物元; Z_{oj} 表示所评价小型水库运行管理标准化的第 j 个评价等级 ($j = 1, 2, \dots, m$); C_{oi} 表示第 i 个评价指标 ($i = 1, 2, \dots, n$); V_{oji} 为 Z_{oj} 关于 C_{oi} 的取值范围,区间 (a_{oji}, b_{oji}) 即为经典域。

小型水库运行管理标准化评价节域物元矩阵表示为:

$$R_p = (Z, C_i, V_{pi}) = \begin{bmatrix} Z & C_1 & V_{p1} \\ & C_2 & V_{p2} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_j & C_1 & (a_{p1}, b_{p1}) \\ & C_2 & (a_{p2}, b_{p2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & (a_{pn}, b_{pn}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: R_p 称为节域物元; Z 表示待评价指标的所有等级; V_{pi} 为 Z 关于特征 C_i 所有等级的取值范围集合;区间 (a_{pi}, b_{pi}) 即为节域。

将小型水库运行管理标准化待评价物元矩阵表示为:

$$R_0 = (Z_0, C_i, V_i) = \begin{bmatrix} Z_0 & C_1 & V_1 \\ & C_2 & V_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: Z_0 为评价指标; V_i 为 Z_0 关于 C_i 的特征值实际数据。

根据相关文献研究及小型水库特征,本文将小型水库运行管理标准化评价指标分为“差、较差、中、较好、好”五个等级。定性指标的特征值用数值 0~1 表示各项标准化指标的完善程度及落实情况,

具体参考水利部颁布的《水利标准化工作管理办法》进行评分,将定性指标的五个等级评价区间划分为 $[0.0, 0.2]$ 、 $(0.2, 0.4]$ 、 $(0.4, 0.6]$ 、 $(0.6, 0.8]$ 、 $(0.8, 1.0]$;待评价定量指标的经典域和节域确定是在参考文献[19]基础上,结合小型水库运行管理标准化过程中各指标的难易程度,经过专家咨询得出。最终可得小型水库运行管理标准化评价指标的经典域及节域。

2.2.2 计算关联度

小型水库运行管理标准化评价指标关联度函数的定义为:

$$K_j(V_i) = \begin{cases} \frac{\rho(V_i, V_{oji})}{\rho(V_i, V_{pi}) - \rho(V_i, V_{oji})}, & \rho(V_i, V_{pi}) - \rho(V_i, V_{oji}) \neq 0 \\ \frac{\rho(V_i, V_{oji})}{V_{oji} - a_{oji}}, & \rho(V_i, V_{pi}) - \rho(V_i, V_{oji}) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\rho(V_i, V_{oji}) = \left| V_i - \frac{a_{oji} + b_{oji}}{2} \right| - \frac{b_{oji} - a_{oji}}{2} \quad (5)$$

$$\rho(V_i, P_{pi}) = \left| V_i - \frac{a_{pi} + b_{pi}}{2} \right| - \frac{b_{pi} - a_{pi}}{2} \quad (6)$$

式(4)表示第 i 个指标与第 j 个等级的关联度,式(5)表示 V_i 与经典域的距离,式(6)表示 V_i 与节域的距离。 $K_j(V_i)$ 越大说明该指标相对于该等级的隶属度越大,若 $K_j(V_i) = \max K_j(V_i)$,则评价对象 V_i 隶属于等级 j 。

2.2.3 计算综合关联度并确定评价等级

待评价对象关于某一等级的综合关联度为:

$$K_j(W_0) = \sum_{j=1}^n W_j K_j(V_i) \quad (7)$$

式中: W_j 表示各评价指标的权重; $K_j(W_0)$ 为考虑各指标权重的综合关联度; $K_j(V_i)$ 为待评价对象的第 i 个指标关于水平等级 j 的单指标关联度。对评价体系准则层和目标层中指标的评价等级进行逐层计算。

若 $K_{ji} = \max[K_j(V_i)]$, $j = 1, 2, \dots, m$,则待评价对象第 i 指标属于小型水库运行管理标准化评价等级 j 。

若 $K_{ji} = \max[K_j(W_0)]$, $j = 1, 2, \dots, m$,则待评价对象属于小型水库运行管理标准化评价等级 j 。

关联度数值 $K(V)$ 在实数轴上的大小表征了待评价对象隶属于小型水库运行管理标准化评价某一标准级别的程度。若 $K_j(V_i) < -1$,说明该指标的评价结果不属于此等级,又不具备达到此等级的条件;若 $-1 \leq K_j(V_i) < 0$,说明评价指标虽不属于此等级,但具有达到此等级的趋势;若 $0 \leq K_j(V_i) < 1$,

说明评价指标属于此等级,且数值愈大,愈接近标准上限;若 $K_j(V_i) \geq 1$,表示评价指标超过等级上限,数值愈大,开发潜力愈大。

3 实例应用

3.1 官务水库概况

陕西省宝鸡市扶风县官务水库位于渭河水系漆水河二级支流七星河中游法门镇官务村,是一座以供水为主,兼顾防洪、灌溉等综合效益的Ⅳ等小(I)型均质土坝水库,由陕西省水务集团扶风县供水有限公司官务水库管理站负责运行管理。水库坝高27.24 m,总库容464万 m^3 。自2014年被鉴定为优质水源以来,积极推行水环境综合整治工程,建设工程措施、绿化措施、视频监控设施及警示牌等,使库区一级、二级水源保护区内的污染得到有效杜绝,形成了良好的生态圈,从而实现保护水源,保障了县城供水安全以及区域水资源可持续的效益。

3.2 评价流程

官务水库运行管理标准化评价分为评价准备阶段、评价实施阶段、结果反馈三个阶段。

(1) 评价准备阶段。由评价机构确定评价时间、评价方案并向官务水库管理站发出评价函。这一阶段对于评价流程是否能顺利推进有着至关重要的作用。

(2) 评价实施阶段。官务水库管理站自收到评价函后,根据评价通知要求,组织内部进行全面自查,形成自查报告,并提交相应的支撑材料,评价机构根据收到的自评报告,针对内容及支撑材料,结合评价标准进行调研,确保数据真实可靠,并邀请10位行业相关专家,组成评价小组,由其根据评价方案对各项指标内容进行客观打分,给出专家意见。实施阶段是获取评价数据和意见阶段,也是体现小型水库运行管理评价科学性、客观性、公正性的重要阶段。

(3) 结果反馈阶段。综合评价完成后,根据评价小组评分数据进行整理分析,结合专家意见完成评价报告,在此基础上对评价过程中发现的问题进行总结反馈,对亮点进行推广,以达到问题预防、持续改进、经验交流的目的。

3.3 综合评价

邀请10位行业专家结合2020年10月官务水库实际资料及调研情况进行打分,以 C_4 和 C_{19} 指标为例,进行分析测算。

官务水库专设有管理站,上级管理单位定期对

站上 4 名管理人员进行专业培训,水库安全责任人明确,且都参加了年度小型水库“三个责任人”“三个重点环节”网络培训,10 位专家结合实际情况进行打分,除去最高分和最低分后取平均值,得到 C_4 指标的分值为 0.95;使用 GIS 软件测量出官务水库保护区内植被覆盖情况,经计算得植被覆盖率为 0.82。最终得出各指标的特征值矩阵 $p = (0.73, 0.83, 0.71, 0.95, 0.34, 0.73, 0.12, 0.67, 0.56, 0.97, 0.86, 0.87, 0.63, 0.87, 0.73, 0.73, 0.85, 0.78, 0.82, 0.32, 0.89, 0.54, 0.36, 0.39, 0.86)^T$,通过计算关联度得出各指标评价等级为 $P = (\text{较好}, \text{好}, \text{较好}, \text{好}, \text{较差}, \text{较好}, \text{差}, \text{较好}, \text{中}, \text{好}, \text{好}, \text{好}, \text{较好}, \text{好}, \text{较好}, \text{较好}, \text{中}, \text{较好}, \text{较好}, \text{中}, \text{好}, \text{中}, \text{较差}, \text{较差}, \text{好})^T$ 。

结合指标权重计算准则层各标准化的评价等级关联度,汇总结果如表 3 所示。

表 3 准则层指标评价等级关联度表

准则层	各等级关联度					评价等级
	差	较差	中	较好	好	
组织管理	-0.735	-0.603	-0.561	-0.307	-0.016	好
安全管理	-0.236	-0.512	-0.362	-0.057	-0.302	较好
运行管理	-0.693	-0.590	-0.386	-0.010	0.254	好
环境保护	-0.690	-0.604	-0.015	-0.194	0.721	好
保障措施	-0.404	-0.083	-0.130	-0.334	-0.317	较差

3.4 结果分析

上述结果计算得出官务水库运行管理标准化对应的 5 个等级综合关联度为 $(-0.568, -0.488, -0.335, -0.157, 0.043)$,根据最大值原理^[20],最终判定官务水库运行管理标准化水平为“好”,说明官务水库总体标准化水平好,但在组织管理、安全管理、保障措施三个方面仍需进一步努力。

(1) 组织管理水平处于“向好转化”状态。主要影响因素为官务水库在经费落实和经费使用方面的成效较差,地方财政困难,水库日常运行管理得不到财政支持,自身创收主要靠给自来水公司供水,农业灌溉效益薄弱,无稳定经费来源。因此,政府需加强地方财政水利投资,保障经费来源渠道,确保官务水库有稳定的管护资金来源,并及时足额到位,保证资金使用规范。

(2) 安全管理水平处于“向较好转化”状态。官务水库 2010 年进行除险加固后,截止调查日期已有近十年未进行安全鉴定,不符合《水库大坝安全鉴定办法》定期安全鉴定制度。作为当地饮用水源

地,官务水库在保障供水的同时,兼有防汛抗旱应急救援等良好作用,但水库管理单位无安全鉴定专项经费,未彻底消除安全隐患。此外,官务水库管理站还应加强水行政管理、安全监测、应急管理等能力,以提升水库总体安全保障和对突发事件应急处置能力。

(3) 运行管理、环境保护评价等级为“好”,优势明显。官务水库自 2014 年推行水环境综合整治工程,2018 年实施“河(湖)长制”以来,库区一、二级保护区已划界确权并设立桩界,库区水质安全得到保证,植被茂盛,栽设大量警示牌,环保宣传效果明显。水库日常防汛调度计划完备,工程检查、观测按照要求进行,且操作运行规范,维修养护由扶风县水务局及自来水公司共同承担,水库运行管理与环境保护成效显著。

(4) 保障措施评价等级处于“向较差转化”状态。合理的年度自检考核是标准化工作推进的重要抓手,通过考核评价可以检验标准化管理工作成效,但是官务水库奖惩激励不到位,年度自检考核缺失,无法为标准化管理提供监管保障。高效、实用的水库信息化管理系统不仅可以提高水库工程寿命周期、提高水利工程的经济效益和社会效益,还能为水资源管理提供有力保障,但官务水库未建立信息化管理系统。因此,加强日常监督和年度自检考核,建立评价结果与补助资金安排、人员报酬挂钩等竞争机制,推进信息化管理平台建设是提升官务水库标准化水平的重点任务。

4 结 论

本文应用系统思维及管理学原理,以小型水库的运行管理标准化过程作为评价内容,构建包含组织管理标准化、安全管理标准化、运行管理标准化、环境保护标准化、保障措施标准化五部分的小型水库运行管理标准化评价体系。建立基于 AHP-物元可拓法的小型水库运行管理标准化评价模型并以官务水库为例进行实例验证,为小型水库运行管理标准化后续建设提供依据,对促进“水利工程补短板”、提高水利现代化水平、推动水利工程管理流程化方面具有重大意义。

参考文献:

[1] 周灿华,郭 宁,魏强林,等. 水利工程精细化管理模式及实践研究[J]. 水利发展研究,2019,19(11):39-44,65.
[2] 阮利民. 水利工程运行管理工作现状与展望[J]. 水资

- 源开发与管理,2019(4):12-15.
- [3] 周琴娅. 小型水利工程建设管理中存在的问题与对策分析[J]. 低碳世界,2015(7):87-88.
- [4] 徐宏宇. 水库运行管理[C]//大坝技术及长效性能国际研讨会论文集二. 中国河南郑州:中国水力发电工程学会,2011:21-22.
- [5] 刘 华. 水库工程标准化管理实践与思考[J]. 科技资讯,2019,17(7):85-86.
- [6] 孙 涛. 大连市金普新区小型水库运行管理评价[J]. 黑龙江水利科技,2020,48(1):206-209,229.
- [7] 周志维,马秀峰,黎凤赓. 基于神经网络的水库标准化管理体系与评估[J]. 江西水利科技,2020,46(2):145-150.
- [8] Wu Q. Social stability risk evaluation of major water conservancy projects in fragile eco-environment regions[J]. Applied Ecology and Environmental Research, 2019, 17(4).
- [9] Rafique A, Burian S, Hassan D, et al. Analysis of operational changes of tarbela reservoir to improve the water supply, hydropower generation, and flood control objectives[J]. Sustainability, 2020, 12.
- [10] 彭月平,黎凤赓. 江西水利工程标准化管理长效机制探讨[J]. 水利技术监督,2020(4):18-20.
- [11] 顾 贺. 甘肃小型水库运行管理体制深化改革探讨[J]. 甘肃水利水电技术,2016,52(12):59-61.
- [12] 文富勇. 基于云服务的大坝安全监测信息管理与分析研究[J]. 水利与建筑工程学报,2020,18(1):251-255,260.
- [13] 陈 曦,曾亚武. 基于层次分析法和模糊理论水库大坝安全综合评价[J]. 水利与建筑工程学报,2017,15(6):95-100.
- [14] 卜跃先,安贞煜,李晓东,等. 湖南省生态水库工程评价指标体系构建与实例研究[J]. 人民长江,2020,51(6):69-72,178.
- [15] 徐 婧,刘伊生. 基于 AHP-物元可拓法的装配式建筑综合效益评价[J]. 建筑经济,2020,41(8):98-102.
- [16] 李华欣. 朱隈水库水环境质量综合评价[J]. 黑龙江水利科技,2020,48(3):238-242.
- [17] 侯 丽,邢精连,杨 帆,等. 基于改进 DHGF 算法与物元理论的大坝安全评价模型研究[J]. 水利规划与设计,2020(2):83-87.
- [18] 张媛媛. 尾矿库溃坝风险评价模型与风险防控研究[D]. 北京:首都经济贸易大学,2016:55-59.
- [19] 曹 亮. 基于 AHP 的新疆中小型水库健康评价分析[D]. 西安:西安理工大学,2020:18-20.
- [20] 郭利刚,冯珍珍,刘 庚,等. 基于物元模型的汾河流域土地生态安全评价[J]. 生态学杂志,2020,39(6):2061-2069.

(上接第 154 页)

- [10] 陈跃庆,吕西林,李培振,等. 不同土性的地基-结构动力相互作用振动台模型试验对比研究[J]. 土木工程学报,2006,39(5):57-64.
- [11] 刘伟庆,李昌平,王曙光,等. 不同土地基上高层隔震结构振动台试验对比研究[J]. 振动与冲击,2013,32(16):128-133,151.
- [12] Zhuang H Y, Yu X, Zhu C, et al. Shaking table tests for the seismic response of a base-isolated structure with the SSI effect [J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2014, 67(6):208-218.
- [13] Zhuang H Y, Fu J, Yu X, et al. Earthquake responses of a base-isolated structure on a multi-layered soft soil foundation by using shaking table tests[J]. Engineering Structures, 2019, 179(JAN. 15):79-91.
- [14] 于 旭,朱 超,庄海洋,等. 不同场地多层基础隔震结构振动台试验对比研究[J]. 防灾减灾工程学报,2016,36(5):758-765.
- [15] 建筑抗震设计规范:GB 50011—2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [16] 陈国兴,王志华,左 熹,等. 振动台试验叠层剪切型土箱的研制[J]. 岩土工程学报,2010,32(1):89-97.
- [17] Xu L Y, Lin Y Q, Wu Y X. Seismic response analysis of a first-story isolated reinforced concrete frame building with independent columns[J]. Advances in Structural Engineering, 2020, 23(12):136943322093346.
- [18] 吴应雄,林友勤,黄 净,等. 不同支座布置下复合基础隔震结构的隔震性能振动台试验研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2017,25(6):1222-1235.