小型水库标准化运行管理评价方法

徐祥荣[1] 张文斌[2] 卞伟嘉[3] 陶凯[3] 吕昕[3]

1 句容市赤山闸水利枢纽管理处，江苏句容，212400；

2 镇江市华源建设监理有限公司，江苏镇江，212100；

3 句容市水利局，江苏句容，212400；

摘要：一种小型水库标准化运行管理评价方法，提出了一种基于 AHP- 物元可拓法的小型水库标准化运行管理评价方法，将定性与定量分析相结合，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体系及评价指标权重，对摸清小型水库运行管理现状，提高小型水库标准化管理水平具有重要意义。

关键词：小型水库；标准化；运行管理；评价方法

DOI：10.69979/3060-8767.24.2.021

1 背景技术

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，具有规模小、数量多、分布广特点，且重建轻管问题较为严重，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，有针对性的提出对策意见，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。

AHP 法是一种定性和定量相结合、系统化、层次化的分析方法，是构建评价模型时常使用的工具。但层次分析法定量数据较少、定性指标较多，受主观影响程度较大，针对不同地区、不同类型的小型水库，专家的赋权会失去通用性；而指标选取数量较多时，对每两个指标之间重要程度的判断就会出现困难，甚至会对层次单排序和总排序的一致性产生影响，使一致性检验不能通过。

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。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、大坝安全、和水库防洪调度等的评价中。

目前，针对水库运行管理、标准化、评价的研究有很多：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；水库工程标准化管理实践与思考，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；基于神经网络的水库标准化管理体系与评估，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；等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。

但是目前还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。

2 附图说明

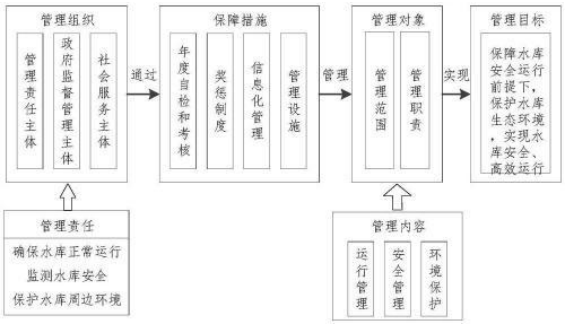

图 1 是小型水库运行管理模式结构图

3 评价方法

一种小型水库标准化运行管理评价方法，

步骤一：小型水库运行管理模式构建；

如图 1 所示，中小型水库运行管理要素包括管理组织、保障措施、管理对象、管理内容、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，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，该模式介绍如下文所述，模式结构见附图 1。

该管理模式中，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。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。

该管理模式中，运行管理保障措施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，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。

该管理模式中，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，包括管理对象的管理保护范围和职责范围。

该管理模式中，行管理内容主要包括运行管理、安全管理和环境保护，是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。

该管理模式中，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。

步骤二：在步骤一的基础上构建小型水库运行管理标准化指标体系；

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，通过文献统计、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，确定标准化评价体系。

本方法所建评价体系为三级评价体系，包括目标层、准则层和指标层，该指标体系各标层中各指标及其内涵等如下所述：

目标层为：小型水库运行管理标准化 A1；

准则层为：组织管理 B1，安全管理 B2，运行管理 B3，环境保护 B4，保障措施 B5；

组织管理 B1 对应的指标层为：管理体制和运行机制 C1 表示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 C2 表示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 C3 表示管理制度科学健全程度，岗位明确、合理程度，教育培训 C4 表示人员培训率满足专业管理需求程度，经费落实与经费使用 C5 表示维修养护经费配套率，使用规范程度，水行政管理C6表示水行政管理程序完善程度及实施率；

安全管理 B2 对应的指标层为：安全鉴定 C7 表示大坝定期开展安全鉴定情况，安全监测 C8 表示监测设施完善、正常工作情况，除险加固 C9 表示除险加固计划编制情况及实施情况，应急管理C10表示应急方案编制、演练情况，防汛物料配备情况；

运行管理 B3 对应的指标层为：划界确权 C11 表示划界确权率，防汛调度 C12 表示防汛、调度制度完善程度及组织落实情况，维修养护 C13 表示维修养护制度制定情况及落实情况，工程检查 C14 表示日常巡查落实情况，工程观测 C15 表示观测设施完备情况及观测工作完成情况，操作运行 C16 表示规程完善程度及规范实施情况；

环境保护 B4 对应的指标层为：水质安全 C17 表示水质达到水功能区要求所占比率，物种多样性 C18 表示物种丰富程度，水土保持 C19 表示植被覆盖率，最小生态需水量 C20 表示最小生态需水量满足率，环保宣传 C21 表示库区环保意识情况；

保障措施 B5 对应的指标层为：年度自检和考核 C22 表示年度自检和考核完成率，奖惩制度 C23 表示职工考评结果与奖惩挂钩落实情况，信息化管理 C24 表示管理信息化水平，管理设施 C25 表示管理用房、标识牌等管理设施齐备情况。

步骤三：利用 AHP 法，将定性与定量分析相结合，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体系权重；

步骤三中，首先需要收集数据，根据选定的评价指标收集相关定量数据，并根据专家打分结果计算定性数据。

根据收集到的数据构造判断矩阵，公式如下：

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

其中 a ij 表示要素 i 与要素 j 的重要性比较结果。

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，对求得的特征向量做归一化处理，得到该准则下各个指标的权重。

步骤四：基于步骤三建立的带有权重的指标体系，利用物元分析方法中可拓学充分结合定性及定量指标的特性，建立物元评价模型，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”五个等级进行评价。

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，本方法将其看作一个不相容问题。

利用物元分析方法中可拓学可以充分结合定性及定量指标的特性，可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。

进一步地，本发明方法通过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。

进一步地，利用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，同时构建三元组 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：

步骤 4.1：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：

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

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，.....m)，C oi 表示第 i 个评价指标(i=1，2，.....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：

$$R_{p}=(Z,\ C_{i},\ V_{pi})=\begin{bmatrix} Z & C_{1} & V_{p1} \\ & C_{2} & V_{p2} \\ & \cdots & \cdots \\ & C_{n} & V_{pn} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} Z_{j} & C_{1} & (a_{p1},\ b_{p1}) \\ & C_{2} & (a_{p2},\ b_{p2}) \\ & \cdots & \cdots \\ & C_{n} & (a_{pn},\ b_{pn}) \end{bmatrix}$$

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：

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

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。

进一步地，步骤四中，综合考虑小型水库特征，参考相关文献资料，本发明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[0，0.2]、(0.2，0.4]、(0.4，0.6]、(0.6，0.8]、(0.8，1]。

对照小型水库运行管理标准化过程中各指标的实现难易程度确定待评价定量指标的经典域和节域；

步骤 4.2：计算各指标的关联度：

小型水库运行管理标准化评价指标关联度函数的定义为：

$$K_j(V_i)=\begin{cases} \dfrac{\rho(V_i,\ V_{oji})}{\rho(V_i,\ V_{pi})-\rho(V_i,\ V_{oji})} & \rho(V_i,\ V_{pi})-\rho(V_i,\ V_{oji})\neq 0 \\ \dfrac{\rho\ (V_i,\ V_{oji})}{V_{oji}-a_{oji}} & \rho(V_i,\ V_{pi})-\rho(V_i,\ V_{oji})=0 \end{cases} \quad (1)$$

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

$$\rho(V_i,\ P_{pi})=\left|V_i-\frac{a_{pi}+b_{pi}}{2}\right|-\frac{b_{pi}-a_{pi}}{2} \quad (3)$$

式(1)表示第 i 个指标与第 j 个等级的关联度，式(2)表示 V i 与经典域的距离，式(3)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)=maxK j (V i)，则评价对象 V i 隶属于等级 j。

步骤 4.3：计算各指标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：

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

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，...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 O)]，j=1，2，...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≤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≤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)≥1，表示评价指标超过等级上限，数值愈大，开发潜力愈大。

4 结语

根据层次分析法和物元分析法互补的特点，提出了结合层次分析法和物元分析法的综合评价方法，将定性与定量分析相结合，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体系及评价指标权重，该方法计算简便，可操作性强，便于推广，使小型水库运行管理标准化评价更具合理性、科学性和高效性，对提高小型水库标准化管理水平具有重要意义。

参考文献

[1]朱记伟,刘杰,刘刚,等.一种小型水库标准化运行管理评价方法:CN202210532658.1[P].CN202210532658.1[2024-10-08].

[2]朱记伟,刘杰,刘刚,等.一种小型水库标准化运行管理评价方法:CN202210532658.1[P].CN202210532658.1[2024-10-08].

[3]朱记伟,刘杰,刘刚,等.一种小型水库标准化运行管理评价方法:CN202210532658.1[P].CN202210532658.1[2024-10-08].