

# 基于环境异质性的水库库尾河段水环境安全评估方法

杨广军<sup>1</sup> 姜华峰<sup>2</sup>

1. 盱眙县黄花塘水利服务站 江苏盱眙 211700

2. 镇江市华源建设监理有限公司 江苏镇江 212003

**摘要:** 基于环境异质性的水库库尾河段水环境安全评估方法。包括: 1. 搜集资料, 实地考察; 2. 水环境保障考核单位的划分; 3. 建设考核指标制度; 库尾河河段水环境安全考核指标体系建立在“有压力”的基础上? 到底是什么状态呢? 对PSR车型水环境安全评测车型的“应战”; 4. 水环境安全等级划分, 门槛确定; 5. 指标权重确定; 6. 测算度量的指标确定; 7. 考核各考核单位对库尾河河段水环境安全状况进行考核, 确定不同区域水环境安全等级。该方法具有水环境安全评估指标简单、方法简便、能实时评估库尾不同河段水环境安全状况的优点。

**关键词:** 水库库尾河段; 水环境安全; 评估方法

## Water environmental security assessment method of reservoir tail reach based on environmental heterogeneity

Guangjun Yang<sup>1</sup>, Huafeng Jiang<sup>2</sup>

1. Huanghuatang Water Conservancy Service Station in Xuyi County, Jiangsu 211700

2. Zhenjiang Huayuan Construction Supervision Co., Ltd. Jiangsu Zhenjiang 212003

**Abstract:** The method for assessing water environmental safety in the tail section of a reservoir based on environmental heterogeneity includes the following steps: 1. Data collection and on-site inspections; 2. Division of units for water environmental safety assessment; 3. Establishment of an assessment indicator system for construction; Is the assessment indicator system for the water environmental safety of the tail section of the reservoir established on a “pressured” basis? What exactly is its state? Challenging the water environmental safety assessment model for the PSR vehicle type; 4. Classification of water environmental safety levels and determination of thresholds; 5. Determination of indicator weights; 6. Determination of measured indicators; 7. Assessment of water environmental safety conditions in the tail section of the reservoir by various assessment units, leading to the determination of different regional water environmental safety levels. This method is characterized by its simplicity of assessment indicators, ease of application, and the ability to provide real-time assessment of the water environmental safety conditions in different sections of the reservoir tail.

**Keywords:** Reservoir Tail Reach; Water Environment Safety; Evaluation Method

### 一、背景技术

水库, 尤其是具有季调节以上性能的水库在发挥防洪、供水、发电和航运等功能的同时, 也会对库尾河段年内水文情势造成影响, 并降低库尾河段局部时段水环境容量, 使得库尾河段水环境安全遭受威胁。受上游污染事故或库尾水环保措施突发故障的影响, 库尾水环境安全仍可能面临风险, 尽管水库建设阶段新增的库尾河段水环保措施可以减缓工程运行带来的不利影响。因此, 对水库尾水环境安全状况的实时准确判断, 对库尾河断

面的水环境保护措施和水库调度运行提出了维护优化的要求, 对确保库尾河断面的水环境安全发挥了重要作用, 也为工程的正常进行起到了积极

与数学模型法相比, 指标体系法更多地应用于水环境安全评价领域, 基于数据获取容易、方法机制简单等优点, 其中应用较多的是“压力-状态-响应”(PSR)评价体系和“驱动力-压力-状态-影响-响应”(DPSIR)评价体系。由于在应用过程中存在数据属性界定模糊的情况(如驱动力与压力、状态与影响), 且数据

指标较多, 相比于PSR模型, DPSIR模型在解决实际问题方面存在局限性。

现有研究通常采用先构建考核指标体系, 再选择考核方式, 确定各指标权重, 开展考核的综合表征水域降水条件、社会经济状况、陆域污染源汇入状况、陆域污水处理水平等水环境安全状况。该类方法指标体系较复杂, 在水库、湖泊、河流、流域或区域水环境安全评估方面应用广泛。由于敏感保护目标与污染危险源可能同时存在, 造成不同区域环境影响因素与管控要求的差异, 即水库库尾河段存在环境异质性问题, 水库尤其是水库库尾河段具有季调以上性能。然而, 目前针对水库库尾河段水环境安全评估的方法体系较少, 而且已有的方法体系更多的是对水域、区域或流域年度水环境安全状况进行评估, 对评价范围内的环境异质性考虑较少, 在需实时反馈库尾河段不同区域水环境安全状况应用方面存在缺陷。

综上, 现有水环境安全评价研究指标多、方法复杂, 缺乏对水环境安全状况的实时评价效果, 对水库库尾河段基于环境异质性的水环境安全评价进行研究。有利于提升工程环境管理精细化水平, 对库尾不同河段的水环境安全进行即时保障, 针对不同河段开展水环境安全实时评估, 兼顾不同河段的环保目标和污染风险源分布。因此, 开发一种水环境安全评估研究指标简单、方法简便、能实时评估水环境安全状况的基于环境异质性的水库库尾河段水环境安全评估方法很有必要。

## 二、技术方案

提供一种基于环境异质性的水库库尾河段水环境安全评价方法, 水环境安全评价研究指标简便、方法简便, 能够实时准确地评价水环境安全状况, 为评价库尾河段不同区域水环境安全状况提供技术支撑。

一种基于环境异质性的水库库尾河段水环境安全评估方法, 其特征在于: 包括如下步骤:

### 1. 资料收集与现场调研;

收集库尾河段水系分布、水功能区和水环境控制单元、敏感保护目标分布、城市总体规划及特色工业企业园区分布等成果;

收集库尾河段典型控制断面实测地形资料、水文站日均水位和流量资料、控制断面例行监测资料、污水处理厂运行管理台账、水质自动监测站建设运行情况、基于水环境安全评估单元划分成果的COD和氨氮纳污能力计算成果;

### 2. 水环境安全评估单元划分;

以河段内子流域分布为基础, 考虑水功能区划、水环境控制单元、敏感保护目标分布, 结合库尾污染源风险识别成果, 划分库尾河段水环境安全评估单元;

### 3. 评价指标体系构建;

构建库尾河段水环境安全考核指标体系, 建立以PSR模型为基础的“压力—状态—响应”水环境安全考核模型;

### 4. 水环境安全等级划分, 门槛确定;

### 5. 指标权重的确定;

### 6. 指标确定度计算;

7. 对各评估单元水环境安全状况进行评估, 确定库尾河段不同区域水环境安全等级。

在上述技术方案中, 在步骤2中, 水环境安全评估单元划分的具体方法为:

识别库尾河段干流及其主要支流, 开展干支流汇水关系分析, 确定不同汇水区域;

叠加库尾河段水环境控制单元划分成果, 对不同汇水区域进行初步分区;

根据库尾河段水功能区划成果将河流进行分段, 并识别其所在汇水范围; 对比水环境控制单元划分成果, 取精细化程度较高的成果作为当前划分成果;

要识别区域内水生态环境目标的敏感分布特征; 对重点保护对象、重点管控对象结合污染源排查结果, 开展水环境风险认定分析;

在上述技术方案中, 步骤3, 库尾河段水环境安全考核指标体系包括“压力”准则层下的指标因素、“状态”准则层中的指标因素、“响应”准则层中的指标因素;

“压力”准则层下的指标因素包括COD排放量、氨氮排放量、水位和流量/断面面积; 各指标含义如下:

**COD排放量:** COD指水体中的有机污染物被全部氧化时所需要的氧量, 本发明包括城镇生活污水和工业废水中的COD排放量, 计算中根据COD浓度进行换算。本研究中该指标采用相对变化率进行表述, 即参与评估计算的COD排放量与基准值的相对变化率;

**氨氮排放:** 氨氮是水体中的营养物质, 在计算时根据氨氮的浓度换算, 氨氮是水体中能够导致水体富营养化现象的物质, 而且这一指标因素值越小, 水环境就越安全, 氨氮是水体中能够导致水体富营养化现象本研究中该指标采用相对变化率进行表述, 即参与评估计算的氨氮排放量与基准值的相对变化率;

**水位:** 水位是指对某一基面的高程进行取实测值和

自由水面的计算。本研究中该指标采用变化量进行表述,即水位测量值与基准值的差值;

流量/截面面积:表示截面平均流速的转换,其位移在液体单位时间内。当断面面积确定时,该指标可用流量表征。该指标在研究中以相对变化率来表述,即以断面面积为纽带,将流量测量值与基准值之间的相对变化率进行描述,并将其转化为断面平均流速的相对变化率。

“状态”准则层下的指标因素有:COD浓度、氨氮浓度、总磷浓度、总氮浓度、特征污染物浓度,主要指标为氨氮浓度、氨氮浓度;各项指标含义如下:

COD浓度:COD是衡量水环境中有机物质含量多少的指标,污染程度越重的水体,其数值越大。这项研究对所有污染物的浓度进行了评价,采用的是测量值。

氨氮浓度:是指氨氮排放与排污的比值,氨氮浓度与排污的比值。

总磷浓度:有机磷与无机磷在水体中的总和。

总氮浓度:有机氮,氨氮,亚硝酸氮,硝酸盐氮的总含量。

特征污染物:反映库尾河段产业特征的污染物,选择1~3个即可。

“响应”准则层下的指标因素包括污水处理厂COD或氨氮排放量;指标含义如下:

COD或氨氮在污水处理厂中的排放:是表征污水处理厂处理污染物的程度。本研究中该指标采用相对变化率进行表述,即污水处理厂COD或氨氮排放量与水域纳污能力的相对变化率。

步骤3以水库库尾河段入河排污口监控、水质自动监测站等水环境保护措施的落实情况为依据,利用可反映库尾河段水环境安全实时状况的各项指标,对入河排污口进行获取便捷性、量化操作性;指标取值方面,以现状值或行业管制要求为基准值,计算相对值作为评价指标值,不含国家管制目标的水质指标。

步骤3选择除常规水质指标外,兼顾区域产业特点的1~3项特征污染物作为考核指标。

在上述技术方案中,在步骤4中,遵循“操作简便、切合实际”的原则,将库尾河段水环境安全等级划分为“不安全”、“敏感”和“安全”3个等级,并对各等级赋值,具体如下:

安全(0.7~1.0):河段水质状况处于稳定达标状态,水域功能正常发挥得到保障;

敏感(0.3~0.7):河段水质状况处于超标临界状

态,若各水质指标浓度进一步增加,水域将处于明显超标状态;

不安全(0.0~0.3):河段水质状况处于不达标状态,水域功能正常发挥受到威胁。

在上述技术方案中,在步骤5中,为建立库尾不同河段统一的评价标准,不同评估单元同一指标宜采用相同的指标权重。为避免指标权重确定的偶然性,在一段时期内,不宜根据实时数据来确定反映各指标对水环境安全状况的影响,但对水环境安全状况的实时评价具有一定的指导意义,因此,指标权应适当体现各指标在因此,参照已有相关研究成果,将库尾各河段视作一个整体,根据历史实测或统计数据对库尾河段各指标权重进行计算,该步骤中指标数值均为年均值或年统计值,其中水位指标采用年均水位与年度最低水位的差值;

假设指标体系有N个指标,选择构成数据矩阵的M组样本;该指标权重是用值的方法计算出来的,其计算公式为:  $(x_{ij})_{m \times n}$

$$e_j = -k \cdot \sum_{i=1}^m (P_{i,j} \cdot \ln P_{i,j}) \quad (1)$$

$$P_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sum_{i=1}^m x_{i,j}} \quad (2)$$

公式中:  $E_j E_j$  为值;  $m$  为样本数据组数;  $P_{ij}$  为每组数据中  $I$  组  $J$  指标的贡献值,同时为  $J$  指标的加和量;常数  $k = (\ln m)^{-1}$ 。

第  $j$  项指标的权重  $w_j$  为:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{n - \sum_{j=1}^n e_j} \quad (3)$$

上式(3)中,  $n$  为指标个数。

在上述技术方案中,在步骤6中,根据不同水环境安全等级划分阈值以及各指标不同等级上下限值,采用数学模型计算各指标确定度  $u_j$ ;

常用的数学模式有线性模式,也有指数模式。

在上述技术方案中,在步骤7中,水环境安全评估的具体方法为:根据各指标权重和确定度,计算水环境安全综合指数  $R$ ,将计算数值与不同水环境安全等级划分阈值对比确定水环境安全等级,计算如下:

$$R = \sum_{i=1}^n w_j u_j \quad (4)$$

在公式(4)中,  $w_j$  表示第  $j$  项指标;  $u_j$  表示指标确定度;  $n$  为指标个数。



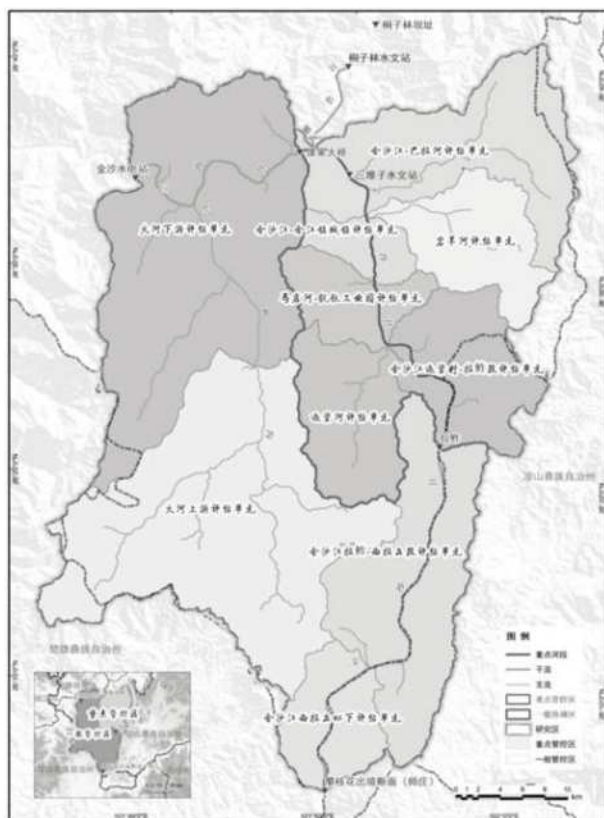


图1为某水电站库尾河段水环境安全评估单元图

### 三、有益效果

1.通过优先保护对象和重点管控对象识别,将库尾河段划分为不同评估单元,以准确反映不同区域水环境特征;

2.基于“压力-状态-响应”PSR模型、选择与区域特色产业及水环境状况紧密相关的指标构建水库库尾河

段水环境安全评估指标体系,避免了数据指标繁多、分类不清晰等问题,且各指标原始数值可通过污水处理厂进出水水量和水质、河流水质自动监测站水文和水质实施监测获取,具有指标简单及数据易获取等优点;

3.在指标取值方面,除具有国家管控目标的水质指标外,其他指标均以现状值或行业管控要求为基准值,计算相对值作为评估指标值,科学反映水环境波动变化特征;

4.将水环境安全等级划分为“安全”、“敏感”、“不安全”三个等级,并在不同的安全等级下,提出每个指标的上、下限确定办法,便于决策部门迅速做出反应;

5.采用成熟的指数数学模型或线性数学模型计算指标实时确定度,并通过指标权重计算水环境安全状况,为水环境安全状况实时评估创造条件;

本方法在填补水库库尾水环境安全评估研究空白的同时,可为水库库尾实时水环境安全评估和水库调度运行提供技术支撑。

### 参考文献:

[1]王景深.水源地安全评价指标体系探究.安徽农业科学,2013.  
[2]陈丽丽.水库水质动态监测研究[J].智能城市,2020(02).  
[3]赵红金.某水库水质分析评价及控制对策研究[J].陕西水利,2023(04).  
[4]见立红.浅谈陡河水库水质保护措施[J].河北水利,2022(11).