

# 基于多目标优化的水库清淤方案决策模型构建与应用研究

寇俊

昌吉市水利管理站 (昌吉市三屯河流域管理处)

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6930

**[摘要]** 水库是防洪、灌溉、供水等民生工程的重要依托,在长时间使用之后会出现泥沙淤积的现象,这不仅会影响水库的功能作用的发挥还会带来一定的安全风险以及环境隐患。而清淤工作就是对这种淤积进行处理的一种方式,但是传统的清淤方案的选择往往只考虑一个方面的问题而不去顾及其他因素如工程效果、费用支出、环境保护等方面的内容,这就容易造成一些不良的结果比如选择错误导致资源浪费或者是环境污染等问题的发生。本文运用多目标优化的方法来研究水库清淤的具体情况,提出了一个兼顾技术可行性和经济合理性以及环保性的清淤决策模型,并阐述了该模型建立的基本思想、目标函数及约束条件等内容,在实际应用中检验其有效性与合理性从而为水库清淤决策提供切实可行且易于操作的理论依据和实践经验指导以防止盲目清淤的发生并使清淤达到最优的效果。

**[关键词]** 多目标优化; 水库清淤; 决策模型; 方案优选; 生态保护

中图分类号: S974+.6 文献标识码: A

## Construction and Application Research of Reservoir Dredging Plan Decision Model Based on Multi Objective Optimization

Jun Kou

Changji Water Conservancy Management Station (Changji Santun River Basin Management Office)

**[Abstract]** Reservoirs are an important support for flood control, irrigation, water supply and other livelihood projects. After long-term use, sedimentation may occur, which not only affects the function of reservoirs but also brings certain safety risks and environmental hazards. And dredging work is a way to deal with this kind of siltation, but traditional dredging schemes often only consider one aspect of the problem and do not take into account other factors such as engineering effectiveness, cost expenditure, environmental protection, etc. This can easily lead to some adverse results, such as resource waste or environmental pollution caused by wrong choices. This article uses multi-objective optimization methods to study the specific situation of reservoir dredging, proposes a dredging decision model that balances technical feasibility, economic rationality, and environmental protection, and elaborates on the basic ideas, objective functions, and constraints of the model. Its effectiveness and rationality are tested in practical applications, providing practical and easy to operate theoretical basis and practical experience guidance for reservoir dredging decisions to prevent blind dredging and achieve optimal dredging results.

**[Key words]** multi-objective optimization; Reservoir dredging; Decision model; Optimal selection of solutions; ecological protection

### 引言

水库在我国水利系统中发挥重要作用,在防洪减灾、农业灌溉、城乡供水、生态补水等方面起着重要作用。但是由于运行时间较长,流域内泥沙随水流进入水库并在库内堆积形成淤积,造成水库库容减少、泄水能力降低等问题,影响到灌溉、供水等功能的正常发挥,还降低了水库防洪等级,危及下游人民生命财产安全。此外,不合理清淤方式会造成库区底泥扰动,使污染物

扩散,破坏水域生态系统;而过度清淤也会加大工程投资,造成浪费。目前大多数水库清淤方案选择依靠经验进行决策,缺少科学理论指导,很难兼顾技术和经济以及环境等因素,导致清淤效果一般,利用率不高。所以建立以多目标优化为基础的水库清淤方案决策模型,在具体情况下改进决策方法,使得清淤工作更加合理有效环保地开展下去是当下亟待解决的问题同时也是促进水利工程高质量发展的需要。

## 1 水库清淤方案决策的核心问题与多目标需求分析

### 1.1 水库清淤方案决策的核心痛点

目前努尔加水库清淤方案选择存在明显短板,造成方案适用性差、综合效益低。一是重效果轻成本,在三屯河悬移质输沙量大且年际变化大的情况下,盲目扩大清淤范围及规模,不仅增加工程费用造成浪费而且容易扰动库岸、危及大坝安全;二是重成本轻实效,过分压缩开支,采用简单的方法、减少清淤量,不能解决汛期大量泥沙淤积的问题,不利于保证水库供水、防洪主要作用发挥;三是重工程轻生态,忽视所在流域干旱脆弱生态环境基础条件,搅动底泥、处理淤渣不当易导致污染加重,不符合绿色水利理念<sup>[1]</sup>。根本原因是缺少多目标统筹决策方法,很难兼顾技术和经济以及生态保护等不同需求。

### 1.2 水库清淤方案决策的多目标需求

基于努尔加水库工程特点以及三屯河流域实际情况,在进行清淤工作时兼顾三个互相依存又互相矛盾的目标,建立多目标优化系统。首先是技术可行性的目标:所采取措施要符合该地区输沙量大、库区地形复杂的实际情况,适合水库建筑物布置情况,能够有效地解决淤积问题保证水库安全运行的同时避免岸坡崩塌及渗漏等问题发生;其次为经济合理性目标:严格控制整个过程的成本支出,在保证清淤效果的基础上尽可能减少开支,使方案适合项目的资金状况;最后是生态保护性目标:尽量减少对于干旱区脆弱生态环境的影响,严防底泥外泄,合理处理淤渣,保护库区水质环境,促进工程建设与环境保护协调发展。

## 2 基于多目标优化的水库清淤方案决策模型构建

### 2.1 模型构建的核心思路

本文提出的多目标优化水库清淤方案决策模型的基本思想就是基于水库清淤的实际需要,在保证技术上可行、经济上合理、对环境友好这三个主要的目标下,确定各个目标的具体评判指标以及度量方法,在满足一定的限制条件下利用多目标优化的方法选择最佳的清淤方案<sup>[2]</sup>。在建立该模型时省略繁琐的理论分析,力求实用性和可操作性,充分考虑到基层水库管理人员的能力水平,不涉及不易获得的信息和复杂的运算过程,使得这个模型可以应用到实践中去。整个模型分为目标函数建立、约束条件设置、求解优化三个部分,“目标量化——约束限定——方案优选”。在目标函数构建过程中,把技术可行性和经济合理性以及环保友好性转化为可以量化的评判标准,使抽象的目标具体化为数值;而约束条件则是根据水库容量、清淤机械、工期和生态保护红线等情况来设定的,保证方案切实可行,在此基础上采用简单的优化方法对各个方案进行打分比较后迅速得到最佳清淤方案。此模型步骤明确、计算简单快捷,有利于帮助一线管理者做出合理判断,提高水库清淤工作水平和效果。

### 2.2 目标函数构建

#### 2.2.1 技术可行性目标函数

以清淤效果最大化为主要量化指标,清淤效果表现为水库库容恢复率、输水能力提高幅度,在此基础上综合考虑清淤工艺

适用性及施工难度等因素建立技术目标函数,保证所提出的清淤方案能较好地解决淤积问题并使水库恢复正常运行状态。此外还需兼顾施工安全,把岸坡稳定性以及施工事故概率作为补充评价内容来防止出现技术方面的风险隐患。

#### 2.2.2 经济合理性目标函数

以清淤工程总成本最小化为主要目的,总成本包括设备租赁费、人工费、材料费、运费以及废弃物处置等相关费用,在此基础上根据不同的清淤量及采用的不同类型的清淤方式建立经济目标函数,在保证达到技术和环保要求的基础上尽可能节省开支,适合基层水库管理部门的资金状况。

#### 2.2.3 生态友好性目标函数

以清淤过程对生态环境的影响降到最低为目标,在此基础上制定相应的定量指标如底泥扰动范围、污水排放达标率以及水生生物栖息地受影响的程度等,建立生态目标函数,保证清淤工作不会给水库区域带来永久性的损害,做到绿色清淤。

### 2.3 约束条件设定

约束条件是为了保证决策模型符合实际情况以及方案可行而提出,在水库清淤过程中有四个主要的约束条件,防止出现脱离实际的情况<sup>[3]</sup>。第一是清淤量约束,依据水库淤积情况确定最小清淤量(保证基本清淤效果)、最大清淤量(防止过度清淤造成对岸坡破坏),限制清淤范围及深度;第二是技术约束,针对不同类型的水库地形、水文条件等来限定可以选择的清淤方法和技术设备,保证施工的技术可行性,排除一些过于繁琐或者基层难以实施的方法;第三是经济约束,根据水库所在单位的资金状况制定整个项目的预算上限,使项目控制在可接受的成本范围内;第四是环境约束,对于底泥扰动、污水排放以及废弃物处置等方面设定了最低要求,以减少对生态环境的影响并达到绿色环保的要求。

### 2.4 模型优化求解

模型求解采取简单明了、便于操作的多目标优化方法,省去了烦琐复杂的数学运算过程,在此基础上,结合实际情况,运用层次分析法和综合评分法相结合的方法来优选方案<sup>[4]</sup>。即先利用层次分析法确定技术、经济、生态三个方面的权重值,再根据水库的不同功能定位(例如灌溉型、供水型、生态型等)适当调整各个方面的权重大小以更好地符合实际需要;然后列出一些可行的清淤措施(不同规模、工艺及设备的选择等),针对每一个措施的技术、经济以及生态保护等方面分别打分;最后用综合评分法得出各措施的总评分数,得分最高的就是最好的清淤措施,保证计算起来方便快捷易懂,适合基层员工使用。

## 3 模型的实际应用与效果分析

### 3.1 应用场景概况

为了检验模型的有效性和合理性,在一个基层小型灌溉水库上进行应用研究,该水库已经运行多年,出现了严重的泥沙淤积现象,降低了灌溉供水能力并且周围有小型水生生物栖息地,因此清淤措施要达到恢复灌溉功能、节省开支以及保护环境等多重目的。这个水库的主要诉求就是利用清淤来增加库容以保

证灌溉用水供应的同时尽可能减少花费并防止对周围的自然环境造成伤害,这正好符合本课题提出的多目标优化方法的应用条件,可以用于对该算法的研究。

### 3.2 模型应用过程

#### 3.2.1 基础数据收集与目标权重设定

针对本水库实际情况,在收集淤积分布情况、地形条件、现有资金以及生态敏感区等相关信息的基础上,不需要过多的数据支持,注重能够获得实际内容即可;鉴于该水库主要承担灌溉任务的特点,确定技术目标所占比例最大,经济目标与生态保护目标所占比重相当,保证清淤效果放在第一位的同时也要考虑费用及生态环境的问题。

#### 3.2.2 可行方案筛选

根据水库具体情况,提出三个可行清淤方案。方案一:使用环保绞吸式清淤工艺,在主要淤积区进行清淤作业,清淤深度适中,同时采取废弃物资源化利用措施;方案二:采用水力冲挖式清淤工艺,清淤面积较小,造价低但是清淤效果一般;方案三:使用大型机械清淤工艺,清淤比较彻底,但是费用较高并且会对环境造成一定影响。

#### 3.2.3 方案评分与优选

根据模型的目标函数以及综合评分法对三个方案的技术、经济、生态目标进行打分。方案一技术适用性强,清淤效果较好,费用适中,生态影响较小,得分最高;方案二费用最低,但清淤效果一般,生态影响也较小,得分较低;方案三技术效果最佳,但费用过高,生态影响较大,得分居中。最后选择方案一作为最优清淤方案。

### 3.3 应用效果分析

最优清淤方案实施之后,该水库淤积问题得到妥善解决,库容恢复到正常状态,灌溉供水能力大大提高,可以满足周边农田灌溉需求,达到技术目标;整个项目总投资控制在计划之内,没有出现超支现象,也不存在浪费情况发生,符合经济目标;清淤时采取环保措施,在废弃物处置上做到妥善处理,对库区水生生物生存环境基本无影响,排放污水符合相关标准,达到生态目标<sup>[5]</sup>。从实际应用情况来看,本文提出的多目标优化决策方法能较好地兼顾这三个主要方面,在众多备选中选出的清淤措施切实可行、易于操作,防止了不必要的清淤行为以及资源浪费现象的发生,提高了清淤工程的整体效果,说明该方法是有效的并

且合理的。

## 4 结论

本文以多目标优化理论为基础,在满足水库清淤需求的前提下,提出了一种综合考虑技术可行性和经济合理性以及生态保护性的清淤方案选择模型,并对所建立的模型的目标函数、约束条件及求解算法进行了说明,在实际应用中检验了该模型的有效性和合理性。研究发现:该模型省去了烦琐的数学推导过程和大量的数据支撑,更加贴近现实情况并且易于实施,可以很好地克服传统的单一目标导向下的清淤方案决策问题,使各个方面的因素得到合理分配,选出的清淤方案既能保证良好的清淤效果又能做到节约成本同时还具有较强的环保属性,有利于提高整个清淤项目的整体水平,为基层水库进行合理的清淤工作提供有力的支持;随着水利工程高质量发展要求不断提高,对于水库清淤工作的标准也会越来越高,在今后的应用中可以根据具体情况适时调整和完善模型中的目标函数及其权重值设置等内容,针对不同类型的水库功能特点制定相应的限制条款来增强模型适用范围;此外还可以借助一些简单的智能化工具降低运算难度从而使得这个方法更容易被广大使用者接受并加以利用,使其能够在更多的基层单位开展此类项目时发挥作用,促进水库管理能力改善,达到水利工程与自然环境和谐共生的目的。

### [参考文献]

- [1]王瑞齐.浑源县恒山水库清淤方案及工程效益分析[J].水利技术监督,2025,(12):333-336+350.
- [2]成茜.广州市河湖清淤及淤泥处理处置工程设计的实践——以金坑水库清淤工程为例[J].中国水运,2025(20):77-79.
- [3]欧小雷,李栓平.东风水库清淤治理方案探析[J].陕西水利,2025,(09):158-161.
- [4]胡波,马玉丹.二坝水库清淤增容工程措施分析[J].地下水,2025,47(04):278-279+299.
- [5]任星成.浑源县恒山水库清淤方案及主要施工技术探讨[J].河南水利与南水北调,2025,54(07):43-45.

### 作者简介:

寇俊(1984—),男,回族,新疆昌吉人,本科,副高级工程师,研究方向:水库清淤。