

最优确定水库清淤规模的系统性方法

高存晓¹ 邵忠尧¹ 林琳²

1. 江苏江博建设有限公司, 中国·江苏 南京 211500

2. 身份证号: 320123198602273235

摘要: 最优确定水库清淤规模的系统性方法及系统, 方法包括: 获取水库运行现状数据; 根据水库运行现状数据进行需求分析; 根据需求分析结果以及水库未来 n 年内的泥沙淤积情况计算水库初始清淤规模并制定清淤方案; 根据清淤方案验证清淤后的水库库容是否同时满足水库承担的各项工程任务; 若清淤后的水库库容同时满足各项工程任务, 则根据清淤方案得到水库的待清淤方量, 否则根据多目标优化指标体系进行迭代优化计算调整清淤方案; 根据得到的待清淤方量验证清淤淤积物处置回用是否能够落实, 进而得到最优清淤规模。本方法能够指导快速、合理的确定水库清淤规模, 延长水库兴利和防洪功能正常使用年限。

关键词: 最优; 水库清淤; 系统性方法; 系统

Systematic Method for Optimal Determination of Reservoir Dredging Scale

Cunxiao Gao¹ Zhongyao Shao¹ Lin Lin²

1. Jiangsu Jiangbo Construction Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211500, China

2. ID Number: 320123198602273235

Abstract: A systematic method and system for determining the optimal dredging scale of a reservoir, including: obtaining data on the current operation status of the reservoir; conduct demand analysis based on the current operation status data of the reservoir; calculate the initial dredging scale of the reservoir and develop a dredging plan based on the results of demand analysis and the sedimentation situation of the reservoir in the next n years; verify whether the reservoir capacity after dredging meets the various engineering tasks undertaken by the reservoir according to the dredging plan; if the reservoir capacity after dredging meets all engineering tasks simultaneously, the amount of silt to be dredged in the reservoir will be obtained according to the dredging plan. Otherwise, the dredging plan will be iteratively optimized and adjusted based on a multi-objective optimization index system; verify whether the disposal and reuse of dredged sediment can be implemented based on the obtained amount of sediment to be cleared, and then obtain the optimal dredging scale. This method can guide the rapid and reasonable determination of the scale of reservoir dredging, extend the normal service life of reservoir utilization and flood control functions.

Keywords: optimal; reservoir dredging; systematic approach; system

0 前言

中国是世界上水库数量最多的国家, 水库在防洪减灾、区域供水、农业灌溉等方面发挥着重要作用, 90% 以上水库修建于 20 世纪 50—70 年代, 经过几十年运行, 普遍存在不同程度的库区淤积, 库区泥沙淤积影响到水库正常功能发挥, 威胁水库防洪安全、水库大坝的运行安全及生态安全, 亟须通过水库清淤, 盘活有效库容, 恢复及充分发挥水库效益, 其中合理确定水库清淤规模是关键的技术问题之一。由于水库清淤工作开展较少, 现状还没有一套通用、完善的水库清淤规模分析确定的方法。

现状水库清淤工程开展较少, 尚属新兴领域, 目前行业内还没有一套通用、完善的水库清淤规模分析确定方法。现行方法主要依据水库泥沙淤积情况, 以定性结合定量分析为主, 在分析水库清淤需求的基础上, 主要依靠经验性判断,

直接定性得出水库所需要清淤的量, 往往会将影响水库工程任务正常发挥的泥沙淤积量按全部清除考虑, 据此得出水库清淤工程规模。该方法仅以定性结合定量分析为主, 无法快速、精准确定清淤规模, 在工程清淤设计及清淤后水库效益发挥方面不具备经济可行性。

因此, 亟须一种最优确定水库清淤规模的系统性方法及系统, 能够快速、合理的确定水库的清淤规模, 解决了水库清淤类工程常用粗略估算法确定清淤规模的技术缺陷, 可实现延长水库兴利和防洪功能正常使用年限的目标, 具备行业内推广应用前景, 填补了行业技术空白。

1 技术方案

为了解决上述技术问题, 提供了一种最优确定水库清淤规模的系统性方法及系统, 能够快速、合理的确定水库的

清淤规模,解决了水库清淤类工程常用粗略估算法确定清淤规模的技术缺陷,可实现延长水库兴利和防洪功能正常使用年限的目标,具备行业内推广应用前景,填补了行业技术空白。

一种最优确定水库清淤规模的系统性方法,包括如下步骤:

S1: 获取水库运行现状数据,根据水库运行现状数据判断水库是否需要清淤;其中,水库运行现状数据包括水库现状库容、水库任务类型、任务满足情况以及是否有规划工程介入。

S2: 根据水库运行现状数据及规划战略定位进行需求分析,并根据重要程度从高到低将各工程任务确定为第一任务和第二任务;其中,需求分析包括兴利及生态需求分析和/或防洪需求分析;所述规划战略定位包括规划工程和规划任务。

S3: 根据需求分析结果以及水库未来 n 年内的泥沙淤积情况,计算水库初始清淤规模;

S4: 根据水库初始清淤规模制定清淤方案;其中,清淤方案包括清淤方量、清淤位置、清淤纵横断面布置。

S5: 根据清淤方案验证清淤后的水库库容是否满足第一任务和第二任务;若清淤后的水库库容同时满足第一任务和第二任务,则根据清淤方案得到水库的待清淤方量,并进入 S6;否则返回 S4 根据多目标优化指标体系进行迭代优化调整清淤方案。

S6: 根据得到的待清淤方量,验证清淤淤积物处置回用是否能够落实;若能够落实,则将待清淤方量作为最优清淤规模;若不能够落实,则返回 S2 重新进行需求分析^[1]。

2 附图说明

一种最优确定水库清淤规模的系统性方法的流程图如图 1 所示,一种最优确定水库清淤规模的系统的结构示意图如图 2 所示。

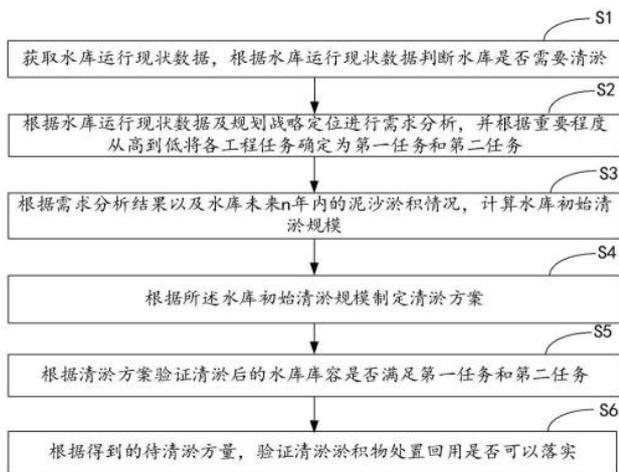


图 1 一种最优确定水库清淤规模的系统性方法的流程图



图 2 一种最优确定水库清淤规模的系统的结构示意图

3 具体实施方式

参见图 1 和图 2,具体包括:

S1: 获取水库运行现状数据,根据水库运行现状数据判断水库是否需要清淤。

具体的,水库运行现状数据包括水库现状库容、水库任务类型、任务满足情况以及是否有规划工程介入等;其中,规划工程可以包括防洪调度、发电调度、灌溉供水等。获取水库运行现状数据,根据水库运行现状数据可以明确该水库进行清淤的必要性和紧迫性,并判断水库是否需要清淤。

S2: 根据水库运行现状数据及规划战略定位进行需求分析,并根据重要程度从高到低将各工程任务确定为第一任务和第二任务。

具体的,需求分析包括兴利及生态需求分析和/或防洪需求分析;根据水库不同的工程任务进行相应的需求分析,并根据重要程度从高到低将各工程任务确定为第一任务和第二任务。规划战略定位包括规划工程和规划任务,其中规划工程可以包括引调水工程等水库供水的工程,规划任务可以包括该水库未来需要新增的工程任务,如新增的需要该水库灌溉的农田等。

进一步的,根据水库运行现状数据及规划战略定位进行兴利及生态需求分析包括:

进行农业需水量分析:根据不同农作物的种植面积乘以试验得到的该农作物生长周期内每亩需要的水量得到农业需水量。

进行非农业需水量分析:非农业需水量包括人饮用水和工业需水等,人饮用水根据人口和每人每天需要的水量计算得到,工业需水根据工业产品和产量及对应的单位产量需要的水量计算得到。

进行生态需水量分析:生态需水是满足河道水生物需要的水量,根据该城市的规定或要求计算得到。示例性地,可以根据《河湖生态环境需水计算规范》的规范要求,采用功能法、水量平衡法等计算由水库进行生态补水的河湖需水量。

进一步的,根据水库运行现状数据及规划战略定位进行防洪需求分析包括:

确定防洪保护对象,根据防洪保护对象的重要等级确定防洪标准,同时确保水库自身安全;其中,防洪保护对象包括水库下游的城镇、重要的工矿企业、重要的基础设施等。示例性地,防洪标准是指防护对象防御洪水能力相应的洪水标准。具体的防洪保护对象和防洪标准可以根据水库的地理位置、流域特性、气候条件以及社会经济状况等因素进行确定。其中,确保水库自身安全的需求分析可以包括在水库水

位不超过设计校核洪水位、能够避免发生漫顶的情况下,所需要的水库调洪库容等。

S3: 根据需求分析结果以及水库未来 n 年内的泥沙淤积情况,计算水库初始清淤规模。

S31: 根据水库现状库容采用平衡比降法预测水库未来 n 年内的泥沙淤积情况。

其中,针对兴利及生态需求分析, n 取 20 年或 30 年,针对防洪需求分析, n 取 50 年。泥沙淤积情况可以包括泥沙淤积量、泥沙淤积形态、泥沙淤积参数、水库淤积库容曲线以及纵横剖面成果等。

S32: 根据兴利及生态需求分析的分析结果以及水库未来 20 或 30 年内的泥沙淤积情况,进行水库兴利调节计算,通过试算得到满足兴利及生态需求的水库兴利库容。

具体的,可以采用时历法进行水库兴利调节计算,计算公式如下:

$$W_{\text{入库}} - W_{\text{蒸渗}} - W_{\text{供水}} - W_{\text{弃水}} = V_{\text{月末}} - V_{\text{月初}}$$

其中, $W_{\text{入库}}$ 为天然入库水量; $W_{\text{蒸渗}}$ 为水库蒸发渗漏损失; $W_{\text{供水}}$ 为含生态基流下泄的水库供水; $W_{\text{弃水}}$ 为超过正常蓄水位和/或汛限水位的下泄水量; $V_{\text{月末}}$ 为月末库容; $V_{\text{月初}}$ 为月初库容。

在一些实施例中,还可以采用典型年法进行水库兴利调节计算。

S33: 根据防洪需求分析的分析结果以及水库未来 50 年内的泥沙淤积情况进行水库洪水调节计算,通过试算得到满足防洪需求的水库防洪和/或调洪库容。

具体的,可以采用静库容法进行水库洪水调节计算,计算公式如下:

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = V_2 - V_1$$

其中, I_1 为 Δt 时段开始时入库的流量; I_2 为 Δt 时段结束时入库的流量; O_1 为 Δt 时段开始时出库的流量; O_2 为 Δt 时段结束时出库的流量; V_1 为 Δt 时段开始时水库蓄水量; V_2 为 Δt 时段结束时水库蓄水量。

S34: 结合满足兴利及生态需求下的水库兴利库容,以及满足防洪需求下的水库防洪和/或调洪库容,确定水库初始清淤规模。

具体的,通过调节计算,得到的在兴利及生态需求方面和/或在防洪需求方面需要增加的总库容即为初始清淤规模。

S4: 根据水库初始清淤规模制定清淤方案。

具体的,清淤方案包括清淤方量、清淤位置、清淤纵横断面布置等。

S5: 根据清淤方案验证清淤后的水库库容是否满足第一任务和第二任务。

具体的,第一任务的优先级高于第二任务,优先满足第一任务,再考虑满足第二任务。

S51: 根据清淤方案验证清淤后的水库库容是否满足第

一任务,若满足,进入 **S52**,若不满足,返回 **S4** 根据多目标优化指标体系调整清淤方案,进行迭代优化直至根据该清淤方案清淤后的水库库容能够同时满足水库各项工程任务。

S52: 根据清淤方案验证清淤后的水库库容是否满足第二任务,若满足,进入 **S6**,若不满足,返回 **S4** 根据多目标优化指标体系调整清淤方案,进行迭代优化直至根据该清淤方案清淤后的水库库容能够同时满足水库各项工程任务。

进一步的,多目标优化指标体系中的优化指标包括:关键部位优先级、工程任务优先级、库区淤积规律、可持续性、经济合理性和交互趋势性。

具体的,关键部位优先级:清淤方案应优先清理水库中关键部位的淤积物;示例性地,水库中关键部位例如水库泄洪冲沙洞闸门,当水库因为泥沙淤积,泥沙就快要使水库泄洪冲沙洞闸门完全堵死了,这时候就要优先清理这些关键位置的淤积,避免水库无法正常泄洪,甚至导致水库发生溃坝等极端安全事件。

工程任务优先级:清淤方案应根据水库的工程任务优先级,优先考虑满足第一任务的要求,再考虑满足第二任务的要求;第一任务为兴利及生态还是为防洪根据实际情况确定。

库区淤积规律:清淤方案应符合水库库区泥沙淤积的时空分布规律及趋势;进一步的,根据水库建库至今不同时期库区地形测量(淤积测量)得到的纵横剖面成果及库容曲线,以及水库排沙调度运用方式,分析水库不同时期淤积情况、年均淤积量及水库淤积形态等水库淤积特征,可以得出库区泥沙淤积时空分布规律及趋势。

可持续性:清淤方案应在同时实现防洪、兴利功能任务的基础上,使水库运行年限尽量延长,并且最大限度降低水库运行水位。

经济合理性:清淤方案应在同时实现防洪、兴利功能任务的基础上,使水库清淤规模尽量小。

交互趋势性:当清淤方案验证结果不满足要求时,根据清淤方案与第一任务和/或第二任务的要求之间的预估差值,例如清淤规模不够的部分,或清淤规模冗余的部分,对清淤方案进行调整,从而使清淤方案得到快速优化。

S6: 根据得到的待清淤方量验证清淤淤积物处置回用是否能够落实。

具体的,若能够落实,则根据待清淤方量得到最优清淤规模;若不能够落实,则返回 **S2** 重新进行需求分析。

示例性地,清淤淤积物处置回用方式主要包括:资源化利用、无害化处理、减量化处理三大类。首先根据淤积物中是否含毒害物质判断是否可以加以利用,其次根据泥沙的颗粒大小判断其具体的用途,如泥沙颗粒粗,可用于建筑用沙;如泥沙是淤泥,可用于烧砖等。如果淤积物无法处置回用,则重新进行需求分析,根据最多能处置的清淤方量,结合需求中各个任务的重要程度,有针对性的降低/减少重要

程度排序最靠后的任务的需求,通过减少需求最终得到最优水库清淤规模。

实施例中,通过构建多目标联合优化的水库清淤规模确定方法,基于水库运行现状明确实施水库清淤的必要性、紧迫性,通过需求分析、初步匡算、迭代优化三个先后次序分析过程,识别多目标优化指标体系开展迭代计算,快速逼近最优水库清淤工程规模,通过迭代计算逐步逼近最优水库清淤工程规模,提高了水库清淤规模计算的准确度,解决了水库清淤类工程常用粗略估算法确定清淤规模的技术缺陷,可实现延长水库兴利和防洪功能正常使用年限的目标。

数据获取模块,用于获取水库运行现状数据,根据水库运行现状数据判断水库是否需要清淤;其中,水库运行现状数据包括水库现状库容、水库任务类型、任务满足情况以及是否有规划工程介入。

需求分析模块,与数据获取模块连接,用于根据水库运行现状数据及规划战略定位进行需求分析;其中,需求分析包括兴利及生态需求分析和/或防洪需求分析;规划战略定位包括规划工程和规划任务。

初步匡算模块,与需求分析模块连接,用于根据需求分析结果以及水库未来 n 年内的泥沙淤积情况,计算水库初始清淤规模。

方案制定模块,与试算模块连接,用于根据水库初始清淤规模制定清淤方案;其中,清淤方案包括清淤方量、清淤位置、清淤纵横断面布置。

验证模块,与方案制定模块连接,用于根据清淤方案

验证清淤后的水库库容是否满足第一任务和第二任务;若清淤后的水库库容同时满足第一任务和第二任务,则根据清淤方案得到水库的待清淤方量;否则根据多目标优化指标体系进行迭代优化调整清淤方案。

输出模块,与验证模块连接,用于根据得到的待清淤方量,验证清淤淤积物处置回用是否能够落实;若能够落实,则将待清淤方量作为最优清淤规模;若不能够落实,则重新进行需求分析^[1]。

4 有益技术效果

通过构建多目标联合优化的水库清淤规模确定方法,基于水库运行现状明确实施水库清淤的必要性、紧迫性,通过需求分析、初步匡算、迭代优化三个先后次序分析过程,识别多目标优化指标体系开展迭代计算,快速逼近最优水库清淤工程规模,通过迭代计算逐步逼近最优水库清淤工程规模,提高了水库清淤规模计算的准确度,解决了水库清淤类工程常用粗略估算法确定清淤规模的技术缺陷,可实现延长水库兴利和防洪功能正常使用年限的目标^[1]。

参考文献:

- [1] 范小军,李莹莹.平原水库清淤措施研究进展[J].中国科技纵横,2013(21):2.
- [2] 董志涛.基于终极库容理论的水库清淤体形态优化方法研究——以王瑶水库为例[D].西安:西安理工大学,2023.
- [3] 陈成林,夏新利,魏祖涛,等.大库盘水库管道排沙系统试验研究[J].水资源与水工程学报,2011,22(3):3.