

# 梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度方法

丁家高<sup>1</sup> 刘晓云<sup>2</sup> 刘金成<sup>3</sup>

1. 江苏天源建设集团有限公司 江苏淮安 211700

2. 盱眙县东灌区管理所 江苏淮安 211700

3. 盱眙县马坝水利服务站 江苏淮安 211700

**摘要：**一种梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度方法，该方法包括以下步骤：步骤1：在汛期，预报各个水文站未来几天的流量和含沙量数据；步骤2：判断末端水库库区场次洪水过程中是否存在沙峰滞后于洪峰的现象及是否满足沙峰调度启动条件，若满足，则启动汛期沙峰调度；步骤3：进入拦洪削峰期；步骤4：进入库区拉沙期；步骤5：进入坝前排沙阶段；步骤6：结束汛期沙峰调度，即完成梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度。提供一种梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度方法，从泥沙运动规律及水库调度技术优化出发，基于河流或河段的上游到下游的多个水库联合调度，使末端水库在在汛期进行集中排沙，为解决末端水库泥沙淤积问题提供技术支撑。

**关键词：**梯级水库；联合调度；水库汛期；泥沙优化；调度方法

## 引言

水库泥沙淤积问题是世界性难题。据统计，全球由于水库淤积导致的水库库容年损失量占全部水库库容的0.5%~1.0%，预计到2050年全球水库库容损失将超过50%。水库泥沙淤积不仅直接影响水库防洪、发电、通航、供水等效益的发挥，而且大坝下泄水流变清，引起坝下游河床变形，影响河势稳定和防洪、航运安全等。

水库泥沙淤积防治措施包括拦减流域来沙，通过泥沙调度排沙、利用机械设备清淤等。其中，泥沙调度是减少水库淤积最直接和有效手段。减少流域来沙是控制水库泥沙的源头，如在水库上游开展水土保持工程，减少水土流失，或者在水库上游修建拦沙水库，将泥沙分区拦截在各个水库内等。选择合理的水库运行调度方式，利用水库泄洪排沙设施进行调度排沙，是保持水库的有效库容的重要手段，如“蓄清排浑”、异重流排沙、降低水位冲沙等。利用机械设备将已经落淤或进入水库的泥沙清除出库是减少库区局部淤积的关键技术，包括挖泥船挖沙、水力虹吸抽沙清淤、气力泵清淤、射流泵清淤等。

在初步设计阶段，龙王山水库泥沙调度以“蓄清排浑”为主要指导思想，即在每年汛前降低水库运行水位至汛限水位145m，腾出防洪库容，除遇特大洪水库水位抬高外，整个汛期维持在145m水位运行，以排泄泥沙，减少库尾泥沙淤积。以这种方式运行，汛期水库利用率较低，不利于综合效益发挥。同时，龙王山水库蓄水运

用以来，由于经济社会的发展，各方面从提高下游供水标准、防洪、航运、生态等各方面对龙王山水库调度提出的更高需求，为此需要对水库汛期调度方式进行优化。

## 一、技术方案

所要解决的技术问题是提供一种梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度方法，可以解决目前“蓄清排浑”模式中汛期水库综合效益发挥较低的问题，从泥沙运动规律及水库调度技术优化出发，基于河流或河段的上游到下游的多个水库联合调度，使末端水库在在汛期进行集中排沙，为解决末端水库泥沙淤积问题提供了技术支撑，推动了水库泥沙调度理论和技术的发展。

为解决上述技术问题，所采用的技术方案是：一种梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度方法，该方法包括以下步骤：

步骤1：在汛期，实时监控河流或河段的上游到下游的多个水库的出入库主要控制站及库区其它水文站的流量和含沙量数据，基于实时水情信息和含沙量信息，根据水沙关系模型和水动力学模型预报各个水文站未来几天的流量和含沙量变化过程；

步骤2：根据监测和预报的流量和含沙量过程，判断末端水库库区场次洪水过程中是否存在沙峰滞后于洪峰的现象，是否满足沙峰调度启动条件，若满足，则启动汛期沙峰调度；

步骤3：启动汛期沙峰调度后，首先进入拦洪削峰

期,在此阶段,控制河流或河段的上游到下游的多个水库对洪峰进行拦蓄,为下阶段末端水库排沙存蓄水量;

步骤4:当实测末端水库入库控制站的含沙量 $>2\text{kg}/\text{m}^3$ 时,汛期沙峰调度进入库区拉沙期,在此阶段,控制河流或河段的上游到下游的多个水库的出入水流量,使末端水库的出入库流量达到平衡;

步骤5:当末端水库的坝前水文站实测含沙量 $>0.8\text{kg}/\text{m}^3$ 时,汛期沙峰调度进入坝前排沙阶段,在此阶段,控制河流或河段的上游到下游的多个水库同时加大下泄流量,实现集中排沙;

步骤6:当末端水库的出库控制站实测的含沙量 $<0.1\text{kg}/\text{m}^3$ 时,结束汛期沙峰调度,即完成梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度<sup>[1]</sup>。

步骤2中所述的沙峰调度启动需同时满足入库水沙启动条件、出库水沙启动条件以及入库流量条件,如下:

入库水沙启动条件:入库沙量未来一周总量超过3500万吨,入库平均含沙量大于 $1.4\text{kg}/\text{m}^3$ ;

出库水沙启动条件:出库沙量未来一周总量超过1000万吨,出库平均含沙量大于 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ ;

入库流量条件:调度启动所需的入库流量根据水库运行水位动态决定,水库水位在145m时,入库流量需大于 $25000\text{m}^3/\text{s}$ ;水库水位在150m时,入库流量需大于 $30000\text{m}^3/\text{s}$ ;水库水位在155m时,入库流量需大于 $35000\text{m}^3/\text{s}$ ;水库水位在160m时,入库流量需大于 $40000\text{m}^3/\text{s}$ <sup>[2]</sup>。

步骤3中,控制河流或河段的上游到下游的多个水库的出水量,使末端水库的出库流量小于末端水库的入库流量。

步骤5中,控制河流或河段的上游到下游的多个水库同时加大下泄流量,使末端水库的出库流量大于末端水库的入库流量,实现集中排沙<sup>[3]</sup>。

## 二、附图说明

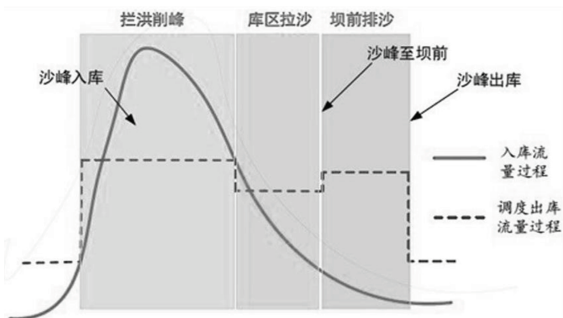


图1为实施例一所述的沙峰调度过程示意图

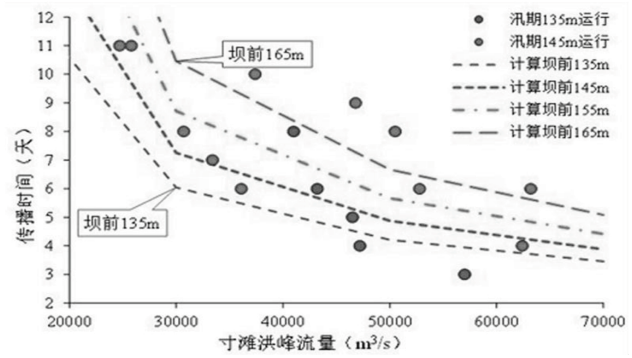


图2为实施例一所述的不同流量水位下从寸滩站到坝前时间示意图

## 三、具体实施方式

本实施例沿河段上游到下游梯级布置的三个水库分别为:桂五水库、山洪水库以及龙王山水库,各水库的水文站布置情况如下:

桂五水库的入库控制站为白鹤滩水文站、出库控制站为桂五水文站;

山洪水库的入库控制站为桂五水文站、出库控制站为山洪水文站;

龙王山水库的入库控制站为寸滩水文站、出库控制站为黄陵庙水文站、坝前水文站为庙河水文站,其他主要水文站还包括清溪场、万全等水文站。

在上述河段上进行的一种梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度方法,该方法包括以下步骤:

步骤1:在汛期(每年6月10日至9月30日),实时监控河流或河段的上游到下游的桂五水库、山洪水库以及龙王山水库的出入库主要控制站及库区其它水文站的流量和含沙量数据,基于实时水情信息和含沙量信息,根据水沙关系模型和水动力学模型预报各个水文站未来几天的流量和含沙量变化情况。

步骤2:根据监测和预报的流量和含沙量过程,判断龙王山水库库区场是否存在沙峰滞后于洪峰的现象,是否满足沙峰调度启动条件,若满足,则启动汛期沙峰调度;

步骤2中所述的沙峰调度启动需同时满足入库水沙启动条件、出库水沙启动条件以及入库流量条件,如下:

入库水沙启动条件:根据模型预测结果,龙王山水库入库沙量未来一周总量超过3500万吨,入库平均含沙量大于 $1.4\text{kg}/\text{m}^3$ ;

出库水沙启动条件:根据模型预测结果,龙王山水库出库沙量未来一周总量超过1000万吨,出库平均含沙

量大于 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ ;

入库流量条件: 调度启动所需的入库流量根据水库运行水位动态决定, 龙王山水库水位在 $145\text{m}$ 时, 入库流量需大于 $25000\text{m}^3/\text{s}$ ; 龙王山水库水位在 $150\text{m}$ 时, 入库流量需大于 $30000\text{m}^3/\text{s}$ ; 龙王山水库水位在 $155\text{m}$ 时, 入库流量需大于 $35000\text{m}^3/\text{s}$ ; 龙王山水库水位在 $160\text{m}$ 时, 入库流量需大于 $40000\text{m}^3/\text{s}$ 。

步骤3: 启动汛期沙峰调度后, 首先进入拦洪削峰期, 在此阶段, 控制桂五水库和山洪水库的出入水量对洪峰进行拦蓄, 使龙王山水库的出库流量小于其入库流量, 为下阶段龙王山水库排沙储蓄水量; 比如在龙王山水库入库流量 $45000\text{m}^3/\text{s}$ 时启动沙峰调度进入拦洪削峰期, 在这个时期, 龙王山水库的出库流量根据防洪要求需小于 $45000\text{m}^3/\text{s}$ 。

步骤4: 当实测龙王山水库入库控制站-寸滩水文站的含沙量 $>2\text{kg}/\text{m}^3$ 时, 汛期沙峰调度进入库区拉沙期, 在此阶段, 控制桂五水库和山洪水库的出入库流量, 使龙王山水库的出入库流量达到平衡, 比如此时龙王山水库入库流量为 $45000\text{m}^3/\text{s}$ , 出库流量也应保持在 $45000\text{m}^3/\text{s}$ , 目的是增加龙王山库区内的水流流速, 保证沙峰能尽快到达坝前, 减少在库区运动过程中的泥沙淤积。库区拉沙期的持续时间视沙峰在库区内的运动时间而定, 不同流量水位下沙峰从寸滩站到达坝前时间如图2所示。

步骤5: 当龙王山水库的坝前水文站-庙河站实测含沙量 $>0.8\text{kg}/\text{m}^3$ 时, 汛期沙峰调度进入坝前排沙阶段, 在此阶段, 控制桂五水库和山洪水库同时加大下泄流量, 实现集中排沙; 比如此时龙王山水库入库流量为 $45000\text{m}^3/\text{s}$ , 出库流量需增大至 $50000\text{m}^3/\text{s}$ 以进行排沙。

步骤6: 当龙王山水库的出库控制站-黄陵庙水文站实测含沙量 $<0.1\text{kg}/\text{m}^3$ 时, 结束汛期沙峰调度, 即完成梯级水库联合调度下水库汛期泥沙优化调度。

步骤5中, 控制河流或河段的上游到下游的多个水库同时加大下泄流量, 使末端水库的出库流量大于末端水库的入库流量, 实现集中排沙。

步骤3-步骤5所述的沙峰调度的拦洪削峰期、库区拉沙期以及坝前排沙期的调度过程如图1所示。

#### 四、有益效果

1、对于河流或河段的上游到下游的多个水库洪水沙峰传播规律, 尤其是上游梯级水库蓄水运行后末端水库洪水沙峰传播规律进行了深入分析研究, 填补了研究空白。

2、针对水库汛期洪水沙峰传播规律, 提出了汛期沙峰调度, 在沙峰未达到坝前时, 水库提高运行水位在防洪限制水位以上不会显著影响水库排沙比, 为保证水库汛期综合效益充分发挥提供了技术支撑。

3、可以解决目前“蓄清排浑”模式中汛期水库综合效益发挥较低的问题, 从泥沙运动规律及水库调度技术优化出发, 基于河流或河段的上游到下游的多个水库联合调度, 使末端水库在在汛期进行集中排沙, 为解决末端水库泥沙淤积问题提供了技术支撑, 推动了水库泥沙调度理论和技术的发展。

#### 参考文献

- [1] 黄万虎, 张晓东, 陈林, 等. 白龙江干流上游河段梯级水电站联合调度研究[J]. 人民长江, 2020, 51(S2): 344-347.
- [2] 沈笛, 赵珂, 王渤权, 等. 考虑减淤的小浪底-西霞院水库联合优化调度[J]. 人民黄河, 2020, 42(12): 23-28.
- [3] 杨牧, 杨江骅, 王辉敏, 等. 梯级蓄能调度图绘制及其调度线出力系数优化研究[J]. 中国农村水利水电, 2020, (11): 166-173.