

克孜尔水库机械清淤应用及成效

王宏伟

塔里木河流域克孜尔水库管理中心

DOI:10.32629/hwr.v10i2.6861

[摘要] 克孜尔水库于1991年建成,至今已运行30多年,水库泥沙淤积严重,在运行调度与工程辅助手段难以有效消除现状淤积的情况下,有必要采用机械清淤作为补充与强化措施,对重点淤积带实施定点清除,恢复泄洪冲沙洞进口及引渠通水断面与水力条件,提高水库排沙效率。本文通过阐述机械在2023年克孜尔水库排沙清淤工作中的应用情况,为同类型水库使用机械清淤提供借鉴。

[关键词] 克孜尔水库; 泥沙淤积; 机械清淤

中图分类号: TV697.2+2 **文献标识码:** A

Application and Effect of Mechanical Dredging in Kizil Reservoir

Hongwei Wang

Kizil Reservoir Management Center in the Tarim River Basin

[Abstract] The Kizil Reservoir, commissioned in 1991, has operated for over three decades with severe sedimentation. As conventional operation scheduling and engineering auxiliary measures prove insufficient to address the issue, mechanical dredging should be implemented as a supplementary and reinforcing measure. Targeted clearance of key sedimentation zones is essential to restore the inlet of the flood discharge and sand-transport tunnel, as well as the water flow conditions of the diversion channel, thereby enhancing the reservoir's sediment removal efficiency. This paper presents the application of mechanical dredging in the 2023 sediment removal operations at Kizil Reservoir, offering practical insights for similar reservoirs.

[Key words] Kizil Reservoir; sediment deposition; mechanical dredging

1 水库概况

克孜尔水库位于新疆阿克苏地区拜城县滑干河支流克孜尔河与干流木扎提河汇合口下游约500米处,是一座以灌溉、防洪为主兼有水力发电等综合利用的大型水利枢纽工程,工程由主坝、副坝、溢洪道、泄洪排沙涵洞、坝后式电站等建筑物组成。克孜尔水库于1985年底动工,1991年8月下闸蓄水,1998年竣工验收,2011年完成除险加固,加固后最大坝高达47.60m,正常蓄水位1149.6米,死水位1135.0米,防洪限制水位1145.75米,防洪高水位1151.89米,总库容7.25亿 m^3 。

克孜尔水库建成至今已运行30多年,2012年以来在克孜尔河入库段增加挑流丁坝、排沙导流堤、开挖辅助排沙渠,利用每年4月低水位时对克孜尔河淤积泥沙进行冲淤。由于克孜尔河4月平均来水量在2.39 m^3/s ,挟沙能力有限,仅能对克孜尔河部分淤积泥沙进行冲淤。水库于2017年4月9日至4月22日进行了低于死水位及泄空冲沙,冲沙流量为小流量,冲沙期间共排出泥沙约248.8万吨,出库平均含沙量56.2 kg/m^3 ,冲沙效果较好。但库沙新灌区现状高效节灌率达到40.5%,尤其沙雅灌区是自治区高效节水示范区,为了减小对下游灌区的影响,2017年之后水库一直

未实施排沙调度运行,根据2023年5月实测库区地形图,死库容淤损殆尽,正常蓄水位以下淤积量3.62亿 m^3 ,占总库容的56.4%,平均每年淤积量0.117亿 m^3 ,兴利调节库容已淤积2.30亿 m^3 ,仅剩余2.45亿 m^3 ,水库泥沙淤积情况十分严重,严重影响水库安全运行和综合效益全面持续发挥。

2 排沙存在问题分析

2.1 2010年在克孜尔河修建的人工辅助排沙工程(导流堤+人工排沙渠)将支流水引入泄洪排沙涵洞。2016年3420 m^3/s 洪水冲刷后,排沙渠末端改道、来流偏西致涵洞进口通道受阻;导流堤部分崩塌,泥沙涌入并使引渠桩号-0+270~-1+200m段淤堵。总体体现为:排沙工程抗洪稳定性不足、导流与入涵控制失效,导致排沙通道堵塞。

2.2 克孜尔河导流堤在靠近排沙渠处约180m冲毁,致使排沙渠末端改道、来流向西偏移并绕行,木扎提河段主流无法直接进入泄洪冲沙洞进口引渠,只能经副坝前折入,流速降低、携沙力不足,最终使引渠桩号-0+270~-1+200m段被冲垮段泥沙阻塞成坎,形成严重淤积,现淤积顶高程约1141~1142m。

随着水库运行年限的增长,泥沙淤积问题也将越发严重,这

将导致: 水库调节库容大量损失, 综合效益受限; 淤积末端上延, 使回水位抬高, 增大库区淹没损失; 沉淀淤泥中的有害物质严重污染水质等一系列问题。

因此, 必须采取清淤措施, 一方面疏通支流原有排沙渠并贯通干流排沙通道, 配合低水位冲刷以提高排沙效率, 同时形成溯源冲刷, 降低右岸河槽高程, 另一方面清理排沙洞口附近淤积, 以恢复顺直来流入洞, 进而解决水流与输沙通路不畅的问题。

3 机械清淤应用

3.1 清淤方法

水库清淤方法通常分为三类^[1,2]: (1) 利用水库运行方式排沙减淤; (2) 利用各类工程辅助措施排沙清淤; (3) 机械清淤。目前, 克孜尔水库已使用了前两种方案, 但受导流格局改变与涵洞进口通道受阻等因素制约, 库区仍存在持续淤积。

机械清淤是指利用机械设备将已沉积或正在入库的泥沙排出库区的技术, 主要分为常规机械清淤与特殊机械清淤两类。特殊机械清淤以水力虹吸清淤为典型, 利用坝上、下游水位差按虹吸原理将含沙水体排向下游。该技术已在出家湾水库、涌和水库、小华山水库等开展试验研究并取得较好清淤效果^[3]。但其输出流量受上下游水位差制约、清淤范围多局限于坝前近区, 且耗水量较大^[4]。鉴于克孜尔水库需保障下游农业灌区供水、应尽量避免水量损失, 不宜采用该方案。

近年来, 在库区泥沙清淤中运用挖泥船疏浚的方法逐渐受到重视。从清淤耗水量来说, 挖泥船清淤的耗水量远低于其他清淤方法, 这对于北方干旱地区的河道、水库清淤更有积极意义。在水环境中使用挖泥船通常比使用其他挖泥机械有更高的效率。挖泥船是利用装有铰刀、耙头、吸头、抓斗等设备对水库局部区域进行清淤。此技术在汉沽污水库^[5]、水槽子水库^[6]、埃及的阿斯旺高坝^[7]等众多水库中得到广泛的运用。针对克孜尔水库, 可采用挖泥船对泄洪排沙洞口前及进口引渠近域的淤积与堵沙坎实施定点清除, 在尽量减少水量损失的同时, 快速恢复入涵通水断面与水力条件, 由泄洪排沙洞下泄至下游, 实现通道恢复与减淤。

3.2 机械清淤方案

3.2.1 克孜尔河原排沙渠恢复

为使克孜尔河含沙水流尽快排出水库, 对克孜尔河排沙渠后段已淤堵部位进行恢复, 使克孜尔河的含沙水流直接排入泄洪排沙洞进口附近的泄洪排沙洞进口引渠, 通过泄洪排沙洞排向下游。2023年在已淤积的克孜尔河排沙渠开挖1条底宽10米、深3米的明槽, 从原克孜尔河排沙渠进入泄洪排沙洞进口引渠处沿克孜尔河方向裁弯取直延伸2000米, 与原克孜尔河排沙渠相连接。将克孜尔河含沙水流冲刷已开挖的明槽, 将明槽冲深、冲宽, 使水流排入泄洪排沙洞进口附近的泄洪排沙洞进口引渠, 通过泄洪排沙洞排向下游。

3.2.2 泄洪冲沙洞进口引渠阻塞段清除

泄洪排沙洞进口引渠桩号-0+270m~-1+200m段目前已发生阻塞, 现淤积高程为1141m~1142m。木扎提河段主流无法直接进

入泄洪冲沙洞进口引渠, 而需绕道至副坝前进入, 导致流速降低、泥沙淤积加剧。因此, 需要对该段阻塞进行清除, 消除堵沙坎和淤泥, 恢复入涵通道。由于该段位于水库中部, 宜采用绞吸式挖泥船进行分段清淤。

3.3 工程实施

工程施工主要包括排沙渠机械开挖、清淤船清淤两部分。根据水库调度运行安排, 每年6月10日为最高水位, 近十年最高水位1144.73米, 最低水位1141.87米, 计划于2023年6月21日~7月31日进行低水位冲沙。

3.3.1 排沙渠恢复

克孜尔河原排沙渠位于高程1139~1146米之间, 克孜尔河原排沙渠恢复淤泥开挖8.42万立方米, 计划排沙渠左侧共布置4台2立方米挖掘机, 直接挖至河道左岸, 顺克孜尔河水流出库。

6月16日至6月26日期间开挖了克孜尔河至冲沙洞前辅助排沙通道, 并封堵了原通道, 新开通的排沙道长约560m, 底宽约10m, 挖深约2.5~4m, 通道纵面高程约1143m。7月12日开始, 在克孜尔河上已淤积形成的“S”弯河槽, 开挖一条底宽10m、深3m的明槽, 进入泄洪排沙洞进口引渠处, 在水库低水位运行时的水流冲刷作用下, 将明槽冲深、冲宽, 通过泄洪排沙洞排向下游。

3.3.2 清淤船清淤

根据清淤工作特点, 本次施工具有淤积方量大、库水位及天然来水始终处于变动过程中的特点, 单纯靠绞吸船短时间无法清理完毕。故本次清淤最初采用两种模式: 第一, 在库水较低的情况下, 通过绞吸船来辅助扰动后, 再通过天然来水水力冲刷, 将泥沙排至水库下游, 此时工作效率较高。第二, 当库水位较高时, 采用揽吸模式, 通过排泥管将淤泥排至冲沙洞进口, 通过冲沙洞排至下游。本次挖泥船采用全液压绞吸船, 挖深12米, 最大工作宽度30米, 泥沙通过管道水平输送距离2公里, 船体长22米, 宽6.6米, 高1.8米, 抽水深度1.1米, 铰刀长16.8米, 直径1.6米, 转速30转/分钟, 主机采用柴动力1000马力, 抽排能力为2200~2500立方米每小时(按80千克每立方米计, 每小时176~200吨), 辅机采用柴动力312马力, 需配套2公里管道和浮筒, 一台多功能抛锚拖船。

绞吸式挖泥船于7月6日开始工作, 对水库泄洪排沙洞进口引渠坝前堵塞段开始开挖, 通过绞吸式挖泥船打通阻塞段, “裁弯取直”后连通木扎提河主槽, 7月15日木扎提河主流排沙通道贯通, 经现场查看, 木扎提河主河槽已经初步形成, 泄洪冲沙渠前冲沙水流规槽明显, 库区泥沙冲刷比较显著。

3.4 机械清淤对水库排沙影响

克孜尔水库在7月份排沙冲淤总体方案基本不变的前提下, 结合库区排沙通道机械开挖与设备作业条件的推进情况, 对排沙冲淤时段进行了动态实时调整。

6月26日克孜尔河排沙渠末端改道开挖完成后, 为了使挖泥船正常工作, 水库逐步在1139m~1141m的水位运行冲沙。7月6日~7月15日, 绞吸式挖泥船开挖泄洪排沙洞前木扎提河主槽淤积段。由于开挖此段主槽时, 挖泥船需要抬高水库水位才能正常

工作,因此干流木扎提河的主流水又由主坝前向泄洪冲沙洞方向演变,使水流在副坝前产生“顺坝流”流态。当降低水位冲沙时,由于副坝前河槽高程低于新开通的排沙通道高程,主流仍会沿副坝产生“顺坝流”冲刷坝坡,对副坝造成安全隐患。为消除安全隐患,7月18日在副坝前增设临时挡水堤,阻断原主流方向。同时,7月12日对克孜尔河“S”弯河槽段进行裁弯取直,提高克孜尔河的冲沙效率。

4 水库冲沙成效

4.1引水渠开挖与裁弯取直有效恢复了入涵水力条件,疏通了输沙瓶颈

6月中旬至7月初,开挖克孜尔河至冲沙洞前辅助排沙通道约560m(底宽约10m、挖深2.5-4m、纵面高程约1143m),并对上游“S”弯段实施明槽开挖(底宽10m、深3m)。低水位运行期间水流继续冲深、冲宽,实现自然流入涵,改善了排沙洞前来流条件。方案层面亦提出对原排沙渠“裁弯取直”,开挖底宽10m、深3m明槽约2000m,以含沙水流自冲扩挖为主,形成较稳定的输沙通道,为后续常态化维护奠定基础。

4.2排沙洞口附近阻塞清理与主槽贯通到位,坝前“顺坝流”风险得到有效控制

采用绞吸式挖泥船对泄洪排沙洞进口引渠1141-1142m高程段阻塞部位实施分段清淤、裁弯取直,7月6日开始开挖排沙通道,7月15日实现木扎提河主槽贯通。为防止低水位冲沙期间“顺坝流”淘刷副坝坝脚,于7月18日设置临时挡水堤,有效控制主流方向。工程共清除淤积约51.84万 m^3 (一期)及43.20万 m^3 (二期),交替采用“绞吸+水力冲刷/搅吸”工艺,提效降耗,保障了坝前流态安全。

4.3库容恢复显著,净冲沙量评定约为2433万 m^3 ,总冲沙量2800万 m^3

依据地形测量(曲面模型法)计算结果,在正常蓄水位1149.60m时两期库容差为2433万 m^3 ;输沙率法推算总冲沙量约

1503万 m^3 (折算推移质后约1691万 m^3)。综合精度与适用条件,建议以地形测量法为准,确定本次净冲沙量为2433万 m^3 ,总冲沙量2800万 m^3 。

5 结束语

本年度采取降低水位直至泄空冲沙过程中,期间采用机械辅助清淤方式,将木扎提河低水位冲沙区的部分泥沙排向了下游,克孜尔河冲沙区也排除了一定量的泥沙,在7月份冲沙过程中,根据上游河道来水量及时机械辅助清淤与工程配合,较好地将预定范围内的泥沙排向了水库下游,基本达到了预期排沙效果。本次克孜尔水库冲沙过程中,机械清淤起了重要作用,库容的恢复表明机械清淤措施具有良好成效。

[参考文献]

- [1]祁士轩.大凌河流域典型水库淤积形态分析及清淤方案研究[D].沈阳农业大学,2024.
- [2]王博.延河水环境治理工程宝塔山橡胶坝泥沙清淤方案分析研究[D].西北农林科技大学,2016.
- [3]贾宗月.浅议水库排沙清淤与减淤措施[J].江西化工,2017,(3):164-165.
- [4]罗大鑫.管道排沙特性试验研究[D].天津大学,2011.
- [5]王松,王立彤,魏新庆.汉沽污水库底泥的环保疏浚试验工程设计[J].中国给水排水,2011,27(4):54-57.
- [6]黄根生.论水槽子水库的清淤[J].华北水利水电学院学报,2001,(3):87-89.
- [7]B.A.杰缅季耶夫,夏云翔.阿斯旺高坝水库底部沉积物处理工艺[J].水利水电快报,2005,(17):14-18.

作者简介:

王宏伟(1992--),男,汉族,河南西平人,大学本科,塔里木河流域克孜尔水库管理中心,工程师,研究方向为水利工程建设与运行管理。