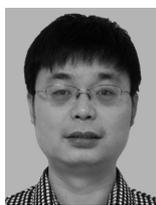


水位变动较大河道环保疏浚与底泥处置方案



葛高岭

(中交天津港航勘察设计院有限公司, 天津 300461)

摘要: 为解决水位变动较大河道的环保疏浚与底泥处置问题, 基于山美水库进库河道段疏浚工程, 总结如何合理地选择疏浚时机, 采用适合特定水位下的疏浚设备统筹施工, 利用太阳能自然干化降低底泥含水率, 从而提高生产效率、节约成本, 为后续工程提供经验借鉴。

关键词: 环保疏浚; 较大水位变动; 自然干化; 生产效率

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)05-0170-05

Environmental dredging and sediment treatment program in larger-fluctuation river

GE Gao-ling

(CCCC Tianjin Port & Waterway Prospection & Design Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

Abstract: To solve the problem caused by larger-fluctuation river of environmental protection dredging, the paper takes the environmental dredging project of Shanmei reservoir as an example to summarize the way of choosing reasonable dredging time, adopting the proper dredging equipment used for the specific water level, and using the natural drying of solar energy to reduce the water content of the sediment, and thus improve the efficiency and save the cost, to provide experience for the subsequent engineering.

Keywords: environmental dredging; larger fluctuation; natural drying; production efficiency

1 工程概况

山美水库进库河道段环保疏浚工程自河安铁索桥下游 2 km 处起始, 长约 2 km, 疏浚工程量 12.3 万 m³, 工期 320 d。纳泥区位于九都镇林坑村入口荒滩, 距疏浚区约 2 km。该河段属山区河谷地貌区, 为河道弯曲部, 近东—西走向, 河床两侧为宽缓的河谷, 河漫滩发育, 地形起伏小近, 水流较缓, 泥沙淤积较重, 交通不便 (图 1)。

疏浚区钻孔资料显示, 山美水库 (以进库区段为例) 底泥中总氮、总磷含量等营养盐含量较高, 除了个别钻孔外, 其余各点的总磷含量都在 1 000 mg/kg 以上, 总氮含量都在 800 mg/kg 以上, 其影响的水质达到了劣五类 (含氮标准), 需要进行环保疏浚, 以清除上述物质。

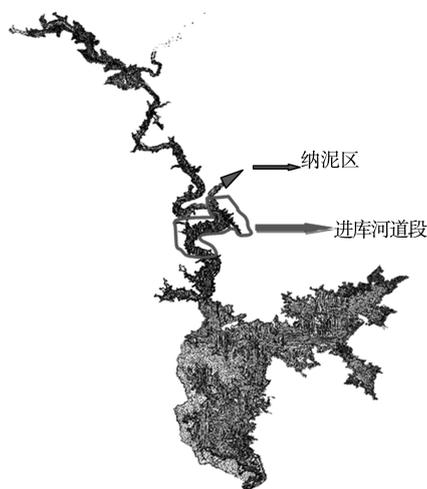


图 1 山美水库进库河道段位置

山美水库库区水位 (采用 1956 年黄海高程) 分别为:

收稿日期: 2015-12-15

作者简介: 葛高岭 (1981—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口航道及环保疏浚设计研究工作。

校核水位: 102.28 m;

设计水位: 98.78 m;

正常库水位: 96.48 m;

汛限水位: 94.48 m。

图2为2004—2015年月平均水位变化曲线。

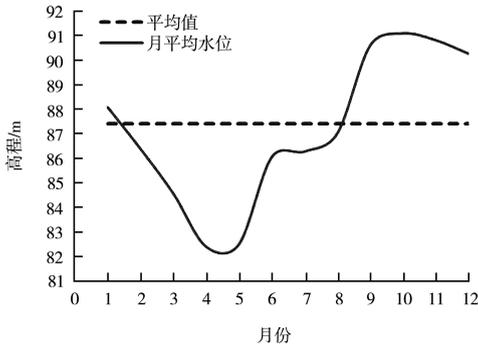


图2 2004—2015年月平均水位变化曲线

山美水库流域的年径流变化较大, 实际差别悬殊, 年内分配不均匀, 形成的洪水也常是季节性的几场洪水, 水位资料的一致性较差, 生态环境较复杂。5—6月梅雨季节的前汛期洪水, 其降雨特点是历时长、范围广的锋面暴雨为主的雨季洪水; 6—9月受台风侵袭带来较大的洪水, 本流域受台风暴雨洪水影响尤为突出。流域发生的洪水主要集中在汛期, 而汛期又集中在几次暴雨径流。一次暴雨径流历时一般为1~3 d(个别可达到5 d), 由于流域内坡陡源短, 雨后径流汇流快, 易产生暴涨暴落的洪水。据1973—2007年山美水库的水文系统资料, 水库流域多年平均径流量10.2879亿 m^3 , 最大值15.0803亿 m^3 (2006年), 最小值6.1089亿 m^3 (2004年)。建库后, 最大一次洪水发生在2002年8月4—8日, 3 d的洪水总量2.00亿 m^3 , 洪峰流量3280 m^3/s (8月6日)。2015年1—5月, 月平均水位分别为84.05、82.07、80.24、77.48和76.73 m, 水位均为10 a来出现最低水位, 其中最低水位75.76 m, 出现在2015年5月3日。进库段离主库区较远, 受库区调蓄影响较小, 属于典型的水位变动河道段。

从图2可以看出, 山美水库10 a内月平均水位变化较大, 基本从每年的年初水位90 m开始下

降至4—5月间的水位82 m, 5月下旬水位开始攀升, 至11月水位升至91 m, 年内水位变化较大。

2 施工工况分析与疏浚设备选择

2.1 施工工况分析

1) 底泥释放规律。

2010年3月—2013年3月对山美水库进库区综合营养指数分析表明(图3), 水体综合营养状态指数为37.4~50.0, 为中营养状态。从季节看, 春冬期(3、11月)水体综合营养状态指数小于夏秋期(5、7月)。

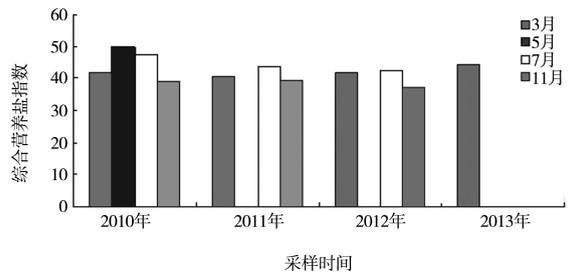


图3 山美水库进库区综合营养状态指数变化

这是因为温度升高会给污染底泥带来一定的扰动, 而使底泥中所含的氮磷释放到水体中。李向梅等^[3]认为: 温度升高促进微生物的活性, 微生物大量繁殖, 消耗氧量增多, 溶解氧减少, 氧化还原电位降低, 结果 $\text{Fe}^{3+}-\text{Fe}^{2+}$, 即Fe-P释放; 同时微生物的活动使沉积物中的有机磷转化为无机态的磷酸盐释放到水体, 最终使沉积物中的P释放量加大。朱健等^[4]在氮的释放过程中指出: 微沉积物的N以有机N为主, 温度影响微生物的活性和活动程度, 温度促进有机N的分解, 进而使N向水体的释放量增加。众多研究^[5-7]表明: 在扰动相同的情况下, 污染物释放量随着温度强度的增大而增大。在高温条件下底泥总氮和总磷释放强度明显高于低温下的释放强度, 25 $^{\circ}\text{C}$ 下总氮、总磷平均释放强度分别为1606.40和30.04 mg/m^2 , 是5 $^{\circ}\text{C}$ 下总氮、总磷平均释放强度的1.9倍和3.3倍。

因此环保疏浚在削减内源性时, 应充分考虑季节对水质的影响。

2) 环保疏浚施工时机。

山美水库所在流域年平均气温为 17~21℃，以 7、8 月最高，历史上的极端最高气温为 38.4℃ (1967 年)；1、2 月最低，极端最低气温为零下 2.9℃ (1963 年)。水库平均水温 23.2℃ (表层)，年水温在 15℃ 以上达 341 d。年蒸发量为 17.84 万 m³。气象季节划分：3—5 月为春季，6—8 月为夏季，9—11 月为秋季，12—2 月为冬季。在春季，太平洋高压逐渐增强北上，蒙古高压开始北缩，气温回升，但升中有降，过程性频繁，幅度也大。图 4 为 2011—2015 年月气温变化情况。

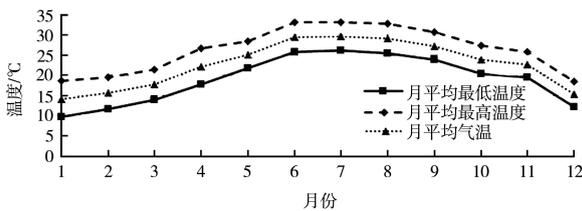


图 4 2011—2015 年月气温变化

由图 4 可以得出，1—4 月平均温度约从 15℃ 开始回升，月平均最高气温约在 5 月，超过 25℃ 持续至 10 月底，然后温度开始下降。为减少 TN、TP 在高温下释放产生的水质危害，同时考虑工期的要求，环保疏浚时间应选择 11 月至次年的 5 月之间。

2.2 疏浚设备选择

从图 5 和 6 可以看出，本次疏浚工程水深大致在 0~15 m 变化，在 11 月至次年的 5 月，本河道段存在裸露区、主河槽区 (水深 1.5~15 m) 以及裸露区与主河槽交汇区 (水深 0~1.5 m)。这就要求设备要能适应裸露地、浅水及深水 3 种工况。

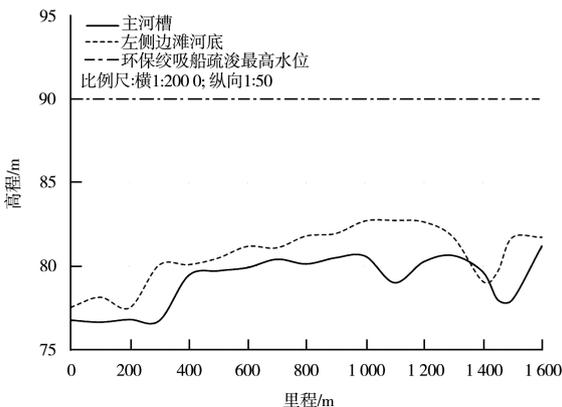


图 5 主河槽及左侧边滩纵向河底走势

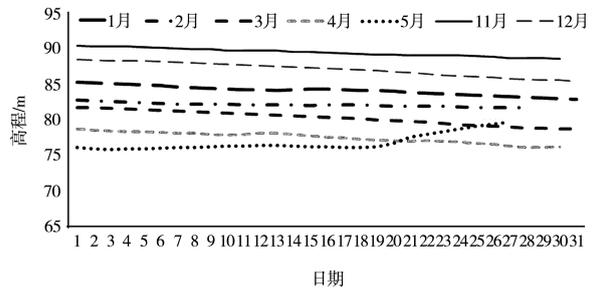


图 6 11 月至次年 6 月进库段水位变化

由于山美水库与外部无水路通道，挖泥船要从铁路、公路等陆路调运至施工现场，且河面宽度为 100~200 m，河道弯转崎岖，大型挖泥船施工作业较困难，因此要求采用小型或分体组合式的疏浚设备，单体运输尺度和重量应在公路、铁路运输能力之内，并可在当地组装。

小型环保挖泥船主要为 IHC 海狸系列^[8]，如海狸 1 200，其吃水 1.25 m，最大疏浚深度 10 m。在 11 月至次年的 1 月中旬，主河槽平均水深 15 m，不能完全满足疏浚要求。

3 环保疏浚施工方案和底泥处置

3.1 环保疏浚施工方案

鉴于水位波动较大，宜根据不同区域的水位特点采用不同的挖掘设备和方案。

在 11—12 月，大部分水域水深 10 m 以上时，可进行施工准备工作，兼采用环保绞吸船对水域水深 ≤10 m 的区域进行疏浚；1—5 月，环保绞吸船自上而下进行疏浚，即先利用地形疏浚河槽底泥；11 月至次年 5 月，水位不断下降，则充分利用太阳晾晒裸露区底泥，再采用水陆两用挖掘机进行疏挖，在交汇区域，可辅助泥浆泵进行疏浚。

在主河槽与裸露区交汇区，在靠近公路一侧 (疏浚区右侧) 采用水陆两用挖掘机进行疏挖，在远离公路一侧采用泥浆泵抽吸底泥，效果较好。疏挖工艺见图 7。若考虑挖掘机配备 1.6 m³ 的挖斗，装车运输，产量约为 200 m³/h，平均时间利用率 30%，每台挖掘机产生的天然土疏浚量为 1 440 m³/d，可挖工程量约 5 万 m³，则需配备 2 台挖掘机，至少 6 辆运输车，可直接运送至烧砖厂进行资源化利用，大约需要 35 d。

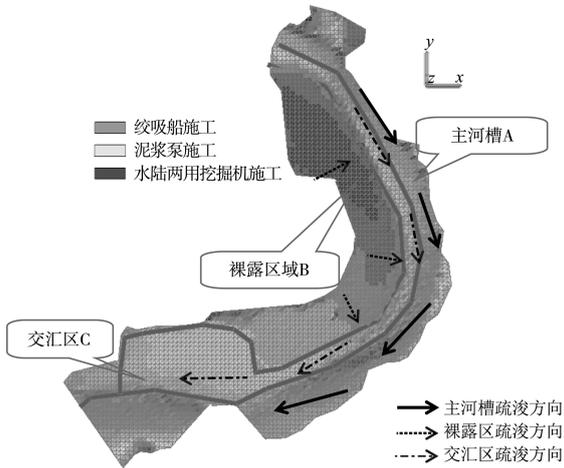


图7 疏挖工艺示意

配备一条海狸 1200 型绞吸船，公称产量为 $400 \text{ m}^3/\text{h}$ 。1 类土，七级工况下，平均时间利用率 50%，工程量约 $35\,000 \text{ m}^3$ ；代入式(1)和(2)，同时采用土工管袋脱水施工，则工期约为 95 d。

$$W = Q\rho \quad (1)$$

式中： W 为吸输生产率 (m^3/h)，取 $400 \text{ m}^3/\text{h}$ ； P 为泥浆浓度，根据本工程情况按 20% 计； Q 为泥泵、管路的工作流量 (m^3/h)，主要与泥泵特性和管路特性有关，本次选取 $400 \text{ m}^3/\text{h}$ 的绞吸挖泥船， Q 按 $2\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 计。

根据计算，吸输生产率为 $400 \text{ m}^3/\text{h}$ 。施工工期按下式计算：

$$T = \frac{V}{24 \times 30nWp} \quad (2)$$

式中： T 为工期； N 为船舶数量，取 1； W 为生产率，取 $400 \text{ m}^3/\text{h}$ ； P 为时间利用率，取 50%，采用泥浆泵疏浚交汇区 C 处底泥，估算采用 $200 \text{ m}^3/\text{h}$ ，七级工况，平均利用率取 40%，疏浚工程量为 $28\,000 \text{ m}^3$ 底泥；代入式(2)，考虑脱水施工时间，可需要 76 d 完成疏浚作业。

综上所述，此方案总工期为 206 d，加权平均单价约为 $47.6 \text{ 元}/\text{m}^3$ ，相比其他类型的脱水综合单价在 $60 \sim 80 \text{ 元}/\text{m}^3$ ，具有很大的优势。

3.2 底泥处置

底泥处置即将底泥干化脱水，以便于资源化利用。目前促进底泥干化的技术有：真空预压法、底泥脱水一体化法、土工管袋脱水法、自然干化法等。

真空预压、底泥脱水一体化及土工管袋脱水法是为人为对底泥进行处置，需要较大的堆场，而堆场建设费用高、效率低、历时长，不利于土地的及时开发使用和景观修复。

自然干化是利用太阳能无污染、可再生、能量大、成本低等特点，对污泥加热干燥。污泥的自然干化需要良好的气候条件，当日照时间长、光照强、风速大、降雨量少时，脱水效果好，反之则差。

经过现场勘查和技术论证，山美水库进库段大部分底泥可利用自然干化技术，因其具有如下特点：

1) 从 11 月至次年 5 月水位基本上趋于下降，且平均气温在 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ，降雨较少，河床有较大面积裸露。

2) 进库段长约 2 km，污染底泥分布较薄，厚度 $0.15 \sim 30 \text{ cm}$ ，易于干化。

3) 从自然地貌及水文看，该处为河道弯曲部，地势复杂坡度从 $0 \sim 100\%$ ，各有一定的比例，地势过渡相对平缓，污染底泥干化率趋于平均。坡度分析见表 1。

4) 与其他脱水方式相比，自然干化法在脱水程度、经济可行性等方面具有很大优势，具体见表 2。

表 1 坡度分析

坡度范围	面积/ m^2	比例/%
$0\% < S \leq 5\%$	57 023.32	16.05
$5\% < S \leq 10\%$	63 783.16	17.95
$10\% < S \leq 15\%$	38 873.88	10.94
$15\% < S \leq 20\%$	31 014.64	8.73
$20\% < S \leq 25\%$	24 617.08	6.93
$25\% < S \leq 100\%$	140 049.40	39.41
合计	355 361.50	100.00

表2 4个方案技术经济比对

比对项目	底泥脱水程度/%	工期/d	絮凝剂	尾水排放/(mg/L)	纳泥区	地基承载力要求/(kN/m ²)	综合单价/元
真空脱水干化工艺	约55	约280		≤150	全封闭		约65
脱水固结一体化工艺(压滤机)	约60	约300	100~150 ppm	≤70	贮泥池不封闭	80~100	约80
土工管袋脱水固结工艺	约55	约320	约1 kg/m ³	≤150	全封闭	50~60	约78
自然干化工艺	约40	约206					约47.6

注：综合单价为疏浚单价和脱水单价之和。

综上所述，本工程采用自然干化工艺处理底泥，具有脱水程度较高、工期短、二次污染较小且易于控制等优点。实践证明，在河床晾晒底泥，含水率30%~50%，能达到底泥干化的要求。

4 结语

山美水库进库河段十年间月平均水位75~90 m，属于典型水位变动较大河段，在此河段将环保疏浚与底泥处置相结合，即在温度较低的月份施工，降低扰动对水质的危害，避开洪峰，综合使用疏浚设备，利用日照进行原地脱水，能够节约成本、提高生产率。

参考文献：

[1] 中交天津港航勘察设计研究院有限公司. 泉州市山美水库生态环境保护试点项目——库区底泥疏浚工程(一期)初步设计[R]. 天津: 中交天津港航勘察设计研究院有限公司, 2014.

[2] 中交天津港航勘察设计研究院有限公司. 泉州市山美水库生态环境保护项目——库区底泥疏浚工程(二期)可行性研究[R]. 天津: 中交天津港航勘察设计研究院有限公司, 2015.

[3] 李向梅, 解岳, 黄廷林. 景观水体底泥释放分析[J]. 水处理技术, 2010, 36(1): 61.

[4] 朱健, 李捍东, 王平. 环境因子对底泥释放COD、TN和TP的影响研究[J]. 水处理技术, 2009, 35(8): 46.

[5] 卢俊平, 刘廷玺, 马太玲, 等. 不同环境要素条件下大河口水库底泥氮磷释放特征研究[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2015, 36(1): 109.

[6] 刘亚丽, 段秀举. 双龙湖底泥氮释放强度影响因素正交试验研究[J]. 水资源与水工程学报, 2006, 17(3): 9-12.

[7] 荣伟英, 周启星. 大沽排污河底泥释放总氮的影响[J]. 环境科学学报, 2012, 32(2): 326-331.

[8] 金相灿, 李进军. 湖泊河流环保疏浚[M]. 北京: 科学出版社, 2013.

[9] JTS 185-5—2012 疏浚与吹填工程设计规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第169页)

5 结语

1) 根据施工区岩石样本强度试验数据，结合投入耙吸挖泥船的性能参数，进行针对性的施工方案设计优化。

2) 耙头、耙齿、格栅等疏浚挖掘机具的优化是设备适应性改造的重要方向。

3) 优化波浪补偿器压力、入土角度、航速等操作工艺，可提高疏浚岩石的效率。

参考文献：

[1] JTJ/T 320—1996 疏浚岩土分类标准[S].

[2] PIANC. Classification of soils and rocks for the maritime dredging process[R]. PIANC, 2014.

[3] Hoffc J V. 水力吹填手册[M]. 林风, 徐元, 译. 上海: 人民交通出版社, 2015.

[4] 李铭志, 何炎平, 韩政, 等. 泥沙管道输送计算方法探讨[J]. 水运工程, 2014, 494(5): 37-40.

(本文编辑 郭雪珍)