

# 泥沙控制和疏浚技术在水电工程中的应用

童光海

(葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

**摘要:**河道疏浚和泥沙吹填在沿海和内河地区应用极为普遍,但在水电站施工中,泥沙控制和水下清淤尚无应用先例。旨在通过对四川雅砻江锦屏二级水电站进水口在泥沙控制和水下清淤中取得的经验和教训进行总结,为后续继续研究泥沙控制和疏浚技术在水电工程中的应用提供一定的借鉴。

**关键词:**水电工程;泥沙控制和疏浚技术;锦屏二级水电站

**中图分类号:**TV7;TV52;TV851

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2013)02-0014-04

## 1 概述

锦屏二级水电站位于四川省凉山彝族自治州木里、盐源、冕宁三县交界处的雅砻江干流锦屏大河弯上,是雅砻江干流上的重要梯级电站。其上游紧接锦屏一级水电站,下游依次为官地、二滩和桐子林水电站。

锦屏二级水电站利用雅砻江下游河段 150 km 长大河弯的天然落差,通过长约 16.67 km 的引水隧洞,截弯取直,获得水头约 310 m。电站总装机容量 4 800 MW,单机容量 600 MW。工程枢纽主要由首部拦河闸、引水系统、尾部地下厂房三大部分组成,为一低闸、长隧洞、大容量引水式电站。首部拦河闸坝位于雅砻江锦屏大河弯西端的

猫猫滩,电站进水口位于闸址上游 2.9 km 处的景峰临时桥,地下发电厂房位于雅砻江锦屏大河弯东端的大水沟,四条引水隧洞穿过锦屏山连接闸坝与厂区枢纽。

电站进水口位于雅砻江大河弯西端景峰临时桥下游 550 ~ 730 m 的右侧凹岸,为独立岸式进水口。拦污栅布置在地面岸塔式拦污栅墩内,进水口事故闸门采用地下洞内竖井式布置。拦污栅布置在连续通长的拦污栅墩内,拦污栅底槛高程为 1 618 m,检修平台高程为 1 659 m,各拦污栅墩之间在死水位高程 1 640 m 以上采用胸墙连接,墩后为通仓流道接引水隧洞进口喇叭段,总长 44.5 m,4 个进水口中心轴线间距 36 m(图 1、2)。

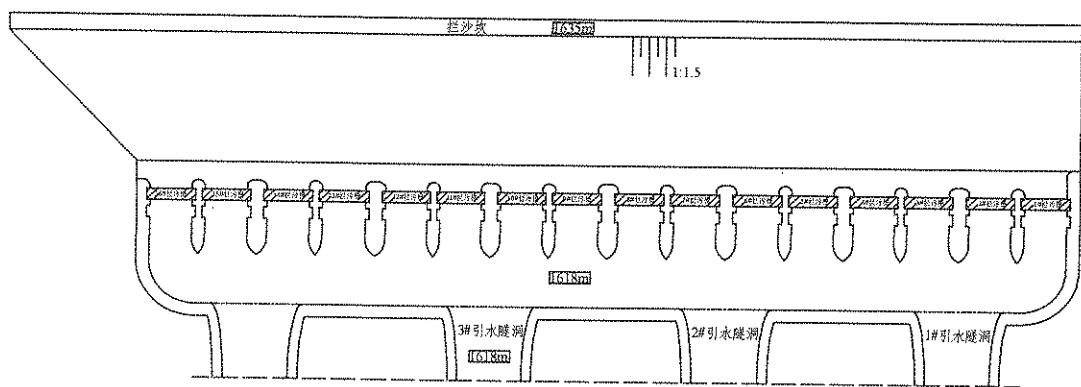


图1 锦屏二级水电站进水口平面示意图

## 2 立项研究的背景

2010年二汛时,雅砻江锦屏二级水电站进水口段最高水位高程约 1 646.8 m,围堰堰顶高程约 1 641 m,基坑总储水方量约 25 万 m<sup>3</sup>,拦污栅基坑

收稿日期:2013-04-01

悬移质泥沙沉积约 5.4 万 m<sup>3</sup>,其中上游端外侧淤沙最大高度约 18 m,下游端内侧淤沙高度约 4 m,基坑从上游端外侧至下游端内侧整体呈斜面淤积。三枯抽水清淤时,由于拦污栅主要建筑物还未开始浇筑,施工场地较开阔,围堰内基坑抽水清

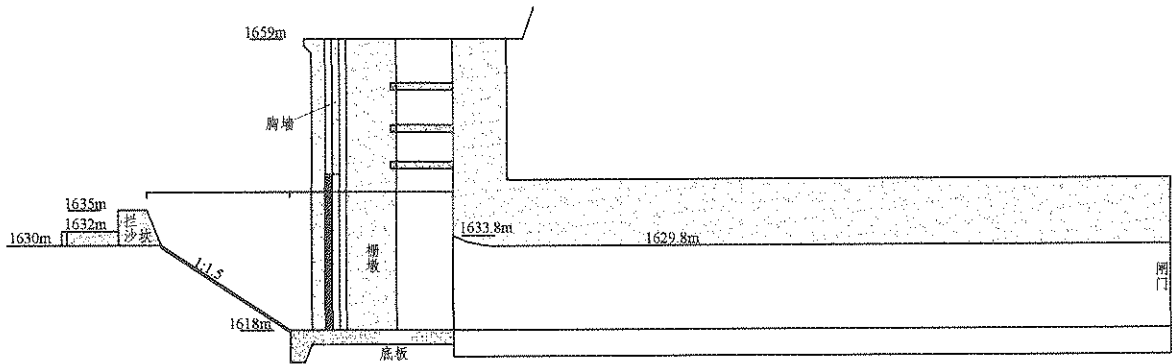


图2 锦屏二级水电站进水口纵剖面示意图

淤总耗时约33 d,清淤主要采用大批量大型挖装设备提闸后直接进入基坑清淤。

2011年三汛时,雅砻江锦屏二级水电站进水口段最高水位高程约1 648.6 m,围堰堰顶高程约1 641.7 m,基坑总储水方量约24万 $\text{m}^3$ ,拦污栅基坑悬移质泥沙沉积约4.4万 $\text{m}^3$ ,其中外侧端淤沙最大高度约9 m,内侧端淤沙高度约4 m,基坑从外侧端至内侧端整体呈斜面淤积。四枯抽水清淤时,由于拦污栅主要建筑物已经形成,施工场地受栅墩影响较狭窄(栅墩间净空6.5 m),围堰内基坑抽水清淤耗时约42 d,清淤主要采用多台抽沙泵抽沙和小型挖装设备提闸后直接进入基坑清淤。但所使用的抽沙泵受吸程影响,抽沙效果不佳;小型挖装设备进入基坑后,由于淤积层富水,场地狭窄,淤沙开挖进展缓慢。

锦屏二级水电站进水口相关主要建筑物在2012年4月底已全部完成。按照设计方提供的《1#引水发电系统充排水试验计划安排报告》的倒排工期要求,进入基坑内抽水清淤的时间不能迟于2012年10月15日,抽水清淤计划历时15 d。与二汛和三汛同期比较,若不采取相应措施,由于拦沙坎设计高程为1 635 m,进入拦污栅基坑内的悬移质泥沙沉积将大大超出5.4万 $\text{m}^3$ ,此时正处于汛后江水过渡期,仍存在水下清淤的风险;且干地进入基坑清淤的计划工期不能满足充排水试验要求。

为此,研究如何限制泥沙进入拦污栅后和闸前引水隧洞空间,以减少悬移质泥沙进入进水口基坑总量,如何有效地在汛期进行泥沙清理是确保业主2012年年度发电目标顺利实现的关键;同时,亦将为国内类似工程泥沙的控制和处理施工

提供参考。

### 3 采取的方法和措施

#### (1) 挡沙方案和措施。

利用拦污栅16扇工作栅布置挡沙滤水设施。其中,拦污栅栅叶格栅净孔尺寸为700 mm $\times$ 150 mm,胸墙下高度为22 m。考虑到汛期的泥沙运行状态,同时,为防止土工布意外被破坏后进入基坑,胸墙下22 m利用工作栅肋板设置拦淤手段。

挡沙滤水设施布置:下部9 m依托拦污栅栅叶固定3 mm厚钢板挡沙,上部13 m依托拦污栅栅叶固定土工布及土工格栅滤水阻沙。

在汛前对拦污栅基坑反充水时,利用栅顶启闭门机先放下1扇备用栅,提起对应的工作栅,以满足内外水压平衡;充水结束后,再放下提起的工作栅挡沙,最后提起备用栅。清淤结束后,反顺序逐栅吊起工作栅,拆除挡沙设施。

#### (2) 清淤方案和措施。

采用组装式SJS180气力泵疏浚船进入拦污栅前基坑清淤。江苏产气力泵SJS180型船舶尺寸为22.5 m $\times$ 5 m $\times$ 1.2 $\times$ 0.7 m(型长 $\times$ 型宽 $\times$ 型深 $\times$ 吃水),其最大疏浚深度为40 m,最佳作业水深为25 m以内,生产能力为180 $\text{m}^3/\text{h}$ ,额定排料距离为500 m,非常适合细沙、淤泥等淤积物的疏浚作业。

设备进场后,临时存放在拦污栅闸墩平台上,采用吊车将浮箱逐个吊放到水面并完成拼装,然后依次安装其他设备并固定。撤场时,顺序相反。

所有设备全部安装在浮箱拼装而成的工程船上,工程船的移位通过分别设置在挡沙坎、上游侧导水墙、下游侧导水墙上的地锚完成。

排泥管为尼龙管,接近泵体处采用胶管,管径

DN180 mm,用浮体固定漂浮在水面,也可在岸边布置地垄用钢丝绳拴牢,避免水流冲击失稳,随作业点的变动及时调整长度,排泥口设于下游侧水墙的下游50 m外,避免泥沙回流,具体根据水流情况确定。

疏浚清淤采用自上游而下流的作业方向,将清淤区域划分成若干条带,采用拖挖方式进占作业。对于任一条带,一般按自深而浅的顺序进行清淤。对于无法进入的死角,通过设置高压射水枪对死角淤积物进行扰动以达到最大可能的清除目的。

清淤后的效果检查:主要采用比较直观的潜水员持水下摄影设备水下摄像和侧扫声纳对水底进行扫描获取图像两种方法进行定性和定量分析。

#### 4 取得的成果

##### (1) 挡沙设施的布置。

2012年进入主汛期后,受雅砻江上游来水影响,进水口段水位持续走高。

2012年7月30~31日浚前测量:拦污栅前上游段泥层均厚10.11 m;中段泥层均厚6.09 m;下游段泥层均厚2.57 m。测量拦污栅后泥层均厚3 m左右,其中上游段约2.4 m,下游段约4 m。

从测量数据看,拦污栅前泥沙为上游高、下游低,而栅后为上游低、下游高,且对应段泥沙泥面高差最大达8 m(上游段),说明布置挡沙设施后效果明显,栅前、栅后淤积走势符合水流回流趋势。

##### (2) 栅前清淤。

清淤作业区域共分17段,从上游至下游依次为上游斜坡段及拦污栅墩间16个孔段。清淤作业时先是船头朝上游方向,从第12孔段开始清淤至上游斜坡段,随后船体掉头,依次清理下游剩余4个孔段。2012年8月11~13日浚后测量结果为:泥面平均标高为1 618.52 m,即泥层均厚0.52 m。

根据测量结果计算,第一次清淤前总淤积量为13 555.93 m<sup>3</sup>,清淤后淤积量为1 276.45 m<sup>3</sup>,实际完成清淤12 279.5 m<sup>3</sup>。清淤累计用时182.25 h,平均生产能力为67.4 m<sup>3</sup>/h;扣除辅助作业及移点时间,清淤机生产能力为151.9 m<sup>3</sup>/

h。

##### (3) 栅后清淤。

进入拦污栅后部位水面周边无通道,施工从拦污栅栅顶备用栅槽吊入自制浮体,安装SSYA200型清淤机,排泥管引接至拦污栅平台,通过栅顶排水沟排放。

拦污栅后布置有纵横支撑梁、隔墙等混凝土结构,布置高程分别为1 640.7 m、1 645.9 m和1 651.8 m,浮体进入栅后受水位影响始终不能全面正常实施清淤,仅间断进行横撑梁前栅墩之间局部范围的清淤施工,且工效低下。

清淤施工过程中,根据浚前、浚后栅后测量数据计算,采用SSYA200(计算生产能力为15 m<sup>3</sup>/h)清淤机组的生产能力分别为6.55 m<sup>3</sup>/h、8.83 m<sup>3</sup>/h及7.53 m<sup>3</sup>/h,平均每小时生产能力为7.64 m<sup>3</sup>/h。

由于清淤时间问题,最终1#~2#洞洞前清淤完成(回淤后约1 m泥厚),3#~4#洞洞前剩余泥厚约3 m未能完成。共完成泥沙水下清淤4 800 m<sup>3</sup>,剩余泥沙方量约5 000 m<sup>3</sup>实施了干地清淤。

##### (4) 清淤成效。

对上述成果进行分析后认为:采用该种水下清淤方法,在最终清淤后再次对水下进行一次重复清理,能够具备达到30 cm残留的能力。

#### 5 存在的问题

##### 5.1 挡沙土工材料

##### (1) 土工布的选型。

通过测量计算,拦污栅前淤积量约13 556 m<sup>3</sup>,栅后淤积量约6 500 m<sup>3</sup>,渗透率达48%。经分析,主要原因为设计给出的土工布网孔等效孔径指标为0.3 mm,按泥沙颗粒级配参数分析,理论上可以有90%左右的泥沙通过土工布渗透至栅后。同理,若定制采用等效孔径为0.07 mm的土工布,理论上可以有50%左右的泥沙通过土工布渗透至栅后;按照实测数据推算,实际渗透至栅后的泥沙不会超过30%。

##### (2) 挡沙钢板布置高度。

在布置方案中,拦污栅挡沙采用“9 m高钢板+13 m高土工格栅”布置,汛期首次挡沙即出现上游段超过9 m限高情况;而在“8.30群发性地质灾害”后,泥面突然性再次加高至17 m,使得钢板上部土工材料受损,栅前、栅后泥沙串通。若根

据既往泥沙淤积情况有针对性的加高挡沙钢板的布置高度,可以有效地增加挡沙、挡渣的效果,且具有抵御突发性状况的能力。

5.2 水下清淤

对于拦污栅前水下清淤,采用组装式 SJS180 气力泵疏浚船进入拦污栅前基坑清淤效果十分显著,但在泥沙较厚部位中下部存在一层板结层(俗称“铁板沙层”)。其清理须在泵头辅助采用高压水枪进行扰动后方可正常清淤。

对于拦污栅内建筑物较狭小的空间(如拦污栅后),采用改进型 SSYA200 清淤机组进行清淤可以实施,但工效较低。

对于引水隧洞进口段建筑物内的清淤,虽然做出了一定的尝试,但从测试阶段的成果分析,存在较大的风险。

6 结 语

采用挡沙设施阻沙和气力泵水下清淤技术,对于内河水电站泥沙控制是适用的、可行的。

(1)对于锦屏二级水电站进水口采用的类似 (上接第3页)

(2)直线型。围岩的变形速率基本不变或很少衰减,随着时间的增加和离掌子面距离的增大,围岩松弛加大,变形量越来越大,如果没有及时加强支护,隧洞最终可能会发展为破坏性变形。

导流洞 V 类围岩段长达 99 m,且部分洞段与既有电站尾水洞交叉,此类交叉地段在施工期观测中需增加观测次数,及时通报并及早做好加强支护。

(3)发散型。曲线斜率即变形速率随时间延续而增大,围岩可能失稳,预示该段围岩可能出现塌方等破坏性变形。在导流洞洞段进行施工期监测期间未出现此类变形。

(上接第13页)

笔者通过研究类似工程的施工经验,结合本工程实际情况,从施工程序、安全保证、爆破设计等各方面进行认真研究,有针对性的进行施工设计,圆满地完成了预期目标。本施工方法在类似

拦污栅结构,采取挡沙设施应尽量使用钢板满铺,以避免突发性地质灾害影响。若受其它条件限制,仍需采用土工格栅结构时,则须根据泥沙的颗粒级配分析资料,确定土工材料的相关参数,并采取合理的加固措施。

(2)对于水电工程取水建筑物基坑施工期泥沙的清理,采用组装式 SJS180 气力泵疏浚船水下清淤是适用的、可行的。但仍须采用相应的辅助措施,尽最大努力避免泥沙大量进入建筑物内部,以减小后期清理的难度。

(3)水电工程施工期泥沙水下清淤采用组装式疏浚船结构应尽量避免采用“一字型”船体,建议组装为“L型”或“T型”或类似结构。虽然在使用过程中船舶移动阻力较大,但仍可与清淤工况匹配,且具有较强抵御意外倾覆的能力。

作者简介:

童光海(1971-),男,湖北武汉人,项目总工程师,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

4 结 语

按照“新奥法”施工的基本理念,通过对厄瓜多尔索普拉多拉水电站导流洞施工期开挖围岩实施收敛变形监测,并对监测数据进行处理分析可知,在导流洞开挖中围岩的变形主要是衰减型发展。监测分析结果为施工期围岩支护措施的设计提供了技术参考,保证了导流洞开挖施工期安全的进行。

作者简介:

黄传庚(1974-),男,江西分宜人,项目经理,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

工程中值得推广应用。

作者简介:

马景波(1975-),男,山东仓山人,项目副总工程师,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

水电五局新工艺获国家发明专利

近日,中国水利水电第五工程局有限公司(简称“水电五局”)研发的“砂岩制砂工艺”经国家知识产权局依法审查,获国家发明专利。这是该公司近年来获得的第六项国家发明专利。该工艺是国内混凝土工程施工砂石骨料系统,采用长石英砂岩作原料加工细骨料的首创技术工艺。该公司员工不懈努力,掌握了材料选择等应用技术,形成了先进成熟的工艺流程。