

# 巴塘水电站尾水渠清淤施工技术

曾 鸣, 王 宝 雄

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610016)

**摘 要:**尾水渠是水电站的重要组成部分,承载着电站产生的尾水和雨水排放的重任,对保障电站的正常运转和环境保护具有重要的作用。巴塘水电站建设期间,为保证尾水渠施工进度与电站发电目标同步,尾水渠的施工通常须提前一年以上时间完成,导致建成后的尾水渠长期积淀污垢、水流无法畅通,严重影响到电站的正常进出水量和尾水排放的质量,必需进行清淤处理。阐述了巴塘水电站尾水渠清淤采用的施工方案、确保发电目标顺利实现的过程。

**关键词:**巴塘水电站;尾水渠;清淤;施工技术

**中图分类号:**TV7;TV52;TV652.9;TV523

**文献标志码:** B

**文章编号:**1001-2184(2025)04-0001-03

**DOI:**10.20196/j.cnki.scsld.20250401

## Dredging construction technology for tailrace of Batang Hydropower Project

ZENG Ming, WANG Baoxiong

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu 610016, China)

**Abstract:** Tailrace is an important part of hydropower project, which carries the tailrace and rainwater discharged from hydropower project, and plays an important role in ensuring the normal operation of hydropower project and environmental protection. During the construction of Batang Hydropower Project, the construction of the tailrace can not be carried out synchronously with the power generation target of the project, and the construction of the tailrace is usually completed more than one year ahead of schedule, resulting in the long-term accumulation of dirt in the tailrace, and the flow of water can not be unblocked, it seriously affects the normal amount of water in and out of the project and the quality of the tailwater discharge, and dredging is necessary. This paper introduces the construction scheme of silt removal in tailrace of Batang Hydropower Project in detail, which ensures the successful realization of power generation goal of hydropower project.

**Key words:** Batang Hydropower Project; tailwater; dredging; construction technology

### 1 概 述

巴塘水电站位于金沙江上游河段,其右岸为西藏昌都地区的芒康县,左岸为四川省甘孜藏族自治州的巴塘县,坝址处的平均海拔为2497.00 m。电站以发电为主,为二等大(2)型工程,其正常蓄水位高程为2545.00 m,总库容为1.41亿 $\text{m}^3$ ,总装机容量为750 MW,多年平均发电量为33.75亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ,装机年利用小时数为4500 h。电站尾水渠的坡度为1:3,底板最低处的高程为2453.88 m,长度为82.79 m。其尾水检修闸门门叶的结构型式为平面滑动钢闸门,采用1600 kN尾水单向门机静水启闭,闸门数为9孔,确定清淤方案时

的水位高程大约为2485.00 m。

2023年3月底该电站的尾水渠土建及金属结构工程已全部完成。根据该电站总体施工进度计划安排:2024年底进行电站的机组调试,期间尾水渠将与金沙江连通。但因金沙江汛期流量大、含沙量大,致使部分水流携带泥沙及石块进入尾水渠,最终在尾水渠中沉淀淤积。2024年5月,四川大学采用物探检测的方式对尾水渠闸门前淤泥的沉积情况进行了检测,根据对所取得的数据进行整理分析,得出尾水闸门处的淤泥沉积厚度为9 m以上的结论,完全掩埋了尾水闸门,导致闸门无法正常启闭。因此,必须对尾水渠进行清淤。笔者介绍了针对该电站尾水渠清淤采用

收稿日期:2025-03-14

的施工方案。

## 2 清淤施工存在的重难点问题及进度分析

### 2.1 施工安全控制是该工程的重难点问题<sup>[1]</sup>

清淤施工时潜水作业的水上水下协调统一是其难点之一,需要潜水员经验丰富、潜水技术过硬。本次清淤施工时将潜水头盔上的水下摄像机镜头与坝顶监视器相连接,水下作业人员对水下施工的全过程进行全程录像,并将录像同步传输到水上监控器供水上相关人员观看,可以直观地检查、监督和指导水下作业以实现潜水作业水上水下的沟通协调统一。

### 2.2 做好工期控制工作

为确保清淤的施工进度,保证施工质量及效果,优先派遣有经验的潜水及施工人员进行施工;同时合理地安排各工序并严格按照工艺流程施工。为了对施工进度进行有效的控制,需要预先做好施工进度计划,必要时可同时进行多组作业,施工时各小组之间需保持联系沟通,相互协调配合,并根据现场的实际情况实时进行动态调整以保证各项工作有序搭接,快速进展,高效完成施工任务。

## 3 实施方案

### 3.1 尾水渠淤积清理方案

巴塘水电站尾水渠中淤积的清理方案包括淤泥清理与机电标机组动水调试相结合和尾水渠淤泥清理完成待各方检查合格后停止施工、择机进行机组有水调试两种。

淤泥清理与机电标机组动水调试相结合的方式为:对尾水渠中的淤泥清理系从左侧依次向右侧进行清理。清理过程中,根据对水下摄像头或潜水员检测到的情况进行分析,当闸门具备启闭条件时将闸门提升并锁定在孔口上方,待进行机组有水调试时其高速水流将剩余部分的淤泥冲走。

与淤泥完全清理干净的方式相比,淤泥清理与机电标机组动水调试相结合的方式其施工工期相对较短,造价低;若长时间未进行机组有水调试,则存在二次进行淤泥清理的可能。该工程最终采用淤泥清理与机电标机组动水调试相结合的方式对尾水渠进行淤泥清理。

清淤方式采用空气提升法,即采用  $15\text{ m}^3$  空压机与直径为  $300\text{ mm}$  的抽泥管配合形成负压抽淤将尾水闸门前及尾水渠中的淤泥进行清理,同

时在吸泥管底部安装一把高压水枪有效地将淤积时间较长的淤泥冲散,从而将底部冲散的泥、沙、石块(粒径为  $200\text{ mm}$  以下)等淤泥及泥沙抽走。抽排过程中若其底部遇到粒径超过  $200\text{ mm}$  的石块等异物,潜水员需下水配合水下吊笼进行清理。

### 3.2 施工顺序

#### 3.2.1 作业流程

施工作业流程:水下检查→抽泥管制作→风管安装→高压水枪安装→抽泥管安装( $25\text{ t}$  吊车配合固定)→通风排泥。

#### 3.2.2 实施步骤

(1)水下检查。水下检查采取潜水员水下探摸结合水下摄像的方式进行。潜水员在水下进行探摸及目视检测,并利用水下摄像机将检测到的内容显示到水上监视器,由技术人员通过观察监视器中的图像并结合潜水员在水下诉说的内容判断水下淤泥淤积的情况。潜水员下水进行水下探摸清淤的范围及水下情况,如闸门顶部的淤泥埋没情况等。项目部根据实际情况制定后续施工的方案以使清淤工作顺利进行。

作业时在尾水渠水面布置一台皮划艇作为潜水员入水作业平台,潜水员从坝顶到尾水渠水面皮划艇施工通道采用成品钢爬梯,该钢爬梯安装在闸门前方的门槽内,并顺顺钢爬梯安装安全绳以保证潜水人员上下的安全。皮划艇不作业时用安全绳锁定以确保施工安全<sup>[2]</sup>。

(2)抽泥管的制作。抽泥管由两部分组成,即出泥管和抽泥管。抽泥管为直径  $300\text{ mm}$  的钢管,接头采用法兰盘连接,形状为“L”型,出泥方向侧管长约  $5\text{ m}$ ,抽泥方向侧管长约  $28\text{ m}$ ,后续视淤泥抽排的进度进行加长;出泥管为直径  $300\text{ mm}$  的橡胶管,采用浮排安装,浮桶间距为  $1\sim 1.5\text{ m}$ ,浮桶下面的配重块为铅块(铁块),重  $5\text{ kg}$ ;抽泥管的圆弧形弯头半径应大于  $300\text{ mm}$ ,以确保其在抽泥过程中能够顺畅地抽走粒径小于  $260\text{ mm}$  的石块等异物。

(3)风管的安装。风管采用直径为  $50\text{ mm}$  的高压软管,进风口距离抽砂管底部约  $40\sim 50\text{ cm}$ 。采用  $\Phi 12$  的铁丝将风管绑扎在抽泥管上,定期进行检查以防止其脱落。

(4)高压水枪的安装。高压水枪安装在抽泥管底部,距离抽泥口约  $40\sim 50\text{ cm}$ ,水枪口采用钢

管制作。高压水枪的水管采用 $\Phi 12$ 的铁丝绑扎在抽泥管上,定期进行检查以防止其脱落。

(5)抽泥管的安装。抽泥管的安装采用25 t吊车进行,将抽泥用的管子插入需要抽排的淤泥内,出泥口顺水流向下游侧安装。

(6)淤泥的抽排。采用空气提升法对尾水中的淤泥进行清理,采用直径为300 mm的抽泥管配合 $15\text{ m}^3$ 的空压机进行抽排,共配置了2套抽泥设备,并将出泥口布置在尾水围堰以外。

首先采用25 t吊车从门槽上方将吸泥管放入水底进行抽泥,从闸门门槽处往下游方向抽排,出泥口采用尼龙绳固定,可随时左右摆动,出泥口上下游方向的清理范围为 $0\sim 22\text{ m}$ ,施工时其上下游方向20 m范围的淤泥清理从左岸往右岸进行施工。

抽泥时气体经风管进入抽泥管内自由上升,在其上升过程中随着水面压力的减小其管内气体的体积加倍膨胀、带动抽泥口附近的水及淤泥和异物以极高的速度进入抽泥管内、排入到尾水围堰以外。待清淤完成、需要打开闸门时,潜水员需对闸门的吊耳、闸门底部附近等关键部位的淤泥清理情况重新进行检查,若闸门吊耳内有泥沙、石子、树枝等杂物、闸门底部附近有影响闸门启闭的块石、钢筋等异物,需要潜水员对该部位重新进行清理,待清理完后方可申请打开闸门。

### 3.2.3 潜水作业

(1)下潜:潜水员<sup>[3]</sup>沿潜水吊笼下到水中、抓住入水绳,使头盔没入水中,检查装备的气、水密性,待其合格后方可进行潜水作业。

(2)水底停留:潜水员以 $10\text{ m/min}$ 的速度下潜到底,在水下按照相关要求完成具体的作业任务后清理软管,准备上升。潜水员在水下作业期间需要时刻与水面人员保持联系,及时报告作业情况及主观感觉,水面辅助人员一定要密切配合以确保潜水员的生命安全及潜水作业的顺利进行。

(3)减压出水:在上升减压过程中,潜水员应根据潜水规范制定的减压方案,按照规定的速度、阶梯式上升-停留-上升直到出水。上升过程中,水面人员一定要严格掌握停留站的深度和停留时间。出水后,潜水员沿潜水梯回到尾水平台上卸装,并由潜水管理人员对潜水员进行追踪观察,若

出现身体不适时应及时就医。

(4)潜水信号:信号员须由有经验的潜水员担任,在收发信号的同时应密切注视潜水员排出的气泡以判断潜水员的位置。信号联系一定要明确易辨,辨后 $2\sim 3\text{ s}$ 后回答。凡是明白或同意对方信号时,均应重复一次对方信号;进行信号联系时,应将信号绳先拉紧,然后再拉;若被缠住,可用潜水软管代替。

### 3.2.4 清淤施工时的注意事项

潜水员下水作业前应认真检查潜水装具的安全性能<sup>[4]</sup>,待确认完好后方可进行水下作业。水下除泥时,对于位于水面的供气、供水阀由专人负责,严禁乱关乱开。除泥过程中,如吸泥管被堵塞时不得用手去探摸,应在关气停水后方可进行检查并排除。潜水员在水下作业时应经常与水面工作人员保持联系;电话发生故障时可用信号绳联络。当电话和信号绳均发生故障时,可用供气管联络并应立即出水。潜水员必须严格执行水面工作人员的指令,遇有险情或故障时应立即通知水面工作人员同时保持镇静,设法自救或等待水面派潜水员协助解救。

## 4 取得的效果与结语

项目部经过严密地施工组织<sup>[5]</sup>安排,历经约45 d的施工,基本完成了尾水渠中淤泥的清理工作。为确保施工质量,潜水员对闸门前的淤泥淤积厚度进行了水下检测,检测结果显示淤积物的平均厚度约为 $1.2\text{ m}$ 。经相关各方讨论研究后认为可以尝试提闸,同时对淤泥的清淤采用淤泥清理与机电标机组动水调试相结合的方式。先在尾水底部通高压风,对门前的剩余淤积物进行扰动,然后采用尾水门机将闸门缓缓提起,同步进行机组有水调试,利用调试水流将剩余的淤积物冲向下游,3号机组有水调试工作顺利完成。3号机完成后,按照3号机尾水清淤的方案对1号、2号机进行清淤,均取得了良好的效果。后续采用声波仪对尾水闸门前的淤积体进行了测量检验,数据显示:尾水闸前基本不存在淤积物,说明发电出水已将剩余的淤积物冲向了下游。

从巴塘水电站清理淤泥取得的效果看:本次清淤方案非常成功。与传统淤泥泵抽排、挖泥船清淤方案相比,该方法简单、经济,适用于山区性

(下转第25页)

超载现象;⑤安全防护措施是否符合相关规范要求;⑥支架与杆件是否存在变形现象。

(4)支撑系统搭设前,由项目技术负责人组织相关人员对支架基础进行验收并留存记录。模板支架投入使用前应完成支架预压并由项目部按“三检制”自检验收合格、待总监理工程师、专业监理工程师验收合格后方可进行钢筋的安装作业。

(5)混凝土工程必须严格按照施工方案制定的施工顺序、施工分段、施工流向、施工分层、浇筑方法、混凝土养护方法进行作业,严禁出现材料集中堆载的现象。

(6)模板拆除后,由专业监理工程师组织项目技术负责人、质检人员对混凝土构件的成型尺寸、高程、轴线、混凝土强度、外观质量等进行验收与评定。

6 结 语

经过项目部精心组织、持续 115 d 的不懈努力,图书信息楼主体结构工程按照既定的工期、质量目标圆满完成,其高空大跨度屋面悬挑板实现了设计方案要求的效果。图书信息楼实景图见图 4。在主体结构工程验收过程中受到了建设单位、设计单位、监理单位及质监站等参建单位的一致好评。



图 4 图书信息楼实景图

参考文献:

[1] 杨培青,杨卫兵.大角度双重檐混凝土坡屋面施工技术[J].四川水力发电,2023,42(4):71-75.  
[2] 范磊.现浇外挑结构的斜屋面造型板施工技术[J].建筑施工,2017,39(7):1025-1026.  
[3] 钱少波.超高超长混凝土悬挑板错层布置的施工方法[J].建筑科技,2022,6(2):71-73.  
[4] 林天元.浅谈建筑悬挑板施工技术[J].四川建材,2022,48(4):115-116.  
[5] 齐欣,徐捷.建筑工程中模板施工技术与质量控制探讨[J].低碳地产,2016,2(13):510.

作者简介:

杨卫兵(1990-),男,山西晋中人,项目总工程师,高级工程师,学士,从事建筑工程施工技术与管理工  
刘江(1993-),男,山西岚县人,工程师,从事建筑工程施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)

(上接第 3 页)

河流的水电站。此次笔者针对大型水电站尾水渠清淤施工的清淤提出的切实可行的施工方法并予以实施获得了成功,积累了经验,可为类似工程施工时借鉴。

参考文献:

[1] 国家能源局.水电水利工程施工安全防护设施技术规范:DL/T 5162—2013[S].北京:中国电力出版社,2014.  
[2] 国家能源局.水电水电工程施工通用安全技术规程:DL/T 5370—2017[S].北京:中国电力出版社,2018.  
[3] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.潜水员高压水射流作业安全规程:GB 20826—2021[S].北京:中国标准

出版社,2022.

[4] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.空气潜水安全要求:GB 26123—2010[S].北京:中国标准出版社,2011.  
[5] 康世荣,陈东山,总编.水利水电工程施工组织设计手册[M].北京:中国水利水电出版社,1996.

作者简介:

曾鸣(1989-),男,甘肃岷县人,项目副总工程师,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工  
王宝雄(1983-),男,四川成都人,项目经理,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)