

# 简易吊装技术在老挝南湃水电站导流洞 下闸封堵中的应用

刘义培

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川成都 611800)

**摘要:**目前水利水电工程施工的机械化程度越来越高,但针对一些特殊的施工条件,简易的施工方法反而能取得事半功倍的效果。十局安装分局依托老挝南湃水电站导流洞下闸封堵施工,结合老挝当地地形,采用自制钢结构龙门架简易吊装施工工法,克服地形陡峭、场地狭窄,避免大量开挖和临时设施的修建,吊装小型封堵闸门,在成本和技术方面取得了良好效应。实现了简易吊装技术的低成本、低风险、高效率特点,大大降低了成本投入和安装难度,缩短了工程施工工期。事实证明,简易吊装技术在老挝水利水电工程中小型闸门吊装很有优势。

**关键词:**导流洞;下闸封堵;龙门架;简易吊装

**中图分类号:**U294.27+5;[TM622];TV663

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2017)05-0115-03

## 0 前言

导流洞用于水库施工期间的导流度汛,施工完成后须下闸封堵。在目前的水利水电工程施工中,我国的导流洞下闸封堵施工技术仍然不是很成熟<sup>[1]</sup>。尽管施工的机械化程度越来越高,但基于导流洞的作用,其位置一般位于地势较低处,往往交通不便,大型起吊设备不便进出及作业,施工难度较大。工程施工难免会对周边环境带来一定影响,且针对一些复杂的地形,如地形陡峭、场地狭窄等,避免大量开挖和临时设施的修建给周边环境带来更大影响,采用简易的施工方法对加快施工进度、较低成本投入反而能取得事半功倍的效果。本文根据南湃水电站导流洞下闸封堵的实际情况,对导流洞下闸封堵的简易吊装施工方案进行总结和讨论,对加快水利水电工程行业的发展提供有效的参考价值。

## 1 工程概况

南湃(Nam Phay)水电站位于万象省北部(Phoun)区,坝址位于南俄河(Nam Ngum)支流南湃河(Nam Phay)满铺恩村(B. Muangphoun)下游。电站坝址距老挝首都万象约249.5 km,厂房距万象约193.5 km。电站坝址附近最近城镇为万荣(Vang Vieng),公路里程约93.5 km,对外交通较为便利。工程将建成“大库容、小流量、高水头、长引水”引水式水电枢纽工程,以发电为主,

兼有旅游、渔业等综合效益,水库正常蓄水位1140 m,总库容2.059亿m<sup>3</sup>,电站额定水头700 m,设计引用流量14.03 m<sup>3</sup>/s,总装机容量86 MW,年发电小时数4878 h,工程规模为二等大(2)型工程。

导流洞进口布置在坝址上游右岸侧岸坡,呈三面收缩喇叭型,设计进口底板高程1065 m,检修平台高程1078 m,闸顶平台高程1084.5 m。封堵闸门采用单孔平板钢闸门,闸门尺寸为5.5 m×7 m-82 m(宽×高-水头),门叶由三节拼接而成,总重55 t。

## 2 面临的问题

导流洞进水的封堵口闸门设计使用固定卷扬式启闭机进行吊装和启闭。在工程施工过程中发现,施工时会遇到以下几个问题:

(1)交通通道。因导流洞周边多山地和高原,地形陡峭,地势较低,交通不便,大型起吊设备不便进场及作业,若大量开挖和修建临时设施,将大大增加成本投入且施工将给周边环境带来更大影响。

(2)施工工期。封堵闸门下闸后,若不能及时拆除启闭机,水库水位将淹没启闭机,又大大增加了施工难度。

(3)成本投入。此导流洞的闸门起永久封堵作用,根据闸门的设计作用,若将闸门的吊装和启闭方案改为使用简易龙门架进行吊装和启闭闸门,将大大降低成本投入。

## 3 解决方案

收稿日期:2017-08-28

导流洞属于临时工程,隧洞在江河截流时用于过水,在大坝修建完成后,将使用封堵闸门封堵,实现水库蓄水。根据现场实际情况,便于起吊设备的安装和拆除,将固定卷扬式启闭机改为由现场制作的龙门架起吊装置来代替启闭机。龙门架设计高度11 m,跨度7.5 m,根据《龙门架及井架物料提升机安全技术规范(JGJ88-2010)》和《起重机械安全规程(GB6067-2010)》,通过计算,龙门架立柱选用 $\varphi=325\text{ mm}\times 8\text{ mm}$ 的无缝钢管,主梁采用厚度为25 mm的钢板焊接成截面为460 mm $\times$ 605 mm的箱型梁,端梁使用两根45#工字钢组合焊接成的箱型梁。主梁上设两个吊点,一个主吊点,一个副吊点,主吊点位于闸门孔正上方,最大起吊荷载600 kN,副吊点位于距主吊点下游约3.3 m处,最大起吊荷载220 kN。在主吊点处分别安装一组80 t定滑轮组和一组80 t动滑轮组,在副吊点处分别安装一组32 t定滑轮组和一组32 t动滑轮组,其中,80 t滑轮组每组由6个定滑轮组成,32 t滑轮组每组由4个定滑轮组成。起吊绳选用 $\varphi=26-6\times 37$ 的起重钢丝绳,主吊点使用8 t卷扬机作为动力,副吊点使用5 t卷扬机作为动力。此龙门架投入材料少、设备小、重量轻,便于运输、吊装和拆除<sup>[2]</sup>。详见图1和图2(图中尺寸单位均以mm计)。

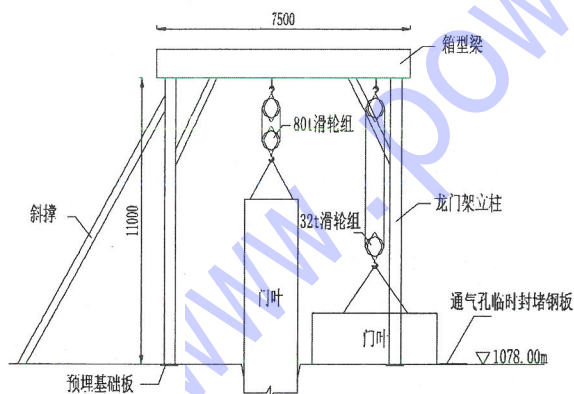


图1 龙门架结构示意图

#### 4 荷载的计算和设备的选型

##### 4.1 起吊荷载

主吊点起吊物总重量:600 kN(门叶总重);滑轮组重量:3 kN(动滑轮组);钢丝绳重量:3.73 kN;总荷载为:600+3+3.73=606.73 kN。

副吊点起吊物总重量:220 kN(单节门叶);滑轮组重量:2 kN(动滑轮组);钢丝绳重量:0.76 kN;总荷载为:220+2+0.76=222.76 kN。

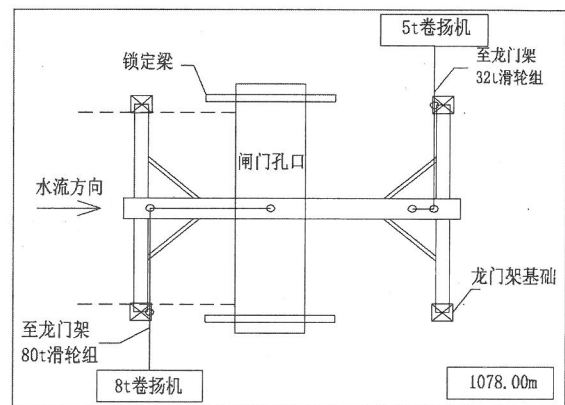


图2 龙门架平面布置示意图

##### 4.2 钢丝绳的最大工作应力和安全系数

由于使用主吊点起吊门叶时荷载最大,故总荷载606.73 kN由12根钢丝绳承重。故钢丝绳的最大工作应力是: $S = P / (a \times \eta) = 606.73 / 12 \times 0.96 = 48.54\text{ kN}$ ( $P$ 为总起吊重量, $a$ 为钢丝绳支数, $\eta$ 为滑轮组效率)。

钢丝绳的最大工作应力48.54 kN,因此,选用8 t卷扬机的额定工作拉力78.4 kN大于钢丝绳的最大工作应力48.54 kN,所选卷扬机满足使用要求。

查 $\varphi=26-6\times 37$ 钢丝绳的破断拉力 $SP$ 为349.7 kN,即安全系数为 $n = SP / S = 349.7 / 48.54 = 7.20$ 。安全系数满足《龙门架及井架物料提升机安全技术规范(JGJ88-2010)》的规范要求。

同理可得副吊点钢丝绳最大工作应力为27.29 kN,因此选用5 t卷扬机的额定工作拉力49.0 kN大于钢丝绳的最大工作应力27.29 kN,所选卷扬机满足使用要求。

查 $\varphi=26-6\times 37$ 钢丝绳的破断拉力 $SP$ 为349.7 kN,即安全系数为 $n = SP / S = 349.7 / 27.29 = 12.81$ ,安全系数也满足《龙门架及井架物料提升机安全技术规范(JGJ88-2010)》的规范要求<sup>[3]</sup>。

经各方数据计算,龙门架设计均满足使用要求。龙门架安装完成后成功进行了荷重实验,实验荷重为最大吊装重量:80 t $\times$ 1.25=100 t。

##### 5 吊装下闸

导流洞封堵闸门在制造厂内整体制造,分段现场组装,门叶结构共分为上、中、下三节,门叶总重约55 t,最大单节重量19 t。按照安装方向将门叶(下节)平放于载重汽车上并进行可靠的绑扎,载重汽车退行并穿过吊装门架下游立柱至副吊点



32 t 滑轮组下方,利用 5 t 卷扬机配合门架上 32 t 滑轮组将门叶缓慢提升至一定高度后,载重汽车离开。缓慢下放门叶至闸顶平台,并利用门叶主梁腹板上设置临时中心单吊耳完成封堵门叶的直立翻身。下放门架 80 t 滑轮组联接门叶临时中心单吊耳,起升门架 32 t 滑轮组(门叶)约 0.5 m 高。起升门架 80 t 滑轮组,同时下放门架 32 t 滑轮组,两套滑轮组配合将门叶渡接到主吊点正下方。在此过程中需注意 8 吨卷扬机和 5 吨卷扬机的相互配合,确保闸门门叶缓慢平稳的过渡到门槽中心上方。利用门架 80 t 滑轮组将门叶下放到门槽内,并利用锁定梁进行可靠锁定,在此过程中利用门架 32t 滑轮组调整门叶在水流方向的前后位置。

以同样吊装方式,完成导流洞封堵门中节吊装,在检修平台完成中、下节门叶组焊工作。以此循环,完成上节门叶和中下节门叶的组焊。焊接完成后,利用门架 80 t 滑车组下放封堵门至工作位置,利用 QY25T 汽车吊拆除吊装门架。

## 6 经济效益

本次采用简易龙门架吊装法降低了进水塔浇筑高度 12 m,减少混凝土方量约 120 m<sup>3</sup>,节约费用约 2 万元;少填筑道路土方量 5 万 m<sup>3</sup>,节约资金 20 万元<sup>[4]</sup>。导流洞闸门下闸后,启闭机要在 5 天内拆除,若不能按时拆除,损失约 100 万元。安装一套龙门架(含龙门架的制作安装、卷扬机、滑轮组及安装费用)约 50 万元,后期拆除费用 10 万元,拆除后回收价值 10 万元,实际支出 50 万

## 5 结语

混流式水轮机导叶漏水受导水部件设计、材料、制造以及导水机构安装、机组运行工况等诸多方面因素影响,是水电站常见的问题。水轮机导叶漏水不仅造成水资源的浪费,同时对机组的安全稳定运行均造成影响。宝珠寺在机组解体大修过程中,检修人员对活动导叶进行了补焊、打磨处理以及线型修复,将变形底环返厂加工,并在底环

元。综合计算,本次工程节约 72 万元。通过对比,采用龙门架简易吊装技术方案大大降低了安拆难度,节约了成本投入,缩短了了施工工期。

## 7 结语

目前水利水电工程施工的机械化程度越来越高,但针对一些特殊的施工条件,简易的施工方法反而能取得事半功倍的效果。十局安装分局依托老挝南湃水电站导流洞下闸封堵施工,结合老挝当地地形,采用自制钢结构龙门架简易吊装施工工法,克服地形陡峭、场地狭窄,避免大量开挖和临时设施的修建,吊装小型封堵闸门,在成本和技术方面取得了良好效应。实现了简易吊装技术的低成本、低风险、高效率特点,大大降低了成本投入和安装难度,缩短了工程施工工期。事实证明,简易吊装技术在老挝水利水电工程中小型闸门吊装很有优势。

### 参考文献:

- [1] 何开周,康续荣.毛尔盖水电站导流洞封堵闸门安装方案的优化.《水利水电施工》.2008(S1):73-74.
- [2] 天津市建工集团(控股)有限公司编.龙门架及井架物料提升机安全技术规范(JGJ 88-2010).中国建筑工业出版社.2010.
- [3] 任金明等.水利水电工程施工组织设计规范(SL303-2004).中国水利水电出版社.2004.
- [4] 李思宏.额勒赛下电站导流洞封堵闸门下闸方案优化与实施.葛洲坝集团科技.2015(4):50-52.

### 作者简介:

刘义培(1984-),男,贵州遵义人,助理工程师,大专学历,现于中国水利水电第十工程局有限公司机电安装分局从事水利水电施工技术管理工作。(责任编辑:卓政昌)

抗磨板部位新增密封条,对导叶套筒密封以及压垫环进行了处理和更换。机组检修后,用容积法对该机组导叶漏水量进行了测量,导叶漏水量由 0.75 m<sup>3</sup>/s 降低到 0.408 m<sup>3</sup>/s,按照机组年均停机时间计算,全年可增发电量 140 万千瓦时,基本达到了项目预期。

### 参考文献:

- [1] 《水轮发电机组安装技术规范》(GB/T8564-2003);
- [2] 张诚、陈国庆.水轮发电机组检修.北京:中国电力出版社,2011;

### 作者简介:

黄隆志(1983-),男,湖南浏阳人,毕业于河北工程大学热能与动力工程专业(水动方向),助理工程师,宝珠寺水力发电厂从事运行技术与管理工作。(责任编辑:卓政昌)