

# 大深度潜水在某电站放空底孔充水管封堵的应用

孔令浩 张云 苏云

杭州华能工程安全科技股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i9.5734

**[摘要]** 2015年5月云南某水电站对1号放空底孔工作门与检修门之间流道充水时发现:充水管路存在渗水现象,且工作阀后及检修阀前弯管存在裂纹与渗水,2号放空底孔检修阀及阀前法兰之间的密封已长期存在轻微渗水现象。充水管路经多年运行,存在锈蚀现象,在高压充水状态下存在击穿的安全风险。为彻底排除这一安全风险,采用坝前水下孔口封堵,廊道内管路灌浆封堵方式进行处理。通过大深度氦氧混合气常规潜水技术与水下封堵处理,为水库大坝水工钢结构大深度水下缺陷处理提供了一条安全、经济、可靠保障新思路。封堵后充水管路尾口水口无渗漏,取得了显著效果,达到了封堵目的。

**[关键词]** 氦氧混合气潜水;水下机器人检测;水下氧-弧切割;水下焊接

**中图分类号:** TP242 **文献标识码:** A

## Application of large depth diving in the blocking of water filling pipe of bottom drainage hole in hydro power station

Linghao Kong Yun Zhang Yun Su

Hangzhou Huaneng Engineering Safety Technology Co., LTD

**[Abstract]** In May 2015, seepage in water filling pipe was found during filling process between service gate and maintenance gate of No.1 bottom drainage hole in a hydro power station in Yunnan province, crack and seepage were also found in elbow pipe between service valve and maintenance valve, The seal between the maintenance valve and the flange before the valve of the No. 2 bottom drainage hole had been slightly leaking for a long time. Water filling pipe was rusted and prone to a security risk under the long term working condition in the high water pressure. In order to eliminate the security risk thoroughly, treatments were carried out by blocking the hole underwater in front of the dam and grouted the pipeline in the gallery. By the means of large depth Helium-Oxygen diving and underwater blocking skill, we provided a safe, economic and reliable way for the large depth underwater defect treatment of the dam hydraulic steel structure. No seepage was found in water filling pipe after the treatment, which indicated a remarkable effect and the purpose of blocking had been successfully achieved.

**[Key words]** Helium-oxygen diving; ROV Inspection; Underwater oxygen-arc cutting; underwater welding

### 引言

随着我国大型水库、水电站工程建设及投入运行数量越来越多,水库大坝的各种检修和维护工作任务随之剧增。其中,很多维护工作受水位影响无法得到解决。随着氦氧混合气技术在内河水库大坝领域的成功应用,为水库大坝大深度水下缺陷处理提供了新思路。

### 1 工程概况

云南省西部某电站由双曲拱坝、坝身泄水孔口、下游水垫塘及二道坝等消能防护设施、左岸泄洪洞、右岸引水发电系统等组成。

2015年5月放空底孔运行时,在对1号放空底孔工作门与检修门之间流道充水时发现:充水管路存在渗水现象,且工作阀后及检修阀前弯管存在裂纹与渗水。2号放空底孔检修阀及阀前法

兰之间的密封已长期存在轻微渗水现象。

2018年8月,按照设计方案,已对1号、2号放空底孔充水阀室内管路用钢筋混凝土镇墩进行加固处理,但工作阀门、检修阀门及中间连接段管路未进行加固。充水管路经多年运行,存在锈蚀现象,在高压充水状态下存在击穿的安全风险。

为最大限度确保工程安全,结合方案研究的可行性,采用先水下取水口临时封堵,后进行管路灌浆封堵的方案。坝前水下情况不明,实施分两个阶段,第一阶段为水下初查,探明水下取水口结构和水下作业环境;第二阶段为坝前取水口水下钢塞封堵+充水阀室内管路回填灌浆施工。

### 2 水下施工技术

#### 2.1 水下流速测量技术。

流速测量的水流仪采用英国VALEPORT公司进口的高精度MIDAS ECM型号。该水流仪是一个高度灵活的点式多参数电磁流量计,它与传统旋浆机械式水流仪相比,精度高且无最低启动流速限制,高低速水流条件下可靠性均较高。水流仪耐用并易于部署,最新电子架构允许多个额外传感器和多种通信选项,使其在500m深度范围内作业时可以同时得到深度、流速、流向、浊度等多个水流参数,为潜水员作业环境提供可靠数据资料。

表1 MIDAS ECM多参数水流仪性能参数表

传感器	类型	范围	准确度	分辨率
流速	Valeport EM	0~5m/s	+/-1%读数	0.001m/s
方向	磁通门	0~360°	+/-<1°	0.001°
压力	压阻	最高30bar	+/-0.01%	0.001%

## 2.2 氮氧混合气潜水技术

潜水技术是指操作人员进入水下环境,利用潜水装具解决呼吸、承受水下压力和行动等问题所采用的技术。作业水深在60m~120m范围时通常使用氮氧混合气常规潜水技术。常规潜水是相对饱和潜水而言的,是指潜水员在水中或高气压环境下的暴露时间小于24h,机体内各类组织尚未被中性气体所饱和的潜水。呼吸气体为氮氧混合气时,定义为氮氧混合气常规潜水。根据《混合气潜水安全要求》GB28396-2012规定,氮氧混合气潜水最大作业深度为120m<sup>[3]</sup>。

2.2.1 潜水减压方案。该电站混合气潜水作业实际深度在75m~81m,根据深度等级及作业时间,制定了70m~87m,水下作业时间分为30min的减压方案<sup>[1]</sup>。

2.2.2 潜水混合气体配比。国军标GJB 5917-2007《氮氧潜水技术保障要求》规定<sup>[4]</sup>,按照深度的不同,需配置不同比例的氮氧混合气。项目作业按照75m~81m潜水作业,采用18%氧浓度混合气和、20%氧浓度混合气。

表2 氮氧混合气设备配备表

序号	设备名称	规格型号	数量	备注
1	面板控制系统	混合气	1套	
2	移动甲板减压舱		1套	
3	气源箱		1套	
4	开式吊放系统	混合气	1套	
5	潜水设备	KMB37	3套	含潜水头盔、热水潜水服、安全背带、压铅、潜水员回家气瓶等
6	水下监控电视		2套	
7	备用发电机		1台	
8	深水切割机焊接系统		1套	
9	氮氧混合气源		若干	
10	医用氧气		若干	
11	施工平台		1个	

2.2.3 该电站大深度氮氧混合气潜水装备配置。混合气潜水装备采用水面需供式潜水装具,潜水装备是混合气潜水检测与加固处理作业的基本保障,混合气潜水入水方式为开式钟。现场主要设备配备如下:



图1 现场采用氮氧混合气潜水设备布置图

2.2.4 大深度氮氧混合气潜水人员配置。潜水人员配备:一名潜水项目经理、一名项目技术负责人、一名潜水监督、一名潜水医生、六名潜水员、一名照料员、一名水面预备潜水员、五名潜水设备控制人员。

## 2.3 水下焊接与切割技术

2.3.1 深水手工电弧焊技术。潜水员水下采用水下焊炬,焊接过程中的电弧产生的高温加热熔化金属进行的一种焊接方法。焊接过程焊条与焊材接触产生电阻热使周围水迅速气化,周围形成空腔区,随着焊条前端熔化,与焊材中间出现间隙,电弧在其中引燃形成焊接电弧。电弧电离作用下,焊接过程中药芯中物质反应,产生大量的气体,该气体主要为氢气和氧气组成的气泡,供电弧在其中稳定燃烧<sup>[2]</sup>。

深水手工电弧焊主要设备包括:弧焊电源、焊接电源、切断开关、水下焊钳和水下焊条。

2.3.2 深水电弧-氧切割技术。深水切割采用水下电弧-氧切割,其原理是利用水下电弧产生的高温和氧气同被切割金属元素产生的化学反应能够获得大量化学反应热,加热、熔化被切割金属,并借助氧气流的冲击力将切割缝中的熔融金属及氧化熔渣吹除,从而形成割缝<sup>[2]</sup>。

深水水下氧弧切割用到主要设备包括:切割电源、切割电缆、切割炬、闸刀开关、氧气瓶、氧气调压总成、氧气管、钢管及切割电极(切割条)等。

## 3 大深度取水口水下封堵实施

### 3.1 水下环境检查

水下环境检查为保证潜水员水下作业安全,首先进行作业水环境检测,以帮助潜水员下水前了解包括流速在内的水下工作环境,避免潜水作业出现险情,确保水下作业安全。

在6台机组全部开机状态下对施工区域进行水下流速测量。1#放空底孔区域水下流速读取测量811点,2#放空底孔区域水下流速读取测量810点,最大值均未超过0.5m/s<sup>[3]</sup>,经水下流速仪

测量,水下流速符合潜水员水下作业条件。

### 3.2 放空底孔充水管取水口水下封堵实施方法

3.2.1 充水管取水口水下切割。经检查确认安全后,潜水员入水进行切割施工,潜水员根据预留充水管长度确定好的水下切割范围(蜡笔画线),开始沿着标识好的结构切割边线进行水下切割。水下切割采用水下电弧-氧切割,割条选用直径8mm的TS304型无缝钢管割条。

水下切割完成后,对切割区域再进行一次水下复测,为后期钢塞加工制作做好准备。



图2 1号放空底孔充水管进口拦污栅水下切割

3.2.2 封堵钢塞水下焊接。根据设计图纸制作的钢塞后,由两名潜水员由开式钟入水,同时将加工完成的封堵钢塞带入开式钟,随潜水员一起到达指定深度。水下由两名潜水员人工将封堵钢塞扣入充水管内,采用水下焊接对充水管取水口与封堵钢塞进行焊接。



图3 1号放空底孔充水管取水口封板水下焊接

3.2.3 水下封堵施工及效果。放空底孔充水管进口进行水下封堵处理完成后,开启充水阀室内充水管路检修阀和工作阀,由检查人员到放空底孔流道内观察,1号、2号放空底孔充水管出口均无渗水,水下封堵处理效果良好。圆满完成了充水管路取水口封堵工作,为充水管路干地回填灌浆创造可实施条件,排除了大

坝充水管路高压渗水的安全隐患。

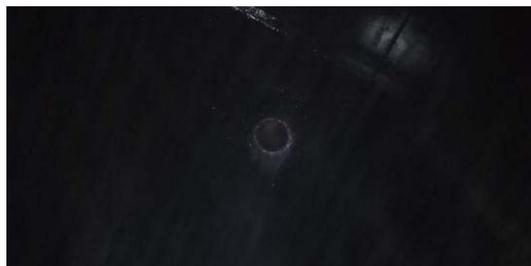


图4 1号放空底孔充水管出口无渗水



图5 2号放空底孔充水管出口无渗水

## 4 结语

本次水下大深度取水口封堵效果良好本次工程在高海拔、大深度情况下进行多项高难度潜水作业任务,水下检测与大水深潜水作业的结合运用,为大深度复杂水域环境水下作业提供了安全、经济、可靠保障。大深度氮氧混合气常规潜水技术与水下封堵处理,为水库大坝水工钢结构大深度水下缺陷处理提供了一条新思路。采用该潜水技术与施工方法,不需要水库特意为工程降水,可结合电厂检修计划实施,工程量小、工期短、无污染、经济性良好,为水库大坝的安全运行找到了新的经济有效可靠的方法。

### [参考文献]

- [1]胡洋,姜骏,王文胜,等.四川某水电站大规模混合气潜水项目介绍[J].大坝与安全期刊,2019,(3):81-85.
- [2]郭宁.水下焊接与切割技术[M].哈尔滨:国防工业出版社,2020:12.175.
- [3]GB28396-2012,混合气潜水安全要求[S].北京:中国国家标准化管理委员会发布,2013:6.
- [4]GJB5917-2007,氮氧潜水技术保障要求[S].北京:中国人民解放军总装备部发布,2007:4.

### 作者简介:

孔令浩(1984--),男,浙江衢州市人,中级工程师,从事水库大坝水下工程检测与缺陷修补处理工作。