

非洲水电站改造与重建

杨 浩 单 斌

紫金矿业-卡坦巴矿业简易有限公司 福建龙岩 364200

摘 要: 皮亚纳姆万加水电站位于加丹加省, 坦噶尼喀区马诺诺市内的卢武阿河(Luvua)河发育河段, 利用弯道落差发电, 由INGENIEURS公司与比利时工业公司GEOMINES联合建设, 电站设计水头20m, 1#电站设计引用流量 $50\text{m}^3/\text{s}$, 2#电站设计引用流量 $75\text{m}^3/\text{s}$, 毁坏前装机5台, 总装机容量29MW。其中, 1#电站装机三台, 单机容量4MW, 总装机容量12MW, 三台机组分别于1932年、1933年1934年投运; 2#电站及相应的引水系统建造于1952年~1957年, 电站装机三台, 单机容量8.5MW, 投运两台, 预留一台。

马诺诺地区蕴藏着丰富的矿产资源。皮亚纳姆万加水电站投产后, 随着刚果(金)国内局势变化, 矿业公司撤离马诺诺地区, 地区用电负荷急剧下降, 电站机组被迫逐渐停运, 最终由于欠管理而停产(其中最晚停运的GR1、GR3机组运行至1997年10月)。电站在随后的战火中被毁坏。

皮亚纳姆万加水电站主要建筑物包括两电站公用的拦河坝(包括主坝和副坝), 1#、2#电站各自引、退水建筑物, 包括进水口、引水渠、压力前池(含冲沙闸、退水侧堰和退水渠)、压力钢管、尾水渠, 1#及2#电站厂房, 两电站公用的中央控制室和开敞式开关站等。

关键词: 截流; 清淤; 厂房排水

一、如何快速投运, 尽快形成供电能力

原Ⅱ期电站2*8.5MW机组已经损害, 为快速恢复水电站发电能力, 可以在充分利用现场原有基础设施的基础上, 尽快启动新的机组设备的采购和安装工作。可利用的基础设施包括: 机组设备的预留机坑、前池、厂房以及尾水等部位的混凝土结构, 以及保留下来的压力钢管(如局部有锈蚀, 可利用局部补焊的修复方式完成)。

优点如下:

(一) 采用此种模式, 则属于电站修复工作, 可以省去环评等许可办理的工作, 至于施工许可是否需要办理, 则需要根据国别的具体情况而定(国内是不需要的)。例子: 福建水东电站, 原机翻新, 无需环评。

(二) 通过利用预留的机坑, 可以快速建立供电能力, 从而节约矿建和新建电站的能源供应。

(三) 投资小, 见效快。通过在原Ⅱ期电站的基础上安装机组, 投资金额较小, 效果显著。混凝土的浇筑工作几乎可以忽略不计, 只需要进行局部修复。主要的投资集中在机组和附属设备的采购上, 而国内机组的采购价格大约为每吨40000人民币。

(四) 在修复电站的同时, 可以与新建工程同时进行。这样可以最大程度地利用资源, 加快项目进展, 同时满足电力供应的紧迫需求, 可以实现资源的高效利用, 提高整体项目的效率和投资回报。

缺点:

1. 机组发电量少, 并不能覆盖未来矿业生产对电力全部需求。

二、具体实施步骤

(一) 截流

无论是新建还是修复, 截流都是首要任务。

现Ⅱ期的机组与机坑完全浸泡在水下, 需要对现有流道进行测量, 并尽快完成上、下游围堰的填筑工作, 然后将机组附近积水进行抽排, 以便评定机组的损害程度, 最终根据评定结果拆除已无修复价值的机组部件。

上、下游围堰截流位置如下图所示。

下图蓝色线为上游截流位置, 将在此修建Ⅰ条长度约170m的围堰, 以便将水流导向红色箭头方向。



图1

下图蓝色线为下游围堰位置,主要作用是阻挡水倒灌至机坑,围堰长度约55m,红色箭头为水流方向。

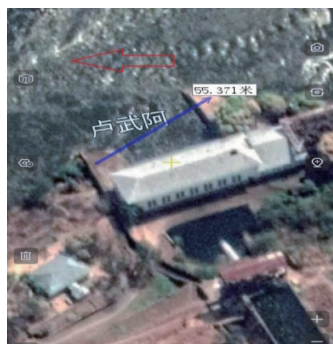


图2

截流后效果如下图:截流后紫色粗线为无水区域,可进行清淤,如需扩引水渠(红色箭头扩渠道),修复挡水闸(浅蓝色线条)。



图3

(二) 厂房排水, 清淤, 修复挡水闸, 扩渠等工作

1、在进行围堰截流的同时,可平行开展原Ⅱ期厂房内的桥机的修复工作。

(1) 桥机主梁仍可使用,只需更换卷扬机以及配套的控制操作系统即可,需要在国内寻Ⅰ厂家,到现场参与桥机修复工作。

(2) 桥机承重梁根部已有锈蚀,如有必要,可以采取除锈并浇筑混凝土的方式进行修复。

(3) 桥机供电系统、滑线等需要全部更换。

2、厂房排水:需要使用大功率抽水泵,尽快完成机坑内的积水排干工作,并在完成清淤工作后,检查坑内原设施的可利用情况。

3、清淤:主要是引水渠道以及河道的清淤工作。

4、修复挡水闸以及导流坝:如上图3浅蓝色线位置,为挡水闸(导流坝)位置,挡水闸为混凝土结构+钢结构体。在完成截流后,无论采用新建还是修复模式,都需要对挡水闸(主坝)进行修复。此工作最多只有12个月工期,需尽快启动、尽早完成,严禁延期。

5、扩引水渠:采用修复模式则无需扩渠,若考虑增容至150MW以上,则应将增加引流工作提前完成,可采

用如下三种方式:

方式一:将原有的引水合并,连接两前池,开挖两渠之间的孤岛,增加引流量,将新Ⅰ,Ⅱ期的引水渠合并为Ⅰ,流量是否满足最大装机容量需要设计院复核。

方式二:如图3红色箭头方向,拓宽原Ⅱ期渠道,重新修建溢流坝,保留原Ⅰ期引水渠,留新Ⅱ期使用,缺点是新Ⅱ期的装机容量将受到引流量的影响,是否可以满足最大装机容量,需要考证。

方案三:只进行引水渠清淤,不增加引流,修复原Ⅰ,Ⅱ期,重新规划新Ⅱ期的引水渠道,按照中标合同执行,在修复的基础上规划新Ⅱ期,避免办理新建电站带来的各种不确定性因素,新建的证照,许可等工作在修复工作进行时办理。

6、修复前池进水闸门以及快速闸门。

(1) 先检查前池闸门以及起吊工具,如果能修复使用则按照如下执行:

闸门轨道表面除锈,采取补焊的方式逐步修复,保证其轨道垂直度;

检查闸门的损害程度,如能使用则继续使用;如不能使用,则按照轨道的尺寸,定制新的闸门;

承重钢结构应修复使用,并更换起吊用的电动葫芦。

(2) 为了加快速度,避免修复过程中的不确定因素,可将前池的闸门位置往上游挪一小段,并重新安装新的进水闸门以及轨道,可新安装快速闸门或压力钢管直段增加蝶阀,此办法坝顶平面拓宽了,增加了少量混凝土浇筑工作,但是规避了修复可能存在的风险,建议采用(2)。

以上工作,均为平行工作,除2.2项工作外的其他工作均可在围堰(上游围堰)完成后进行。

工作项	新建	修复
厂房排水,修复原Ⅱ期桥机	○	●
河道以及引水渠清淤	●	●
导流坝修复	●	●
上游围堰	●	●
下游尾水围堰	○	●
引水渠扩建	●	○
前池闸门修复	○	●

注:需要执行“●”,无需执行“○”

三、机组修复与新建

(一) 机组修复

优点:充分利用预留机坑,投资小,见效快。

缺点:原有的两台机组,拆除难度高,风险系数大。

上、下游围堰做好后,将机坑内的积水排干,清淤工作完成后,可初步拆除机组以及附属设备,最难拆除的转子,需要做非常多的准备工作。一旦上、下游围堰

填筑完成，需将机坑内的积水排干、淤泥清除，随后进行机组及其附属设备的拆除工作。其中，转子拆除工作最为困难，需要进行大量的准备工作。

1、水轮发电机组

当机坑内的转轮被吊出后，邀请厂家亲临现场，对原机坑的流道数据进行测量。厂家需根据现有机坑的流道情况，选择一个符合本电站要求的转轮。如果不需要扩容，厂家也可以直接测量转轮和机坑的各项数据，并进行水轮发电机组的设计工作。

2、调速器以及励磁

厂家根据已设计好的水轮发电机组，配套采购调速器与励磁。

3、油、水、气系统

原电站的系统管路，特别是埋管如不能疏通，可考虑以明管的形式对管路敷设路径进行重新设计。

量测系统的管路，如尾水以及蜗壳的测压管路，优先考虑利用高压水枪冲洗的方式进行疏通。

4、监控系统

与管路系统同理，重新设计电缆敷设路径，由于现在的电站自动化程度较高，可在原Ⅱ期厂房后方增加一盘柜控制室。

5、桥机

桥机主梁仍可使用，只需更换卷扬机以及配套的控制操作系统即可，需要在国内寻厂家，到现场参与桥机修复工作。

桥机承重梁根部已有锈蚀，如有必要，可以采取除锈并浇筑混凝土的方式进行修复。

桥机供电系统、滑线等需要全部更换。

(二) 新建电站

在新址上进行新建时，可以考虑分期建设。需要注意的是，新Ⅰ期的建设不能影响到新Ⅱ期建设规划。另外，也可以选择一次性将电站完全建成。

优点：技术成熟、工期可控、可充分利用水资源以及具有较大的装机容量（而现有方案中无这些优点）。

缺点：投资大，工期长，见效慢。

按照新建电站的步骤，进行规划选址-设计-采购-施工-发电基本流程即可。

四、工期与投资比较

(一) 工期比较

1、根据可研报告，新建电站建设周期为4年（筹建期1年，施工期3年）。

2、修复电站全周期3年，但是由于预留机坑的存在，2年内即可输电，主要工作集中在河道、引水渠道的清淤，以及挡水闸、进水闸和尾水的金属结构修复工作，

清淤与金属结构的修复工作属平行工作，可同时进行；

水电站修复工期（关键线路工期）																								
主要工作项	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
上下游围堰																								
桥机修复																								
清淤																								
修复前池闸门、主坝挡水闸																								
拆除旧设备、含机组等																								
厂家到场测量流道数据、生产机组																								
机组安装至发电																								

(二) 成本比较

1、新建电站

按照目前西北院的推荐方案，总装机40MW，总投资高达1.6亿美元。

2、修复电站

根据西北院的安全鉴定报告（2.5实体质量缺陷评估），原Ⅰ、Ⅱ期厂房的混凝土结构皆为一般缺陷，稍作修复还可继续使用。

电站修复的成本集中在河道清淤、挡水结构修复、机组采购以及旧设备拆除，估算如下表（原Ⅱ期修复（含输变电）仅需0.75亿美元）；

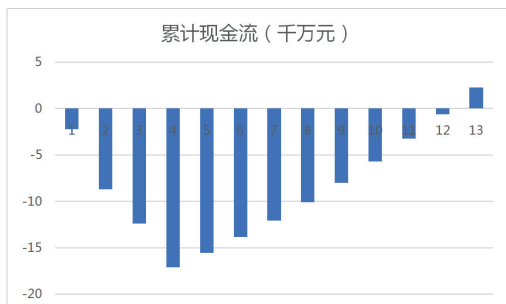
修复原Ⅱ期预估投资额			
序号	内容	预估价格（万元）	备注
1	机组拆除（含钢构体）	840	按照机组拆解吨位计算，预估拆除部分约200吨/台，拆机1.4万/吨，国外系数1.5计算
2	新机组采购（原2期）	4250	按照改造新机组（250+250+350）总重约850吨，5万/吨计算-新机组的采购价格3.5万-4万/吨
3	新机组安装费用	2400	按照新机组价格的20%再乘以2系数
4	监控设备	700	数据来源-武汉励华
5	调速器+励磁	390	单台调速器90万RMB，励磁40万RMB（南瑞）
6	公共设施（油气水系统）	600	预估
7	桥机	120	预估
8	输变电线路	22,050	90公里，每公里35万/美金
9	两个变电站升降	5,600	根据泰开报价估算
10	清淤	5,600	预估
11	其他	5,000	预估
12	运输	5,500	预估
总计（RMB）		53,050	
美元（万元）		7,578.57	

原Ⅰ期修复仅需将旧机组拆除，然后更换成新设备即可，设备的拆除难度比原Ⅱ期低，如果要对原电站进行全部修复，发电量将达到3*8.5MW+3*4MW=37.5MW，

在电站修复过程中,按照现在的生产工艺,如果适当增加定子铁心密度以及磁极线圈数,则可将发电量提高37.5MW以上。

(三) 投资回报率比较

新建40MW投资汇报的数据模型(参考西北院的投资额)



投资回报率 (ROI) = 年均回报 / 投资额

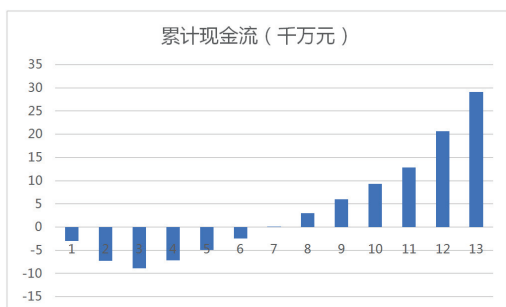
年均回报 2.08

投资额 26.37265

ROI= 7.88%

投资回收期= 12.26

修复方案(先修复原二期,再修复一期,最终发电37.5MW)



投资回报率 (ROI) = 年均回报 / 投资额

年均回报 1.77

投资额 9.632846

ROI= 18.39%

投资回收期= 7.05

通过新建与修复方案的投资与回收期对比,修复明显是工期短,见效快,且资本回收期短,风险底。

五、现方案存在的问题

(一) 总装机容量

按照目前西北院可研方案,卢武阿河的年均流量为924m³/s,设计水头21.5m。

根据理论公式

$$N=9.81 \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q \cdot H$$

N——装机容量, kw;

$$\eta = \eta_t \cdot \eta_g$$

η_t ——水轮机效率系数,取0.93;

η_g ——发电机效率系数,取0.95;

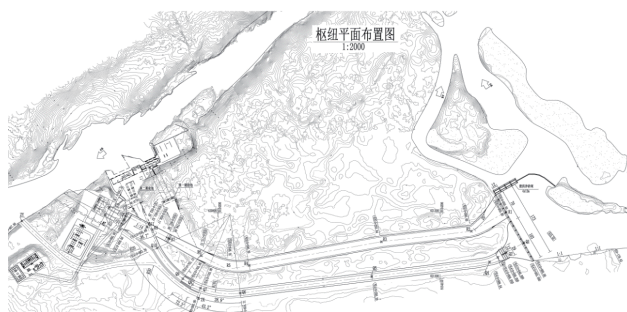
Q——引用流量, 924m³/s;

H——额定水头, 21.5m;

计算结果 $N=9.81 \cdot 0.93 \cdot 0.95 \cdot 924 \text{m}^3/\text{s} \cdot 21.5 \text{m} = 172 \text{MW}$

为了此地具备的水力资源得到充分利用,根据西北院提供的流量以及水头数据,电站最大的总装机容量理论计算值可达到172MW,远远大于100MW。

(二) 现方案存在无法规划新II期的问题



推荐的方案是通过打通两个渠道来实现新的I期引水,但这将导致新的II期扩容的成本增加。如果需要在不停电的情况下进行扩容,就需要重新开挖上游的引水渠。此外,厂址的选择也存在困难。如果新的II期需要利用现有的引水渠道,那么新的I期将会停运,以便为新的II期进行并渠。

如将新II期厂址规划在原I期位置,无法进行扩渠引水(无空间),II期厂址上移存在水头损失,渠道面将更宽。如果将新的II期厂址规划在原来的I期位置,将无法进行扩渠引水,因为空间有限。而如果将II期厂址上移,会使得渠道面积变得更宽,导致水头损失。

基于上述情况,建议优先修复原II期方案,并利用预留的机坑,迅速形成供电能力。随后逐步修复原有机组,包括老的I期厂房。在完全修复后,预计发电量将在37.5MW至40MW之间。

该修复方案具有以下优点:成本低、见效快,并满足前期矿建和水电站建设中节省大量能耗成本的需求。同时,该方案充分利用电站的旧有设施,符合与股东方的合同要求。在修复电站的基础上,还规划了新的II期扩容方案,充分利用水资源,将电站的装机容量扩大至150MW。

参考文献

[1] 俞扬, 韦学军, 卢志卿, 吉祖湛. 论水利工程机电设备安装的施工与管理[J]. 工程建设与设计, 2020, (17): 208-209+212.

[2] 狄瑞. 浅谈水利水电项目设计质量稽查工作运用[J]. 水利技术监督, 2020, (05): 65-66+133.