

混流式水轮机导叶漏水分析及处理

黄隆志

(华电宝珠寺水电厂,四川广元 628003)

摘要: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 $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ 降低到 $0.408 \text{ m}^3/\text{s}$,按照机组年均停机时间计算,全年可增发发电量140万千瓦时,基本达到了项目预期。

关键词:水轮机;导叶漏水;水量测量;危害;处理

中图分类号:TK733+.1;TK736;O655.9

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)05-0113-02

1 概述

宝珠寺水电站位于四川省广元市境内,是嘉陵江水系白龙江干流上第二座水电站,安装四台单机容量为175 MW混流式水轮发电机组,总装机容量700 MW,1996年12月首台机组投产发电,电站具有不完全年调节能力,担负着四川电网调峰调频和事故备用的任务。

水轮机主要性能特性及技术参数如下:

型号:HLD89-LJ-500

设计水头:84.4 m

最低水头:68.5 m

最高水头:103 m

设计流量: $239 \text{ m}^3/\text{s}$

额定出力:178.6 MW

额定转速:136.4 r/min

飞逸转速:275 r/min

水轮机轴向水推力:8044 kN

吸出高度:-3 m

水轮发电机由东方电机股份有限公司设计、制造,过去由于导水机构制造受设计、工艺、材料和生产能力的局限以及机组长时间不良工况下运行等因素影响,设备老化问题日趋严重,尤其是机组导叶漏水量逐年增大,机组经常出现蠕动问题,严重影响机组安全,因此有必要对机组的导叶漏水问题进行处理。

2 导叶漏水量测量

导叶漏水量的测量方法有多种,较简单和传

统的测量方法是容积法。容积法测量主要是在关闭进口阀门的情况下,通过测量钢管压力在一定时间内的变化情况,然后根据已知管道的相关参数进行计算,从而求得导叶的漏水量。国家规范:GB/T 15468-2006水轮机基本技术条件5.7.1条规定,在额定水头下,圆柱式导水机构漏水量不应大于水轮机额定流量的3‰。我厂标准限值: $0.717 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

测点主要为导叶进口处的压力测量点,以及试验开始和结束的时间。根据上述的测量原理和测点布置情况,通过计算可以求得导叶漏水量,计算公式如下: (m^3/s)

$$Q = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times (p_1 - p_2) \div (g \times \rho) \right) \div (t_2 - t_1)$$

式中 Q 为导漏水流量; g 为重力加速度; D 为钢管直径(内径6m); ρ 为水的密度; P_1 为开始时刻测量处压力; P_2 为结束时刻测量处压力; t_1 为初始时刻的时间; t_2 为结束时刻的时间。

按照容积法对14F机组导叶漏水量进行30分钟测量,蜗水压由0.80 MPa降至0.32 MPa,将测量数据代入公式计算,该机组导叶漏水量达到 $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$,已超过标准限值。

3 导叶漏水产生的危害

导叶漏水量是评判高、中水头水轮机安装和检修质量的标准之一。机组停机备用期间,水轮机导叶漏水不仅浪费水能资源,过大的漏水量还将影响机组的正常操作,造成设备损坏,具体表现如下:

收稿日期:2017-09-29

3.1 水资源的浪费

受水库来水减少及电网装机容量逐年增加等因素影响,机组停机备用时间已达到5 000小时以上,按照处理前的漏水情况进行计算,全年4台机组损失的电量达到1 000万千瓦时。

3.2 加快导叶及过流部件气蚀

由于导叶端面、立面间隙的存在,当水流经过较为狭小的导叶间隙时,水流速度会突然变化,这会引发局部压力降低,当压力降低到当前温度的汽化压力时,就会出现空化和空蚀现象,对机组过流部件造成破坏。

3.3 影响停机甚至烧瓦

机组停机时,过大的间隙造成的漏水会有很大的射流速度,特别是制动气压压力较低或制动闸块磨损较严重的情况下,机组转动部件将长时间低转速转动,影响机组正常停机,加重各轴承部件的磨损,甚至轴瓦烧毁。

4 漏水原因及处理

4.1 导叶立面间隙过大

修前数据中,大部分导叶立面间隙较大,且部分间隙长度已超过导叶总长度的25%。利用机

组解体检修机会,对导叶大小头立面止水面进行镶焊不锈钢条、精刨处理,从而保证立面间隙的密封要求;在满足技术要求的前提下,对接力器压紧行程(5-7 mm)按上限进行调整。

导水机构安装完成调速器建压后,参照修后初次导叶立面间隙测量数据,通过分布法对导叶立面间隙进行调整,用0.05 mm的塞尺检查通不过。

4.2 导叶端面间隙过大

底环表面属于精加工面,经过多次的局部补焊打磨处理,现底环抗磨板表面存在不平整现象,严重影响底环安装水平的测量和调整。鉴于底环变形情况,对底环抗磨板返厂加工0.30 mm,为满足安装尺寸要求,在底环抗磨板上加工环形槽,安装弹性密封(见图1),补偿加工量,同时对导叶下端端面间隙进行补偿;端面间隙调整时按厂家设计下限选定,端面间隙按设计图纸要求(0.25-0.60 mm)的下限值调整,同时对影响端面间隙的导叶进行打磨,预装,对套筒下部压垫环进行了整体更换。

底环组装好后进行水平测量,底环测量面符合要求,顶盖与底环的平行度偏差在0.05 mm/m以内,符合安装技术规范要求,端面间隙偏差较小。

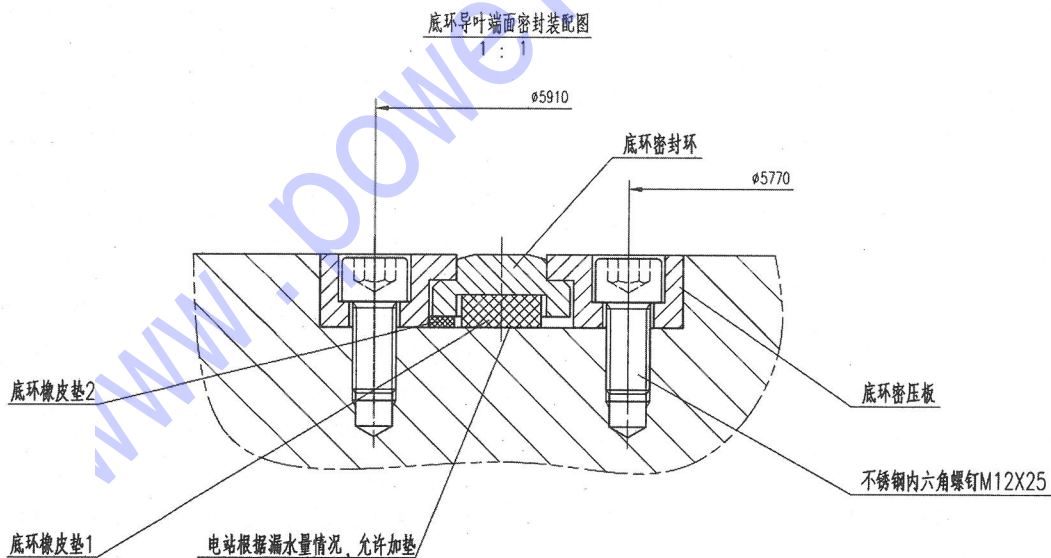


图1 底环导叶端面密封装配图

4.3 导叶轴颈密封损坏

导叶轴颈密封主要是防止蜗壳中的水进入顶盖和防止水中的泥沙进入套筒,以免磨损轴颈和轴套,分为中轴颈密封和下轴颈密封两类,轴颈密封件在安装及运行过程中极易损坏,从而引起导叶套筒漏水。在检修过程中主要从两方面进行控

制,一是O型密封材料的选择,二是密封件及导水部件安装质量的控制。

4.4 机组运行工况差

我厂作为四川电网调峰调频电厂,平均每月单机开停次数为60次左右,负荷调整次数上百
(下转第117页)

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 m³,节约费用约 2 万元;少填筑道路土方量 5 万 m³,节约资金 20 万元^[4]。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 m³/s 降低到 0.408 m³/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)