

探讨灯泡贯流式机组导叶外环磨损原因及处理

孙 政

身份证号码: 352201199509190039

摘要: 导水机构是水轮发电机的关键组成部分,其工作状况直接关系到机组的整体稳定性和安全性。在导水机构中,控制环承担着控制导叶开度的作用,控制环与导叶外环直接接触,导叶外环承担着摩擦扭矩和操纵力,导叶外环在电站的正常运行中有着无可取代的地位。其运行状况直接影响到机组整体的安全和稳定。所以,做好导叶外环的维修和定期保养是非常必要的。本文通过导叶外环的磨损实例,对其产生磨损的原因进行了剖析,并针对其存在的问题,给出了一些行之有效的处理方法和防范方法。

关键词: 灯泡贯流式; 导叶外环; 抗磨块

Discuss the causes and treatment of outer ring wear of guide vane of bulb tubular unit

Zheng Sun

Id No.: 352201199509190039

Abstract: Water guide mechanism is a key part of hydrogenerator, its working condition is directly related to the overall stability and safety of the unit. In the water guide mechanism, the control ring plays the role of controlling the opening of the guide ring, directly contacting the outer ring and the outer ring bearing the friction torque and control force. The outer ring has an irreplaceable position in the normal operation of the power station. Its operating condition directly affects the overall safety and stability of the unit. Therefore, it is very necessary to do well in the repair and regular maintenance of the guide leaf outer ring. This paper analyzes the causes of wear in the outer ring of the guide leaf, and gives some effective treatment methods and prevention methods.

Keywords: Light bulb tubular type; Guide leaf outer ring; Anti-grinding block

引言:

自我国经济体制改革开放后,人民的物质生活逐步改善,各种电器产品进入了千家万户,电力供应的短缺问题日益凸显。要保证电网的正常运行,既要科学、合理地利用电力资源,又要大力发展电力工业。基于此,本文主要以灯泡贯流式机组为研究对象,通过对导叶外环磨损原因分析及处理研究,以期能为同类机组提供一些参考。

一、灯泡贯流式水轮发电机组概述

贯流式水轮机组最大的特点就是其导水机构、转轮、定转子等主要部件必须设置在同一水平轴上,是一种很适合低水头、大流量水能资源的理想机型。而贯流式机组中也包含多种型号,其中灯泡贯流式机组应用最多,适应性也更好。灯泡贯流式机组为水平结构,其无蜗壳,

施工时掘进也比较少。然而,这种机组也有用水量、油系统复杂、安装维修困难等问题。

二、工程概况

某水电站是一座总装机102兆瓦的灯泡贯流式水电站。该机组型号为GZ(836)-WP-535,具有4片桨叶,最大水头19.9m,额定水头15.4m,最小水头8.1m。导水机构包括活动导叶,内外导水环,拐臂,弹簧安全杆,直连杆,控制环,接力器。如附图1所示,控制环是在导叶外环上直接安装的,控制环和导叶外环的滑动面为轴承式,而控制环抗磨块则是由轴向抗磨块和径向抗磨块构成的。该接力器为直缸摇摆式接力器,其直径为350毫米,行程为1159毫米,在接力器的闭合部分设置一个缓慢的闭合机构。接力器前缸盖耳柄与控制环用柱销连接,而接力器后缸盖的铰链与基部之间由一根柱

销相连接。

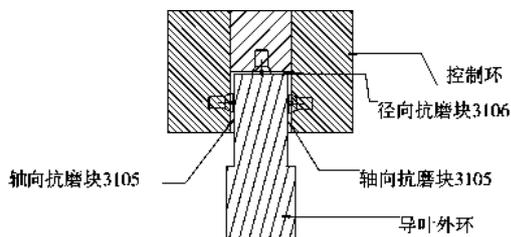


图1 导叶外环装配图

三、导叶外环磨损严重

在对1号机组进行大修时，通过塞尺校验，结果显示，在导叶闭合情况下，轴向抗磨块的总间隙为0.40~1毫米（如图2所示，设计图中规定的两侧空隙为0.13~0.27mm），轴向抗磨块和导叶外环的间隙异常。对其进一步检查，找到下列问题：

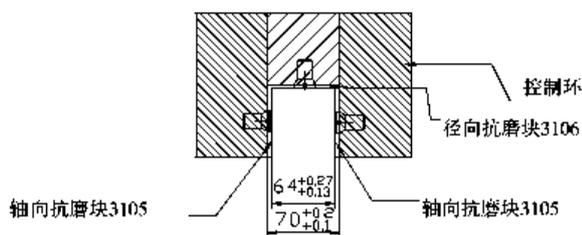


图2 控制环装配尺寸

1. 导叶外环底部有轻微的毛刺和高点，下游侧表面有较大的凹槽形刮伤，部分有1mm的深度。将导叶外环均匀地分成8个点，在导叶完全打开的情况下，用25~100mm的外径千分表进行磨损量测量。外径大小见图3。

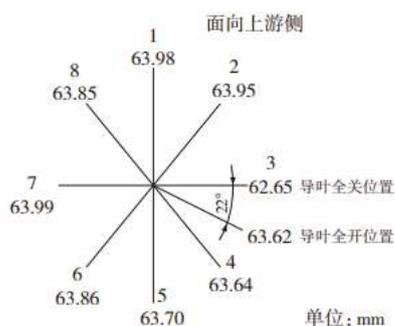


图3 导叶外环磨损及分布情况

2. 左岸下游侧轴向抗磨块磨损严重，控制环分瓣组合面处径向抗磨块磨损较严重，而控制环的主体没有明显磨损^[2]。

四、磨损可能原因分析

1. 导叶外环的竖直性不符合规定

导叶外环的竖直性不符合要求，使导水机构的外环和控制环的外环发生脱节，从而加重了导叶外环的磨损。

2. 左右岸接力器与控制环不同心

1号机组1号和2号接力器拆卸维修期间，经现场检查，发现1号机组的导叶接力器基础安装有问題。导致控制环和左岸接力器不在一个中心，接力器连接控制环后动作时，控制环与导水外环接触面间隙异常。

3. 直缸摇摆式接力器后缸盖底座窜动

接力器为直缸摇摆式，接力器后缸盖铰链采用球轴承套和圆柱销与基础相连。接力器工作时，接力器的活塞杆不会摇晃，而接力器的油缸会随着开关动作而摇晃。在装配时，接力器后缸盖铰链板与底座两侧间隙基本相等。检修时，发现接力器后缸盖铰链与底座两侧间隙有明显的不正常（如图5所示）：接力器底座与接力器后端盖铰接板之间出现上游侧间隙G1偏大，下游侧间隙G2偏小的情况，接力器动作时会产生向上游侧窜动的情况。两侧接力器同时上窜产生的力矩作用在控制环上，加剧了导叶外环的磨损。

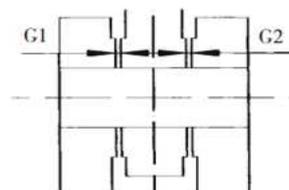


图5

4. 导叶外环与控制环之间轴向配合摩擦力过大

导叶外环直径为 $\Phi 5904$ 毫米，具有16对的耐磨片。接力器的液压压力P为6.3MPa，两个接力器的线性间距L为7190毫米。单侧接力器的压力等于垂直作用于流体或固体界面单位面积上的力。所以通过以下公式： $F=P \times S=1/4P \pi D^2=6.3 \times 10^6 \times 3.14 \times 0.35 \times 0.35 \div 4=6.06 \times 10^5 N$ 。力矩大小 $M=F \times L=4.36 \times 10^6 N \cdot m$ ，抗磨块与导叶外环之间的摩擦力矩 $M_f=8 \times f \times 5.904$ 。当接力器的主动力矩等于抗磨块摩擦力矩时，抗磨块与导叶外环之间的摩擦力f最大， $f_{max}=9.23 \times 10^4 N$ 。抗磨块尺寸为长140mm \times 宽45mm，抗磨块单位面积受力 $\sigma_s=f_{max} \div s=14.65 N/mm^2$ 。

五、处理方法

根据磨损的可能成因，对机组进行了检修，并对其进行了如下处理：

1. 对于导叶外环的竖直性不达标的问题，我们在导叶外环（抛光面）上选择4个圆点，对测量点表面存在的高点毛刺进行处理，并用酒精擦拭，防止测量面存在杂质，从而降低了测试结果的准确性。测量过程中握持框式水平仪副测面内侧，使水平仪平稳、垂直地（调整气泡位于中间位置）贴在工件的垂直平面上，然后从纵

向水准读出气泡移动的格数，在相同的位置调转水平仪进行测量读数，测量数据为0.043mm/m、方向-X偏-Y，导叶外环垂直度满足安装要求（0.05mm/m）。测量数据见图6。通过图3可知3点位于控制环全关位置，控制环逆时针旋转22.262°达到导叶全开位置。导叶外环磨损集中于接力器开关行程内，且磨损位置方向与导叶外环垂直度方向不一致。故排除导叶外环垂直度不合格引起的导叶外环磨损。

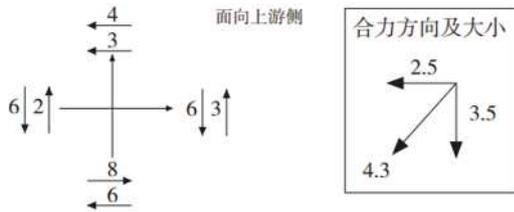


图6 导水外环垂直度

2.拆卸左、右端接力器和基座上的销钉，吊出接力器。拆卸基座的锚固螺钉并将基座吊起。将底座清理干净。基座转动180度，固定螺钉，并测基座的水准，基座的横向数值为0.035毫米/米（0.05毫米/米），基座中心和座环外侧凸缘的间隔为1890毫米，符合装配需求（1891±1.5毫米）。

3.对接力器后缸盖的球芯支座进行检测，确保其内部没有任何毛刺和刮伤。清洁球心球面，可轻易用双手转动。接力器基座的柱销用特殊的清洁液（可赛新1755）清洁，然后打磨其表面的刮痕。接力器拆装后进行动作试验，测试的压力为6.3MPa，接力器在整个行程中开关动作2~3次，并检验接力器的动作是否流畅、是否灵敏。在实际操作时，对两个接力器进行了测试，其中左边的接力器的实际行程是1158毫米，而右边的接力器是1159毫米。两边的接力器的行程偏差不大于2毫米，符合设计的需要。进行接力器耐压测试，测试压力为工作压力的1.5倍，保压30分钟。通过耐压测试后，接力器进行泄压，接力器上吊回装，在接力器后缸盖铰链和接力器基座G1上增加一个圆形的垫圈，该垫圈材料是Q235钢。重测接力器后缸盖的铰链和基部的两边间隙G1，G2，间隙如表1所示。

表1 接力器后缸盖铰链板与底座间隙

	G1（上游侧）	G2（下游侧）
左岸接力器（带锁定侧）/mm	5.60	5.45
右岸接力器/mm	5.60	5.70

4.为了提高外环工作状态，新增设了14对防磨片。改进后抗磨块的受力为： $F_1 = P \times S = \frac{1}{4} P \pi D^2 = 6.3 \times 10^6 \times 3.14 \times 0.35 \times 0.35 \div 4 = 6.06 \times 10^5 \text{N}$ 。力矩大小 $M_1 = F \times L = 4.36 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{m}$ ，抗磨块与导叶外环之间的摩擦力矩 $M_{f1} = 15 \times f \times 5.904$ 。在接触力矩与导叶外环的摩擦力 f_1 相等时，抗磨块与导叶外环之间的摩擦力 f_1 最大， $f_{\max 1} = 4.92 \times 10^4 \text{N}$ 。抗磨块尺寸为长140mm×宽45mm，抗磨块单位面积受力 $\sigma_1 = f_{\max 1} \div s = 7.8 \text{N/mm}^2$ 。 σ_1 远小于 σ_s ，达到改善导叶外环运行工况的目的^[3]。

更换控制环径向和轴向抗磨块，在安装控制环前将固态润滑二硫化钼均匀地涂于径向抗磨块上，以减小摩擦力。在控制环的分瓣面装配过程中，通过调节控制环各分瓣组合面，将相关配件配合到控制环组合面40×100的弹簧销中，然后将螺钉M30×140和螺母M30拧紧。对装配面进行检查，确认是否有空位和错位，当控制环的分瓣装配完成后，对轴向抗磨块的间隙进行测量和调节，使其达到设计的要求。

六、结语

进行控制环动作试验，控制环动作灵活无卡塞及摆动现象。从试验的结果来看，取得了初步的成果。为保证不会发生同样的问题，我们还采取了如下的措施：

（1）定时对导叶外环和控制环的间隙进行检查，与以往数据进行比较，并进行磨损分析，以便进行维修。

（2）对于稀缺需进口的备件及时储备，防止因备件不足影响设备运行。

参考文献：

- [1]田树棠.贯流式水轮发电机组及其选择方法[M].北京：中国电力出版社，2020.
- [2]蒋光兵，杨志杰.飞来峡水电站水轮机控制环部件磨损与处理[J].水利科技，2019（02）.
- [3]张诚，陈国庆.水电厂检修技能丛书：水轮发电机组检修[M].北京：中国电力出版社，2019.