大黑汀电站1#机组转轮扫膛原因分析与处理方法

刘建波　武金辉

（海委引滦局大黑汀水库管理处电站　　河北迁西　064309）

｛作者简介:

刘建波　（1974～）男 汉族　江苏徐州人　高级工程师 工程硕士学位 河海大学水动专业毕业　从事电站日常管理和技术工作　　联系电话:（0）13623251036　0315－5896272（办公室）　电子邮箱: liujb_019@yahoo.com.cn; 通讯地址: 河北省迁西县大黑汀水库管理处。邮编: 064309。）

武金辉　（1974～）　女　河北抚宁人　高级工程师　河海大学水动专业毕业　从事电站机电设备的检修维护工作; 通讯地址: 河北省迁西县大黑汀水库管理处。邮编: 064309。）

｝

摘　要: 论述了大黑汀电站1#机组转轮扫膛事故前后现象及原因分析，并提出了解决问题的改进措施。在机组大修期间仔细分析和检查设备异常情况，根据发现的情况制定了详细的处理方案，有效解决了机组转轮扫膛现象。

关键词: 转轮　扫膛　处理　效果

大黑汀水电站1#机组是天津发电设备厂1975年制造的产品，机组容量为3.2MW。水轮机型号为ZZ560-LH-250，发电机型号为TS425/32-32；1987年投入运行，1997年10月进行第一次扩大性大修。2004年底出现转轮桨叶漏油问题，2005年月10月在末进行大修的情况下更换了 “λ”密封，2008年9月发现集油槽透平油乳化。2008年12月，利用停机时间，对转轮桨叶漏油情况进行了全面检查，发现桨叶在操作过程中有明显的漏油现象，同时发现转轮室圆周上有高约15cm的一圈光亮的圆环，经进一步检查和分析，确定为1#机组转轮存在着扫膛现象; 机组已不能安全运行。大黑汀电站1#机组2010年2月3日至2010年6月28日进行扩大性大修，在机组大修期间仔细分析和检查设备异常情况，根据发现的情况制定了详细的处理方案，有效解决了机组转轮扫膛现象。

1 转轮基本参数及转轮内部结构

1.1 转轮基本参数

型号	ZZ560-LH-250
出力	3371KW
设计水头	11M

额定流量	37M³/秒
额定转速	187.5r/min
飞逸转速	403r/min

1.2 桨叶工作原理

轴流转桨式转轮主要由桨叶、轮毂和转轮接力器组成。

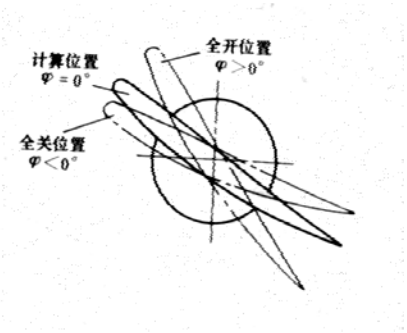

图 3

操纵桨叶转动的接力器，安放在轮毂内。控制转轮接力器活塞作往复运动的压力油通过操作油管输入，操作油管由不同管径的无缝钢管组成，并安装在主轴内。操作油管上部与受油器相连接，从油压装置输送来的压力油和回油都通过受油器进入和流出操作油管。

2 机组解体过程中检查发现的异常现象

2.1 测量数据异常现象:

（1）机组修前盘车显示水导瓦摆度超标，接近 70 多道;

附表 1: 机组拆前盘车技术数据

工程名称: 大黑汀电站 1#机组扩大性大修工程拆前盘车数据										
测量部位		方位	测点编号							
			1	2	3	4	5	6	7	8
记录	水导 c	+X	36	22	-8	-33	-2	0/2	25	32
全摆度	**相对轴号**		**1-5**		**2-6**		**3-7**		**4-8**	
	水导Φc	+X	38		22		-33		-65	
净摆度	**相对轴号**		**1-5**		**2-6**		**3-7**		**4-8**	
	水导-下导 Φcb	+X	44		22		-37		-72	

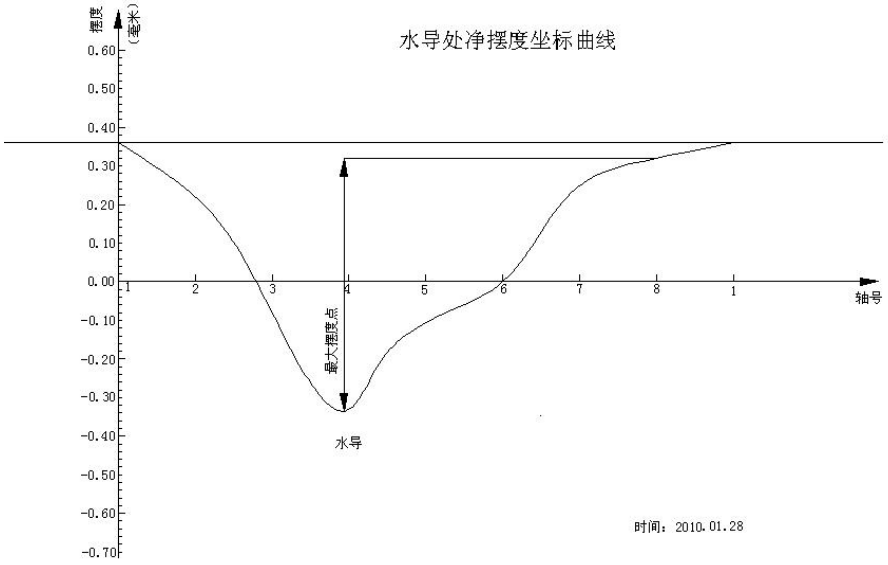

图 4 拆前水导处净摆度坐标曲线

（2）转轮室与叶片之间的间隙拆前已经测量，而且最小间隙为 160 道；轮毂与支持盖之间的间隙最小值为 50 道；

（3）水导瓦与水轮机主轴轴领的配合间隙最大为 40 道；图纸要求水导处的总间隙为：0.17-0.30mm；

（4）2010 年 4 月 10 日中午，天发厂提供了转轮组装完成后进行转轮静平衡试验的技术数据如下：1#叶片配重 1.36 公斤；4#叶片配重 3.92 公斤；严重超过图纸不大于 0.4 公斤的要求，转轮静平衡不合格。

2.2 检查设备发现的异常现象

（1）上机架及下机架的定位销及固定螺栓变形严重，个别定位销需要重新进行加工，固定螺栓六个边需要进行加工；

（2）上导瓦：有 2 块上导瓦磨损严重；

（3）推力瓦：有 1 块推力瓦出油边的右上角出现开裂现象，并且有块约 4cm^{2}的巴氏合金脱落；

（4）下导瓦：有 2 块下导瓦磨损严重；

（5）水导瓦：水导瓦的斜对称方向出现了严重磨损；

（6）水轮机主轴及转轮吊出后，检查水轮机转轮联接法兰处及转环没有摩擦痕迹；观察支持盖处没有摩擦痕迹；

（7）转轮 2#、3#叶片边缘摩擦痕迹比较严重，1#叶片外缘有 2 处比较小的摩擦痕迹，4#叶片外缘没有摩擦痕迹。

（8）转轮室磨损并不严重，从测量机组中心的数据来看，转轮室（上、下）两个断面的

数据比较均匀，而且从转轮室不锈钢衬板面来看，还有加工的纹路，转轮室磨损不太严重，只是有一圈光亮的摩擦痕迹，扫膛现象肯定存在。

图 5 叶片与转轮室之间扫膛痕迹（修前检查）

图 6 转轮室扫膛痕迹（修前检查）

3 转轮扫膛原因分析

（1）机组修前盘车时，设专人在转轮室搭设的平台上监视机组在盘车时桨叶运转情况，发现桨叶与转轮室壁有摩擦现象，通过分析机组修前盘车记录，发现水导处最大摆度为 80 道，超出标准 2 倍多，所以水导处摆度严重超标是引起转轮扫膛的一个原因。通过测量发现轴领的配合间隙明显增大，达到了规程要求的上限，由于水轮机导轴承的主要作用是固定机组的轴线位置，承受由水轮机主轴传来的径向力和振动力。所以水导处摆度大，总间隙也大，导致了转轮处摆度增大。

（2）2010 年 3 月 17 日，转轮解体后，现场查验了转轮分解后的部件，发现拐臂与连杆销之间有 1mm 左右的缝隙，所以叶片与推力轴套是可以活动的，即叶片在运转过程中沿着叶片中心线方向有 1mm 的活动间隙，造成了叶片在间隙小处与转轮室壁摩擦后又缩进去，到了间隙大的地方由于离心力的作用又出来。所以，叶片磨损严重，而转轮室壁磨损不严重。

（3）2010 年 3 月 10 日下午，根据天发厂提供的转轮各轴套配合间隙技术数据分析，发现叶片轴套处出现向下倾斜的趋势，而且有 40 多道的间隙，造成叶片向下垂，叶片上边缘尺寸超出了运行状态下的球面，而且直径变大；机组在运行过程中，叶片受到水压力，向下垂的趋势更加明显，所以在机组运行中心线以上部位出现了扫膛痕迹。因为机组正常运行在座环水平面下部 500mm 处，但是这次测量扫膛痕迹在座环水平面下部 400mm 处，所以由于叶片下垂，造成运行球面的直径发生变化而造成扫膛。

（4）静平衡不合格：转轮静平衡不合格会使转轮重心偏离旋转中心，而形成一个质量偏心，当转轮旋转时，就会产生不平衡离心惯性力，引起转轴的弓状回旋，增加轴承的磨损，降低机械效率，形成转轮和轴承的振动。1#机组转轮扫膛现象与转轮静平衡不合格有很大关

系，由于静平衡数据严重超标，而且是 2#、3#叶片偏重，从转轮扫膛的痕迹上发现 2#、3#叶片磨损比较严重，由此可以推断 2#、3#叶片的偏重，导致这两个叶片的不平衡离心惯性力变大，此处的叶片摆度和振动增大，导致与转轮室摩擦出现扫膛现象。

综上所述，造成 1#机组转轮扫膛的原因不是单方面的，而是有诸多因素综合在一起造成了扫膛现象；水导处摆度超标、转轮静平衡不合格、叶片在 1mm 的范围内窜动以及叶片轴套磨损严重使叶片下垂等因素，再加上水流的不稳定性，造成了转轮叶片扫膛现象。

4 处理方法

（1）转轮返厂解体后，对拆下来的轴瓦及操纵机构的配合尺寸进行测量及分析，更换了转轮内部的全部轴套。

（2）通过测量转轮室圆度，确定转轮室圆度符合技术要求。转轮室的上端与底环相连，下端与尾水管里衬相连。转轮室的形状要求与转轮叶片的外缘相吻合，以保证在任何叶片角度时叶片和转轮室之间都有最小的间隙。

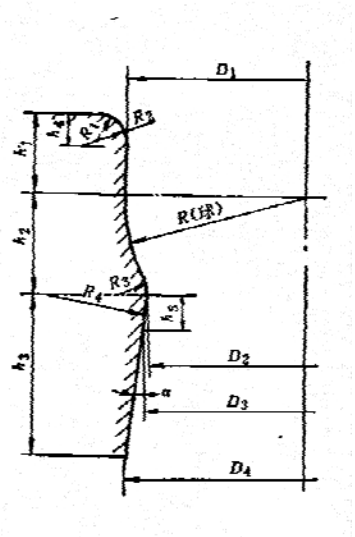

图 7 转轮室的流道尺寸

（3）通过对导水机构进行全面的检修，包括更换了新型的活动导叶轴套，活动导叶除锈刷漆及进出水边修理等工作，提高了活动导叶的密封效果和灵活性，保证机组运转过程中的水流稳定性。

（4）在机组回装过程中，严格按照机组检修工艺进行机组装配，特别是机组中心调整、各部瓦间隙分配等关键工序严格按照检修标准执行。本次机组回装过程中，用水准仪观测方法重新调整了推力瓦的高程，调整了镜板与推力头之间的绝缘垫，调整了 8 块推力瓦的受力情况，使机组各部位的摆度控制在标准要求的最小范围内。

（5）通过反复打磨 2#、3#叶片背部和静平衡试验，最终使转轮静平衡符合图纸要求。

5 处理效果

通过本次机组扩大性大修工程查明了引起转轮扫膛的原因，并采取了相应的措施有效解决了机组扫膛问题。机组开机试运行自 2010 年 6 月 23 日开始，2010 年 6 月 29 日上午 9 时 30 分结束。2010 年 8 月 14 日，利用机组停机期间，抽空尾水，打开尾水进人孔，检查转轮室及转轮在机组运行后的现状，没有发现转轮扫膛现象。

通过此次机组扫膛原因分析及采用有效的处理方法，解决了机组转轮扫膛现象，达到了预期的效果。

附：机组运行后检查转轮室时所拍摄的照片。

图 8：1#叶片与转轮室之间现状

图 9：3#叶片与转轮室之间现状

图 10：1#叶片出水边与 2#叶片进水边之间

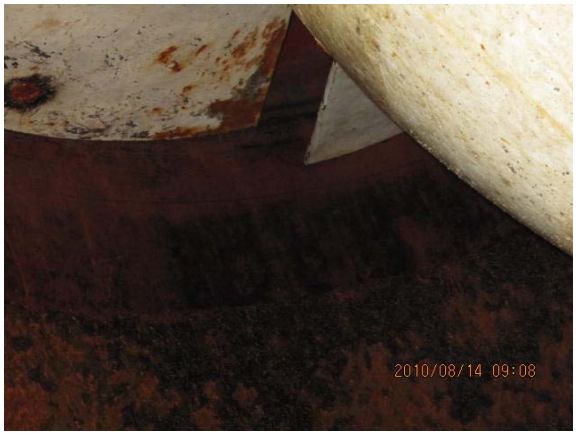

图 11：2#叶片出水边与 3#叶片进水边之间