

象鼻岭水电站2号机组轴线折弯情况分析处理

卢宇

贵州省国家电投集团贵州金元股份有限公司象鼻岭水电站 贵州威宁 553107

摘要: 文章以象鼻岭水电站2号混流式水轮发电机组为研究对象, 对该机组A等级检修过程中机组盘车数据进行分析与讨论, 内容主要包括机组在检修过程处理轴线的目的, 总结机组摆动的原因, 机组轴线处理的步骤与具体内容, 机组双摆度的分析计算与轴线处理, 严格按照行业规定调整机组轴线, 确保机组安全稳定运行。

关键词: 混流式水轮发电机组; 机组A等级检修; 机组轴线; 双摆度

Analysis and treatment of axis bending of No.2 unit in Xiangbiling Hydropower Station

Yu Lu

Xiangbiling hydropower station of Guizhou state power investment group Guizhou Jinyuan Co., Ltd., Weining County, Guizhou, 553107

Abstract: Taking the No. 2 hybrid hydro generator unit of Xiangbi Ling Hydropower Station as the research object, this paper analyzes and discusses the data of the unit's wheel during the A-grade maintenance process. The content mainly includes the purpose of the unit handling axis in the overhaul process, a summary of the reasons for unit swing, unit axis processing steps, and specific content, unit double swing analysis calculation, and axis processing, strictly in accordance with the industry regulations to adjust the unit axis, to ensure the safe and stable operation of the unit.

Keywords: Francis turbine generator unit; Unit A grade maintenance; Unit axis; Double pendulum degrees

1. 概况

象鼻岭水电站是隶属国家电投集团贵州金元股份有限公司的水电站, 位于我国云贵省交界地段的牛栏河江上, 象鼻岭水电站同时是位于金沙江右岸一级支流的牛栏河流域梯级电站之中的第三级水电站, 大坝为碾压混凝土双曲薄拱坝。电站总装机240MW, 单机额定出力120MW, 转轮型号: HLT180a-LJ-4370, 发电机型号: SF120-36/9540, 设计水头: 101米, 额定转速: 166.7r/min。

2. 水轮发电机组轴线处理的目的

在水轮发电机组运行的过程中, 会受到来自于水、机械、磁等力的作用, 从而导致机组各部分发生振动, 当振动超出正常范围时有可能导致机组损坏, 威胁到水电站的安全稳定生产。所以在检修安装中, 把机组轴线调正, 将机组运行时的振摆控制在允许的范围内, 使机组的安全稳定运行。

3. 机组振动的主要原因

3.1 水力干扰。这也主要的是由于转轮中心轴线不

正、转动中心与固定止轴漏环的圆度相对较差、转轮叶型的不对称等原因引起。

3.2 发电机转子重量、转轮重量的不平衡。一般产品在出厂运行前一般都会要进行一次水蜗轮重量分布的静平衡性试验检测及称重处理, 保证其水蜗轮重量与静平衡力的符合相关标准。组装转子时, 为达到保证其均衡地分布其重量的目的, 磁极等设备一般也都是经称重试验后进行对称平衡配置安装的, 不过由于单个转子本身的相对重量、直径等很大, 无法保证达到对称平衡, 所以通常要先通过在整个机组安装结束后的试运行中, 进行动平衡试验处理, 才能解决。

3.3 电磁干扰的力。这一点主要考虑是由于定子端面与转子空气间隙分布不很均匀所致引起。

3.4 轴线处理与调整情况不好。

4. 机组轴线调整需要具备的条件

4.1 水轮机部分

(1) 底环抗磨板、导叶安装完成;

- (2) 将水机主轴与转轮吊装完成;
- (3) 将顶盖、接力器、控制环、导叶套筒吊装完成;
- (4) 水导油盆、水导轴承座、水导轴承法兰、水导油箱回装完成;
- (5) 将主轴密封回装时, 要在轴线位置找平正畸后才能完成正式安装。

4.2 发电机部分

(1) 下机架, 推力轴承、下导轴承安装完成技术指标符合规范要求;

- (2) 转子下端轴、转子吊装至安装部位;
- (3) 上机架, 上导轴承等安装完成并符合规范要求。

5. 机组轴线调整的准备工作的

5.1 转动机械部件表面上堆积的灰尘杂物均应一次性清除处理完毕, 检查机器所有可转动机械部分及与机器固定部分之间均无卡阻, 水发联轴法兰处应将漆面清理干净, 各导轴承及轴领应擦拭干净, 保证无高点及异物。

5.2 盘车装置使用前还需注意先是要保证把机组转动的中心部分应尽量地推到与止漏迷宫环空气间隙相等的最近中心位置, 保证转轮与机壳上、下端面的与止漏环间隙面积大小及与空气间隙大小应达到尽可能地接近而均匀, 并且同时还要尽可能保证镜板水平。

5.3 安装各导轴瓦, 通过各导轴瓦抱住轴领间隙在 0.03-0.05mm 内, 限制主轴的径向位移。推力瓦间隙、各导轴领处要涂抹凡士林或者猪油作润滑剂。

5.4 在每一处导向轴承处、法兰盘处, 对称划线分成八等分并按照顺序编号, 各处标记要竖直对齐。

5.5 在每一处导向轴承、法兰盘处、补气管处、集电环处, 根据平面垂直坐标轴 +X、+Y 两方向依次各分别安装 2 只百分表, 测量摆度值。百分表测杆应留有 5mm 变化量程, 大针调零、小针调至 5mm。

5.6 各项准备工作全部结束完成之后, 各处的百分表派出专人负责监护及记录, 使用电气盘车慢慢地旋转, 并且及时准确的停止在各等分线被测点位置上记录百分表读数, 如此逐一测出八点的读数。

6. 机组双摆度测量计算

6.1 机组轴线主要是由机组上下四段的轴段所组成, 上端轴、转子、下端轴、水机轴。水轮发电机组轴线处理是机组在厂房机坑内的其他总装调试工作做完后要通过安装盘车装置整体盘车来检查整个机组的安装的轴线位置, 同时对此轴线进行相关技术检查处理, 一般安装检查工作流程都是将安装的整个机组通过用安装的盘

车驱动装置驱动整个轴进行缓慢均匀地单方向旋转, 每一处导向轴承、法兰盘处、补气管处、集电环处的所产生的摆度值, 分析出所产生的摆度大小以及是否能完全地符合机组设计安装使用的有关规范, 判断轴线的折弯和方位, 处理超出机组安装轴线规范要求的折弯部位。盘车测量机组定子和转子之间的空气间隙及水轮机转轮与顶盖、底环间的止漏环间隙, 分析并可判定机组各处轴线垂直度、机组部件同心度、圆度。

表 1 机组轴线允许的摆度值

轴名	测量部位	摆度类别	轴转速 (n) r/min				
			n < 150	150 ≤ n < 300	300 ≤ n < 500	500 ≤ n < 750	n ≥ 750
发电机轴	导轴承处轴颈及法兰	相对摆度 mm/m	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
水轮机轴	导轴承处轴颈	相对摆度 mm/m	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02
发电机轴	集电环	绝对摆度 mm	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10

由专人指挥, 给转子通电, 顺时针依次按 1 号磁极旋转每 45° 就记录各测量点百分表读数。每次记录百分表读数前, 应断开盘车控制柜至转子磁极电源, 然后, 读取百分表读数, 做好记录。当转子转至 360° 时, 检查百分表回零情况, 如果偏差较大, 应立即查明原因。重复以上盘车步骤进行第二次盘车, 读取百分表读数, 做好记录。

对所测量数据进行计算分析, 检查是否符合盘车质量标准要求, 如果测量部位摆度及折弯不能满足技术要求, 应根据实测数据, 计算各测量部位的最大偏差及方位, 并进行调整。盘车数据如下:

表 2 第一次盘车各部位数据

部位	测点百分表读数								
	方位	1	2	3	4	5	6	7	8
上导	Y	1	9	8	-2	-6	-1	0	-1
	X	3	10	7	-1	-5	-1	0	1
补气管	Y	0	-11	-49	-74	-90	-85	-55	-21
	X	52	44	15	-20	-35	-29	1	33
集电环	Y	0	17	20	13	9	9	4	-1
	X	-1	11	14	9	8	7	1	-2
上端轴	Y	0	3	3	-13	-21	-21	-15	-8
	X	0	19	18	10	41	0	1	7
下导	Y	0	2	5	9	9	5	5	2
	X	0	-2	0	2	4	5	1	3

部位	测点百分表读数								
	方位	1	2	3	4	5	6	7	8
水机轴上法兰	Y	-1	11	9	0	-13	-18	-19	-12
	X	11	10	9	5	4	2	1	7
水机轴下法兰	Y	-2	7	7	2	-7	-9	-10	-10
	X	6	5	3	1	2	2	2	6
水导	Y	0	2	2	2	0	0	0	0
	X	3	3	3	2	2	2	1	2

6.2 摆度特性: 全摆度、净摆度、净全摆度、相对摆度。

全摆度: 测量部位直径方向上对应两点的绝对摆度之差, 即 $\Phi_{1-5} = A_1 - A_5$;

净摆度: 测量部位处与限位导轴承处同轴号的绝对摆度之差, 即 $J_1 = B_1 - A_1$;

净全摆度: 轴号的净摆度与直径方向上对应轴号的净摆度之差, 即 $\Phi_{ba1-5} = \Phi_{b1-5} - \Phi_{a1-5}$;

相对摆度: 某轴号的净全摆度除以镜板至该测量部位的轴长, 即 $X = \frac{\Phi_{ba1-5}}{L}$ 。

机组转动部分主要参数如下:

机组转速: 166.7r/min

镜板直径: 2700mm

镜板至上导瓦中心距离: 4113mm

镜板至下导瓦中心距离: 330mm

镜板至水发大轴联结法兰面距离: 3935mm

镜板至水导瓦中心距离: 7190mm

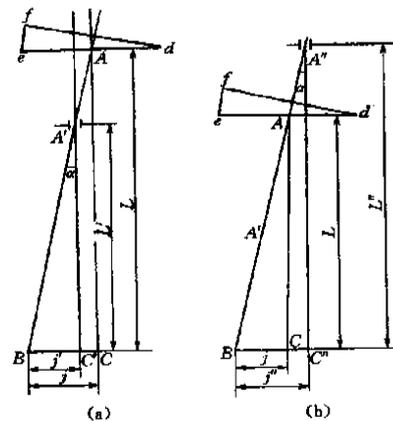
根据上述数据及摆度特性计算公式, 可得出

表3 各测点摆度特性计算

部位	摆度特性	方位	1→5	2→6	3→7	4→8
上导	全摆度	Y	7	10	8	-1
		X	8	11	7	-2
补气管	全摆度	Y	90	74	6	-53
		X	87	73	14	-53
	净全摆度	Y	83	64	-2	-52
		X	79	62	7	-51
集电环	全摆度	Y	-9	8	16	14
		X	-9	4	13	11
	净全摆度	Y	-16	-2	8	15
		X	-17	-7	6	13
上端轴	全摆度	Y	21	24	18	-5
		X	-41	19	17	3
	净全摆度	Y	14	14	10	-4
		X	-49	8	10	5

部位	摆度特性	方位	1→5	2→6	3→7	4→8
下导	全摆度	Y	-9	-3	0	7
		X	-4	-7	-1	-1
	净全摆度	Y	-16	-13	-8	8
		X	-12	-18	-8	1
水机轴上法兰	全摆度	Y	12	29	28	12
		X	7	8	8	-2
	净全摆度	Y	5	19	20	13
		X	-1	-3	1	0
水机轴下法兰	全摆度	Y	5	16	17	12
		X	4	3	1	-5
	净全摆度	Y	-2	6	9	13
		X	-4	-8	-6	-3
水导	全摆度	Y	0	2	2	2
		X	1	1	2	0
	净全摆度	Y	-7	-8	-6	3
		X	-7	-10	-5	2

根据安装图纸查出两点之间的距离为L后, 由表3分析计算可得法兰最大净摆度值为j, 即可通过法兰最大净摆度值j和两点之间的距离L作出另外一个直角三角形 ΔABC 。然后在图纸上依次在轴线AB的延长线上绘制垂直于推力头底面直径D的垂直相交线, 使其相交水平线f于d点, $do=of=D/2$ 。最后经f点作交于水平线e的AB的平行线, 即可得直角三角形 Δdef 。如图1所示。



(a) 导轴承在推力头之下; (b) 导轴承在推力头之上

图1 绘制相似三角形

绝缘垫或推力头地面的最大刮削量:

$$\delta = \frac{jD}{L} = \frac{\Phi D}{2L}$$

式中 δ ——绝缘垫或推力头底面最大刮削量 (或加铜皮垫厚度);

Φ ——法兰 (或下导) 处最大净摆度, mm

D——推力头底面直径, mm;

L——两测点的距离, mm。

机组轴线的处理需要采用加垫法时, 其最大加垫厚度恰与正常情况下的最大修刮量厚度相同, 但与其方位也刚好方向相反, 法兰端面与结合面间的最大加垫厚度的方位又正好也与在水轮机主轴倾斜度方位相同。垫材的选择材质一般都应尽可能选用高纯的紫铜或者黄铜材质; 经过各类历史数据资料表明, 法兰结合面加垫后有较强的不变性。

根据表3、图1进行双摆度分析计算, 可得应在补气管-x方向加黄铜垫0.15mm, 对补气管进行紧固后, 再次进行盘车数据测量计算。

表4 各测点摆度特性计算

部位	摆度特性	方位	1→5	2→6	3→7	4→8
上导	全摆度	Y	8	9	6	-1
		X	9	11	6	-2
补气管	全摆度	Y	16	21	14	2
		X	14	24	17	-1
	净全摆度	Y	8	12	8	3
		X	5	13	11	0
集电环	全摆度	Y	4	6	16	14
		X	-9	5	13	11
	净全摆度	Y	-4	-3	8	15
		X	-18	-6	7	12
上端轴	全摆度	Y	1	9	6	0
		X	1	9	11	13
	净全摆度	Y	14	14	10	-4
		X	-49	8	10	5
下导	全摆度	Y	-6	-5	-2	4
		X	-5	-5	-1	1
	净全摆度	Y	-14	-14	-8	6
		X	-14	-16	-7	2

部位	摆度特性	方位	1→5	2→6	3→7	4→8
水机轴上 法兰	全摆度	Y	11	18	13	7
		X	9	9	6	-2
	净全摆度	Y	3	9	7	8
		X	0	-2	0	-1
水机轴下 法兰	全摆度	Y	6	9	7	4
		X	6	5	1	-4
	净全摆度	Y	-2	0	1	5
		X	-3	-6	-5	-3
水导	全摆度	Y	0	0	0	2
		X	0	1	2	1
	净全摆度	Y	-8	-9	-6	3
		X	-9	-10	-4	2

按照GB8564-2003《水轮发电机组安装技术规范》要求, 经检查表4双摆度情况机组轴线处理符合标准, 可以根据安装技术规范进行下一步机组总装。

7. 结论

通过机组轴线处理, 摆度数据达到了安装技术规范要求, 但是再运行过程中由于电磁或者水力影响, 摆摆也可能会有所增大, 因此在处理过程中要尽可能地择优处理。此外在处理的过程中, 安装工艺、机组中心调整与复核等各种影响因素会使得轴线处理变得复杂, 所以在机组检修过程中必须按照工艺流程严进严出, 才能保证机组的安全稳定运行。

参考文献:

- [1]王小龙.某水电站机组转子绝缘降低原因分析及处理[J].水电站机电技术, 2022, 45(01): 45-47+93.
- [2]陈奥.阿海水电站机组技术供水控制逻辑实用性优化[J].云南水力发电, 2021, 37(09): 107-110.
- [3]李阳.玉龙水电站机组额定水头选择设计[J].小水电, 2021(06): 38-41.