

灯泡贯流式水轮机水导轴承振动超标的原因分析

黎德坚

广西长洲水电开发有限公司 广西 梧州 543000

【摘要】水轮机水导轴承水平振动超标的原因可以有很多，导叶与桨叶的协联关系：导叶和桨叶之间的协联关系会影响水流通过转轮的角度和速度，从而影响水轮机的转速和振动。如果导叶和桨叶之间的协联关系出现问题，会导致水轮机的振动增加，甚至超过安全限制。如果转轮叶片的开度或安放角度不一致，会导致水流通过转轮的速度和角度不同，从而引起水轮机的不平衡和振动。叶片与转轮室之间的间隙会影响叶片的运动和水流通过的角度和速度，如果间隙太小或太大，都会导致振动超标。水轮机侧的机械动不平衡也会导致振动超标，这通常是由于零部件的制造或安装不当导致的。导叶的开口值是否均匀也会影响水流通过转轮的角度和速度，如果开口值不均匀，会导致水轮机振动增加。在实测以上因素和试验分析后，如果确定影响水导轴承水平振动超标的原因是活动导叶开度值不均匀，那么解决方法通常是对活动导叶进行校准或更换。为了确保水轮机的稳定运行，周期性维护和检修也是非常重要的。

【关键词】水导轴承；水平振动；协联关系；导叶开度

1.背景

某水电厂机组为灯泡贯流式机组，投运以来该机组存在水轮机水导轴承水平振动超国标($120\mu\text{m}$)，且超过日立厂家标准($200\mu\text{m}$)现象。尤其是在 $5.0\sim 11.0\text{m}$ 水头、大负荷工况下，水导轴承振动超标较为严重。通过对机组相关运行数据、检修期间各部件实测数据等的综合分析，初步认为引起机组水导轴承振动超标的可能因素主要包括：机组的协联关系、转轮叶片开度及安放角是否一致、桨叶与转轮室间隙、水轮机侧的机械动不平衡及导叶开口值不均匀。根据以上分析的可能原因，电厂在机组检修期间对桨叶的开度、安放角、桨叶操作机构、转轮室与桨叶间隙、机组协联关系及导叶在不同工况下的开度进行实测检查，逐项排除导致机水导轴承振动超标的可能因素，最终通过将不均匀的导叶开度调整至均匀同时满足导叶全关时立面间隙要求，并开机实测水导轴承振动的方式初步确定了导致机水导轴承振动超标的主要原因为导叶在不同工况下的开度不均匀所致。

2.检查分析

2.1.导叶-桨叶协联关系数据检查

检修期间根据电厂实际水头工况，对机组在上游水位为 50.49m ，平均下游水位为 41.45m 平均水头为 9.04m 工况下的机组协联关系进行优化调整。协联曲线调整前后， 8.83m 水头下调整67%以上导叶开度的协联关系，能够降低相同导叶开度情况下的机组水导轴承水平/垂直振动、灯泡头水平振动，但机组有功功率有所降低。协联关系调整后，当机组带相同负荷时，机组振动、摆度没有改善；机组带 12MW 以上负荷时水导轴承水平振动超标。所以单纯调整机组协联关系曲线并不能解决机

组水导振动超标问题。协联关系并不是导致水导振动超标的主要因素。

2.2.桨叶开口均匀度检查

机组解体后将转轮返厂检查，主要包括桨叶安装孔同心度、轴柄键槽与叶形对应度、叶形检查及处理，通过调整耳柄垫片尺寸调整桨叶安放角，调整后桨叶全关时角度偏差 -0.055° ，全开时角度偏差 -0.062° ，优于国标 0.25° 要求。桨叶开口值在转轮返厂调整处理前偏差约为 0.2° 左右，满足国标要求，所以根据桨叶开口值调整数据分析，桨叶开口值不均匀同样不是引起机水导振动超标的主要原因。

2.3.桨叶与转轮室间隙检查

因受基础环、座环螺栓孔的影响，上下部间隙调整无法满足技术要求(上下部间隙分别占总间隙比值为60%、40%)。检修中发现机组轴线整体向下偏移约 4mm ，分别对发导上抬 4.13mm ，水导上抬 3.93mm 。转轮返厂后对桨叶外径进行修圆，桨叶与转轮室总间隙增加约 1.2mm 。桨叶外圆修配后叶片与转轮室间隙均匀度有所提高，当机组充水后在浮力作用下转轮会有少量抬高，叶片与转轮室间隙会更趋于均匀。根据类似机组叶片与转轮室间隙调整经验，叶片间隙数据属于正常范围，根据经验推断不会导致水导轴承水平振动超标。

2.4.水轮机侧动不平衡检查

转轮返厂后进行静平衡试验，转轮体静平衡配重后，残余不平衡力矩在泄水锥处 4.3kg ，残余不平衡力矩为 $8.65\text{kg}\cdot\text{m}$ ，远小于允许残余不平衡力矩 $19\text{kg}\cdot\text{m}$ 。叶片在全开位置进行了静平衡，转轮装配参加平衡的有转轮体、叶片、耳柄、连杆、转臂、缸体、缸盖等，总重约

72t, 静平衡的灵敏度 0.31, (大于 0.25mm 为合格); 残余不平衡力矩在泄水锥处 4.3kg, 残余不平衡力矩为 8.65kg·m, 远小于允许残余不平衡力矩 19kg·m。

根据转轮静平衡试验可知, 水机侧动不平衡满足要求, 不会引起水导轴承水平振动超标。

2.5.导叶开度的调整

为进一步确定导叶开度不均匀对水导轴承振动超标的影响, 对导叶开度进行了调整。导叶开度调整按以下步骤进行。①首先在停机状态下通过导叶接力器将导叶打开至 50%开度复测 16 处导叶开度。②通过各连杆机构偏心销将导叶开度调整至设计开度状态。③调整完毕再通过导叶接力器将导叶关闭至全关状态, 检查导叶立面间隙值并记录。④通过导叶接力器将导叶打开至最大开度, 根据步骤 3 中实测的非正常导叶立面间隙数据对导叶头部(进水边)过流面进行临时修复, 以保证临时修复后的导叶在全关状态下立面间隙满足国标及设计图纸要求。⑤导叶过流面临时修复完成后再次开关一次导叶, 同时测量导叶开口值的均匀度及全关状态下导叶的立面间隙值, 确保开度均匀且满足图纸要求, 同时全关状态下立面间隙也满足设计要求, 最后将导叶操作至

全关状态, 准备开机试验。

对导叶过流面进行临时修复且经过开度测量、全关状态下立面间隙测量都满足设计要求后, 进行机组开机充水及试运行试验, 同时进行水导轴承水平振动测量, 在活动导叶开度均匀状态下水导轴承的水平振动值均有一定幅度下降, 这说明导叶开度的均匀性对水导轴承的振动是有影响的, 即导叶开度相差越大水导轴承的振动值会越大, 随着导叶开度的趋于均匀, 水导轴承的振动值会逐渐下降, 使机组朝着稳定运行的方向发展。

3.结语

通过对超标的因素进行分析后, 得出轴承振动超标的最可能原因是导叶开度不均匀。并通过对导叶过流面进行临时修复使其开度达到均匀要求后对机组进行开机试验测量水导轴承的振动值。通过测量数据对比分析证明了导叶开度不均对水导轴承水平振动超标有一定的影响。通过本次试验为解决轴承振动值偏大问题的解决提供了新的方向。

【参考文献】

[1]李正贵.灯泡贯流式水轮机协联关系及性能研究[D].甘肃: 兰州理工大学,2014.