

# 灯泡贯流式水轮机导叶桨叶协联关系校核相关参数问题研究与实践

甘文斌

国家电力投资集团广西长洲水电开发有限公司 广西 梧州 543000

**【摘要】**因为灯泡贯流式水轮发电机组具有高效,构造简单,施工便捷,开采性好等突出优点,在国内发展很快。该装置的高效性,一是由于它的进、出管道都不转弯,让过流通道的水力损耗很小;二是设施厂商利用模型实验,得出了水轮机的协联曲线,这样就能确保机组的高效运转。

**【关键词】**灯泡贯流式机组;协联关系曲线;校核优化;参数测量

## 1.主要参数测量存在的问题分析及解决方法

### 1.1.工作水头采集问题及解决方法

水轮机的操作水头就是水轮机进口和出口的比能差,其涵盖了压力势能差、高程差和动能差等多种因素。此发电站在投入使用后始终运用人工调节水头的方式,通过将水情系统水库上下游的水位(未计及水头损失)当做水轮机工作水头的输入调速器来实现。由于机组进水口拦污排、拦污栅以及和流道水头损失的影响,此形式所算出的水头与具体合理工作水头有着显著偏差,导致具体勘测拦污栅前后水位差高达3米,从而影响了水轮机导叶和桨叶的协联关系核规划值之间的差异。由于上游水位波动较大,值班人员得多次调整水头,以达到无人值守和少量值班的需求。在对水头参数进行调整时,调速器会根据相应的水头协联曲线实施调整,导致机组有功承载出现波动,从而对发电功率曲线的稳固性产生影响。对于采集数据误差较大的问题,建议替换校核无效的压力变送器,并选择更为精准的压力变送器,以充分处理该问题。借鉴相关文献对调速器自动水头收集性能进行了修改和完善,扫描周期定为10min、水头变化率定作20cm、处理了水头多次改变导致调速器调节频繁等情况,满足了水头自动收集。

### 1.2.过流量测量问题及解决方法

机组效率测试的重要参数,即水轮机过流量,其影响到机组的运行实效。根据《水轮机、蓄能泵和水泵水轮机水力性能现场验收试验规程》(GB/T20043-2005)的要求,在验收测试时,必须使用绝对法来测量。通过相对法(指数法),我们可以为某些操作提供更为便捷的辅助资料,提高其易实施性。因为灯泡贯流式水轮机的流道长度较短,水头较低,过流断面规格较大,流速较低,所以在场内环境的限制下,绝对法的流速仪法、毕托管法和压力时间法都很难满足。通过把混流式水轮机蜗壳的高压测孔和低压测孔变更成贯流式机组前流道灯泡体的驻点和活动导叶处,并根据它原有的与导叶

开度和水头差压无关的特征,在校核测试之前调节机组有功功率,使其在额定工况处运作,读取差压变送器1的值,借鉴水轮机设计的额定流量236.15m<sup>3</sup>/s,当机组平稳运作1小时后,校核下游900m处当地水文局水文站测得流量。

### 1.3.两台机组共用同一协联曲线及试验水头数量选择问题

当两台机组投产时,其所运用的协联曲线与设施厂家提供的规划参数相符合。然而,两台机组所处的外界环境(包括进水口和尾水出口外形等)有效显著区别,尤其是第二台机组的进水口受到导墙的影响,导致水流形态明显受到旋涡影响。此次实验,对两台机组展开了校核和完善,最终产生了各台机组的全新协联关系曲线。因为水头区域的广泛影响,场内所有水头的测试校核要耗费大量时间和精力,并且经济效益不尽如人意。所以,在此电站水头改变区域内(9.5m~18m),选择机组普遍运作的水头作为测试校核点,以确保试验结果的准确性和可靠性。鉴于两台机组的进水口和尾水出水口在外形上存在差异,因此需要针对不一样的水头进行选择。当中一号机组选取11m、14.2m、15m、16m、17m五个水头,二号机组选取12m、14.2m、15m、16m、17m五个水头。针对其他水头,利用这五个水头的实验结果进行拟合,推导出函数关系式,并使用该函数关系式(可决系数 $R^2 \geq 0.999$ )核算出相应的桨叶开度,通过场内证实后,将其用作别的水头的协同作用。

## 2.试验方法选择及对结果影响的问题

灯泡贯流式水轮机协调校核测试中,常用的方法是保持桨叶开度不变,导叶开度变化。还能通过固定导向叶片的开度和变换叶片的开度来实现。前者用于模型实验,而后者则用于较大的导叶开口,且使用较为简便。若在场内实验中用前者,只要对导叶进行多次的调节,尤其是对导叶进行大开度调节时,导叶接力器所需油量将远远超过桨叶接力器,造成压油设备油泵多次启动,

机组有功波动幅度过大,从而影响机组运行的稳定性。通过比较,选择后者为场内测试手段。针对这两种方式对实验结果的影响,在预实验结束后,随机选择一个水头,采用固定叶片开口角度和改变叶片开口角度的方式,对实验结果实施逆向校核,并对校核的误差展开校正。

### 3. 试验过程及结果

#### 3.1. 校核试验过程步骤

根据校核测试计划,对HSJ型多用途测试仪器进行了配置,并对每个部分的传感器装置,并将不同参数的测试插头进行了接通。为了确保测试仪器的顺利工作,还对差压、压力、涡流、振动等传感器实施了率定。对水库水位进行调控,对所有机组按顺序选取11m(12m)、14.2m、15m、16m、17m五个水头,以额定功率的50%、60%、70%、80%、85%、90%、95%、100%调节测试机组导叶开度(并且调节发电机励磁,维持功率因数不变),然后再调节另一台机组的有功,以维持其大体稳定。维持导叶的开度 $\alpha$ 不变,调节叶片的 $\beta$ 打开度为原协联打开度的-6%,-4%,-2%,原协联打开度为原协联打开度的2%,4%,6%。当所有开度调节后,在机组工况稳定时(1min),读取(或计算)同时记录工作水头、导叶开度、桨叶开度、发电机有功功率、机组所有振动摆度等有关数据。在调节叶片时,应密切关注机组的振摆和工作状态。尤其是在导叶开度超过90%,工作水头满足或靠近最高水头的时候,如果机组的有功功率大于额定功率,那么振动摆度就会超过容许值,这会对机组设施的安全

产生影响,必须要降低桨叶开度测试点,减少测验用时。

#### 3.2. 校核优化结果对比

对测试点的单元效率及振动摆度进行综合研究,根据振动摆度不大于规划容许区域的准则,确定相应的导叶开度,从而建立起新的双级协同控制系统。(1)在同样导叶开度条件下,两个机组的有功功率都得到改善,二号机组的升力比一号机组更大,与场内具体情况吻合;(2)导流叶片的开度越小,机组的最优协调关系曲线和有功提高的幅度就越大,这一点还需要从别的方面探讨;(3)不一定所有的最佳协调点都是最优的,因为要考虑到机组的振摆等工况参数;此外,用插值法得出的协连点,仅能达到最大效率,和设施制造商的模型实验结果一致。

### 4. 结语

根据对两个灯泡贯流式机组的导叶与叶片协同关系曲线进行校核与完善,实现最优协同关系,使机组在运作中的振动减小,机组的不同稳定指标和成效都得到优化。其中,对有关参数勘测中的问题进行了研究,对自动水头不能顺利使用、振动摆度仪测量精确度低等弊端进行了改善,从而提升了机组运作的稳定、安全和发电实效。

#### 【参考文献】

[1]熊建平,陈燕新,陈梁年.灯泡贯流式水轮机导叶与桨叶协联关系探讨[J].水电站机电技术,2019,42(7):7-12,76.