

山口水电站发电机组技术增容改造

宋玉峰

新疆伊犁河流域开发建设管理局

DOI:10.12238/hwr.v4i12.3524

[摘要] 1878年全世界第一座水电站发电,至今已为我们的提供了140多年的清洁能源。随着社会经济与科技飞速进步的前提下,为使清洁能源发挥更大的效益,很多水电站都通过增容改造来提高供电能力。山口水电站自2010年机组发电运行历经10年,丰水年汛期防洪弃水较为严重,为减少电站防洪弃水量,充分利用汛期泄洪流量,增加清洁水电能源利用率水电站通过技术增容改造来发挥更大的效益。

[关键词] 水电站; 机组; 增容改造

中图分类号: TV731 **文献标识码:** A

引言

本文主要阐述山口水电站为减少弃水和增加清洁水电能源利用率,在不改变原有设备和不变机组发电额定蓄水位的情况下,通过技术可研、复核计算、设计论证、现场试验等方案充分挖掘现有机组潜力,提高额定容量10%实现机组技术增容。

1 水电站机组技术增容改造可研及复核计算

1.1 水轮机部分可研及复核计算

1.1.1 水电站上下游水位分析

山口水电站上游水位在洪水期(6、7、8月份)变化较大,在903m~911m之间波动,变化范围约8m;在枯水期变化不大,基本维持在911m左右。下游水位在洪水期变化较大,在873.5m~876m之间波动,其变化范围约2.5m;在枯水期变化不大,基本维持在874m左右。山口水电站在每年的6、7、8月份弃水较为严重,为减少电站弃水量,同时提高汛期发电量,对山口水电站增容改造是有必要的。

1.1.2 水轮机增容原则及方案

为充分发挥山口水电站发电效益,提高机组调峰能力,对山口电站三台机组进行技术增容改造。增容的基本原则为在不改变现有主机设备的前提下,充分挖掘现有水轮机转轮增容潜力,提高水轮机使用单位流量,并提高水轮机额定水头和过机流量,实现三台水轮机的

额定出力由48.454MW增容至53.3MW,对应的发电机功率由47MW增容至51.7MW。经计算后确认:当水轮机工作水头达到35.7m,水轮机的过流量约为 $169.5\text{m}^3/\text{s}$,水轮机即可发出53.3MW的出力。为减少电站洪水期弃水量,提高洪水期发电量,应根据电站实际情况进行“量体裁衣”式技术增容。

1.1.3 机组增容后水轮机主要技术参数核算

山口水电站水轮机增容10%后,各水头下的单位流量均有所增加,导叶开口也将随之增大,模型转轮导叶最大开口为32mm,对应的真机导叶最大开口为405mm,不超过目前机组设计最大导叶开口415mm,并留有一定的裕量。增容前后比转速、比速系数变化很小,并在合理范围内。原水轮机最大水推力为2700kN,经核算增容后不超过原设计值。水电站增容后,额定水头取为35.7m额定转速为111.1r/min,出力在53.3MW,比转速为 $293.9\text{m}\cdot\text{kW}$,装置空化系数取值范围为0.22~0.32。经计算,山口水电站额定点的装置空化系数为0.30,处于较合理的范围。按照原机组调节保证计算报告中给定的水轮机导叶关闭规律,对增容后机组进行了详细的过渡过程计算,结果表明,蜗壳末端最大压力不超过54米水柱;尾水管进口最大真空值不大于8米水柱;最高转速上升率不超过50%;在各种

甩负荷工况,蜗壳末端、尾水管进口处压力值及速率上升值均满足要求。

1.2 发电机部分可研及复核计算

根据发电机技术增容前、后电磁计算结果比较,可提出以下论证分析:发电机由47MW增容至51.7MW后,定子槽电流由3040A增至3344A,电负荷由548A/cm增至602A/cm,电负荷属常规选值范围。在发电机有功功率增至51.7MW、功率因数保持0.85(滞后)不变时,直轴超瞬变电抗 x_d'' 为0.23,此时的短路扭矩与原机短路扭矩值相同。定子铁心中的拉紧螺杆、齿压片、压板的应力水平取决于铁心装压时的片间压力和结构尺寸,而与发电机容量无关。原发电机设计阶段主轴的安全系数选择偏高,设计余量较大,经复算增容后发电机主轴扭应力、拉应力和综合应力满足常规要求,其综合应力安全系数为4.16倍。

通过计算分析,增容后发电机热负荷较原机略有增大,定、转子温升较原机会略有升高,初步计算值均满足相关标准要求,后续将在温升试验中进行验证。温升试验通过后,则发电机额定容量允许增加10%至60.82MVA。增容后发电机短路比、直轴电抗、交轴电抗等电气参数均发生变化。发电机增容10%后,其主要结构件(如:定子机座、上机架、下机架、主轴、转子支架、磁极、磁轭等)的刚强度均满足标准要求。综上所述,发电机额

定容量允许增加到60.82MVA,即额定功率增加至51.7MW。

2 水电站机组技术增容改造设计论证、现场试验

2.1 机组技术增容改造设计论证

通过结构分析计算厂房结构布置、主要构件的配筋及尺寸是安全;厂房结构尺寸能够满足设备运行、检修、消防、安全等要求,结构布置合理,厂房整体结构稳定安全。根据水机、电气一次、电气二次的设计成果,水轮发电机组增容可行性经济合理,设计原则、材料选用及工程计算符合现行设计规范的有关规定。根据闸门的设计成果,金属结构设备的总体布置和选型经济合理,设计原则、材料选用及结构计算符合现行设计规范的有关规定,设计还考虑了设备的维护和检修条件,因此本项目金属结构的设计能满足不同工况的运行要求。

2.1.1 水轮机增容改造设计论证

经反复计算和复核单位转速和单位流量,当水轮机额定水头达到35.8m,水轮机额定流量为169.0m³/s时,水轮机可以发出53.3MW的出力,此时水轮机额定水头小于电站加权平均水头36.10m,符合DL/T5186-2004水力发电厂机电设计规范的规定,而且增容后在高水头运行时,导叶开度不至于过小,对机组安全稳定运行有利。

2.1.2 机组增容改造后附属设备设计论证

山口水电站水轮发电机组容量由47MW增容至51.7MW运行时,调速器变压器、发电机出口断路器、封闭母线、发

电机出口电流互感器、户内220kV GIS开关站、厂用变压器、继电保护、测量、同期、机组控制调节LCU、励磁、辅助电源及其他通过设计论证参数核算,满足长期运行要求。水电站发电机组、引水建筑物、金属结构通过设计论证复核计算,满足长期运行要求。

2.2 机组技术增容改造现场试验

山口水电站水轮发电机组容量由47MW增容至51.7MW现场试验,通过调节机组负荷,在上游水库水位910m时,机组出力分别从空载、3MW、6MW、9MW、12MW、15MW、18MW、21MW、24MW、27MW、30MW、33MW、36MW、39MW、42MW、45MW、47MW、51.2MW在工况稳定条件下,进行机组各项数据采集。调节机组负荷:发电机负载36MW,额定功率因素0.85,记录各项数据及参数;发电机负载47MW,额定功率因素0.85,记录各项数据及参数;发电机负载51.7MW,额定功率因素0.85,记录各项数据及参数。现场完成发电机出力及效率试验、发电机温升试验、发电机通风试验、水轮机压力脉动试验、水轮机出力试验、发电机和水轮机机械稳定性试验。试验结果表明山口电站3台发电机组满足额定功率51.7MW长期运行要求。

3 水电站机组技术增容改造预期达到的经济效益

经统计山口水电站近5年洪水期机组出力分布情况,从统计数据可以得出,山口电站在洪水期机组出力主要集中在18.8MW(40%Pr)以上,假定机组在40%Pr~110%Pr以上范围内运行时全部实现超发,洪水期(6、7、8月份)超发总时

间为1766.4h(92天×24小时×80%),每小时超发4000kWh,按每千瓦时价格为0.225元计算,台机组每年超发电量约合人民币158.9万元,3台机组每年超发电量约合人民币476.7万元。根据以上计算结果分析,山口水轮机技术增容方案是可行的;投入产出的效益是显著的,一定程度上减少了电站弃水量,同时也提高了电站发电量。

4 结语

本文分析了水电站在对发电机组展开技术增容改造的过程中要结合原有设备的实际情况开展,从经济性的角度出发展开技改。通过技术可研、复核计算、设计论证、现场试验等方案充分挖掘现有机组潜力,提高额定容量10%实现机组技术增容。针对水电站发电机组技术增容改造项目作出了指导性的意见,提出了机组技术增容改造注意的事项,以保证水电站水轮发电机组的正常稳定运行。

[参考文献]

- [1]孙长春.水轮发电机组增容改造技术的可行性及经济性[J].中国高新技术产业,2015(02):39-40.
- [2]肖诚松.柘溪水力发电厂水轮发电机组增容改造技术的探讨[J].大科技,2013(20):133-134.
- [3]王爱文.覆窝电厂17MW水轮发电机组增容改造的实践与认识[J].吉林水利,2016(71):42-43.
- [4]张慧珍.水轮发电机进水蝶阀优化设计方案的研究[J].现代制造技术与装备,2017(12):26-27.