

白鹤滩百万千瓦机组精品转轮诞生记

杜健伟，朱滢

(中国三峡建设管理有限公司，四川 成都 610041)

2019 年 1 月 12 日，三峡集团携手东方电机打造的白鹤滩水电站全球首台单机容量百万千瓦水轮发电机组转轮正式完工，验收结果显示，其各项参数均满足三峡集团提出的精品要求。

转轮是水轮发电机组的核心部件，由上冠、下环、叶片三部分组成，直接关系到机组的稳定性和能量转化的效能。作为机组中研发难度最大、制造难题最多的部件，首台百万千瓦机组转轮是怎样诞生的，又是如何达到“三峡标准”的？记者专程来到转轮研制、加工一线寻找答案。

精挑细选的转轮

在白鹤滩首台转轮完工之际，记者来到位于四川省德阳市的东方电气集团东方电机有限公司（以下简称东方电机）研究试验中心，该中心承担了白鹤滩水电站左岸八台机组的制造任务，白鹤滩百万千瓦机组转轮就在这里研发完成。

东方电机副总工程师赵永智用一句话形象地解释了百万千瓦机组的供电能力：“白鹤滩单台机组全力发电 365 天可满足德阳市全年的用电需求。”

据东方电机研究试验中心高级工程师刘德民博士介绍，东方电机白鹤滩机组研发工作从 2006 年开始，在三峡水电站和溪洛渡水电站的机组研发基础之上，东方电机的科研人员挑战“世界水电无人区”——百万千瓦水轮机组的研发制造。

记者了解到，转轮的研制是整个水轮机组研发过程中难度最大，制造难题最多的一部分，也是整个机组最核心的“心脏”地带。而白鹤滩的百万千瓦机组单机容量超越了世界上已有机组，没有现成的技术可供借鉴，为了制造出适合白鹤滩的转轮，东方电机研究员们开始分组研究。在短短一年多时间里，他们研制出 20 多个转轮模型，每一个模型都要在东方电机的水轮机试验平台中进行真实模拟、对比运行数据、优中选优之后，挑选

出如今展现在我们眼前的巨型转轮。

“别小瞧了这些模型，他们每一个都‘价值不菲’。”刘德民介绍说，这些看似不起眼的已淘汰模型制作成本非常高，每个成本都在 20 万元以上，制作周期需要近一个月时间。“东方电机在白鹤滩转轮研发阶段，就投入了大量的时间和成本，一定要研制出性能最优的转轮。”

“每一个环节都不放弃精品标准”

时间回到 2017 年 1 月 17 日，这一天，白鹤滩水电站施工区内的转轮加工厂里格外热闹。在各方见证下，现场工人拿起焊枪，开始了首台转轮加工的第一个步骤——上冠、下环装焊。

受限于成品的尺寸和重量，左岸八台机组的转轮加工全部在白鹤滩水电站施工区内的东方电机转轮加工厂进行。在过去的 12 个月时间里，首台转轮先后经过上冠及下环装焊、装配、第一轮焊接、翻身、第二轮焊接、粗磨、精磨、镗孔等十三个加工步骤才满足出厂条件。

东方电机转轮加工厂负责人冷建华说：“为了达到三峡集团提出的‘精品工程’要求，东方电机内部制定了严格的指标，每一个环节都不放弃精品标准。”据悉，东方电机为转轮加工调度了无数精兵强将，将加工资源配置提到了该公司的最高级别。

首台转轮进入焊接阶段时已是 2018 年 4 月，正值施工区气温较快上升之际，白天加工厂内的最高温度常常在 40 度以上，焊接作业 120 度的环境温度对焊工和现场管理人员来说都是极大的“烤”验。

“为了应对高温，加工厂对焊接作业进行了合理的规划，在不放松各项监控工作的同时，优化每一位焊工的连续工作时间，并在厂内配置了防暑降温物品，在保证作业人员身体状况的同时，也确保了焊接质量。”冷建华说。

记者了解到,转轮从开始加工到出厂先后通过三个阶段的验收,最终被验收组判定为“精品转轮”。

一个标记的难忘记忆

转轮出厂前,记者在加工厂内见到了监理团队的王裕民,他和同事注意到了转轮上冠边缘的一个标记。

“这个标记是我们上次验收留下的。”王裕民说,“这是验收时的惯例,要是验收结果符合设计图纸的要求,我们就会留下一个标记作为记录。”

上冠边缘的标记让王裕民和同事回想起了验收时的情景。转轮结构外缘点精度要求高,监理团队在进行这部分验收时发现首台转轮结构尺寸与设计图纸完全匹配,在确保质量的同时还实现了形态工整美观。“质量相当高,就像艺术品一样。”王裕民和同事用这样一句话形容加工完成后的首台转轮。

王裕民说,转轮上还曾有过许多标记,但随着加工过程的进行一些标记已经看不见了,上冠边缘的标记因为在最外部,加工作业结束后有幸留了下来,他和同事打趣说,希望这个标记能留到转轮吊入机窝的时候,这对他们来说将会是一个难忘的纪念。“这是全球第一台百万机组转轮,全部采用国产技术设计制造,加工材料也是纯国产的,

~~~~~  
(上接第131页)

决了高地应力地区大型地下厂房洞室群布置、洞室变形控制技术、围岩稳定分析和安全评判等一系列关键技术难题,并提出了综合控制技术体系,确保了厂房洞室群的围岩稳定。

### 水电设计匠心之光

哪里有难题,哪里就有成都院人的攻坚创新。凝聚成都院及国内科研高校群体智慧的锦屏水电站,实现了众多“世界第一”、“中国第一”、“水电行业首创”的辉煌梦想和匠心之光——

世界第一高坝是锦屏最耀眼的标签。此外,它拥有世界规模最大也最复杂的坝基抗力体处理工程、世界最复杂高边坡治理工程、世界最高的具有生态环保分层取水功能的独立岸塔式电站进水口,也是世界第一个采用坝身多层泄洪孔口无碰撞消能方式的特高拱坝,还拥有国内直径最大的调压井、国内最深消力池、国内第一个成功在高地应力低岩石强度条件下建设完成的地下厂房洞室

它的顺利出厂意义非凡。”



图1 加工完成后的转轮

### 后 记

2019年1月12日,在国内知名媒体的共同见证下,白鹤滩水电站首台百万千瓦机组转轮顺利出厂。但是,对冷建华这样的转轮加工参与者来说,万里长征才迈出了第一步。目前第二台转轮焊接工作已经完成,后续加工环节正按计划稳步推进,第三台转轮也已开始上冠和下环的装焊,用冷建华的话说,现在还不是放松的时候。

首台转轮将会暂时存放在加工厂区,预计2020年地下厂房施工向机电交面后吊入机窝。

(责任编辑:卓政昌)

~~~~~  
群……据不完全统计,电站设计已获省部级及以上科技进步奖等各类奖项34项,其中国家技术发明奖1项、国家科技进步奖2项、省部级科技进步奖17项、省部级四优奖14项。

锦屏一级水电站,无疑是中国水电工程的标杆型工程,是世界大坝建设的里程碑,它推动了高山峡谷复杂地形地质条件下巨型水电工程设计、施工与建设管理的长足进步,引领中国水电建设技术由世界先进迈向世界领先水平。

新的高度,意味着新的开始;更大的荣誉,意味着更大的责任。60多年过去了,成都院在铸就荣光的时光中,留下了诸多传奇,也在一个接一个的水电荣光里,不断实现着自身的价值,将座座巨型高坝矗立在大江之中,擦亮中国水电名片闪耀于世界,在壮阔的水电发展中注入了强劲的成都院基因。成都院设计的锦屏一级水电站荣获“菲迪克”工程项目杰出成就奖,名副其实。

(责任编辑:卓政昌)