

世界首台500兆瓦冲击式机组转轮完成焊接制造

扎拉水电站有了强劲“心脏”

◎本报记者 李丽云
通讯员 王学善

2024年12月30日，世界最大单机容量、最大尺寸冲击式水轮机转轮在哈电集团哈尔滨电机厂有限责任公司焊接制造成功。世界首台单机500兆瓦扎拉水电站冲击式水轮机转轮问世，标志着我国高水头、大容量冲击式水轮机组的研制实现了重大突破，其技术水平位居世界前列。

该水轮机转轮是国家“藏电外送”骨干电站扎拉水电站水轮机发电机组的“心脏”，可为发电机提供500兆瓦额定功率的动力。扎拉水电站是藏东南清洁能源一体化基地核心电站，国家能源局能源领域首台(套)重大技术装备项目，也是目前世界在建综合难度最大的冲击式水电项目。

“扎拉水电站是目前国内唯一可以开展‘500兆瓦级高水头冲击式机组研制及应用示范’的水电项目，战略意义重大、发展影响深远。在以中国大唐集团为代表的能源骨干企业共同努力下，我们成功实现扎拉转轮焊接这一最关键核心部件的研发制造，助力加快西南清洁能源基地建设。”哈电股份副总裁、哈电电机党委书记、董事长王贵说。

扎拉水电站位于西藏自治区昌都市左贡县。该电站设计水头671

米，装设2台单机容量500兆瓦冲击式水轮机。冲击式水轮机是用压力管道引导水流冲击水斗式转轮进行能量转换的水力机械，转轮是最重要的受力部件及流通部件之一，直接影响机组效率。在机组运行状态下，冲击式转轮时刻承受高频率的动态压力，对机组的安全稳定运行起着至关重要的作用。

哈电电机自主研发的冲击式转轮能量转换效率达到世界先进水平。该转轮采用锻焊结构，由1个轮毂锻件和21个水斗锻件组成，焊接后的重量超过90吨。“此前，我国冲击式水轮机的效率为91%左右，这次的技术突破将效率提高到92.6%。按照500兆瓦机组一天运行24小时计算，效率提高1.6%，每天约能够增加发电量19万度。”哈电集团首席技术专家陶星明说。

作为世界单机容量最大的冲击式机组转轮，该转轮的轮毂锻件直径为4.7米、厚度达1米，创造了马氏体不锈钢最大锻件世界纪录。加工后的转轮最大外径6.23米、最大宽度1.34米，也创造了冲击式转轮世界纪录。其焊接、加工等环节的制造技术，都处于相关领域前沿。由于材质、形状、尺寸等原因，扎拉冲击式转轮的焊接制造要求极高、难度极大，探索制造该转轮的过程，存在很多风险因素和不确定性。

为突破扎拉500兆瓦冲击式转轮



2024年12月30日，世界首台最大单机容量、最大尺寸扎拉500兆瓦冲击式水轮机转轮在哈电电机焊接制造成功。
本报记者 李丽云摄

焊接难关，哈电电机开展了技术攻关，采用数字仿真技术，进行大型水斗的模锻技术研究，选择了性能优异且高效的锻焊制造工艺路线；通过三维检测模拟计算进行装配焊接，探索选用了最优的焊接参数，将整体锻造的轮毂和水斗焊接在一起，提高了转轮的冲击韧性及耐疲劳性能。

哈电电机实现扎拉500兆瓦冲击

式机组转轮焊接制造的突破，破解了超大超厚低碳马氏体不锈钢强韧锻件焊接难题、攻克了复杂曲面超厚水斗高效高韧焊接制造难题、掌握了超高结合强度表面强化制造工艺关键技术，推动了我国电力装备制造技术取得了重大突破，在我国能源装备制造行业高质量发展进程中树立了新的里程碑。

新设备让粮食烘干更高效零破损

◎本报记者 马爱平

近日，中国农业科学院农产品加工研究所牵头研制的智能化零破损气吸循环式粮食烘干机在河北邢台、宁夏石嘴山、山西太原等地投入使用。

“该技术的核心是在粮食烘干过程中，让粮食随热风旋转上升，避免了机械撞击，将粮食烘干破损率降低到0.1%以下，实现了粮食烘干过程中的零破损。”1月2日，该技术研发带头人、中国农业科学院农产品加工研究所研究员邢福国在接受科技日报记者采访时说。

能耗降低40%以上

“目前，我国粮食烘干技术虽然取得很大进步，但具有自主知识产权的核心技术仍十分匮乏。因此，我们下定决心攻克粮食干燥的核心技术。”邢福国说，传统烘干技术及设备存在三大瓶颈，即粮食破损率高、干燥速率低、烘干后粮食品质低。

邢福国面临的挑战，是如何跳出传统烘干机技术和机械结构，创造出全新的机械原理和机械结构。“除电机外，烘干机其余的设备、系统、核心部件、零部件都需要进行自主研发、设计、制模、试制、实验、制造。”邢福国说。

运用智能建造技术，“领航号”安全平稳掘进

◎本报记者 吴叶凡

近年来，多种因素共同推动我国盾构隧道智能建造技术发展。从现实需求看，隧道施工过程中面临诸多不利因素，亟待新技术提供解决方案。崇太长江隧道项目总工程师李斌介绍，隧道具有四大特性：地质的不确定性、与不确定性、建造理论的模糊性、岩土体的变异性，过程决策的时效性。“这些特性导致隧道建造的安全风险高、工作环境相对恶劣，工程成本与建造效率难以准确把握，也意味着隧道设计与施工的难度大。”李斌说。

从技术层面看，当前，人工智能、大数据、云计算、5G网络及机器人等新兴技术，正快速与建筑行业深度融合。以AI技术为例，李斌介绍，AI通过分析施工数据，能够自动调整施工计划，优化人力资源分配，不仅提高作业效率，也能有效缩短工期、节约费用。在设备安全管理方面，AI能够实时监控施工装备运行数据，对设备故障和异常及时预警，保障设备长期稳定运行。通过分析施工现场监控视频，AI也能够迅速识别违规操作并及时发出警报，保障工人的安全和施工环境的稳定。

5G技术的发展，也为解决隧道建造狭小空间数据传输难题提供方案。李

斌介绍，隧道建造临时性强、场地分布分散、隧道空间狭小，不利于信息传输。5G技术具有高速、低延迟、大容量、高可靠和广覆盖等特点，这为盾构/TBM隧道工程工业物联网信号传输提供保障。

适用于多种经济作物

随着我国城市化进程的加快，土地流转政策的推进、土地规模化经营的逐渐形成，粮食烘干机的市场需求量不断提升。种植500亩以上粮食作物的新型经营主体必须配备粮食烘干机才能保证粮食生产的安全和颗粒归仓。

如今，智能化零破损气吸循环式粮食烘干机不仅能处理玉米、小麦、水稻等三大主粮，还能烘干多种经济作物，如花生、花生果、油茶果、菜籽、大豆、油莎豆等。

“为解决对多种作物种子烘干适用性这一关键问题，我们创新研发了自动拨板下料控制系统。该系统设立了物料运转平台，并在平台内安装了

拨板，该拨板可以将各种物料输送到扩大的下料口，实现一机多用。具体来看，我们通过采用智能控制调整风量和风速来实现各种物料烘干，同时增设电子调速。这样，不管颗粒大小、重量差异都可以实现提升、循环、干燥。”邢福国说。

破解施工难点

记者了解到，崇太长江隧道盾构机独头掘进长度达11.325千米，设备服役能力需求高。它是长江最深的江底隧道，水下最深达89米，最大水压达0.9兆帕，隧道承受水压高。在长江水下掘进的过程中，需穿越长江刀鲚保护区、主航道等环境敏感区，施工安全要求高。隧道还将穿越粉细砂伴有钙质胶结物地层，不利地质条件也增大了施工难度。

李斌介绍，面对施工过程的多种不利因素，中铁隧道局组建隧道智能建造技术攻关团队，将智能化理念和技术深度嵌入崇太长江隧道建造全流程，成功研发出“智能感知、智能设计、智能预测、智能掘进、智能安装、智能构筑、智能环控、智能运输、智能管控”九大智能建造技术成果，形成盾构隧道智能建造V2.0技术体系，为隧道施工保驾护航。

成果播报

我国首套铜铌复合腔

高稳定超导加速单元通过测试

科技日报讯(记者 颜满斌)1月1日，记者从中国科学院近代物理研究所获悉，该所自主研发的我国首套铜铌复合腔高稳定超导加速单元成功通过各项测试，标志着我国面向高可靠应用的铜铌复合腔超导腔技术取得突破性进展。

一直以来，超导直线加速器在高通量的中子源、中微子源、缪子源等兆瓦级高功率离子束应用中具有显著优势。然而，传统纯铌超导腔在长期运行稳定性和可靠性方面存在不足，制约其发展。

针对上述问题，研发团队提出了新的复合材料技术路线，历经5年多时间成功攻克铜铌界面材料难以互溶、复杂曲面覆盖高品质厚铜层等多个技术难题，有力推动了射频超导技术与增材制造技术的深度融合。

该超导加速单元由9支半波长形

铜铌复合超导腔组成。在4.2K(1K=-272.15℃)的低温测试环境中，铜铌复合超导腔的平均表面峰值电场、平均腔体频率洛伦兹失谐系数和平均腔体频率氦压敏感系数等性能显著优于纯铌超导腔加速单元。

一方面，研发团队充分验证了复合材料在提高超导加速器运行稳定性方面的优势；另一方面，与依赖昂贵2K液氮系统进行制冷的传统纯铌超导腔相比，铜铌复合腔超导加速单元展现出在运行环境适应性和成本控制方面的优势。它能够在4.2K液氮环境下稳定运行，大幅降低了超导加速单元的制冷成本，为超导加速器的工业化应用提供了更为经济高效的技术方案。

据介绍，该成果将有力提升我国在超导加速器领域的技术水平，为基于射频超导加速器的大科学装置建设提供高性价比、高可靠性技术方案。

河北最大光伏式矿山环境修复项目并网发电

科技日报讯(记者 刘园园)记者1月5日从中国广核新能源控股有限公司(以下简称“中广核新能源”)获悉，中国广核集团(以下简称“中广核”)武安300兆瓦光伏式矿山环境修复示范项目日前并网发电。该项目是河北省装机规模最大的光伏式矿山环境修复项目。项目在采矿沉陷区开展光伏发电，可使废弃矿地得到再利用，为我国矿山环境恢复治理及能源绿色转型提供了实践范本。

中广核武安300兆瓦光伏式矿山环境修复示范项目位于河北省武安市，装机容量300兆瓦，总占地面积约8000亩。其中，矿山环境修复面积750亩，新建一座110千伏升压站，配套储能60兆瓦。项目于2024年11月20日开工建设，目前首批并网容量为100兆瓦，其余容量将陆续并网，计划

“复合化学+机械”除硫工艺在气田成功应用

科技日报讯(刘侠 记者 滕继濮 通讯员 朱文文)1月2日，记者从位于四川达州的中原油田普光分公司获悉，截至2024年12月31日，“复合化学+机械”除硫工艺在普光气田普光106-2H井实施达到15天，日产气量保持在31万立方米左右，累计增产43万立方米。这是该工艺在气田的首次成功应用，标志着高含硫产水气井除硫技术取得新突破。

据了解，普光气田属于高含硫气田。随着开发的持续深入，地层压力不断下降，天然气中的单质硫逐渐析出，附着堆积在油管内壁，造成油管有效气流通通道逐渐减小，严重影响气井产能释放。其中，普光106-2H井、普光104-2井等多口气井，本就位于区块边缘、见水速度较快，又深受硫沉积困扰，常规硫沉积治理措施无法

沪苏湖高铁四电工程实现“双百分”

科技日报讯(记者 何亮 通讯员 张建峰)2024年12月26日，沪苏高铁正式通车运营。记者获悉，沪苏湖高铁四电建设联调联试期间，接触网动态及静态性能指数取得“双百分”成绩，特别是在综合检测列车首次实现时速350公里达速运行时，全线接触网动态性能指数也达到百分。这标志着我国铁路四电智能建造技术再上新台阶。

铁路四电工程是铁路建设中通信、信号、电力和电力牵引供电工程的总称，是整条铁路的“中枢大脑”和动力之源。中国中铁电气化局沪苏湖铁路四电项目总工程师阮贤贵介绍，在沪苏湖铁路四电施工中，项目部践行国铁上海局集团上海枢纽指挥部“模数驱动”理念，推行基于BIM模型的“数字化首件”做法，共总结归纳出工

于2025年实现全容量并网发电。

“我们创新实施‘生态修复治理+光伏’新模式，对原有矿坑进行平整处理后，通过铺设光伏板、种植树木，打造观景台，将废弃矿山转变为绿色能源基地，成功打造了‘矿山复绿’新路径。”中广核武安300兆瓦光伏式矿山环境修复示范项目项目经理孙艳超介绍，该项目采用210型大功率光伏组件，发电效率高达23.2%，组件具有转换效率高、稳定性强、使用寿命长和用地面积少等优点。

据介绍，该项目全容量并网发电后，每年可为电网提供清洁电能约4.6亿千瓦时，等效减少标煤消耗约13.8万吨，等效减排二氧化碳超过35万吨，相当于植树1035公顷，能有效推动武安市能源绿色低碳转型，助力“双碳”目标实现，推动当地生态环境可持续发展。

满足实际需求，其稳定生产面临较大挑战。

技术人员以硫沉积深度达到1500米的普光106-2H井作为试验井，尝试采取单一“化学+机械”法进行治理。通过反复试验，结果显示直径为50毫米和40毫米的刮刀分别在井下9.8米深和105米深处便遇到阻碍。

除以上试验外，技术人员还对硫沉积治理问题进行多次试验，分析堵塞成因，对普光106-2H井筒内堵塞物进行化验分析，发现堵塞物为单质硫与水垢的混合物，水垢聚集后形成了坚固的“骨架”，加剧了单质硫的聚集与沉积。在多次技术论证和安全论证后，技术人员创新研发出包括井筒酸洗、溶硫剂浸泡、机械除硫等步骤的“复合化学+机械”除硫组合工艺。

程质量通病55项，编制了质量通病预防手册，并在此基础上确立全线施工技术标准。

阮贤贵介绍，沪苏湖铁路专门打造了四电智能建造中心。中心共配置了七大预配平台，包括第三代腕臂自动化生产线，第三代吊弦全自动预配生产线，软、硬母线等自动预配平台等。中心还创新性建设了智能仓储系统，使智能仓储系统与腕臂、吊弦等自动化生产线联动，可实现向生产线自动送料。

整个智能建造中心生产流程依托“项目智慧管理平台”进行管理。以“智能建造平台+BIM轻量化平台”为代表的数据贯通体系，打通了各子平台数据归集通道，形成全过程数字竣工档案，为项目数字交付提供有力支撑。