

# 国内首台自主研制 15 兆瓦重型燃气轮机下线

## 东方汽轮机：燃气轮机产业线发展加速 助力保障能源安全

中国“争气机”F级50兆瓦重型燃气轮机、华龙一号核电机组等重装，都在这里诞生……7月4日，在中小型燃机现代产业链关键会议暨2024燃机产业发展大会上，又一国内首台自主研制15兆瓦重型燃气轮机(以下简称“G15”)在东方电气集团东方汽轮机有限公司(以下简称“东方汽轮机”)正式下线，标志着东方汽轮机自主燃机系列化取得重大突破。

据悉，这是东方汽轮机自主燃机系列化研制的第二个型号产品，项目于2019年启动，2021年完成概念设计，2023年完成整机施工设计并开始整机部件制造，现在即将开始进行试验。

G15功率为16.5兆瓦，热效率35%，透平进口温度约为1170℃，相较于同功率的火力发电机组，一年可减少碳排放超过15万吨，联合循环一小时发电量超过2.2万千瓦时，可以满足2500个家庭1天的用电需求。

据介绍，燃气轮机是以天然气、氦气等可燃气体作为燃料，将热能转化为机械能，并最终转化为电能的一种发电装备，广泛运用于分布式能源、管线运输、舰船驱动等领域，已渐渐成为国家能源电力结构调整的主力军。实现燃气轮机的智慧制造，提高燃气轮机产量，对实现“双碳”目标、保障国家能源安全、助力高质量发展具有重大战略意义。



G15叶片装配



国内首台自主研制15兆瓦重型燃气轮机

### 有何特点 结构更复杂、制造难度更大

2023年3月，我国首台具有自主知识产权的F级50兆瓦重型燃气轮机(以下简称“G50”)在中国华电清远电厂正式投入商运，实现了我国自主重型燃机从“0”到“1”的突破。

相较于G50，G15燃机有何特点？东方汽轮机全国重点实验室重型燃机装备研究所副主任程国强介绍说，G15燃机缩尺约0.6倍，整体结构更加集成化，结构更复杂，导致其制造难度更大。

以正在攻关的燃烧器部件为例，其组成零件形状异形、部分间隙狭窄、结构更为复杂，“燃机燃烧器的喷嘴工作温度超1000℃，且尺寸极小，一张A4纸张大小都没有，但它却由7个零件组成，其中涉及十多条焊缝。”程国强说，由于后期加工难度大，选择先加工再焊接，焊接以后的变形范围要求不能超过A4纸张厚度的二分之一，否则产品面临报废的风险。

“传统焊接工艺根本无法满足要求。我们采用了增材制造，采用3D打印技术来完成这个产品，解决了其易变形、难加工的问题。”2023年，东方汽轮机引入3D打印技术，利用激光束的热作用对一层层的金属粉末进行完全熔化、经冷却凝固后最终成型为燃烧器的喷嘴。

“前期联合供应商对粉末的选材、配比等做了十几个方案，也制定了几十组工艺参数。逐一比较，反复试验寻找最优方案。”程国强说，经历多次失败后，对3D打印技术认识越来越深，跨过粉末开发、工艺参数等“拦路虎”后，燃机零部件生产越来越高效，质量、尺寸精度也比传统焊接工艺更有保障。

### 有何突破 攻克六大核心技术难题

除了3D打印技术外，在G15的制造研发中，东方汽轮机还引进了多个先进焊接技术，如机器人焊接、自动化焊接等。

程国强介绍说，针对G15高温透平叶片，

采用了定向凝固技术，在合金液凝固过程中通过控制温度梯度，消除了横向晶界，显著提高了叶片的高温力学性能，保证了叶片服役时的安全可靠。

同时，针对G15高温涂层采用了超音速火焰喷涂，2000℃以上的高温焰流，将粉末粒子加热到熔融或半熔融状态，以500—800米/秒的高速喷射至叶片等基材表面，从而形成组织均匀的防护涂层。

“如今，G15具备高度集成化，应用场景十分广泛，不仅可用于热电联产、分布式能源、海上平台发电，还可以和光伏、储能等绿色低碳技术耦合，构建可应用于医院、学校、小区、工业园区等不同场景的‘源网荷储’综合能源运用场景。”程国强说。

据介绍，在G50到G15系列自主燃机燃烧器的研制过程中，东方汽轮机攻克了高温合金材料加工技术、薄壁件精密加工控形技术等6大核心关键技术，彻底解决了燃烧器制造“卡脖子”难题，产线包含3D打印、激光自动焊、DMG加工中心、摇篮五轴铣等高端设备，可实现掺氢复杂结构喷嘴3D打印、薄壁件微变形焊接、高温合金异形件精密加工、燃烧器全维度尺寸检测等主要功能，具备每年配套15台份自主燃机燃烧器的能力。

在肩负起发展新质生产力的国之使命中，东方汽轮机不断满足产业发展要求，以新产业、新模式、新动能，践行高科技、高效能、高质量，成为增强新质生产力发展的生动实践。对构建安全、稳定、韧性的中小型燃机产业链，加快重型燃气轮机国产化、智慧化制造具有重大意义。

### 有何蓝图 燃气轮机产业线发展不断加速

从G50到G15，东方汽轮机的燃气轮机的产业线正不断加速。

程国强介绍说，继成功研制G50后，经多次迭代优化和模块化设计，G15最终诞生，目前还在同步开展G80、掺氢、纯氢等燃机系列化产品的研制工作，加快形成燃机谱系，满足多样化的应用需求，助力我国能源结构的优化和调整，确保我国在能源领域的自主性和稳定性，进一步保障国家能源安全。

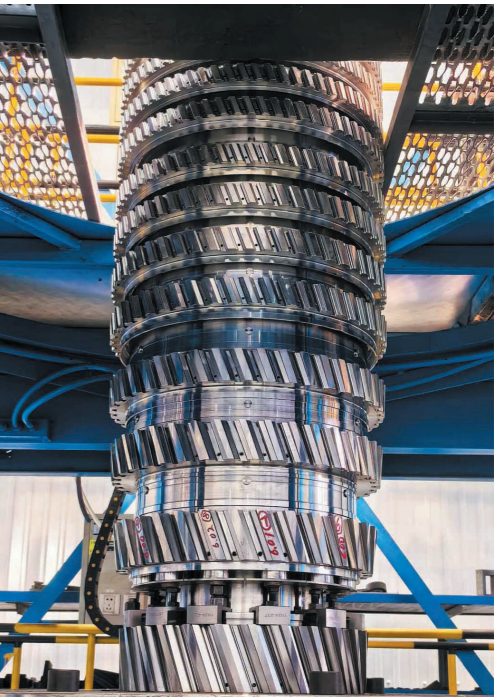
实现这一过程，离不开高额的研发投入。据了解，近年来，东方汽轮机的研发投入都保持在每年两位数的增长。依托三个国家级创新平台，不仅摘下了G50这一制造工业“皇冠上的明珠”，

而且攻克了储能系统综合解决方案、太阳能光热发电汽轮机、工业驱动汽轮机等一系列技术难题。东方汽轮机也成功入选国务院国资委改示范企业。

目前，东方汽轮机打造了国内首个燃机智慧制造基地，聚焦燃气轮机核心部件智能制造，5G、AI、大数据等数字技术，精密铸造、3D打印、工业机器人等先进制造技术，在基地实现深度融合。制造基地涵盖了燃气轮机从加工到总装关键工序的9条智慧化产线，可实现燃气轮机关键零部件敏捷生产，企业自主燃气轮机产能提升400%，助力中国燃机全产业链“新”的发展和全价值链“质”的跃迁。

当前，德阳正致力于打造世界清洁能源装备制造基地。作为这一赛道的主力之一，东方汽轮机瞄准储能、光热、地热、氢燃机、垃圾发电等战略性新兴产业，实现了重大突破，全球首个二氧化碳+飞轮储能、全球首个非补燃式压缩空气储能项目等重大项目陆续投运，综合能源系统解决方案等绿色低碳智能新产品也陆续上市。

(闫新宇)



正在叠装的G15转子  
(本文图片由东方汽轮机提供)

## 广安邻水县 农业“芯片”为乡村振兴

四川经济日报广安讯（吴乾超 记者何金泰）种业是农业的“芯片”，是建设现代农业的标志性、先导性工程。近日，位于广安市邻水县的四川泰稻农业科技发展有限公司，通过强化田间管理、优化育种技术，致力于打造农业“芯片”，为乡村振兴注入强劲动力。

在邻水县城北镇小鱼滩村的一片郁郁葱葱的花生试验田里，村民们正趁着晴好天气，清理田间的杂草。试验田的一角，四川泰稻农业科技发展有限公司的技术人员王德安蹲在田里，一边察看花生长势，一边认真做着记录。这些看似平凡的日常，却是该公司选育适合当地环境、高产优质农作物品种的重要基础。

“我们每天到田间做农事记录，主要是观察花生的生长情况和土壤的干湿度以及病虫害的防治，从而选育出适合我们当地栽种和推广的优良品种。”王德安说道。

四川泰稻农业科技发展有限公司是一家集农作物品种繁育、作物营养、健康栽培、社会化服务为一体的农业综合配套企业，建有小渔滩繁育基地、高竹新区综合试验示范基地以及粮油生产基地，是广安市首家粮油作物育种企业。成立以来，该公司还不断壮大研发团队，通过与华中农大、省农科院等科研院所合作，汇聚油菜、玉米、花生、大豆等种业专家力量，在作物选育育种、耕作栽培等方面积极开展研发、试种等工作，不断优化育种技术。截至目前，该公司共申报12项种业相关发明专利，其中1项已获得授权。

“下一步，我们将持续完善实验室的相关仪器设备及实验人员的配备，同时针对我们现有的花生、大豆、玉米区域试验及品种认定工作进行稳步推进。”该公司总经理蒋介绍道，接下来，还将进一步深化与科研院所搭建联合育种攻关平台，争取早日实现广安种业零的突破，为种业创新企业科技创新能力作一个大的提升。



## 让“中国的”成为“世界的” 五粮液携手南方周末打造的《大国之道》圆满收官

近日，由五粮液、南方周末共同打造的《大国之道》系列专题视频第四集收官篇《航向世界和美远扬》正式播出。节目以中国海上丝绸之路始发地之一的泉州为切入点，讲述了在共建“一带一路”金色十年新起点上，中国与世界对话、与人类文明同步演进的“大国之道”。

据悉，《大国之道》共4集，自6月12日起每周三在南方周末视频号首发上线，以古道为文化载体，分别走进四处具有“全球性”的文化经济辐射地域——四川宜宾、四川广元、新疆喀什、福建泉州，以兼具思想性、启发性和艺术留存价值的内容，分别讲述了南方丝绸之路、古蜀道、北方丝绸之路、海上丝绸之路这四条古老国际大通道绵延千年的风华，为观众描绘出一幅幅古今相连的大国道路传奇画卷。

其中，《大国之道》首集《物富汇通 文明交往》以五粮液的故乡——长江首城宜宾为“全球性”的文化经济辐射地域，讲述其作为“五尺道”起点城市、南丝绸之路重要驿站，与五粮液这杯“大国浓香”彼此成就的千年“道”韵——通过“周流物华天宝，飘洒文明花雨”，不断书写开放包容、文明互鉴的史诗传奇”的南方丝绸之路，宜宾“扼三江而通楚越，镇滇黔而固西南”，成为“半壁西南戎戎州”和“填不满的叙府”；以五粮液为代表的中国白酒，传承赓续“道法自然”“天人合一”的东方哲学，将这份对自然的敬畏与对酿酒技艺的执着融入每

一滴美酒中，于滴漏间折射出“天人合酿”的美好，在绵延不绝的酒香中，沿着南方丝绸之路，深深地影响世界饮食文化和人们的生活方式。

第二集《跨越山川 道法自然》重走千年蜀道，拨开历史的尘烟，重现蜀道从“塞”到“通”的历史变迁。在“积云阻石”的秦岭中，回望古人打通关中与蜀地通路，开拓出一条丝路交汇的中国古代交通“大动脉”。蜀道的开通不仅成为物产丰饶的巴蜀之地与外界沟通桥梁，更促进了美酒、诗词等文化元素的交流融合，成就了“蜀酒浓无敌”的美誉。

第三集《过塞通商 香遇世界》来到北方丝绸之路中的“玉石之城”喀什，共同领略美酒醇醪、香料芬芳的高路盛景。在这里，和美的道化身为美食特产与巴扎文化，化身为孜然、胡椒、芝麻的浓香，化身为“葡萄酒夜光杯”的边塞诗歌，在中国本土文化与外来文明的互动衍生、碰撞沟通中，“多元一体”的美和文化也在不断发展，由古道向外不断拓展，由物产经济之“大路”走向文化交流之“世界大道”。

第四集《航向世界 和美远扬》去到了“半城烟火半城仙”的福建泉州，见证海上丝绸之路分浪拓海的壮举。当瓷器、丝绸、茶叶、铜铁器源源不断运往世界各地，来自西方世界的物产也在千年时光中，潜移默化地影响着中国人的饮食文化。

这四条大国之道，见证了中国几千年的历

史时刻。它从遥远的古代走来，带着博大精深的思想，秉持着凛然不容侵犯的风骨，怀揣着包容和平的心态，追求着不断探索向前的精神，历经着风雨洗礼，见证着沧桑变化。无论世界沉浮，都迈着或沉重或轻松或坚韧的步履向我们走来。它是我们的过去，是我们的经验，是我们可以借鉴的无穷宝库。正因为有如此浩瀚的历史智慧，我们正充满底气，海纳百川，奔向和美世界。

在四条古道的浸润下，“集五粮之精华而成玉液”的五粮液，发于唐、兴于宋、精于元、成于明、得名于清，其“‘天人合一 道法自然’的生态观”“逾千年的非遗技艺”“荟萃高粱、大米、糯米、小麦、玉米来自世界各地五粮之精华”等，通过“周流物华天宝、飘洒文明花雨”的丝绸之路、古蜀道等，让“中国的”成为“世界的”。

作为中华优秀传统文化的传承者和弘扬者，五粮液从唐代“重碧酒”、到宋代“姚子雪曲”，再到明代“杂粮酒”，从历史深处和文化积淀中走来，一脉相承逾千年。其以赓续文化传统、讲好中国故事、展现中国形象为时代使命，积极助力优秀传统文化的创造性转化和创新性发展，并从中汲取文化养分赋能品牌。

特别是近年来，五粮液深刻弘扬“和合共生、美美与共”的价值理念，持续创新开展跨界合作，与故宫博物院、米其林指南、南方周末等携手打造了“上新了·故宫”“紫禁城”“长江文化带万里行”“有礼了！中国”等系列备受瞩目的文

化IP；先后赞助《十八洞村》《红星照耀中国》等优秀电影作品，冠名金熊猫奖、《中国作家》阳翰笙剧本奖、明天雕塑奖、华语青年作家奖等，以可见、可达、可感、可触的形式展示中华文化魅力，促进与世界不同文明、多元文化的交流互鉴，不断擦亮“大国浓香、和美五粮”金字招牌。

与此同时，为推动中国白酒更好地走向世界，五粮液始终坚定“走出去”步伐，发起成立国际名酒联盟，积极参加重大公共活动；站位世博会、APEC、博鳌亚洲论坛、进博会等重大国际平台活动，讲好中国白酒故事和五粮液故事，在世界舞台擦亮“中国名片”；牵头制定中国白酒国际标准，推动构建适应国际贸易的白酒标准体系，提升中国白酒品牌的国际话语权；在中国香港、日本东京等地设有“五粮液大酒家”，倾情打造“中国酒+中国菜”模式，用可感知、可品味的方式，讲述中国白酒故事，拉近不同文化间的情感距离，引领中国白酒成为民心相通的桥梁、文化交流的媒介、文化互鉴的纽带。

五粮液方面表示，将一如既往地讲好中国故事、展现中国形象为时代使命，努力做好中国白酒文化的传播者和世界酒文化交流的连接器，积极融入世界产业链、创新链、价值链，未来将中国白酒打造为与我国综合国力和国际地位相匹配的国际化、世界性、现象级物产经典。

(杨波 侯云春)

## 雅化集团参与完成项目获国家科学技术进步奖二等奖

近日，位于雅安经开区的雅化集团传来喜讯，其参与完成的《战略金属氧化矿高效浮选分离多维度精准调控创新技术及应用》项目荣获了2023年度国家科学技术进步奖二等奖。此次获奖的项目是雅化集团联合中南大学、西南科技大学等院校，针对钽、锂、铜、钴等战略金属氧化矿的高效浮选分离技术展开深入研究的结果。

据了解，对于国家和行业来说，钽、锂、铜、钴是典型的战略金属，是国防军工、新能源、电子信息等战略性新兴产业的基础原料。钽铁矿、

锂辉石、氧化铜钴矿等氧化矿是这些战略金属的主要来源，具有含泥高、组分复杂、表面活性低等特点。但它们的浮选分离一直以来是选矿领域的世界级难题，雅化集团通过多维度精准调控技术，成功解决了这一难题，实现了战略金属氧化矿的高效分离。

雅化集团业务经理高玉燕表示，该项目整体成果包括授权国家发明专利63项、国际专利3项；在矿业核心期刊发表论文100余篇。多项核心技术成果被鉴定为“国际领先”，应用于攀西地区钽铁矿、川藏地区锂矿、赞比亚—刚果

(金)铜钴矿等关键矿产资源的高效开发利用，近三年新增经济效益近500亿元，新增利润超100亿元。

“整个项目组历经10余年科技攻关，开发了一系列与资源禀赋相匹配的新药剂、新技术和新工艺，最关键的是解决了攀西地区钽铁矿资源平均回收率不足20%、川藏地区锂辉石平均回收率仅70%、赞比亚—刚果(金)氧化铜钴矿难以高效浮选富集，造成严重的资源浪费问题。”高玉燕说。

值得一提的是，雅化集团在此项技术中的

贡献不仅仅体现在研发阶段，更在后续的产业推广和应用中发挥了积极作用。他们通过与产业链上下游企业的紧密合作，推动了技术的快速转化和应用，为我国战略金属产业的发展注入了新的活力。

这个项目的成功，不仅推动了我国战略金属分离技术的进步，也为相关产业的发展注入了新的活力。可以预见，随着这项技术的广泛应用，未来我国在战略金属领域将拥有更多的话语权和影响力。

(程强)