

国家科技进步奖一等奖

桐昆集团为中国引领聚酯纤维绿色智能制造研发关键技术

纺出一条“新丝路”



位于桐乡市洲泉镇的桐昆集团“未来工厂”车间里,机械臂正轻巧地搬运丝饼。

本报记者 王志杰 摄

■ 本报记者 王雨红 宋彬彬
通讯员 徐振华

一滴石油,历经石化、聚合、纺丝等化学反应及物理过程,就能变成服装、家纺、航空航天等不同领域的重要原材料——聚酯纤维。作为纺织工业的“主粮”,当前我国聚酯产量占全球总产量的85%,然而传统生产模式能源消耗大,排出的部分废水废气还会污染环境,转型升级尤为迫切。

7月8日,2025年度国家科学技术奖揭晓,由深耕聚酯行业40余年的民营企业桐昆集团牵头,联合浙江理工大学、东华大学等高校、企业和科研机构研发的聚酯纤维产业链绿色与智能制造关键技术,获国家科技进步奖一等奖。

这家位于浙江嘉兴桐乡市的行业龙头企业,面对转型压力,选择了以绿色工艺、数智技术的创新突破,实现“脱胎换骨”。这是一场持续了20余年的马拉松——科研团队攻克油剂、催化剂、DCS(集散控制系统)国产化瓶颈,创新低碳制造模式及柔性化定制生产,不仅推动化纤产业更“绿”更“聪明”,也将产业链从“一根丝”向“一匹布”延伸,纺出了一条“新丝路”。

业内专家评价,这是全球聚酯纤维制造领域的重大技术突破,表明中国将持续引领世界聚酯纤维绿色智能制造的发展。

从源头吐“绿”丝

“我们这个项目,不仅突破了油剂、催化剂国产化瓶颈,还在研发时制定了一系列行业绿色评价标准,从源头进行绿色转型升级。”桐昆集团总工程师孙燕琳说。

无油不成丝。油剂在聚酯纤维生产中起到润滑减摩、抗静电、集束抱合的作用,确保生产高速顺畅及提升纤维品质。没有油剂,化纤企业就无法正常运行。

但长期以来,全球仅国外三家企业能生产油剂。有一回,因售价未达到预期,一家油剂生产企业给桐昆发来邮件,声称生产装置发生爆炸事故,扬言要断供。

2003年起,为了让聚酯纤维更加安全、稳定生产,桐昆着手油剂的国产化研发,并与浙江理工大学共建新纤维研发中心,依托浙江省现代纺织技术创新中心等平台,校企地合力推进。

在聚酯生产高温工序中会产生烟气、粉尘等污染物,团队决定将油剂中的水去除,研发出更优质环保的原油型无水上油的涤纶FDY专用油剂。

那段时间,桐昆不惜代价,鼓励科研人员大胆尝试。无数次试错后,这款原油型油剂终于在200℃左右高温、0.01毫秒上油时间内表现稳定。

2019年,桐昆投资20.5亿元建设年产20万吨化纤油剂项目,这标志着国产环保原油型油剂从实验室走向规模化生产,桐昆也成为全球第四家掌握化纤油剂核心技术的企业,目前产品品类达上万种。

提升“含绿量”的努力,还包括催化剂的逐步迭代。聚酯纤维大多采用钨系催化剂,虽性能稳定,但会在后道超100℃的印染环节中析出重金属,引起水土污染。为此,浙江恒逸石化有限公司、桐昆等联合成立攻关团队,自2016年起着手研发绿色环保的钽系催化剂,通过分子结构设计、调整反应条件、创新快速分散工艺等集成创新,解决钽系催化剂活性高、不稳定等难点。

团队历经小试、对标验证、中试、工程化推广量产,最终成功制备出质量稳定的“逸泰康”“瑞泰嘉”系列产品。

这条从源头开始的绿色转型之路,还改变了聚酯纤维的生产模式。如今在桐昆生产基地,一根根管道将不同工厂“串点成线”,实现“石化—聚合—纺丝”全产业链一体化生产。这一创新,既可节能降耗30%以上,又能回收余热余压进行发电,满足主装置正常用电,实现资源循环绿色利用。

数智“管家”让生产更安全

桐昆旗下的江苏嘉通能源有限公司里,占据中控室一面墙的数字大屏上,实时跳动着产线上传来的温度、压力等数据。

生产情况一目了然,得益于一名参数主控“总管”——DCS。这也是此次获奖项目的核心成果之一,推动聚酯纤维产业更加智能。

DCS于2019年正式“上岗”,彻底结束了桐昆对国外系统的依赖,提升了产业链安全性稳定性,并降低运维成本,目前已连接集团2.8万台设备、150多万个数据采集点,是设备智能化运行的“中枢神经”。

对一家深耕行业40多年的传统企业来说,数字化转型并非易事。没有信息技术背景,也没有同行经验可

循,完全是摸着石头过河。为此,桐昆与浙江中控技术股份有限公司携手,共同开发系统。

DCS一旦发生故障,很可能会导致相关设备无法正常运行,从而影响企业生产效率和经济效益。尽管新系统升级过程会面临风险,桐昆仍决定迎难而上,与战略合作伙伴在迭代中攻克问题。

2018年起,研发团队两班倒加班加点,天天都有人守在电脑前观察参数,反复修改设计图纸。对于老旧设备,大家一台台梳理排摸,通过外接传感器、视觉检测、分析设备传输数据的视频信号等非常规手段,解决其无基本接口难题。

2019年的一天,桐昆年产30万吨绿色智能化纤项目现场,自主开发的DCS首次在大生产装置上调试,技术人员按下启动按钮,数字大屏上开始跳动生产数据。1分钟、5分钟、10分钟……没有出现跳闸情况,所有生产设备平稳运行,掌声和欢呼声瞬间打破了中控室凝固的紧张氛围。

现在,我国化纤产业的大部分装置都采用这套国产化DCS系统。该系统不仅提升了相关企业的生产效率,也避免了装备运行被国外远程控制、干扰和中断的风险,为国家重大装备自主可控提供了可复制路径。

基于此,桐昆还打造了一个打通全集团数据的“大脑”,每天处理消息超120亿条,为各业务系统提供智能分析、预测和决策,工厂自动化率超95%。

制造+服务,融出产业竞争力

细细梳理项目成果可以发现,一次次单点技术的突破,还促成了桐昆服务模式的创新,推动制造业与服务业深度融合。

团队高度集成自主研发的油剂、

催化剂、DCS等工艺技术及系统,全球首创“一头三尾”一体化聚酯装置,为下游企业提供多品种小批量柔性化定制生产,开创行业先河。截至目前,这套装置能同时生产5大系列、1000多个品种的聚酯纤维产品。

作为浙江省“415X”先进制造业集群,现代纺织与服装产业近年来正加快全链路转型升级,增强产业竞争力。

“这也倒逼上游聚酯、纺丝企业的绿色化、智能化、高端化转型,为服务型制造提供技术支持。”桐昆集团执行总裁李圣军说,龙头企业要发挥“链主”作用,不断开放创新资源,带动上下游企业协同发展。

项目攻坚过程中,桐昆抽调集团上千名骨干组成专班,每年把3%的营收投入研发。一位在桐昆工作20余年的技术人员感慨万分,攻克技术难关过程中,她记不清和同事熬了多少个通宵,各类材料一整个房间都堆不下;还有技术人员为了盯一个数据,高温天坚守在热反装置旁,不顾汗水湿透衣背。

10余年来,桐昆还与浙江理工大学、相关政府部门共建产学研联合体,加速项目技术创新和成果转化。比如,浙江理工大学每年都有数十位硕博生往返学校与企业,把课堂搬到生产线,把产业问题带回实验室;桐昆则定期选派技术骨干到学校定向培养,精准对接前沿技术。

“我们在项目‘真’问题中探索政产学研用协同创新,系统推动高校科技创新与产业创新深度融合,服务区域经济社会高质量发展。”该项目团队骨干教师、浙江理工大学材料科学与工程学院副院长(主持工作)吕汪洋说。

完善的合作机制,也让桐昆“大胆发展”的底气更足。眼下,桐昆正积极打造“印染—织造”产业生态圈,不断向下游高附加值领域渗透,构建从化纤到面料乃至终端产品的区域闭环,提升产业链韧性。



桐昆创建的低碳制造标志工程。

受访者供图



周昆(中)团队在介绍“智能化三维数字人制作关键技术及应用”。受访者供图

国家科技进步奖二等奖

算法破局,浙大团队探索三维数字人制作智能化路径 让普通人一键生成“数字分身”

■ 本报记者 谢丹颖 通讯员 陈械丽莎

在浙江大学计算机辅助设计与图形系统全国重点实验室,当你对着手机镜头坐定,屏幕上会立刻跳出一个五官逼真、发丝分明的三维数字人。它能会说动,光影质感几乎与真人无异。

这不是科幻片里的场景。浙江大学周昆教授团队深耕计算机图形学技术,将三维数字人制作门槛降至“手机拍照+等待数秒”,让普通人一键生成高保真数字人形象成为现实。7月8日,团队牵头完成的“智能化三维数字人制作关键技术及应用”2025年度获国家科技进步奖二等奖。

从《星球大战》的线框动态示意图到《阿凡达》的逼真角色,计算机图形学一直致力于让虚拟世界“活”起来。但高拟真度不仅意味着要还原外形,还要模拟动态行为,导致数据量与计算复杂度呈指数级增长。过去,高保真数字人制作长期限于专业圈层:单个角色制作周期长达数月、成本动辄百万元。

面对元宇宙、全息通信等新业态对三维数字人的爆发式需求,周昆提出了一个设想:“能否用手机拍照,就做出逼真的数字人?”为此,团队从一张脸、一缕发起步,走出一条不同于工业界“笨重硬件堆叠”的智能化算法驱动的技术路线。

针对传统三维重建依赖结构光与相机阵列的痛点,团队提出单视角图像输入的数字人精准建模技术,仅凭单视角图像,数秒内即可生成逼真的3D头部模型。针对数字人交互的稳定性问题,团队

发明了多层级联回归的视频驱动数字人交互技术,哪怕光照变化、面部有遮挡,也能稳定捕捉微表情与动作。针对数字人仿真计算的瓶颈,团队研发了发型和服装的多分辨率运动模型,将物理规律与数据驱动相结合,在保持精度的同时,使衣袂、头发运动的仿真计算效率飙升10至100倍,实现实时仿真。

实验室里的突破并非终点。“成果不能只躺在论文里。”周昆说。团队联合网易(杭州)网络有限公司、杭州相芯科技有限公司等打通“基础理论—核心算法—工程平台”全链条,研制智能化三维数字人制作平台,产学研拧成一股绳。不少突破正是源自企业诉求:“响应速度要从数十毫秒压缩到几毫秒,内存占用要从数百兆砍到数十兆……”顺着落地需求倒推改进,这些技术已经在数千家企业得到规模化应用。

从实验室到产业界的闭环,也获得了国际学界的认可。团队2013年发表的数字人驱动技术论文在2024年拿到了计算机图形学国际顶级会议ACM SIGGRAPH时间检验奖,印证了其持续影响力。

正如从Web1.0专业生产内容到Web2.0用户创作内容的发展,周昆希望推动计算机图形学也迈入“人人可参与、人人可创造”的2.0时代:“细腻度虽与大银幕顶级特效尚有差距,后续我们将在应用中持续迭代。”下一步,团队将推动AI大模型与三维图形深度融合,让数字人从拥有“声容形貌”向具备高智商、高情商的互动能力升级,成为“情智兼备”的“数智人”,解锁更多可能。

国家科技进步奖二等奖

浙工大团队突破单一激光调控极限 在大国重器里注入“中国光”

■ 本报记者 纪驭亚 实习生 叶瑞汉

有人说,激光是这个世界上最快的“刀”。在浙江工业大学激光先进制造研究院院长姚建华及团队手中,这把“刀”因多能场协同作战变身成为守护大国重器的“利器”。

在大型发电厂,它让百万千瓦火电机组里上百吨重的转子连续运转40年;在三峡等大型水电站,它让400多吨的水轮机转轮的维修时间缩短至少70%……这些应用场景的背后,正是姚建华团队突破单一激光调控极限的“能场复合”技术,在大国重器里注入了属于中国的“光”。

该团队凭借“大型构件能场复合激光制造关键技术与应用”项目,以第一完成单位并完成人获得2025年度国家科技进步奖二等奖。

姚建华和激光打了近40年交道。早在2012年,他和团队就凭借激光复合表面改性技术首次获得国家科技进步奖二等奖。那一次,他们用激光为汽轮机叶片表面形成一层强化层,就像穿上“铠甲”,解决了叶片抗汽蚀、抗磨损的行业共性难题。

在那次获奖后,上海汽轮机厂带着难题再次找上门来:他们承担着制造国际最先进汽轮机的国家重大任务,其中最重要的是汽轮机转子制造,要让这个重达上百吨的金属部件在高温高压蒸汽中连续稳定运转40年。上海汽轮机厂的工程师们用尽常规技术,都无法破解。

姚建华说,转子要长周期连续稳定运转,表面强化是关键,这就需要用到激光熔覆改性技术。但单一激光有自身的短板:激光把表面金属熔化后,熔体内部会随机产生气泡和微观缺陷。熔池在几百毫秒内就凝固了,这些气泡和缺陷还来不及排出去,就被“冻”在了金属内部,形成气孔和裂纹,反而影响转子的使用寿命。

2013年,姚建华团队提出了一个新设想:在激光加工的同时引入电磁场,超声场、热场等多个能场,通过协同作战突破单一激光的调控极限。其中,光负责加热成型;电磁场产生洛伦兹力,像一只无形的手,在熔池凝固前的几百毫秒内,把气泡和杂质强制“赶”出去;超声场和热场则负责调控晶粒大小、控制变形等。多个

能场各司其职,既能重塑金属内部,还能让气泡和缺陷无处遁形。

想法有了,但做起来并不容易。例如电磁场和激光,一个是无形无质的磁场,一个是精密聚焦的光,两者要在同一时间、同一空间协同作用,不是简单叠加就行。磁场的强度、角度、作用时机,任何一个参数产生偏差,都可能导致调控失败。为此,团队花了三年多时间,从理论建模到实验室验证,反复调整磁场发生装置的结构和布局,最终把电磁场模块集成到激光加工头上,实现了两者的同步耦合。

真正的难题还在实验室之外。上百吨的转子无法运进实验室,团队只能把实验室“搬”到工厂去。“在工厂车间里做科研,没有试错的空间,每一次出手都要经得起检验。”姚建华说,2015年,他们在上海汽轮机厂的车间里现场建起生产线,为第一根转子完成了加工。如今,已有200多台火电机组用上了这项技术。

这项新技术的另一个“战场”在水电站。作为世界最大的水利枢纽工程,三峡水电站需要频繁调节发电量,水流忽快忽慢让水轮机叶片承受的冲击力剧烈变化,产生一种叫“汽蚀”的破坏,成为世界公认的难题。更棘手的是,三峡水轮机的一个转轮直径就有10米,重达400多吨。维修只能在水电站现场进行,且停机一天就要少发上千万度电,维修时间越短损失越小。

为了能让技术装备更好地在巨大的水轮机运行现场作业,团队联合企业开发了便携式激光在位修复装备。多年探索下来,转轮维修时间已从原来的15~40天缩短至2~8天,不仅如此,修复后的抗汽蚀性能提高了两倍。这项技术目前已用于三峡水电站、葛洲坝电站和溪洛渡电站等多个水电站的21个机组中。

如今,这项技术已广泛应用于能源、石化等多个行业的上百家企业,处理关键部件数以万计。仅服务于汽轮机行业新增效益超百亿元。与此同时,姚建华团队也在不断精进技术,仅电磁场装置就已更新到第四代,不仅比原来更轻,还能根据现场工况自动匹配参数,不再依赖人工经验。“我们希望把这束光照向更多领域,解决更多实际生产中的问题。”姚建华说。