

编者按 最近,工业和信息化部、国家发展改革委等八部门联合印发《关于加快传统制造业转型升级的指导意见》,提出要持续保护老字号,打造具有国际竞争力的“中国制造”高端品牌。今年2月,商务部等五部门公布了第三批中华老字号名单,推动老字号创新发展。

制造业老字号如何在新的时代背景下焕发勃勃生机?今起本报推出“老树新枝”专栏,讲述制造业老字号用科技“驻颜”、永葆“青春”的故事。

## 仿古法“机械手”锤出超薄金箔

### 老树新枝

◎本报记者 金凤

每天上午8时,南京金陵金箔集团股份有限公司(以下简称金陵金箔集团)的车间,总会在轰鸣的锤打声中醒来。与多年前不同的是,这声音由千百年来工人们交替抡锤的律动,迭代为机器压制金条、锤头锤打金箔的混响。

声音变化的背后,是传统技艺进入工业时代,面对大规模市场需求,转换转型的生产节奏。

近日,商务部等五部门公布第三批中华老字号名单,金陵金箔集团位列其中。

借助科技的力量,金陵金箔集团被列入国家首批非物质文化遗产的南京金箔银制技艺“老树发新枝”,在保留原有传统技艺的同时,凭借现代科技提高生产效率、统一产品质量标准,让非遗重新焕发勃勃生机。2023年,金陵金箔集团大力加强设备改造和技术研发,获得两项实用新型专利。

### 金箔锻制人力资源短缺

“金箔自古以来就闻名遐迩,它薄如蝉翼、柔似绸缎、轻若鸿毛。”走进金陵金箔集团,南京金箔银制技艺省级非遗传承人、金陵金箔集团副总裁葛才金指着展厅里的金箔工艺品娓娓道来。

这家成立于1955年的老厂,于2018年被故宫博物院授牌为“故宫官式古建筑材料(金箔)基地”。2023年12月,金陵金箔集团还完成了澳门盛世莲花雕塑的翻新贴金工作。

关于金箔最早的文字记录,出现在明代科学家宋应星的《天工开物》中——“凡造金箔,既成薄片后,包入乌金纸内,竭力挥推打成”。

在金陵金箔集团的生产车间里,古人的锻制技艺被描述为12道工序,分别为配比、化条、拍叶、做捻子、落开子、沾捻子、打开子、装开子、炕炕、打了细、出具、切箔。

葛才金介绍,12道工序中,“一开二炕三了细”尤为重要。“一开”即打开子,就是在装了1984层金捻子的乌金纸包里,把1丝厚、1平方厘米大的金捻子锤打成0.5微米厚、8平方厘米大的金开子;“二炕”即炕炕,是把装好金开子的乌金纸包,放到炕箱上烤,去湿,以确保锤打金箔的过程中,金箔与乌金纸不粘连,使金箔的延展性更好;“三了细”就是打了细,是两位工人面对面,一人一锤交替锤打乌金纸包两万多遍,将金开子从8平方厘米锤打至18平方厘米,厚度达0.11微米左右。500张金箔叠在一起才有一根头发丝的厚度。

这些经过千锤百炼的金箔,装点过故宫、颐和园的宫廷建筑,也被贴在香港的紫荆花雕塑和澳门的盛世莲花雕塑上。

尽管有这样的辉煌,随着时代的发展,金陵金箔集团还是被推到了转型升级的十字路口。“20世纪90年代后期,由于国外市场需求量增大和金陵金箔集团的市场占有率攀升,公司急需扩大产能。但学习锻制技艺的人已经越来越少,于是我们开始尝试在一些锻制环节,用机器辅助人工操作。”金陵金箔集团母公司南京金箔控股集团党委书记、董事局主席江楠介绍,那场技术革新自从启动后,一直延续到今天。

### 将人工抡锤变为机器锤打

走进今天的金陵金箔集团,工人们锤打金箔的锤头



金箔艺人使用竹刀将打好的金箔切成标准尺寸。南京金陵金箔集团股份有限公司供图

已被收入展示柜,作为一个时代的见证被封存。取而代之的是半自动打箔机和研发迭代中的全自动打箔机。在“拍叶、打开子、打了细”等需要工人和黄金“硬碰硬”的生产环节,机器可以协助人来锤打黄金。

在打箔车间,记者看到,“打了细”的十几台打箔机一字排开,工人握住夹着金箔的乌金纸包,在锤头的起落间,调整乌金纸包的移动路线,以确保金箔打得均匀、形状完整。

“锤头的落点是固定的,但锤打哪些部位,走什么锤打线路,都由工人决定。机器只是辅助工人发力,锤打的线路仍然是按照原先的正二路、里二路、外二路这些线路来。”葛才金介绍,目前,该公司已有30多台半自动打箔机。

近几年,公司还在研发升级一款全自动打箔机,希望它可以不依靠人手的扶持和推送,就能自主锤打金箔。

在金陵金箔集团的车间里,记者看到,工人们把乌金纸包放进全自动打箔机的“机械手”中,再在显示屏上设定锤打路线。点击按钮,“机械手”便将乌金纸包送到锤头下,并托着乌金纸包根据此前设定的锤打路线前后左右移动。显示屏上实时显示锤打路线,锤打进度一目了然。这款“机械手”解放了人手,减轻了工人劳动强度,减少了工伤事故的发生,于2023年获得实用新型专利。

“全自动打箔机最大的技术难点在于如何逼真地模拟人工锤打的力度、角度和路线。一方面,锤头砸下去要有回弹力,这样才能让金箔充分延展;另一方面,要通过编程让乌金纸包根据设定的锤打路线移动。”金陵金箔集团技术体系负责人何警胜告诉记者,经过多年摸索,他们联合高校,最终确定用旋转的偏心盘带动锤头上下运动,每分钟可以锤击350下。同时,他们通过编程,不断修正参数,让打箔机能够根据所需金箔的不同叶重、不同含量以及乌金纸的新旧程度,生成不同的锤打路线。

机械化让金箔锻制跑出了加速度。“在人力锤打的年代,两个工人每天只能锤打一包乌金纸包,锻制1984张金箔。但借助半自动打箔机,每个工人每天操作一台机器可以打两包乌金纸包。全自动打箔机的工作效率又比半自动打箔机高一倍。”何警胜表示,即使使用机器打箔,也要依靠工人的经验。工人要结合金箔的产品需求,设定锤打路线,调节击打时间。目前,研究团队还在完善全自动打箔机,力求减少黄金消耗量。

### 自研乌金纸涂料及涂敷技术

黄金能不能锤打成高质量的金箔,它的“贴身护卫”——乌金纸尤为重要。乌金纸是否耐高温、结构紧密、耐锤打,决定了金箔品质优良与否。

但是,随着国内外对金箔需求量的增大,乌金纸的供给也一度面临国外的封锁。

“20世纪90年代末,我们从日本购买乌金纸,每个月大约需要200包,但对方只卖给我们100包。而且每包价格很贵,约为2800元。”葛才金和同事们不想再受制于人,他们开始自主研发乌金纸。

“在一种特殊的白纸上涂敷材料即可制成乌金纸。我们当时选用了十种不同白做试验,对纸张的平滑度、韧性、拉力逐一进行测试。同时,我们与高校合作,选用合适的碳黑等材料作为涂料,让碳黑在锤打的过程中不掉在金箔上,并能让乌金纸帮助金箔成形,让金箔有良好的延展性。”何警胜说,这一过程中,还要考虑白纸与碳黑、胶水、助剂的相互作用。

历经两年的研究,团队研发出乌金纸的涂料和涂敷工艺,摆脱了对进口乌金纸的依赖,乌金纸的成本也大大降低。

借助科技的力量,传统技艺也开始穿越历史时空,与时俱进。2022年,金陵金箔集团获得高新技术企业认定。

根据市场需求的变化,金箔也已经不再局限于古建筑等贴金使用,在文创产品、化妆品、中药等领域,金箔也开始“崭露头角”。时尚化、年轻化、生活化成为金陵金箔的新标识。造型各异的金箔也随之应运而生。“近几年,我们在研制异形金箔的制备工艺,重新配比制造金箔的原材料,让金箔尽量不破碎,再调整金叶子回火的温度、时间,提高金箔的柔韧性。”何警胜说,这些技术迭代,是为了满足不同客户的不同需求。

例如,团队根据不同客户的需求,制作带有特定图案的特殊形状模具。模切完成后,先通过弹力垫板把金箔分离出来,再通过人工分拣出所需图案。2023年,异形金箔的制备工艺已向国家知识产权局申请发明专利。

“时代在进步,金陵金箔锻制技艺也在与时俱进。我们现在使用的未必是一两千年前古人最原始的锻制方法,但我们保护、传承了古人的锻制思路。我们希望用最好的技术,把古老技艺更好地保存延续下来。”江楠说。

## 让废旧纺织品“重获新生”

◎洪恒飞 本报记者 江耘

走进浙江佳人新材料有限公司(以下简称佳人新材料)展厅,可见诸多知名品牌旗下的运动服饰、时尚背包、化妆品包装瓶等聚酯产品陈列。数字大屏上实时显示工厂今年以来的生产情况,其中,减碳、节煤、节水等数据令人眼前一亮。

“这些聚酯产品均由我们回收的废旧纺织品加工而成。”近日,佳人新材料行政总监陶丹丹接受科技日报记者采访时介绍,在公司厂区,废旧纺织品经过解聚、过滤分离、除色和提纯等10多道工序后,可制成再生对苯二甲酸二甲酯(DMT)、再生聚酯切片、再生涤纶纤维三大类产品。

位于浙江省绍兴市越城区的佳人新材料,成立于2012年,是国内首个国家废旧纺织品化学法循环利用纤维生产研发基地。如今,该公司每年可处理废旧纺织品超4万吨,生产3万吨再生产品。不久前,工信部公布2023年度绿色制造名单,佳人新材料获评国家级绿色工厂。

### 处理能级可达万吨

废旧纺织品如何处理得当?我国纺

织纤维加工总量占全球的50%以上,人均纤维消费量在不断增加。据中国化学纤维工业协会统计,国内废旧纺织品存量近4亿吨,每年新增2000多万吨。其中,以石油基为原料的化学纤维占比80%以上。

由化纤制成的面料,在自然状态下不易降解,如果被焚烧或填埋,既占用资源又容易造成二次污染。因此,循环利用是不二之选。

佳人新材料解聚回收(RD)车间生产经理潘江峰介绍,在设备工艺方面,公司技术团队对废旧纺织品过滤器、离心分离、蒸馏装置等进行了技改替代,有效提升了产能。

2016年以来,佳人新材料联合精工控股集团及国内多所科研院所,研发出化纤废旧纺织品万吨级处理技术,对标原产品逐步降低再生聚酯纤维的生产成本,并陆续研发出再生低粘、再生阳离子、再生阻燃等再生聚酯切片系列产品。

在促进废旧纺织品循环利用的同时,再生产品的生产过程也应遵循绿色低碳理念。近年来,佳人新材料通过建设光伏板、采购国际绿电、构建智慧工厂、开展余热回收技改项目等举措,有效降低了能源消耗。

陶丹丹介绍,比如配置烟气余热锅

炉,公司利用高温烟气产生低压蒸汽,供再生聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)生产线使用。此举减少了外购蒸汽量,降低了能源的消耗。公司目前建有3万平方米的光伏板,年可发电量180万—250万度。此外,公司每年采购国际绿电占生产用电的40%。

### 构建循环生态圈

不局限于重组成丝后做成背包、服装等纺织品,医疗标签、手机保护膜、医用防护面罩等,也是废旧纺织品再生后的呈现形态。

2023年7月,佳人新材料首批化学法再生DMT开启全球销售,填补了国内再生DMT领域空白,也对全球DMT市场提供了重要补充。

“DMT主要用于合成聚酯纤维、树脂、薄膜、聚酯漆及工程塑料等,在精细化工领域有很大的市场需求。而在公司原先的涤纶化学法循环再生工艺中,它仅作为用于再生聚酯纤维生产的中间产品。”潘江峰介绍,为优化产品结构,公司进行技术改造,增加了DMT取出装置,经过大量调试后,成功将其单独生产销售。

基于再生涤纶纤维、再生聚酯切片、

再生DMT三大类产品,近年来,佳人新材料累计测试研发新品种100多种,已形成再生阳离子涤纶、再生阻燃、再生低粘/高粘等十大系列产品。

“向往绿水青山,追求低碳可持续的生产方式是大势所趋。自成立以来,公司累计处理废旧纺织品29万吨。”陶丹丹表示,基于越发丰富的产品品类,公司致力于联合废品回收和分类、再生利用和下游制造、零售等相关领域企业,打造永续循环生态圈,推动循环事业的发展。

2022年3月,国家发展改革委等三部委出台《关于加快推进废旧纺织品循环利用的实施意见》,提出到2030年,废旧纺织品循环利用率达到30%,废旧纺织品再生纤维产量达到300万吨。

潘江峰说,公司年产15万吨绿色再生新材料项目已落户浙江省绍兴市柯桥区,预计2024年下半年试投产。计划到2030年,佳人新材料将实现年产50万吨再生产品。

根据第三方(天祥集团)检测报告,从2015年到2023年6月,佳人新材料累计生产再生产品21万吨,回收利用废旧纺织品29.4万吨,相较原产品,节省石化原料8.4万吨,累计减少碳排放32.55万吨。

◎实习记者 王禹涵

1月15日,陕西西安的太阳能光伏企业隆基绿能科技股份有限公司(以下简称隆基绿能)董事长钟宝申从世界经济论坛负责人手中接过“灯塔工厂”的奖杯。

2023年底,世界经济论坛公布最新一批“灯塔工厂”名单,全球共21座工厂入选。隆基绿能旗下嘉兴基地作为全球光伏行业唯一的智能制造工厂入围,这意味着隆基绿能“点亮”了全球光伏行业的“灯塔”。

### 智能制造提高生产效率

每隔18秒,生产线上就有一个组件下线。这个过程包含了4道检测工序。隆基绿能首创的AI精准追溯专利技术,通过导入实时AI串追溯模型,可以实现每18秒完成12个电池串异常及其来源机台的快速精准识别。

“这项技术解决了困扰光伏组件生产过程中传统条码追溯不适用,且虚拟码追溯准确率低的行业难题。”隆基绿能嘉兴基地负责人刘爱军说。

在嘉兴基地组件工厂里,20条生产线、900多台设备有条不紊地工作着,21万多个点位数据在设备综合效率管理系统(OEE)中互通互联。“我们实现了单线日产能提升30%以上,缩短设备问题平均解决时间28%。”刘爱军说。

在生产效率大幅提升的同时,一年内,嘉兴基地组件工厂的单位制造成本降低了28%,产量损失减少了43%,生产交货时间缩短了84%,同时能耗也降低了20%……

“灯塔工厂”由世界经济论坛与管理咨询机构麦肯锡共同开展评选,象征着“世界最先进的工厂”,代表工业领域顶级的智能制造能力。入围“灯塔工厂”,需要集成至少5个世界级领先水平的技术应用。

隆基绿能在嘉兴基地组件工厂中大规模采用了工业互联网、大数据、AI、数字孪生等新技术,开发实施了30多项数字化用例推动智能制造。

其中,AI全流程检测及追溯、订单生产交付周期智慧管理、机器视觉柔性自动化、AI算法赋能的电池资源匹配及动态纠偏、智能人力资源管理数字化用例,有效提升了产品的可靠性和交付效率。

### “宽研窄投”的创新模式

高效与智能,源自前瞻的战略眼光和持续的科研投入。近20年来,隆基绿能锁定更加高效的单晶技术路线,并进一步攻克直拉单晶技术(RCZ)、金刚线切割技术,将硅片的成本由2010年的每片100元降低到了如今的每片3元左右,不断推动光伏行业降本增效,成为引领全球能源转型的主力军。

截至目前,隆基绿能已经打破了晶硅单结电池和晶硅-钙钛矿叠层电池两大赛道电池效率的世界纪录,成为“双料冠军”。

为何能够成为“双料冠军”?钟宝申透露,这归功于隆基绿能“宽研窄投”的研发体系,即布局不同的技术和产业领域,选择最有发展潜力、最有社会价值的技术,集中精力把优选的技术“种子”投入量产。

数据显示,近5年来,隆基绿能累计研发投入超过180亿元。截至2023年6月30日,隆基绿能累计获得各类已授权专利2525项。仅在隆基绿能嘉兴基地,每年研发投入就超过3亿元,占产值比例的5%左右;50多人的工艺团队,能够将最新技术快速导入生产,通过技术领先锁定成本的优势。

钟宝申表示:“我们希望通过高效创新,让更多的人看到光伏产业有很多机会,隆基绿能能够起到表率作用,走出差异化发展的一片天。”

### “灯塔”照亮前行之路

中国已经成为世界清洁能源发展的不可或缺的力量。1月25日,国家能源局国际合作司副司长潘慧敏在新闻发布会上援引国际可再生能源署的报告说,过去10年间,全球光伏发电项目平均度电成本累计下降超过了80%。其中很大一部分归功于中国创新、中国制造、中国工程。

从隆基绿能嘉兴基地生产出来的高效组件,正通过水路运输、铁路运输、公路运输等交通方式源源不断地发往全球。在西安国际港务区,已有上百列中欧班列长安号隆基专列,满载产自中国的光伏组件,驶向哈萨克斯坦以及荷兰、德国、比利时等国家。记者在中铁联集西安中心站看到,春节期间,仍有开往欧洲、中亚的隆基专列整装待发。

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心常务副主任何继江表示,隆基绿能的“灯塔工厂”正在照亮可持续能源系统的前行之路,可以持续为更快更低成本应对全球气候变化作出贡献。数字化赋能光伏产业,结果是光伏产品取得更高的生产效率和品质,同时也意味着光伏产品全生命周期的成本和碳排放更低。

不只是“灯塔工厂”,隆基绿能也十分关注在可持续发展方面的技术用例和好的实践。地处云南的隆基保山基地,正按照“零碳工厂”的标准进行建设,致力于打造更环保、更可持续的绿色工厂。

世界经济论坛2024年年会期间,钟宝申出席“加速达到净零排放:制造业的创新策略”闭门会议时,向与会嘉宾分享了隆基绿能降低碳排放的实践。他说,隆基绿能将力争持续引领光伏制造业的低碳化和数字化发展。



在隆基绿能科技股份有限公司嘉兴基地,全自动生产线正在工作。受访者供图

全球光伏行业首家「灯塔工厂」如何炼成