攻破高温合金关键难题

——万泽航空支撑“两机”装备国产化

本报记者　杨阳腾



位于深汕特别合作区的深圳市万泽航空科技有限责任公司产业化生产基地实验室。　（资料图片）

走进位于广东省汕尾市深汕特别合作区的深圳市万泽航空科技有限责任公司（以下简称“万泽航空”）产业化生产基地，高端高温合金材料、单晶叶片、粉末涡轮盘等各条生产线正有序作业。

作为具备高温合金材料研发、部件制备全流程自主可控能力的国家级专精特新企业，万泽航空已搭建起覆盖高温合金材料、仿真软件、核心热端部件的完整制造体系，为我国航空发动机、燃气轮机（以下简称“两机”）装备配套提供了坚实的国产化支撑。

瞄准机遇谋转型

万泽航空的母公司万泽实业股份有限公司（以下简称“万泽股份”）过去是一家以房地产开发为主业的上市公司，为何切入门槛高、难度大的航空科技领域？

“‘两机’是高端装备制造的核心技术，其中，涡轮盘、涡轮工作叶片、涡轮导向叶片更是关键部件。”深圳市万泽航空科技有限责任公司总经理林伟光介绍，长期以来，我国高温合金材料与工艺技术与国外差距较大，国产化替代任务紧迫，市场前景广阔。

瞄准发动机高温合金领域的战略机遇，万泽股份主动转型，聚焦高温合金材料的研发和产业化，逐步构建起“材料—工艺—仿真—检测”一体化研发能力、“技术孵化—产业赋能—价值变现”成果转化体系，集中力量攻坚行业“卡脖子”关键技术。

“科研创新平台是将创新想法转化为工程产品的‘硬支撑’。”万泽航空副总经理李清涛介绍，万泽航空累计投入研发经费近20亿元，购置了一批国际先进水平的研发、中试、检测设备，搭建了先进材料、粉末冶金、数字仿真、检验评估四大公共技术平台。

“民营企业布局高端新材料，人才与专业研发平台是两大短板，校企合作能够打通基础理论与工程应用之间的断层。”李清涛介绍，高温合金研发覆盖粉末冶金、精密铸造、模拟仿真等多学科交叉，单一企业很难完整搭建全专业研发梯队。为此，万泽航空坚持“高端引进+内部培养”双轮驱动的人才战略，现有国家级特聘专家5名，研发团队硕博人员占比40%，团队专业背景涵盖模拟仿真、精密铸造、粉末冶金、机械加工及物理化学分析等多个领域，形成国内高温合金领域为数不多达到国际一流水平的研发队伍。

为凝聚核心技术队伍力量，万泽航空建立“攻关奖励+股权激励”相结合的中长期激励机制。核心技术人员持有公司股权，将个人技术攻关收益与企业长期技术突破深度绑定，确保顶尖人才不仅引得来，更能留得住、用得活，保持核心团队的长期稳定与创新活力；建立梯度研发推进模式，实行“在产一代、试制一代、预研一代”技术迭代节奏，同步搭建研发容错机制，包容试验阶段合理试错，降低科研人员创新顾虑；精简内部决策流程，研发、生产、市场部门常态化联动，根据装备型号需求快速调整研发攻关方向。

自主攻坚破难题

关键材料的突破是行业发展的基石。万泽航空累计成功研发18种具有完全自主知识产权的高温合金材料，建立覆盖多代单晶高温合金、高性能粉末高温合金的完整材料谱系。

“过往，高温合金的全流程研发，长期依赖国外商用工业软件，不但采购运维成本高昂，核心算法与底层数据接口不对外开放，存在极大信息安全风险，而且通用软件无法匹配高温合金的特殊工艺场景，仿真精度不足，数字化研发能力长期受制于人。”万泽航空仿真室主任王超表示，为解决这一难题，公司团队独立开发了基于弹塑性有限元的高温合金专用软件，软件集成合金凝固、塑性变形、热等静压、热处理等多工序仿真模块，配套搭建高温合金专属材料数据库与多物理场仿真平台，打通了成分设计、工艺优化、性能预测全流程，打破了国外工业软件垄断。

如果说材料与软件解决了“用什么造”的问题，那么单晶铸造工艺的革新则回应了“怎么造好”的难题。

单晶涡轮叶片制造阶段，行业普遍存在籽晶引晶成功率偏低、枝晶组织粗大、晶向偏差超标等问题，万泽航空团队自主开发枝晶细化技术、超薄壳型铸造技术、三维籽晶引晶技术等一系列关键工艺，将三维籽晶引晶成功率提升至90%以上，大幅高于行业平均水平，叶片一次、二次晶向偏离角控制在小于10度，一次枝晶间距稳定在300微米以内，各项关键工艺指标达到国际领先水平。依托这套完整的精铸工艺体系，万泽航空在国内率先实现单晶三联导向叶片批量交付，目前已形成年产高温合金叶片20万片的产业化能力。

粉末涡轮盘作为航空发动机、燃气轮机的核心承力部件，是另一块难啃的“硬骨头”。

“长期以来，国内粉末盘件制备工艺路线不成熟、工序繁琐、过程可控性弱，制成品疲劳寿命短，高端产品高度依赖进口。”万泽航空粉末室主任马向东介绍，万泽航空创新工艺路线，大幅简化生产工序、提升工艺稳定性，将粉末夹杂物尺寸稳定控制在100微米以内。应用于高压涡轮盘国产化替代项目后，盘件低周疲劳寿命由原来进口产品的2万周次提升至18万周次以上，达到国际先进水平。这一工艺路线已被纳入中国航空发动机集团（以下简称“中国航发”）技术文件，成为国内粉末涡轮盘领域首个对应工艺的行业技术标准。

截至目前，公司已累计获得国家专利授权230余项。这些沉甸甸的“技术家底”，成为万泽航空参与国际竞争、服务国家战略最坚实的底气。

多元布局齐发力

依托完整材料与部件供给能力，万泽航空以国内重点型号需求为核心，同步布局工业燃机海外维修市场，形成航空、舰船、工业动力、低空经济、海外维保多元市场结构，产品覆盖各类装备赛道。

航空发动机领域是万泽航空最早深耕的市场。作为中国航发商用航空发动机有限责任公司的核心供应商，万泽航空承担了20余个型号的国产先进航空发动机共计数百款热端部件的研制及生产任务，成功为国产大飞机C919、C929民用航空发动机自主研制提供配套，保障了国内尺寸最大、难度最高的多联导向涡轮叶片研制供应。

“燃气轮机市场是公司近年来增长最迅猛的板块。”万泽航空常务副总经理魏剑辉介绍，作为中船集团龙江广瀚的战略合作供应商，万泽航空深度参与其全谱系国产燃气轮机研制，提供全系列高温合金涡轮叶片。2025年向广瀚燃机供应高温合金涡轮叶片近万片，占其总需求的65%。

在工业燃机领域，万泽航空作为东方汽轮机厂国内首款出口型燃机G50型的核心配套商，承担其高温合金部件的研制与供货任务，随主机厂整机设备实现“借船出海”；作为青岛中科国晟动力科技有限公司的深度合作供应商，供应的单晶涡轮叶片产品合格率大幅优于行业领先水平，覆盖其100%单晶叶片需求。

万泽航空还前瞻性布局氨燃气轮机市场，氨燃气轮机是下一代绿色燃气轮机的发展方向，有巨大发展潜力。万泽航空已与国内氨燃气轮机行业领军企业建立起深度合作，整合产业资源，实现优势互补，共同推动氨燃气轮机的发展。

在低空经济领域，万泽航空高温合金涡轮叶片、粉末涡轮盘等产品已批量应用于国产无人机涡轴发动机的研制，已进入批量生产阶段，为未来拓展无人飞行器等新兴领域奠定坚实基础。

“万泽航空正积极与国内中小型航空发动机领军人才团队合作，共同在粤港澳大湾区打造‘高温合金材料+核心部件+整机装配’的百亿元级航空发动机产业集群，打造大湾区高端装备制造的新名片。”林伟光说，面向“十五五”，万泽航空将坚持以科技创新培育新质生产力，持续攻关前沿材料和先进工艺，为我国航空发动机、燃气轮机关键热端部件的自主可控和安全高效国产化替代提供坚实支撑。

读懂漫谈

“买单”逻辑

王　琳

近日，三家老牌饮料企业相继交出三季报。香飘飘第三季度持续下滑的营收和归母净利润数据，让“香飘飘卖不动了”再次成为热议话题。养元饮品、承德露露两家饮品上市企业也因三季报净利润由涨转跌、大幅下滑而引发关注。

与之形成鲜明对比的是新茶饮赛道。一些新茶饮品牌的盈利速度高于传统饮品。2026年上半年，香飘飘的日均净利润约6万元，而蜜雪冰城的日均净利润约为1281万元。

传统饮品为什么抓不住消费者的钱包了？

首先，“即时”挤压了“便利”的空间。曾经，冲泡奶茶、植物蛋白饮品等产品凭借方便携带、易于储存和快速食用等特点，在快节奏的生活中占据一席之地。随着现制茶饮门店的扩张、即时配送的发展，点一杯现制饮品十分方便，传统饮品所依赖的“便利”场景正在被挤压。当消费者拥有更优和更多的选择，取舍之间便是市场的答案。

其次，从好喝到喝好的诉求。先看一组数据，今年第二季度国内饮料类目整体销售额同比下滑11.78%，中式养生水、汽水、即饮果汁都有所下降，但无糖即饮茶在涨。不少线下经营者也有直观感受：现在的顾客，糖多的不喝，还习惯翻看配料表。这说明，消费者依然愿意为饮品买单，只是换了挑饮品的方式。他们想要的产品更多元，口味也更挑剔：要口感有层次、喝完不觉得负担重，以及适不适合自己。说到底，其实是生活方式、消费观念的转变，重塑了饮品市场的需求结构。

最后，产品创新重要性越发凸显。任何品类都有生命周期，消费需求的变化对市场和产品都提出了新的要求。过去靠铺货、靠大单品支撑的打法，在存量市场里越来越难以奏效。现在饮品市场拼的是产品创新能力、供应链响应速度，以及对细分场景的精准把控。调查显示，44.18%的中国消费者更青睐购买新上市的饮料产品，这一数据远超偏好老产品的18.97%。这种趋势正推动饮料企业加速产品创新。饮品市场是竞争比较充分的市场，在行业加速转型的当下，商家能踏准节奏并不容易，如果产品还停留在原地，再响亮的品牌可能也会慢慢被货架边缘化。

消费市场瞬息万变。从既往案例可以看出，在市场竞争中，老品牌的掉队，根源或许不在于“老”，而在于或是故步自封、不愿顺势革新，或是急于冒进、迷失方向。要想稳住阵脚、保持增长，除了要把老产品做好，持续推出新口味、新产品，更需及时跟进市场需求，洞察消费者喜好，把熟悉做出新意，用创意打破寻常，这样才能让消费者有消费的愿望、买单的理由。

本版编辑　向　萌　康琼艳　美　编　王子萱


在河北宣工机械发展有限责任公司新产品试制中心，国内最大机械液力高驱动SD10（755马力）推土机正在组装调试。　任　鑫摄（中经视觉）

河北宣工搭建协同平台盘活存量产能——

从“各干各的”到“拧成一股绳”

本报记者　宋美倩

近日，河北宣工机械发展有限责任公司（以下简称“河北宣工”）多项新产品总装工作有序推进、捷报频传。在生产现场，大孔径内排渣深孔卸压钻机完成总装，技术员郭志达对设备液压系统进行最终调试；新能源移动充电车加紧装配，装配技师贺启强完成105度储能电池组车架嵌装作业；第二代生活污泥深度脱水装备样机也进入联动测试环节，为后续试验验证打下基础。

这样的场景，几年前难以想象。始建于1950年的河北宣工，曾凭借高驱动推土机、SD系列推土机、SG400压雪机等产品填补了国内空白。然而，市场波动、创新资源分散、部分高端设备开工不足，让这家老牌国企一度陷入困境。“看着昂贵的进口设备闲置在车间角落，心里真不是滋味。”在河北宣工工作了28年的焊接班班长周志清说：“咱们有技术、有设备，就是没能拧成一股绳。”

破局的钥匙是协同。2021年，河北宣工依托河钢集团有限公司的资源优势，搭建起涵盖技术创新、产品设计、物料集采、关键设备、生产工序的协同制造平台，与北京瓦尔登技术有限公司、北京天地聚能机电设备技术有限公司深度合作，实现从设计源头到生产终端的全链条融合。

过去，合作方设计团队规模有限，产品同质化严重。接入宣工协同设计平台后，双方设计师共用PLM（产品全生命周期管理）系统，3D模型实时旋转、拆解、重组。“你看这个弧度，既要考虑空气动力学，又要兼顾美观，还得方便冲压设备一次成型。”河北宣工首席设计师高岩指着充电车外壳曲线说。北京年轻设计工程师刘健回应：“我们调整了曲率半径，您看看能不能在现有模具上实现？”十几分钟后，困扰3天的难题迎刃而解。

设计同屏，研发也随之并线。双方共建联合实验基地，为验证新型快充技术高负荷下的热平衡表现，团队曾连续工作36个小时，最终将充电时间缩短30%以上，同时解决充电发热问题。大孔径内排渣深孔卸压钻机的研发一波三折。“最难的不是机械结构，而是如何将超声波脉冲技术真正嵌入钻采系统。”项目组长田伟征回忆。团队反复模拟井下环境，调整参数上千次，终于让装备集成钻抽一体化、高压脉动能量植入、量子探测地灾等8个技术模块，实现边打钻、边卸压、边抽采。该装备即将下井作业，有望突破传统采掘工艺瓶颈。

技术之外，降本增效来自抱团采购和设备共用。“以前买原材料要打几十个电话比价，现在依托河钢集团有限公司供应链及集采中心，各企业需求统一整合后，直接变成规模化订单。”采购部业务人员牛新征指着数字化采销平台说。采销平台启用后，原材料采购价格每吨降低了20元，仅此一项就节省了5%的采购成本；充电控制器采购价格下降15%，交货周期也从15天缩短至7天。

一台高性能板管一体激光切割机动辄几十万元。协同制造平台引入后，企业无需各自购买，设备购置成本降低约70%，平均利用率从不足60%提升至80%以上。“以前这机器经常闲置，现在排班表排得满满的，北京合作企业也远程下单，我们把加工好的零件直接发过去。”车间主任刘孝余说。焊接机器人、成型模具同样向合作方开放，避免重复投资。

更深一层的变化发生在工序之间。喷涂车间主任蔡瑞林表示，过去各企业自建喷涂线，投入大、开工不足。如今喷涂需求集中到河北宣工专业喷涂生产线，成本降低约25%，生产效率提高40%以上。下料压型、焊接、制管、装配调试等工序同样通过产能协作实现效率跃升，订单高峰时各企业灵活调配，交付周期更有保障。

目前，河北宣工与两家科技公司合作已实现新能源移动充电车产值1405万元；生活污泥深度脱水减量技术装备完成交付，实现首台（套）产值320万元。平台成立专门协调小组，通过数字化系统实时监控进度、统一跨企业标准，逐步建立起合作共赢的产业生态。

河北宣工党委副书记、工会主席刘晓强说：“通过搭建全方位协同平台，我们不仅盘活了存量产能，更打通了从创新设计到市场应用的完整链条。未来我们将继续深化与京津创新资源的对接，在新能源装备、绿色制造等领域持续发力，让河北宣工70多年的制造底蕴在高质量发展中焕发新活力。”

社址：北京市西城区白纸坊东街2号　读者服务邮箱：jjrbdz@jjrbs.cn　查号台：58392088　邮编：100054　传真：58392840　零售每份：1.00元　广告许可证：京西工商广登字20170090号　广告热线：58392178　发行热线：58392172　昨日（北京）开印时间：3:30　印完时间：4:30　印刷：