

天津工业大学教授陈利带领团队研制多种航天新型材料——

三维编织 实现性能“精准定制”

本报记者 李家鼎

弘扬科学家精神

人物小传

陈利,1968年生,山西太谷人,天津工业大学复合材料研究院院长、教授。他长期从事高性能纤维多相编织材料及复合材料研究,创建“立体织物多相耦合编织”理论体系,带领团队研制出多种轻质高强、耐高温的新型材料与核心部件,应用于探月工程、火星探测等国家重大工程。他带领团队成功自主研发我国首台大型三维编织设备,系统解决多项关键“卡脖子”难题,相关成果两次获得国家科技进步奖二等奖。



陈利(左一)在指导学生做实验。

本报记者 李家鼎摄

前不久,中国纺织工业联合会科学技术奖揭晓,天津工业大学教授陈利凭借在高性能纤维多相编织材料领域的系统性创新成果,荣获“桑麻学者奖”。“当前,纺织应用不断从普通消费品向高科技、高附加值领域拓展,我们还有许多工作要做。”在陈利看来,要将研究方向与国家重大战略需求紧密结合,才能不断推动纺织业从“衣被天下”迈向“编织世界”。

“最难的不是失败,而是不知道还要失败多少次”

上世纪80年代,陈利考入天津纺织工学院(天津工业大学前身)针织工程专业,那时候,包括他在内的很多人对纺织的理解,还停留在织布做衣的传统印象中。

随着学习的深入,一个新的名词——“三维编织技术”走进了陈利的科研世界,他的视野也被逐渐打开。“那个年代,我国对三维编织的研究刚刚起步,而国外已将相关技术列入航空航天核心技术体系,并对关键装备实施严格封锁。”陈利介绍,1989年,为服务国家战略需求,天津纺织工学院成立复合材料研究室,主要从事新型立体增强纤维和先进纤维复合材料的研究开发,成为我国最早开展三维编织技术研究的单位。

1993年,陈利硕士毕业后留校,师从著名纺织专家邱冠雄教授,并成为天津纺织工学院自主培养的第一名博士生,加入了复合材料研究室。上世纪90年代,国内航天领域对新材料有着轻量化、高性能化的迫切需求。然而,对于这个年轻团队而言,起步之艰难超乎想象。“国外技术严格封锁,高端装备禁运,可参考的资料零碎而有限。”陈利说,他们面对的,是真正的“一穷二白”。

没有现成的图纸、可用的设备,甚至连研发路径都需要自己摸索。唯一的办法,就是从源头开始创新。团队聚集了纺织、机械、电子、力学等多学科人才,用最“笨”的办法啃最硬的骨头。设计手段落后,他们就趴在绘图板上,用二维平面图纸反复勾画三维复杂机械的结构。

“最难的不是失败,而是不知道还要失

败多少次。”陈利回忆,当时没有计算机模拟,没有三维仿真软件,只能手绘二维机械图纸,再制造成型。

历经3年技术攻关,1996年,我国第一台大型三维编织机诞生,但在装配调试阶段,问题接踵而至。“几个运动组件,协调性要求极高,经常是这里调好了,那里又出问题。”陈利说,大家经常围着机器一次次排查好几个昼夜,反复修改、反复试验。失败和焦虑是常态,但没有人想过放弃。“一想到这是国家急需的关键技术,就觉得必须咬牙坚持。”陈利说。

几个月后,设备终于实现稳定运行。看着编织机编织出符合要求的复合材料,一向沉稳的陈利落泪了。如今,这台老旧的设备静静放置于校史馆内,见证着那段白手起家、自力更生的岁月。

“自主创新,是我们唯一且必须持续走下去的路”

什么是三维编织技术?面对这个专业问题,陈利经常用到一个形象的比喻:“就像盖房子用的钢筋混凝土。传统的复合材料好比一层层铺贴碳纤维布,类似一层层‘糊纸’;而三维编织,直接用高性能纤维,像编竹篮一样,在三维空间里编织出一个完整、连续的‘钢筋骨架’。然后,再向这个骨架里注入树脂等‘混凝土’,形成最终构件。”

他进一步解释,这个“骨架”是整体的,纤维交织连锁,因此编织出的复合材料具备传统层合材料无法比拟的优势:非常坚固、不易分层、抗冲击和抗疲劳性能极佳,并且可以根据受力需要,在不同部位灵活设计不同的编织结构和纤维方向,实现材料性能的“精准定制”。这正是航空航天领域许多关键部件要求的特性。

“当航天器以数千米每秒的速度冲入大气层时,与空气剧烈摩擦将产生超过2000摄氏度的高温火焰,同时承受巨大的冲击力。”陈利介绍,对飞行器防护材料的要求,简而言之就是“耐高温烧蚀、坚固抗

冲击”。

2016年,陈利团队接下为某新型航天飞行器研制复杂异形构件的任务。该构件曲面复杂、复曲率变化大,对尺寸精度和性能要求极为苛刻。

“相当于要用柔软的线,编出一个形状精确、毫厘不差的坚硬外壳。”团队成员、天津工业大学纺织科学与工程研究院研究员张一帆说,那段时间,陈利带领大家住在试制基地,一待就是几个月。面对编织过程中出现的变形、厚度不均等问题,他们进行了上百次工艺实验,反复调试设备参数,优化编织路径。最紧张时,一个工艺方案就要试验一两个星期,失败便推倒重来。正是这种近乎执拗的态度,最终保证了产品满足所有严苛指标,为飞行器的成功试飞奠定了基础。

面对日益复杂的应用场景,近年来,陈利逐步创建了“立体织物多相耦合编织”理论体系,相关实践成果有效解决了航空发动机叶片等构件不同部位受力不同等难题。“就像一把斧头,斧刃需要极硬,斧柄需要抗弯抗扭。”陈利解释,团队现在可以在一件构件上,集成多种编织结构,实现性能的梯度化与最大化利用。

记者手记

静是功夫,深是积淀

采访陈利,“静得下心”被他反复提及。一个“静”字,道出科学研究的基本方法,也映照一位科学家身上的动人品格。

“静”里藏着科研的初心。面对国家战略需求的呼唤,陈利带着团队在实验室埋头攻关,守在试制基地,为一个参数反复调试上万次,为一台设备连续攻关数年。没有捷径可走,没有经验可循,在“一穷二白”的困境里,他们秉持科研初心,耐心寻找答案。

尽管攻克了一个个难题,但陈利清醒地认识到,科研路上,挑战从未停止:“一些国家对高端编织装备及技术的封锁,丝毫没有放松。自主创新,是我们唯一且必须持续走下去的路。”

“一个新问题,有时就是一个创新的源头”

“个人的理想或许如星辰般渺小,但当它与国家发展同频共振时,就能迸发出光芒。”这句话,陈利常讲给学生听。在他眼中,科研不仅需要“静得下心”的定力,更需要有“面向国家需求”的清晰方向。

陈利也将这种理念融入人才培养和团队建设。陈利领导的复合材料研究院,本身就是一个多学科交叉融合的平台,纺织、材料、机械、力学、自动化等专业背景的人才在此协同攻关。多年来,他主导设立了我国首个“纺织复合材料”二级学科方向,牵头建成了从教育部重点实验室到国家地方联合工程研究中心的一系列高水平平台。“平台能汇聚人才,更能成就人才。”陈利说。

“科研很多时候是枯燥的,尤其我们做工程应用研究,一个工艺参数可能要调上万次,没有静气,守不住。”陈利说,在日常科研中,他特别注意提醒学生要观察实验细节,从中提炼科学问题,“一个新问题,有时就是一个创新的源头。”

在学生眼中,陈利最大的特点是“较真”。“陈老师常说,差之毫厘,谬以千里,我们的产品关系到最终装备的性能,必须百分百精确。”陈利的博士生焦伟说,这种严谨到极致的作风,深深影响了团队的每一位成员。

在陈利看来,科学家精神的核心是“求真务实”。“求真,是探索规律、追求真理;务实,是脚踏实地、解决实际问题。”他认为,这种精神体现在时间维度上是坚持,体现在目标维度上是使命感。

陈利认为,三维编织技术,会走向更广阔的制造业领域,高性能材料的制造成本也会不断降低。

“纺织复合材料正向着更轻、更强、更智能的方向升级。纺织,这门古老的技术,会继续为我们编织一个更安全、更高效、更轻盈的新世界。”陈利说。

全国人大常委会部分组成人员参加义务植树

新华社北京4月8日电 今年是全义务植树运动开展45周年。8日上午,全国人大常委会副委员长何维、张庆伟,全国人大常委会部分副秘书长、机关党组成员,专门委员会部分组成人员、工作委员会负责人和机关干部,来到北京市丰台区驻村郊野公园参加义务植树活动。

该公园位于丰台区王佐镇,占地面积约512亩。上午,大家集体乘车来到植树现场,培土围堰、浇水扶苗……共栽种300余株白皮松、山楂、元宝枫等树苗。

贯彻落实习近平生态文明思想和党中央决策部署,今年3月召开的十四届全国人大四次会议审议通过生态环境法典,进一步筑牢美丽中国建设的法治基石。多年来,全国人大常委会持续开展义务植树,以实际行动为建设美丽中国增添锦绣。

工匠绝活



林媛在分析硅钢力学试样的测试结果。 王帆摄

中国宝武太钢集团技术中心硅钢研究所所长林媛——「技术研发要有钉钉子精神」

本报记者 马睿珊

绝活看点

林媛从事薄规格高磁感、高等级硅钢产品研发工作已18年。近两年,她带领团队攻克关键技术,在实现产品碳排放量大幅下降的同时,兼顾优异磁性能,批量应用于高效变压器领域,填补了国内技术空白。曾获山西省五一劳动奖章等荣誉。

初见林媛,一身蓝色工装,马尾辫束在脑后。她站在电子万能试验机一侧的电脑旁,正在分析硅钢力学试样的测试结果。她用食指轻抵硅钢片一端,仔细观察断口的形貌和断开的位位置,同时将设备输出的强度、延伸率数据标注在笔记本上。

林媛是中国宝武太原钢铁集团有限公司技术中心硅钢研究所所长,从事薄规格高磁感、高等级硅钢产品研发工作已18年,开发的各类产品满足了新能源汽车、家电、智能机器人和输变电等行业的各类需求。

硅钢是重要的磁性材料,决定着变压器和电机的能效水平。取向硅钢是钢铁产品中制造难度最大的品种之一,为了获得极致的性能,需要经过冶炼、热轧、常化酸洗、脱碳渗氮退火、高温退火等十几道工序,工艺路线长,工艺窗口窄。“取向硅钢的内部组织结构就好比在面饼上撒芝麻,生产过程中必须精准控制每颗‘芝麻’沿着同一个方向排列,才能实现定向导磁的极致性。”林媛说。

2008年,林媛一进单位,取向硅钢团队当时的负责人张文康就提醒她,取向硅钢技术难度大,是块“硬骨头”,不好啃。但林媛不服输。

那时,很多硅钢新工艺刚应用,实验一个接着一个。林媛常常要在一天之内跟着工序从头到尾走好几遍。“许多专业术语书上学过,可进了工厂才发现,理论和实际差距很大。”林媛回忆。

只要有时间,林媛就往现场跑,仔细观察记录每个生产步骤。遇到不懂的问题,她就跟在师傅后面请教。晚上回到家,再对照书本慢慢消化。不去现场的时候,她就跟着前辈做实验,进行数据分析。林媛有做笔记的习惯,几年下来,笔记记了几大本。“技术研发要有钉钉子精神,凡事须做到落地生根。”林媛说。

如今,太钢硅钢生产过程已经进入智能化、数字化控制时代。但在十几年前的中试研发阶段,有价值的信息基本依靠技术人员“盯”出来。当时,国家某个重点研发项目所需的0.18毫米取向硅钢正处于研发阶段,中试车间罩式炉高温退火的一个实验周期要连续运转8至10天,夜班人手不够,林媛经常连轴值班,晚上就睡在办公室。为了确保实验顺利,她每隔2个小时就要检查炉温和火焰状态。

林媛记得,当炉子高处烧嘴中明黄色的火焰越来越淡,慢慢变成柔和的淡黄色,经验告诉她,硅钢卷的水汽即将排干净,产品的表面特性有了保障,可以放心进入下一阶段。她按捺着兴奋,将时间、特征详细记录下来。

2022年,太钢高端取向硅钢项目投产,在产品朝高效方向发展的同时,大家发现,取向硅钢工艺流程长,意味着更高的碳排放量。于是,林媛又把目光聚焦在低碳排放取向硅钢技术研发上。

2023年,第一次试制方案开始启动,林媛带着团队不断挑战技术高地,历时两年,最终成功研发出全废钢工艺生产高等级绿色低碳取向硅钢制造技术,采用全废钢作为原材料,省去了冶炼炼水的环节,较传统产品降低碳排放76.2%,建立了“原料回收—生产管控—碳足迹核查”全链条低碳排放体系,在产品降低碳排放量的同时兼顾磁性能,实现绿色低碳排放取向硅钢系列化和批量应用,填补了国内技术空白。

“未来,我们将围绕高效变压器、具身机器人、低空经济等领域,开发出磁感、铁损、强度及加工特性等综合性能更优的硅钢材料,为我国电力系统低碳转型发展注入创新力量。”林媛说。

本版责编:康岩 刘小溪 王博 本版制图:汪哲平

广西推出人工智能跨境科技合作新模式

本报南宁4月8日电 (记者张云河)近日,广西壮族自治区科技厅正式发布面向东盟人工智能“跨境揭榜挂帅”相关工作指引,推出“东盟出题、广西发榜、合作揭榜”的跨境科技合作新模式,推动人工智能技术与东盟实际应用场景深度融合。

相关工作指引聚焦成果转化与场景应用。东盟需求方需为当地合法注册一年以上的高校、科研院所、企业或政府相关部门,具备真实场景、试验环境、本地数据及配套资源。牵头揭榜方限定为在广西区内注册一年以上、具备独立法人资格的企业、高校及科研院所,要求拥有较强的科技研发实力、完善的科研条件和良好的国际合作基础,可联合不超过5家区内外单位协同攻关。

合作模式支持技术转移、合作研发、人员培训、技术许可、技术投资等单一模式或组合模式。该项目的实施流程充分考虑中外合作特点,整体分为定榜发榜、揭榜评审、挂帅攻关、应用示范4个核心阶段,细化为问需、定榜、发榜、揭榜、评审等关键环节。

新疆发布促进民营经济发展壮大工作手册

本报乌鲁木齐4月8日电 (记者尚嵘)日前,新疆维吾尔自治区发展改革委同相关部门,梳理近年来中央和新疆公开发布的支持民营企业发展相关政策,编印形成《新疆维吾尔自治区促进民营经济发展壮大工作手册(3.0)》,帮助民营企业及时了解政策、享受政策。

此前,新疆分别在2024年、2025年发布了第一版和第二版工作手册,此次发布的为第三版,在前两版的基础上整合了最新相关政策,企业可在线查阅工作手册电子版。第三版工作手册包含法律法规、政务服务、公平准入、要素保障、金融支持、产业政策、权益保护、企业培育等方面的政策文件。

近年来,新疆大力推动民营经济高质量发展,出台具体支持措施。下一步,新疆维吾尔自治区发展改革委同相关部门持续做好政策动态更新和手册补充完善,确保内容时效性、精准性,为新疆民营经济高质量发展提供政策支撑。



机器人进课堂

近年来,四川大学锦江学院持续深化与优质企业合作,将越来越多的机器人应用场景搬进课堂,培养更多懂智能、懂数据、懂算法的高素质应用型人才。在这里,学生不仅可以体验机器人操控,还能系统学习机器人操作规范、编程逻辑、调试技巧、安全防护等。图为4月8日,学生们在课堂上练习机器人操作。

彭勇摄(人民视觉)