碳纤维复合材料基础理论和加工技术不断取得突破

匠心独运 雕琢“中国制造”

经济日报·中国经济网记者 郭静原

国家科技奖获奖项目巡礼

大连理工大学有这样一支科研团队，他们在碳纤维增强树脂基复合材料加工领域坚持自主创新，走出了一条产学研合作的新路。1月8日，这支以大连理工大学教授贾振元为首的科研团队凭借“高性能碳纤维复合材料构件高质高效加工技术与装备”项目摘取2017年度国家技术发明奖一等奖。

贾振元（右二）和团队在实验室工作。 （资料图片）

直面难题

传统加工方式严重制约了碳纤维复合材料的推广应用。为此，贾振元团队研究多学科交叉融合，开辟了适应碳纤维复合材料加工的新理论体系

民航客机结构重量每降低1%，其油耗可减少3%至4%；高铁每减重1%，其能耗可减少6%至7%……

对于“一克重就是一克金”的高端装备领域来说，不管是天上飞的，还是地上跑的，只有减轻重量，才能提高结构效率、提升装备性能。

为此，一场由“减重”而引发的先进材料之争早已蔓延全球。“碳纤维复合材料作为高端装备领域减重增效的优选材料，其用量越多，表明装备性能越先进。”贾振元说。

然而，工艺技术的滞后难以支撑材料的创新运用，这让碳纤维复合材料一经亮相就遇上了不小的难题。贾振元告诉经济日报记者，传统加工只能采取手工方式，低质低效，加工构件极易出现毛刺、撕裂和分层等损伤，并且加工损伤是随机的、不可控的，达不到碳纤维复合材料构件的高性能要求，严重制约了材料的推广应用。

“从2005年到2009年，我们虽然也曾较好地解决了若干航空航天企业复合材料构件加工中遇到的难题，但是加工质量提升到一定程度就受限，原因在于工程中沿用的是传统金属等均质材料切削理论，但碳纤维复合材料的特性和结构与之完全不同，是典型的难加工材料。”团队骨干高航说。

经过反复研讨，贾振元果断提出：“必须突破传统金属等均质材料切削理论体系的束缚，开辟和建立适应碳纤维复合材料加工的新理论体系、从理论到工程同时解决问题的研究思路。”

要建立理论体系，必须在前人的基础上有所突破。实践上的难题倒逼贾振元团队在基础理论研究上开疆拓土，重新打造一番新天地。为此，团队加大材料、力学、机械等多学科交叉融合的研究力度，从碳纤维复合材料特性上和材料去除过程中彻底弄清楚加工损伤产生的原因，进而研究低损伤加工的原理和构件高性能的保证方法。

啃硬骨头，打攻坚战。终于，贾振元团队在一系列关键环节取得了突破，揭示出碳纤维复合材料去除机理和加工损伤的形成机制，提出了针对碳纤维复合材料加工的切削理论，建立了切削力和切削过程动态仿真模型，实现了切削理论的源头创新。

突破应用

贾振元团队尝试工艺创新，研发出13台套数控加工工艺装备，填补了国内空白，成为我国航空航天多个重点型号复合材料构件加工的关键装备

“国外大公司花费大量经费与时间，耗时耗力，最后摸索出的经验是企业的核心机密，不会告诉我们。”贾振元说，“我们要想在短时间内实现从跟跑、并跑到领跑，没有基础研究作支撑，不可能实现”。

有了扎实的理论创新作后盾，再埋头钻研实践应用，就完全是一番“柳暗花明又一村”的景象。

贾振元团队提出了微刃力小化抑制损伤原理，在一个个螺旋槽切削刃上开出分屑槽，形成微齿，实现加工过程的“微元去除”；通过巧妙设计工具以及切削运动的配合，发明了“反向剪切原理”，实现了表层纤维有效切断。此外，还研制出9个系列的制孔、铣削等刀具，实现了碳纤维复合材料高质加工，寿命高于进口刀具2倍至7倍，价格仅为1/6至1/4。

不仅如此，他们大胆尝试工艺创新，发明了在位随行加工方法、低应力柔性工装和随动除尘装置，研发出13台套数控加工工艺装备，填补了国内空白，成为我国航空航天多个重点型号复合材料构件加工的关键装备。

自2010年起，新研制的技术装备和刀具开始投入应用，使复合材料加工损伤由原来的厘米、毫米量级减至0.1毫米以内，实现了从无法加工或手工加工到低损伤数字化加工的跨越，加工技术跃升至国际领先水平。

高航告诉经济日报记者，有一次，他带着学生鲍永杰到一家航空企业推广他们的刀具，企业不相信刀具性能，硬是提出“让刀具连续加工100个孔”的考题。师徒俩就在现场拿来复材板，实实在在地钻出100个孔，每个孔都很光滑，最终赢得了企业的信任。

如今，基础理论和加工技术双向护航，让一把把满载匠心巧思的刀具和系列加工工艺技术与装备书写着“中国制造”的传奇——

某新型航天装备舱段，某飞行器构件异形深腔，某航空装备机翼结构中的大厚板边缘轮廓及超大孔，某系列直升机旋翼及尾端，大型客机机身筒段复材/铝叠层验证件，高铁复材车身试验件……这些大国重器关键构件的加工难题都被贾振元团队一一攻克，为国家重大装备、重点型号研制、定型及批量生产作出了突出贡献，已成功应用于航天一院、航天三院、中航工业和商飞等企业。

找准方向

贾振元团队认为，搞科研要加大原创性基础研究，形成企业需求拉动，搭建起基础研究、应用基础研究、技术开发、产品研制的一条创新链

“做科研要找对路子。”这是贾振元时常挂在嘴边的一句话：“刻苦的人很多，关键在于找准方向。道走对了，可能事半功倍；道走错了，你费大力气、绕大圈子也不一定成功。”

“我们的难点在于弄清楚问题是怎么产生的。由于影响碳纤维复合材料加工损伤的因素非常复杂，加工产生损伤的形式多种多样，整个研究过程都充满挑战。”团队成员王福吉说，“无论是创建理论研究模型还是发明新工具、设计新工艺，都要经过成百上千次实验”。

此项技术发明从理论到实践，在研究方式与研究方法上获得了多个“首次”，持续创新贯穿于贾振元团队每位成员的研究过程。

“贾老师桌上总是放着各种关于复合材料的书，只要一有时间，他就会找相关研究生和教师一起探讨项目技术方案和存在的问题。”王福吉回忆道。

身兼大连理工大学副校长一职的贾振元不忘初心，坚守在科研一线。但也只有他自己知道这其中的责任和压力有多大，“我甚至连吃饭时、睡觉前都在琢磨课题的研究”。

凝聚众力突破国家重大需求难题，这是贾振元团队一贯秉承的科研态度。贾振元告诉记者：“搞科研一定要服务国家重大需求。”这种意识来自他30多年坚持深入企业、服务生产一线的深切感悟，“我们工科教师如果单纯从学校角度搞研发，没有企业应用拉动，研究成果就很难‘落地’，可能撂荒在实验室里，没有形成生产力”。

与企业合作，选择研究目标很重要。“搞科研要加大原创性基础研究，去解决企业、行业‘卡脖子’的问题，形成企业需求拉动，搭建起基础研究、应用基础研究、技术开发、产品研制的一条创新链。”贾振元说。

创新看台

在“豆腐块”中植入“钢筋铁骨”

我国高寒地区极高风险高铁隧道贯通

本报记者 齐 慧 通讯员 孔祥文

1月16日上午9时，哈（尔滨）牡（丹江）客专爱民隧道距进口773米的隧道深处，随着最后一块软岩被挖通，这座我国高寒地区极高风险高铁隧道胜利贯通，标志着哈牡客专线工程全部完工，为2018年年底全线通车扫除了最后障碍。

中国铁建二十二局哈牡客专项目部经理李宝成介绍，全长2940米的爱民隧道地处我国寒冷地带，极端最低气温零下35摄氏度，面临防冻胀、防雪害和冬季施工等难题。隧道五级、六级围岩占比超过95%，穿越多处松散沉积层、第三系泥沙岩等，被称为“高寒地区地质博物馆”，在隧道施工中风险等级当属最高。

“进洞后，我们前后3次被‘撵’了出来。”项目部安全总监李朋亮说。第1次进洞后，建设者检查发现，完工的隧道明挖段左侧边坡上部出现了1米多的大开裂，20米的隧道仰拱纵向向外产生了30厘米的偏移。

建设者决定在两侧打抗滑桩、钻孔桩。然而，项目部第2次进洞开挖，当正洞上台阶进尺到19.5米时，爱民隧道又“发威”了。隧道初期支护变形趋快，最高时一天收敛1厘米，导向墙及初支失稳，发生纵向位移，足足一米多。

经论证，建设者决定在隧道暗洞增加临时钢架横撑和竖撑，不仅在隧道两侧打入抗滑桩，还在地表增加横向关梁，将受力支撑从点连成面，相当于在隧道正洞与两侧划移体之间建立了防护墙。

然而，当建设者第3次进洞时，山体再次发生移动，隧道导向墙、初支钢架被硬生生纵向推出1米多……隧道施工不得不停止下来。

面对特殊地段难以攻克的问题，刘招伟等5名专家来到现场，会同项目部技术小组勘察、论证后，一套针对我国高寒地区极高风险隧道爱民隧道的终极“大招”出炉了。

针对进口段蠕滑难题，建设者坚持内外兼治。在隧道里面，他们在第3次的沉降段增加防护结构，即在隧道内侧设6根人工挖孔桩，以此为支撑，在上面做了永久性的、长17米的钢筋混凝土套拱。在套拱上面，他们回填土石方，对暗挖隧道产生反压作用；在套拱下面，他们施用初支钢拱架和二次衬砌。这相当于给隧道上了3层保险。而在隧道地表，他们先行注浆处理，固化土层确保稳定性，然后开挖作业。

通过采取“抗滑桩防护加地表注浆”等方法，如同在“豆腐块”中植入了“钢筋铁骨”，土层自稳性明显提高。2017年3月份，距离开工已过去19个月的时候，建设者终于在进口段进洞顺利掘进。期间，他们对此地表注浆超过195米。

之后，爱民隧道现场捷报频传：2017年5月18日，2号斜井至出口间主洞贯通；2017年8月13日，爱民隧道进口至1号斜井间477米主洞顺利贯通……

隧道设计大师史玉新认为，爱民隧道软岩占比国内罕见，特别是变形大，控制点多，项目部技术人员和有关专家一起攻克高寒、浅埋、偏压、富水等难题，其创新做法值得我国高寒地区隧道施工借鉴。截至目前，项目部创新总结了两项技术成果，并申请专利13项。

哈牡客专爱民隧道内，建设者正在钻孔实施超前导管注浆。 丁 旭摄

携手高校建设“双创”教育新生态

“优客讲堂”为大学生创业就业赋能

本报记者 崔国强

对于很多有创业梦想的大学生来说，限于经验、资源和团队管理水平，直接创业可能并不是一个明智的选择。为帮助大学生实现创业梦想，优客工场日前发布教育品牌“优客讲堂”，将充分发挥优客工场的会员资源，带动高校创业实践及就业，多维度建设高校“双创”教育新生态。

“优客讲堂”是优客工场在空间共享基础上衍生出的知识共享方面的一项尝试，秉承为高校学子创业就业赋能的理念，筛选平台最优秀的创业者向高校输出来自创业一线的实战经验及行业资讯，同时为大学生提供实习实训及就业机会，帮助他们完成创业前教育，获得工作能力和职场经验。

优客工场创始人毛大庆表示，对于全面理性认知创业后，倾向于选择就业的高校毕业生，“优客讲堂”将充分发挥优客工场平台上庞大的会员群体，为高校引入优客工场中优秀的入驻企业，激发创造者力量；鼓励更多有志创业的高校学子加入这些公司，达到创业带动就业、就业推动创业的双赢结果。

“我们并不是盲目鼓励创业，而是宣传创业精神，让大学生通过全面认知创业、深度体验创业，最终能作出对自己负责的选择。”“优客讲堂”执行校长、优客工场首席战略官张鹏说，“未来，‘优客讲堂’将逐步发挥优客工场全球科技领域的渠道优势，持续导入更多跨界、多元化的创新领域优质资源，为高校学生的创新创业不断增加新元素。同时，以优客工场为载体，联合各界力量，逐步增强从空间共享到知识共享的延伸，全力支持高校大学生创业就业”。

目前，“优客讲堂”已与中国人民大学、南开大学、首都经济贸易大学、宁夏大学等在内的10多所高校达成合作意向，共建创新创业教育课程体系，以带领实干创业者走入高校的形式，通过创业课程、创业沙龙、创业加速营、参访游学等方式，遵循实战性特点，致力于为大学生创业团队提供关于企业管理、战略规划、商业模式、团队建设、项目投融资等多模块立体培训指导，输出定制化内容，配合高校完成创新创业教育课程体系，为有想法、有能力创业的大学生匹配优质资源，助力大学生创业成果落地。

湖北襄阳助力企业增强行业话语权

参与制定标准 抢占发展先机

本报记者 郑明桥 通讯员 涂玉国

金鹰重型工程机械有限公司充分发挥自身优势，大力开拓东南亚市场，本月底将有首套4台、价值3000余万元的大型养路机械产品装车发运至马来西亚。图为金鹰重型工程机械有限公司车间里，工人们正在生产大型养路机械产品。 王 虎摄

“我们编制的电气化铁路接触网作业车两项行业标准已经完成，将成为下一步铁路系统的行业标准。”1月15日，湖北金鹰重型工程机械有限公司总经理杨林勇兴奋地说：“这两项标准被批复后，将帮助企业抢占技术制高点，提升竞争力。”

在湖北襄阳市，一批像金鹰重型工程机械有限公司这样的企业成长为行业“领头羊”。近几年，襄阳市以推进国家创新型试点城市、国家可持续发展实验区、国家知识产权试点城市建设为契机，大力实施创新驱动发展战略，采取政策激励、搭建平台、引进人才、建立创新体制机制等办法，助力企业科技创新。

襄阳市出台了《加强科技企业孵化器和众创空间建设的意见》《加快推进国家创新型城市建设的实施意见》等一系列高含金量的政策措施，并积极搭建创新平台，推进产学研结合，促进了企业加快创新步伐。目前，襄阳建立省级工程技术研究中心37个、省级校企共建研发中心26个、省级重点实验室6个、国家级国际科技合作基地1个、省级国际科技合作基地7个。

同时，襄阳市积极推行科技人才带动战略，实施“隆中人才支持计划”，面向海内外引进高端人才，对入选项目提供100万元至300万元启动资金，并配套实施隆中人才公寓、隆中人才创新平台建设等十大人才工程，使高端人才引得进、留得住。去年，襄阳引进高层次创新创业团队32个。

科技创新为企业发展增添了强劲动力，一批企业迅速成长为行业巨头。骆驼股份通过技术改造、技术开发、合资合作、兼并联营等方式，蓄电池产品销售到欧洲、美洲、非洲等地区。大力电工与武汉大学等高等院校合作，开发的高压同步变频软启动装置，填补了中国4万千瓦以上同步电机同步变频软启动的技术空白，成为国内高压大型电动机进行软启动时的首选品牌。

企业成长为“参天巨树”后，襄阳市采取政府引导、以奖代补等办法，积极引导企业参与国家、行业、地方标准或企业标准制定，抢占发展先机。襄阳出台《襄阳市市区标准化项目奖励办法》《关于加快推进“襄阳标准”建设的实施意见》等多个文件，企业最高可获20万元单项奖励。截至2017年底，襄阳市企业主导或参与制定国家标准101项、行业标准82项、省级地方标准40项、市级地方标准71项、企业标准1700多项。

通过参与制定国家或行业标准，企业不仅增强了行业话语权，也进一步提升了企业品牌价值和市场占有率。襄阳市20多家软启动企业抱团组建联盟，制定了软启动行业的7项国家标准、6项行业标准，占据了全国75%以上的市场份额。

加强科技创新、参与标准制定，有力推动了襄阳经济发展迸发活力。2017年前三季度，襄阳市完成高新技术产业增加值709.47亿元，同比增长16.5%，高新技术产业增加值占GDP比重达25.75%，占比居湖北省第一位。