

# 复合材料:一个拥有巨大市场的产业

## ——记中航复合材料有限责任公司总经理谢富原

2016年3月22日,中航工业集团网站的一条消息引起业内关注:在法国巴黎举行的第52届JEC欧洲复合材料展上,中航复合材料有限责任公司以其芳纶纸蜂窝、PMI泡沫等芯材技术,以及低成本快速固化预浸料、绿色复合材料、复合材料汽车零部件等自主研发的创新成果,吸引了美国、意大利、法国、德国等多国航空和其他工业领域近千名客户和潜在合作伙伴前来参观、交流和洽谈。

作为中国航空复合材料的领航者,中航复合材料有限责任公司(简称中航工业复材)自2010年成立以来,取得了辉煌成就。在高性能树脂及预浸料技术、高性能复合材料新型结构、树脂基复合材料制造技术、金属基及陶瓷基(含C/C)、复合材料成型技术、材料表征与测试技术、先进无损检测技术等方面均处于国内领先地位,也在国际市场赢得了属于自己的市场份额。近日,中航工业复材总经理谢富原表示,中航工业复材凭借科技创新,自主研发能力逐步提升,自行研制生产的复合材料产品陆续登上国际市场,一些技术与产品在国际上已经与发达国家比肩而行,有些技术甚至处于领先地位。

### 人才强业,凝聚一批有影响力的科技领军人才

经过几十年的发展,复合材料在各个领域特别是航空领域的结构重量日益增加,已广泛应用于航空制造业,成为未来航空领域在材料选择方面的一种趋势。

正是复合材料在航空领域无可替代的作用,为更好地整合国内复合材料领域优势技术和产业资源,理顺航空复合材料产业链发展;充分发挥国内复合材料领域高端人才力量,提升自主研发能力,进一步推动非航空领域复合材料技术的应用和发展,2010年,中国航空工业集团公司战略整合中航工业北京航空材料研究院和北京航空制造工程研究所,在北京顺义区成立了中航复合材料有限责任公司。

几年来,中航工业复材已形成以长远基础性研究工作、中期型号开发能力、近期批产能力,近中远相结合的“资源互补、互相关注”的良性循环。谢富原说,公司汇集了国内优秀的复合材料专业技术人才,拥有科研和管

理人员450余人,其中中国工程院院士1人,研究员34人、高级工程师126人,具有硕士学位及以上的有230余人。拥有先进复合材料国防科技重点实验室和结构性碳纤维国家工程实验室,具有一流的研发、生产设施,是集复合材料研发、生产、销售和服务于一体的专业化高科技公司。

### 并驾齐驱,为中国航空业发展不懈努力

复合材料是指由两种或两种以上不同性质、不同形态的组分通过复合工艺组合而成的一种多相材料,它既保持了原组分材料的主要特点,又显示了原组分材料所没有的新性能,可以通过材料设计使各组分性能相互补充并彼此联系,从而获得新的优越性能。

谢富原说,复合材料的使用对航空制造业的改变是显而易见的,尽管复合材料并不适用于飞机所有零部件的制造,但其优势足以令世界航空制造巨头们纷纷加大在复合材料研制和生产方面的投入力度。目前波音和空客两大国际航空巨头在飞机制造过程中都大量使用复合材料。波音新研制的波音787梦想客机所使用的材料中,大量使用以碳纤维增强型复合材料,复合材料达到50%;空客在其从事民航制造的近30年来,飞机的复合材料的使用重量日益增加。

谢富原认为,正是因为世界航空制造业的材料格局发生了巨大变化,中航工业复材必须向“研究+产业”的方向发展。没有产业的支撑,很难做大做强。谢富原坦言,目前,我国在复合材料领域与发达国家的差距还比较大,正是这种在飞机制造上存在差距,以及技术储备相对薄弱的现状,成为中国航空业为缩小差距而不懈努力的动力。我国航空工业提出了从“望尘莫及”,到“望其项背”,再到“并驾齐驱”,为做强我国航空工业吹响了号角。

在谈到赶超国际先进水平时,谢富原表示,在航空领域,复合材料是实现航空武器装备及民用航空装备轻量化、低成本、高性能的关键性材料,是与国防军事力量和国民经济密切相关的战略性新兴产业。他认为,我国航空工业的飞速发展也为复合材料行业大发展提供了良好契机,这主要表现在:有成熟的技术可供借鉴、参考学习;中国经济的



谢富原总经理



谢富原总经理(左二)检查科研生产现场

发展带动行业的投入加大,为引进人才和技术奠定了基础;面对巨大的市场需求,新成果会更快地进入市场,并通过产业链全方位合作,促进行业的快速发展。

据了解,近年来,中航工业复材继承和发扬了我国航空先进复合材料坚实的技术基础和辉煌成就,在高性能树脂及预浸料技术、高性能复合材料新型结构、树脂基复合材料制造技术、金属基及陶瓷基(含C/C)复合材料成型技术、材料表征与测试技

术、先进无损检测技术等方面均处于领先地位;并积极推进航空复合材料技术在民用飞机、汽车、轨道交通、石油、电力和新能源等领域的应用和产业化。产业领域逐渐扩大,实现了大的跨越,为今后的大发展奠定了坚实基础。

谢富原说,除了满足军品装备需求外,在民用航空方面,中航工业复材承担了民航复合材料制造以及装配任务,使得公司在民航适航方面取得了长足进步,对于提

高我国民机制造水平和市场竞争力具有重要意义。

在非航方面,谢富原介绍说,中航工业复材这几年主要着力推广复合材料在汽车、高铁领域的应用。搞民用产品的研发、生产必须要靠社会资源,不仅要用国内的优良资源,还要拓展国际的优良资源,这样路才能走通。中航工业复材立足自身技术和品牌优势,整合国内优势资源,积极探索产业链合作和“轻资产”发展模式,在复合材料汽车零部件(板簧、轮毂、传动轴、覆盖件等)、复合材料油罐、全复合材料电动客车车身、快速固化预浸料、绿色复合材料等产品开发和开拓方面取得了一系列突破性进展。

同时,中航工业复材深化交流与合作,积极开拓市场,不断扩大与国内有实力的企业合作,积极探索快速发展的道路。目前,中航工业复材的自主研发能力逐步提升,自行研制生产的复合材料产品陆续登上国际舞台。

从中航工业复材了解到,在材料领域,公司正在积极开拓蜂窝国际化市场,已建成并投入运行的蜂窝厂房具有国际一流的环境保障条件和生产装备。公司的蜂窝产品已经取得了美国公司的产品许可证,这也是公司产品第一次进行国际化市场推广。同时,公司计划两年内完成波音公司的取证工作。此外,公司研制的绿色复材得到了波音公司的关注;离位增韧技术得到了空客公司的认可,空客公司采用国外树脂进行的对比试验显示,中航工业复材产品的抗冲击性能已超越国外材料。

在超前技术研究方面,公司积极开拓材料基因组技术,提高新材料、新结构的快速使用;此外,针对新材料进行了许多前沿性的技术探索,包括纳米复合材料、绿色复合材料等。

### 面对未来,引领我国复合材料技术进一步发展

在谈到复合材料发展的瓶颈时,谢富原认为,由于技术积累不够,对行业的理解不透彻,以及论证的不成熟,目前我国复合材料市场出现了一些低水平重复的现象,“小而散”的情况仍比较严重。他介绍说,复合材料较金属材料相比成本较高,世界各国都

在想尽办法降低成本,以提高同金属行业的竞争力;同时,如何使复合材料变得同金属材料一样可以回收再利用,也是各国亟待解决的问题。

目前,中航工业复材有雄厚的技术支持,并形成了产业化,在国内航空领域处于领先地位。“只有自己做强做大,不断努力、不断创新,才能在竞争中胜出。我们搞科研的,就是考虑20年以后的事;产品开发就要解决10年以后市场要用的产品。别人已经有的,我们还去做,那还有什么意义。”谢富原说,同国外同行相比,我们还存在着很大的差距。“面对市场,我们的观念、思维方式还要转变;面对民用市场,如何降低成本仍是科研人员需要继续攻关解决的问题。”他坦言,要解决产品的产业化、规模化,有许多技术问题仍是摆在科研人员面前的课题,如树脂的快速固化技术,产品生产智能化等。

2010年,中航工业复材提出了“两年打基础、三年上水平、五年大发展”的战略规划,在谈到今后几年工作时,谢富原说:一是瞄准未来发展的前沿技术,开展研究工作,持续创新,从跟踪仿制转变为自主创新,引领技术发展;二是从重视军用产品到军民并举,加大投入解决民用航空复合材料制造技术,在完成一期10万平方米的科研楼和厂区的基礎上,二期将再建4万平方米的实验室研发平台,以吸引更多的国内外人才,并在海内外建立产业化基地,加快推进复合材料在民品上的应用。

在制造技术方面,全面提升产品的品质;在管理方面,将利用更多先进的管理手段和理念提升企业的竞争力。在自身发展的同时,中航工业复材将站在全行业的角度去引领和支撑航空复合材料技术的进一步发展,为全行业带来贡献。

谢富原说,国家将复合材料产业定为战略性新兴产业,随着供给侧的改革深入,复合材料已经成为非常有发展前景的产业。

#### 相关链接

谢富原:男,51岁,中航复合材料有限责任公司总经理、党委副书记、法人代表。曾获全国“五一”劳动奖章、国防科学技术进步奖一等奖、中航工业集团公司科技进步奖一等奖、中航工业集团公司“优秀领导干部”等荣誉。(中航工业复材党群部)

## ■广告之

# 复杂悬索桥施工控制计算理论与架设技术及其应用

## 荣获“2015年度湖南省科技进步奖一等奖”



李贤毅教授

主要完成单位:长沙理工大学,湖南省高速公路建设开发总公司,广东省长大公路工程有限公司,湖南理工学院

主要完成人:李传习,柯红军,董创文,张玉平,贺人,曹永东,李红利,谭立心,刘建,赵朝阳,李斌,戴桂华

2016年2月26日,在2015年度湖南省科学技术奖励大会上,由长沙理工大学土木与建筑学院院长李传习教授主持,湖南省高速公路建设开发总公司,广东省长大公路工程有限公司,湖南理工学院共同实施的“复杂悬索桥施工控制计算理论与架设技术及其应用”荣获湖南省科技进步一等奖,充分展示出了长沙理工大学卓越的自主创新能力、强大的科研实力及产学研结合的优秀组织模式。

项目第一完成人李传习教授自1987年参加工作以来,一直致力于桥梁工程新技术、新工艺及大跨度桥梁计算理论研究,主持和参与多项国家、省、市桥梁课题研究。发表高水平学术论文200篇,被SCI、EI收录论文40余篇,出版专著3本,编写规范2部,先后获得国家科技进步二等奖2项(排名分别为第二、第九)、省部级科技进步一等奖4项(排名分别为第一、一、三、七)等。获新世纪百千万人才工程入选,交通青年科技英才,享受国家有关部门特殊津贴,湖南省首批新世纪“121人才工程”人选,湖南省高校学科带头人后备人选,长沙理工大学桥梁与隧道工程博士点“桥梁工程新技术、新工艺”研究方向的学术带头人等荣誉及称号。

2005年以前,李传习教授的研究方向集中于斜拉桥、拱桥、连续梁桥及连续刚构等桥型,主持了三塔PC主梁斜拉桥—岳阳洞庭湖大桥、下承式钢管混凝土拱桥—南宁永和大桥等多座斜拉桥、钢管拱桥、连续梁桥、连续刚构桥的施工优化、控制技术的研究,及世界上系杆不能通过张拉拆除的柔性系杆拱桥—佛山佛陈大桥的系杆更换、长沙黄柏浏阳河大桥异形拱桥的设计等桥梁科研和设计工作,取得了丰富的研究成果,创造性地将斜拉桥的施工控制与神经网络理论结合起来,提出并实施了系杆拱桥系杆更换的“半可视锯断法”施工工艺,提出并应用了收缩、徐变效应计算的“时变效应”理论,提出了钢梁顶推柔性橡胶滑道,开发了能考虑各种几何非线性因素影响高效精细桥梁计算软件和能计入已发生的施工误差、仅适用于设计,而且适用于施工控制的桥梁计算软件等,解决了多座特大桥的建设中许多理论和关键技术问题,取得了显著的社会、经济效益。

近10年来,由于起点高、造型美、创新新的复杂悬索桥(即索系统可采用自锚、空间缆或悬吊—斜拉组合等形式,加劲梁可采用钢、砼或钢—砼组合等材料的悬索桥)设计在我国多地不断涌现,李传习教授将研究重点转移至悬索桥。为避免复杂悬索桥建造发生施工不顺、不必要资源与时间消耗大、成桥线形和内力分布质量不高等工程问题,针对其施工控制精细计算的现有主缆找形理论与有限元理论存在不收敛、不精细、效率低等理论难题,其索股架设、体系转换(吊索张拉)和加劲梁架设的已有或常规施工技术存在工时长、投入大、适应范围窄,甚至有较大安全风险等技术难题,在国家和省部级课题资助下,李传习教授带领课题组和合作单位开展联合攻关,历经八年多,得以有效解决,并形成了以下具有国际领先水平的创新成果。

1)构建了复杂悬索桥施工控制精细计算理论,研发了具有自主知识产权的软件。发现了索段状态方程无解情形,提出了带惩罚因子的搜索算法;创立了空间索鞍座设计位置确定的分离算法;导出各情形索单元杆端力公式;构建了“时变止效应”CR列式梁单元、滚轴式支承单元、考虑剪切变形的波折腹板梁单元等单元模

型;提出了合理成桥状态确定的“渐进模型法”;研发了基于解析法与有限元法有机结合的复杂悬索桥非线性分析软件,显著提高了计算效率和精度,极大丰富和发展了悬索桥主缆找形理论和非线性有限元理论。

2)发明了复杂悬索桥主缆架设与体系转换系列关键技术。发明了垂直度适应性广的主缆(及锚固承重索)架设精细调整技术,实现了索股精调的简便高效;发明了自锚式悬索桥的散索套无支撑体系转换技术和中跨斜拉—边跨悬吊三塔组合索桥的“先架梁后架索”体系转换技术,提出了双塔大横风向角自锚式悬索桥的少临时索体系转换技术、双塔三跨自锚式悬索桥“边中边”的逐步推进体系转换技术,显著减少了施工步骤及体系转换投入,大幅降低了施工安全风险。

3)研发了钢梁顶推架设的相位变换技术与单模数搜索合成法,发明了钢梁大偏角吊装的跨墩吊机。研发了钢梁顶推架设的无应力构形拼接自适应控制的相位变换技术,创立了变曲率竖曲线梁体顶推滑道标高方案确定的单步模数搜索合成法,以节省时间和资源消耗,保证了顶推梁体无应力构形高精度实现和变曲率竖曲线梁体安全就位;发明了大偏角吊装的跨墩吊机,成倍地扩大了跨墩吊机荡移吊装的水平距离范围,适应性显著增加。

“复杂悬索桥施工控制计算理论与架设技术及其应用”研究成果在世界最大主缆横风向悬索桥—杭州江东大桥、跨度独塔空间主缆悬索桥—广州猎德大桥、中跨斜拉—边跨悬吊组合索桥—汉中南岸大桥、跨度自锚式悬索桥—桃花峪黄河大桥、典型山区悬索桥—张花高速灞水大桥、典型超千米跨悬索桥—珠江黄埔大桥等建设中应用,解决了其架设和控制关键技术问题,确保了这些具有世界影响且各具特色特大桥高质量、高效、安全建成,且应用前景广阔,有力促进了由桥梁大国向强国转变。项目获软件著作权3项;纳入行业规范(送审稿)1部;发表论文70余篇(SCI11篇,EI18篇),出版专著1部;培养博士、硕士40余名;显著推动行业科技进步,促进社会经济发展。

(本文所涉及数据由长沙理工大学提供)

# 实现超高纯铝及其合金镀膜材料国产化

## 电子信息用超高纯铝及其合金镀膜材料的关键技术开发及产业化项目

随着电子信息产品市场的快速发展以及各行业信息化建设的持续深入,高性能芯片、新型显示等电子器件市场广阔。薄膜材料是电子器件制造的关键支撑,其中铝薄膜由于具有电阻率较低、易沉积、易刻蚀、工艺成熟等优点,成为集成电路、分立器件、液晶显示等领域的关键材料。制备铝薄膜用的超高纯铝镀膜材料主要包括蒸发材料和溅射靶材等,它们是随着我国电子信息产业的发展而兴起的铝材高端应用领域。

早期超高纯铝及铝合金蒸发材料和靶材的生产企业主要集中在美国、日本和法国等地,中国研发起步较晚。我国是全球能够生产超高纯铝的国家之一,但是在超高纯铝材料的纯度与合金种类、超高纯铝薄膜材料应用于电子信息行业开发和应用方面,国内公司与国际知名公司有差距,产能也不能满足国内市场。

我国是世界最大的电解铝冶炼初加工生产基地,铝及铝合金材料与加工行业普遍面临产能过剩、产品结构不合理、产业技术支撑尚显不足等问题,制约了全行业的良性循环发展,本项目涉及的电子信息用超高纯铝及其合金蒸发材料和靶材是电子信息行业的关键基础材料之一,符合有色金属工业中长期科技发展规划的要求,也符合新材料产业“十二五”发展规划要求,是传统有色金属工业转型升级、开发高附加值深加工产品的重要示范。

有研亿金新材料有限公司联合北京有色金属研究总院,在国家863计划重点项目、北京市有关部门科技计划项目以及企业自主研发项目的资助下,建立了超高纯铝及其合金镀膜材料制备成套加工技术体系,实现了电子信息领域超高纯铝蒸发材料、半导体用铝及其合金靶材、平板显示用大尺寸铝靶材等全系列镀膜材料的开发及产业化。

此外,公司积极开展国内外市场开拓,根据市场需求,进行超高纯铝材料相关的新技术、新产品开发。项目旨在建立完整的高性能超高纯铝及其合金镀膜材

料制备加工技术体系,实现了电子信息领域超高纯铝蒸发材料、半导体用铝及其合金靶材等全系列镀膜材料的开发及产业化。

“电子信息用超高纯铝及其合金镀膜材料的关键技术开发及产业化”项目为促进我国实现超高纯铝及其合金镀膜材料国产化和本地化供应提供有力的技术支撑。

超高纯铝镀膜材料的研制包括超高纯铝及其合金蒸发材料和溅射靶材成套技术开发及应用。要求产品性能指标满足电子信息应用领域严格的镀膜要求,通过客户的应用认证实现批量生产,质量标准、性能可靠并达到国际同类产品水平。

产品研制开发需要在超高纯金属的铸造成型、塑性变形加工、热处理、连接成形、精密制造加工、分析测试技术及结构优化设计等方面实现技术突破再进行系统集成。

有研亿金新材料有限公司依托北京有色金属研究总院在有色金属材料领域的综合优势,从小尺寸的铝蒸发材料研发起步,到4~6”小尺寸半导体用溅射靶材、8~12”大尺寸半导体用溅射靶材,再到高代线大尺寸平板显示用溅射靶材的研制,历经10年时间,实现了超高纯铝镀膜材料全面技术突破,开发出超高纯新型铝合金制备技术、超高纯铝蒸发材料高效短流程洁净制造技术、超高纯铝及其合金靶材微观组织精细调控技术、超高纯铝及其合金靶材与基板的高可靠连接技术、高利用率靶材结构优化设计等关键技术,在产品性能达标的同时解决了大尺寸靶材工程化实施难题。

通过项目的实施,发表文章21篇,制定铝靶材和蒸发料相关国家/行业标准4项,获得北京市自主创新产品认定1项、北京市新技术新产品认定1项,北京市高新技术成果转化1项。项目验收及专家评价阶段,国家863计划重点项目和北京市有关部门科技计划重大项目均通过考核指标,并给予了高度的评价,一致通过验收。科学技术成果评价该项目技术经济指



标先进,经济、社会效益显著,项目总体达到国内领先、国际先进水平。

有研亿金新材料有限公司技术实力雄厚,汇聚薄膜材料领域众多一流的科研生产精英,专业技术人员超过员工总数50%,高学历、高职称人才比例高达40%,同时拥有一支技术过硬经验丰富的技术工人队伍。通过与电子信息市场高端客户合作完成了各种产品的考核验证,薄膜性能达到国际同等水平,最终实现了超高纯铝蒸发材料、靶材的规模化生产建设和生产质量控制体系建设。

超高纯铝镀膜材料在国内绝大部分半导体企业和重要面板企业都实现批量稳定销售。

本项目已经形成具有我国自主知识产权的高端超高纯铝及其合金制品加工制造技术并建立相关产业,加速高端高纯薄膜材料以面带动整体的全方位发展效应,极大地促进传统有色金属工业的深加工和产业延伸技术的提升,并完善我国先进的电子信息制造业及其配套产品的供应链。

多年来,有研亿金新材料有限公司致力于超高纯镀膜材料的国产化和本地化供应,积极努力打造国产镀膜材料品牌,在我国电子信息制造产业的发展过程中贡献力量。

(本文所涉及数据由有研亿金新材料有限公司提供)