



徐樾华 XU Lianghua


国家碳纤维工程技术研究中心主任
Director of National Carbon Fibre
Engineering Technology Research
Center
北京化工大学教授
Professor of Beijing University of
Chemical Technology

北京化工大学碳纤维及功能高分子教育部重点实验室副主任,碳纤维及复合材料研究所所长,享受国务院特殊津贴。兼任国家新材料产业发展专家咨询委员会委员,教育部科技委GF学部新材料组专家等。长期专注于碳纤维科学技术研究,自主创新出基于二甲基亚砷的聚丙烯腈碳纤维原丝制备技术,奠定了我国碳纤维高性能化的技术基础;发明出特殊工艺的T700级碳纤维制备技术及产品,实现了高性能碳纤维产品的原始创新,支撑了我国重大型号的研制;率先实现T800级高强中模碳纤维的技术突破,填补了国内空白;基于提出的高强高模碳纤维结构模型,成功研发M40J、M55J等高性能碳纤维国产化技术。2014年获国家科技进步二等奖。

碳纤维的国产化之路

——访碳纤维专家,北京化工大学徐樾华教授
Realize Localization of Carbon Fiber

本刊记者 李丹

: 2018年5月8日,科技部高技术中心组织专家组在北化对科技部863课题“聚丙烯腈碳纤维石墨化关键技术研究”进行技术验收,请简单介绍一下该课题的重要意义。

徐樾华:这个项目主要是针对东丽M55J高强高模碳纤维材料的工艺和装备来展开的。M55J是卫星的

主材料,一直以来都依赖国外进口。这个项目的验收具有两方面的重要意义:一是工艺技术的国产化,从以往的经验来看,碳纤维的制备遵循强度和模量相互制约的规律,强度高了模量就会降低,模量提高了强度就会下降。纤维是从乱层石墨到类石墨,主要是石墨结构,模量高、强度差,怎

么能将两种结构特征结合起来,是我们面临的挑战。从2010年在科技部973计划支持下,开始围绕这个问题开展基础科学,提出了高强高模碳纤维的结构模型,通过M40J的技术研发,验证了这个模型的合理性后,我们一直以这个模型来指导关键技术研究。二是装备国产化,高模量纤维

的关键工艺就是高温石墨化,温度高达 2500℃ 以上,炉子一直是我们的软肋。这个项目中,合作企业也非常有经验,但炉子仍是反复讨论、设计、修改,最终通过验证。工艺和装备都实现了国产化,对国外的依赖性降低,面对封锁控制才不会受制于人。

这个项目的亮点是与用户(北京卫星制造厂)结合在一起,将成品及时供给应用部门进行验证。国产碳纤维曾经面临过这样的问题,碳纤维性能优良,但是制备成构件后性能下降,这就需要非常长的磨合期。T300、T700、T800 与 M55J 相比,成本上还低一些,验证 3~5 年还在可承受范围之内,但是 M55J 成本较高,对于长时间的考核、验证,经费消耗会非常庞大。我们项目一开始就将用户结合到课题中,经过 3 年,我们将关键工艺、装备、工程化应用的问题并案研究,做出的纤维满足应用需求,复合材料结构件性能也达到设计要求,节省了 time、降低了成本、提高了效率,这种产、学、研、用合作模式是非常值得借鉴的。

徐樑华: 目前占市场主导地位的是 PAN 基碳纤维,请简单介绍一下该碳纤维的基础研究和产业化情况?

徐樑华: PAN 基碳纤维叫聚丙烯腈碳纤维,碳纤维总共有 4 类,这是其中一类,也是主要的一类,约占碳纤维产品的 90%。国外的研究从 20 世纪 60 年代开始,我们是 20 世纪 70 年代开始,这个起步的差距不大,但是前面的 35 年一直在徘徊,只有近 15 年在高速发展。为什么徘徊?就是缺少基础研究。从事纤维研究的企业或企业性质的研究所,大部分精力花在解决工程问题上,核心的基础研究没有关注。现在国内主流技术二甲基亚砷法就是我们在 2000 年突破的,在这之前我们做了 2~3 年的基础研究,把碳纤维看作高分子材料,回归到基础的科学问题,遵循高分子材料的客观规律,将复杂的问题

简单化。从那以后,我们就找对了方向,快速地发展起来。2002 年我们建成了第一条工程化线,2006 年国内建成了第一条产业化线,到现在 18 年了,与国外在关键技术上的差距在缩小。

产业上还有代差,5 个部分组成的产业体系(纤维制备工艺、辅料助剂配套、结构性能表征、装备研制支撑和应用服务跟进)还不是很完善。截至 2017 年底理论产能是 26000t,千吨线有 11 条、100~400t 线有 17 条、500t 线有 9 条,但是我们的产能释放率才 29%,国际上平均达到 65%,东丽有时能达到 70%。产能释放率低反映了我们产业技术成熟度比较低,根本原因就是体系建设不完善,其中涉及的核心问题之一就是装备。我国的碳纤维产业化装备是从引进起步的,国内的消化、吸收、再创新做得不好,导致生产中往往是工艺去迎合装备,这样就会出现问題,引进的时候不是按照生产线,而是按照装置引进,自己去组装建设,供应商保证单个设备满足技术要求,是否能建成产业化线是不会管的,我们没有更多的产业化经验,不能提出围绕工艺的产业化装备需求,导致很多装备生产能力达不到设计目标。

像几十吨到百吨级这样的装备国内还是可以做的,但是千吨级的还存在很多问題。碳纤维产业化装备的国产化制造与其他行业的装备类似,主要还是靠经验,对仿真、模拟技术的使用还有所欠缺,这就使得碳纤维生产设备特有的温度场和气流场在静态情况下满足要求,但到了生产时的动态环境,“两场”波动就比较大,导致生产出来的碳纤维质量波动比较大。国产设备我认为主要问題还是缺少设计模拟,引进、消化、仿制这样的逆向思维可能实施起来难度还是比较大的,因为国外的产品更新换代比较快,水平也在提高。例如预氧化设备,它需要气循环,不同的纤

维品种和规格,采用的循环方式是不一样的。因为我们不会设计,只能被动依靠引进设备的循环方式。碳纤维的发展需要重视装备,东丽装备的锥型也是外加工,但是它会根据自己的工艺进行二次改造,装备制造商是不让参与的,而国内几乎没有二次改造,进口装备都不敢动,有的企业会有一些小的改造。观察国内的碳纤维企业,凡是自己装备能力比较强的产业化都做得比较好,反之则相反,所以我们提倡碳纤维企业一定要有自己的装备能力,这可能需要很长时间。这种关键战略材料的技术研发、储备和条件支撑单靠市场行为是行不通的。

徐樑华: 国产碳纤维在高端领域广泛应用还有哪些挑战? 高质量和低成本应该怎样去实现?

徐樑华: 目前国内碳纤维企业大马拉小车,可以保证在高端领域质量的稳定性。我们现在所说的质量不稳定,深层次是使用过程中的波动,即使用工艺性。一是纤维制成复合材料后,应用部门会对标国外产品,先入为主再加上对国外纤维的熟练顺手,定性概括为不好用,其实还有很多深层次的问题有待挖掘。二是强度转移力低,纤维性能对标国外产品是差不多的,但复合材料的性能差距比较明显。基本上每款碳纤维都会遇到这两个问题,研讨时也有探索,究其根本原因是纤维制备过程中精细化操作不够。一束纤维理论上每根纤维是很规整的,但是我们的纤维会有交叉,有交叉的纤维制备成复合材料不是完全的 0° 排列,性能就会有所降低,所以需要强化精细化制备的要求,从应用端来考虑纤维制备,慢慢把握住问题的脉搏,解决起来应该就比较快了。

在以前的研究中,我们只是为了把纤维做出来,强度、模量、延伸、线密度、体密度和复合材料层间性能 6 大指标满足了任务就算完成。2005

年国家开始试点一条龙项目(研究和应用一条龙管理),第一个项目就是碳纤维,对我们的要求不一样了,研究的关注点延伸了,一定得应用认可才算任务完成。在我提出的产业体系中,有一条就是应用技术研究。产品不同,应用环境不同,要求也会有差别,这对纤维提出了多样化、差别化的要求。

2002年,国内从事碳纤维的研发单位仅有3家,山东大学、北京化工大学、山西煤化所,东华大学也有一部分,但主要是做凝胶碳纤维。2008年,我协助建设中科院宁波材料所碳纤维实验室,研究单位变成4家。到现在为止,真正做完整关键技术研究的不到4家了,从中不难发现,研发力量在萎缩。我经常也在思考这个问题,也提出过书面建议,我们的基础研究还需要加强,研发队伍要扩大,有3~5个研发单位,适度的竞争与合作互动是好事,如果独家发展,方向有可能会走歪。我们的研发成果都在实施产业化,但是我自己不做产业化,而是与企业分工协作,我就集中做技术研发,毕竟人的精力是有限的。碳纤维这个材料非常复杂,实验室同样具备产业化的特征,是产业线的缩小版,没有3~5年的深入研究,入门都很难。

国产碳纤维相对来讲成本偏高。成本高,我们认为它不单纯是经济问题,而是深层次的技术问题。能源、设备这只是部分因素,更多的是技术原因。产能没有释放、装备技术不过关、上浆剂占比高、纤维合格率低、质量不能满足应用要求等都是技术问题。高质量、低成本通过合理的技术手段是可以实现的。对碳纤维我们提出到2030年,价格争取做到10美元/kg。前段时间波音公司的华人专家来访,他们提出5美元/磅的目标,这个目标是差不多的,基本已经达到极限。对复合材料企业,降低成本应该在复材的成型工艺和工装上下功

夫。

王:碳纤维生产技术的产业化是产学研用合作的典范,您在合作过程中是否遇到一些问题制约着项目的推进?同质化发展的碳纤维企业较多,给市场带来哪些问题?想要实现产业的良好发展,您有哪些建议?

徐樑华:以前大家认为校企合作,各取所需,研究人员关注名、企业关注利,但是现在科研人员也关注利了,企业也关注名了,重叠以后就容易出现矛盾。与企业的合作过程中责任和利益是遇到的第一个大问题。另外,由于企业间的竞争压力比较大,因此合作双方的相互信任度也会制约着合作的深入。科研人员和企业肯定不是一对一合作,有时候与企业合作到一定程度后,他们会竖起壁垒,对研究人员进行封锁,往往就会导致最后一步走不好。我很理解企业的这种防备心理,所以我们在合作过程中是以比较坦诚的态度,尊重每个企业的商业机密,尽力解答企业遇到的各种问题,出主意即可,不问、不打听企业不愿说的问题。从事这个行业32年,最大的优势就是经过多年的积累,企业遇到的技术问题我们都曾遇到过,只需描述大概现象,我就差不多知道原因了。

从去年开始,我觉得碳纤维行业在逐渐变好,已经装备运行的企业有26家,其中1家只做原丝、10家只做碳纤维不做原丝、15家既做碳纤维也做原丝,而16家做原丝的企业中,13家采用二甲基亚砷技术、2家是硫氰酸钠技术、1家是二甲基乙酰胺技术,这就是国内的整体格局。为什么说去年情况变好了呢?因为去年有七八家企业停产了,停产以后对产能的影响是2000t,产能小、水平不高在竞争中就会被淘汰。如果再调整七八家,国内碳纤维行业的集成度进一步提高,行业的竞争优势会更好。竞争与整合对企业来说比较残忍,因为碳纤维企业投入比较大,但是从产

业的发展来看,这是必须经历的阵痛。我们希望企业发展好、行业发展好,企业好了我们日子也好,研究人员和行业是相辅相成的。现在的碳纤维企业多是同质化发展,做的东西也一样,想要整合也比较困难。

碳纤维行业有个非常大的瓶颈和软肋就是缺乏纤维应用设计能力。简单来说,所有的碳纤维都是国外先用,我们学的,国内没有开发出新的应用领域。因为我们不会设计,通过各种渠道了解国外用的哪个型号的纤维,我们也只敢用同一型号的纤维。航空航天领域还是有一些设计能力的,毕竟发展的时间比较长,其他工业领域几乎没有创新设计能力,所以中国一定要培育自己的纤维应用设计人才。如果这个问题不解决,这个行业会一直被掐住咽喉。我认为可以把高校里面力学设计和材料研究人员组建成团队,在工作中去融合,可能会较快解决这个问题。

另一个空白就是我们没有碳纤维材料及应用的数据库,航空航天有一些,但是这个数据是保密的。碳纤维复合材料更大的市场在工业领域,缺少应用设计人才和基础数据的支撑,10年前我就在呼吁建立数据库,但是这是一个很庞大的工程,也想通过与国外专家的交流,了解大体框架,少走弯路,不然全靠我们自己去摸索,十几年都是不够的,况且现在还没有得到足够的重视,还没有起步。

总体来说,碳纤维行业坚定地走国产化这条道路是非常好的,航空航天领域大家心比较齐,只要国内有的我们不用国外的。我们也要认清现实,报道要实事求是,不能虚报,不然容易误导决策者,5年一次计划,这个时间耽搁不起。我们虽然起步比较早,但入门也就16、17年时间,发展已经比较快了,出现任何问题都是正常的,不用回避。希望同心协力,实现碳纤维产业良好、健康的发展。

(责编 逸飞)