

复材行业发展现状与待解决问题

——访中国复合材料学会副秘书长程小全

Current Development and Problems of Composites Industry

本刊记者 泰山



程小全

现任中国复合材料学会副秘书长,北京航空航天大学航空科学与工程学院教授、博导,北航直升机设计研究所副所长,北航新材料结构综合实验室主任,中国科协决策咨询专家成员,南昌航空大学飞行器工程学院副院长。

从事复合材料结构设计与研究工作长达 23 年,先后承担过 863 项目、国家自然科学基金、航空科学基金、国防预研基金、国防预研课题和多项横向课题等科研项目,以及“985 工程”学科建设任务,参加过多个型号导弹复合材料弹翼、尾翼与弹舱结构以及直升机旋翼桨叶结构的分析与设计工作。发表论文 110 多篇,出版主编或参编专著与教材共 8 部,获国防科学技术二等奖 1 项。

[编者按]随着中国大飞机项目的起步,复合材料再一次成为各界人士的关注焦点。已经过去的 2010 年,复材行业有哪些热点问题值得进行回顾?面对新的 2011 年,又应该在哪些方面进行改进?本刊记者就以上问题采访了中国复合材料学会副秘书长、北京航空航天大学航空科学与工程学院教授、博导程小全先生。

2010 年复材行业热点回顾

2010 年,国内外各界对复合材料的关注度逐日增加,并处于火热状态,风能、碳纤维、波音 787 和空客 A350 的竞争、新兴经济体国家、可持续发展等都成为各界人士的谈论焦点。

1 中国大飞机项目

波音 787 最近一次宣布推迟交付是在 2010 年 12 月 2 日,推迟的原因是前一个月波音 787 在试飞时发生起火事故。从波折重重的波音 787 上,可以看出成功推出新技术含量较高的大型民航机项目的艰难。

从波音 787 和 A380 的经营情况来看,首先,国际大飞机公司的发展都把资本运作、销售与售后服务放在优先位置。当今国际经济整体化

程度很高,几乎任何一个国家,特别是经济强国,经济的起伏对其他国家都会有或多或少的影响。事实上,技术发展的国际化程度也越来越高,所以才会有波音和空客公司利用其他国家技术力量研制大型客机的情况发生。从长远来看,我国大飞机工业的发展也应该借鉴欧美的经验,不能只依靠国内技术力量,以规避技术风险,同时扩大销售市场。不管其他国家目前对我们实施怎样的技术封锁,我们都必须要有这个意识。

第二,我国在重视国产飞机 FAA 适航取证的同时,也应该重视国内民航适航标准水平的提高和国际影响力的扩大。在将来,中国完全可以做一套我们自己的国际性适航认证标准,因为中国可以开发第三世界国家这个巨大的航空市场。我们甚至可

以和俄罗斯、印度等国家联合,以尽快制定美国和欧洲以外的第三套国际认可的适航标准。

第三,从技术方面来说,飞机设计方面的成本考虑在国内普遍没有得到很好的重视,没有达到较低成本的设计水平。民机是否具有竞争力主要由飞机全寿命周期的费用来决定,而低成本结构与结构可修理性设计对飞机将来的采购成本和使用成本具有非常大的影响。我国在飞机结构可修理性设计方面的考虑也比较欠缺经验。国内军用飞机的技术水平较高,而在民航机方面缺乏经验,这方面的人才也非常缺乏。

有关复合材料在飞机上的应用,即使在战斗机上,我们复合材料的使用经验也不是很多。在这种情况下,我们的设计经验和制造技术很容易跟不上,所以复合材料应该保守应用。

2 创新复合材料产品不断涌现

2010年是复合材料的丰收年。纳米复合材料大约在10年前是非常热的研究方向,但真正以碳纳米管为增强体的复合材料大概是在前几年才提出来。

首先,目前国外已经使用碳纳米管做成了纤维,据悉,其纳米管的长度已经超过了5cm,并已在卫星上得到了应用。因为碳纳米管的模量和强度高出现在的碳纤维很多倍,它们的电导率可与铜媲美,且它们的密度很低,只有 $0.7\text{g}/\text{mm}^3$, (碳纤维的密度 $1.6\sim 1.8\text{g}/\text{mm}^3$,飞机、导弹和卫星用导线铜的密度在 $7.8\text{g}/\text{mm}^3$ 左右),所以如果将其用于卫星上,仅导线的减重就可以达到 $100\sim 200\text{kg}$ 。作为最先进的结构材料,它们一般不会首先用在飞机上,而是用在一次性的飞行器导弹上。

国内目前碳纳米管的研究也比较多,但其长度都比较短。大多只能做到微米级的长度,用来增强树脂基碳纤维复合材料,起到改进性能或功

能的作用,如使复合材料具有吸波功能,或者用来防止基体裂纹的扩展。国内现在碳纳米管的长度能够做到1cm左右,其导电性能比国外要稍差些。

第二就是生物质复合材料。我国在竹纤维复合材料技术方面有了长足的进步,这也是我国独有的一种生物质复合材料,其模量与玻璃纤维复合材料接近,但其密度较低,大约在 $0.9\text{g}/\text{mm}^3$ 左右,且其成本也比较低,是玻璃钢的1/2左右。该材料将主要用于风力发电机叶片中,用作风机叶片的大梁结构,这将可以在很大程度上解决目前全世界遇到的风机



A400M 复合材料螺旋桨

叶片报废后环境污染的问题。当然,它也可以用在其他工业结构中,用来取代玻璃钢制品。

第三是智能复合材料的发展。目前国外所取得的研究进展较大,国内这方面的研究情况相对落后。

我认为,将来复合材料的应用,民用上的前景会比军用前景大。前

景最大的分别是船舶工业、汽车工业和电力行业,可以预计,只要是工业部门,都将或多或少用到复合材料。

3 数字化技术的应用

复合材料是一种各向异性体,同时也是一种结构材料。工业上使用最多的树脂基复合材料是一层一层叠合起来的,如果不用数字化技术,几乎无法对其进行结构设计和分析。

数字化技术中用的软件可分为通用软件和专用软件。现在国内用的比较多的复合材料设计与分析软件有CATIA、ANSYS、MSC/NASTRAN以及ABAQUS等。相对而言, MSC/NASTRAN比较成熟,

在飞行器结构设计领域用的较多; ANSYS软件是目前应用比较普遍的一款软件;再高端一些的是ABAQUS软件,受到大学和研究所等高端用户青睐,因为它提供了一个计算器和很好的开发平台,用户可以根据自己的需求在其基础进行编程。此外,在直升机旋翼桨叶和风机叶片设计中,还

有专门的桨叶或叶片结构动力特性分析软件。

针对复合材料结构的特点,国外还开发了复合材料结构分析专用软件,其中比较有名的有 STRESSCHECK 和 ESAComp 软件。近 20 年内,国内购买了大量的通用和专用商业软件,它们在飞行器结构设计中发挥了非常重要的作用。

目前大部分商业软件能做的都只是一般的应力、应变和位移分析,如果要进一步进行细节分析,如损伤累积分析就比较困难,这时更多的是要对其进行二次开发。事实上,结构中有很多细节的地方需要工程师自己开发(含二次开发)软件才能比较准确地对其进行分析。我认为将通用软件与实验或工程师的经验相结合,开发能够进行不同细节问题分析的专用软件是目前结构设计与分析软件的发展趋势。

国内目前存在许多结构细节设计分析问题,要解决这些问题,设计研究部门与高校合作开发一些专用软件也许是一条可行的捷径。比如结构连接就没办法用通用软件很好地进行分析,它只能用自己开发的软件进行分析,这是因为对于连接这样的重要局部问题,每个公司都有不同的设计手册,其分析方法是固定的,

这个方法需要通过试验验证并得到 FAA 的认可。目前国内这方面的工作非常缺乏,对于一些重要的细节问题,我们没有自主知识产权的设计与分析方法,这样很容易引起与国外公司的知识产权纠纷,因此,在这方面我们还有很多工作需要大家共同去做。

2011 年复材行业的发展及建议

2010 年,全球复合材料行业发展迅速。有调查显示,2010 年全球碳纤维需求量达到了 3.2 万 t。同时整个复材产品市场呈现出趋向高性能化和民用、工业需求量不断增长的趋势。复合材料拥有重量轻、性能高的优点,将其用于飞行器、船舶、汽车和风机叶片上不仅能提高这些结构的性能,同时还能降低其能耗,因此它的应用越来越广。

可以预计,2011 年复合材料行业的发展速度将持续高涨,并将朝着高性能化、功能(智能)化方向发展,此外,由于全球环保问题越来越严重,生物质复合材料将会加速发展。

国内复合材料的发展很快,但也存在不少问题,这些问题目前严重阻碍了国内复合材料产业和技术的发展。

首先,复合材料技术发展的规律是“设计是主导,材料是基础,工艺是关键,应用是目的。”而国内复合材料的情况是设计(使用复合材料的主体)没有起到主导作用,这将直接影响到复合材料的应用。目前国内碳纤维产能很大,但却无法释放,当然这其中的影响因素很多,但我认为主要问题之一是复合材料的应用市场没有完全开发出来。

第二,有关复合材料设计中使用的标准问题。我个人认为,因为复合材料是一个快速发展的技术,而且它的影响因素很多,为此应该注意研究发展自己的复合材料标准。这方面复合材料与金属材料有较大差别。金属材料标准经过几百年的发展越来越完善,因此目前国际上金属材料的标准大都采用 ASTM 标准,而复合材料的情况却并非如此。

据我所知,美国波音公司和洛克希德·马丁公司大都采用自己的复合材料标准,而不是 ASTM 标准,这是因为 ASTM 标准是一套普遍适用的材料基础标准,而将其用于指导现今飞行器结构的设计与制造可能会比较保守。复合材料发展较快,且影响因素很多,一些通用的标准恐怕跟不上材料本身的应用发展速度,因此材料标准的研究非常重要,而在这方面我们还是相对落后的。

我认为标准的制定应该结合自己的技术发展水平,否则就容易产生问题。比如,目前国际上还没有有关 RTM 工艺制备复合材料的测试或检验公认标准,而国内已经将其用到了一些飞行器的主结构上,在这种情况下,我们应该根据自己的研究结果和使用经验制定自己的标准。FAA 在飞机结构适航性认证中也不是只承认 ASTM 标准,只要有充分的试验结果和分析作为依据的标准他们都能接受,只有这样才不会阻碍复合材料技术的发展与进步。

(责编 良辰)



波音 787 复合材料翼盒