



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

创新复合材料应用 与复合材料结构的自主设计

袁国青

复合材料与结构研究所
复合材料工程实验中心

2014年8月20日

目 录

- 一、复合材料发展的二个方向
- 二、创新的复合材料应用案例
- 三、未来创新复合材料应用的使命与途径
- 四、复合材料结构的自主设计与人才培养
- 五、同济大学复合材料与结构研究所简介
- 六、结语

一、复合材料发展的二个方向

- 1、采用既有的复合材料原材料体系通过**创新结构设计**，设计出低成本的更绿色的新结构，**使之较其他材料的结构更具有竞争力**，从而更好地造福人类社会、推动复合材料产业的发展——**创新复合材料的**应用**！**
- 2、研究开发能满足各类复合材料结构更高要求的**新型原材料及其复合材料和工艺**。

两者相辅相成，**复合材料的创新应用**牵引着**新型复合材料的发展**，**新型复合材料**也赋予了**复合材料结构**新的发展空间！

二、创新的复合材料应用案例

创新的意味：

从无到有；从0到1，到n(小批量),再到大数（市场化）

从一个想法到可施工的图纸、样机、可交付的产品

创新的历程：

从非受力件，到次受力件，主受力件

从航空器、航天器到武器、船舶、风力发电机、汽车、

轨道交通、电力、基础设施、化工、体育用品、

电子产品……从小心翼翼到信心满满

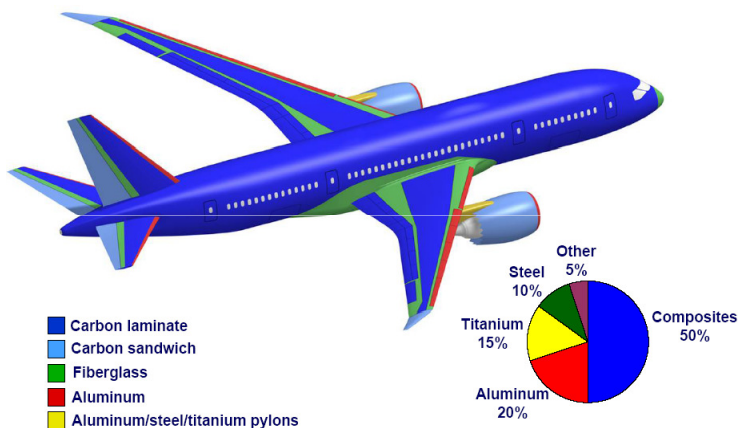
创新的复合材料应用对现代文明的发展和推动使
我们复合材料人由衷地激动和自豪！

从无到有

创新的飞行器复合材料应用



A380, 25%
2007年10月
首次交付



B787, 50%
2011年9月首次交
付全日空



A350, 52%
2014年下半年将完成首
次交付

更多的从无到有



F16 2%
1974年2月
首飞成功



F22 24%
2005年
投入现役



F/A18 12%
1978年11月
首飞成功



F35 35%
2006年12月首飞



B-2 50%
1997年, 首批
正式服役!



V-22鱼鹰式倾转
旋翼机 50%
2007年服役



Tiger直升机 80%
1991年4月首飞
2001年开始服役



A400M 40%
2013年8月
首架交付

从无到有

创新的舰船复合材料应用



瑞典维斯比级**隐身轻型护卫舰**

长73m，宽为10.4m，吃水深度为2.4m，
排水量为600t，世界最大复合材料舰艇

2000年6月下水,2002年6月交付



美国海军“短剑”新型
高速隐形试验快艇

长24.4m，宽12.2m，吃水为0.9
米，排水量为67t。

2006年5月正式接受海军使用性试验

第一艘1999年4月启用。



挪威“盾牌星座”级舰艇
船体采用了CFRP和GFRP！



日本“江之岛”号扫雷舰试航
船体采用复合材料
2012年3月21如役·

2013年10月28日下水



美国“朱姆沃特”级隐身驱逐舰，
上层建筑采用碳纤维复合材料



我国首艘复合材料商用地效翼
船完成海上试验
2014年7月9日

复合材料在快艇、游艇、赛艇、拖网渔船……上的应用亦有很多的“从无到有”！

创新的汽车复合材料应用

从无到有，从样车到小批量产，再到大批量产 创新的步伐从未停止！

1. Glass Fiber Composites



Interior Headliner



Underbody System



Air Intake Manifold



Instrument Panel



Bumper Beam



Air Cleaner Housing



Load Floor



Deck Lid



Air Duct



Airbag Housing



Front End Module



Engine Cover

2. Carbon Fiber Composites



Chassis/Monocoque



Roof



Tailgate



Hood



Floor Panel



Side Panels



Trunk Lid



Fender



Rear Spoiler



Bumper

3. Natural Fiber Composites



Door Panels



Seat backs



Load Floor

以宝马i3碳纤维电动汽车量产上市为标志
2013年被称为碳纤维复合材料汽车元年

CFRP 汽车零件的创新应用



碳纤维地板



碳纤维制车门内板



行李箱盖



碳纤维传动轴



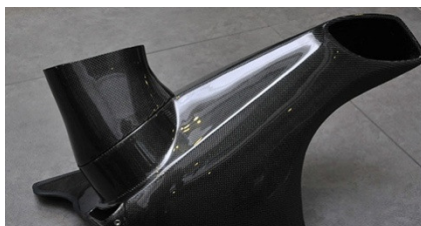
引擎盖



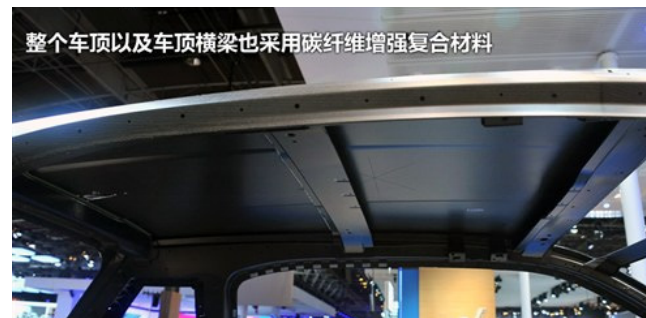
碳纤维轮毂



碳纤维座椅



BMW-M3碳纤维进气套管



BMW-i3车顶



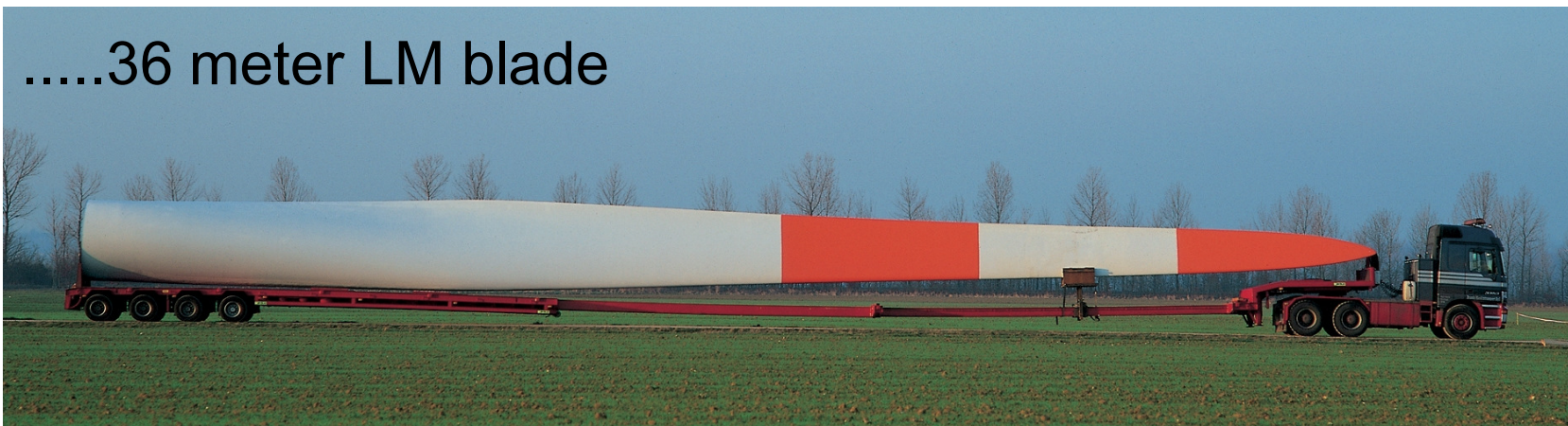
碳纤维单体车身



BMW-i3乘客舱

创新的风电复合材料应用

.....36 meter LM blade



.....60 meter LM blade



Vestas为世界上最大功率的
海上风机所生产的**80米**长的叶片

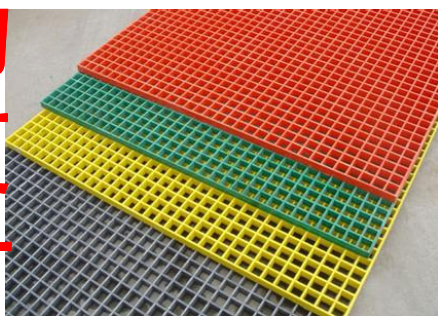
创新的土木工程复材应用



CFRP拉索斜拉桥



其他创新的复材应用



其他创新的复材应用



● X-ray table top



● Radio Telescope (Courtesy of Tokyo Univ.)

创新的复合材料应用我们还可以列举许多……

三、未来创新复合材料应用的使命与途径

我们所处的时代已经有太多的创新了，以至于大多数人都来不及尽情享受各式创新的产品，譬如有多少人能把自己使用的手机的功能都给用起来呀？然而我们知道我们所处的生活空间仍有许多不尽如人意，譬如PM2.5问题、雾霾问题、水污染问题、能源问题，……人的不少美梦常常还难以成真

因此**我们还需要创新**，**我们复合材料人也还担负着创新复合材料应用的使命！**

然而我们中国的复合材料人怎样才能做好未来创新复合材料的应用呢？要知道在已有的复合材料创新应用的成果里我们的技术性贡献还是比较有限的。

“所有的创新最初都只是一个想法而已，**创新就是把一个想法变成一个市场。**”

“过去30年中国企业家做的主要是套利和模仿，然而未来套利空间越来越小，模仿空间也越来越小，未来只能靠创新，创造新的产品、新的市场、新的技术”

-----北京大学光华管理学院张维迎教授

复合材料届的企业家也大抵如此。未来中国复合材料产业的发展也只能主要靠创新，这当是中国复合材料企业家共同面临的一个挑战，也是我们所有复合材料人均应认真思索、努力做好的一件大事。

对中国复合材料产业而言，一方面需要**全新的创新**，另一方面由于与世界先进水平存在的既有差距及在技术转让方面的限制，固**“追赶式”的“自主创新”**也需要。

使轻质高强的复合材料能更快更好地有效应用于我们大家乘的交通工具（飞机、汽车、船舶...），使我们的生活空间早些远离雾霾，空气清新，繁星闪烁...一个想法



使港口码头多些复合材料的地效飞机，使游人更快感，使旅程更快捷...一个想法



航空公司研发的
飞行汽车，
售价27.9万美元

我们期待会飞的复合材料车身的汽车早日进入寻常百姓家...一个想法

.....

我们已有一些想法，我们还会产生一些新的想法，接下来我们需要的是把这些想法变成现实，最终还要去赢得市场。

然而无论是全新的创新还是追赶式的“自主创新”，我们都需要有把一个想法变成可依其制造的图纸的能力，而这即属于“复合材料结构自主设计”的工作。我们得学着做这些结构产品的自主设计。

航空界有个25字诀

- 设计是主导
- 材料是基础
- 制造是关键
- 检修是保障
- 目的是应用

其它领域也大致遵循同样的规律！

设计是创新应用的先导，不论是航空航天还是汽车、舰船、风电叶片、桥梁、管道……

因此我们应掌握复合材料结构自主设计的能力，**学校应做好复合材料结构设计人才的培养工作**，**企业应抓好设计团队的建设**，**行业应扶植一些复合材料结构的设计咨询机构**，产、学、研齐抓共管，合力提升全行业复合材料结构的设计创新能力，推动复合材料结构的应用和推广，使复合材料产业得以创新发展，使性能优越的复合材料能更好地造福人类！

四、复合材料结构的自主设计与人才培养

复合材料作为一种结构功能一体化材料其的创新应用多为在各类结构物上的创新应用。因此其设计核心是结构的设计！

4.1 复合材料结构的概念

结构：

由材料加工成的构件按照合理方式联结在一起，而形成的能承受一定荷载作用的物体或物体系系统。

其一般是由多个构件联结在一起而形成的物体系系统，最简单的结构则是单个构件，如梁、柱等。

复合材料结构：

组成结构的构件是或主要是由复合材料制备而成的结构一般均称为复合材料结构。

4.2 复合材料结构设计概念

复合材料结构的设计是以“适用、安全、经济”为原则，根据该结构对应产品的功能要求，综合考虑原材料、工艺、成本、成型效率等因素，以及已有的相关工程实践经验、复合材料结构概念设计的知识、有关规范等，设定该结构的可选布局（所谓“设”），通过理论计算、数值模拟与模型或实物的试验（所谓“计”），确定一个“适用、安全、经济”的结构方案，并以平面图纸、3D数模、技术文件等形式表达出来的一种技术活动。

其一般分为**初步设计**和**详细工程设计**两个阶段。

“**适用**”决定了结构所受的主要载荷、所处的环境、外形及边界连接的限制条件等；

“**安全**”明确了结构在遭遇各类工况下应处的应力、变形和稳定状态等，其应具有足够的强度、刚度和稳定性，以及恰当的振动特性等；

“**经济**”受原材料、工艺等成本的影响，还关乎“全寿命成本”、“量产成本还是小批量产、原型机试制成本”等经济性评价方法问题，其决定着复合材料结构的实际竞争力。

4.3 复合材料结构设计的方法和分类

“设”的方法：

- 1、**经验法**---基于收集的自己或他人先前的类似结构的实践资料提出初步的结构布局或设计方案；
- 2、**逆向设计法**---参照已有产品的结构方案，结合自己的条件提出一种初步设计方案；希望通过分析、试验等提出一种改良的、相对理想的设计结果；
- 3、**直觉或灵感创意法**---在没有接近的设计资料或实际参照结构的情况下凭设计者的直觉或灵感提出一种初步设计方案的方法；
- 4、**推演法**---根据相关的基础知识和设计要求进行分析推演，设定一种或若干备选方案的方法。

“计”的方法：

1、**理论分析法**---根据复合材料及其结构力学理论研究成果，对结构的强度、刚度、稳定性等进行定量评估，从而对铺层厚度、顺序、比例等给出一个初步设计结果；

2、**数值仿真法**---根据设计所处的不同阶段选择恰当的有限单元和数值分析方法对设计变量和结构细节进行初步的或精细的分析模拟，经过若干轮的迭代分析或优化计算，得到优化的或相对最优的设计结果；

3、**模型或实物试验法**---一般仅适合于有基本结构方案但仍存在一定问题，且现有分析和模拟仿真的手段尚难以解决的情况，通过试验确定某些细节参数；

4、**混合法**---同时运用以上2种或以上的方**法**。

当然我们也可以根据在定量设计时所采用的材料性能数据的特点将复合材料结构的设计方法分为确定性设计方法和概率设计方法。

确定性设计方法---视主要设计变量为确定量，不考虑其的随机性；

概率设计方法---能综合考虑各种主要因素的随机性的结构设计方法。纤维和基体材料的性能、纤维的含量、铺层方向以及铺层厚度，包括结构尺寸、边界条件、飞行载荷情况以及飞行环境等均具有不确定性。

根据结构强度设计时所采用的方法可将复合材料结构设计的方法分为：

- 1、**安全系数法**---材料性能、结构参数的不确定性通过引入一定的安全系数来完成结构定量设计的方法；
- 2、**耐久性设计法**---考虑疲劳载/环境谱作用下结构的经济寿命应大于设计使用寿命的一种设计方法；
- 3、**损伤容限设计法**---根据结构带伤时的剩余强度和损伤扩展的条件进行结构的定量设计的方法；
- 4、**可靠性设计法**---考虑各种随机因素，根据结构按预定要求正常工作的概率水平进行设计的方法；

上述1~3属于确定性设计方法，4属于概率设计方法

也可**根据强度判据**的不同将设计分为平均应力判据设计法、点应力判据法、集中能量区判据法、断裂判据法等。

可见处于复合材料产业创新发展核心地位的**复合材料结构的设计能力是需要有相应人才予以支撑的！**无论是“设”还是“计”，都不再只是一种想法，而需要科学、技术知识的支撑，包括不少已物化的科技产品的支撑。

特别要提一下的是我们要设计好复合材料结构，而不仅仅是满足于在结构上用些复合材料，**需要“解放思想”，需以根本原则为指导，而不应受限于本本。**

4.4 复合材料结构设计人才的培养问题

4.4.1 何谓复合材料结构设计人才

懂得复合材料结构设计的基本知识，掌握复合材料结构设计的基本技能，熟悉行业要求（规范、标准、适航法规……），了解复合材料（包括原材料及其复合工艺）性能和新发展，能根据要求开展试验验证方案设计和试验验证工作，擅于观察和分析结构实验和结构产品使用中存在的问题，具有追求卓越的创新精神和团队协作意识……这是我们希望要培养的复合材料结构设计人才。

4.4.2 复合材料结构设计能力的主要构成

- 1、是否有掌握先进设计思想的人才；
- 2、是否拥有较为丰富的支撑复合材料结构设计的数据库；（材料数据库、设计手册、指南、规范、工程案例资料.....）
- 3、是否具备较为丰富的设计经验；
- 4、收集、分析相关资料的能力；
- 5、对复合材料结构概念设计知识的掌握程度；
- 6、理论分析尤其是数值模拟分析的手段和能力；
- 7、试验方案设计和开展有效试验验证的能力

4.4.3 设计能力与产业创新发展的关系

复合材料产业的创新发展广义地讲应包括复合材料原材料、复合材料制品及与之配套的工业体系、复合材料产业相关的事业单位的创新发展。但其中复合材料的创新应用在产业创新发展中处于火车头的作用！

而复合材料结构的设计能力是复合材料创新应用能力的核心组成部分！

4.4.4 复合材料结构设计人才培养的方法

复合材料结构的设计人才是需要培养的。那么这样的人才该怎样培养呢？

大学是以培养高级专门人才为第一要务的地方，因此大学对培养这样的人才责无旁贷！**关键是大学要知晓这种需求**，然后要确立起培养这种人才的目标要求，进而去着力研究这类人才培养的规律，**制定合理科学的培养方案，要编写适用先进的课程教材，还要建设起一支水平高、肯奉献的师资队伍，还需创设好的实验条件和工程实践的基地**，唯如此才能做好相关人才的培养工作，才能向社会输送合格的此类人才。

行业企业要告诉大学你的这种需求，甚至要参与人才培养方案的制定、教材的编写，骨干技术人员还要肯抽出些时间到课堂上直接给学生们授课，在条件允许的情况下可考虑在企业设立这类人才培养的实践基地，也可根据企业需求提出一些供学生毕业设计的题目，与高校教师联合指导学生的毕业设计，.....

可见企业也不只是一个需求描述方，你也应有一种培养人才的使命，要深度参与这类人才的培养过程！

整个行业要推崇和重视对具有自主知识产权的产品设计，注意构建良好的以企业为主体的产、学、研、官有机合作的创新机制。

校企必须互动！

航空复合材料专家、沈阳飞机设计研究所**陈绍杰教授**认为：现在航空院校培养的毕业生，不适应航空业发展对复合材料人才的需求，大多数毕业生并无复合材料设计必备的知识。而一般院校培养的复合材料人才因主要来自于材料学院，因此其力学、结构和飞行器的知识较弱。而飞行器设计和制造专业的本科生也较少系统学习有关复合材料的相关知识。因此，**复合材料结构设计人才的培养需要变革现有的人才培养体系！**

实际上现有的汽车设计与制造专业的学生也多缺少复合材料结构设计的相关知识。

我们可以将懂复合材料的能够胜任复合材料结构设计、强度分析和试验、复合材料结构件的制备工艺及设备开发、复合材料原材料制备与性能表征、复合材料结构的无损检测和在线监测、复合材料结构损伤的修复、新型复合材料开发工作等方面的科技人才统称为**广义的复合材料人才**。而其中**设计人才是最为稀缺的！**在复合材料结构产品开发中设计是处于**主导地位**的，**是龙头**。

陈绍杰老师在同济做的一次报告中强调复合材料是设计出来的，没有设计就没有复合材料。目前世界上复合材料设计已有了很大进步，某种程度上可以说已走向了成熟化、规范化。但国内尚非如此，几乎是三个方面中最弱的一环，航空航天领域尚且如此，民用部门情况尤甚。设计这个龙头舞不起来，扩大复合材料发展应用就是一句空话。

中国复合材料工业近年来蓬勃发展，产品质量及服务水平不断提高。但一些大中型企业在业务发展的同时，面临着复合材料各相关专业人才需求不断升级的现状；许多中小复合材料企业由于业务发展较快，也经历着专业“人才”短缺的瓶颈，特别是**复合材料设计人才严重缺乏**。建议改进人才培养机制，**加强高校、科研院所以及生产企业之间的联系**，共同培养复合材料专业人才，尤其是设计人才。

-----吕琴



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

校企合作培养人才的若干建议：

1、选派已有的技术人员在职攻读相关学位，做订制培养。我曾接到若干企业向我要毕业生的电话、邮件，有些是要博士生、硕士生，有些是要本科生，但人才培养是个长周期的事情，即使培养出来了，还存在双向选择的问题。

2、与高校联合指导毕业设计、论文，服务企业开发任务。培养学生的过程也是宣传企业、考察人才的过程。

3、创造条件在企业设立“工程实践教育中心”，让更多的学生能在企业“真刀真枪”地做设计。

4、与高校教师开展一些课题合作，或开展一些产品的联合设计，使其培养的学生能更早地介入企业的研发工作，培养企业急需的研发人才！

5、有条件的企业还可以通过在高校设立奖学金的方式吸引人

.....

4.5 同济大学在复合材料结构设计与制造人才培养方面的实践

基于对国际航空结构材料发展趋势的分析和判断，同济大学结合自身的学科基础，经过调研和论证2007年首次设立了复合材料结构（设计与制造）专业方向，2008年学校批复了我们的扩招申请，航空航天类的招生规模从原先的35人增至70人，复合材料结构（设计与制造）专业方向的建设迈出了重要一步。

方向课程设置情况

学生大部分时间接受航空航天类大平台的基础课和专业基础课的训练。

从2年级下开始陆续学习7.5门复合材料结构专业方向课。



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

复合材料结构方向课设置情况

学分 学期

航空材料

3, 2年级下

(含复合材料学的基本内容)

复合材料力学

3, 3年级上

复合材料工艺学

3, 3年级上

复合材料试验技术

2, 3年级上

复合材料结构设计

3, 3年级下

复合材料结构CAE

2, 3年级下

复合材料结构损伤与修复

2, 4年级上

复合材料结构设计课程设计

3年级小学期



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

专业方向特色规划

1、学生**既具有雄厚力学底蕴，又熟悉和了解飞机结构**，四年中学生将学习理论力学、材料力学、流体力学、弹性力学、飞机结构力学等力学课程，同时还将系统学习航空航天概论、飞机结构设计、飞机装配工艺学、计算机辅助飞机制造、航空质量系统等航空专业课程。



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

专业方向特色规划

2、**学生具备从事复合材料结构与制备所应具备的基本知识和能力**，该方向设有航空材料（含复合材料原理）、复合材料力学、复合材料工艺学、复合材料试验技术、复合材料结构设计、复合材料结构CAE、复合材料结构损伤与修复、复合材料结构设计课程设计等若干主干课程和实践教学环节。

可喜的起步

2007级有5名同学选了复合材料结构专业方向，毕业时全部读研，1位到香港科技大学读研，两位到北航读研，一位留校硕博连读，一位到复旦大学读研。

2008级有16名同学选了复合材料结构专业方向，毕业时7位在国内读研，4个出国读研，两位到上飞厂工作，一位到天津波音公司工作，一位自主创业，一位到金融领域就业。

2009级有24名同学选了复合材料结构专业方向，毕业时11位国内读研，4位出国读研，9位直接就业。

鼓励课外创新实践活动

最近几年一直在积极支持学生参加SAMPE复合材料机翼和桥梁竞赛，锻炼他们的设计、制备复合材料结构的能力。

获奖频频！



SAMPE竞赛

同济大学队在SAMPE超轻复合材料桥梁及机翼竞赛中屡获大奖

2011年第三届

碳纤维桥梁 结构第1名, 第2名, 第3名
海报三等奖 工艺二等奖

植物纤维桥梁 工艺一等奖
碳纤维机翼 工艺三等奖

2012年第四届

碳纤维桥梁 结构第1名, 第2名, 第4名
植物纤维桥梁 结构第1名, 第2名

2013年第五届

碳纤维桥梁 结构、工艺、海报第1名
结构第3名
植物纤维桥梁 结构第1, 2名, 工艺第1名
海报第3名
碳纤维机翼 工艺第3名

2012年赴美国竞赛

工字型碳桥结构第1名, 矩形碳桥第3名
矩形天然纤维桥结构第1名



2014年第十七届SAMPE国际超轻复合材料桥梁竞赛（美国）

经过7个单项的激烈角逐，我校航空航天与力学学院代表队获得其中4个单项第一、1个单项第二的傲人成绩，击败美国华盛顿大学、特拉华大学、加拿大麦基尔大学、哥伦比亚大学等名校，**勇夺团体总分第一，荣登冠军宝座**。获得总分第二、三名的分别是美国特拉华大学和华盛顿大学。



教学团队

复合材料结构专业方向的教学团队现有16人，其中教授5人，副教授4人，助理教授1人，高级实验师1人，工程师5人，助理实验员1人，全部来自复合材料与结构研究所。

其中有长江特聘教授1名，新世纪优秀人才1名，海外获得博士学位工作一段时间后再回国的老师有4位。

欢迎有志人才培养和科学研究的杰出人才加入我们的教学团队！

软硬件条件

在985和211学科建设经费的支持下，我们总计投入2000多万元进行了软件和试验设备的建设。

软件主要包括：ABAQUS、ANSYS、MSC (PATRAN, NASTRAN, DYTRAN, Fatigue, ADAMS) , HyperWorks、LS-DYNA; FLUENT; CATIA, UG, Pro-E; ESAComp , StressCheck、PAM-RTM等等

试验设备主要包括：2t、5t、25t静态万能试验机，10t疲劳试验机、摆锤示波冲击试验机、示波落锤冲击试验机，热膨胀仪、单纤维强力仪、小型结构试验平台；热压罐、多轴缠绕机、热压机、真空热压机、粉碎机、RTM设备；空气耦合超声无损检测设备；DMA、DSC、流变仪、热变形温度仪、老化性能试验设备、水平-垂直燃烧试验机、混响室、光学显微镜等。

实验条件

复合材料工艺成型设备



热压罐



多轴缠绕机



注射成型设备



热压机



真空热压机



双
螺
杆
挤
出
机

自制预浸料机



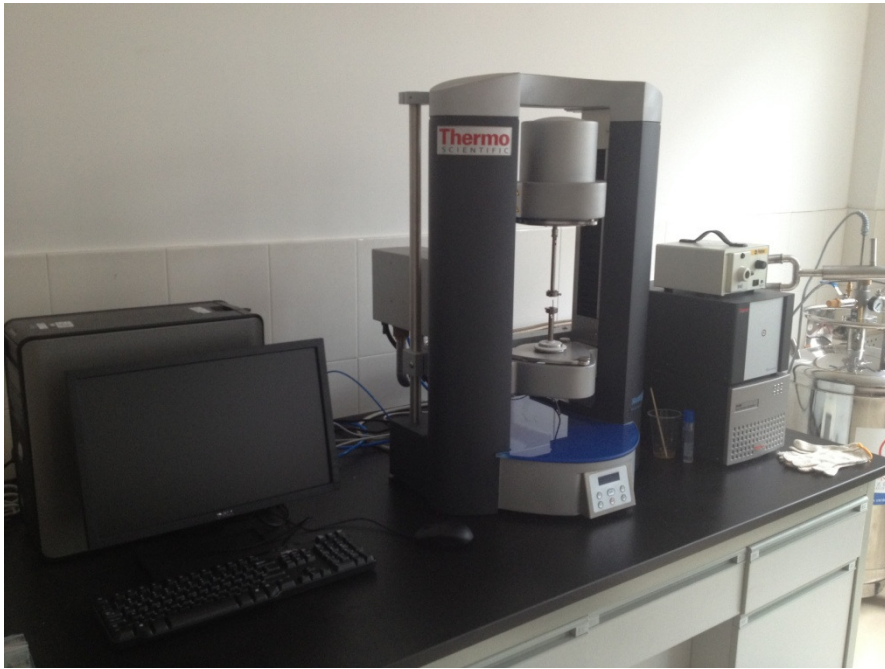
性能表征设备



DMA



DSC



哈克流变仪



日本产空气耦合超声设备---无损检测



热变形温度仪



摆锤示波冲击试验机



光学显微镜



水平-垂直燃烧试验机



混响室（测定材料声学性能）



岛津电子万能试验机

MTS拉扭复合疲劳试验机



振动台



Instron 示波冲击试验机
(最大冲击能量1800J, 最大冲击速度24m/s)



热膨胀仪



恒湿恒温箱



人工气候试验机



紫外老化箱



烘箱

抛光机



试件切割机



冷融循环试验机



真空烘箱

重视对外交流，努力培养学生的国际视野

现在复合材料结构专业方向的学生在读期间有机会到**法国、西班牙、澳大利亚、我国台湾地区**进行交流学习。

最近每年都有一些优秀学生被选中参加为期半年或一年的到国外的学习。正在洽谈中的中法卓越工程师联合培养项目一旦启动，学生将有机会同时获得国际认可度甚高的法国注册工程师证书和国内授予的硕士学位的机会。

另外我们还**成功申请了一个海外名师项目**。



许大卫 (David Hui)，现为同济大学讲座教授，教育部2011-2015年度海外名师项目获得者，美国新奥尔良大学终身教授，国际著名复合材料杂志**COMPOSITES PART B: ENGINEERING**主编，复合材料界重要的国际学术会议**ICCE** (INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPOSITES or NANO ENGINEERING) 的会议主席。

2011年底学校批复了其在同济大学招收博士研究生资格的申请。

许教授的加入，也使学生有机会在国内直接聆听名师的授课！

五、同济大学复合材料与结构研究所简介

沿革

- ◆源起于1960年成立的同济大学新材料结构研究所，是我国最早从事玻璃钢/复合材料研究的单位之一
- ◆文革结束后恢复研究所建制，隶属于工程力学系，并设立复合材料性能与工艺实验室
- ◆2004年同济大学成立航空航天与力学学院后复合材料与结构研究所迎来了新的机遇

目前主要研究方向

- 1、 航空航天复合材料与结构
- 2、 复合材料在车辆工程中的应用研究
- 3、 复合材料在风能工程中的应用研究
- 4、 复合材料在土木工程中的应用研究
- 5、 纳米纤维及其功能结构一体化复合材料
- 6、 其它

科研项目情况

- 项目包括973项目、863项目、国家支撑计划项目、自然科学基金项目、上海市科委重点项目、交通部项目、浦江人才计划项目、新世纪优秀人才计划项目、波音合作项目、企业合作项目、咨询项目等

教学工作情况

本科生教学：

复合材料结构（设计与制造）专业方向
在读 103人

研究生教学：

涉及航空航天材料与结构、工程力学、固体力学、航空宇航一级学科等专业方向
在读（硕士、博士及博士后）39人

六、结语

创新复合材料应用是篇大文章，我们要把它做好！
要实现真正意义上的创新应用，不仅仅是从0到1，而是要做到能市场化，需要企业家及其团队真得有能力和韧性，需持续地努力！

设计能力在创新应用中处于龙头地位，高校、企业要协同努力，打造适合时代要求的自主设计能力！

同济大学致力于复合材料结构设计卓越工程师的培养，欢迎企业的参与！相信企业完全可以有所作为！

有意愿提供毕设题目、设立工程实践教育中心、走进课堂授课、委托联合设计、对人才培养有好的建议等的企业家、专家可以到我这里填一下意向登记表。

我们有梦，我们要果敢地去追梦。让我们行动起来，共赴复合材料应用美好的明天！

谢谢！

联系电话:13601768087

E-mail:gqyuan@tongji.edu.cn