

**History**

- ICCM-1 held in 1975
- ICCM-17 in Edinburgh was a record, with 1232 delegates
- This one is even bigger!
- Congratulations to the ICCM-18 team led by Prof. Woo Il Lee
- Proceedings of ICCM-11, 12, 16, 17 are on web at <http://www.iccm-central.org>

ICCM

# 复合材料及相关产业的发展现状与展望

## ——第18届国际复合材料大会

### Development and Respective of Composites Industries

中航复合材料有限责任公司 谢富原 焦 健

第十八届国际复合材料大会(18th ICCM)于2011年8月21~26日在韩国济州岛的国际会议中心(ICC)举行。本次大会由国际复合材料学会主办,韩国复合材料学会承办,共吸引了来自47个国家、1600多名从事复合材料相关行业的科研工作者、研究生参加,刷新了历届参会人数的记录。

第十八届国际复合材料大会(18th ICCM)于2011年8月21~26日在韩国济州岛(Jeju, Korea)的国际会议中心(ICC)举行。本次大会由国际复合材料学会(International Committee on Composite Materials)主办,韩国复合材料学会(The Korean Society for Composite Materials)承办,共吸引了来自47个国家、1600多名从事复合材料相关行业的科研工作者、研究生参加,刷新了历届参会人数的记录。中国复合材料

学会(Chinese Society for Composite Materials)理事长、本届大会的副主席杜善义院士率领100多名来自中国各大高校、研究所专家学者及企业界代表参加了本次大会,这充分说明我国在复合材料领域已经逐步迎头赶上并已成为国际复合材料行业非常重要的一部分。

复合材料及其相关产业是世界经济产业链中重要的一环。根据JEC首席执行官F. Mutel女士提供的数据,全世界复合材料相关行业市

场已经达到850亿美元。市场分析数据预测,2007~2009年经济危机以后,世界经济将以5%~6%的速度逐步恢复,复合材料产业作为新兴产业已成为许多国家的发展重点,将对世界经济进一步复苏产生重要的影响。因此,本次国际复合材料大会不仅吸引了大量大学及研究所研究人员参加,也吸引了许多工业界人士。

在为期5天的会议中,安排了1个大会Scala报告(以著名复合材料专家Scala命名的报告)、18个主题

报告、900多个口头报告、300多个墙报。报告内容涵盖传统的树脂基复合材料、金属基复合材料、陶瓷基复合材料以及碳/碳材料等,同时还包括一些新型复合材料,如纳米复合材料、生物复合材料等,其应用方向为航空航天、汽车、建筑以及风能等领域。本次大会为全世界从事不同研究方向的复合材料工作者提供了一个相互交流与探讨的平台。很多高水平的报告不仅介绍了现在复合材料的新技术、新发展,还对复合材料行业发展进行了预测。

### 新趋势——结构材料的功能化

复合材料一直被认为是结构材料,但研究人员对其功能的开发越来越重视。参会的报告很多都与复合材料的功能有关。赋予复合材料更多的功能已经成为国际上复合材料基础研究的一个新热点。来自美国加州大学洛杉矶分校的 Thomas Hahn 教授做了题目为“复合材料:从结构材料到多功能材料(Composite Materials: From Structural to Multifunctional)”的大会 Scala 报告。Hahn 教授介绍,过去 30 年中,复合材料主要经历了材料研制—低成本化—实际应用的研究过程。随着复合材料在航空、风能、汽车等领域的广泛应用,人们已经不再满足复

合材料仅作为结构材料,逐渐开发其多种功能。

Hahn 教授本次主要宣讲了通过添加纳米颗粒或开发具有新功能树脂等方法实现复合材料的功能化。改进后的复合材料在电、热、磁、化学、生物、光学等方面具有特殊的性能,将来可以应用于复合材料结构健康检测、自愈合、能量储存以及电磁等领域。

例如, Hahn 教授小组利用纳米颗粒表面存在的铝羟基,在氧化铝纳米颗粒表面用双功能偶联剂进行修

度与纳米颗粒含量有关。

### 新思路——新的铺层设计方案

非均衡、非对称铺层的实现可以大大减少铺层设计的难度、降低结构重量,从而减少成本,但是非均衡、非对称铺层很少被采用。这是因为在固化过程中,非均衡、非对称的铺层存在较大的内应力而容易产生变形。来自斯坦福大学的 Stephen Tsai 教授主要介绍了一种非均衡、非对称铺层方法,可以达到降低结构重量和节省成本的目的。



Thomas Hahn教授获得大会Scala奖

饰,偶联剂可以进一步与乙烯基树脂单体聚合,采用此方法改性后的树脂强度和模量均有提升,而且提升幅

一般铺层设计中,常用铺层有  $0, \pm 45^\circ, 90^\circ$  这 4 个不同角度。Tsai 教授则建议使用 [0/25] 双铺层结构代替以上常用铺层,而每一个双铺层的厚度仅为常用铺层厚度的 1/2。通过弯曲—扭转耦合矩阵的计算, [0/25] 双铺层结构可以有效减少内应力,从而实现非均衡、非对称铺层设计。Tsai 教授同时开发了非皱纹织物(Non Crimp Fabric),可以实现 [0/25] 双铺层结构。与 Tsai 教授合作的 Chomarar 公司在会场开设了展台,进行产品展示。

### 新革命——纳米技术

碳纤维是复合材料产业中最重要的原材料之一。日本的 Toray 集



Tsai教授在Chomarar公司展台与参会者研讨

团是世界上最重要的碳纤维生产厂商。Toray 集团的 Y. Suga 介绍了现阶段东丽公司关于碳纤维增强聚合物 (CFRP) 5 个研究重点:

(1) 在纤维研究方面, Toray 公司仍旧致力于研究性能更优的碳纤维, 即高强度、高模量的碳纤维, 要实现这一目标可能需要纳米技术。研究表明碳纤维的强度与其表面缺陷的尺寸有关, 如果能将碳纤维表面缺陷控制在纳米范围内, 可以大幅提升碳纤维的强度, 而纤维的模量则与纤维内部石墨纳米晶体的尺寸和方向有关, 如果能在控制石墨纳米晶体的尺寸与方向, 可以很好地改善碳纤维的模量。此外, 纳米纤维也是 Toray 公司研发的重点, 如他们已经开发出了 20~150nm 的尼龙、涤纶和聚苯硫醚的纤维。采用这种纤维制成的织物由于其表面积大, 在吸水、保湿等方面有广泛的用途。

(2) 在 CFRP 制备工艺方面, 考虑到大规模产业化的要求, 东丽主要关注的成型工艺主要是 FW (纤维缠绕)、RTM 以及预浸料的模具加压成型等工艺。

(3) 除了技术上亟待取得突破以外, 作为全球知名企业, 他们对全生命周期管理 (LCM) 也格外重视, 东丽主要从全生命周期分析 (LCA)



会议期间企业展台

和全生命周期成本 (LCC) 两方面考虑, 研究 CFRP 在 CO<sub>2</sub> 减排以及成本两方面对社会的贡献。

(4) 在航空领域, 东丽认为连接技术, 特别厚壁结构处连接方法的设计是目前的一个难点。

(5) 在汽车行业, 保时捷 CARRERA GT、丰田 LF-A 等车型已采用 CFRP 整体外壳设计, 但东丽认为成本问题以及碰撞试验的结构模拟是限制 CFRP 在此领域应用的主

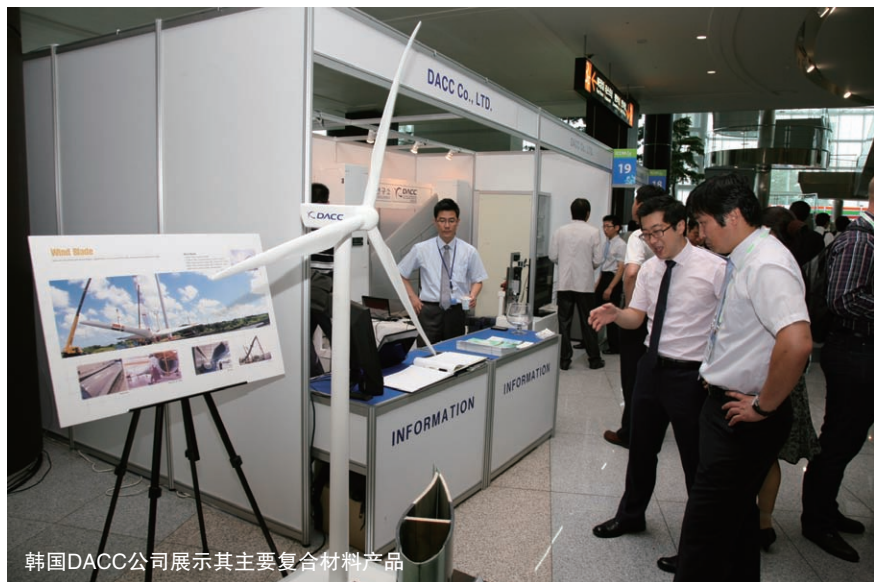
要障碍。此外, 碳纤维增强热塑性材料由于其制造工艺较短引起了人们的注意, 但在这方面的设计经验现在很缺乏。

### 新理念——将复合材料作为系统融入飞行器设计

复合材料在航空领域的应用从 20 世纪 70 年代开始。在过去的几十年中, 复合材料部件的结构越来越复杂, 制造工艺也从最早期的手工铺层发展到近几年的热压垂帘成型 (Hot Drape Forming)、自动纤维铺放 (Automatic fiber Placement)、非热压罐 (Out-of Autoclave) 等新工艺。

波音 787 已经成为复合材料在飞行器中应用的一个典范。波音公司 G.K. Young 主要总结了波音在复合材料设计方面的一些经验、面临的主要问题以及对未来飞行器设计的设想。

波音认为, 在复合材料构件设计中, 第一代的复合材料往往被作为准各向同性材料来处理, 业内人士称之为“黑色的铝”, 因此, 第一代的复合材料设计主要采用经验以及少量的需求牵引。但第二、三代的复合材料



韩国DACC公司展示其主要复合材料产品

设计,复合材料则应被视为一个系统来处理。这就要求人们在各种尺度范围内详细研究树脂、纤维、树脂与纤维界面、最终飞行器与环境的相互作用等。同时,计算机处理速度提升、软件的发展可以帮助人们更好地理解新一代复合材料的性能以及使用极限。随着实验室研究手段不断丰富,人们可以摒弃传统的根据经验来进行复合材料设计的理念,将新型复合材料的研发变成复合材料设计过程中的重要环节。

### 新机遇——节能减排的新型汽车需要复合材料

世界各国对 CO<sub>2</sub> 排放标准的要求日趋严格。欧洲要求截至 2012 年,汽车的排放量要从 130g/km 减少到 90g/km,美国、日本、韩国等国家要求截止到 2020 年,减少 40% 的 CO<sub>2</sub> 排放。实现这一目标需要对汽车动力系统改进,同时需要减轻结构重量。现代-起亚 (Hyundai-Kia) 公司的目标是到 2015 年,将汽车重量减少 10%。据现代-起亚公司的 J.D. Kim 先生介绍,他们准备使用复合材料代替部分金属部件,如玻璃纤维的复合材料可以应用于汽车前端零件、汽油盖、进气歧管等,含有滑石或黏土的复合材料可以用于改善结构的稳定性,碳纤维增强的复合材料可以使用在结构组件、传动杆等部位。

碳纤维复合材料要实现在汽车产业中批生产仍需解决 2 个难题:

(1) 降低成本。碳纤维的高价格是阻碍复合材料在汽车工业应用的最大障碍,缩短生产周期可以降低制造工艺成本。

(2) 提高复合材料的可靠性和耐久性。与航空用复合材料不同,汽车用复合材料不可能经常检修,因此对材料的可靠性和耐久性要求很高。

除此以外,现代-起亚还尝试使用金属基复合材料,但是由于成本高及工艺复杂尚未形成批生产能力。

### 新挑战——复合材料在 80m 长风扇叶片中的应用

复合材料风机叶片是本次大会的一个热点话题,很多复合材料的研究单位和企业都设置了展台,展示他们在复合材料风机叶片已取得的进展。作为世界风能行业的领跑者,Vestas 公司在复合材料风机叶片的设计与制造方面有着非常丰富的经验。现阶段,风扇叶片的尺寸基本达到 40~60m。



笔者与参会厂商交流

Vestas 公司的 P.A. Hibbard 先生认为在风机叶片发展方面仍存在以下难题:

(1) 大尺寸风机叶片的制造。由于市场需求不断增加,风机叶片尺寸也不断增加,2011 年 Vestas 公司研制的 V164 风机叶片达到 80m。

(2) 疲劳机理研究。风机叶片对材料疲劳性能要求很高,但风机叶片在工作环境下所承受载荷复杂,需要研究复合材料层压板与连接处的疲劳机理,对叶片设计进行优化。

(3) 材料的基础研究,即开发具有较高的比强度、性价比的材料。解决材料的内部减震、回收等问题。

### 结束语

本届大会涉及的内容十分广泛,

不仅邀请国际著名大学、研究所的学者做了学术报告,还邀请了很多著名企业界的研究人员参会,如波音、Toray、Hyundai-Kia、Vestas 等国际最有影响力的复合材料企业。这为企业与研究单位的互动提供了一个很好的平台。

大会讨论的议题几乎涵盖所有复合材料专业,包括纳米复合材料、多功能复合材料、绿色复合材料、复合材料的应用、高性能复合材料、复合材料的连接磨损行为、聚合物复合

材料的记忆变形功能、纳米复合材料与聚合物纳米复合材料、结构设计、制造工艺技术、破损和断裂等。研究对象从纳米颗粒到几十米的大尺寸构件。值得注意的是当今复合材料的研究重点已由单一结构材料向功能化材料转移,这对多学科间的交叉要求越来越高。

此外,很多中外企业在大会会址设置了展台,其中韩国企业所占比重最大,如 Hannkuk Carbon、DACC、Hanwha L & C、Hyosung 和 Kukdo 等。他们分别展示了其公司最新的碳纤维、树脂、玻璃纤维复合材料、碳纤维复合材料、陶瓷基复合材料、碳/碳材料及相关产品,使人们对韩国复合材料行业有了初步的了解。

(责编 良辰)