

JEC COMPOSITES 中国

面向中国的先进复合材料工程技术

8

船舶与海洋工程 Marine, Offshore

复材制造
Composites Manufacturing

树脂/Additive Molding技术
Resin/Additive Molding

革新方案
Innovation Solutions

医疗/基础设施
Medical/Infrastructure

ISSN 2707-3459

www.JECcomposites.com

2021.10

风驰电掣 主力前行

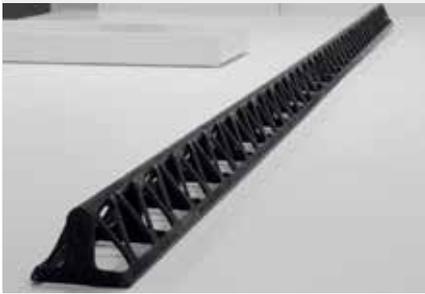
水性脱模剂 更安全 更环保

作为您可靠的合作伙伴，我们坚持以创新为己任，助力解决风电领域面临的生产挑战。肯天Chemlease®品牌提供丰富的产品系列，包括各种类型的封孔剂，脱模剂，底涂和清洗剂，协助客户有效改善生产力，提高生产效率，助力产品拥有理想的表面质量以及高结构完整性。并且能通过消除频繁的停产来有效减少能源浪费，降低VOC排放，同时专用的配套喷雾拖把大幅减少了脱模剂的使用和产品浪费。

请扫描二维码关注肯天微信或访问肯天官方网站，联系我们获取更多信息！



复材制造 Composites Manufacturing



2 树脂

高应力复合材料弹簧、高压容器和低温火箭用环氧硅树脂
Epoxy Silica Resin for Highly-Stressed Composite Springs, High-Pressure Vessels and Cryogenic Rockets

6 Additive Molding™ 制造技术

大规模连续热塑性复合材料的批量生产
From Large-Scale Continuous Thermoplastic Composites to Mass Production

专栏：船舶与海洋工程 Marine, Offshore



8 增材制造

由连续玻纤热固性材料制成的3D打印船
3D-printed Boat Made with A Continuous-fiberglass Thermoset Material

10 粘合

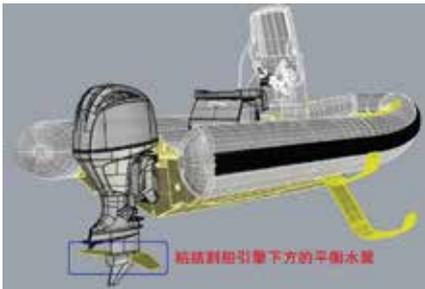
可拆卸的粘合复合材料水翼设计
Design-For-Disassembly of Bonded Composite Foils

12 趋势

运动和复合材料：水上运动的魅力
Sports and Composites: the Magic of Water Sports

16 可持续性

RAMSSES：轻量化船舶，营造更洁净的环境
RAMSSES: Lightweighting Ships for A Cleaner Environment



19 纤维

Beneteau公司优化注塑过程
Beneteau Optimizes the Infusion Process

解决方案 Innovation Solutions



20 医疗

当复合材料遇到医生
Composites Visit the Doctor

22 基础设施

从长远来看，碳纤维混凝土能否取代钢材？
Can Carbon-Reinforced Concrete Replace Steel in the Long Run?

JEC COMPOSITES中国

Industrial Communications Group Ltd.

魏斯礼 Bruno Wase-Bailey
董事总经理 Managing Director
www.ChinaEngineeringMedia.com
www.JECcomposites.com/china

艾康商务咨询（上海）有限公司
上海市静安区武定路555号8楼837室
电话 Tel: 21 3251-7225

订阅期刊 Subscription: subs@icgl.com.hk

承印：上海钦钦印刷科技有限公司 Printed by Shanghai QinQin Printing Co. Ltd.

广告业务 Advertising:

中国大陆 China: 21 3251-7225, sales@icgl.com.hk
国际: Raheel Mohammad, +33 1 89 20 40 65, mohammad@jeccomposites.com
Franck Glowacz, Editor-in-Chief/Media Director, glowacz@jeccomposites.com
Nelly Baron: Marketing/Communication Director, baron@jeccomposites.com

2020年版权所有 © Copyright 2020 JEC Composites Magazine. All rights reserved.
JEC集团授权Industrial Communications Group Ltd. 独家出版《JEC Composites中国》。经授权的所有材料都隶属于JEC Composites Magazine. 未经书面许可，不得进行任何形式的复制和转载。

国际发行刊号：ISSN 2707-3459

高应力复合材料弹簧、高压容器和低温火箭用环氧硅树脂

Epoxy Silica Resin for Highly-Stressed Composite Springs, High-Pressure Vessels and Cryogenic Rockets

Sardou SAS 自 1983 年开始致力于高应力结构扭转梁的研究，1993 年发明了复合材料 C 型弹簧，2002 年发明了复合材料螺旋弹簧。在开发复合材料螺旋弹簧的过程中，由于 DGEBA 环氧树脂的性能较差，该公司不得不面对非常低的疲劳寿命。弹簧过早损坏，同时下垂严重。因此，在 2005 年，Sardou SAS 和 QIP SAS 开始开发 EPOSIL[®]，一种独特的环氧树脂，其具有 3 微米长、18 纳米宽的矿物结构，并含有 100000 个环氧官能度。

Dr Max Sardou, CEO, Sardou SAS; Patricia Djomseu, CEO, Quality Industrial Product SAS

EPOSIL[®] (EPOxy SiLice) * 已被成功开发用于复合材料螺旋弹簧，将其预期疲劳寿命从 50,000 次提高到 2,000,000 次。该公司开始对基于这种新材料的样品和复合材料 C 型弹簧进行试验。

本文介绍了迄今为止所做的实验和所收集到的主要试验结果。

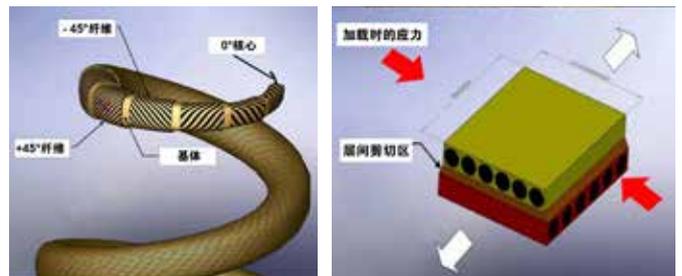


图 1: 在加载应力下复合螺旋弹簧的弹簧层的近景

开发环氧硅树脂的原因

图 1 显示了一个由 $\pm 45^\circ$ 复合纤维层制备的弹簧。特写图显示，在两层 UD 之间的纯基体界面区域施加了三维剪切应力。

在开发复合材料螺旋弹簧的过程中，在两层 UD 纤维之间的界面检测到基体的快速降解。在载荷作用下，微裂纹的发展是导致材料劣化的主要原因。随着循环的继续，微裂纹扩展并合并。因此，经过一定次数的循环后，基体结构被破坏转变为粉末。图 2 显示了前三次弹簧压缩期间产生的声发射的超声波 (US) 记录 (x 轴 = 能量, y 轴 = 计数)。US 记录显示，许多裂纹出现在加载过程中，以及裂纹扩展。蠕变试验期间也出

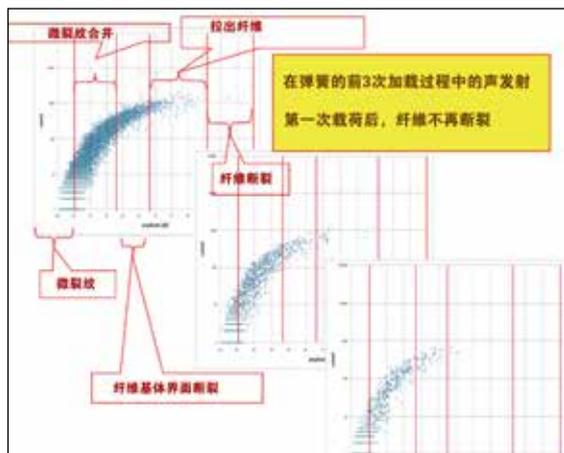


图 2: 复合材料螺旋弹簧的 US 监测
图 3: 复合材料螺旋弹簧的 US 蠕变

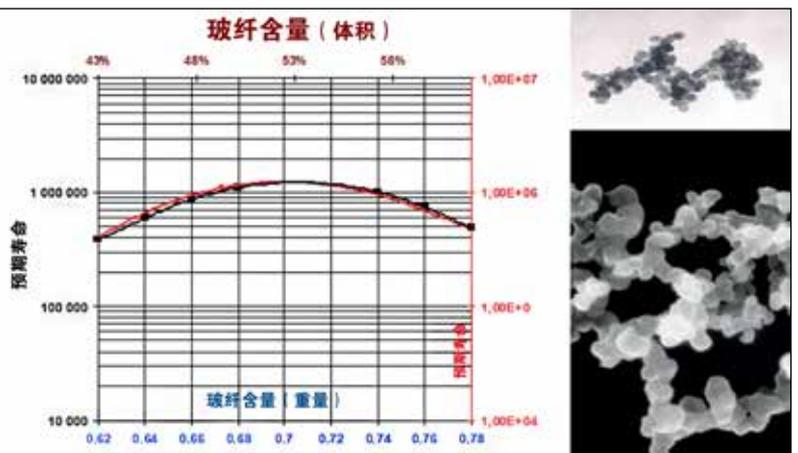


图 4: 复合材料疲劳电位与 UD 载荷的关系

图 5/6: 硅材料聚集 / 硅网络



MagPro

By Brucite⁺

www.bruciteplus.cn

info@brucite.plus

+7 (495) 789-65-30

用作SMC/BMC工艺生产复合材料制品的 高效增稠剂

MagPro[®]高活性氧化镁，是间接煅烧粉碎的天然氢氧化镁而获得的粉末状产品。MagPro[®]150和MagPro[®]170用作SMC / BMC工艺生产玻璃纤维填充用复合材料的增稠剂。

用于增加复合材料粘度的氧化镁，应具有高比表面积（130m²/g以上）和稳定的粒度分布。选择正确的增稠剂，是获得无成型缺陷、无裂纹、无凹陷的优质零件的最重要条件。

MagPro[®] 的优势

- 不含关键杂质-硫酸盐和氯化物
- 粒径精确且均匀
- 生产、运输及储存过程安全
- 质量稳定
- 采用绿色环保的原材料制成



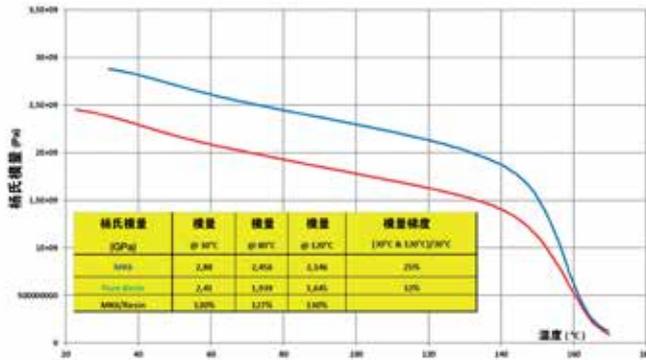


图 7: DGEBA (红色) 与 DGEBA+EPOSIL (蓝色) 在不同温度下的杨氏模量

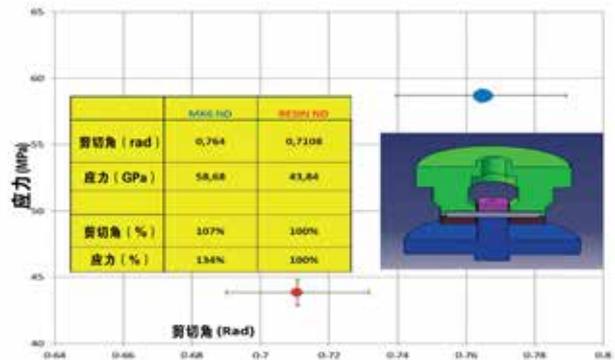


图 8: DGEBA (红色) 和 DGEBA+EPOSIL® 的剪切性能 (蓝色)

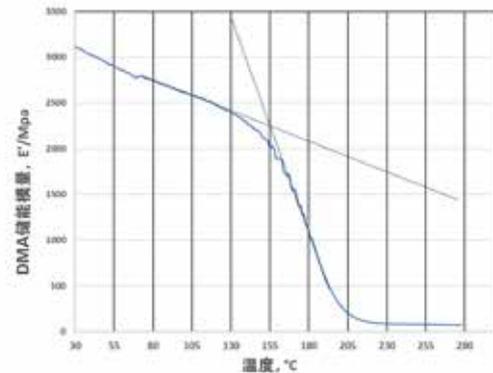


图 9: V12 环氧预浸料体系的杨氏性能

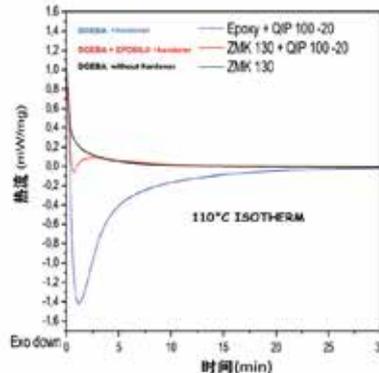


图 10: DGEBA 与 EPOSIL® 的焓

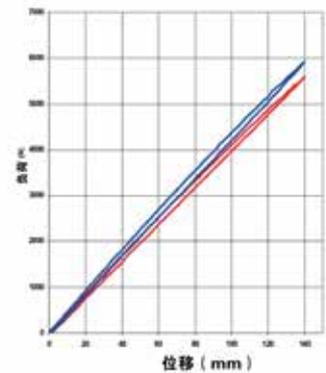


图 11: 添加剂对 DGEBA 螺旋弹簧的影响

现了同样的现象 (图 3)。试验开始时, 基体中出现许多裂纹, 然后裂纹扩展, 产生渐进式弹簧蠕变 (x 轴 = 时间 (小时), y 轴 = 弹簧产生的载荷 (顶部为百分比, 下方为 US 能量))。

添加小的添加剂颗粒是目前增强基体的最新技术。图 4 显示, 复合弹簧的预期寿命与玻璃纤维总含量 (环氧树脂) 相比, 在纤维 + 添加剂含量为 50% (按体积计) 时达到最佳值。如图 4 所示, 为了提高结构的机械性能, 所有可用的加载材料必须采用 UD 工作纤维的形式。这意味着, 为了加强矩阵, 必须找到一个不是“经典”加载解决方案的解决方案。对于这一发展, 使用了直径为 18 纳米的纳米球共价键形成的 3 微米长 (平均值) 二氧化硅聚集体 (见图 5)。在骨料表面使用了专利功能化工艺, 最终得到约 100000 个环氧树脂功能。这导致了 EPOSIL®, 一种矿物骨架, 表面带有大量的环氧树脂功能, 就像仙人掌上的刺。环氧-二氧化硅树脂具有环氧树脂的性质和性能, 并不是异类。在聚合过程中, 胺连接在树脂表面, 形成具有高网状密度的基体。图 6 显示了二氧化硅聚集体如何形成三维微网络。这样的安排“包裹”有机环氧树脂, 减少 22% 的热膨胀。

DGEBA 基复合矩阵的表征

图 7 显示, 通过 DMA 测量, 新树脂与 DGEBA 系统相比, 杨氏模量提高了 27%。

图 8 显示, 与 DGEBA 体系相比, 环氧硅树脂体系的剪切应力提高了 34%, 剪切角提高了 7% (脆性降低)。图中为剪切试验, 试验样品为灰色。在测试过程中, 绿色卡钳向下移向蓝

色卡钳。

表 1 显示了基于 DGEBA、EPOSIL®+DGEBA 和 V12 系统的 K1c 和 G1c 值。

K1c 值 (材料韧性) 表征了材料抵抗裂纹突然扩展的能力。G1c 是产生开裂单元表面所需的能量。这是一种临界能量。表 1 显示, 环氧硅树脂 K1c 和 G1c 值都提高了。

如图 6 所示的三维微网络, 材料的杨氏模量、剪切模量以及 K1c、G1c 均有所提高。这种三维微网络延迟了裂纹的出现, 阻止了裂纹的扩展。这正是提高复合弹簧、高压容器和低温火箭的预期寿命所需要的

V12 预浸料体系的杨氏性能

图 9 显示了作为标准树脂使用的 Hexion GmbH V12 预浸热熔环氧体系的杨氏性能。可以看到显著的 Tg 在 151°C 时开始。这种树脂是重载弹簧所必需的。如上所述, 可以采用 EPOSIL® 添加剂进一步增强该树脂。

此外, 由于 V12 分子量较大, 其杨氏模量比纯 DGEBA 高 33%, 比 DGEBA+EPOSIL® 高 9%。实验室试验表明, 用 V12 制成的 C 型弹簧以及使用此样制成的弹簧具有良好的抗水解性能。图 10 显示了 EPOSIL® 系统 (红色) 反应更快, 产生的焓比 DGEBA (蓝色) 低。该系统的性能就像有机环氧树脂, 是完全集成在基体网络中。

水老化试验 (表 2) 表明, EPOSIL® 将干态 Tg 起始温度提高了 4°C, 在湿态试验后, 与标准相比提高了 21°C。这是由于

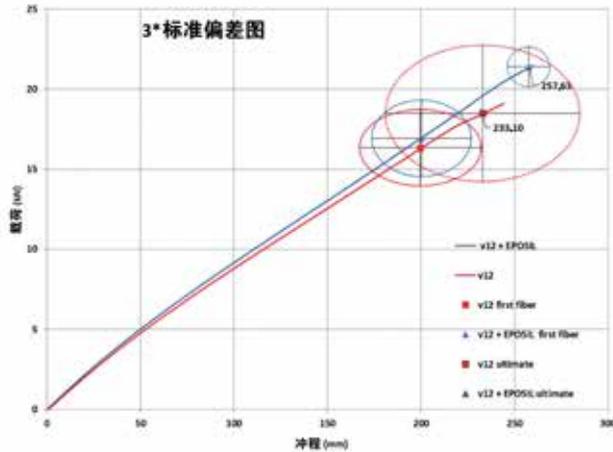


图 12: 添加剂对预浸 C 型弹簧的影响 (平均值)

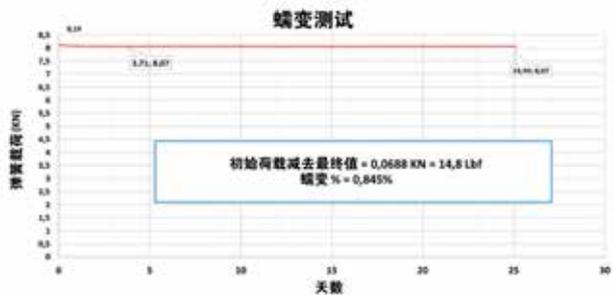


图 13: 不同天数下的 C 型弹簧负载与 V12 弹簧蠕变试验

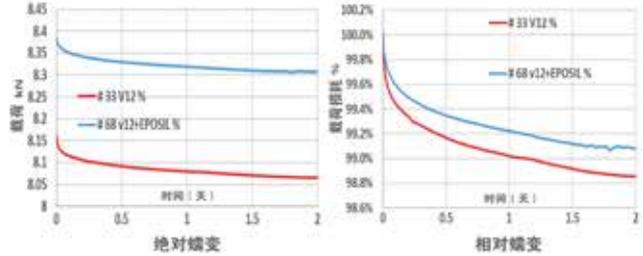


图 14: C 型弹簧蠕变图

表 1: K1C 和 G1c 韧性断裂值

	DGEBA	DGEBA+EPOSIL	V12
K1C	100%	120%	133%
G1C	100%	116%	85%

表 2: 水老化试验

DMA Onset TG	干态	湿态
Pure DGEBA	154°C	135°C
DGEBA+EPOSIL	158°C	156°C
提高	4°C	21°C

定义和缩写
UD / 单向
US/ 超声波
K1c / 材料韧性
G1c / 临界压裂能量
预浸 / 预浸渍纱线
DGEBA / 双酚 A 二缩水甘油醚

EPOSIL® 产生的高网状密度所致。聚合后，没有更多的空间让水进入。

EPOSIL® 保护系统免受环境压力。

复合材料螺旋弹簧疲劳寿命试验

当 Sardou 开始为 AUDI 开发项目时，复合材料螺旋弹簧的预期寿命是 50 万次。用红色的纯 DGEBA 树脂进行了 50000 次循环 (见图 11)。然后弹簧断裂，产生了大量粉末。这种现象是由于微裂纹的产生和这些微裂纹的聚结，使基体变成粉末 (参见图 2 中的机理)。然后，在基体中加入第一代环氧官能化二氧化硅添加剂 (FG) (蓝色)。在弹簧的高冲程上，热变形降低了 1.5%。刚度提高 6%，疲劳寿命达到 200 万次。

复合材料 C 形弹簧极限载荷试验研究

图 12 报告了两组 C 型弹簧系列 (每个系列包括六个弹簧) 的平均值特性，第一个使用纯树脂，另一个使用 EPOSIL® 添加剂。采用 V12 热熔预浸料系统 (红色) 和 V12+EPOSIL 生产复合 C 型弹簧® (蓝色)。两种基体结构的第一次纤维断裂发生在同一冲程。这是正常的，因为玻璃纤维的最终延伸率是在这一点上达到的，所以两种基体系统自然具有相同的行为。EPOSIL® 弹簧的刚度增加了 3.7%，极限冲程平均值增加了 11%。这两个改进归功于 EPOSIL® 系统的杨氏和剪切性能的改善。

含 EPOSIL® 的预浸料基体显示出更多的层间“串扰”，增加了刚度，并且更硬，从而产生更高的极限载荷。

EPOSIL® 的增厚效应在极限载荷周围绘制的三个 sigma 椭圆上尤为明显。

复合材料 C 形弹簧的蠕变试验

图 13 显示了弹簧荷载与蠕变试验天数的关系。使用标准树脂，在 3.7 天内达到稳定，90 mm 冲程的总蠕变仅为 0.845%。

图 14 是 C 型弹簧蠕变的特写，包括：

- 左：C 型弹簧的绝对性能：红色的 V12 和蓝色的 V12+EPOSIL®。

- 右：C 型弹簧的相对特性。

这表明 EPOSIL® 提高了顶部荷载 (左)，降低了松弛坡度 (右)。

结论

在所研究的两种树脂体系中，EPOSIL® 添加剂均增加了杨氏模量、剪切模量、K1C 和 G1c 值，并提供了超长耐久性、故障保护设计和防锈功能。

这种添加剂是复合螺旋弹簧、复合 C 型弹簧、高压储罐、低温火箭和高应力结构的必备材料。

www.sardou.net

* Sardou SAS 于 2009 年 11 月 19 日申请了 EPOSIL® 树脂专利，并注册了其商标。这种树脂不应该与 Hexion 的 EPOSIL™ 树脂 5550 相混淆，它是一种用于保护面漆的硅烷改性杂化环氧树脂。

大规模连续热塑性复合材料的批量生产

From Large-Scale Continuous Thermoplastic Composites to Mass Production

碳纤维是目前性能最好的材料之一，但除非你骑高性能自行车、乘飞机或开兰博基尼，否则你在日常生活中很少看到它。高成本的制造过程，如手工铺层和专门的自动化系统，使得碳纤维只适合小众应用。

Sana Elyas, R&D Program Manager; Riley Reese, CTO & Co-Founder, Arris Composites

碳纤维是目前性能最好的材料之一，但除非你骑高性能自行车、乘飞机或开兰博基尼，否则你在日常生活中很少看到它。高成本的制造过程，如手工铺层和专门的自动化系统，使得碳纤维只适合小众应用。

现在，由 Arris 复合材料公司开发的一种称为 Arris Additional Molding™ 的新工艺，改变了优化碳纤维使用的潜在经济效益。这种批量生产技术以模塑料的成本和速度制造出连续排列热塑性复合材料。

采用碳纤维做桁架

Arris 复合材料公司最近展示了其专利制造技术的大规模生产能力，生产了一种 8 英尺的连续纤维桁架结构，该结构获得了享有盛誉的 2020 年红点设计概念奖，以表彰其质量和创新 (图 1)。

桁架被广泛的应用，其中之一是需要通过广义上称为梁的方式有效地支撑一定距离跨度上的荷载。在工型梁和 H 型梁等高效梁中，桁架的性能最高，因为它是一种几何优化结构。桁架可以使用相同数量的材料承载更大的荷载，也可以使用更少的材料和重量承载相同的荷载。这对于任何载重结构来说都是理想的，比如风力涡轮机、飞机、火车、公共汽车、汽车，甚

至摩托车。桁架虽然在建筑中随处可见，但由于现有制造工艺相关的高组装和报废成本，其在这些应用中的使用仍然有限。

桁架和蜂窝板可归类为高效结构。这些结构相同的一个价值特征，即当材料远离结构中心或弯曲轴时，刚度呈指数增长，而重量和使用的材料只以 1% 的比例增长。这种特征是由于材料分布与梁理论中描述的主要应力矢量相匹配而产生的。

Arris 复合材料公司利用连续纤维增强热塑性复合材料 (CFRTP) 开发了其屡获殊荣的点阵式桁架结构。桁架与连续复合材料结合，与三维应力向量对齐，形成超轻结构，具有高强度重量比优势。虽然这种结构可以完全由碳纤维制造，以获得最高的强度重量比，但它也可以部分或全部由其他纤维 (如玻璃) 组成，以满足性能和成本要求 (图 2)。

采用有限元分析 (FEA) 对复合材料桁架结构进行了拓扑优化设计。该设计方法使尽可能远离中性轴的材料量最大化，以增加面积的二阶矩。管是实现这一目标的理想几何形状，但随着直径的增加，壁厚必须减少以保持质量。而在桁架结构中，大部分质量和体积都集中在三个纵梁上，从而获得比刚度更高的结构，具有更好的损伤容限和抗屈曲能力。

Arris 复合桁架的比刚度为 0.0137 N/mm/g，而钢制 1020 AISI 桁架的比刚度为 0.0051 N/mm/g。Arris 组合桁架的重量为 0.76 kg，而钢制 1020 AISI 桁架的重量为 4.4 kg。与传统复合材料相比，能够以更低的成本提供上述性能，为高性能复合材料结构在机动性、工业、风力、基础设施和建筑、石油和天然气、航空航天和国防应用领域的广泛采用打开了大门。

Arris 增材成型

增材成型从干燥的碳纤维或玻璃纤维开始，通过浸渍工艺将其预包成预浸料和 / 或丝束。自动增材成型系统对预浸料进行成型、切割和组装，使其精确定位在模具型腔内。然后，成型系统使用快速加热和冷却循环将材料固化，最终完成的零件被弹出。

增材成型的五个关键要素，来自增材制造、航空航天定向纤维复合工艺和高体积成型，实现了 Arris 桁架结构工艺和特性的独特能力：



图 1：使用 Additive Molding™ 工艺制造的 8 英尺碳纤维桁架。



图 2：8 英尺碳纤维桁架的荷载 - 位移特性。

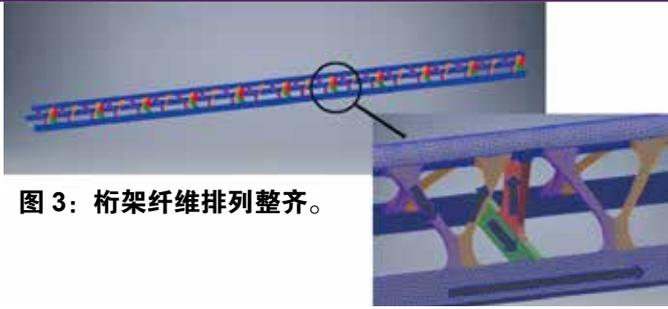


图 3：桁架纤维排列整齐。

- 应力矢量对齐纤维：沿着主要应力矢量排列复合纤维，以实现最佳性能和最小材料使用量；
- 几何理想结构：利用复合材料零件的正交各向异性特性进行拓扑优化结构设计；
- 功能区优化材料：采用多材料结合方法，满足零件各功能区的不同需求；
- 高效大规模生产制造：采用低成本、高速的模具制造工艺，生产废料和浪费最小；
- 可回收连续纤维增强热塑性复合材料 (CFRTP)。

Arris 软件

Arris 增材成型工艺的功能，如沿着应力矢量排列纤维和将多种材料合并成单一形式，需要新的工具和新的设计方法。目前的拓扑优化软件假定使用的是各向同性材料，因此最终的设计不会转化为连续排列纤维复合材料的各向异性特性（图 3）。

Arris 增材成型软件通过同时执行拓扑和纤维取向优化来模拟各向异性材料。Arris 的软件考虑了许多参数来优化产品要求，包括几何形状、刚度和强度、散热和电导率。一旦设计可被参数化，就可以基于关键性能标准进行优化设计变量。

通往新应用的大门

几十年来，航空航天领域广泛使用先进复合材料，但其数量远低于客户、汽车、工业和建筑行业等所需的数量。Arris 增材成型降低了在这种复杂程度下的制造先进对准纤维复合材料的工艺成本，从而为复合材料在新市场的应用打开了大门。

此外，Arris 工艺可结合多种材料（碳纤维、玻璃纤维、塑料、金属、电线、板材、插件等）的独特能力，意味着传统组装的组件可以整合成为高度集成的单一形状。这使得单个部件能够在正确的位置使用正确的材料，以最佳方式解决不同的功能需求。要求实例包括减振、散热、射频透明度、功率、天线、智能结构、NVH、EMI 屏蔽、结构健康监测和 A 级化妆品表面。

这些方法使客户能够以改进的功能重新设计产品，并减少制造步骤和成本。缩短装配线，减少零件数量和提高产品性能是批量生产任何产品的原始设备制造商的三个关键目标。在单独一个计划中实现这三个目标是非常罕见的。

Arris 复合材料公司目前正与客户合作，通过屡获殊荣的增材成型设计纬度，重新设计产品并发现新的竞争优势。这些产品将在 2021 年开始推向市场，消费类产品很可能会率先上市。Arris 复合材料公司还积极参与各种航空航天、汽车和工业应用，其产品更新周期和认证流程更长。虽然客户的行业和应用各不相同，但 Arris 复合材料的统一使命是使创新产品设计团队能够利用增材成型提高下一代大众市场产品的性能。

www.arriscomposites.com

KARL MAYER

WE CARE ABOUT YOUR FUTURE



生产多/双轴向纺织品的高性能机器

专业加工玻纤、碳纤和混合无屈曲织物 (NCF), 其久经考验的技术用于风力发电、汽车行业、体育设施和工业应用。

展纤生产线

用于将各种产业用纱线(单位面积重量为 70 - 400 g/m²) 通过线上和线下的生产方式加工成轻质干燥的单向(UD)纤维条带。

联系方式:

产业用设备产品经理

手机: +86 138 611 369 89

邮箱: bin.zhang@karlmayer.com

二维码名片: 专题网页:



www.karlmayer.com

由连续玻纤热固性材料制成的 3D 打印船

3D-printed Boat Made with A Continuous-fiberglass Thermoset Material

Moi Composites 最近推出了成品 MAMBO (电机增材制造船), 采用连续玻璃纤维热固性材料通过 3D 打印来造船这一梦想成真了。



由连续玻璃纤维热固性材料制成的 3D 打印船



在 Otranto 海的初步试验

该船配备了所有配件, 并涂上了一层光滑闪亮的漆, 颜色为鲷鱼岩蓝色金属色, 已经正式下水并在 2020 年 Genoa 船展上展出, 以便观众了解下一代的船型设计和制造。

连续纤维制造

MAMBO 展示了一种新的、独特形状的船, 这是传统制造无法实现的。它是使用 3D 打印技术专利, 连续纤维制造 (CFM) 进行数字化制作的。

得益于机器人能在生成算法的专业指导下使用, 这一真正创新的系统允许 3D 打印连续纤维复合材料, 为定制和高机械性能打开了自由的世界, 这是迄今为止 3D 打印机无法想象的。

罕见的 3D 打印能力: 连续玻璃纤维热固性材料使产品坚固、超耐用、重量轻, 机器人系统使得打印尺寸具有可扩展性。

CFM 技术涉及使用自动化机器, 这些机器能够连续沉积浸渍热固性树脂的纤维, 以便从物体的三维计算机模型开始, 创造出具有优化性能的产品。

这使得无需借助物理模型、模具或

其他模具设备, 即可制造出机械特性与单向玻璃纤维相当的纤维增强产品。通过这种方式, 不仅可以获得原型, 还可以获得小批量或独特的真实产品, 既高效又有成本效益。

今天, 许多设计师的创造力受到各种因素的限制: 技术、几何限制或生产成本。还有无数值得注意的项目注定会永远保持辉煌的虚拟效果。然而, 通过 CFM 技术, 这些设计可以成为现实。

3D 打印船

Moi Composites 参加了 2017 年的 Genoa 船展, 在这个活动中, 他们提出



MAMBO 图标

了制作 MAMBO 的想法。他们先看到了这个项目的雏形, 然后把它变成了现实, 最后 MAMBO 来到了大海。

该公司现在有了一艘 3D 打印的船, 根据船主的想法创造和定制了独一无二的设计, 增强了定制的概念, 让每个人都有机会以自己的方式了解和体验大海。如果没有几位对这个雄心勃勃的项目充满信心的合作伙伴的支持, 这一切都不会发生。

当不可能变成可能时

MAMBO 全长 6.5 米, 宽 2.5 米, 干重约 800 千克, 配备了真正的导航系统, 软木地板, 白色真皮座椅和 115 cv 发动机。

船体像是一辆倒立的三轮车, 灵感来源于 Sonny Levi 著名的 Arcidiavolo, 在这辆三轮车上, 有机形态相互追逐, 并转化为结构和功能元素。

在 Milan、Moi Composites 的总部和英国 Birmingham 的 Autodesk AMF (先进制造工厂), 使用两个 KUKA Quantec 高精度机器人打印各个部分, 以示范现场制造, 这被认为是 3D 打印



CFM 工艺



CFM 工艺

最重要的优势之一。

印刷件通过连接和层压，形成一个整体式夹层结构，没有与船体甲板分离。

机器人不知疲倦、不间断的工作，加上船厂工匠的智慧和热情的技能，为一个混合的、新的工业系统注入了活力，它是一个模拟和定制的、技术和数字的系统，今天，它使不可能成为可能。

该公司在 MAMBO 项目中的合作伙伴包括了自动化、复合材料和航

海行业的全球专家团队：Autodesk、Catmarine、Confindustria Nautica、Mercury Marine、MICAD、Osculati 和 Owens Corning。

迄今为止，MAMBO 不仅代表了一艘采用创新 3D 制作技术生产的船，并可用于真正的航海，而且还打开一扇通向新型海洋世界可能之窗，也是一次反思我们如何判断想法的实现是可能的还是不可能的。

Moi Composites 是一家高科技初创企业，使用机器人和先进的复合材料，3D 打印定制给力的产品。

无需模具以及传统的设计和时限限制，该公司的工艺创新专利可以生产出坚固、轻量化、独特的物品，具有令人难以置信的新形状、尺寸和性能，所有这些都是经济高效且按需生产的。

www.moi.am

本刊采访了 Moi Composites 的 CEO Gabriele Natale



JEC Composites

杂志：您于 2018 年创立了 Moi Composites，作为米兰理工大学的衍生企业。您在复合材料方面有什么背景？

Gabriele Natale：我在米兰理工大学的包含化学、材料和化学工程的 Giulio Natta 工作了三年，我有机会从事与复合材料相关的不同项目，包括在 2017 年获得 JEC 创新奖的 Atropos 研究项目。

米兰不在海边，那你为什么要航海领域开展这一项目？你是否特别接近这个行业？

G.N.：我们选择了一款航海领域的产品，以证明我们的连续纤维制造技术的能力、适用性和可扩展性。与自动化、复合材料、软件和海洋领域的关键合作伙伴一道，我们可以分享在不仅利用玻璃纤维复合材料而且有重大机会开拓新技术进步领域

的创新潜力。

您是如何以及为什么选择从 3D 打印开始的？

G.N.：我认为海洋领域的新概念和发展不受设计师、工程师和造船师创造力的限制。每一天，技术人员都在开发新的船舶或提出新的游艇概念，其特点是具有未来感的形状或新的、性能更好的船体，但由于生产挑战、模具投资或其他类型的限制，这些美丽的想法大多仍是空中楼阁。但有了像 3D 打印这样的技术，就有可能在现实生活中创造出这些新的几何图形和发展。

3D 打印并非造船业最青睐的工艺。相对来说，注塑工艺是否更为普及？

G.N.：当然，如今注塑更为普遍，但 MAMBO（电机增材制造船）背后的理念是证明您可以在不创建模型和模具的情况下生产出性能最佳的独一无二的船。因此，创建一次性或小批量产品就无需投资昂贵的工具。此外，如果您需要更改任何内容，例如船体形状或内部构件，则可以快速轻松地修改 3D 模型并更改 3D 打印，这在模

具中很难做到。

您认为这项技术可以大规模生产吗？

G.N.：我们相信大规模定制是下一个前沿和趋势。使用 CFM 技术，根据用户的需求，创造出独特的、极具个性化的产品，这是我们想要为市场带来的真正附加值。

哪些改进对于您的流程是否成功至关重要？

G.N.：我们的主要工艺过程包括升级硬件（工具头）以增加功能，改进软件以实现对用户更友好的界面，并根据市场反馈来扩大材料选择（纤维和树脂）。为此，我们正在寻找能够帮助我们加快发展的投资者或行业合作伙伴。

您的下一个项目是什么？

G.N.：我们正在评估新的不可能的项目，以推动复合材料生产的极限。我们始终乐于接受新的创造性想法，以挑战 CFM 技术的潜力，并展示先进复合材料在 3D 打印中的极具适应性的特点。

可拆卸的粘合复合材料水翼设计

Design-For-Disassembly of Bonded Composite Foils

一种用于摩托艇的新型复材水翼可粘在发动机上，以增加发动机产生的升力，并可以按需脱粘，以便对发动机进行维护、重复使用或升级。

Magali Clave-Henry, Technology Valorisation and Marketing, Rescoll Maxime Olive, Technical Expert Debonding-on Command, Rescoll Benoit Lequin, Technical Manager, Sear

水翼是一种异形机翼，可以将船提升几分米，使其“飞起来”。水翼的使用提升了船只的性能，提高了速度，降低了能耗，最重要的是提高了在波浪中航行的舒适度。但如今，水翼不仅仅是为美国杯的船员或高性能的小艇水手们准备的。在水面上快速安全航行的能力不仅仅局限于运动。

SEAir 创建于五年前，专门为业余游艇爱好者和专业人士集成船上飞行功能。该公司所开发的复合水翼的特点是，它们是专用于摩托艇。事实上，法国舰队的 80% 由摩托艇组成，其中 80% 是半刚性的。

在摩托艇上安装水翼具有以下几个优点：平坦、稳定、舒适的航行，节省 30% 的燃料，消除拍击和飞溅，同时保持刚性充气艇的优点，即驾驶简单、重量轻、易于操作和快速下水。2017 年 12 月，Zodiac Pro 550 成为世界上第一艘配备水翼在航行中飞行的半刚性船。

该公司在水翼的设计、建模和制造方面拥有领先的技术，主要使用复合材料。SEAir 的水翼由 UD、BD 碳纤维和环氧树脂制成。放置在发动机尾部的平衡水翼是通过注塑生产的。2018 年，该公司通过 AFP 生产快速侧箔，将自动纤维铺设 (AFP) 创新引入水翼领域。AFP 显著缩短了制造时间：一旦纤维铺设建模和机器人编程完成，主要水翼的制造需要 12 小时，而注塑需要 5 天。其他的优点则是悬垂精度和工艺可重复性，从而能更好地控制水翼的机械性能。

按需脱粘技术

可拆卸后平衡水翼的目的是为了满足客户的要求，使安装

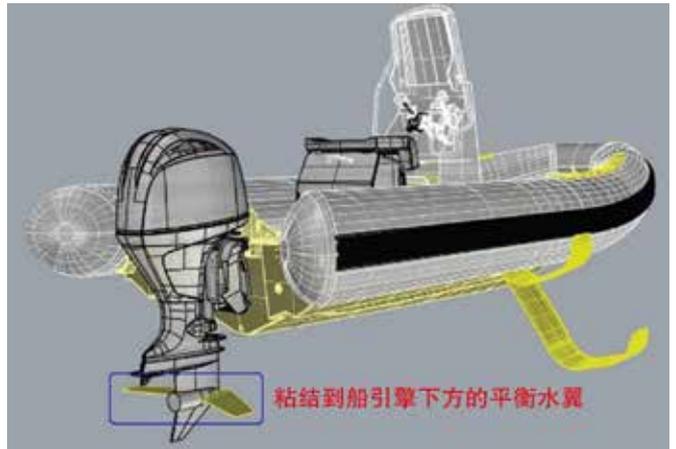


图 1：平衡水翼粘接到船引擎的下方。

能够可逆，以便转售发动机、进行维护或升级。

尽管螺钉固定是一种可逆的装配方法，但不能在有损坏水翼和电机底座风险的情况下使用。粘接是一种用于组装异种材料的微创技术。然而，结构粘接在传统上是不可逆的，这阻碍了其在许多应用中的使用，如维护、维修、再利用或回收。

自 2004 年以来，Rescoll 一直致力于按需脱粘技术的开发，研究了几种途径，并将该技术提升到更高成熟度的水平。

该公司的技术可以将不同的材料粘合在一起，并以一种简单、干净的方式将它们拆开。这个想法是使用一种可以在热激活后去除的粘合剂或底漆。一旦激活，配方中的组分将在粘界面处产生机械力。基于这些效应，粘合力不可逆地减弱，就可以手动拆卸零件。Rescoll 的按需脱粘解决方案已经在许多应用（电子、航空航天、纺织）中进行了测试，包括结构粘接应用，并在许多材料上也进行了测试。

Rescoll 对 SEAir 的案例进行了研究，并提供了与他们的规范相对应的按需脱粘解决方案：脱胶步骤不需要复杂的设备（加热硅胶贴片），只需几分钟即可完成。

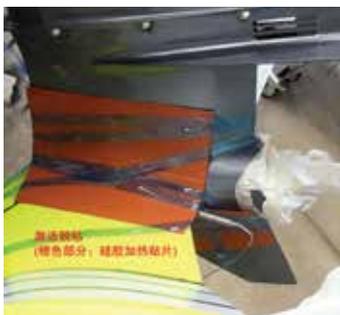


图 2：激活脱粘



图 3 和图 4：脱胶的平衡翼与发动机

将 Rescoll 的解决方案集成到 SEAir 的产品上，为公司带来了显著的竞争优势，这是循环逻辑的一部分。这可以被视为更广泛可能性的开端。

从 2021 年开始，SEAir 计划在所有船只上使用 Rescoll 的技术，这些船只将配备与船发动机相连的水翼。这将使从引擎上拆卸铝质水翼成为可能，并且改善对客户的服务。

拆卸设计

为可拆卸而设计 (DfD) 是实现减少能源和资源使用以及减少废物产生的必要行动。一个产品的可拆卸程度取决于它被拆卸的容易程度。为拆卸而设计的原则之一是尽量减少使用影响回收的粘合剂。Rescoll 提出的按需脱粘解决方案为 DfD 提供了一个范式转变，因为它可以有效地分离结构粘接组件。

除了这里介绍的应用之外，这个解决方案还有很大的潜力。最近，该公司发现，随着对可拆装设计的考虑越来越多，对其按需脱粘技术的兴趣越来越大。

例如，其工程师目前正致力该技术在汽车行业的应用。

Rescoll 的按需脱粘产品可以根据客户的规格进行调整，并可以工业规模进行生产。

关键成效

- 减少燃料
- 快速可靠的拆卸方法
- 无需打孔的可逆组装方法
- 脱胶后清洁表面

可持续航行

导航的安全性和舒适性是汽车导航领域的重要标准。在摩托艇上安装金属水翼可以提供无与伦比的冲浪感觉和更大的安全感。安装水翼，船就像在减震器上一样平稳地行驶。此外，在水上平稳行驶减少了电机的压力，产生的噪音污染更少。在摩托艇上安装水翼可节省 30% 的燃油。对于一个 5.5 米高、能够运送 4 到 5 人的飞行 RIB 来说，这意味着每航行一小时（平均速度为 22 节，配备 115 CV 发动机）可以减少超过 12 公斤的 CO2 排放。

Rescoll 的脱粘解决方案还将为 SEAir 的水翼系统提供延长寿命（允许升级和 / 或重复使用或再利用）和回收 / 重用功能，以及易于翻新的船舶发动机。环境影响是通过生命周期分析来计算的，但它无疑是积极的。事实上，正确拆卸铝质水翼和电机的可能性，一方面，方便维护操作，允许延长其寿命和增加其再利用的价值。另一方面，根据指令脱胶的解决方案将使回收更加有效，因为制成品的回收在很大程度上取决于材料之间的分离效率。Rescoll-SEAir 的创新无疑标志着在追求更可持续的导航方面迈出了新的一步。

www.rescoll.fr

www.seair-boat.com/fr

覆盖海陆空、 能源、医疗 制造的先进培训

免费订阅



JEC中国：先进的复材加工技术内容独家授权于扎根业内25年的JEC Composites Magazine。

Advanced composites engineering content licensed from the 25 year old JEC Composites Magazine.

经审核的高层人员可免费订阅本刊。Subscriptions in China are **FREE** to qualified engineering managers.

请将以下信息发送给我们。Email us your

- 姓名 Name
- 职位 Job Title
- 公司名称 Company Name
- 公司地址及邮编 Company Address
- 公司网址 Company Website

并注明“我想订阅J” subs@icgl.com.hk
或登录 www.ChinaEngineeringMedia.com

运动和复合材料：水上运动的魅力

Sports and Composites: the Magic of Water Sports

在过去的 30 年里，复合材料的重要性与日俱增。由于复材具有极高的物理力学性能，使得其在不同领域的结构应用成为可能。

Simonetta Pegorari, Industrial Technology Specialist, Industrial Consultant

这一领域的持续研究和技术创新突出了这些材料的主要作用。从技术角度来看，因为它们无法被传统材料取代，而且从商业角度来看，它们需求也是日益增长的。据悉，这一技术原本只适用于财力雄厚的航空、航空、军事等尖端领域，但现在已经广泛应用于其他领域，而且预计还会扩散到更多的消费品领域。

对于复合材料，特别是以最佳物理机械性能为特征的所谓“先进”复合材料的技术分析突出了其适合结构应用的原因，特别是在体育部门。区分不同的运动项目是必要的，因为并非所有的运动项目都使用器材，也并非所有的运动器材都必须由复合材料制成。从商业角度来看，在不可忽视的这些使用领域中，材料的应用也是息息相关，我们可以按照重要性排序，将马达放在划船、自行车、滑雪、网球、运动钓鱼、独木舟、射箭和任何其他需要轻质和耐磨设备的运动之后。

至于现在习惯使用先进复合材料的行业，快艇当然占有突出地位。事实上，在 20 世纪 60 年代早期，它是第一个使用复合材料的工业部门（当然是在航空业之后）。

对新材料和应用的探索，以及技术人员和游艇设计师的创造力，使之有可能达到卓越的水平。

Wally 和碳纤维

提及“碳材料”，我马上想到的是“Wally 游艇”这个名字，一个所有的划船爱好者都很熟悉的名字。该公司的创始人 Luca Bassani Antivari 是第一个相信碳材料的构造潜力并将其用于造船的人。上世纪 90 年代初，他设计了一艘 25 米长的单桅帆船 Wallygator，它的碳复合材料船体和全碳桅杆绝对是新奇之物。

从那时起，Wally 创造了尖端的“航海物品”，将航海技术和美学提升到今天如此高的水平，很难确定帆船或机动游艇设计中有哪一个方面没有受到他的视觉影响。

我们还记得在 2000 年使用碳纤维帆的 Wally 77 Carrera，这是第一款使

用带灯泡的液压升降龙骨。

“megatender”的概念也是 Bassani 品牌。自 2001 年推出以来，Wallytender 在日航领域创造了一个新的市场。Wally 最近与 Ferretti 集团建立了合作关系，这对在当今复杂的市场中开展研究至关重要。

此次合作的第一个成果是全新的 48 Wallytender，它完全采用碳材料制造，并采用了一种新的柔软概念，它不实用，但是舒适宜居。它借鉴了该公司的航海传统，在 T-top 的碳纤维上部结构上插入了层压帆织物，重量轻，不会影响位移，半透明，可以遮挡阳光，保持充足的光线。

43wallytender 由 Wally 和 Ferretti 集团的技术工程部开发，在 Forlì 的全新 Wally 造船厂用碳纤维基先进复合材料制成。它是一辆快速（时速超过 40 节）、轻便且易于操纵的小型摩托艇，最多可搭载 12 人。

月球的另一面

由于公众对环境问题的意识不断提高，可持续发展目前在社会辩论中占据主导地位，这也是由于气候变化引起的。

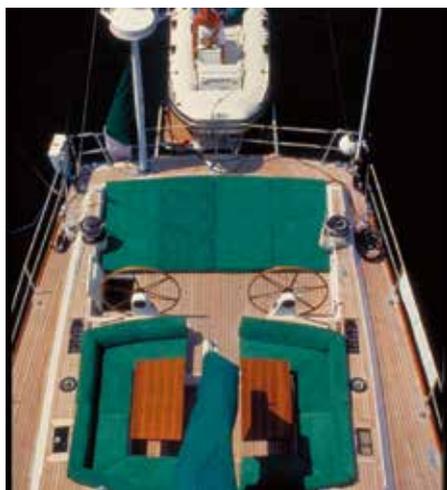


图 1：用于分析的原始形状模型



图 2：2000 年的 CARRERA（图片由 Gilles Martin-Raget 提供）



图 3：Wally 77 Carrera



图 4: 43wallytender (图片由 Wally Yachts 提供)



图 6: 怎样处理这艘船?



图 5: 43wallytender 的甲板

现在是时候为未来做准备了。

大规模生产 GFRP 和后续的 CFRP(碳纤维增强塑料)船体半个多世纪后,所用材料的处理和回收是一个非常紧迫的问题,因为在未来几年,GFRP(碳纤维增强塑料)废物的数量将急剧增加。由于 GFRP 和 CFRP 基的产品通常使用寿命较长(20-25 年),它们的报废处理直到几年前才成为一个主要问题。

近年来,减少海洋产品对环境的影响,特别是 GFRP 船体,是近年来的一个热门问题。

由于封闭模具和灌注等技术的广泛使用,以及污染更少的树脂的使用,生产系统现在的污染程度较低,但在使用结束后,船只和模具的再利用或处理仍有很多工作要做。在经济和生态方面,游艇的未来在于不同施工阶段的环境兼容性。目前正在有关材料、工艺和

项目的研究,旨在解决这一生产部门的问题。此外,目前欧洲关于污染物处理的指示使这一项目非常有趣,当然值得进一步研究。

在过去的十年中,人们对低污染产品的兴趣不断增长,在许多情况下,这引发了生物复合材料的半工业应用。从亚麻、大麻、竹子或黄麻中提取的长植物纤维用作结构增强材料,以取代玻璃纤维。除了比玻璃便宜之外,这些纤维如果被吸入、无研磨和自然可生物降解,



图 7: 亚麻加固

对人体无害。不幸的是,它们也有一个负面的方面:它们是亲水性的,所以需要加以保护,否则它们很容易吸收水分,带来可想而知的负面后果。这极大的限制了它们的使用和生产纤维的数量。

找到一个平衡点

为了获得真正可生物降解的复合材料,树脂和增强材料都必须是可回收的。目前有几家公司从废弃生物质中提取树脂。用天然纤维来增强这些树脂,就会得到一种完全来源于大自然的复合材料。这些热固性树脂也可以用传统的增强材料如玻璃或碳材料来增强,并可适用于所有的施工技术。

结果表明,生物复合材料的力学性能与玻璃纤维增强复合材料相当。在海洋工业中使用天然材料尤其令人感兴趣,由于其固有的特性,这些产品可以解决许多问题,同时还能提高性能。

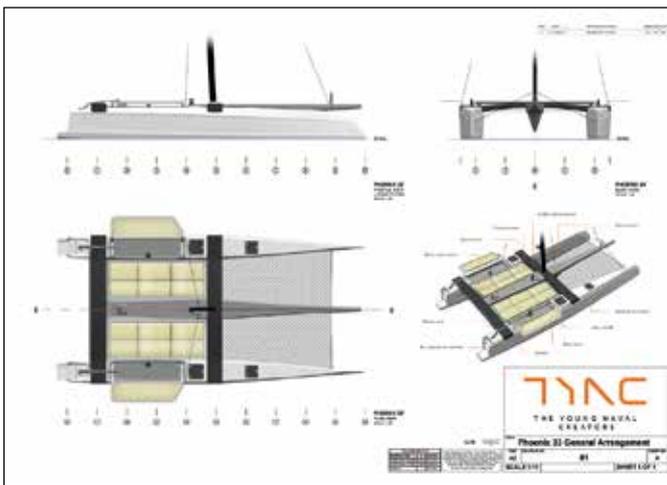


图 8: Phoenix 33 总体规划图。(图片由 Jeroen Watts 提供)

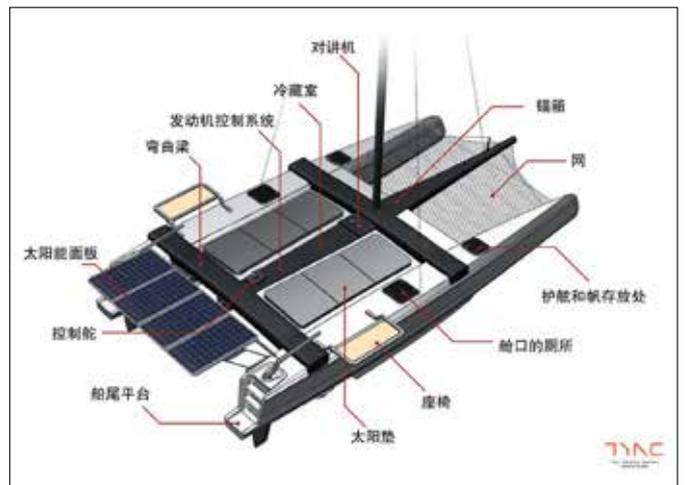


图 9: Phoenix 33 采用生态和可持续材料建造。(图片由 Jeroen Watts 提供)

特别是引入植物源材料的创新方面，可以找到一种平衡。首先玻璃纤维和碳纤维等合成纤维的替代涉及到结构的大幅减轻，因为这些材料和天然纤维之间存在巨大的重量差异（想想亚麻纤维的重量为 1.4g/cm^3 ，而玻璃纤维的重量为 2.1g/cm^3 ），并随之降低了燃油消耗量（和有害气体的排放量）。不可忽视的是，开发一种每年生长和更新的资源的可能性，这种资源是完全可生物降解的，在其生命周期结束时不会产生任何残留物（生命周期评估）。

然而，与任何技术创新一样，在海洋工业的复合材料中使用植物基增强材料并非没有问题。第一个问题是植物纤维与支撑它们的聚合物基质的相容性。已经提出并测试了几种可能的处理方案，可在许多方面有待确定，但仍然许多可能的替代方案。

对环境问题敏感的设计的兴趣和承诺不断增长，从事这种设计的新造船厂和游艇设计师越来越多，包括寻找新材料和构建技术方面，也体现在寻找动力方面，如对环境影响较小的混合动力 / 传统和电力 / 风力推进系统。

下面介绍一些有趣的项目：

● 生态双体船

TYNC (The Young Naval Creators) 提出了一个有趣的项目，这是一家位于西班牙 Valencia 和英国 London 的新型造船设计工作室，正在开发一种生态双体船，以可持续的方式设计，从而改变一个高污染的行业。

为了达到这样的目标，必须以造船厂所知道的生产效率和生产方法为目标。所用的生产方法与传统的游艇制造（真空灌注）相同。这种复合材料是由可持续的、可回收的材料制成的，这些材料可以在船舶使用寿命结束时可以相互分离，这样它就不用被填埋，这是当今的一个主要问题。在不影响环境的情况下，这些材料可以被分解或再利用到其他材料中。新的 e-cat 要比市场上的其他船型都更智能、更环保。由于使用了一种



图 10（左）：Flax 27 帆船。图 11（右）：Ocean Eco 90。该船的特点是上层结构覆盖着 200 平方米的太阳能电池板，使其拥有几乎完全自主的跨大西洋航行范围。（图片由 Alva Yachts 提供）



图 12（左）：X1 蝙蝠侠，在受控温度和湿度下准备真空灌注。图 13（右）：X1 蝙蝠侠在阳光下现身。（图片由 Hanstaiger 公司 Antonio Claros 提供）

智能树脂，在复合材料使用寿命结束时，纤维可以从树脂中分离出来。用作增强材料的玄武岩纤维，性能接近碳纤维，比玻璃纤维更强。其核心是 100% 生物、100% 可回收材料的混合。该团队承诺，他们的第一款 e-cat 设计将经久耐用，并可在使用寿命结束后回收利用。

● 亚麻和软木的游艇

Friedrich Deimann 长期致力于海洋建设的可持续性，他相信一个更加绿色的未来。他的热情和他对可持续船只建造的持续承诺使他在造船商中赢得了知名度和尊重——这是一段始于少年时代的旅程，他对海洋和自然的热情促使他建造了第一艘皮划艇。

最新的成果是 Flax 27，一艘八米长的帆船。构建中所使用的 80% 的原材料是可再生的。船体、甲板和内部结构由亚麻和软木纤维增强树脂制成。作为三明治结构的核心，Green Boats 使用了

来自欧洲森林的软木。软木（颗粒状）也是一种完美的涂层材料，因为它不仅防水，而且美观，在损坏后很容易修复。Friedrich 相信更绿色的未来，他的船是真正的绿色。

● 太阳能双体船

最新的绿色游艇是由 Alva Yachts 推出的，这是一家年轻的造船厂，其使命是设计和销售洁净能源的发动机和帆船。该公司由 Mathias May 和 Holger Henn 于 2020 年初在德国创立。

Ocean Eco 90 是一艘 27 米长的双体船，可采用混合动力或全电力推进。这艘船的特点是覆盖在上层结构的 200 平方米的太阳能电池板，这使它能够跨越大西洋，几乎拥有完全的自主权，因为太阳能电池板从太阳中获取能量，并将其存储在电池组中，并为电动发动机提供动力。

第一艘 Ocean Eco 90 号正在建造

中，它的船体和上层结构采用了带有泡沫芯的玻璃纤维。然而，Alva Yachts 正与绿船造船厂联系，因为它打算用亚麻纤维代替玻璃纤维。他们正在研究这种可行性，因为之前从未对这种大小的船进行过这种研究。

典型的缅甸柚木，实际上一直被用于划船，覆盖外部甲板，不幸的是，由于滥用而遭受了很大的损失，现在有灭绝的危险，在这里采用 Lignia FSC 软木所取代，经过改性和回火处理，使其具有与海洋柚木相同的特性。木质素是一种可持续的、合法的选择，因为它可以减少森林中硬木的砍伐。船体的 FRP 是真空灌注的，Gurit Corecell 用于夹层。

●海洋中飞行的蝙蝠侠

最后一个项目是一个很特别的项目。

X1 是一艘全碳三体船，由 Hanstaiger 造船厂建造，由造船厂技术总监 Antonio Claros 设计。在不牺牲速度或性能的情况下，Hanstaiger X1 提供了享受非凡的舒适水平的选择。它也是一款真正的混合动力船，提供了拆卸桅杆/索具的选项，并选择了全动力游艇体验。帆船型可以达到 15 节的速度，而动力船可以超过 25 节。

主要的层压方法是在一定的温度和湿度条件下的真空灌注。

船体由四轴玻璃纤维 + PVC 芯 + 四轴玻璃纤维夹层 (Saertex carbon NCFs 和 SAERfix) 制成。真空灌注工艺中一次性使用 6000kg 玻璃纤维和 3000kg 乙烯基酯树脂，其中包括结构加固，所使用的真空袋为 1000m²，

Antonio Claros 表示：“X1 的

建造始于两年前。我们的期望是设计一艘在设计、材料和技术方面与我们在市场上发现的完全不同的船。上层结构 (上层甲板) 采用与船体相同的真空灌注方法建造的，这次是用碳纤维 + PVC 芯 + 碳纤维夹层。与此同时使用了环氧树脂。我们甚至将模具预热到 50℃，以便树脂流动良好。整艘船只有六块结构。这六个部件由三种不同的连接系统组装而成：机械连接采用不锈钢螺丝，化学连接结构粘合剂，以及真空注射法连接碳纤维。整艘船都是一项技术创新，由 Hanstaiger 设计的专属绞车 100% 自动化的索具系统，船尾的门可以转变成游泳平台等。”

这艘船长 64 英尺 (19.5 米)，横梁长 31 英尺 (9.5 米)。



复材新天地

www.globalcompositeszone.com

复合材料领域的国际交流及贸易平台

6大板块

- 复材展视听
- 复材商展
- 复材指间
- 供需地带
- 复材动力
- 用户中心

“传统行业与信息技术相结合 线上线下O2O联动模式 实现海内外双循环”



扫描二维码，
完成手机端快速注册
建立复材行业个人专属IP

复材嘉年华

GLOBAL COMPOSITES ZONE COMPOSITES CARNIVAL

举办时间
2022年5月11-13日

举办地点
郑州国际会展中心

RAMSSES： 轻量化船舶，营造更洁净的环境

RAMSSES: Lightweighting Ships for A Cleaner Environment

Ramses 项目实际展示了如何在造船中使用复合材料来减轻重量。该项目还提出了进一步制定相关规章制度的建议，从而形成一个智能的审批轨道，可以在不牺牲安全性的情况下促进未来的材料创新。

Carlo Cau, Research Funding and Networking Project Manager, Centro per gli Studi di Tecnica Navale - CETENA S.p.A.
Matthias Krause, Manager Research and Development Materials and Fabrication Center of Maritime Technologies GmbH
Birgitha Nyström, Project Manager, Podcomp AB

根据国际海事组织于 2020 年 4 月发布的第四次温室气体排放研究报告，海运每年排放的二氧化碳超过 1000 万吨，占全球温室气体排放的 2.9%。近几十年来，通过在海上运输过程中节省燃料来降低能源消耗，从而降低对空气排放的影响变得越来越重要。增加潜在有效载荷，同时保持相同的能源消耗，可以带来显著的经济和生态优势。

因此，减轻船舶重量是实现新型高效航运目标的支柱之一。RAMSSES 项目旨在通过减轻重量来提高船舶效率，同时从生命周期的角度降低操作成本。

该项目于 2017 年 6 月开始，将于 2021 年结束。它由欧盟的“地平线 2020”计划共同资助，合作伙伴由来自 13 个国家的 36 个成员组成。该联盟包括造船厂、船东和船级社，以及材料和技术供应商、零部件制造商、造船师和工程办公室，最后还有研发中心和大学。

金字塔层

参与该项目的海事利益相关方涵盖各行各业，包括船舶的尺寸、用途、操作剖面、安全要求等各不相同。这为材料、设

计和工艺的整个范围提供了机会。

正如首字母缩略词所示，RAMSSES 被设想为一个金字塔，其底层由 13 个应对减轻船重量挑战的实物展示组成：创新组件和模块化轻量化系统、海事设备、高性能钢，将复合材料集成到各种结构中，并提供全局修复解决方案。

第二层是对实物展示的技术特性、生命周期成本计算和环境性能进行综合评估，作为批准特定解决方案的基础。第三层旨在将测试结果、材料数据和经验重复使用，以便在一个可供广大海事最终用户访问的“知识库”中用于未来类似的应用。

从浴室到海洋应用

目前在 RAMSSES 项目下开发了几种复合解决方案。在其中一个演示案例中，一个由四个项目合作伙伴组成的团队旨在开发一种集成的、防火安全的轻型面板系统，用于船舶使用，该系统具有良好的热性能和声学性能，价格具有竞争力。

这项工作是由 Podcomp 公司领导的，该公司的前身是 Blatraden 公司，于 2012 年开始生产带有内置排水系统的复合浴室地板，这是一种独特的防水解决方案。这个概念后来扩展到整个浴室，并在 2016 年成立了 Podcomp。现在，公司的主要产品是定制模块化浴室。在瑞典 Piteå 的工厂里，复合夹层结构由技术熟练的员工和五个机器人以半自动化的流程生产，然后组装在一起，完成浴室或浴室地板的制作，准备交付并安装在住宅建筑商的公寓里（图 2）。

类似的方法也可用于海洋应用中。地板、墙壁、屋顶、阳台或整个船舶都可以由工厂建造，这取决于船舶 / 造船商的意愿和组装方法。因此，Podcomp 的经验 and 专业知识现在也应用到 RAMSSES 的海洋部门，该公司负责产品设计和样板的生产。该团队的合作伙伴包括 RISE(瑞典)的研究人员，他们进行预试验、评估创新材料解决方案和优化生产流程。德国 BALance Technologies 公司负责概念开发和业务方案，而英国供应商 Coventive Composites 一直在开发基于聚糠醇 (PFA) 生物树脂的轻质阻燃复合预浸料。另一家英国供应商 Composites Evolution 正在扩大 PFA 预浸料的生产规模，意大利船舶研究中心 CETENA 负责声学设计和测试。

毫无疑问，与当今经常使用的钢铁解决方案相比，复合材料解决方案可以显著降低船舶重量。它们可以通过自动化或半自动化以具有竞争力的成本生产出来。主要的挑战是开发一种复合材料解决方案，以满足船舶所有的要求，特别是防火。



图 1: RAMSSES 金字塔结构



图 2: Podcomp 的产品

WP 10 团队概述了用于海洋应用的五个复合面板设想，并在项目中进行了测试。考虑到船舶所有的要求——项目成本、防火性能、重量、安装成本和灵活性、降噪、强度、耐久性、可持续性和可回收性——两个已开发的设想，即玻璃纤维增强 PFA 预浸料与 balsa 芯（设想 3），以及玻璃纤维增强的含硅酸盐芯的 PFA 预浸料（设想 5），具有特别巨大的未来应用潜力。

设想 3 设计用于高承载结构。内外蒙皮由玻璃纤维增强 PFA 预浸料面组成。PFA 由甘蔗渣制成，接近 100% 可再生。芯由浸渍 100% 可再生的 balsa 材料组成。为了提高防火性能，在火灾暴露表面涂上一层膨胀涂料。设想 3 在所有点上符合分类标准，并具有良好的防火效果。

设想 5 具有同样的玻璃/PFA 饰面，但它没有 balsa，而是采用具有密度非常低（290-370 kg/m³）的且经 AI 认证为绝对不可燃的不燃硅酸盐芯。硅酸盐芯经过防火测试，达到 A-60 级舱壁等级，是非负载应用的认证产品。

多种复合材料面板应用

通过与 OEM 制造商主导的四个 RAMSSES 样板小组的合作，Podcomp 目前正在根据其产品的特定需求采用创新的复合材料面板。

汽车甲板板金

设想 3 是为高承重结构设计的，被选为制造滚装船和客船舱室地板的模块化甲板的解决方案的一部分。Flow Ship Design(Croatia)旨在通过使用创新材料和更高效的生产，在不牺牲消防安全方面的情况下，减轻滚装船汽车甲板结构的重量。除了在汽车甲板上应用拉挤复合材料面板，他们还使用了没有膨胀涂层的设想 3 的材料。采用玻璃/PFA 预浸料设计的汽车甲板采用了 balsa 核心，在 Podcomp 的工厂生产，并将在 RISE(瑞典)进行全尺寸防火测试。在 Flow-Ship 甲板上引入复合材料解决方案的预期好处是减轻重量，以支持增加有效载荷或降低燃料消耗。比较两个汽车甲板解决方案的结果，以找到最佳布置。

客舱地板

设想 3 还将用于法国 Chantiers de l'Atlantique 造船厂生产



图 3: Flow Ship Design(左)和 SIEM Cicero(右)设计的汽车运输船甲板面板。



图 4: Chantiers de l'Atlantique 开发的客舱系统(左)及游轮的单人舱(右)。

的客船创新轻型舱室模块的地板。目标是设计六面座舱模块，实现全功能模块化，同时减少重量、成本、生产时间、维护和翻新工作量。在验证过程中，夹层复合板将进行机械和防火试验，以确保其结构完整性和防火能力。其中一项耐火试验是全尺寸耐火分区（FRD），该试验将证明复合板在至少 60 分钟内防止烟雾和/或火焰通过的能力。复合材料面板的主要优点包括显著缩短生产交付周期、降低甲板高度和降低生产成本。

舱壁

设想 5 面板的一个应用，是为非承重应用而设计的，是 Meyer Werft(一家以游轮闻名的德国造船厂)建造的游轮的内墙和上部结构。为了进行展示，Meyer Werft 将使用玻璃/PFA 预浸料和硅酸盐芯作为墙板，并将它们安装到一个结构上，该结构将应用于陆上或船上。改进了声学性能的新设计已经开发出来，并将在继续进行全尺寸制造之前进行测试。

我们的目标是将 FRP 引入船厂生产过程，降低游轮的结构重量。由于计划在船上安装示范装置，因此将进行所有必要的机械和火灾测试，包括小型和全尺寸测试，以满足 SOLAS II-2(海上生命安全)和船级社的要求。

预计复合解决方案将促进翻新，并增加舾装和分隔的灵活性。

工作船的天窗

硅酸盐芯玻璃/PFA 预浸料的第二个应用是为 Estonian 造船公司 Baltic 工作艇设计的工作船天窗。

这个示范装置由三个面板组成。面板将测试两种不同的连接方法：第一种方法使用铝梁，第二种方法基于连接金属板的复合夹层。太阳能电池稍后将安装在天窗上。降低了重心，改善了生态平衡，并降低了生产成本，这些都是选择复合材料作为天窗替代品的预期好处。

这种材料可以满足所有的要求，具有可再生材料含量高，轻量化和成本效益高等特性。

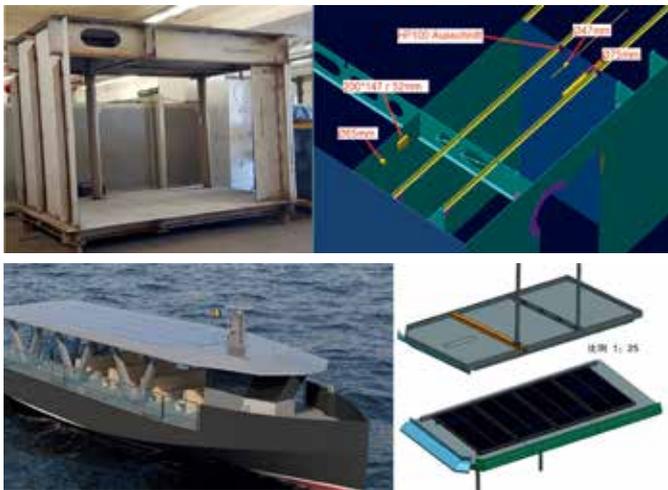


图 5: Meyer Werft 使用 RAMSSES WP10 设想 5 的示范装置。图 6: Baltic 工作艇使用 e RAMSSES WP10 设想 5 的示范装置。

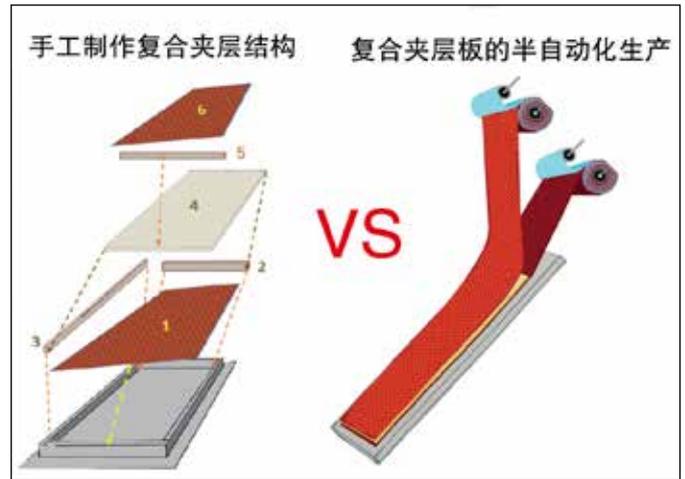


图 7: 夹层结构的手工和半自动生产示意图；左：多步骤的大劳动量手工作业；右：一次性半自动化生产

目前, Coventive Composites 可以通过 Composite Evolution 推出的一条新的预浸料生产线来生产玻璃/PFA 预浸料。之后, 将在 Podcomp 的工厂手动生产夹层复合板。

为了在未来进一步实现节约成本和提高生产效率, 面板将采用半自动化工工艺生产(图 7)。一些示范装置(如 Meyer-Werft walls) 适合于半自动化生产, 而另一些则更为复杂, 需要更程度的人工劳动, 如目前设计的 Baltic 工作艇天窗。如前所述, 天窗不仅可作为设想材料的演示案例, 还可用于两种不同的安装技术: 在第一种方法中, 平板复合材料夹层的两个相对侧将与铝工字梁连接。另一种方法, 复合材料法兰直接安装在两个相对的复合材料夹层的一侧, 并用金属板栓接在一起。从夹层板生产的角度来看, 第一种方法更容易, 而第二种方法更轻。

生产轻型船舶将显著燃料消耗和温室气体排放, 有助于减少海上运输的环境足迹。此外, 减轻船舶重量增加了潜在的装载能力。

因此, 所有已论证的解决方案都将有助于实现 RAMSSES 项目的主要目标: 更有效和可持续的海洋环境。

推进航运业轻量化创新

除了 Podcomp 团队之外, 还有 12 个团队正在 RAMSSES 项目中为水上运输部门开发专用的轻量化解决方案。然而, 丰富的机会与监管框架相结合, 构成了材料创新的挑战性环境。现有的规范性规则和条例是为常规钢船定制的。在引入替代解决方案时, 需要通过验证。根据 SOLAS 公约第 XI-1/1 号法规的规定, 它们提供了与传统结构相当的安全水平。通常情况下, 批准只能通过对某艘船的特定部件中特定材料的长期风险评估和替代设计方法来逐个批准, 从而阻碍了复合材料应用的重大突破。此外, 由于缺乏适当的信息来源, 跟踪正在进行的发展并不容易。

制定克服这些障碍的战略的共同利益是合作的另一个原因。RAMSSES 阐述了一个名为“智能跟踪审批”(STtA) 的概念,

以促进海事行业的材料创新, 并为创建一个可持续的信息交流和协作网络做出了贡献。此外, 该项目还与欧洲海上轻量级应用网络 E-LASS 建立了强有力的合作关系。这两项计划每年免费举办两次公开讲座, 介绍和讨论研究、技术转移和工业应用方面的最新发展, 重点是与 RAMSSES 计划有关的主题。最近一次研讨会于 2020 年 9 月举行, 详细介绍了 Damen Schelde 海军造船厂的最新成就。它是一艘巡逻船的完整船体部分(总长度约 80 m), 其内容包括开发一种适合 6m 以上部件垂直真空灌注的树脂、甲板、舱壁和外壳的工具和连接方法。这一发展伴随着一场密集测试运动。就在最近, 在一个大型箱子(8m x 2m x 2m) 中, 在高达 4000 kN 的荷载下, 两侧复合板和舱壁的弯曲试验圆满结束。

大家都完全同意, 必须对关键性能进行测试, 才能获得批准。然而, 在 RAMSS 中获得的知识构成了 STtA 的另一个重点: 通过在一个轻量级的海事应用知识库中提供相关的测试报告, 设计师将能够查找材料的特性, 并探索已经批准的内容。

如果没有制定规则机构的参与, STtA 将是不完整的。在 RAMSSES 项目启动时, 国际海事组织(IMO) 发布了关于在船舶结构中使用纤维增强塑料(FRP) 构件的临时指南 MSC.1/ Circ.1574。本文件为轻型船舶的开发商提供了指导, 特别是关于如何遵守证明等同于 SOLAS 公约要求的需要, 从而侧重于风险评估和不确定性处理, 尤其是在火灾危害方面。在四年内, 请利益攸关方向海事组织提供反馈意见, 并根据他们在应用准则方面的经验提出修改建议。除了上述数据库外, STtA 还将包括拟议的标准风险情景、标准测试和标准解决方案。这将加快可持续高效船舶创新海事解决方案的审批流程。虽然破坏重要的安全方面是肯定被排除的, 但其目的是提供有助于评估选项和有效制定解决方案的措施。

由船东组成的 RAMSSES 海事咨询小组以及一些国际机构对所概述的 STtA 给予了积极的反馈。因此, 项目联盟相信, 一旦 IMO 将 FRP 应用监管框架的进一步发展列入议程, 就可以讨论该方法的应用。www.ramsses-project.eu

图 4: Beneteau 第一艘
游艇 © Gilles Martin Raget

Beneteau 公司优化注塑过程

Beneteau Optimizes the Infusion Process

通过与 Beneteau 集团的合作, Chomarar 开发了 G-FLOW™ 980L 加固剂, 用于采用灌注工艺船只的生产。该产品集力学性能、渗透性和各向同性于一体。



图 1: G-FLOW™
980 L

当 Beneteau 表示对这种解决方案感兴趣时, Chomarar 正在为注塑过程开发研究一种具有流动特性的结构织物。Chomarar 的提议引起了造船商的注意, 因为它在一个产品中提供了流动性和机械性能的双重优势。为了满足 Beneteau 的各项要求和期望(各向同性渗透率、机械性能和整体成本节约), 开发合适的加固材料需要花费时间和多次试验。

对几个版本的加固进行了测试, G-FLOW™ 980L 是两家公司协同共创和密切合作的结果。

具有挑战性的项目

目前市场上有两种类型的内部流动介质溶液可用于注塑过程: 1) 100% 玻璃溶液, 但对于大型注塑部件(通常为 100m²) 渗透性能不足或没有足够的机械性能; 2) 玻璃纤维和合成纤维的混合溶液。在本项目中, 使用此类产品会降低复合层压板的机械性能。

我们面临的挑战是开发一种在各个方向都具有高渗透性的织物, 这种织物可以整合到大型复合材料部件的结构中, 而不破坏它们的机械特性。最终目标是简化和降低注塑过程的成本。本项目的成果是 G-FLOW™ 980L, 一种由 100% 玻璃纤维制成的结构性流动介质

具有多重效益的创新结构

G-FLOW™ 是一种专利授权的玻璃纤维织物, 结合了机械性和流动特性, 因此不再需要外部流动介质。其创新的纺织

结构, 与非压缩模式结构, 允许良好的树脂流动, 而且无需添加外部或内部流动介质。该产品满足项目的所有初始标准以及 Beneteau 的需求:

- 减少耗材和浪费: 流动特性比市场上现有的解决方案更有效, 并减少了树脂进料线的数量(见图 2);
- 减少树脂消耗(在流动介质和进料管线无树脂损耗);
- G-FLOW™ 是一种 100% 玻璃纤维织物, 集成了“结构”功能, 可以替代结构加固(见图 3);
- 在大型复杂零件上具有良好的悬垂性。

环境友好的解决方案

复合材料由于重量轻, 在海洋工程中得到了广泛的应用。目前的挑战是开发对健康和环境影响较小的高效复合材料解决方案。在注塑过程中使用 G-FLOW™ 增强剂有助于实现这一新目标, 有三个主要好处:

织物层(NCF)可用具有相同的机械性能的 G-FLOW 替代™ (两件产品合一);

树脂供应网络使用的耗材减少 50% (与之前的解决方案相比), 这具有积极的生态影响;

树脂消耗量减少 7%: 对 Beneteau 灌注零件的效率产生全球积极影响(更优的循环时间、劳动力和材料成本节约)。

有了这种新的增强方式, 与手铺相比, 减少了 VOC 的排放, 注塑成为一种有吸引力的工艺。树脂减少 7%, 耗材减少 50%, 有助于环境保护。

使注塑过程大众化

这一解决方案降低了注射制造的大型复合部件的成本, 并有助于使非常大的部件的注射过程大众化。闭模工艺, 特别是注塑工艺, 可产生更高的一致性和重复性。这种工业过程有助于改善工作条件。博纳多集团生产的复合材料零件, 每年有 3-4% 的零件由开模转为闭模成型。

自 2018 年以来, 该解决方案已在 500 多艘船舶(15 种型号)上实施, 并可扩展到不同的部件和新的系列。

www.beneteau-group.com

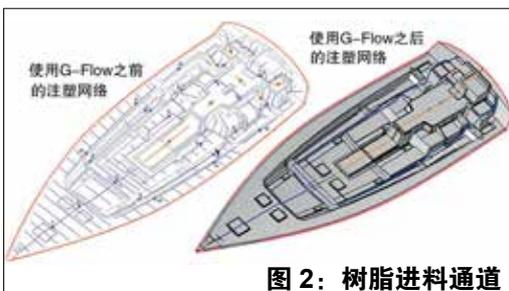


图 2: 树脂进料通道

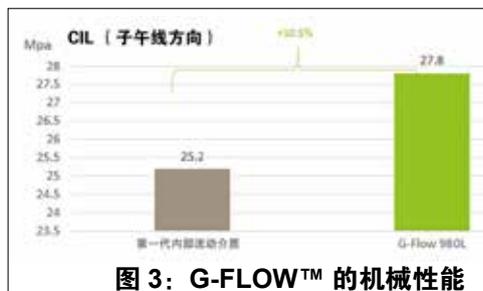


图 3: G-FLOW™ 的机械性能

关键成效

- 各向同性高渗透率
- 高机械性能
- 减少废物、树脂消耗和处理成本
- 悬垂性好
- 整体成本节约

当复合材料遇到医生

Composites Visit the Doctor

也许复合材料在航空航天和汽车领域的知名度较低，但它们在医疗领域已使用多年。在西方国家，随着全球人口的增长，老龄化正在不断加深，医疗部门可以依靠复合材料的特性来实

现提高患者医院和日常生活中体验的目标。复合材料在用于植入物时可提供更高的强度和耐磨性。对于医学成像程序，其透明度有助于更好的诊断。无论它们是由碳纤维还是玻璃纤维制成，它们的低重量正在彻底改变矫形假

肢的设计和制造，以改善截肢患者的生活。

复合材料在医学领域的进展也为提高人体的身体功能打开了新的大门，从而产生了重大的成就，这些成就甚至在今天看来都有可能超过我们的生物极限——无论是完全或部分渗透结构，都能提供助力，通过使用膝上和膝下假肢，靠机械提供比“100% 生物”运动员更大的表现潜力。



恢复行走能力

C-FREX 由 CFRP 制成的双足步行器组成，适用于脊椎受损的患者。通过辅助踝关节、膝盖和髋关节的运动，这种非机动的解决方案使人们能够从轮椅上站起来行走。www.uchida-k.co.jp

减少术后并发症

老龄化人口的活跃时间越来越长，促使了牙科假体使用的转变。复合材料可以解决许多医疗问题，包括与金属植入物有关的并发症以及传统使用的原材料日益短缺。Createch Médical 建议牙科植入物中包括 PEEK 的使用。<http://createchmedical.com>



更好的诊断工具

医疗成像在卫生部门越来越受到重视。该技术的稳步发展使得能够更早、更精确地检测疾病。在这方面，图像的质量对于更具针对性的治疗至关重要。德国西门子公司生产的 Magnetom Vida 核磁共振扫描仪所使用的复合材料通过减少扫描过程中的干扰，有助于更精确的诊断，这与金属材料的磁性特性不同。<http://createchmedical.com>

含医用流体

碳纤维复合材料气瓶技术为患者提供了显著的临床益处，尤其是那些不卧床的患者。医生经常鼓励需供氧病人步行，而气瓶的重量是影响病人活动能力的一个重要因素。Luxfer 碳纤维复合材料气瓶是当今市场上最轻的便携式氧气瓶，这使得其成为门诊患者的理想选择。

Luxfer 是世界上最大的铝和复合材料气瓶制造商，在美国有四个生产工厂，在英国、法国和澳大利亚也有工厂。

www.luxfercollines.com



保证表面卫生

在卫生机构里，没有什么比保持严格的卫生标准更重要的了。由于玻璃纤维增强塑料 (GRP) 具有抗菌性能，因此有可能制造出抗医院产品和食品污染的表面涂层。Lamilux 复合材料的产品非常适合在卫生设施的公共区域使用，也可用于手术室。

www.lamilux.com



突破极限

膝上假肢已经在残奥会比赛中使用了很多年，但公众真正了解它们是在 2012 年伦敦奥运会上，当时一名截肢运动员参加了常规奥运会。德国 Ottobock 公司推出了 3S80 型号的带液压旋转膝关节，该关节专门为跑步比赛进行了优化。1E90 碳素弹簧脚也有一个碳素槽。这些假肢是为业余和资深跑步者设计的。

www.ottobock.com



JEC KOREA

2021 开拓亚太地区 复合材料市场

2021 年 11 月 3-5 日 | SEOUL COEX,
REP. OF KOREA



超过一千多位国际复合材料行业专家将参与到这个为期三天的线上活动中来，共同推动亚太地区复材行业的发展。



www.jec-korea.events

从长远来看， 碳纤维混凝土能否取代钢材？

Can Carbon-Reinforced Concrete Replace Steel in the Long Run?

织物混凝土是目前最受欢迎的建筑原材料之一：“在未来的十年里，我们将奠定基础，用碳纤维取代至少 20% 的钢筋用于混凝土加固。”

尽管碳纤维混凝土与钢筋混凝土的竞争仍在继续，但无疑它是一种创新的复合材料。混凝土是目前最受欢迎的原材料，全球用量达 80 亿立方米。早在 2000 年前的古代，像罗马万神殿这样的建筑就已经使用了类似于混凝土的材料，即水泥、粘土、沙砾和水的混合物。然后，到了 19 世纪末，铁和后来的钢筋被用来加固建筑，延长建筑物、停车场或桥梁的使用寿命。用于加固混凝土的钢筋有一个主要缺点：从长远来看，它不耐腐蚀，需要额外的混凝土保护层来保护钢筋不受腐蚀。桥梁尤其受到影响。

德国约有 14 万座桥梁，其中 4 万座是高速公路或主干道的一部分，主要由钢筋混凝土建造。

根据 Solidan GmbH 总经理 Christian Kulas 博士表示，德国 19% 的桥梁急需维修。在德国，由于改道和因桥梁损坏而无法通过而造成的改道和拥堵造成的经济损失非常高，估计每年高达 20 亿欧元。

碳纤维混凝土的研究是向低腐蚀性材料迈进的一个里程碑。碳纤维混凝土是高性能混凝土和由碳制成加固材料的混合物。碳纤维以其轻便、柔韧性和强度而闻名。另一个显著的优势是，它可以减少 50% 的能源消耗和二氧化碳排放量。Tudalit 电动车协会成立于 2009 年，其总体目标是支持非金属增强材料，特别是碳材料的建筑发展。JEC Composites 杂志采访了 Tudalit e.V 公司的总经理 Roy Thyroff。

JEC Composites 杂志：Tudalit 协会的主要目标是什么？



Istanbul 的 Bosphorus 海峡大桥：320 米高度的桥塔包层。（图片由土耳其伊斯坦布尔的 Firbeton 公司提供）



Roy Thyroff

Roy Thyroff 接受过技术商业经济学的教育。

他于 2000 年加入 V. Fraas GmbH 公司，自 2012 年以来，他一直是纺织企业 V. Fraas Solutions 公司的管理人员和 Tudalit e.V 公司的常务董事。

Roy Thyroff.: Tudalit 目前正朝着一个新的方向发展，从一个商标发展成为一个国际认可的行业协会，未来将在柏林成立。我们认为，与其他主要机构的差距，如德国 Beton-und Bautechnik-Verein e.V.，将非常有利于实现我们的宏伟目标。领域内需要一个强有力的行

业代表，在技术批准、标准和指导方针方面给予至关重要的信心。我们目前正在组织一个为期两天的年度网络会议，展示纺织和碳纤维混凝土的最新趋势。建筑业是高度具体化的，体现了一种真正可持续发展的思维方式。建立互信，从而获得市场的认可，是与行业内互动和合作的关键优势。德国 Textilbeton 中心倡议于 2007 年启动，旨在加速第一手的知识产权转移，现在已并入为 Dresden AG 技术大学 (TUDAG) 的一个部门。Tudalit 协会成立于 2009 年，其整体目标是促进 Tudalit 保护商标的应用和未来发展。

在您看来，碳和织物增强混凝土最重要的应用是什么？

R.T.: 让我们从发展历程开始…… 2014 年首次批准在建筑内部（尤其是

天花板和墙壁)中应用碳纤维混凝土加固,然后在2016年由联邦总统 Joachim Gauck 授予了 Deutscher Zukunft 勋章。这些都是碳纤维混凝土市场接受度的开创性里程碑。同时,根据具体情况授予多项授权。这意味着我们可以展示大量精彩的展品,从住宅或办公楼到学校、停车场或桥梁。例如,在 Solidian, Beton Kemmler 和 RWTH Aachen 共同努力下,利用带有织物增强材料(玻璃纤维)的成品部件建造停车场。Hering Architectural 混凝土开发了经济高效的建筑混凝土面层,从而满足了对薄而轻的构件的需求。由于其无腐蚀性能和更方便的安装,织物增强混凝土明显比钢筋混凝土经济。然而,不像钢筋混凝土,我们仍然没有被纳入传统的指令或标准中。材料在标准中的分类仍在进行中。我们需要有远见的建筑公司,他们着眼于未来,解决问题,愿意提供必要的资源和支持 Tudalil 协会。

在何种程度上碳纤维混凝土是钢筋混凝土的真正替代品?

R. T.: 你总是需要先考虑整体成本,然后再决定使用什么材料。这种成本效率需要在整个价值链中进行评估。我们需要一种全新的成本计算方法,从单一的系统到整个项目。碳纤维混凝土的主要优点之一是其施工时间较短:当将碳纤维混凝土用于阳台上的外墙板或地板面板时,运输和组装成本可能会显著降低。这也适用于子结构或紧固结构,因为整体减少了组件重量。碳比钢轻了四倍,而强度高六倍。组件可以设计得更薄,从而节省多达 50% 的资源。

C3 - 碳混凝土复合材料的研究项目对实现加固材料从钢改为碳的目标有多重要?

R. T.: 作为德国建筑和建筑领域最大的研究项目,C3 - 碳纤维混凝土复合材料在建筑界获得更广泛认可的道路上发挥了开创性的作用。

建筑业的营业额约占国内生产总值的 10%,公司超过 33 万家,是德国最



Switzerland 的 Solothurn 医院——由碳纤维混凝土制成的水平和垂直构件。(图片由瑞士 Trübbach 的 Sulser AG 公司提供)

重要的工业部门。

大约 6% 的雇员在建筑行业工作。

联邦教育和研究部对该项目资助了高达 4500 万欧元 [3], 将此作为 «Twenty20 - Partnership for Innovation» 计划的一部分。相关公司还增加了 1,500 万欧元的投资。跨学科联盟目前由 164 个合作伙伴组成。不可否认的是,C3 引发了人们对碳纤维混凝土认知的范式转变,我们期待着在未来的几年里,我们将联手进一步实现量的飞跃。



Frank Schladitz

Frank Schladitz 工程博士,同时还是工商管理硕士,是 C³- 碳混凝土复合材料公司执行董事会的代表,并代表 TU Dresden 大学协调此研究项目。在完成土木工程专业的学习后,他花了五年时间规划桥梁,然后加入了 TU Dresden 混凝土结构研究所。

Frank Schladitz: 只有建筑业愿意接受变化,才能应对环境保护、碳足迹减少和资源节约方面的巨大挑战。C3 的

愿景是通过使用碳纤维混凝土和在长期内取代钢筋来开创建筑设计的新时代。大多数用于保护钢筋不受腐蚀的混凝土保护层都可以被取代。碳纤维混凝土为此提供了新的解决方案。而水泥生产占全球二氧化碳排放量的 6.5%,是全球航空排放量的三倍。解决方案是:碳纤维混凝土。混凝土的使用可以节省高达 80% 的材料。

自 2014 年 C3- 项目启动以来,情况发生了很大变化。在过去的五年里,又有 6 个项目获得批准,所有主要的建筑机构都开始了碳纤维混凝土的研究——在此之前,只有 Aachen 和 Dresden 从事这一领域的研究。这个项目从研究走向了应用。一些公司正在开发自己的产品,并选择创新的建筑解决方案。我们的 164 个成员之一,建筑公司 Goldbeck,为整个过程链,从规划、设计、支持到竣工建筑提供了完整的解决方案。2014 年,只有人行天桥是由碳纤维混凝土构成的,但现在可以预期会有越来越多的公路桥也由碳纤维混凝土来建造。Saxony 正在计划建造一座完全由碳纤维混凝土建造的公路桥。我向业界人士发出呼吁:那些正在走向“面向未来”的雇主品牌的可持续发展的公司,



世界上最长的织物增强混凝土桥梁（96.75 米），位于德国 Albstadt Lautlingen。也是 Albstadt Ebingen 有史以来第一座碳纤维混凝土桥。（图片由 Solidian 公司提供）

应该致力于碳纤维混凝土的大趋势。C3 希望在 2025 年前，为用碳纤维代替至少 20% 的钢筋来加固混凝土打下基础。



Christian Kulas 博士

Solidian GmbH 的总经

理，该公司是玻璃和碳

增强材料的主要生产商。在

Konstanz 大学完成结构工程研究、

教学活动并在 RWTH Aachen 获得

MBA 学位后，他于 2013 年加入了

Solidian，负责技术和工程部件。

他于 2017 年被任命为总经理。

JEC Composites 杂志：在过去的几年里，Solidian 最杰出的建筑项目是什么？

Christian Kulas.: 我们完成了许多令人着迷的项目，但最为突出的可能是海拔 320 米高的 Istanbul Bosphorus 桥塔的包层。我们负责提供技术解决方案和生产玻璃 / 碳纤维材料。

如果没有碳纤维混凝土这样的创新材料，塔架的外观设计在技术上就不可行了。为了保护塔顶上的钢结构和在高海拔地区搬运货物，用于保护塔顶上的钢结构的外墙需要 110 kg/m² 的最大面板重量。我们面临的挑战是建造这些最大尺寸为 3.0 m x 4.5 m，厚度仅为 30 mm 的面板。

最后不得不提到的是，在这个高度，我们必须与巨大的风速作斗争。但时间压力也是一个问题。

我们在 4 个月内完成了整个项目，包括技术解决方案的开发、测试阶段，以及 3000 米增强管的生产并发货到土耳其。

碳纤维混凝土应用的一个较新的实例是位于瑞士 Solothurn 将于 2020 年竣工的新医院。

设计者们非常重视设计明亮友好的房间，同时保护建筑免受热辐射的影响。

这是通过使用悬浮元素来实现的，这些元素也可作为屏幕，以确保病人的隐私不受公共区域的影响。

水平和垂直的悬浮元素，而非格子结构，但在视觉上相当大，不可能使用钢筋混凝土，因为它们太重，不容易固定在承重墙上。设计者选择了空心的横截面，外壳只有 30mm 厚。这样，预制构件的重量大约减少了 60%。

作为第三个例子，我想提一下 Albstadt-Ebingen。有史以来第一座完全由碳纤维混凝土建造的桥梁。

这座 15 米长的桥供行人和骑自行车的人使用，还可以容纳一辆 10 吨重的除雪车。这是一个展示这种创新材料潜力的完美案例。

织物或碳纤维混凝土应用的核心优势是什么？

C.K.: 其主要优点是明显的耐腐蚀性和轻便性。以立面面板为例。

碳纤维混凝土面板的厚度为 2-3 厘米，而钢筋混凝土面板的厚度为 8-10 厘米。

这节省了大量的材料。

考虑到世界范围内的沙子短缺，转向这种创新的材料是必须的。在桥梁建

设中，耐久性方面也有很大的影响。对于钢筋混凝土，密封盖或沥青层需要每 5-10 年进行一次改造。使用碳纤维混凝土，这一层不再需要，从而将维护成本降至最低并提高耐久性。由碳纤维混凝土制成的桥梁寿命为 80-100 年，其间不需要进行翻新。

十年前，我们在德国 Albstadt-Lautlingen 建造了世界上最长的人行桥，全长近 100 米。到目前为止，还未发现有任何恶化的情况。

你对未来十年织物增强混凝土的发展趋势有何预测？

C.K.: 就外墙、桥梁和结构调整而言，这种创新材料将继续获得重要性，并扩大其在市场上的地位。我甚至会说它将取代这些壁龛中的钢材。

然而，从研究所和大学的应用导向研究到标准化活动，过程链中的所有参与者仍有一些功课要做。

我想在几年内我们将能够依靠标准化的规范。

对于 Tudalit 来说，加速知识转移有多重要？这个网络对你们的活动有多重要？

C.K.: Tudalit 从一个商标到一个国际工业协会的设想转变可能预示着一个新时代的到来。

因为需要以这种形式来汇集整个碳纤维工业的资源，我们看到了巨大的潜力，并加强碳纤维混凝土作为金属增强材料替代品的应用。

www.solidian.com

JEC WORLD

2022 国际领先的复合材料展
巴黎北郊维勒班展览中心

2022年3月8-10号



加入复合材料行业领先的一站式展会



www.jec-world.events

亚什兰复合材料： 英力士的智慧之选

和您一样，英力士一直高度信赖亚什兰复合材料。他们凭借卓越的专业能力解决每一个难题，完美应对强腐蚀工作环境。

当您需要设计制造能经受恶劣环境考验的设备时，他们即刻行动；当您需要有人视您的业务成功为己任并不懈努力时，他们挺身而出。

我们意识到，他们不仅仅是极富价值的资源，更是您团队的一份子。而现在，他们加入了英力士。这意味着您将得到更多支持，英力士作为科学和化学行业全球领导者将竭诚为您服务。若您有任何困难，请联系我们。英力士复合材料将与您携手前进，共创未来。



了解英力士集团和复合材料前景的更多信息，请访问：
ineos.com/composites

INEOS Composites

广告