

# **JEC COMPOSITES**中国

面向中国的先进复合材料工程技术

# 15

**可再生能源**  
**Renewables**  
**可持续发展**  
**Sustainability**

**复材制造**  
**Composites Manufacturing**  
合作/工业4.0/自动化  
Cooperation/Industry 4.0/Automation

**革新方案**  
**Innovation Solutions**  
自行车/医疗  
Bicycle/Medical

ISSN 2707-3459

[www.JECcomposites.com](http://www.JECcomposites.com)

2023.8



# 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 合作

北京冬奥会：中国努力制造自己的装备  
Beijing Winter Olympics: China Strives to Manufacture Its Own Equipment

### 3 自动化

通过大批量罐体制造实现氢气工业化  
Industrialising Hydrogen Through High-Volume Tank Manufacturing

## 专栏：可再生能源 Special Report: Renewables



### 6 联合企业

EDF的Megapol：核领域的聚合物野蛮生长  
Megapol by EDF: the Polymer Wild Card of the Nuclear Sector

### 8 风能

迎接新挑战的新型玻璃  
New Glass for Meeting New Challenges

### 10 天然纤维

绿色机舱：天然纤维复合材料在风能领域的先驱  
The Green Nacelle: Pioneering Natural-Fibre Composites in Wind Energy

### 12 策略

EuCIA强调欧盟绿色交易能源战略下的复合材料机会  
EuCIA Highlights Opportunities for Composites Under EU Green Deal Energy Strategies

## 专栏：持续发展 Special Report: Sustainability



### 14 生物基树脂

生物基树脂PUGreen：一种用于复合材料加工的新型生物基树脂概念  
PUGreen: A New Bio-Resin Concept for Composites Processing

### 17 可持续发展

升级循环促进了咖啡废物管理  
Upcycling Gives A Boost to Coffee Waste Management

### 18 航空航天

SAGA公司的外层空间扩展  
The SAGA of Outer Space Continues

## 解决方案 Innovation Solutions



### 20 汽车

宝马白车身应用系列CFRTP结构件  
Serial CFRTP Structural Part for BMW Group Body-In-White Application

### 23 U自行车

四轮的电动自行车  
The Four Circles' E-Bike

### 24 医疗

Hi-Fiber打造完美笑容  
Hi-Fiber Makes the Perfect Smile

# 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: 021 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: 021 3251-7225, bruno@icgl.com.hk  
Europe 欧洲: Raheel Mohammad, +33 1 89 20 40 65, mohammad@jeccomposites.com  
Antoine Morel, Deputy Editor-in-Chief, morel@jeccomposites.com  
Nelly Baron, VP Content/Marketing/Communication, baron@jeccomposites.com

2023年版权所有 © Copyright 2023 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



# 北京冬奥会：中国努力制造自己的装备

## Beijing Winter Olympics: China Strives to Manufacture Its Own Equipment

2022 年冬奥会的举办让人们看到了中国国内体育装备的不足。为了在这些高技术领域实现自力更生，加强了产业间的合作，以及对先进材料和新技术的使用。

### 中国首个自主研发的碳纤维雪橇

在 2022 年北京冬奥会期间，中国运动员有望使用中国首个自行设计的雪橇。据中国媒体报道，这项技术成就需要不少于 12 家中国航空航天和汽车行业的领先公司合作参与。

项目经理周宇是中国航天科技集团公司 703 结构复合材料研究与应用中心的一名高级工程师。他从事树脂基结构复合材料的研究开发和应用。中国长征五号和长征七号火箭很多都采用了周宇和他的同事开发的新型碳纤维复合材料。

尽管 1924 年第一届冬奥会后雪橇已被采纳为正式项目，但目前这项速度

型冬季运动项目在中国仍然非常小众。周宇的团队在 2020 年 5 月开始了这个项目的研究。冬奥会雪橇主要由两部分组成：撬刃和连桥，对重量、尺寸和材料都有明确要求。针对撬刃，要求低风阻和高冲击强度，以提高速度并确保运动员的安全。

### TG800 航空级碳纤维

中国媒体报道说，国内生产的 TG800 航空级碳纤维复合材料被用于制造撬刃。这种材料看起来像墙纸。它是一种夹层结构。夹在中间的黑色碳纤维复合材料预浸料两面都很粘，很薄，很软，可塑性强，具有细织布的形状，周宇这样说

到，并进一步强调每根碳纤维单丝的直径只有人类头发直径的十分之一左右。

在整个雪橇体被覆盖后，必须进行加热和加压，使原本柔软的复合材料中间物完全凝固，成为坚硬而牢固的雪橇体。

然而，开发过程并非一帆风顺。从航天产品到雪橇，科研团队必须完成一个大型“跨界”，这不是一个小挑战。团队最初与中国的汽车巨头一汽集团接洽，希望建立一个联合研究团队。双方进行了明确的分工。703 研究所负责设计和制造碳纤维车身和其他具有低风阻和高可靠性的复合材料部件。一汽集团则负责设计和制造雪橇的底盘、框架和其他金属部件。

### 石墨烯增强型服装 为志愿者和服务人员供暖



北京科技周期间展出的石墨烯发热羽绒马甲和发热围巾。

在北京冬奥会期间，许多人将不得不处于超低温环境中。衡水绿能嘉业新材料科技有限公司研发总监王义珍指出，除了传统的羽绒服、棉服等保暖方式外，还需要一种更安全、更高效、更保暖的方式。

公司的总部设在河北省，张家口市，也是 2022 年冬奥会的举办城市北京的联合主办城市。

在河北省科技发展协会的帮助下，绿能嘉业公司开发了由石墨烯制成的服装，包括内衣、手套、袜子和围巾。

据王义珍介绍，石墨烯是一种具有最高导热性的新型纳米材料。它具有超高的强度和超高的导热性，被业界誉为“

新材料之王”。

这种可以产热的衣服对于需要长时间呆在户外的人，如志愿者和服务人员有很大帮助。穿着者可以在感到寒冷时打开衣服的加热功能。

### 热量调节器、性能增强剂

石墨烯很可能在 2022 年北京奥运会上成为焦点，因为它不仅可以用来产生热量，还可以用来调节热量。据纳米技术界的在线出版物《AzoNano》报道，荷兰国家自行车队在 2020 年东京奥运会上穿着基于石墨烯的衬衫，使用 Directa Plus（全球石墨烯纳米片的生产商和供应商）设计的热平面电路（TPC）技术。

高性能衬衫可以吸收身体产生的热量，并通过材料进行分配。然后，衬衫将这些热量散布到周围环境中。可以说，在这些特性的帮助下，荷兰自行车队的 Annemiek van Vleuten 在个人计时赛（ITT）中赢得了金牌。

在同一届 2020 年东京奥运会期间，Kim Je-deok 为韩国男子射箭队赢得了两块金牌。这位 17 岁的年轻人使用石墨烯增强弓，在混合团体和男子射箭比赛中均冲击金牌。据报道，由 Win&Win 公司设计的这种弓比碳纳米管替代品耐用 60%，减震能力强 20%。

[www.hebust.edu.cn](http://www.hebust.edu.cn)



2021 年 9 月，首批 4 架国产雪橇正式交付，包括 2 架双人和 2 架四人雪橇。中国媒体称，到目前为止，中国已经具备了每年生产 60 至 100 架雪橇的工业化能力。

[www.spacechina.com](http://www.spacechina.com)  
[www.faw.com](http://www.faw.com)

## 3D 打印的高端碳纤维冰鞋将取代外国品牌

世界知名的碳纤维速滑鞋多由美国、加拿大、意大利、奥地利或荷兰的公司生产，其价格高达中国速滑鞋的十倍。

为了改变这种状况，河北经贸大学运动生物力学教授杨金田和他的科研团队于 2020 年 6 月开始投入到自主研发新一代碳纤维冰鞋的工作中。研发团队由运动生物力学和计算机科学专家等多学科专家组成。

杨金田说，高性能碳纤维复合材料具有强度高、耐腐蚀、变形小、重量轻等特点，可以有效提高速滑鞋的性能，实现轻量化制造，从而有助于提高运动员的竞技成绩。



该项目的经理周宇是 703 结构复合材料研究与应用中心的高级工程师。

该项目旨在使用高性能的碳纤维复合材料来研究和开发速滑鞋。为此，该团队建立了一个速滑运动员的脚和鞋底的数据库，并开发了一个三维鞋底扫描和打印系统。

经过一年多的科技攻关，该团队成功研发出第一代高性能碳纤维复合材料速滑冰鞋。据杨金田介绍，与中国高端速度滑冰鞋相比，碳纤维滑冰鞋的重量轻 3% 至 4%，剥离强度提高 7%。

### 准确的数据库

收集准确的脚型数据是整个研发项目成功的关键。杨金田强调说：这个看似简单的步骤在实践中需要极其精细的细节。他解释说，速滑运动员的定制冰



目的是为了设计出更符合中国运动员人体工程学的速滑鞋。

鞋主要是通过收集运动员脚部的石膏模型来实现的。这个过程很复杂，效率很低，而且溜冰鞋的制造时间也很长。这些问题可以通过结合三维扫描技术和鞋底 3D 打印技术得到解决。

研究团队收集了大量速滑运动员的鞋底数据，反复修改、对比、验证，最终实现了鞋底数据与冰鞋制造的高度契合。通过扫描运动员脚型和足底压力测试，他们将建立脚型和鞋底数据库，为自主研发更符合中国运动员人体工程学的速滑鞋提供数据支持。

杨金田团队将加快轮滑鞋的改进，争取尽快达到产业化阶段。他表示，第二代轮滑鞋将能够与国外同类产品“掰手腕”。  
[www.kjt.hebei.gov.cn](http://www.kjt.hebei.gov.cn)

# 通过大批量罐体制造实现氢气工业化

## Industrialising Hydrogen Through High-Volume Tank Manufacturing

自动长丝缠绕线有助于使氢气成为汽车和航空航天市场上化石燃料的可行替代品。Cygnet Texkimp 将高速绕丝和自动化结合起来，以快速和低成本的方式制造大量的氢气压力容器。

纤维处理和加工技术专家 Cygnet Texkimp 正在帮助运输业实现气候中立的目标，使用高速自动长丝缠绕系统为汽车、航空和航海市场大量生产氢气罐。

在 2021 年 11 月举行的 COP26 峰会上，重申了到 2030 年将碳排放减半的雄心。迄今为止，几十个国家已经通过零排放战略承诺了他们的意图，这些战略依赖于使用氢气、电池 - 电力、太阳能和其他替代燃料来取代化石燃料驱动的内燃机（ICE）。

近几个月来，随着全球各国政府对氢气在实现其目标方面的重要性的不断支持，实现无排放流行的势头越来越猛。

许多国家已经宣布在 2035 年前禁止销售新的化石燃料汽车。

而且，正如 2022 年所显示的那样，全球政治和人道主义危机所造成的燃料供应链的不确定性正在加剧对可靠能源的替代来源的投资需求。

由于所有这些计划都取决于可行的氢能技术的发展，迅速崛起的氢能经济为复合技术提供了许多机会。

### 一个自动化的长丝卷绕解决方案

Cygnet Texkimp 的解决方案是为了制造压力容器和管道，以储存和运输用

于汽车、卡车、飞机和船只的加压氢气。

与 OEM（原始设备制造商）合作，并作为英国政府支持的两项技术计划的一部分，该公司的目标是开发一种罐体制造解决方案，能够以足够的数量和速度生产容器，以满足未来市场的大量需求，同时提供储存氢气所需的可追溯性和质量保证能力。

Cygnet Texkimp 开发了该解决方案，作为其在为期三年、耗资 4000 万英镑的 ASCEND 合作研发计划中的角色，该计划由一级航空供应商 GKN Aerospace 领导，旨在加速复合材料和工艺技术的发展，改善复合材料技术的采用，提高生





Andy Whitha

Director of Process Development  
Cygnet Texkimp

产率以满足航空和汽车市场未来的大批量需求。该技术也是最近完成的“亨利项目”的成果——这是一个由一级汽车供应商 Moveero（原吉凯恩车轮和结构公司）领导的为期六个月的项目，旨在开发用于汽车应用的氢能技术。

该系统的核心是高速、高精度的长丝缠绕机和机器人长丝缠绕机。为了进一步提高其生产力、产能和系统性能，该缠绕单元配备了一系列自动处理和数据管理技术，作为完整的长丝缠绕生产线的组成部分。

## 通过自动化实现批量化

分析师们一致认为，在制造能力方面满足对氢气罐和管道的需求将是该行业的一个重大挑战。根据氢能委员会的 2021 年氢能洞察报告，各国预计到 2030 年将有 450 万辆氢动力 FCEV（燃料电池电动汽车），需要 10500 个加氢站（HRS）为其提供燃料。

自动化对于扩大制造能力以实现这些产量至关重要。实现正确的生产量是复合罐潜在采用者的一个关键挑战，特别是在汽车市场，制造商正在寻找使氢气在主流轻型车和乘用车上可行的方法。自动化改变了这里可以实现的目标，使制造商能够在特定的时间内通过有效地操纵它们来制造更多的储罐。在收卷机周围放置一个自动化系统来管理输入材料和输出部件，意味着制造商可以更快、更稳定地加工油箱。

Cygnet Texkimp 的系统是根据每个应用的需要定制的。在一个例子中，一个安装了自动导引车（AGV）的机器人在一个多位置纤维放卷架上提升和装载纤维筒。它在长丝缠绕机中装卸芯轴，在装载前后对罐体进行称重，并将罐体运送到固化炉，在那里将其装入和取出固化阶段。

## 在制造方面的考虑

Cygnet Texkimp 的解决方案是制造



在 Cygnet Texkimp 的自动绕丝机上制造的一个复合压力容器。

高压（350-700 巴）下储存氢气的容器。目前的汽车和航空航天应用通常需要壁厚为 30 至 40 毫米的容器。每一个容器都要用几公里的纤维来制造，而商业或重型车辆的车载罐则要大得多。

公司提供定制的机器人长丝卷绕单元，具有多达九个轴。能够快速铺设大量纤维的长丝缠绕机是一种灵活的储罐解决方案，而多轴缠绕机是为管道设计的。三维卷绕机可以生产更复杂的弯曲形状。每种长丝缠绕技术在纤维围绕芯轴的放置方面都有很高的精度，更多的轴可以提供更大的精度。这意味着需要最少的纤维量来实现成品罐的理想强度和性能。因此，油箱的重量也被保持在最低水平，这使燃油效率更高。

## 纤维处理专业知识

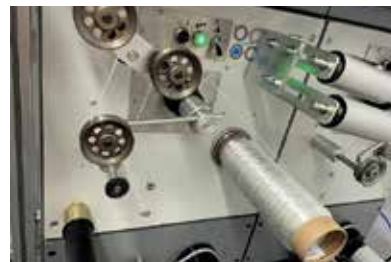
像其所有的机器一样，公司的自动长丝卷绕系统具有专业的卷材处理技术，旨在保护纤维从包装到加工的健康和完整性。这些技术包括纤维拉伸和引导系统、光滑的表面处理和自动包装处理技术。

良好的纤维处理对于实现材料和成品部件的最高质量水平和一致性至关重要。如果制造商错位或错误地处理纤维，或没有使用正确的控制面来展开，中间材料的完整性和性能就会慢慢降低。如果发生这种情况，将需要更多的纤维来实现相同的性能，因此增加了重量和二氧化碳排放，甚至是，降低最终部件的性能。放置好材料就有可能减少使用它，这将带来重大的好处，尤其是在成本方面。

## 可追溯性和一致性

自动长丝缠绕生产线还通过工厂管理和嵌入式数据系统为成品罐提供详细的可追溯性和质量保证能力，该系统测量和记录相关数据，包括输入材料、纤维张力、树脂与纤维比率、缠绕速度和纤维放置图等。

通过增加一项监测和记录能力，该



Cygnet Texkimp 的解决方案采用了几十年的纤维处理专业知识。

公司为制造商提供了收集数据的工具，以表明每个部件都是按照预期的准确参数制造的。这不仅对满足严格的安全要求的制造商特别有吸引力，而且在罐体寿命结束时也很有用，有助于市场了解材料如何被回收或安全处理。

## 热固性和热塑性塑料的性能

目前，该技术可用于制造由热固性分切带、热固性束状预浸材和干纤维与润湿系统相结合的容器。Cygnet Texkimp 在 2019 年推出了其热塑性 UD 预浸料或 UD 带加工生产线，目前正处于调整罐体缠绕解决方案的高级阶段，以纳入热塑性复合纤维束和分切带，这将带来更大的可持续性以及增强的性能优势。该技术未来将与热塑性塑料带兼容。

## 可持续发展

公司将其储罐生产线设计为一个完全集成的方案，可以根据客户要求定制，以适应相对较小的制造工厂。这将使制造商能够在使用氢气容器的现场或靠近现场的地方加工储罐。避免了运输空容器，进一步最大化了系统氢能源的生态效益。

目前，公司位于柴郡的创新中心有一个全尺寸的、可用于生产的自动化长丝缠绕解决方案，原始设备制造商可以在那里与专业机械和软件工程师一起设计和测试应用情况。

世界市场一致认为，氢气在实现无排放旅行方面可以发挥重要作用。要实现能源转型的目标，特别是在主流的重型和轻型商用车市场，现在有赖于新的制造解决方案，以可靠、稳定和具有成本效益的方式扩大生产规模。

Cygnet Texkimp 的解决方案是与汽车、航空航天和海事领域的终端用户一起开发的，制造商可以在一个安全的专用环境中自行测试。

[www.cygnet-texkimp.com](http://www.cygnet-texkimp.com)





# MagPro

By Brucite<sup>+</sup>

[www.bruciteplus.cn](http://www.bruciteplus.cn)

[info@brucite.plus](mailto: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<sup>®</sup>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<sup>®</sup>150和MagPro<sup>®</sup>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（130m<sup>2</sup>/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<sup>®</sup> 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





# EDF 的 Megapol: 核领域的聚合物野蛮生长

## Megapol by EDF: the Polymer Wild Card of the Nuclear Sector

EDF 的研发部门最近创建了 Megapol，这是一个由世界上独一无二的国际专家组成的财团，其目标是找到简单、安全和低成本的解决方案，以帮助延长核电站的寿命。聚合物的冒险已经开始。

聚合物可以被制成超硬的或可塑的、透明的、抗紫外线的、彩色的或有弹性的。它们可以以泡沫、粉末、奶油或液体的形式生产，可以做（几乎）任何事情且更便宜。事实上，聚合物显示出的技术特性可以适应核部门的非常具体的要求。因此，核工程师可以从创新、快速和安全的维修解决方案中受益。

对于某些维修任务，聚合物有时是唯一能满足要求的材料。它们为延长核电站的寿命提供了重要的剩余操作空间。

### 大量的创新

在核领域之外，聚合物的多功能性也提供了许多对非核工业至关重要的特性：强大的机械强度，特别是在地震、变形或爆炸方面，疲劳强度，高化学情

性，良好的介电性能，低重量，优秀的密封性能，高延展性和易于实施，不需要高温或高压就能达到一定数量的用途。聚合物并不总是提供比现有材料更好的性能。然而，对于同等或更高的质量，它们往往具有更广泛的使用特性。

例如，在工厂中修复混凝土结构可能非常昂贵、耗时，并且最终在没有聚合物基胶带的情况下非常复杂。

其经济效益也是无可比拟的：在核工业中，使用聚合物管道代替钢，可大大节省成本。然而，这些材料也有其局限性：回收工作复杂而昂贵，而且由于温度过高（约 300 °C），它们不能用于初级系统。最后，聚合物的寿命通常比金属短，但它们易于更换且成本较低，这使得它们甚至可以被考虑用于最年轻

的工厂。对于即将进入最后阶段的老厂，10 年或 20 年的寿命足以满足其要求。

矛盾的是，核电生产使用的聚合物比例低于其他工业部门，但正在逐步向这一材料开放，这为改进提供了良好的余地。

### 复杂的背景

从 2000 年代初开始，法国国家电力公司（EDF）就了解到聚合物在核领域所代表的重大变革潜力。

事实上，监管压力正在增加，参考标准正在加强，法国核安全局（ASN）的要求越来越严格，机组维护成本正在增加，从而影响了 EDF 的竞争力。该集团目前正在参与延长其电厂的运行寿命至 40 年以上。从这个角度来看，生产装置的安全正在鼓励人们寻找既安全又便宜的新材料解决方案，如果可能的话，还可以更有效。

### 恰逢其时的一个项目

在这种情况下，EDF 研发部门设立的 Megapol 项目非常有说服力：其在维护操作中开发使用聚合物的作用有助于控制工作成本，并为用户带来安全的能源过渡，从而使法国的能源结构保持相当大的核能比例。

Megapol 成立于 2019 年 11 月。它的主要任务是确定聚合物可以为延长船体运行寿命作出贡献的领域，并实施所选择的解决方案。

Megapol 最初是由核工程师为核工程师设计的（见插图），除了 EDF 之外，现在还包括：

● 美国电力研究所（EPRI），该研究所



(a) EDF 冷却塔内的 PVC 冷凝系统；(b) EDF 管道系统内的氯丁橡胶衬垫；(c) HDPE 管道系统（HPC 电厂，EDF 英国）；(d) 法国 Civaux 核电站的环氧树脂复合管道系统（EDF）





核潜艇 "le Terrible" © 海军集团

空中客车直升机 "H175" 型  
© 照片：Ned DAWSON

EDF 电厂 DAMPIERRE 2, Coolung 塔, 中途观察到的受损区域 - 圆形复合材料 - 环氧树脂碳板 ©

在美国核领域以及通过其国际运营商网络提供其工程和研发专长；

- the Canadian Candu Owner Group (COG), 控制加拿大核工业, 广泛出口到国际；
- Framatome (法国), 一家核反应堆制造商和核维护专家。

Megapol 现在可以满足所有类型的商业反应器的要求, 并代表目前在世界各地运行的工厂的 80%。该联盟也向任何有兴趣在自己的业务中发展使用聚合物的其他行业开放。

除了核能领域, 所有行业都受益于这些新材料, 军用和民用航空通过空中客车直升机, 海军国防工业通过海军集团也参与了 EDF 项目。近几十年来, 这些公司大规模增加了生产中使用的聚合物材料的比例。他们看到, 在这种跨学科合作中, 有可能收集核工程师的反馈和经验, 同时分享他们独特的工业经验。

## 坚定不移地工作

通过这个项目, Megapol 的成员可以与其他行业充分合作, 开发自己的聚合物创新研究项目。在这方面, 该联盟已获得了很多的国际知名度。

EDF Megapol 项目经理 Marc Kuntz 表示: “这是核工业参与者首次在国际层面参与一个致力于核聚合物的联合融资、建造和管理项目。这是对 EDF 在这一研究领域卓越表现的真正认可。”

## EDF 的聚合物研发团队

EDF 的研发部门分布在巴黎的三个地点, 在新部门工作的员工有 1,900 人。

Les Renardières 的实验室有三个研究部门。MMC 部门拥有 160 名员工, 主要研究用于核工业的材料: 混凝土、钢材、聚合物和复合材料。大约有十几名研究人员致力于聚合物, 特别是其使用寿命所带来的问题。

聚合物团队的首要目标是释放剩余裕度, 以延长工厂的运行寿命, 使其符合 ASN 法规和要求。

## 服务于核工业的聚合物专家的国际网络

成员们共同努力, 以确定研究领域以及面临的挑战。考虑到每个成员的技术限制, 所产生的可交付成果要么是知识积累, 要么是共同发展。

所获得的知识可供所有成员使用, 并可在维护计划中直接实施。

联合体的每一个成员都在内部指定一名活动经理。然后组建一个专家团队来应对“聚合物”的挑战。没有无结果的竞争, 而是真实的平等合作。一个各方共赢的伙伴关系, 已经结出硕果。

这种工作方式可以丰富所有人的经验, 并加速聚合物主题的出现, 这对核电站也有帮助。事实上, Megapol 是第一个代表全球核设施的聚合物联盟, 它也接纳了其他工业部门。该联盟已成为一个向有关行业开放的国际对话空间。

## 目前研究领域

国际专家团队在两年内的预算为 70 万美元, 目前正在研究七个研究项目:

- 用于核电站水管理的高密度聚乙烯 (HDPE)
- 混凝土结构的复合修复和核部门的复合部件的开发
- 预测弹性体密封件的寿命
- 新的覆盖物, 以提高反应堆性能
- 对聚合物的长期寿命及其在事故阶段的行为进行建模

- 可用于核电站的聚合物的无损检测 (NDT)

- 聚合物在优化拆解过程中的优势

## 充满希望的未来

聚合物材料的使用量从 1960 年的 1000 万吨增加到 2018 年的 3.59 亿吨, 即在不到 60 年的时间里增长了 3,600%。在法国核领域, 聚合物占重量的比例为 16%, 而 25 年前为 6%。

## 随时向所有人开放

Megapol 被用来为核工业提出新的高风险聚合物问题。定期组织向最好的大学开放的研讨会。

以下是将在 2021 年研究的一些新领域, 将在 2022-2024 年期间建立进一步的研究课题:

- 能源部门的 PVC (从预测当前 PVC 部件的使用寿命到开发用于空气冷却器的新型 PVC 材料);
- 通过非破坏性测试对聚合物进行现场监测;
- 用于核部门的新型阻燃材料;
- 复合材料在核领域的新应用;
- 增加暴露于  $\gamma$  或  $\beta$  辐射的核聚合物的寿命;
- 预测核聚合物寿命的机械方法;
- 在去污中使用可剥离的覆盖物;
- 核工业用 3D 聚合物打印;
- 核聚合物部件维护的文本分析;
- 地质聚合物在核工业中的应用;
- 预测弹性体阻尼器的地震特性的变化。

## 利用知识为每个新成员谋福利

每个现有的或新的成员可以在任何时候提出一个新的课题供审议。然后, 联盟将分析该课题与社区的相关性, 并提出一个研究方案和资金分配方案。



# 迎接新挑战的新型玻璃

## New Glass for Meeting New Challenges

更大的叶片需要先进的材料科学、智能工程和合作伙伴来提供经济高效、可持续的解决方案，而不是走捷径，这可能意味着更高的成本、排放和复杂性。



Tom Wassenberg  
Platform Director, Wind  
Owens Corning

从推动帆船穿越海洋到平衡大气层，人类发现风对地球上的生命前进至关重要。变化和进步似乎总是与它的力量相关。然而，有一件事是风可以帮助我们解决的：全球变暖 -- 而这十年采取行动至关重要。

### 更轻、更长的叶片 超越了挑战和召唤

虽然有一个庞大的科学家群体在想象和设计解决方案，以实现全球变暖限制在工业化前 1.5°C 水平的世界，但我们知道答案的很大一部分在于我们如何生产和使用能源。

由于其潜力，风能正在快速增长。然而，据说我们每年需要安装 390 GW 的新风能容量，才能在未来几十年内达到碳中和，这是目前预测的 3 到 4 倍。是的，我们必须解决这个问题，这就是我们在这里的原因：通过材料科学共同创造新的解决方案。

对一个大挑战的简短回答： $A = \pi r^2$

当第一个大规模的商业风力发电场开始运行时，涡轮机的额定功率为 1MW 或更低，风力叶片的长度为 10 至 15 米。



制备横梁盖的从 H 玻璃纤维到 H<sup>3</sup> 玻璃拉挤板材。

从那时起，OEMs 多年来所做的一件事就是增加风力涡轮机的直径。

简单地说，( $A = \pi r^2$ )：半径 (r) 越大，产生的能量越多（它遵循转子的平方面积）。听起来很简单，但更大的涡轮机意味着更长的风力叶片，这是叶片设计师定期面临的巨大挑战之一：如果它们仅仅使用相同的材料来延长风力叶片的寿命，则更长的长度将意味着更重，这是不可接受的，因为重量轻是涡轮机效率的关键。

在过去的几年里，这一挑战导致了不同的更高性能材料的探索，如碳纤维。虽然碳纤维是性能 + 轻量级方程式的答案，但它也带来了自己的挑战，因为它更昂贵，供应链更有限，而且碳足

迹更高：每公斤产品约有 19-43 公斤二氧化碳，而玻璃则约为 2-5 公斤二氧化碳。好吧，如果现有的高性能材料不能完全解决这一挑战，那么什么可以呢？

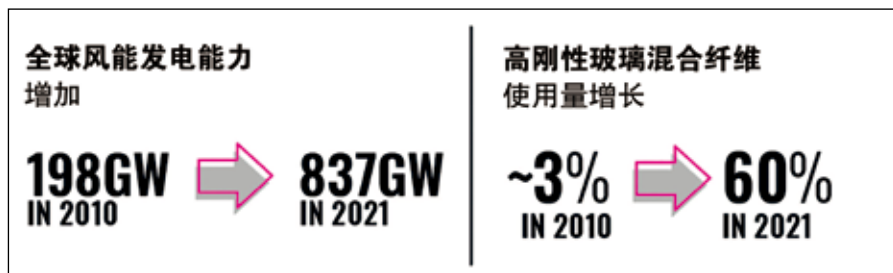
### 智能工程

早在 21 世纪初，当转子直径约为 80 米，叶片长度超过 60 米是一个遥远的梦想时，Owens Corning 与叶片设计师合作，重新构想了其高模量玻纤（H-玻纤）配方和织物设计。这使得玻纤模量性能实现了飞跃（82 GPa 至 87-89 GPa），之后，我们开始看到直径超过 200 米的转子，以及更长、更轻且具有成本竞争力的风力叶片。

如果在千年之交，人们知道玻璃纤维可以在实现更具成本效益的高性能风电叶片方面发挥举足轻重的作用，那么这一点在今天仍然成立，并且是保持长度、重量和成本效益之间平衡的关键所在。这就是如何做到这一点的。

### 更具成本效益地增加 风电叶片长度的三个步骤

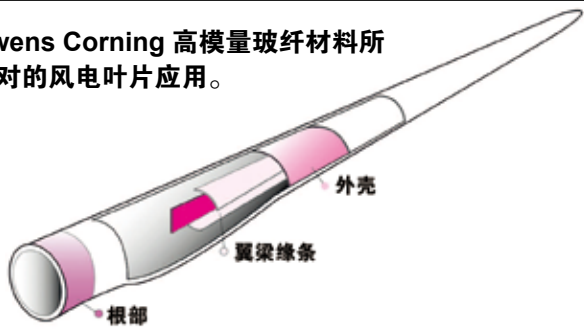
玻璃纤维行业的创新正在蓬勃发展，这意味着为风力叶片量身定制的下一代



根据 GWEC 2022 风力报告和 Owens Corning 估计，产能和玻璃纤维性能的演变。



Owens Corning 高模量玻纤材料所针对的风电叶片应用。



高模量玻璃材料还有空间。2021 年，Owens Corning 风电团队完成了 H<sup>2</sup> 玻璃的设计（目前已在中国量产），模量为 91 GPa。现在，同一团队还完成了 H<sup>3</sup> 玻璃的设计，这是达到 95 GPa 模量性能的又一次飞跃。这两种材料均已通过最可靠、最准确的声波模量测试方案验证，并具有行业领先的稳定特定模量，可用于根部、壳体，尤其是翼梁帽的可靠叶片设计。

虽然材料很重要，但它本身并不能满足风能行业的所有需求，这是我们下一步的目标。

虽然玻璃纤维织物在增加不同风叶部件的性能方面发挥了作用，但当涉及到风叶的结构元素 -- 翼缘帽时，需要有新的产品外形，以提供其所需的性能。这就是织物机出场的地方，为拉挤生产线让出了空间：这是最稳定、可重复和具有成本竞争力的复合材料制造工艺之一。

在横梁盖的生产中使用拉挤板不仅有助于实现更长的叶片设计，因为与织物相比，纤维体积分数更高，而且还支持更有效和可靠的结构，因为在组装翼缘帽时不需要处理玻璃或碳纤维层和褶皱。这使得叶片生产现场生产率的提高，因为与以前相比，更标准化的木板可以以更精简的流程被放入叶片模具中。

中国的原始设备制造商和叶片制造商已经接受了性能更高的玻璃可以为横梁盖带来的好处。在 2022 年世界风能大会上，Owens Corning 公司设计并制造的 ULTRASPARE<sup>TM</sup> 拉挤板，就是以玻璃拉挤板为主要设计基础的，该行业已经能够经济有效地扩大规模，满足中国风能市场的高要求。

最后也是最重要的部分是真正使这一切成为可能的原因：伙伴关系。数字可以单独讲述一个惊人的故事，但如果我们一起把它们变成现实，那么我们会创造历史。叶片设计大幅发展，但用于组装的材料也出现了跳跃，我们认为我们的需求并没有得到完全解决 -- 成本高、供应链有限、对排放的影响差。现在，有一个机会，为世界制造叶片，可以扩展到满足我们的挑战。

不仅是挑战，这也是一个必须回应的召唤，因为随着世界和气候的持续变化，我们也必须这样做。

[www.owenscorning.com/wind](http://www.owenscorning.com/wind)

# 我想获取 先进复材业培训

# 免费订阅

JEC COMPOSITES 中国  
面向中国的先进复合材料工程技术

# 10



可再生能源  
Renewables  
可持续发展  
Sustainability  
复合材料制造  
Composites Manufacturing  
创新方案  
Innovation Solutions  
大规模生产/3D打印/机器人/自动化  
Mass production/3D printing/Robotics/Automation

**JEC中国：先进的复材加工内容独家授权于行业顶流刊物JEC Composites Magazine。**  
Advanced composites engineering content licensed from JEC Composites Magazine, the smartest source in the business.

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](mailto:subs@icgl.com.hk)  
或登录 [www.ChinaEngineeringMedia.com](http://www.ChinaEngineeringMedia.com)



# 绿色机舱：天然纤维复合材料在风能领域的先驱

## The Green Nacelle: Pioneering Natural-Fibre Composites in Wind Energy

2021 年夏季为天然纤维复合材料( NFC )在风能领域的发展和應用提供了一个里程碑式的时刻, 7.3 米长的绿色机舱被放置在 Rotterdam 的塔顶, 600 千瓦的风力涡轮机的 44 米直径的转子被安装。

这个开创性的新 NFC 机舱是由 DOT (代尔夫特海上涡轮机公司) 委托制造的, DOT 是一家领先的风力涡轮机研发创新者, 是位于荷兰代尔夫特的 DOB- 学院的一部分。绿色机舱由 NFC 专家 Greenboats® 制造, 复合材料来自 Sicomin 和 Bcomp, 工程支持来自 Judel/Vrolijk & Co, 据说是迄今为止建造的最大的 NFC 结构 (图 1)。

### 展示天然纤维复合材料的机遇

在过去的十年里, Greenboats 专门从事天然纤维复合材料的工程和制造, 激励公司重新思考他们的复合材料解决方案, 并转向更可持续的选择。通过绿色机舱, 该公司及其客户 DOT Power 已经证明, 可再生和生物基复合材料的技术水平, 加上高效的复合材料加工技术, 可以降低制造过程中的能源消耗, 大大改善大规模风能部件的可持续性。

基于内部开发的广泛的 NFC 处理专业知识, Greenboats 可以在产品生命周期内将典型玻璃纤维增强复合材料 (GFRP) 部件的二氧化碳排放量减少 60-80%。与采用现有 GFRP 技术制造

的发动机舱相比, 绿色发动机舱的制造能耗也降低了 50% 以上。

这些重要的可持续性益处全部实现, 而不损害最终复合结构的性能、质量或耐久性。

### 优化复合材料组合并简化工艺

绿色机舱长约 7.3 米, 宽 3.6 米, 高 3.1 米, 表面积约为 100 平方米。它由两部分组成, 上部 and 下部, 每部分都有一个钢架, 可以用螺栓将两部分连接起来 (图 2)。为了安全地进入屋顶, 加入了一个生命线系统, 并且在机舱的后面有一个紧急出口。绿色机舱建造过程中的一个关键创新是基于面板的组装方法, 机舱的两个部分都是由扁平的三明治面板制成的, 这样可以节省生产大型模具所需的材料和能源。

Sicomin 是市场领先的 GreenPoxy® 系列生物基环氧树脂系统的制造商, 多年来一直与 Greenboats 合作, 通过其德国分销商 Time Out Composite oHG 提供材料和现场技术支持。

Sicomin 提供了其 DNV GL 批准的 InfuGreen 810 树脂系统, 该系统用于注

入 Bcomp 的 ampliTex™ 亚麻纤维增强织物和 FSC 认证的轻木芯, 用于机舱的主要结构夹层板 (图 3)。

屡获殊荣的 ampliTex™ 技术亚麻织物系列包括不同的织法 -- 双轴、斜纹和单向 (UD) 格式 -- 具有卓越的机械性能, 同时由于该织物在其使用寿命中不产生二氧化碳, 因此对环境的影响较小。在机舱项目中, Bcomp 公司为主要夹层板提供了斜纹编织的加固材料, 并为面板连接处提供了双轴带。

"这个项目以及风中的其他大型面板 NFC 应用, 是 InfuGreen 810 的理想选择。它的低粘度对加工非常重要, 但粘度不能太低, 如果树脂流动太快, 就会造成孔隙。更重要的是树脂本身的浸润性, 在这方面, InfuGreen 的性能优于标准系统, 使最终结构的机械性能得到改善," Sicomin 的德国经销商 Time Out Composite 公司的 Michael Th on 评论道。

一旦浸渍的面板被修整并在临时支撑拱上被钉在一起, Sicomin GreenPoxy 33 树脂被用于层压和二次粘结柔性增强带和附加的胶合板舱壁。

最后, Sicomin 的 SGi 128 膨胀型生物基 FR 胶衣被用于为机舱的内部和



图 1：由天然纤维复合材料制成的最大机舱



图 2：机舱结构



外部表面提供耐用的涂层，TopClear 抗紫外线清漆也被用于保护 flax fibre 特征条纹的细节。”对于像机舱这样的结构，关键是我们选择在大型部件中加工稳定、性能良好的材料，而这正是 Sicomin 的强项，“Greenboats 的创始人兼总裁 Friedrich Deimann 在讨论材料选择时指出。”他们的树脂、胶衣和清漆符合我们的可持续发展目标，并符合我们的 NFC 精神，在性能上没有任何妥协。最重要的是，当我们需要扩大规模时，他们可以真正在工业层面上提供服务。”

## 天然纤维复合材料的长期评价

机舱于 2021 年 1 月交付给客户，随后安装在该项目定制的 V44 600kW 风力涡轮机上，该风力涡轮机目前位于鹿特丹 Maasvlakte 的陆上（图 4）。它计划在这个地点停留到 2021 年 11 月，然后将涡轮机转移到新的位置。

Greenboats 和 Sicomin 都拥有各种 NFC 和生物树脂项目的广泛测试数据和经验，他们的研发团队与多家研究机构和大学合作，研究海水、湿度、风化和紫外线对复合材料性能的影响等主题。因此，该团队对机舱的性能有了很好的了解，期望与传统材料相比具有相同或更好的老化性能。

Greenboats 将随着时间的推移监测机舱性能，利用他们的发现为大型户外 NFC 结构开发详细的长期案例研究。

Greenboats 将监测机舱性能随时间的变化，利用他们的发现为大型户外 NFC 结构开发详细的长期案例研究。

## 风力发电领域复合材料的寿命终止选择

凭借大量的二氧化碳当量节约、可再生原材料以及制造过程中能源消耗的显著降低，天然纤维复合材料甚至在产品达到使用寿命之前就为变革提供了令人信服的理由。

随着全球风力发电行业使用的复合材料超过 250 万吨，第一代涡轮机现在



图 3：输注前的干燥材料

开始接近其使用寿命，现在相当多的焦点都集中在解决这些问题上。

Greenboats 本身在其生命周期分析中包含了几个针对天然纤维复合材料的关键寿命终止假设，并重申了其基于面板的方法的好处。

“我们坚信，基于面板的组件设计和制造方法具有巨大的优势。我们的愿景包括对退役 NFC 风能组件的面板部分进行再利用或升级改造，从而大大延长材料的使用寿命，” Greenboats 的 Friedrich Deimann 评论道。

最后，只有在其使用寿命的绝对终点，NFC 组件才能在几个步骤中被粉碎和分离。切碎的材料现在可以用于热解过程以生产合成气，该合成气用于制造甲醇或替代传统的炼油厂产品，例如工业炉中的重油（来源：Schmehl 等人 2008 年）的报告。但这只是一个可能性的例子，而不是一个确定的未来。此外，在标准废物管理系统中存在高效能量回收的可能性。

## 为增加 NFCs 在风能中的采用播下种子

绿色机舱项目的重要性和相关性肯定已经被领先的工业参与者和复合材料行业本身所注意到。2021 年初，绿舟、Sicomin 和 Bcomp 被提名为 JEC 创新奖决赛选手，自机舱交付以来，绿舟收到了大量风能制造商的询问。

在风能行业，机舱是 NFC 材料的理想首选应用，因为与叶片相比，结构载荷更容易管理。虽然绿色 Nacelle 项目的主要目标是确认用更可持续的材料建造机舱的可能性，但 Greenboats 表示，他们现在看到了未来在更大的组件中采用 NFC 的重大前景。

“我们相信，利用我们基于面板的工



图 4：现场机舱

艺和 NFC 解决方案，我们可以设计和建造任何尺寸的机舱，甚至是业界最大的涡轮机的机舱，“Deimann 评论道。”由于原材料成本较高，而且制造工艺在技术上更为先进，使用 NFC 的生产成本大约比 GRP 高 20-30%。然而，使用可持续发展的复合材料有循环利用的优势，而且这种优势在未来可能会大大增加。我们必须以五年为一个步骤进行思考。我们确信，到本十年末，至少会有小批量的 NFC 机舱生产。从 2030 年起，NFC 可以在机舱市场上占有相关的市场份额，我们也将有望见证第一批 NFC 叶片项目的诞生。”

## 要求原材料供应商做得更好

Nacelle 进展迅速，没有出现任何问题，Sicomin 环氧树脂产品和 Bcomp 的 ampliTex™ 天然纤维技术产品的性能符合预期，并满足客户和复合材料工程团队定义的所有结构要求。当被问及在材料技术方面还能取得哪些成就时，Deimann 补充说：“我们制造的产品已经有大约 80% 是基于天然材料。可持续性可以通过增加树脂系统的生物基含量来进一步提高，这是我们非常乐意评估的。”

正如 Sicomin 总裁 Philippe Marcovich 所说，Sicomin 确实准备好迎接挑战：“我们不断致力于研发开发，以增强我们的创新化学品。今天，我们拥有市场上最高的生物基含量，可以提供风能市场所需的工业量。展望未来，我们不断寻找新的配方和发展，让我们在未来为客户提供更高水平的可持续性。”

Greenboats、Sicomin 和 Bcomp 期待随着项目进入下一阶段，DOT 测试计划的进一步反馈。

[www.green-boats.de](http://www.green-boats.de)



# EuCIA 强调欧盟绿色交易能源战略下的复合材料机会

## EuCIA Highlights Opportunities for Composites Under EU Green Deal Energy Strategies

根据欧洲绿色协议，欧盟委员会制定了一系列战略，以支持其在2050年实现欧盟气候中立的雄心，其中许多战略可能会推动复合材料使用的增长。为了探索这些战略带来的机遇和挑战，欧洲复合材料工业协会（EuCIA）正在与欧盟委员会联合举办一系列研讨会。

第一场活动，即欧盟近海可再生能源和氢气战略中的复合材料行业的机会，于9月29日举行，欧洲复合材料行业的代表与欧盟委员会清洁能源转型研究与创新总局的政策官员 Carlos Eduardo Lima da Cunha 博士会面。

“绿色协议将在未来30年对工业产生重大影响，对于复合材料行业来说，有很大的机遇，但也有很大的挑战，特别是围绕材料的循环性，” EuCIA 董事总经理 Ben Drogts 解释说。“海上可再生能源和氢战略都很重要，因为它们将对复合材料的使用产生直接影响，需要大幅提高生产能力。作为 EuCIA，我们希望向欧洲复合材料行业通报这些机会，激发围绕挑战的讨论，并确定欧盟委员会提供的研究和创新支持来源。

### 8000 亿欧元用于海上能源

与1990年的水平相比，到2030年实现温室气体净排放至少减少55%，这是欧洲绿色协议的一个重要里程碑，也是实现这一目标所需的海上风能产能的大规模扩张。该战略要求到2030年欧洲的海上风力发电能力达到60 GW，到2050年上升到300 GW。目前的产能约为12 GW。海洋能源也有雄心勃勃的增长目标：欧盟委员会正在采取一种技术中立的方法，为围绕新兴技术的新市场发展提供潜力，如浮动风能、直流电技术、浮动光伏和海藻生物燃料。

欧盟委员会估计，要实现其海上能源目标，需要8000亿欧元的投资，其中大部分来自私营部门，而欧盟将提供“催化”资金。除了促进可再生能源的发展和提高不同可再生能源的能力外，该战略还旨在支持海上可再生能源的研究和创新，并加强欧洲的技术领先地位和工业能力。然而，这种增长必须在循环经济的背景下进行，提高复合材料的可持续性委员会正在进行的工作的一个重要目标。

Lima da Cunha 博士继续说，欧盟委员会的目标为欧洲的复合材料行业提供了巨大的机会。据估计，目前欧盟的复合材料产量约为1000千吨。委员会已经计算出，为了在2050年实现300GW的海上风电产能，涡轮机叶片、机舱和

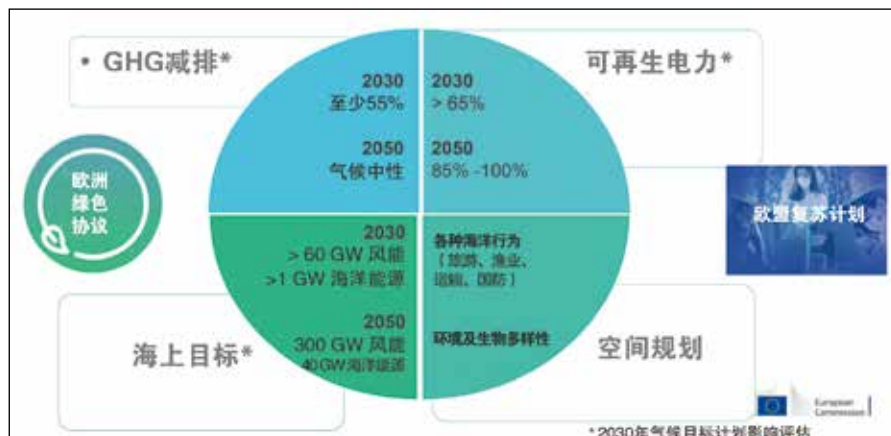
其他部件将需要约4000千吨的复合材料（假设技术和材料与2021年相同）。这将意味着，平均每年增加约13万吨的复合材料产量，相当于13%的年度市场增长。这表示一切用于海上装置的复合材料都在欧洲生产，而目前的情况并非如此。

### 欧盟复合材料行业面临许多挑战：

- 保障生产能力，以保证预测数量的材料的可用性。
- 开发新的复合材料，这些材料可以回收，但又能制造更大的涡轮机叶片，并能承受更深的近海水域的恶劣条件。
- 确保欧盟复合材料行业在这个快速增长的市场中成为可靠的价值链伙伴。



Dr. Carlos Eduardo Lima da Cunha, Policy Officer at the Directorate-General (DG) Research & Innovation, Clean Energy Transition.



为什么要制定海上可再生能源战略？© 欧洲委员会





全球目标 © 欧盟委员会

## 氢策略 - 工业应用和移动性

欧盟委员会的氢策略优先考虑可再生氢的部署，并专注于两个主要市场：

- **工业应用**：取代化石能源和以化石为基础的氢气（重点是化学原料）；

- **移动性**：氢气作为（直接）燃料用于重型公路车辆、火车、公共汽车和其他商业车队，以及氢气在燃料电池中用于电力移动。

复合材料行业的主要机会集中在为移动应用安全储存氢气，尽管也有机会将复合材料用于氢气生产厂和运输管道。该战略文件确实说明了所需的存储容量，但预计对高压罐的需求将大幅增加。

今天，由碳纤维复合材料制造的储氢罐被应用于氢动力乘用车，如丰田 Mirai。根据欧盟资助的轻型汽车 2025 项目，2030 年氢能汽车的年产量可能达到 200 万辆，2030 年每年需要 15 万吨碳纤维复合材料（全球）。这些数量将需要在今天的水平上大幅提高碳纤维的生产能力。

与海上可再生能源领域所预见的类似挑战仍然存在：发展生产能力以满足所需的储罐数量，满足可持续性要求，并成为这一快速增长市场中可靠的价值链伙伴。随着存储需求的增加，保持最高的安全水平也是一个优先事项。

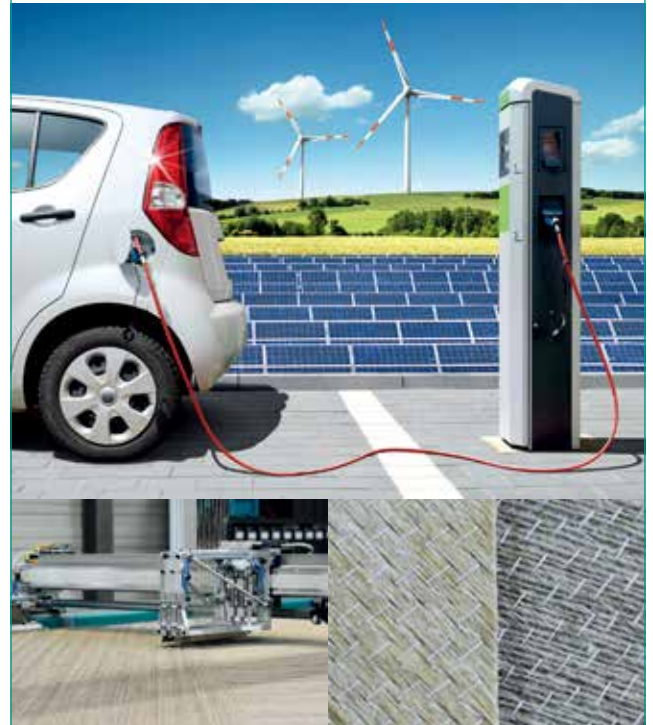
## 欧盟支持研究和创新

欧盟委员会通过各种计划为海上可再生能源和氢气市场提供资金和支持，包括 Horizon Europe, InvestEU 和 NextGenerationEU。欧洲清洁氢联盟和清洁氢伙伴关系也支持氢价值链上的研究和创新。

“我们，作为 EuCIA，将帮助我们的成员与相关的机会连接，” Ben Drogt 说。“复合材料用于许多不同的最终用户领域，这就是 EuCIA 与下游协会合作的原因。与最终用户的这种联系立即为特定主题的工作创建了联盟。我们已经与 WindEurope 和欧洲游艇工业进行了有效的合作，我们可以期待与处理氢流动性的协会进行同样的合作。我们还将继续促进网络活动，以探索与绿色协议相关的其他战略所带来的复合材料的众多机会。

[www.eucia.eu](http://www.eucia.eu)

## KARL MAYER GROUP



## COMPETENCE IN TECHNICAL TEXTILES

Sustainable Fibre Composites – read more:



[www.karlmayer.com](http://www.karlmayer.com)

**STOLL**  
**KARL MAYER**  
**KM.ON**



# 生物基树脂 PUGreen：一种用于复合材料加工的新型生物基树脂概念

## PUGreen: A New Bio-Resin Concept for Composites Processing

Purcom Química (巴西)、G12 Innovation (巴西) 和 Composite Integrity-Institut de Soudure 集团 (法国) 的复合材料分公司已经开发出一种与许多工艺和应用兼容的植物基聚氨酯 (PU) 树脂。由于使用它的资本支出很低，而且具有特殊的功能，因此它具有很大的价值。



Gilmar Lima, Founder  
G12 Innovation  
Giuseppe Santanchè  
Director New Businesses  
Purcom Química

石油基聚氨酯树脂与单一或复合的玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维或天然纤维一起用于复合材料中并不新鲜。聚氨酯在复合材料领域也是众所周知的，它是生产夹层结构部件的核心，具有很强的刚性、机械强度和隔热隔音性。在使用热固性工艺生产层压板时，使用聚氨酯树脂来取代聚酯、乙烯基酯和环氧树脂是可行的。高压 RTM 和挤拉工艺被广泛用于汽车和铁路行业，生产汽车保险杠和铁路行业的挤拉枕木等部件。然而，聚氨酯树脂作为热固性复合材料的生长受到限制，因为需要大量的投资，例如购买加热的金属模具和 RTM 工艺的新设备，或改造现有的挤拉设备。

在过去的五年里，巴西公司 Purcom Química -- 一家在全球运作的拉丁美洲独立聚氨酯系统的领导者，为不同的领域、工艺和应用开发了超过三千种配方 -- 为复合材料行业 PUGreen 开发了一种基于可再生资源的聚氨酯树脂系统。在研发过程中，Purcom Química 与专门从

事不同复合材料工艺和应用的的公司以及技术和研究中心合作，进行试验、认证和验证。被选中参与这个项目的公司是 G12 创新 (巴西) 和复合材料完整性 (法国 Institut de Soudure 集团的复合材料分公司)。该项目的目的是创造一种可用于不同工艺和应用的植物基聚氨酯树脂，所需投资与目前的高性能树脂类似，并提供具有竞争力的特点和优势，为市场、人类和地球创造价值。

### 挑战与机遇

经复合材料加工商检验和验证，PUGreen 的主要特点是其创新性质和与传统概念的突破。与传统树脂的区别之一是与加工设备有关。由于多元醇树脂和多异氰酸酯固化剂的压力、流速和混合比例不同，所用的 RTM 注射机和灌注机也不同。另一个关键点是，为了使 PUGreen 比目前的树脂有更短的固化周期，模具需要在 50-60°C 之间加热。在连续层压和挤拉工艺中，需要对现有设

备进行改造，但与石油基聚氨酯所需的改造相比，成本较低。

另一个挑战和巨大的机会是更多地利用植物基树脂的特殊功能，这使得它有可能在尊重所需刚性的同时，减少层压板的厚度，从而减少重量，以较低的总成本保持相同的性能水平。困难确实存在，但这种树脂为复合材料加工者和用户提供了真正的机会和好处。例如，可以建立一个没有挥发性有机化合物 (VOC) 排放物的工业工厂，因此，没有溶剂气味，这是这个行业的特点。由于 PUGreen 的收缩率为零，因此不需要添加剂或填充物来尽量减少放热反应的影响，因为每种树脂的放热反应是不同的。

低收缩或零收缩确保了高度的尺寸稳定性，这对具有精密装配的产品非常重要，并提供了出色的表面光洁度，大大减少了喷漆的零件准备时间。

例如，PUGreen 低收缩植物树脂可用于通过连续层压生产板材，其光洁度与固定式层压相同，但成本较低。这两



图 1：风：目标应用部门之一



图 2：卡拉斯科机场（乌拉圭）的内部天花板采用复合材料（连续复合工艺）



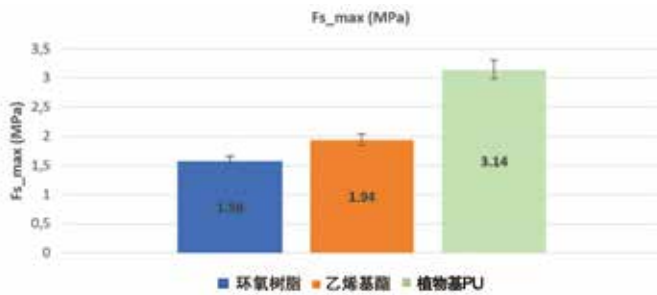


图 3：核心剪切力的最大和最小张力的比较

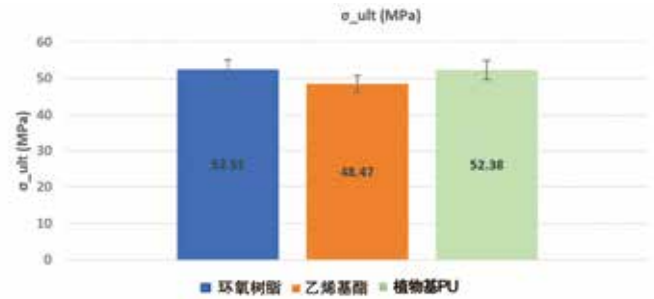


图 4：极限拉伸强度的比较

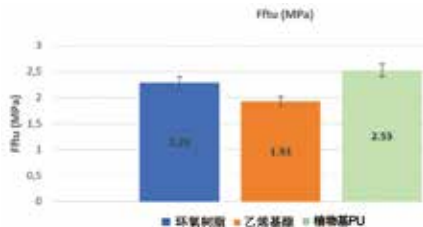


图 5：与以前的特征相比，对横向牵引的阻力比较 \* 来源：Light Structures Lab - LEL/IPT; São José dos Campos / SP / 巴西

种工艺被用来生产用于模块化建筑面板系统、冷藏车面板、视觉通信以及建筑部门的内部和外部覆层的板材。

## 定位、市场和流程

PUGreen 植物基聚氨酯树脂的定位是服务于中到高性能应用市场。为开始产品验证和认证过程而选择的工艺是 RTM、灌注、连续层压和拉挤。

用于热压 (SMC) 和长丝缠绕工艺的 PUGreen 版本正在开发中，应在 2022 年下半年推出。

开始使用该树脂的目标市场也是经过精心选择的。该战略的重点是具有增长潜力的领域，这些领域寻求高性能、创新和有竞争力的解决方案以及可持续性，如运输（卡车和巴士）、建筑（用于潮湿地区的模块化建筑系统和套件（图 2））、电信（电杆和混合塔）、风能（图

1）和太阳能（部件和结构）、水上公园（图 6-玩具、滑水道和部件）、输配电（用于不同应用的模块化系统）。

## 特点、优势和性能

PUGreen 树脂的主要特点：

- 基于可再生资源（植物）
- 低碳排放
- 零收缩
- 无异味
- 消除了溶剂的使用
- 高机械性能（表 1 和 2，图 3、4、5）
- 显著的抗冲击和抗疲劳性
- 高断裂伸长率
- 高热变形温度（HDT）和玻璃转化温度（Tg）
- 差异化的固化系统
- 对聚氨酯芯材的高附着力

## 复合层压板加工的主要优势：

- 更短的生产周期
- 减轻重量（低密度）
- 无 VOC 排放
- 消除内部和外部位移过程中的裂缝
- 大幅度减少喷漆准备时间
- 由于性能高，有可能减少厚度
- 尺寸稳定（耐受不同的温度）
- 优良的表面光洁度（零收缩率）

许多使用 PU-Green 的项目和应用正在开发中，例如用于教室和保健中心的移动式模块化建筑系统，将主要在美国市场生产和安装。由于 PUGreen 植物基树脂的性能和表面质量，以及它是基于可再生资源的，因此被选中用于该项目。对于印度市场，正在开发用于浴室（地板、衬里和墙壁）的模块套件，并且正在进行装饰性外墙和管道维护的可行性研究。选择这种树脂是由于它的创新性和可持续性。

## 运输

对于运输应用，重点是认证植物基树脂用于通过 RTM 工艺制造的卡车车顶。认证过程正在进行中，与目前的树脂进行的第一次比较试验的结果非常好（见下文）。在这个项目中，装配商和变压器公司决定使用 PUGreen 树脂，原因如下：

- 机械性能可与目前的树脂相媲美
- 能够减少厚度、重量和总成本
- 注塑生产周期减少 30%。
- 良好的表面质量，减少涂装准备时间
- 生产过程无 VOC 排放
- 低碳排放

为了认证 PUGreen，装配商选择了优化工艺，首先是最关键的试验：弯曲强度和横向拉伸强度。测试样本来自两个生产部件，一个在巴西制造，另一个在欧洲制造。其中一个屋顶是用在欧洲使用和批准的树脂（环氧树脂）生产的，另一个是用在巴西批准的树脂（乙烯基酯）。第三种是用 PUGreen 植物基树脂生产的。其他材料按照相同的配方进行了测试，如玻璃纤维垫加固与聚丙烯芯和聚氨酯泡沫的复合层压板。

[www.g12innovation.com](http://www.g12innovation.com)  
[www.purcom.us](http://www.purcom.us)

性能	单位	规格		操作程序
		下限	上限	
抗拉强度	MPa	102	136	ISO 527-4:1997
拉伸模量	MPa	6,477	9,579	ISO 527-4:1997
断裂伸长率	%	2,10	3,13	ISO 527-4:1997
弯曲强度	MPa	227	300	ISO 178:2019
弯曲模量	MPa	8,264	8,916	ISO 178:2019
冲击强度	KJ/m <sup>2</sup>	39,8	44,9	ISO 179-1:2010
抗压强度 - Long.	MPa	182	234	ISO 14126:1999
抗压强度 - Trans.	MPa	126	193	ISO 14126:1999
热变形温度	Celsius	233	233	ASTM D648-18

\*对于厚度为 2.5mm 的测试样品进行了测试。树脂和芯材的 KTM 数据如图 4 (4502004380)。

在巴西五个不同的 Novosul 实验室进行的测试。

表 1：典型的机械性能

## 主要项目和应用

### 建筑行业

成分/物理化学性质	特征		最小	最大	注意
成分的物理化学性质	- 多元醇+异氰酸酯的粘度		180.0 cP	260.0 cP	注意
	- 多元醇比重		1.03 g/cm <sup>3</sup>	1.06 g/cm <sup>3</sup>	
	- 异氰酸酯比重		1.20 g/cm <sup>3</sup>	1.24 g/cm <sup>3</sup>	
典型反应特征	特征		最小	最大	注意
典型反应特征	- 凝胶时间		20分钟	26分钟	100g样品在 25°C / 77°F 的环境下进行测试
	- 反应时间间隔		5分钟	8分钟	
	- 放热峰值温度		115°C / 239°F	125°C / 257°F	
	- 巴氏硬度		35	45	

\*植物树脂可为每个工艺和应用量身定制

表 2：物理化学特性和典型反应特性



## 用于输电和配电的模块化通道系统 - JEC 巴黎 2020

该项目是通过具有互补能力的公司的合作联盟进行的，以开发、验证和认证电力部门的全面复合解决方案。LOOP 合资企业是由巴西巴拉那州的两个集团（HTMS 和 Ensiste）联合成立的，这两个集团专门从事电力和多市场领域的项目、解决方案和设备。这家复合材料制造公司将致力于为电力部门创造创新和可持续的解决方案。LOOP 不断建立新的合作联盟，以纳入这些技能组合。巴西公司 G12 创新和 Purcom Química 以及法国公司复合材料完善最近加入了该项目。这个联盟的第一个挑战是为输电和配电变电站创建一个带有保护罩的渠道。

### 概念、困难和挑战

该项目是考虑到植物基树脂的具体特性和优势而思考和设计的。该产品包括一个通道及其存储部件、电缆固定系统和保护罩。这种类型的通道被用作输电和配电变电站的电缆隧道。它们被埋在土里，并配备有保护电缆的盖子，在特定的部分，需要加固以承受沉重的交通 -- 未加固的盖子，虽然很重，但甚至不能支持轻度交通。通道的标准尺寸为 1 米长，0.6 米宽，0.5 米高。

我们对客户和指定人员进行了调查，以了解与当前混凝土通道和盖板有关的困难和挑战。提到的主要内容有：

- 装配速度慢
- 渠道和盖板的重量大，甚至在较小的部分也是如此
- 温暖地区的渠道温度高
- 盖板在运输和使用过程中破裂
- 重型车辆通过变电站时产生的侧向力，导致通道两侧断裂。

- 弯曲部分和连接处的困难

相比之下，混凝土部分具有非常有竞争力的低成本。

第一步：选择工艺、设计和材料

选用的工艺是通道采用低压 RTM，盖板采用集成聚氨酯芯的 RTM。创建了两个盖板模型，一个用于轻型交通，



图 6：巴西 Emotion 公司的 RTM 产品

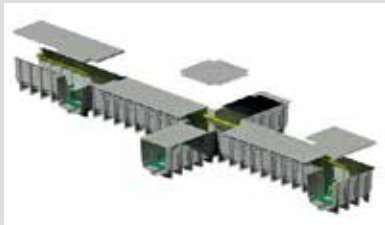


图 7：模块化渠道系统元素



图 8：模块化的通道组件

另一个用于重型交通。为了保持通道与混凝土部分相比的竞争力，使用了特殊的玻璃钢筋，并创建了肋骨，以提高惯性力矩，从而提高刚性，同时保留足够的灵活性，以避免产品在动态负载下的移动过程中出现裂缝，如通道旁边的运输和重型车辆交通。对于电缆支架，正在考



图 9：模块化通道原型

虑挤出一种用天然纤维和挤拉形状加固的高性能热塑性材料。该产品将使用四种主要材料：具有高耐候性的胶衣、植物基树脂（Pugreen）、聚氨酯芯材和垫子以及玻璃纤维织物加固。

第二步：建造原型，提交给主要运营商

为了验证工艺，确定产品重量和性能，展示系统和研究主要客户感知的价值，生产了原型模具。在演示过程中，人们讨论了改进建议，这些建议总是与当前产品的“弱点”有关。复合通道受到了欢迎，有几家公司甚至想立即购买盖板来取代目前的混凝土盖板。复合通道和盖板的重量为 20 公斤，而目前的混凝土通道为 480 公斤。

第三步：建立生产手段和最终验证模块化渠道系统

Pugreen 植物基树脂目前正在由 Composite Integrity 公司进行验证，包括机械试验和工艺参数的定义。为了验证该产品在现场的使用，通过机械和耐久性试验以及与混凝土渠道的比较试验，将在巴西一家能源运营商安装一条模块化渠道。负责验证和认证模块化渠道系统的所有试验和测试的公司是私营组织 Lactec，这是巴西最大的研究、技术和创新中心之一。



# 升级循环促进了咖啡废物管理

## Upcycling Gives A Boost to Coffee Waste Management

**Kreis 杯是一种耐用和可重复使用的杯子，由回收的咖啡渣和基于植物的聚合物粘合剂制成，提供一种可持续的、可生物降解的和轻质的最终产品。它甚至有咖啡的味道！**

认识到只有 25% 的咖啡废物被重新利用，Kreis Cup 项目于 2020 年开始，聚集了一个来自产品设计、工程和制造的专业团队，以创建一个可以帮助改变咖啡行业的产品。他们与咖啡烘焙师、商店和经销商合作，将他们的专业技能和知识融合在一起，创造了一个解决咖啡废物的创新方案：Kreis 杯。由于第一个工作原型在 2022 年 1 月完成，该项目即将在今年 8 月上市。

### 关于咖啡浪费的黑暗和苦涩的现实

全世界每天有超过 20 亿杯咖啡被消费，99% 的用过的咖啡渣被当作废物处理。大多数用过的咖啡渣（约 75%）最终被埋在土地里，它们在那里分解并产生

生甲烷，这种温室气体在 100 年内比二氧化碳的危害大 25 倍。

再加上每年约有 2500 亿个一次性咖啡杯被扔掉的事实，你将永远不会再以同样的方式看待这种如此普遍的日常饮料。Kreis Cup 团队决定采用升级改造的方法找到一个解决方案，这是一个基于废物收集、改造和再改造的整个系统，给予了世界上第三大消费饮料一种新的饮用方式。

### 循环性是产品开发的核心

Kreis 的意思是圆形，类似于基于自然材料再生为可持续产品的循环经济模式。Kreis 杯是一次性纸杯的替代品，旨在取代废旧咖啡渣的报废概念。

鉴于它是世界上消费量第三大的饮料，咖啡在全球范围内产生了大量的废物。一旦咖啡被酿造出来，咖啡渣就会被丢弃，构成了经常性产生的大量食物垃圾。事实上，据估计，全世界每年产生 25 万吨的咖啡渣 -- 其中数量惊人的



**Kreis Way 的回收计划旨在收集使用寿命结束后的 Kreis 杯，并将其重新用于新的杯子，绝不触及土地。**



咖啡废品再利用来盛放你的咖啡

咖啡渣被扔进陆地或倾倒在海洋中。然而，这些咖啡渣可以被巧妙地重新利用和循环利用。

### 完全使用咖啡废料和生物聚合物粘合剂制成

Kreis 杯是一种可生物降解和可重复使用的杯子，由用过的咖啡渣和植物基材料制成，不含石油基塑料。它具有耐热性，旨在使您的咖啡保持更长时间的热量。Kreis 杯是为倡导循环经济而设计的，它由废旧咖啡渣制成，这些咖啡渣经过干燥、处理，然后悬浮在一种天然的植物基聚合物中。这样做的结果不仅仅是看起来像你的咖啡渣一样丰富，而且还有一种淡淡的、无法辨别的咖啡香味。将咖啡渣固定在一起的聚合物也是食品安全的，耐热的，而且有令人难以置信的弹性，不像陶瓷杯，一碰到地板就会粉碎。通过使用从当地咖啡店、餐馆、办公室和酒店收集的废旧咖啡渣，Kreis Cup 模型将回收数百万吨的咖啡渣，否则这些咖啡渣最终会被填埋，造成许多问题，如产生温室气体和酸性渗滤液，会破坏周围的土壤。

[www.coffeekreis.com](http://www.coffeekreis.com)



关于咖啡浪费的七个事实





# SAGA 公司的外层空间扩展

## The SAGA of Outer Space Continues

**SAGA Space Architects 成立于 2018 年，是一家丹麦建筑公司，由一个对太空探索和外太空生活充满热情的团队组成。他们的项目 Lunark 提出了一种方法，为与部署太空栖息地结构有关的所有限制提供了解决方案。**

当涉及将人类送回月球表面的项目比比皆是时，来自 SAGA 空间建筑师工作室的丹麦建筑师从折纸中获得灵感，为他们的旅行提供一个独特的生活空间。Lunark 由 Karl-Johan Sørensen 和 Sebastian Aristotelis 设计，由碳纤维板建造，旨在开发一种适合人类在月球这样的恶劣和复杂环境中居住的结构 - 他们把目光投向了火星。

### 一种可折叠的复合折纸结构

材料的选择保证了运输和安装的耐久性，以及最终使用阶段的效率。折叠后的体积使运输更加有效，仅占 2.9 立方米，相应的运输尺寸为 2.23 x 2.23 x 2.23 米，重量仅为 650 公斤。展开并安装后，该结构提供了一个适合两人居住和工作的空间。由 9 毫米 ArmaFlex Ultima® 制成的内部隔热材料创造了一个安全的生活区，在栖息地内提供了 20 °C 的舒适温度，外部温度最低可达 -45° C。

月球上的栖息地的技术规格涉及以下方面：轻质、在循环负荷下的结构

稳定性和广泛的使用温度、耐候性和抗紫外线以及良好的隔热性。Lunark 栖息地由 164 块复合板组成，以可折叠的折纸结构组织，并固定在铝制框架上。用于制造面板的结构核心是 8 毫米的 ArmaPET® 结构，密度为 250 公斤 / 立方米。Armacell 绿色泡沫完全基于可回收的聚对苯二甲酸乙二醇酯。这为 SAGA 的建筑师们赢得了环境信用，因为使用回收的 rPET 材料，否则就会被送往垃圾场或焚烧，与生产原始的化石基 PET 相比，产生的碳足迹更小，需要的能源更少。皮层的生产使用了来自 Refitech 公司的预浸材料 -- 高质量的斜纹编织碳纤维（2 x 200 g，48% 的环氧树脂）。表皮层是通过自动切割准备的，以实现系列化生产和面板之间的尺寸一致性。接下来，它们被手动放置在成型工具上，并与夹心材料层压在一起，最后在计算机监控的高压罐中进行固化。由此产生的 8.2 毫米厚的面板被数控切割成合适的尺寸，用螺栓在坚韧的橡胶缝上进行组装，并用柔性硅胶密封，以提供一个可折叠的复合折纸结构。

### Armacell

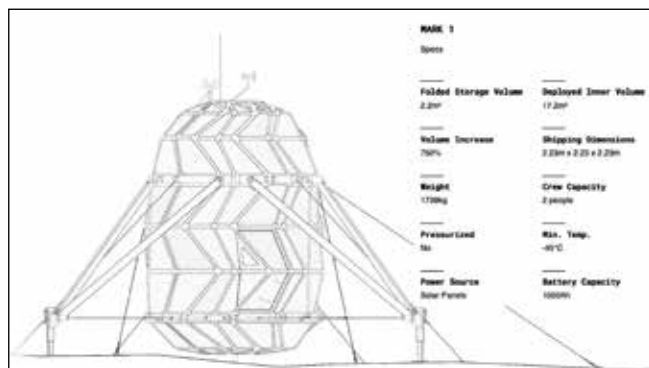
Armacell 公司发明了用于设备保温的软质泡沫，是工程发泡材料的领先供应商。它在 15 个国家拥有 3000 多名员工和 23 个生产基地，开发创新和安全的热学、声学 and 机械解决方案，为我们的客户创造可持续的价值。该公司活跃在两个主要的活动领域：先进的绝缘材料和工程泡沫，专注于技术设备的绝缘材料，用于高科技和轻质应用的高性能泡沫，以及下一代气凝胶毯技术。

### 强度、适应性、能源独立性

材料的设计和选择使复合材料的准各向异性得以实现，解决了技术规范中的高刚度、比强度、低导热性和尺寸稳定性等问题。所用的复合材料具有低热膨胀系数的特点，这在月夜温度变化相当于 14 个地球日的情况下，在月昼温度变化相当于 +100° C 的环境中至关重要



SAGA 空间建筑师



SAGA Lunark 栖息地的几个技术规格





可折叠门特写，结构中唯一的窗户，显示出里面温暖安全的家。

要。外壳结构的设计是由稳定性和耐久性的强度和屈曲要求驱动的，而内部结构的设计是由稳定性、隔热性能、生活区的舒适性和韧性要求驱动的。

Armacell 公司的 ArmaPET® 泡沫复合板保证了重量轻和运输性，并提供了耐用性、韧性、坚固性和卓越的防尘耐磨性，延长了使用阶段的时间，没有严重的损坏或维修的需要。Armacel 公司的 ArmaFlex Ultima® 的隔热性能保证了栖息地内舒适的温度，这一点极为重要。内表面也是可调整的，支持对居民的个人需求和舒适感的调整。在 1000Ah 太阳能电池的支持下，与外部太阳能电池板的轻松结合确保了能源独

## SAGA

SAGA 是一个新的设计实践，致力于通过从人类的角度来设计栖息地，使空间适合未来的太空旅行者居住，其中精神健康和社会可持续性生命支持方程的一部分。

立。这种可折叠的概念也可适用于其他结构，如储存设施庇护所和支持性基础设施。

## 舒适的生活空间

除了技术性能外，该栖息地还注重居住性，以创造一个舒适的生活环境和一个富有成效的工作场所，并采用零废物的思维方式。它包括一个模拟光的颜色和强度以及亮度水平变化的装置，以模仿人类在地球上典型的一天中习惯于经历的阶段。从此，迷失的感觉减少了，因为作为人类情绪和智力稳定核心的自然昼夜节律的觉醒和睡眠被再现。为了模拟时间的流逝，Lunark 还配备了一个

## Refitech

Refitech 专门从事工程设计和生产由复合材料制成的工业部件。复合材料是用碳纤维和玻璃纤维加固的合成物。它们独特的机械性能为具有高于平均性能的创新产品解决方案提供了绝佳的机会。例如，碳纤维材料是制造技术产品和机器的轻质、坚固、坚硬的高性能部件的理想材料。

小球藻反应器，通过光合作用种植可食用的藻类。该结构中的居民呼出的二氧化碳被回收，从而产生食物和氧气。藻类的生长也为时间的流逝提供了有形的证据，这有助于减少 Lunark 用户所经历的不正常的精神影响。最后，这些植物吸收太阳和空间辐射，有助于减少它们对身体的影响。

[www.saga.dk](http://www.saga.dk)

[www.armacell.com](http://www.armacell.com)

[www.refitech.nl](http://www.refitech.nl)



中国区  
总代理

ZEN3

致力打造复材行业整合营销生态圈

洲 | 创 | 集 | 团

线下商务合作伙伴

线上品牌营销推广

助力中国企业

实现O2O海内外双循环



复合材料行业全程供应商

ALL GREATNESS  
COMES FROM  
A BRAVE BEGINNING

Z PLUS - EXHIBITION, VISUAL, EVENTS

品牌策划服务商



沉浸式交互展示平台

O2O线上线下同步体验



关注官方微博  
获取优质行业资讯

一切缘于复材，我们一路相伴

13681680135

kgwang@zczen3.com



# 宝马白车身应用系列 CF RTP 结构件

## Serial CF RTP Structural Part for BMW Group Body-In-White Application

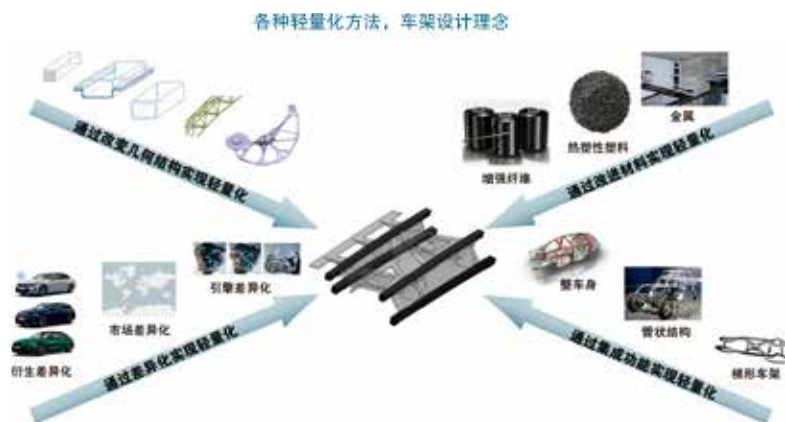


图 1：轻量化施工方法

结合热成型 UD 碳棒和注塑的 CF RTP 部件的新轻量级设计被描述为从创意到宝马集团白车身应用的系列 CF RTP 结构部件。描述了在宝马集团兰茨胡特工厂为 BMW iX 生产的模具从构思到批量生产的过程。由此产生的骨架既具有成本竞争力又具有可持续性。



Thomas Hogger, Geometrical Design, Integration Automated Driving, BMW AG Munich

Eva Honickel, Lightweight Construction and Technology Center, BMW Group Plant Landshut  
Hanno Pfitzer, Lightweight Construction and Technology Center, BMW Group Plant Landshut

2013 年，作为 BMW i3 系列生产开始的一个重要里程碑，碳纤维增强塑料（CFRP）车身结构以汽车系列生产的常规数量制造。

尽管与航空领域相比，部件的成本已经大大降低，但与通常的金属板外壳结构相比，车身结构仍然没有竞争力。对于一个能够大规模生产的部件来说，必须实现远低于三分之一的周期时间和材料成本的大幅降低。除了降低碳纤维的制造成本外，重点是避免与工艺有关的浪费。对改善可持续性和可回收性的要求，导致人们倾向于使用热塑性塑料作

为 CFRP 部件的基体材料。

为了提高市场渗透率，需要将该组件集成到众所周知的车辆生产过程中，包括喷漆运行。因此，由于其在阴极浸涂（CDP）之后在炉中通过，需要比 180 °C 显著更高的耐温性，而不会对 CFRP 部件的性能造成任何不利。

### 骨架结构的想法

考虑到各种要求和可能的轻质结构方法（图 1），为碳纤维增强热塑性塑料（CF RTP）创建了一个骨架结构概念。其核心思想是将一个多功能的注塑部件转化为一个结构部件。同时，连续碳纤维的使用必须限制在主要负载路径上。这些是包含在矩形型材中的单向碳纤维，它们被浸泡在热塑性基质中（图像中间的黑色棒状物）。

棒材本身是通过注射成型嵌入到热塑性化合物中的，该化合物也用碳纤维进行了加固。

注塑中可能出现的肋骨结构导致了一种桁架结构，通过这种结构，各个杆件被加强以形成一个整体轮廓。出于成本和热变形的考虑，选择了聚酰胺 6（PA6）基体，这是一种在汽车车身结构中众所周知的材料。部件生产的创新不在于注塑，而在于 3D 形状的杆子的生产，它们在注塑工具中的整合和固定，

以及材料之间可靠的连接过程。同时，注塑成型开辟了额外的轻质结构潜力。功能整合大大简化了后续的装配过程，减少了部件的数量。

注塑模具的成本相对较低，而且对材料的调整也很简单，例如通过改变注塑化合物中的纤维含量，为减轻重量和降低成本提供了额外的可能性。

### 概念研究

这个想法在 MAI Skelett 联合项目的框架内进行了测试，该项目是 MAI Carbon 前沿集群的一部分。

骨架结构的一个变体来自 BMW i3 的前车顶弓（图 2），目的是澄清许多基本问题，包括杆件成型技术的发展和杆件与注塑材料之间粘附的边界条件。另一个重点是使用 BMW i3 生产中的预制品边角料中的纤维作为注射成型化合物的增强剂。第一个部件的测试是决定性的，显示出模拟计算的预测和弯曲冲击测试之间的良好一致性（图 2）。

因此，MAI Skelett 项目在技术上也证实了为框架开发的产品几何形状和设计计算方法。

此外，骨架施工方法的经济潜力得到证实，并可以以合格的方式估计一系列应用的剩余风险。

### 开发前

单向连续碳纤维增强 PA6 底座作为骨架结构的核心，必须承受最多样化的负载曲线，其规格受到生产考虑的显著影响。由于轻质结构的原因，需要高的纤维体积含量和稳定、良好的单丝浸



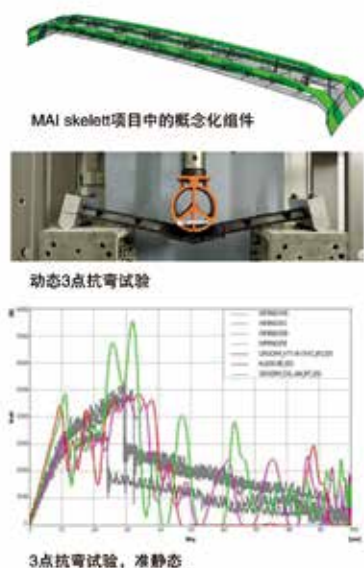


图2: MAI Skelett 概念组件 (a)、弯曲测试 (b) 和结果 (c)

渍。在许多可能性中, 选择了具有 PA6 基体的 CFRTP 棒, 纤维体积分数几乎为 50%, 通过优化纤维的浸渍和轮廓的形成, 与概念阶段相比, 实现了稳定的棒材质量。在概念阶段回答了主要要求后, 必须对产品及其在车辆中的功能进行 360 ° 的检查和确认。

面临的挑战是如何满足其与车辆整体整合的要求, 而不需要新的车身结构和油漆工艺。侧面的金属片被用于整合到整个车辆中 (图 3b)。这些标签清楚地伸入骨架部件, 以确保力的传递。它们可以用于车身结构中的标准点焊工艺。有了这些车顶前弓的金属片, 现在就可以进行整车测试了。

正如预期的那样, 涂料的流动和以下产品的特性都可以被评估为非关键性的。设计计算的进一步发展被纳入到一个参考部件中, 它作为一个真实的部件 (图 3d) 在屋顶压力测试中成功进行了测试, 证实了骨架部件设计作为一个结构部件的相关性。

## 系列发展

作为系列开发的一部分, 在前部需要另一个金属片 (图 3b), 以便使用验证过的方案来粘合前部车顶弓。除了产品要求 (如碰撞要求), 系列开发还包括证明大批量稳定生产和产品质量稳定。



图3: BMW iX 系列前部车顶的组成部分

还必须实现可持续性目标, 特别是通过最小的材料消耗和使用回收材料, 保持与不断发展的金属板外壳结构相比的重量优势。

## 骨架部件的生产和集成到宝马 iX 中

这个基本的生产概念在批量生产中得到了确认, 涉及从碳纤维起始材料到部件的三个工艺步骤。在第一步中, 连续纤维被浸入用于 UD 嵌件的 PA6 基体中, 拉挤成直杆并切割成所需的产品长度。在第二步中, 棒材再次被熔化, 并通过夹持器拿起。由于端部齿轮已经通过各个夹钳的运动进行了调整, 它可以准确地被放置在成型工具中。

最后的轮廓是通过关闭成型工具实现的。在接下来的循环中, 尺寸稳定但仍然有温度的棒材 (图 3a) 与金属板嵌件一起被插入同一生产单元 (图 5) 的注塑模具中, 并用注塑化合物进行包覆。回收的注塑材料也是分三个步骤生产的:

1) 粉碎预制件的边角料并将其分解成纤维;

2) 与 PA6 基体进行混合;

3) 将熔化的颗粒注射到封闭的模具中 (图 4)。

储存在成型棒和熔融状注塑化合物中的热量足以实现内聚的材料连接, 从

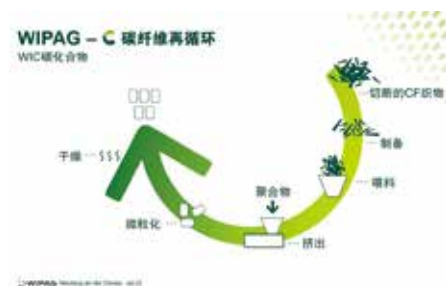


图4: 碳纤维的回收步骤

而通过热均衡过程实现良好的表面粘合。

从 CFRP 直杆、金属嵌件和碳纤维增强的注塑颗粒开始, 所有进一步的加工步骤都在宝马集团位于兰茨胡特的塑料生产单位的注塑机周围的生产单元 (图 5) 进行。宝马 iX 的两个骨架部件, 前车顶弓 (图 3c) 和后窗框是作为前后车顶前车顶弓生产的。数字化潜力被直接使用, 因此, 在质量保证的框架内, 从注塑和棒材生产到车辆的可追溯性是可能的。

事实证明, 插入预制的碳纤维加固嵌件是一个优势, 因为这导致了连续碳纤维的稳定位置, 这对部件的机械性能有明显的影 响。此外, 插入物在概念阶段已经表明, 含碳纤维的注塑材料的 (已经很小的) 收缩几乎不会导致部件的变形, 从而形成一个非常稳定的过程。第三个优点是, 尽管在 CFRP 嵌件区域有多个部件被插入, 且结构壁厚超过 10 毫米, 但在注塑过程中可以达到 85 秒以下的周期时间。由于车身车间的整合, 前车顶弓形部件的数量从四个减少到一个, 而不需要新的工艺。这同样适用于后窗框架, 它也采用了骨架结构。喷漆车间没有变化, 因为 PA6 作为基体材料是非关键性的, 而且 KTL 炉温度 (约 180 °C) 和熔化温度 (220 °C) 之间的差异已经足够。即使在这样的温度下, 纤维结构也能使骨架部件有足够的强度来承受加热和冷却过程中的热差所产生的机体内的力。

## 部件设计和保护

早在概念开发阶段, 软件工具就被反复用来模拟部件设计和测试结果 (弯曲和冲击测试)。设计模拟工具由过程模拟来补充。在第一次测试后, 观察到



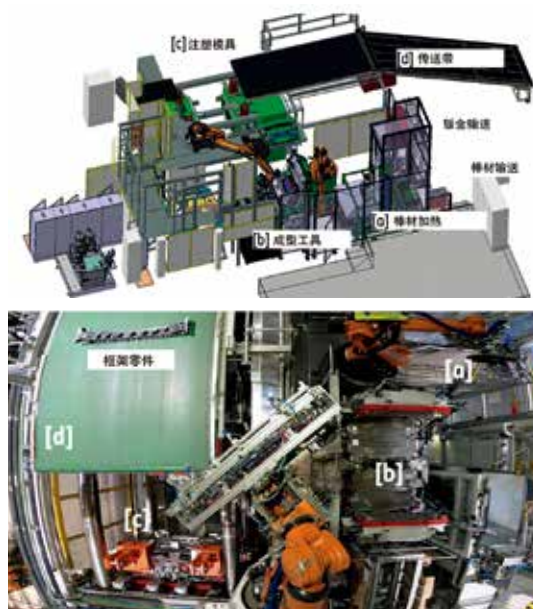


图 5：宝马集团在兰茨胡特的工厂，生产宝马 iX 的骨架部件。



图 6：宝马 iX 的 CFRTP 挡风玻璃使用骨架设计的结果。

组件行为预测与测试结果的良好一致性，并在开发过程中进一步完善。

同时，还实施了进一步的细节，以促进部件的设计，同时消除错误的来源。例如，一个自动生成 CFRP 嵌件的截面一致性的程序。使用众所周知的系列工艺，可以在载荷或失效预想中实现清晰的几何分界，以及 CFRP 嵌件和注塑框架之间良好的内聚连接，可以实现良好的部件尺寸设计。

到目前为止，部件尺寸的确定纯粹是重复的，特别是通过短纤维增强注塑部件的手动调节，然而，这带来了在设计中迅速失去轻质结构优势的风险。对于具有各向异性材料特性的这种混合涂层系统，特别是对于非线性碰撞计算，（半）自动拓扑优化是不可能的。尽管使用了由碳纤维和热塑性 PA 6 基质组成的双材料系统，但在结构上有必要考虑由插入杆和注塑框架组成的混合系统，其在纤维长度、含量和取向方面不同。对于注塑成型的部件 - 具有 15% 的相对较低的纤维重量 - 可以设想使用准各向同性材料。

## 可持续性， 轻质结构和回收利用

宝马 iX 的前车顶弓是一个 CFRP 轻质部件，与金属板框架相比，可减轻

45% 的重量。由于输入重量低，能量优化的碳纤维生产方法和在部件生产中开发的优势，CFRTP 骨架结构的二氧化碳覆盖与通常由高性能 WU 钢制成的多部件车架相比已经更好。首先，这一良好的结果是由骨架结构方法所开发的优势造成的：没有生产废料，这是 CFRP 结构件的一个新特点，以及碳纤维在注射成型部件中的二次利用（图 4）。

## 结果和结论

新宝马 iX 的前车顶弓和后窗是新骨架设计的标准部件，展示了这种设计是如何以高结构标准实现批量生产的（图 6）。

因此，在十年内，大规模汽车生产的 CFRP 部件的成本已经有可能降低 80% 以上 -- 与参考年份 2010 年的主要手工生产相比。这条道路上的重要里程碑是宝马 i3 和宝马 i8 汽车，它为这种方法奠定了基础，以及 MAI 碳领先集群的社区，它在 2011 年制定了这一成本目标，并与金属材料相比实现了 30-50% 的减重目标。

使用骨架结构制造的 CFRP 结构件代表了一种前所未有的轻质结构、成本效益和可持续性水平。

避免浪费，通过将连续碳纤维限制在主要的负载路径上，尽量少使用连续

碳纤维，以及在注塑化合物中使用回收的碳纤维，使得连续碳纤维的用量减少了 75%，现在已经实现了批量生产。

## 展望

施工方法的高度复杂性既是一个缺点，也是一个机会。对于生产来说，这很容易通过 CFRP 嵌件和注塑技术来控制，对于部件的开发和设计来说，目前还很复杂。在未来，通用设计方法，加上日益自动化的部件设计，将为降低开发成本和时间，增加轻质结构和降低成本的机会提供很大的潜力。

同时，这也使得开发具有交叉负载路径的复杂部件成为可能，在 MAI Multiskeleton 项目中对这些解决方案进行了研究和测试。

在使用可再生能源方面，一个永久性的挑战是与生产碳纤维有关的高能源支出。从中期来看，方法是使用木质素和纤维素作为前体。进一步的发展已经表明，以海藻为基础的碳纤维可以生产出负的二氧化碳覆盖。

通过其骨架设计，宝马集团也在为 BMW i3 的可持续发展做准备，并为未来的挑战提供答案。

[www.reinforcedplastics.com/content/features/algae-to-sustainably-produce-carbon-fiber](http://www.reinforcedplastics.com/content/features/algae-to-sustainably-produce-carbon-fiber)



# 四轮电动自行车

## The Four Circles' E-Bike

**e-tron 系列是奥迪品牌所坚持价值观的先锋：性能、设计和电动化。在奥迪 e-tron SUV 引发电动车爱好者兴趣的同时，这个德国品牌推出了其电动自行车，或称 e-bike，Wörthersee。**

第一眼看到奥迪电动自行车时，吸引人们注意的是其精确的设计，暗示着技术的复杂性和力量。它的超轻车架是由碳纤维制成的，为它的极简主义、完美无瑕的美感做出了贡献。但除了外观，这款电动自行车的性能是它与其他车型的区别所在。

### 一辆具备极速者 所有特征的电动自行车

奥迪公司公布了其超高性能的电动自行车，其概念是独一无二的。由集成在踏板组件上的 2.3kW 电动机驱动，提供 250Nm 的扭矩，奥迪的这款电动自行车的重量仅有 21kg。它的重量包括一个超轻的碳纤维框架（1.6 公斤），两个由 CFRP 制成的车轮（每个 600 克），以及一个直接安装在框架中的 48 伏锂离子电池（5 公斤）。

它的重量轻，加上高性能的电动化，使奥迪能够提出令人印象深刻的机械性能。电动自行车用户可以根据他们使用踏板的方式选择几个程序，或者依靠部分或全部电力援助来前进。在“纯”模式下，自行车由骑手的腿部自然力量推



**Wörthersee 电动自行车具有  
奥迪连接功能。**

动。“Pedelec”是电动辅助的模式，该功能可以使用户的速度达到 70 公里/小时，续航里程从 50 到 70 公里不等。还有“eGrip”模式，在这种模式下，激活发动机，无需用户踩踏，通过加速器，最高时速为 50 公里，最后是“Wheelie”模式。这个模式在前轮在空中时被激活（执行一个技巧），并由两个子模式（“动力轮滑”和“平衡轮滑”）补充，以适应用户的经验水平。

### 范围和机载设备

锂离子电池安装在车架上，可以完全拆除。它重约 5 公斤，工作电压为 48V，为这辆电动自行车提供 530Wh 的能量。它可以在两个半小时内使用标准

### 更多信息

更多的时候，人们在专业商店寻找电动自行车时，实际上是在寻找 Pedelec 或 S-Pedelec。这些术语经常被错误地作为同义词使用，导致混淆。此外，需要一定程度上关注法律规定，因为它们在不同的国家有所不同。电动自行车是在没有骑手协助的情况下，利用油门推进的。Pedelec 一词（“踏板电动自行车”的缩写）创建于 1999 年，以明确区分自动脚踏辅助的自行车和推进力由油门控制的自行车，换句话说，就是电动自行车。术语“e-bike”和“electric bicycle”继续被误用为 Pedelec 的同义词。

的 220V 插座完全充电，可支持 50-70 公里的行驶里程。从骑行的角度来看，奥迪电动自行车的设备非常齐全，最重要的是促进了它的安全功能，前后刹车盘都安装在 9 速的脱轨器上。程序是通过一个连接到计算机的触摸屏控制的，该计算机集成在车架的上部。触摸屏可在结构的前端进入，使你能够管理奥迪电动自行车的许多操作模式。

在这里，这些功能的设计是为了好玩，因为它们允许你与骑车人的智能手机连接。当骑车人在激活模式下做一些小动作时，智能手机可以自动将它们发布到 Facebook 上，并与奥迪电动自行车 Wörthersee 社区分享的其他花式骑行进行比较。

奥迪的 Wörthersee 电动自行车是一款难以归类的自行车，其性能接近于轻便摩托车，对骑行自由式（“轮式”功能）的受众有吸引力。奥迪称其为一款用于运动、娱乐和技巧的高端电动车。无论如何，这是一辆为爱好者和要求苛刻的客户准备的自行车，如果他们有兴趣购买这种非典型的电动自行车，大约支付 21,000 欧元。

[www.audi-technology-portal.de](http://www.audi-technology-portal.de)



**优雅的外观与轻质碳纤维部件完美结合。**



**除了外观，这款电动自行车的性能是它与其他车型的区别。**



# Hi-Fiber 打造完美笑容

## Hi-Fiber Makes the Perfect Smile

Hi-Fiber 是 Moi 复合材料公司牙科部门推出的牙科加固材料系列，是牙科护理领域最新的创新之一。它通过该公司的 CFM 技术，采用热固性玻璃纤维的单向连续股来设计和 3D 打印牙齿加固材料。

Hi-Fiber 是 Moi Dental (Moi 复合材料公司的牙科部门) 推出的牙科加固材料系列，是近年来牙科领域最出色的创新之一。凭借 Hi-Fiber，米兰理工大学早期研究人员在先进自动化和材料工程方面的知识与该行业专业人士的临床和牙科经验相结合。

这条加固线采用了该公司的 CFM (连续纤维制造) 专利技术，该技术利用单股连续纤维复合材料、专属软件和机器人工艺，以可持续的方式对纤维进行智能设计、3D 打印和快速固化，精确到需要的位置。生产废料、贵金属或昂贵的材料浪费因此被消除，节省了时间和资源。该公司的工程方法使得以智能方式使用高性能材料成为可能，该方法已经在航空航天、汽车和航海等领域得以利用，以实现最大的性能，同时限制结构的重量和体积。

纤维的连续性与 Hi-Design 专有的设计软件相结合，使其加固结构能够发挥牵引作用，将咀嚼循环的负荷沿整个结构均匀地分布。一个完整拱门的加固杆平均包含 9 米长的纤维，可以在上面释放应力，其抗拉强度约为 1000 MPa。此外，美观的丙烯酸树脂所具有的化学粘附性允许创建整体修复体，其中，过时的加固杆概念被连续纤维加固美观的树脂所取代。牙齿脱落、裂缝和断裂的情况大大减少，确保了假体有更长的使用寿命，而不需要再回到牙医那里进行修理。最后，增材制造技术使整个生产过程没有任何浪费。

从临床角度来看，减少纤维的厚度

(0.4 毫米)，甚至可以解决最复杂的病例，在这种情况下，厚度极易减少。Hi-Fiber 的密度为 1.9 g/cm<sup>3</sup>，比其他材料的重量低四倍，与用传统材料加固的相同假体相比，可将最终假体的重量减少 60%，并具有快速愈合和提升病人舒适度等重要的临床效益。

### 牙科加固材料的新标准

11 月初，在第一例牙种植及其他数百颗种植牙问世五年后，Hi-Fiber 与葡萄牙里斯本著名的牙科领导者 Malo Clinic 建立了合作伙伴关系。

马龙诊所是口腔康复和牙齿美学的世界领导者，是 All-on-4® 治疗概念的先驱，以其专业知识、广泛的研究工作和创新技术而闻名。Malo Clinic 成立于 1995 年，其专业技术和创新能力已得到全世界的认可，是牙科领域的一个参考。它配备一个国际公认可参考的多学科团队，由高素质的牙医组成，拥有超过 20 年的知识和研究，他们的经验使复杂的病例得到解决。

其合作伙伴使用 Hi-Fiber 产品的临床试验案例：由先进的单向复合材料设计和 3D 打印的高效、有效、无金属的牙齿加固结构。与 Malo Clinic 的合作关系标志着牙科 3D 打印技术在牙齿加固方面的创新和合作之旅的第一个正式里程碑。

"这是两个卓越的相遇，"Moi Composites 的首席技术官和联合创始人 Michele Tonizzo 说。"Malo Clinic 代表了卓越的牙科技术。我们的技术解决方



产品系列

暴露在外面的 Hi-Fiber 的固定假体

案是他们协议中缺少的部分，我们是创造完美笑容所缺失的环节。与他们合作是我们从 Hi-Fiber 开发之初就有的目标。这很鼓舞人心。"

### Hi-Fiber 背后的故事

Hi-Fiber 的诞生源于一位牙科技术员和一位牙医 Gianluca Brandolini 和 Andrea Nicali 的需求，以及 Moi Composites 的专利技术。问题的根源在于无法找到一种具有自然生物力学行为和抗高负荷而又不影响美观的种植体解决方案。

连续的玻璃纤维材料是完全透明的，其弹性模量与皮质骨相似，强度高于大多数金属，但人工建模过于困难，而且结果无法预测，也不令人满意。

"Brandolini 说："我们需要一台可以用连续纤维进行 3D 打印的机器。一天晚上，Andrea Nicali 在听广播时知道了 Moi Composites 公司，两人很快与 Moi 的团队取得了联系。

经过五年的分析、改进和临床案例，Hi-Fiber 现在是意大利广泛采用的解决方案，用于固定和可移动修复体、覆盖义齿、马里兰州桥和正畸夹板的加固，不久的将来还会有许多其他解决方案。

Moi Dental 已与 Vita Zahnfabrik, ETK/Lyra 和 3Shape 等行业领先公司建立了合作伙伴关系，其生产工艺通过了 UNI EN ISO 13485 认证。

[www.moi.am/hi-fiber](http://www.moi.am/hi-fiber)

[www.hi-fiber.it](http://www.hi-fiber.it)



# JEC WORLD

## 2024 国际领先的复合材料展 巴黎北郊维勒班展览中心

2024年3月5日至7日



参加全球领先的专注复合材料、  
技术和生产工艺及其应用领域的国际大型展会。

[www.jec-world.events](http://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](https://ineos.com/composites)

**INEOS** Composites

广告