



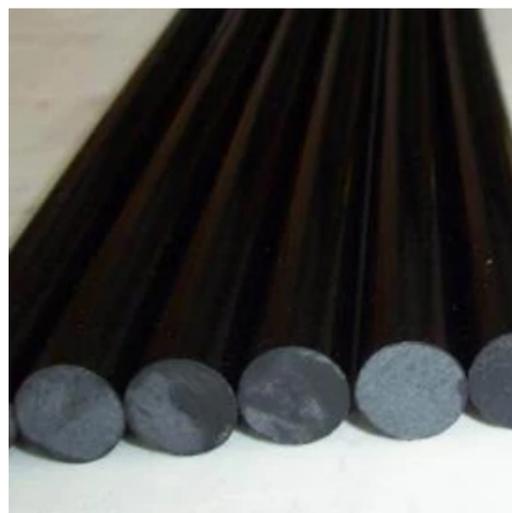
## 【材料科普】如何将废弃碳纤维复合材料再生利用？

碳纤维复合材料是一种先进的结构复合材料，它由碳纤维和聚合物基体共同构成，其具有重量轻、强度高、刚性高、耐高温、耐腐蚀等优良性能。钓鱼竿、棒球棒、赛车、自行车以及各种体育服装用品中经常能看到碳纤维复合材料的身影。并且它在航空航天领域中也已经成为替代金属实现轻量化的重要材料之一。

在过去十年中，碳纤维的需求显著增长，预计到2020年将增加到14万吨。与此同时，废弃碳纤维复合材料的数量也将相当惊人。

当前对于废弃碳纤维复合材料的主要处置方式是焚烧和填埋，虽然这两种方法成本低、可操作性高，但是这会对大气环境和地下生态造成极其严重且不可逆的危害。随着环境立法的日益严格，焚烧和填埋必将被淘汰，碳纤维的回收利用将会越来越受到重视。

### CARBON FIBER



然而，碳纤维的回收仍然是一个挑战，其主要原因是碳纤维复合材料所使用的绝大多数聚合物基体是高度化学交联的热固性树脂，在赋予优异性能的同时也使其难以通过降解来达到回收的目的。

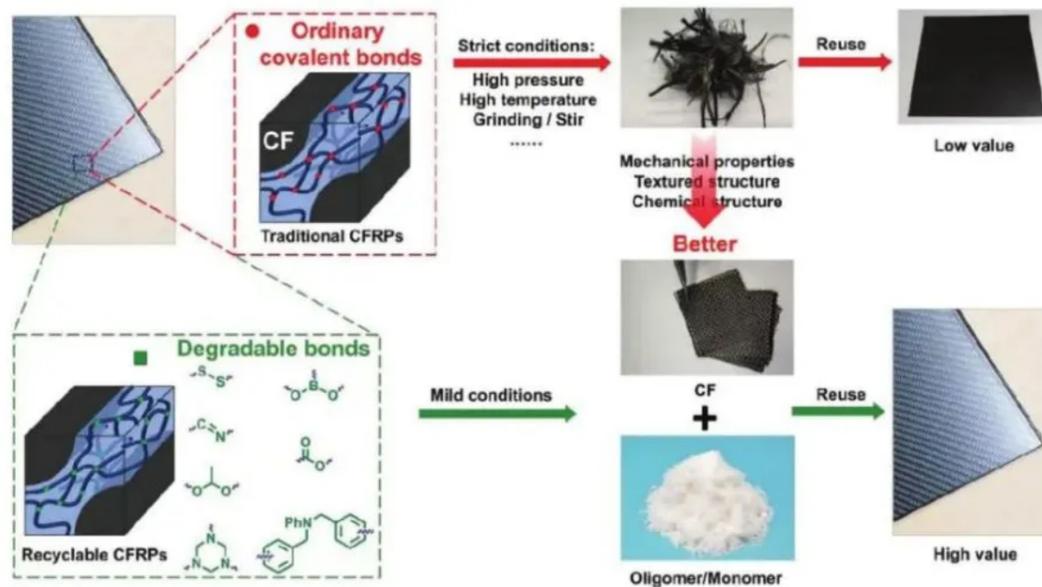
[广告设置](#)[侵权投诉](#)[用户反馈](#)

树脂，只能用于填充物或能源，其商业价值很低。

热解方式包括普通热解、流化床热解和微波辅助热解。简单来说，复合材料是在有氧、缺氧或水蒸气等环境下加热到树脂的分解温度，将树脂降解为石油、气体和固体(纤维、填料、碳)。虽然热解法可以获得工业级产品，但是对碳纤维的性能影响极大。

溶剂溶解法可分为高温和低温两种。高温法主要使用超临界水技术，在工业应用中会导致高能耗和安全隐患。低温法涉及浓腐蚀性物质，如硝酸，在沸点附近或高于沸点，对健康和安全的构成风险，特别是在工业规模下进行。

开发易回收的碳纤维复合材料被认为是解决回收问题的一个大有前途的方法。可降解热固性材料在交联网络中具有一定数量的可裂解键，可以在某些条件下按需解聚，其回收条件温和，可以实现回收碳纤维的完整性和树脂的再利用。



基于传统热固性树脂和可降解热固性树脂的

### 碳纤维复合材料的回收与再利用

近年来可降解热固性树脂飞速发展，已经开发出具有酯键、缩醛键、席夫碱结构、二硫键、硼酸酯键等多种体系的可回收碳纤维复合材料。

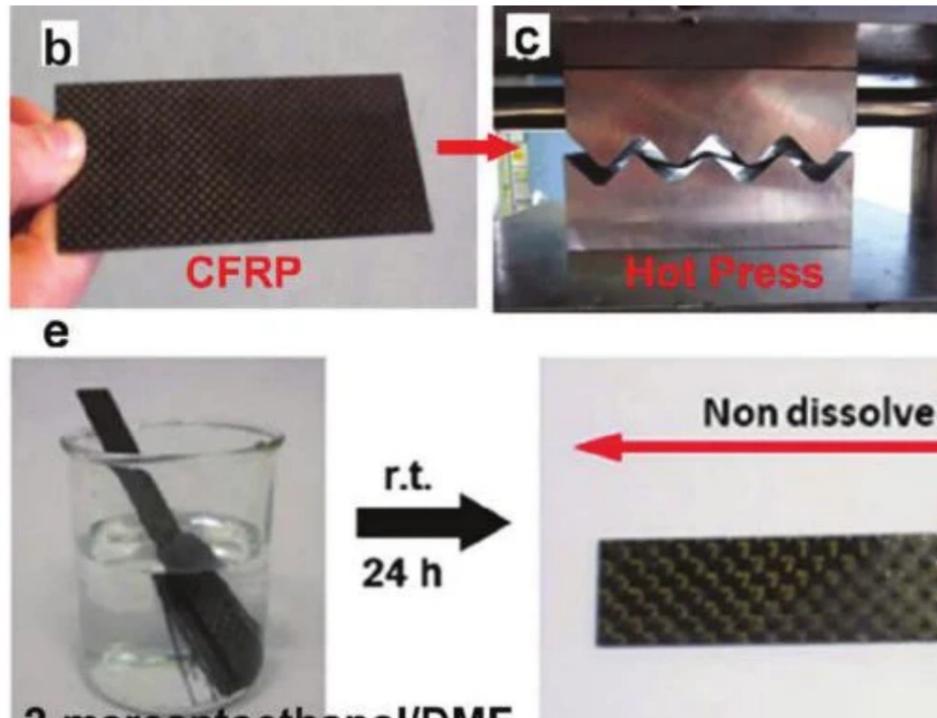
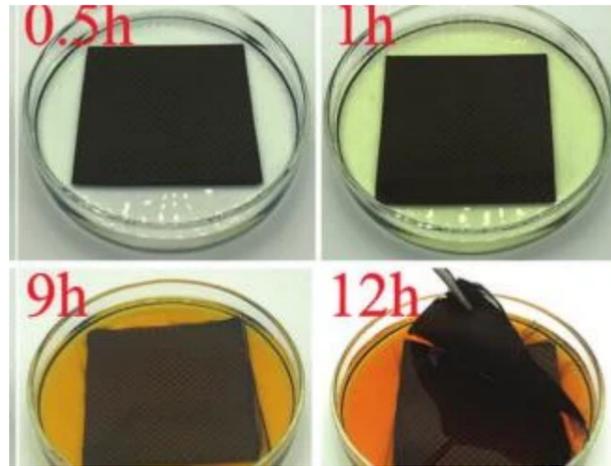
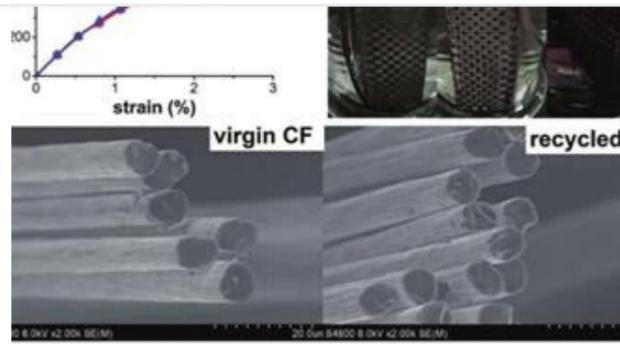
酯键体系具有不易水解、降解温和等优点；缩醛体系可以在酸性条件下进行降解，而在中性或碱性的环境中具有足够的稳定性；席夫碱体系依靠具有可逆性的亚胺键来实现树脂的降解；二硫键天然存在于蛋白质中，长期以来一直被用作橡胶中的交联剂，二硫键可以通过还原剂还原裂解、硫醇-二硫交换反应和二硫复分解等方式实现降解的目的；硼酸酯体系是一种出色的Vitrimer材料，通过硼酸酯键的酯交换反应和复分解反应实现热固性树脂的降解与回收，具有可回收性好、易于实现、零污染、易于放大等优点。

广告设置

侵权投诉

用户反馈





与传统碳纤维复合材料相比，基于可降解热固性材料的易回收碳纤维复合材料具有条件温和、能耗低、回收设备要求低、回收CF性能高、树脂基体可重复利用等优点。同时易回收碳纤维复合材料的性能也相当好，有些可与传统碳纤维复合材料相媲美甚至更高。

可降解热固性树脂是填补传统热塑性塑料和热固性树脂之间鸿沟的重大突破，其含有的可逆性共价键和动态交换共价键的体系所引起的拓扑变化能给热固性树脂带来诸多优良性能，包括应力松弛、重塑、自愈、修复、焊接以及多种形状记忆、回收等。

可降解热固性树脂作为一种新型的变革材料，颠覆了我们对传统热固性和热塑性聚合物的认知，必将在未来航空航天和交通运输等领域的特种工程塑料应用中发挥重要作用。

END

图文 | 戴雪岩

广告设置

侵权投诉

用户反馈



审核 | 黄正宇

🚩 举报

免责声明：本文来自腾讯新闻客户端创作者，不代表腾讯网的观点和立场。

[关于腾讯](#) | [About Tencent](#) | [服务协议](#) | [隐私政策](#) | [开放平台](#) | [广告服务](#) | [腾讯招聘](#) | [腾讯公益](#) | [客服中心](#) | [网站导航](#)

Copyright © 1998 - 2023 Tencent. All Rights Reserved

腾讯公司 版权所有

广告  
设置

侵权  
投诉

用户  
反馈

