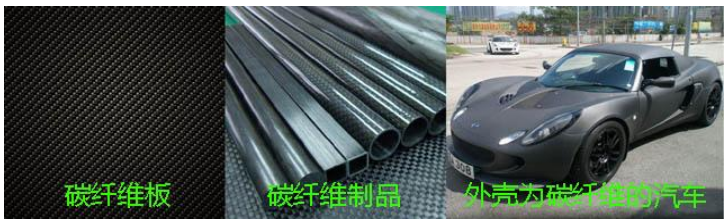
CF 是什么材料

碳素纤维



一、概述

碳素纤维又称碳纤维（Carbon Fiber，简称 CF）。在国际上被誉为“黑色黄金”，它继石器和钢铁等金属后，被国际上称之为“第三代材料”，因为用碳纤维制成的复合材料具有极高的强度，且超轻、耐高温高压。

碳纤维主要是由碳元素组成的一种特种纤维，其含碳量随种类不同而异，一般在 90%以上。碳纤维具有一般碳素材料的特性，如耐高温、耐摩擦、导电、导热及耐腐蚀等，但与一般碳素材料不同的是，其外形有显著的各向异性、柔软、可加工成各种织物，沿纤维轴方向表现出很高的强度。碳纤维比重小，因此有很高的比强度。

1880 年美国爱迪生首先将竹子纤维碳化丝，作为电灯泡内之发光灯丝，开启了碳纤维（Carbon Fiber，简称 CF）之纪元。碳纤维用在结构材料，首先问世者，则以美国 Union Carbide 公司（U.C.C.）为代表，并于 1959 年将嫘萦纤维为原料，经过数千百度之高温碳化后，得到弹性率约 40GPa，强度约为 0.7GPa 之碳纤维；尔后，1965 年该公司又用相同原料于 3000℃高温下延伸，开发出丝状高弹性率石墨化纤维，弹性率约 500GPa，强度约为 2.8GPa。

另外，日本大阪工业技术试验所进藤博士，则以 Polyacrylonitrile（简称 PAN）聚丙烯腈为原料，经过氧化与数千度之碳化工程后，得到弹性率为 160GPa，强度为 0.7GPa 之碳纤维。1962 年日本碳化公司（Nippon Carbon Co.）则用 PAN 为原料，制得低弹性系数（L.M.）之碳纤维。东丽公司亦以 PAN 纤维为原料，开发了高强度的 CF，弹性率约为 230GPa，强度约为 2.8GPa，并于 1966 年起有每月量产 1 吨之规模；同时亦开发了碳化温度 2000℃以上的高弹性率 CF，弹性率约 400GPa，强度约为 2.0GPa。于 1965 年，群马大学大谷教授，利用加热氯乙烯（Vinyl Chloride）得到之沥青（Pitch），经过熔融纺丝、不融化与碳化工程处理后，得到普通级碳纤维；大谷教授还利用木质素（Lignin）为原料制作碳纤维。

碳纤维之需求量虽逐渐扩大，但 1991 年以后冷战结束后，军事用途之使用量萎缩，又因泡沫经济与经济萧条，供需失去平衡，产业受到冲击。然而，美国波音公司新锐机型 B777 的生产，加上土木、建筑、汽车与复合材料的扩大应用，碳纤维产业逐渐缓步成长中。

二、基本种类

经高温处理后，其含碳量超过 90%以上的纤维材料，称之为碳纤维。碳纤维的种类分类有许多方法，可以原料、特性、处理温度与形状来分类。以原料可分为纤维素纤维系的嫘萦（Rayon）系与木质（Lignin）系；聚丙烯腈（Polyacrylonitrile）系；沥青（Pitch）系；⑷酚树脂系与气相碳纤系等六种。以特性则分为普通碳纤维；高强度高模数碳纤维与活性碳纤维等三种。普通碳纤维之强力在 120 kg/mm^{2}以下，杨氏模数（Young 掇 Modulus）在

10000 kg/㎜^{2}以下者称之；高强度高模数者，则强力在 150 kg/㎜^{2}以上，模数在 17000 kg/㎜^{2}以上时称之。以加工处理温度分类时，则可分为耐炎质；碳素质与石墨质等三种。耐炎质碳纤的处理加热温度为 200～350℃，可供作电气绝缘体；碳素质碳纤的处理加热温度为500～1500℃，可供电气传导性材料用；石墨质碳纤的处理加热温度在 2000℃以上，除耐热性与电气传导性提高外，还具自我润滑性。以碳纤维制品的形状分类时，可分为棉状短纤维；长丝状连续纤维；纤维束（Tow）；⑷织物；⑸毡毯与编制长形物等。

三、研制方法

嫘萦系碳

嫘萦纤维素纤维加热处理时不会熔融，若在无氧状态下的不活性气体（Inert Gas）中加热处理，则极易取得碳纤维。

聚丙烯腈

聚丙烯腈（PAN）系碳纤维的制造工程大致可分为聚丙烯腈纤维的制备；安定化工程（耐炎化）；碳化工程；表面处理与上浆工程；石墨化工程等五个程序。

沥青系碳

原油经 900℃以上之高温提炼后的残渣中，约含有 95％的碳质，若以电解法去除其中的硫酸，再经水洗后可得纯度极佳的沥青（Pitch）。

气相成长

气相成长碳纤维有基材上成长法与流体化触媒成长法两种。将铁、钴、镍等金属微粒（M）加热至 1100℃，令乙炔（C_2H_2）热分解脱氢形成碳素沉积成长于金属微粒下方，形成碳纤维。

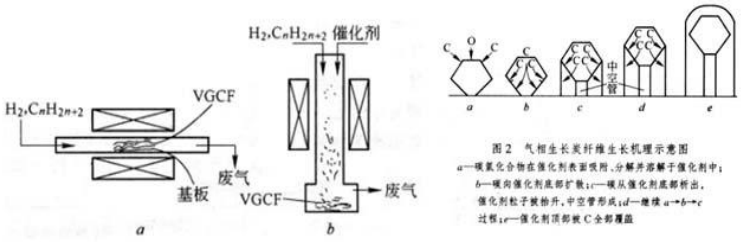


图2 气相生长炭纤维生长机理示意图

a—碳氢化合物在催化剂表面吸附、分解并溶解于催化剂中；b—碳向催化剂底部扩散；c—碳从催化剂底部析出，催化剂粒子被抬升，中空管形成；d—继续 a→b→c 过程；e—催化剂顶部被 C 全部覆盖

图1 气相生长炭纤维工艺示意图

为基材上成长法的简图，其间须喂入氢（H_2）气与苯（C_6H_6）等气体。

活性碳纤

目前商业化之活性碳的形态有粉末状；颗粒状与纤维状等三种，其中粉末状活性碳（Powdered Activated Carbon，简称 PAC），大多由木屑制成，平均尺寸约为 15～25μ m；颗粒状活性碳（Granular Activated Carbon，简称 GAC），大致由煤、沥青粉末制成，平均尺寸约为 4～6 ㎜；纤维状活性碳（Activated Carbon Fiber，简称 ACF），则大多由 PAN、Rayon、Pitch 与 Phenolic Resin 等纤维制成，平均直径约为 7～15μ m。

四、碳纤维的应用：

碳纤维成品在土木工程中应用主要有纤维布、纤维板、棒材、型材、短纤维等，各有不同的使用范围，而当前加固工程中用量最大和最普遍的还是碳纤维布(片)，碳纤维布常用的规格是 200g/m^{2}和 300g/m^2，厚度分别是 0.111㎜和 0.167㎜；碳纤维复合板厚度一般为 1.2～1.4㎜，由 3～4 层碳纤布经过树脂浸渍固化而成，主要用于梁、板的加固，用纤维板加固的结构，外形规整，施工简便，但原材单价较高，国内使用尚不普及。

结构加固主要是利用碳纤维的高抗拉性能，广泛用于钢筋混凝土结构的梁、板、柱和构架的节点加固，也很适合用于古建筑物或砌体结构的维修加固，恢复和提高结构的承载能力和抗裂性能。

与树脂、金属、陶瓷等基体复合，制成结构材料。碳纤维增强环氧树脂复合材料，其比强度、比模量综合指标，在现有结构材料中是最高的。在密度、刚度、重量、疲劳特性等有严格要求的领域，在要求高温、化学稳定性高的场合，碳纤维复合材料都颇具优势。

碳纤维是 50 年代初应火箭、宇航及航空等尖端科学技术的需要而产生的，现在还广泛应用于体育器械、纺织、化工机械及医学领域。随着尖端技术对新材料技术性能的要求日益苛刻，促使科技工作者不断努力提高。80 年代初期，高性能及超高性能的碳纤维相继出现，这在技术上是又一次飞跃，同时也标志着碳纤维的研究和生产已进入一个高级阶段。

由碳纤维和环氧树脂结合而成的复合材料，由于其比重小、刚性好和强度高而成为一种先进的航空航天材料。因为航天飞行器的重量每减少 1 公斤，就可使运载火箭减轻 500 公斤。所以，在航空航天工业中争相采用先进复合材料。有一种垂直起落战斗机，它所用的碳纤维复合材料已占全机重量的 1/4，占机翼重量的 1/3。据报道，美国航天飞机上 3 只火箭推进器的关键部件以及先进的 MX 导弹发射管等，都是用先进的碳纤维复合材料制成的。

现在的 F1（世界一级方程锦标赛）赛车，车身大部分结构都用碳纤维材料。顶级跑车的一大卖点也是周身使用碳纤维，用以提高气动性和结构强度

碳纤维可加工成织物、毡、席、带、纸及其他材料。传统使用中碳纤维除用作绝热保温材料外，一般不单独使用，多作为增强材料加入到树脂、金属、陶瓷、混凝土等材料中，构成复合材料。碳纤维增强的复合材料可用作飞机结构材料、电磁屏蔽除电材料、人工韧带等身体代用材料以及用于制造火箭外壳、机动船、工业机器人、汽车板簧和驱动轴等。

元杉工业技术部提供