

风电产业中的新材料及化工品有哪些？

平头哥认为，风电是中国最具前景的可再生能源之一，风电可持续利用，且低碳清洁，分布范围广泛，安装与拆卸灵活，对生态的影响较小。并且，根据目前风电行业的碳排放周期，对比清洁能源的碳排放周期来看，风电是光伏、热电、水电、核电、气电、煤电平均碳排放最低的发电类型。

也正是由于风电的诸多优势，驱动了风电行业的快速发展。根据国家统计局数据显示，截至 2022 年底，中国风电累计装机容量 3.7 亿千瓦，同比增长 12.8%，占我国全部装机总容量的 13.5%。根据《“十四五”可再生能源发展规划》、《“十四五”现代能源体系规划》等文件，到 2025 年，可再生能源发电量达到 3.3 万亿千瓦时，风电发电量较 2020 年实现翻倍，即超 5.64 亿千瓦时。

可以说，风电行业是中国新能源行业发展的风向标，风电行业的快速发展，驱动了在其产业链中的相关新材料及化学品需求的快速增长。那么，在风电行业中会用到哪些新材料和化学品呢？

图 1 风电产业链图



图片来源：雪球财经

平头哥根据梳理，风电行业中，会用到化学品和新材料的环节及部件，有以下几个：叶片、叶片模具、芯材、结构胶、风电电机、海缆、陆缆、塔筒、风电铸件等，其中风电叶片是风电发电装置的核心部件，占到总成本 20%以上。

（一）、风电叶片材料构成

风力发电机组是由叶片、传动系统、发电机、储能设备、塔筒及电器系统等组成的发电装置。叶片是风电机组捕获风能的核心部件，其气动性能直接影响到整个系统的发电效率以及轮毂等关键零部件的使用寿命。

要想获得较大的风电功率,其关键在于具有能轻快旋转的叶片,所以叶片的设计和材质的选择,始终的风电行业所关注的重点。根据网络资料显示,风电叶片的成本构成中,其中基体树脂占到了36%的成本结构,增强材料占到了28%的成本结构,其次是粘结剂、金属、涂层、芯材及其他辅助材料等。所以对于风电叶片材料来说,基体树脂的选择是决定叶片材料的成本及其质量的关键要素。

平头哥根据调查,玻璃纤维增强塑料是目前使用最为广泛的风电叶片材料之一,具有重量轻、强度高、优异的抗腐蚀性能,和相对较低的成本,与传统钢质叶片相比,玻璃纤维叶片的制造工艺和成本更为成熟,以及广泛应用于风电场所。

环氧树脂目前被广泛应用于风电叶片材料中,环氧树脂是一种高性能的材料,具有优异的机械性能、化学稳定性和耐腐蚀性。在风电叶片制造中,环氧树脂被广泛应用于叶片的结构件、连接件和涂层等方面。

在叶片的支撑结构、骨架和连接件等部位,环氧树脂可以提供高强度、高刚度和耐疲劳性能,保证叶片的稳定性和可靠性。环氧树脂还可以提高叶片的抗风切变性能和抗冲击性能,降低叶片的振动噪声,提高风力发电效率。

目前还有采用环氧树脂与玻璃纤维改性的固化,被直接应用在风电叶片材料中,可以提高强度和耐腐蚀性等。

图 2 武威市凉州区风电装备生产企业现场图



图片来源: 新浪财经

另外,碳纤维也是被应用在风电叶片材料的产品,碳纤维复合材料具有更高的强度、更轻的重量和更好的抗腐蚀性,因此与玻璃纤维相比,更适用于生产大型的先进叶片。同时,由于碳纤维复合材料在使用过程中具有更好的疲劳性能和自愈合性能,可以提高叶片的使用寿命和可靠性。但是,碳纤维具有高成本的劣势,只能被应用在环境越发恶劣的地区,能够降低玻纤使用的市场。

对于风电叶片的其他材料,如生物基尼龙 56、尼龙 66、聚氨酯树脂、纳米复合材料、生物基复合材料、高端木材等,这些材

料也曾经被应用在风电叶片材料中。这些材料具有更加环保的特性，以及在特殊环境下的适应性等。并且，目前行业内都在积极研究风电叶片材料的替代材料，未来在叶片材料领域中的发展趋势，是大型化、轻量化、更严苛的环境适应性等方向。

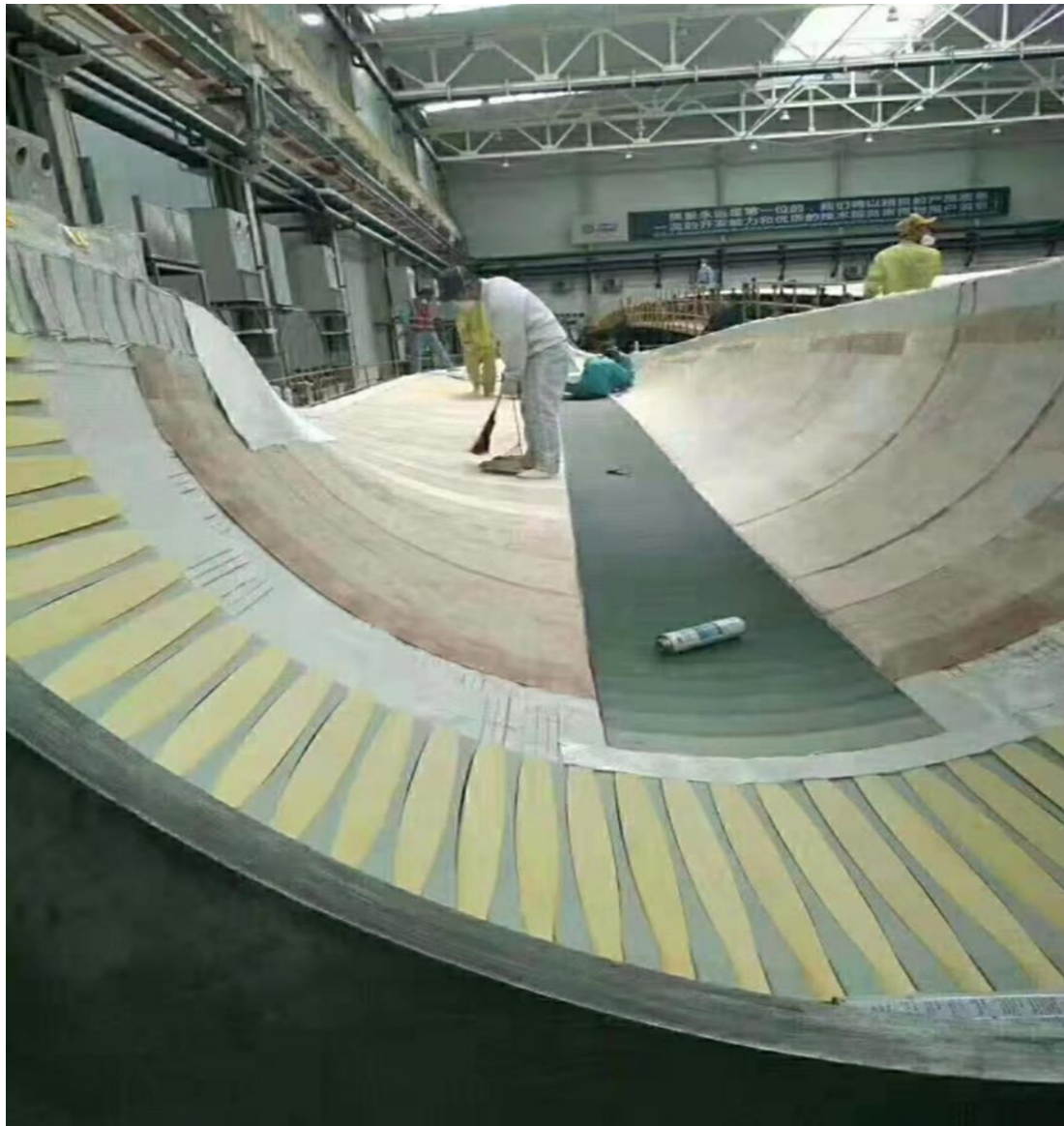
在风电叶片材料中，环氧树脂应用还需要用到固化剂及促进剂等化学产品，典型的产品为聚醚胺，用于基体环氧树脂固化和结构胶，具有低粘度、较长适用期、抗老化等多方面优异的综合性能，已广泛应用于风力发电、纺织印染、铁路防腐、桥梁船舶防水、石油及页岩气开采等领域，聚醚胺下游作为风电占比超过62%。需要特别说明的是，聚醚胺属于有机胺类环氧树脂固化剂。

另外，还有其他的材料被应用在风电叶片环氧树脂固化剂领域，如异氟尔酮二胺、甲基环己二胺、甲基四氢苯酐、四氢邻苯二甲酸酐、六氢苯酐、甲基六氢邻苯二甲酸酐、甲基对硝基苯胺等。具有高性能的产品为异佛尔酮二胺和甲基环己二胺，具有优异的机械强度，适宜的操作时间，较低的固化放热以及极好的灌注工艺操作性，应用在风力发电叶片材料环氧树脂与玻璃纤维复合材料的中。酸酐类固化剂属于加热固化，更适用于风电叶片的大梁拉挤成型工艺。

（二）、芯材材料构成

芯材是夹芯结构复合材料内部，对设备起到保持稳定性、减轻重量同时增强刚度的作用，当前已使用 PVC 芯材与轻木进行配合使用。根据华安证券报告显示，由于 PET 泡沫同样具有强度高质量轻的特点，并且综合性能优于 PVC 泡沫，耐热性好于 PVC，具有可塑性强、加工方便、生产成本较低的优点，同时易于回收，近年来 PET 泡沫替代 PVC 泡沫形成趋势。

图 3 天津中车风电叶片制造场景



图片来源：天津中博人才网

（三）、其他部件用材料

结构胶：环氧树脂胶粘剂适用于大多数材料的粘接、强度高、耐温介电性能好、耐腐蚀耐老化，长期以来是主流的叶片结构胶粘剂，短期无替代材料。环氧树脂胶黏剂中还需要无机及促进剂，也多为聚醚胺类及酸酐类产品。

碳纤维原丝溶剂：二甲基亚砜（DMSO）是碳纤维原丝纺丝过程中的主要溶剂，对原丝性能起着极其关键的作用。每吨 PAN 碳纤维原丝消耗 0.5-1 吨二甲基亚砜，随着碳纤维消费体量的增长，对于二甲基亚砜的消费也将呈现快速增长的趋势，并且具有不可替代性。

铸造用树脂材料：根据相关资料显示，灌浆用树脂多为呋喃树脂，在风电行业中被应用在轮毂、底座、固定轴部件（含定子主轴等）、齿轮箱部件（含行星架、箱体等）等，在风电行业中应用最为广泛，并且具有不可替代性。目前中国呋喃树脂的龙头企业为圣泉集团。

电缆用材料：目前风电发电的传输为海缆和陆缆，多为超高压输电电缆，多为 XLPE 和 PVC 电缆材料，暂无其他的产品替代。

最后平头哥想说，关于风电行业用的相关材料及化学品，都将随着风电行业的高速发展而驱动消费快速增长，是中国化工品消

费增速最快的产品之一，也是选择投建化工项目的重要考虑方向和趋势。