

如何制造好的风机叶片？

叶片带来的风险

1.1 叶片质量尚需时间检验

国内企业生产的1.5mw叶片开始装机运行约在3年前，叶片的设计寿命为20年，因此检验时间尚短。一旦发生质量事故，企业维持付出的维修成本会很大。

1.2 竞争导致利润率下滑

风电机组的市场价已经由2008年的6200元/KW降低到2010年的4000元/KW，叶片成本占比为风电整机的20-25%左右，必然遭到整机厂商的压价。2010年叶片的降价压力仍然很大，降价对于叶片企业而言，将是个长期的趋势。

1.3 叶片制造技术和工艺复杂

叶片的生产制造工艺非常复杂，要求也很高，设备和模具投资都很大。由于风轮的转速是通过叶片进行调控，叶片在不同风速情况下的变形和切入角都有很严格的要求，所以叶片的设计和制造难度非常高。特别是叶片承受的风载非常大，叶片在强风状态下所受风载可达几百吨以上，这对叶片的强刚性能要求很高，虽然叶片用了大量的高强材料，但任何一点质量缺陷都会造成叶片的损毁。

如何制造好的风机叶片

在风电设备中风力发电机组的叶片是极为重要的关键部件，约占总成本的15%~20%。目前，风力发电是世界上能源领域发展最快的技术之一，而当今多数大型风力发电机的叶片已经基本上由各种复合材料制成，应用在机舱罩，轮毂，塔架等部位。据知世界风能产业大约每年以25%~30%的速度递增，这必然对叶片的长度提出了更高的要求，据说叶片每增长6%，捕获的风能可增加12%。此外，叶片大型化的同时还要求轻量化，低成本化和高性能化，即在满足安全，可靠和寿命的前提下质量要轻，成本要低，功率要高。为此要进行设计，材料体系和制造技术上的系列革新。

目前我国的风机叶片技术已可制造1.5~20Mw，长达37.3米，甚至42.5米的叶片（目前仅中材科技一家）。但从设计材料体系和制造工艺的综合技术水平上看，从自主知识产权和自主创新能力上看，我们与世界的先进水平还有相当大的差距。

2.1 叶片材料的选择

风机叶片与复合材料制造风机叶片材料曾用过木材和金属，但近年来已基本采用各种复合材料。故风机叶片已成为目前复合材料极重要的应用领域之一。叶片主要用材体系包括各种增强材料，基体材料，夹层泡沫，胶粘剂以及各种辅助材料等。

2.1.1 增强材料

增强材料大量使用E玻纤，因其成本低和适用性强。当要求叶片更高的强度和刚度时，将会使用到高强玻纤，如S2玻纤，虽然价格较高，但适当使用会有好处。某些新兴纤维也可用作候选对象，如超高相对分子质量聚乙烯纤维，连续玄武岩纤维等。连续玄武岩纤维是一种新型无机纤维，由玄武岩石在高温熔融状态下拉丝而成，其力学性能与S玻纤相当，但有更好的耐酸碱和耐高温性能。当叶片更长时其强度，刚度要求更高，自身质量也会更大，此时则要求采用碳纤维。

2.1.2 基体材料

基体材料目前则大量使用不饱和聚酯树脂(UPR)，其综合性能优良，价格又低，国产产品已可满足要求。其次还有乙烯基酯树脂(VER)，环氧树脂(PER)等。以环氧树脂为基体的复合材料力学性能更好，特别是当使用碳纤维时，树脂都以环氧为主。上述均为热固性树脂，现在也有用热塑树脂的，如GatTce公司，研发所谓的“绿色叶片”虽然目

前成本较高，但有一系列优点，特别是可回收解决环保问题。

2.1.3 加芯材料和胶粘剂

叶片以及机舱罩等结构都用夹层结构形式，此时会大量用到闭孔泡沫材料，目前国内大多用瑞典DIAB公司的泡沫，致使其供不应求，据知DIAB正在美国建厂扩产以进一步满足需求。关于胶粘剂，辅助材料等问题不大，但多用进口材料。

叶片材料经历了木质叶片、合金钢叶片、铝合金叶片等阶段。目前，随着风机叶片的大型化，具有体重轻，比强度高优点的复合材料，是风机叶片材料的首选，其中玻璃纤维增强聚酯树脂、玻璃纤维增强环氧树脂和碳纤维增强环氧树脂是普遍使用的材料，碳纤维增强环氧树脂性能较好，但是考虑到乙烯基树脂可降低叶片成本、工艺性好的特点，随着对乙烯基树脂在叶片上应用研究的深入，在不久的将来乙烯基树脂将逐步取代环氧树脂，成为风机叶片材料的首选。但是随着人们对环境要求的严格，以及对更多性能好、无污染的叶片新材料的探索及研究，大规模使用这些材料是指日可待的。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/23831.html>