

A portrait of a middle-aged man with short black hair, wearing a white short-sleeved button-down shirt and a dark belt. He is sitting in an office chair in front of a desk. In the background, there is a bookshelf filled with books and a printer on the desk to the left.

黄争鸣

复合材料力学专家

■ 黄争鸣 Huang Zhengming

长江学者特聘教授

Cheung Kong Scholar

同济大学航空航天与力学学院教授

Professor of School of Aerospace Engineering and Applied Mechanics in Tongji University

☞：您在复合材料力学、计算结构力学、流与结构的相互作用、纳米纤维材料与风力发电机叶片中的力学问题等领域进行了深入的研究，请您具体谈谈近年来的主要研究成果。

黄争鸣：近年来，我们主要在两个方面展开研究并取得了可喜进展。

第一个方面的工作为复合材料的破坏分析与强度预报。这是一个世界性难题，国际上众多学者为解决或部分解决这一问题进行了不懈努力，但整体表现不佳。

在20世纪末我们创建了一个全新的统一场复合材料本构模型——桥联理论。只需提供组份材料的性能参数，就可准确计算复合材料在任意载荷作用下纤维和基体中的内应力，进而确定复合材料的破坏与强度。复合材料力学理论分为宏观与细观两大类。细观力学强度理论依据组份材料的性能参数预报复合材料的破坏与强度；宏观力学的强度理论必须要掌握复合材料本身的性能数据。两者相比，细观力学强度理论更有价值，因为只需一次性确定纤维和基体的性能参数就可以了，并且能够实现复合材料从组份到结构的最优设计。

通过发展新的强度理论(破坏判据)、引入部分刚度衰减并考虑层间界面影响，我们大幅提升了桥联理论预测层合板破坏与强度的能力，尤其是在建立纤维和基体的原始性能与组份材料现场性能之间精确关系方面取得了突破。也就是说，我们已经成功实现由组份材料的原始性能和复合材料的几何数据预测层合板在任意载荷下的极限强度。基于桥联理论，只需根据预先建成的纤维和基体材料性能数据库，不必对复合材料制样，也无需试验，就可设计出最优的复合材料结构，这不仅会大幅减少设计开发费用，而且会极大缩短设计时间。

第二个方面的工作是通过全新的叶根段结构设计，将大型风机叶片的

重量同比降低达14%以上。

☞：请谈谈您的研究成果在航空航天领域的应用价值以及具体的应用情况。

黄争鸣：我们建立的桥联理论及复合材料破坏分析与强度预报方法在航空航天领域具有非常重要的应用价值，应该是目前唯一能够实现根据原始纤维和基体性能参数预报复合材料结构极限承载能力的一种理论。纤维增强复合材料是航空航天飞行器的首选甚至是唯一候选材料。无论是现有的还是新研制的航空航天器复合材料结构，都存在优化纤维排列、减少材料消耗、降低结构重量的可能，尽管不一定能做到像大型风机叶片那样使其重量同比减重高达14%。当然，我们在风机叶片方面的研发成果可以直接应用到飞机机翼、直升机螺旋桨等的优化设计之中。

☞：我国的复合材料研究在破坏分析、强度预报方面还存在哪些问题？应该如何解决？

黄争鸣：复合材料的破坏分析和强度预报目前最需要解决两个关键问题。第一，分层预测。有人检测到了某型飞机复合材料结构有101处损伤，其中98处是分层损伤，这表明复合材料的分层现象非常普遍。任何一个层合板都有可能产生分层，但究竟受什么样的载荷、载荷达到多大才会产生分层？什么样的分层非致命，在哪些情况下是致命的？这些问题还有待研究。第二，弯曲为主引起的复合材料极限破坏判据。层合板受弯曲与面内拉伸载荷作用的极限

破坏形式不同，前者并不像后者那样会使层合板断开，因此两者的极限破坏判据也许不一样，目前这方面的研

黄争鸣：教育部“长江学者”特聘教授，同济大学航空航天与力学学院教授、博士生导师。代表性成果包括：创建了复合材料本构与强度理论 Bridging Model，经“Failure Olympics”评比认定，该理论是参评精度最高的细观力学理论，并且是惟一可计算纤维和基体中热残余应力的理论；是同轴共纺制备芯-壳复合连续纳米纤维的技术发明人之一，这种技术曾被《科学》刊文认定为静电纺丝的3大进展之一；给出了一般算子方程解(Hilbert第20个问题)存在性的一个充分必要条件；发明了“完美叶根连接与梯形块根段结构”技术，可将大型风机叶片同比(相同叶片外形、相同材料体系、相同加工工艺、相同承载能力)减重14%以上，这也许是使叶片同比增益10%以上的最后一种技术方案。

黄争鸣教授发表的论文单篇最高引用仅SCI统计已超过1700次，使他成为近10年国内论文单篇引用率最高的科学家。



究甚少，并且缺乏系统的实验数据。

桥联理论是解决上述问题尤其是分层预测最有效的理论工具。事实上，分层的必要条件是单层板中的基体材料沿厚度方向的主应力大于0，应用桥联理论很容易解决该必要性问题。

☞：您在研究的过程中特别注重理论与应用并重，作为固体力学和材料加工双学科博士生导师，请谈谈您对人才培养的看法。

黄争鸣：我个人主张，理论研究要勇于面对一些挑战性问题，敢于走别人没有走过的路，最好能够形成一家之言；应用研究要定位在自己工作生涯之内或有生之年能实现工业化应用的课题。

(采访 三丰 责编 亦非)