



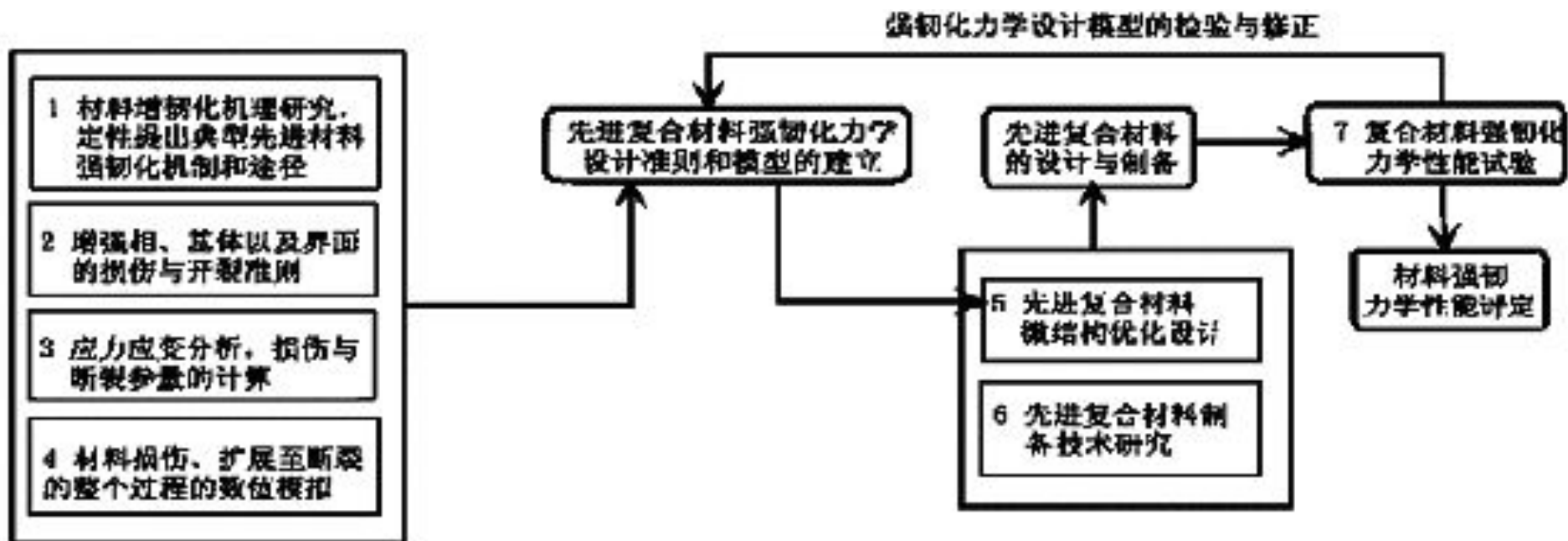
# 第五讲

# 材料强韧化设计的总体思路



# 一、复合材料的强韧化设计

- (1) 复合材料强韧化力学设计准则和模型的建立
- (2) 复合材料设计与制备工艺技术研究
- (3) 复合材料强韧化力学性能试验





## 复合材料强韧化力学设计准则与模型的建立过程分五项工作内容：

- (1) 复合材料强韧化机理研究；
- (2) 增强相、基体及其界面的损伤与失效准则研究；
- (3) 应力-应变分析、损伤与断裂参量计算；
- (4) 复合材料的损伤、扩展与失效过程的模拟；
- (5) 复合材料微结构优化设计。



# 复合材料制备技术的研究

- (1) 组分设计(其物理化学相容性研究);
- (2) 相材料表面处理;
- (3) 制备方法、工艺参数选择和工艺条件控制的研究。

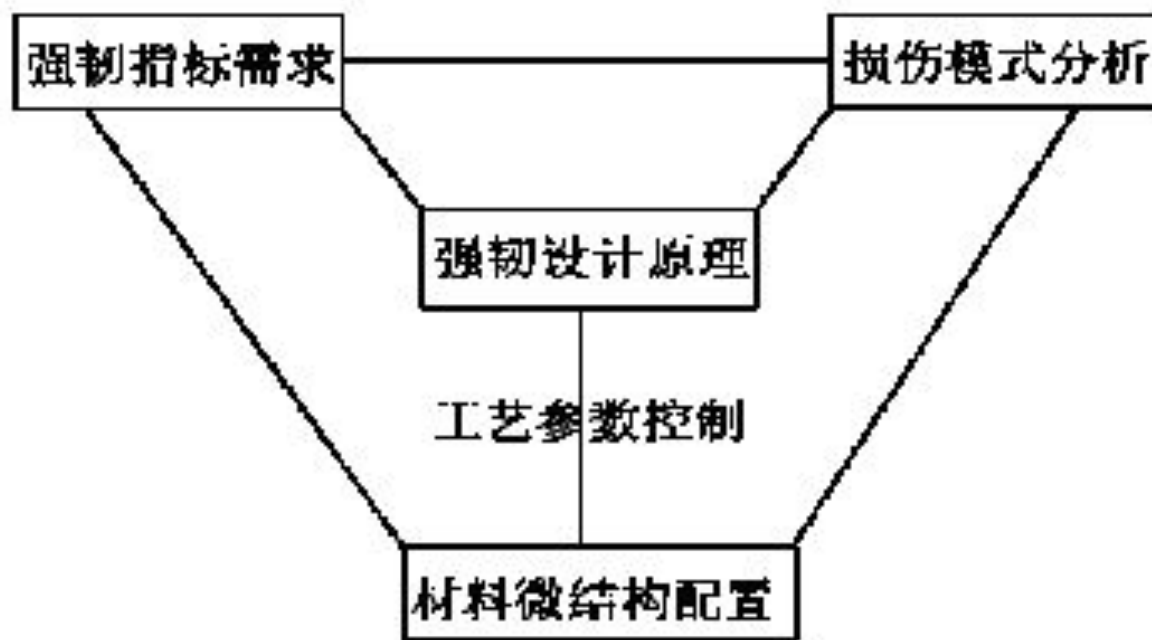


# 复合材料强韧化力学性能试验与评价

- (1) 检验强韧化力学设计模型预报的复合材料力学性能的可靠性，以检验计算模型并对计算模型进行修正
- (2) 对复合材料的强度与韧性进行测试与评价



在强韧指标需求、损伤模式分析、材料微结构优化匹配、工艺参数控制之间可以形成对强韧化设计原理和实验室实现的闭环体系。



## 二、材料界面增韧的力学机理 及其强韧化设计

### 1. 界面设计：

界面在工程材料中几乎无处不在：组合构件的搭接界面，复合材料层合结构的层间界面，不同材料扩散连接形成的界面，多晶体材料中不同晶粒之间的界面等。

依不同的尺度划分，可将这些界面分别定义为宏观界面，细观界面以及微观界面。



- 影响界面的形成、结构及其稳定性的因素大致可分为两类：物理因素和化学因素。
- 物理因素包括吸附、扩散、机械等作用，
- 化学因素则主要是化学键结合。
- 无论是物理因素还是化学因素，都与形成界面的组分材料及其工艺条件有关。
- 工艺、界面以及材料宏观性能三者之间有着不可分割的联系。由于界面两侧材料的失配使连接界面产生应力应变集中，且界面形成过程中会不同程度地留有连接的工艺性缺陷，使得界面往往成为发生断裂的源泉。





## 2. 强韧化设计:

针对材料界面增韧主要从以下两个方面考虑:  
其一提高界面断裂韧性; 其二是实现最佳断裂路径。

根据材料界面增韧的力学机理, 即可进行界面强韧化设计, 对确定的外载状态, 主要从以下几个方面来考虑:

- (1) 界面层结构特征设计;
- (2) 界面断裂韧性曲线设计;
- (3) 最佳断裂路径设计。