



# 第一讲 概论

中南大学



# 一、材料的失效

1. 材料的失效：是指工程结构的部件在服役过程中伤亡，使工程结构低效工作或提前退役的现象。
2. 失效的原因：是由于材料的性能满足不了服役(或制造、试车、贮运)时的力学、化学、热学等外界条件。
3. 失效的方式：变形、断裂、腐蚀、磨损、烧损

## 二、脆断的理解

### 1. 金属的脆断：

- a. 脆断时，结构的宏观应力一般都低于材料的屈服强度；
- b. 脆断从应力集中处开始，材料生产和制造过程中产生的缺陷，特别是缺口和裂纹，通常是脆断的发源地；
- c. 低温、厚截面和高应变速率，易于引起脆断。



断裂事故的发生，产生以下四方面效应：

(1) 冲击了原有的设计思想；

$$S = \frac{\sigma_s}{\sigma_{\max}}$$

疑问：传统的“强度设计”合理性？是否需辅以“韧性设计”？



(2) 对材料的断裂判据发生了怀疑；

疑问：宏观应力  $\sigma < \sigma_s < \sigma_b$ ？应力状态、应变速度、环境温度对断裂有何影响？合理的断裂判据？

(3) 考核了工艺的适用性；

熔化焊接，不仅改变性能，还会引入残余应力、缺口、裂纹等，影响断裂。

(4) 深入理解了工作情况；

使用不当，如过载、划伤、冲击、过冷等，均促进脆断。



主要因素	协助因素	失效机理
力学	恒载	韧断及脆断
	交变载荷	疲劳断裂
	化学、恒载 化学、交变	应力腐蚀断裂
	载荷	腐蚀疲劳断裂
	热学(化学)	蠕变断裂、液态 金属脆化

对于材料的断裂和其它失效，设计是主导，材料是基础，工艺是保证，使用是监护。

# 三、材料的强韧化问题

## ◆ 是结构材料研发的主题

人们为了提高材料的强度往往以损失韧性，引起脆化为代价，要有效提高材料的强度，必须同时增加强韧性。

## ◆ 是20世纪末断裂力学理论及其应用发展的一个主要方向

金属及其合金、精细结构陶瓷、结构高分子、高强混凝土、形状记忆合金和复合材料，以及其它新型结构材料，都涉及材料的变形与断裂、材料的强度和韧性、材料的疲劳等，这些都与材料的强韧化是密不可分的。





## 四、强韧化意义

- ◆ 提高材料的强度和韧性；
- ◆ 节约材料，降低成本，增加材料在使用过程中的可靠性和延长服役寿命；
- ◆ 希望所使用的材料既有足够的强度，又有较好的韧性，通常的材料二者不可兼得；
- ◆ 理解材料强韧化机理，掌握材料强韧化现象的物理本质，是合理运用和发展材料强韧化方法从而挖掘材料性能潜力的基础。



# 五、材料强韧化的研究思路

## ◆ 物理强韧化

在金属内部晶体缺陷的作用和通过缺陷之间的相互作用，对晶体的力学性能产生一定的影响，进而改变金属的性能

## ◆ 化学强韧化

元素的本质决定的因素以及元素的种类和含量造成的性能的改变

## ◆ 机械强韧化

界面作用造成的强韧化

