

# 断裂力学课程作业（后三次作业）

姓名 张家瑞      学号 2401111734      院系 工学院力学与工程科学系

## 目录

<b>1 第九次作业</b>	<b>2</b>
1.1 什么是高周疲劳问题和低周疲劳问题？	2
1.2 循环载荷作用下，材料的基本变形机制是什么？	2
1.3 从裂纹尖端前方塑性区内一点的加载和卸载过程，是否可判断裂尖处具有闭合现象发生？	2
1.4 试分析为什么疲劳裂纹扩展问题只依赖于疲劳循环载荷的幅值？	2
1.5 试叙述疲劳裂纹扩展的 Paris 公式的基本含义？	2
<b>2 第十次作业</b>	<b>2</b>
2.1 材料的动态断裂应力强度因子为什么小于静态断裂应力强度因子？	2
2.2 以 III 型裂纹为例，试叙述求解对偶积分方程解的步骤以及求解动态裂纹应力强度因子的步骤。	2
2.3 为什么动态裂纹尖端渐近解的形式与静态渐近解的形式完全一样？	2
<b>3 第十一次作业</b>	<b>3</b>
3.1 试分析 I 型和 II 型和 III 型动态裂纹渐近解及应力强度因子的意义，特别是 I 型和 II 型两种解答均与两类波速相关，而 III 型只与等容波速相关。	3
3.2 无限长裂纹的应力强度因子随时间增加趋于无限大值，而有限长裂纹的应力强度因子随时间无限增大趋于静态时的值，如何思考动态裂纹渐近解的有效性？	3
3.3 试分析 Yoffe 裂纹问题的物理意义。	3
3.4 动态裂纹起裂与扩展判据与裂纹运动速度以及材料的瑞利波速相关，如何理解应力强度因子的时间相关性？	3

## 1 第九次作业

### 1.1 什么是高周疲劳问题和低周疲劳问题？

高周疲劳 (应力疲劳): 如果  $S_{max} < \sigma_0$ , 对应疲劳寿命较长,  $N_f > 10^4$  次循环。载荷 (应力)-寿命关系实验结果特征: 对数坐标下呈线性关系, 通常称为:  $S - N$  曲线。

低周疲劳 (应变疲劳): 如果  $S_{max} > \sigma_0$ , 对应疲劳寿命较短,  $N_f < 10^4$  次循环。载荷 (应变)-寿命关系实验结果特征: 对数坐标下呈线性关系, 通常称为:  $\varepsilon - N$  曲线。

### 1.2 循环载荷作用下, 材料的基本变形机制是什么？

通常对微纳米结构材料先沿表面晶界引起滑移、再出现裂纹萌生、穿晶扩展、逐渐转化成 I 型裂纹。

### 1.3 从裂纹尖端前方塑性区内一点的加载和卸载过程, 是否可判断裂尖处具有闭合现象发生？

可以判断, 加载后卸载, 裂纹面出现局部闭合。由于加载造成的裂纹位移

$$\delta = 2\alpha\varepsilon_0 \left( \frac{J}{\alpha\sigma_0\varepsilon_0 I_n} \right)^{\frac{n}{n+1}} r^{\frac{1}{n+1}} \tilde{u}_2(\pi) \approx \frac{2J}{\sigma_0 I_\infty} \tilde{u}_2(\pi) = \frac{2\pi a \sigma_\infty^2}{E \sigma_0 I_\infty} \tilde{u}_2(\pi), \quad (1.3.1)$$

其中  $I_\infty = \pi/2$ 。

由于卸载造成的裂纹位移

$$\delta_t = \frac{8K_I}{E} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} = \frac{4\sqrt{2ar}\Delta\sigma_\infty}{E}. \quad (1.3.2)$$

因此裂纹闭合的条件为

$$\delta_t \geq \delta, \quad (1.3.3)$$

即

$$r \geq \frac{a}{2} \left[ \frac{\sigma_\infty^4}{\sigma_0^2 (\Delta\sigma_\infty)^2} \right] \tilde{u}_2^2(\pi) \quad (1.3.4)$$

### 1.4 试分析为什么疲劳裂纹扩展问题只依赖于疲劳循环载荷的幅值？

疲劳特性主要与载荷幅值有关。

### 1.5 试叙述疲劳裂纹扩展的 Paris 公式的基本含义？

## 2 第十次作业

### 2.1 材料的动态断裂应力强度因子为什么小于静态断裂应力强度因子？

### 2.2 以 III 型裂纹为例, 试叙述求解对偶积分方程解的步骤以及求解动态裂纹应力强度因子的步骤。

### 2.3 为什么动态裂纹尖端渐近解的形式与静态渐近解的形式完全一样？

### 3 第十一次作业

- 3.1 试分析 I 型和 II 型和 III 型动态裂纹渐近解及应力强度因子的意义，特别是 I 型和 II 型两种解答均与两类波速相关，而 III 型只与等容波速相关。
- 3.2 无限长裂纹的应力强度因子随时间增加趋于无限大值，而有限长裂纹的应力强度因子随时间无限增大趋于静态时的值，如何思考动态裂纹渐近解的有效性？
- 3.3 试分析 Yoffe 裂纹问题的物理意义。
- 3.4 动态裂纹起裂与扩展判据与裂纹运动速度以及材料的瑞利波速相关，如何理解应力强度因子的时间相关性？