



材料力学

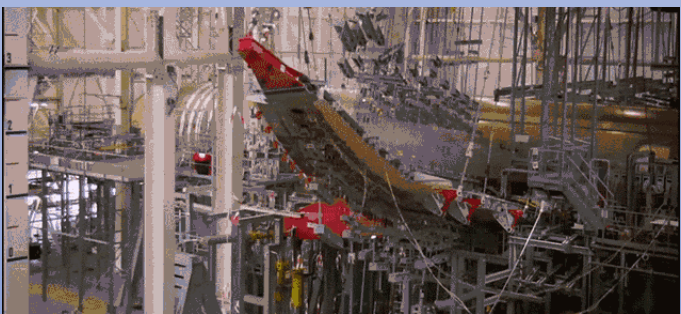
第八章 材料的破坏与疲劳

任 课 教 师： 孙 金 煜

Q Q： 2 4 9 8 2 6 9 4 3

邮箱：249826943@qq.com

答 疑 时 间： 周 二 中 午



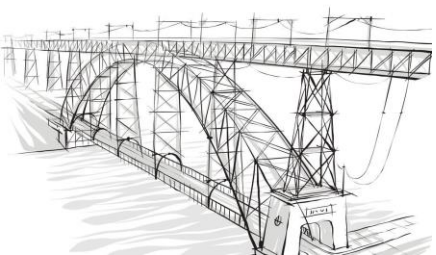
交变应力

交变应力

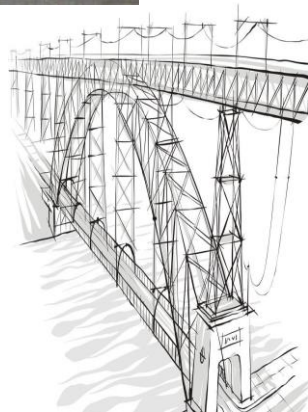
疲劳极限

持久极限

影响条件



这些破坏又是为什么产生的？



交变应力 疲劳极限

动响应= K_d × 静响应

1、构件有加速度时动应力计算

(1) 直线运动构件的动应力

$$K_d = 1 + \frac{a}{g}$$

(2) 水平面转动构件的动应力

$$K_d = \frac{a_n}{g}$$

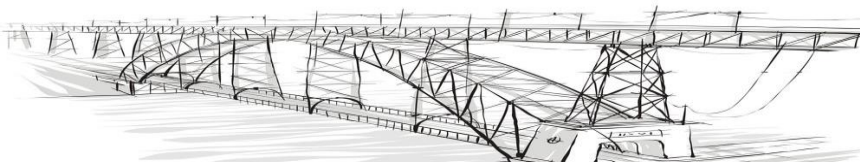
2、构件受冲击时动应力计算

(1) 自由落体冲击问题

$$K_d = \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{st}}}\right)$$

(2) 水平冲击问题

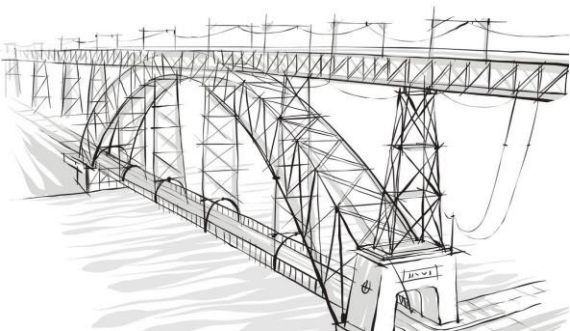
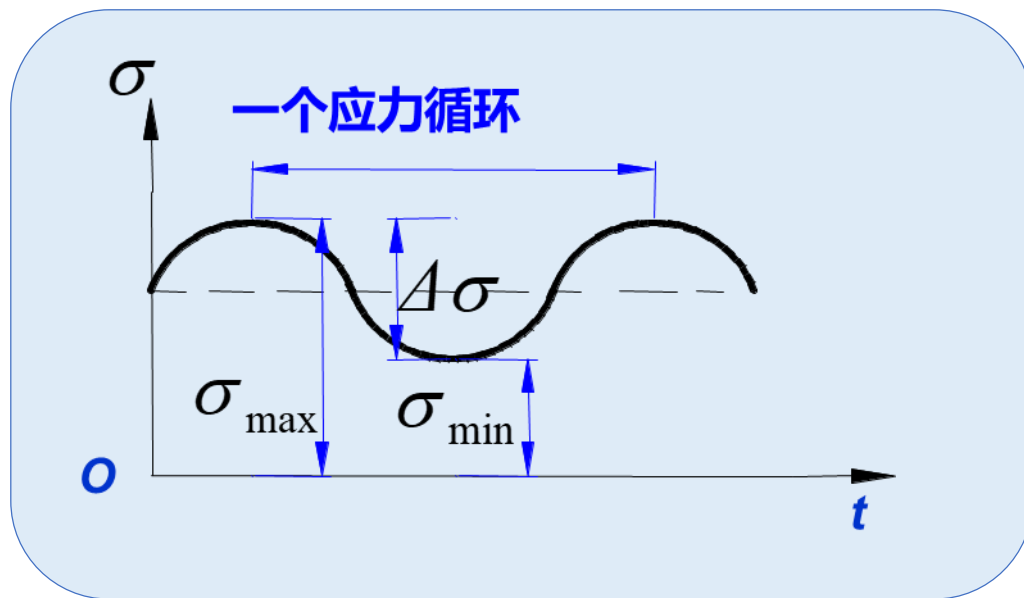
$$K_d = \sqrt{\frac{v^2}{g\Delta_{st}}}$$



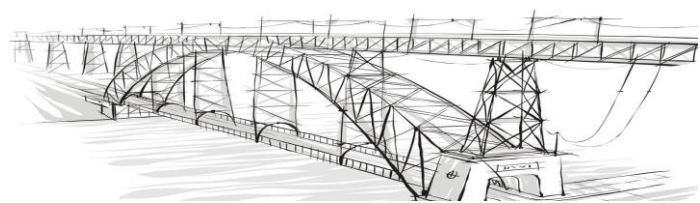
交变应力的基本参量

在交变荷载作用下应力随时间变化的曲线，称为**应力谱**。

随着时间的变化，应力在一固定的最小值和最大值之间作周期性的交替变化，应力每重复变化一次的过程称为一个**应力循环**。



通常用以下参数描述循环应力的特征



(1) 应力比 r

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

(2) 应力幅 $\Delta\sigma$

(3) 平均应力 σ_m

$r = -1$: 对称循环 ;

$r < 0$: 拉压循环 ;

$r = 0$: 脉动循环 。

$r > 0$: 拉拉循环 或压压循环。

$$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

$$\sigma_m = \frac{1}{2}(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})$$

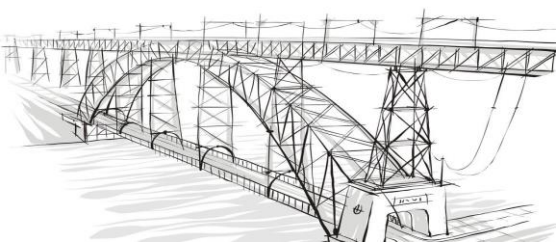
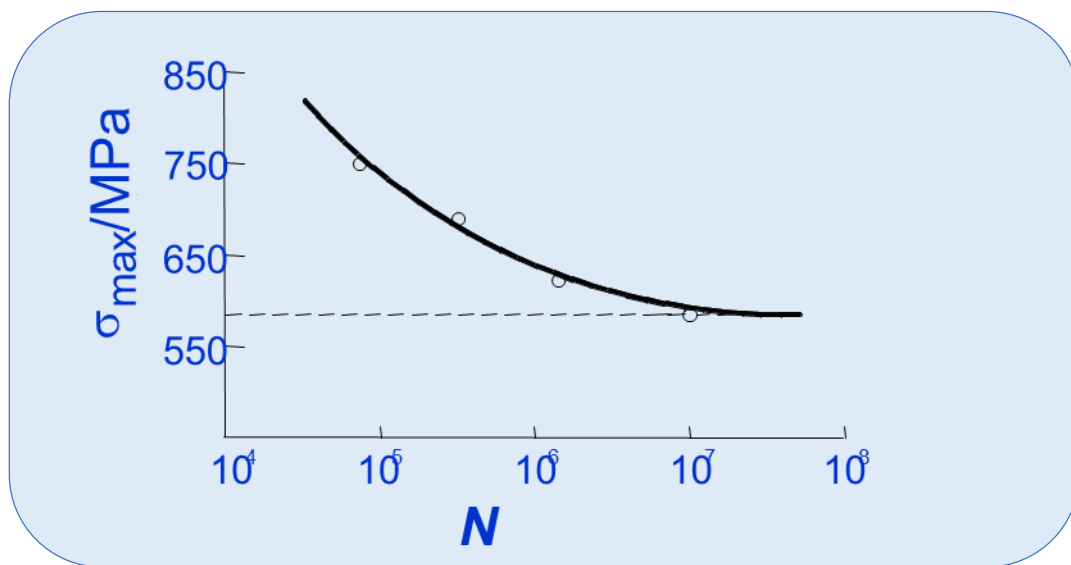
一个非对称循环应力可以看作是在一个平均应力 σ_m 上叠加一个应力幅为 $\Delta\sigma$ 的对称循环应力组合构成。

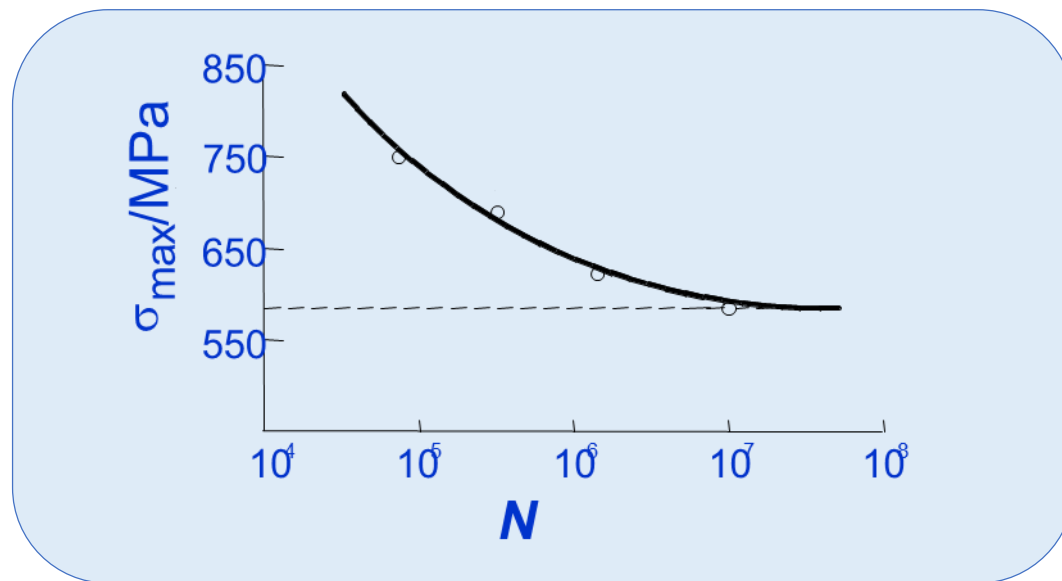
疲劳极限

将若干根尺寸、材质相同的标准试样，在疲劳试验机上依次进行 $r = -1$ 的常幅疲劳试验。各试样加载应力幅 $\Delta\sigma$ 均不同，因此疲劳破坏所经历的应力循环次数 N 各不相同。

以 $\Delta\sigma$ 为纵坐标，以 N 为横坐标（通常为对数坐标），便可绘出该材料的应力—寿命曲线即 $S-N$ 曲线如图（以40Cr钢为例）

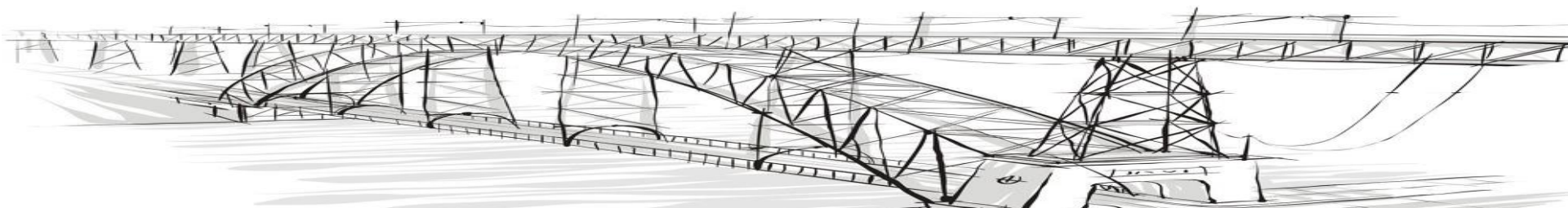
注：由于在 $r = -1$ 时， $\sigma_{\max} = \Delta\sigma/2$ ，故 $S-N$ 曲线纵坐标也可以采用 σ_{\max} 。





从图可以得出三点结论：

- (1) 对于疲劳，决定寿命的最重要因素是应力幅 $\Delta\sigma$ 。
- (2) 材料的疲劳寿命 N 随应力幅 $\Delta\sigma$ 的增大而减小。
- (3) 存在这样一个应力幅，低于该应力幅，疲劳破坏不会发生，该应力幅称为**疲劳极限**，记为 σ_{-1} 。

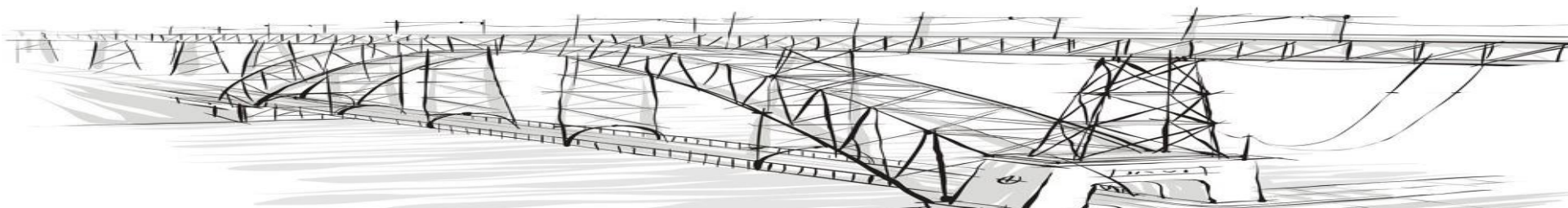


对于铝合金等有色金属，其 S - N 曲线没有明显的水平部分，一般规定
 $N_0 = 5 \times 10^6 \sim 10^7$ 时对应的 σ_{\max} 称为条件疲劳极限，用 $\sigma_{-1}^{N_0}$ 表示。

对低碳钢，其 $\sigma_b = 400 \sim 500\text{MPa}$

其弯曲疲劳极限 $(\sigma_{-1})_b = 170 \sim 220\text{MPa}$

拉压疲劳极限 $(\sigma_{-1})_t = 120 \sim 160\text{MPa}$



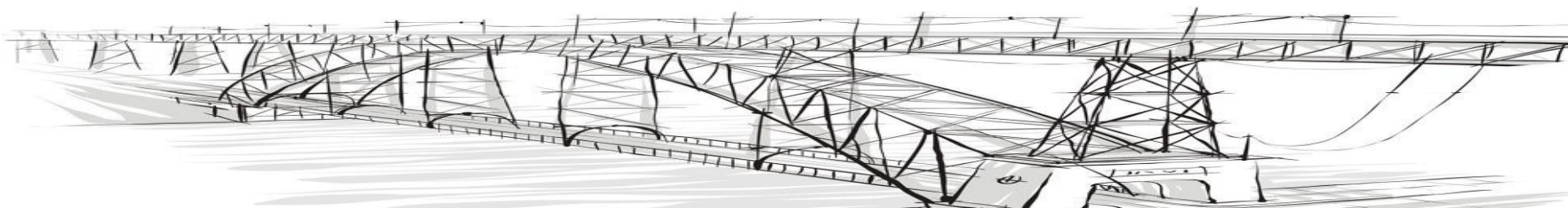
影响持久极限的因数

1. 构件外形的影响

构件外形的突然变化，例如构件上有槽、孔、缺口、轴肩等，将引起应力集中

有效应力集中因数 $K_{\sigma} = \frac{(\sigma_{-1})_d}{(\sigma_{-1})_K}$ 或 $K_{\tau} = \frac{(\tau_{-1})_d}{(\tau_{-1})_K}$

理论应力集中因数 $K_{\sigma} = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n}$



2. 零件尺寸的影响——尺寸因数

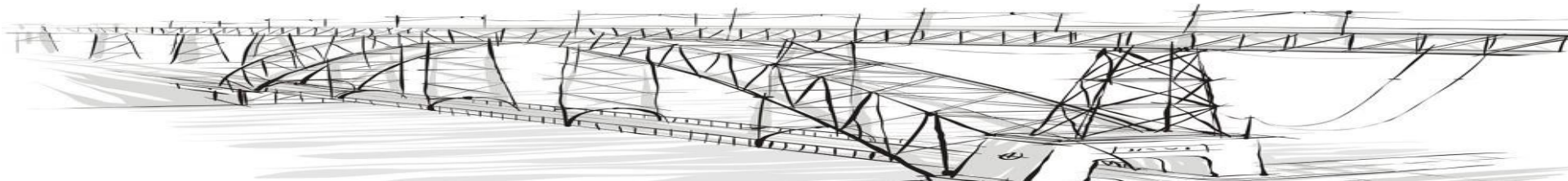
$$\varepsilon = \frac{(\sigma_{-1})_d}{\sigma_{-1}} \quad (\sigma_{-1})_d \text{ 光滑零件的疲劳极限} \quad \sigma_{-1} \text{ 试样的疲劳极限}$$

查看表11.1 尺寸因数

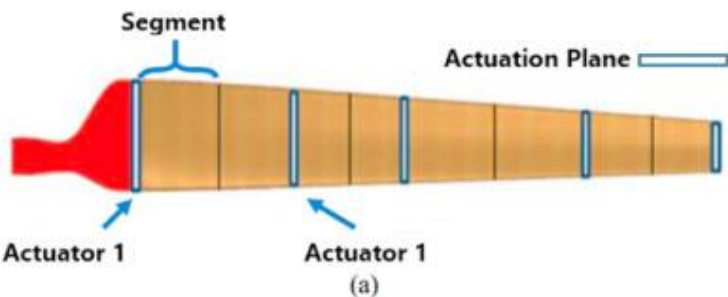
3. 表面加工质量的影响——表面质量因数

$$\beta = \frac{(\sigma_{-1})_\beta}{\sigma_{-1}} \quad \sigma_{-1} \text{ 磨削加工 (试样)} \quad (\sigma_{-1})_\beta \text{ 其他加工}$$

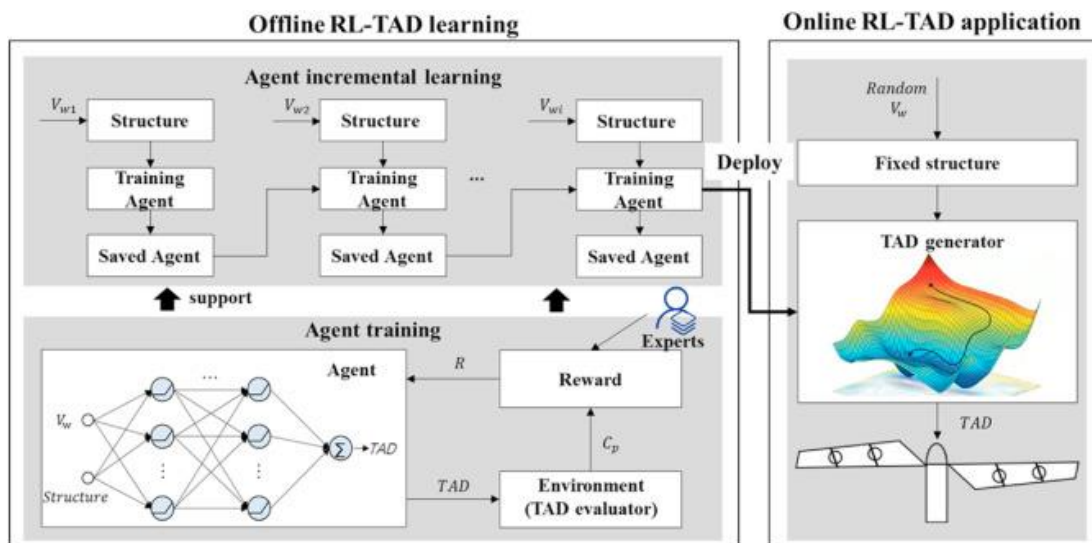
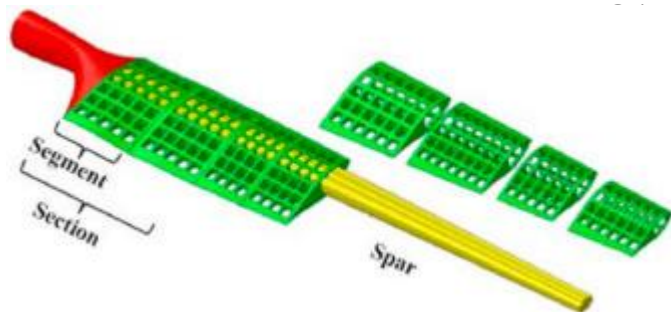
一般情况下，构件的最大应力发生于表层，疲劳裂纹也多于表层生成。表面加工的刀痕、擦伤等将引起应力集中，降低持久极限。所以表面加工质量对持久极限有明显的影响。



强化学习的叶片扭转角分布优化风力发电机能量

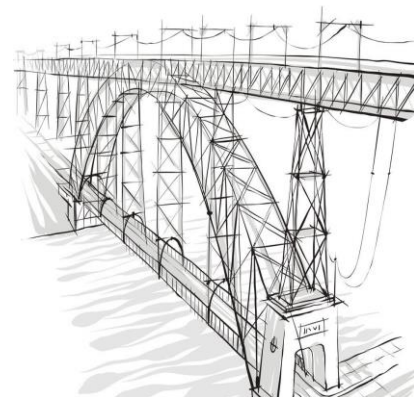


(b)



Jia L, Hao J, Hall J, et al. A reinforcement learning based blade twist angle distribution searching method for optimizing wind turbine energy power[J]. Energy, 2021, :119148.

在实际力学模拟中都需要考量哪些因素？



谢谢大家！

