

机械设计

Mechanical Design

HW01

第01章 机械设计总论

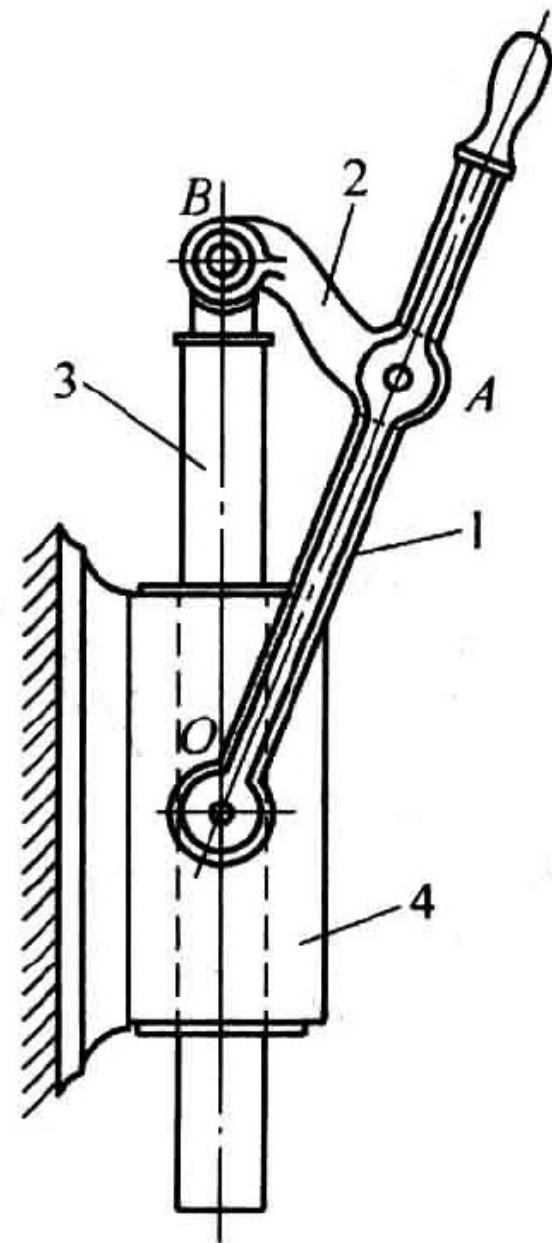
参考答案

所有作业要求手写

Autumn 2024

# HW 01.1

- 绘制出图示机构的运动简图
- Sketch the kinematic diagram



# HW 01.1

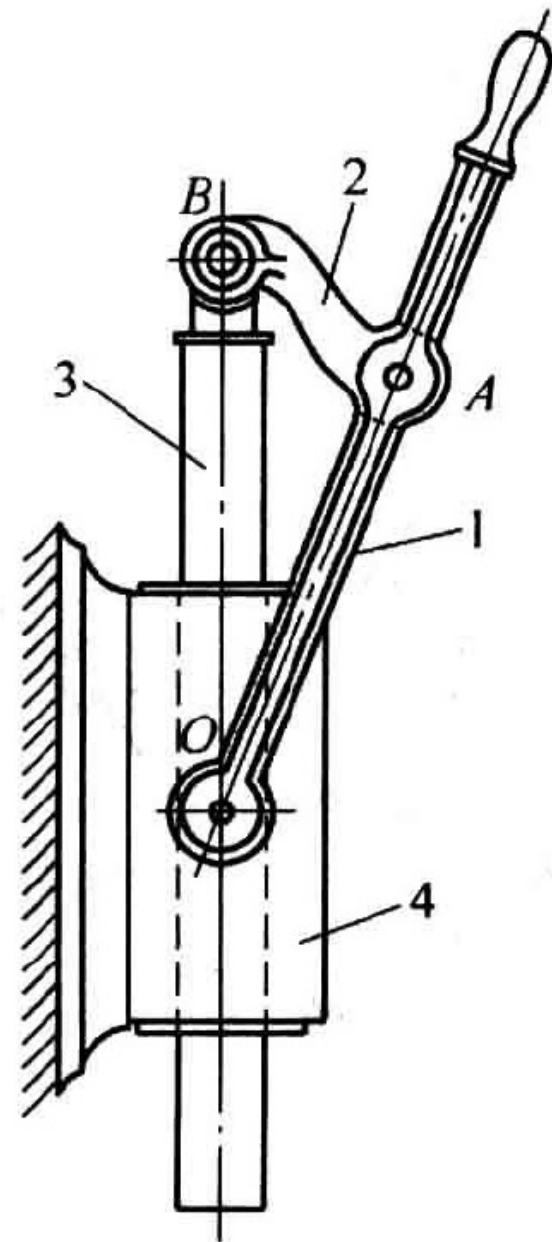
- 绘制出图示机构的运动简图
- Sketch the kinematic diagram

平面机构运动简图的绘制

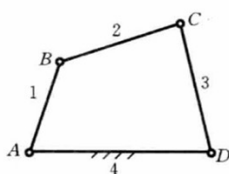
24

## 机构示意图或机构简图

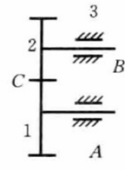
名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
线型规定	粗实线表示一般构件轮廓、轴、杆类等	平面高副	曲面高副	与机架组成	与机架组成	与机架组成	对心式	棘轮传动	
	细实线表示运动方向、剖面线等		凸轮高副				偏心式		
两组成运动副	点画线表示轴线、齿轮、链条等	两构件组成球面副	锥齿轮啮合	与机架组成转动副	运动平面平行于图纸	运动平面垂直于图纸	外啮合圆柱齿轮	带传动	
		蜗轮蜗杆啮合	与机架组成转动副						
两组成运动副	运动平面平行于图纸	两构件组成螺旋副	带圆柱滚子	一个构件上与其他构件连接	与机架组成转动副	与机架组成转动副	齿轮齿条啮合	装在轴上的飞轮	
	运动平面垂直于图纸		带圆柱滚子						



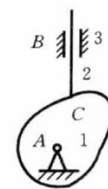
仅仅以构件和运动副组成的线条与符号表示机构，其图形不按精确的比例绘制，目的是为了进行初步的结构组成分析，看懂动作原理等



(a) 铰链四杆机构



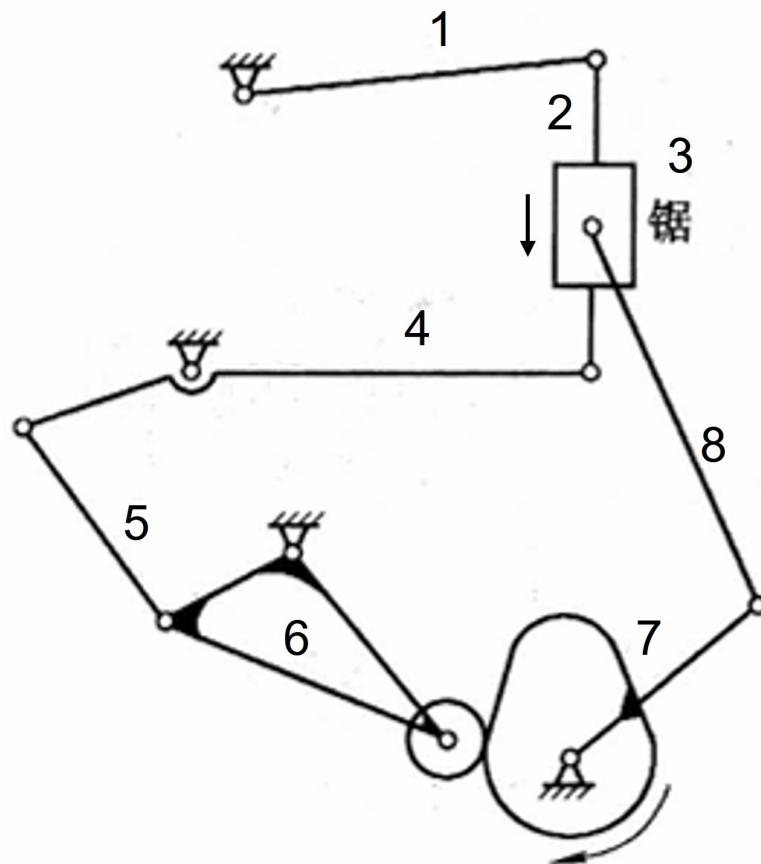
(b) 圆柱齿轮机构



(c) 盘形凸轮机构

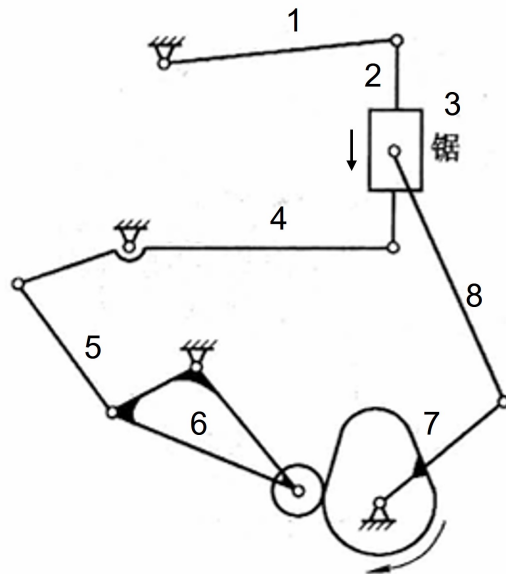
# HW 01.2

- 计算图中机构的自由度
- Calculate the degree of freedom



# HW 01.2

- 计算图中机构的自由度
- Calculate the degree of freedom



平面机构具有确定运动的条件

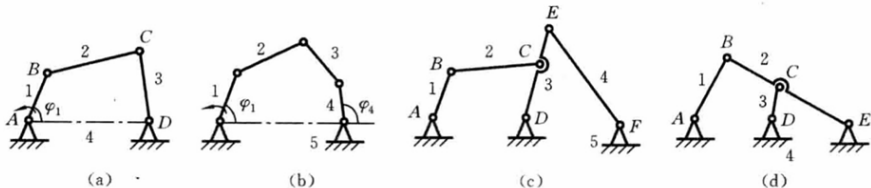
33

## 平面机构自由度的计算

- 活动构件的自由度总数 - 运动副引入的约束总数 = 该机构自由度

$$F = 3n - (2P_L + P_H) = 3(N - 1) - 2P_L - P_H$$

- 在一个平面机构中，若有  $N$  个构件，**除去机架后**，其余应为活动构件总数，即  $n = N - 1$ 
  - 这些活动构件在未组成运动副之前，其自由度总数为 3，当它们用运动副连接起来组成机构之后，机构中各构件具有的自由度数就减少了
- 若在平面机构中低副的数目为  $P_L$  个，高副的数目为  $P_H$  个，则机构中全部运动副所引入的约束总数为  $2P_L + P_H$



平面机构具有确定运动的条件

35

## 计算机构自由度时应注意的问题

- 局部自由度 (多余自由度)
  - 不影响整个机构运动关系的个别构件所具有的独立自由度
  - 在计算机构自由度时，应将它除去不计
- 局部自由度虽然不影响整个机构的运动，但滚子可使高副接触处的滑动摩擦变成滚动摩擦，可减少磨损
  - 所以实际机构中常有局部自由度出现

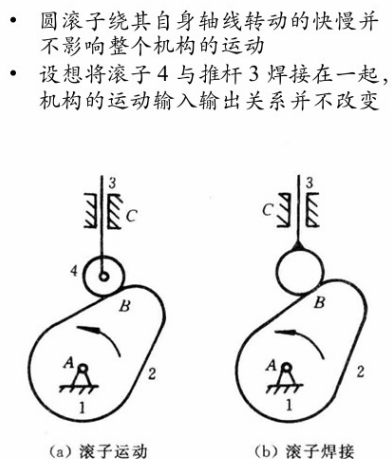
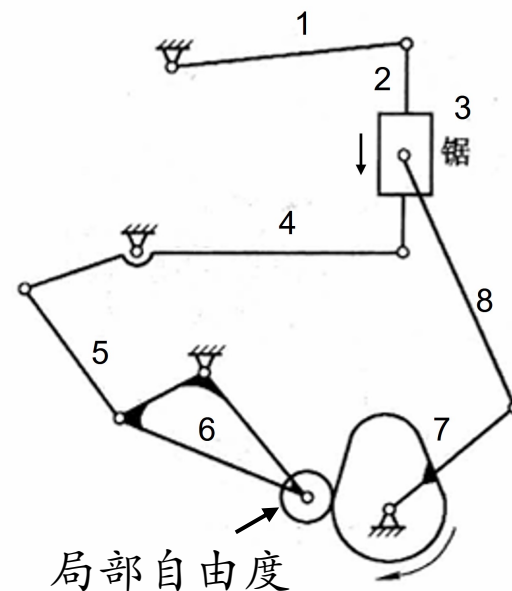


图 1-7 机构中的局部自由度

# HW 01.2

- 计算图中机构的自由度
- Calculate the degree of freedom
- 滚子具有局部自由度，应和活动构件6视为焊接在一起来计算自由度。图中活动构件数  $n = 8$ ,  $P_L = 11$ ,  $P_H = 1$  因此  $F = 3n - 2P_L - P_H = 1$
- The roller has local degrees of freedom and should be considered as welded together with the movable member 6 to calculate the degrees of freedom. In the figure, the number of movable members is  $n = 8$ ,  $P_L = 11$ ,  $P_H = 1$ . Therefore,  $F = 3n - 2P_L - P_H = 1$



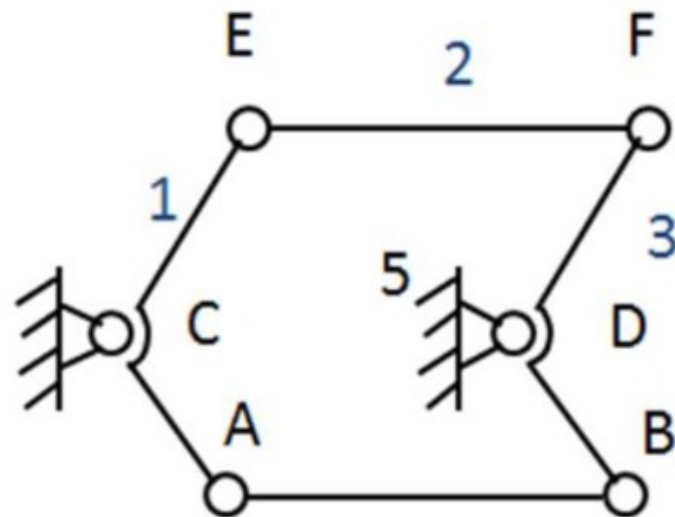
平面机构运动简图的绘制

机构示意图或机构简图

名称	符号	名称	符号	名称	符号
线型规定	粗实线表示一般构件轮廓、轴、杆类等 细实线表示运动方向、剖面线等 点画线表示轴线、齿轮、链条等	平面高副	凸轮高副	锥齿轮啮合	
两组运动构件副		两构件组成球面副		蜗轮蜗杆啮合	
两组运动构件副	运动平面平行于图纸 	运动平面垂直于图纸 	两构件旋成副 	带的摩擦柱接触 	

# HW 01.3

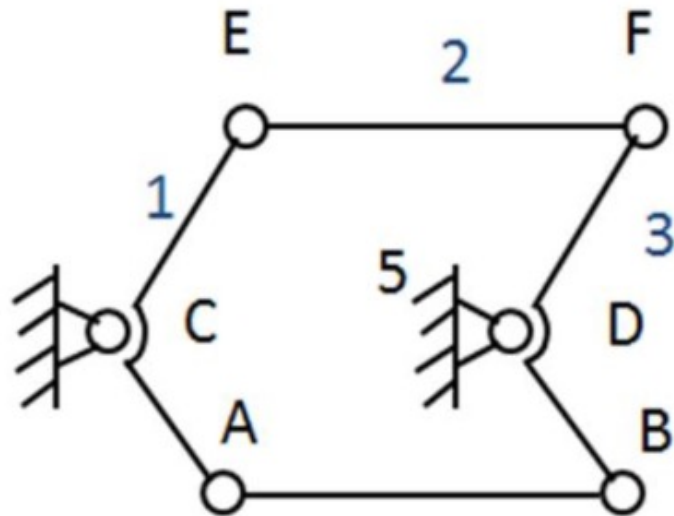
- 试计算图示机构的自由度。若有局部自由度、复合铰链和虚约束，需在图上指出。
- Try to calculate the degrees of freedom. Identify if there are any local degrees of freedom, composite hinges and virtual constraints on the diagram.





# HW 01.3

- 试计算图示机构的自由度。若有局部自由度、复合铰链和虚约束，需在图上指出。
- Try to calculate the degrees of freedom. Identify if there are any local degrees of freedom, composite hinges and virtual constraints on the diagram.



平面机构具有确定运动的条件

36

## 虚约束

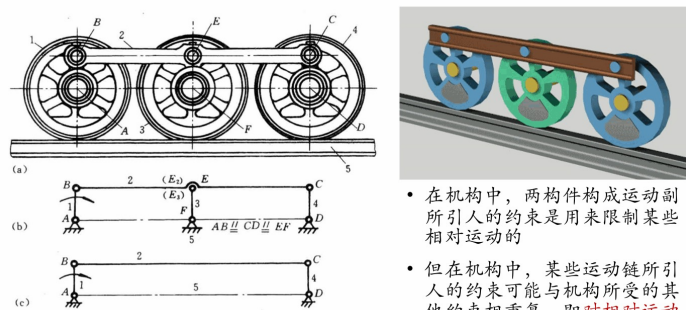
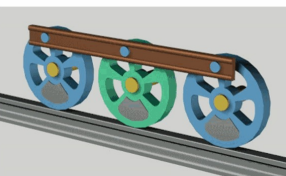


图 1-8 轨迹重合

如果用转动副连接的是两构件上运动轨迹相重合的点，则该连接将引入一个虚约束



- 在机构中，两构件构成运动副所引入的约束是用来限制某些相对运动的
- 但在机构中，某些运动链所引入的约束可能与机构所受的其他约束相重复，即对相对运动的限制产生了重复，因而对机构运动实际上起不到约束作用，这种约束就是虚约束

平面机构具有确定运动的条件

37

## 虚约束

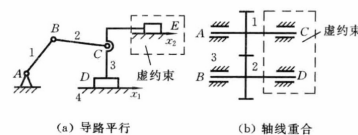


图 1-9 重复运动副

- 机构在运动过程中，若两构件上某两点之间的距离始终保持不变，如用双转动副杆将此两点相连，则将引入一个虚约束

- 机构中某些不影响机构运动传递的重复部分或对称部分所引入的约束为虚约束

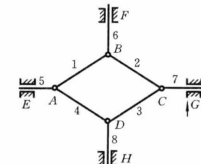
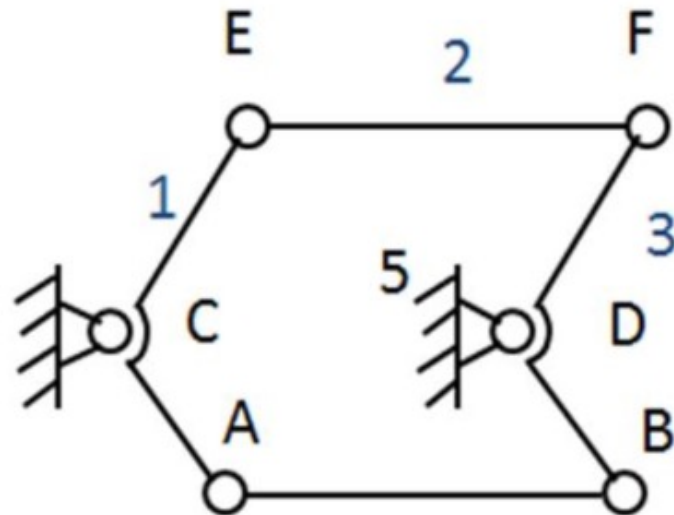


图 1-10 存在虚约束的对称结构



# HW 01.3

- 试计算图示机构的自由度。若有局部自由度、复合铰链和虚约束，需在图上指出。
- Try to calculate the degrees of freedom. Identify if there are any local degrees of freedom, composite hinges and virtual constraints on the diagram.

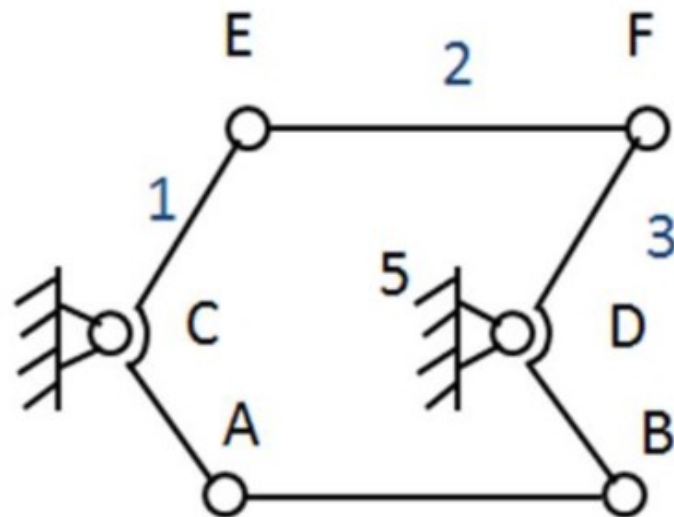


- 无复合铰链和局部自由度，A, B 或 E, F 处因约束对称，有虚约束。共 3 个活动构件，有 4 个低副，有 0 个高副，自由度为 1，即：

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

# HW 01.3

- 试计算图示机构的自由度。若有局部自由度、复合铰链和虚约束，需在图上指出。
- Try to calculate the degrees of freedom. Identify if there are any local degrees of freedom, composite hinges and virtual constraints on the diagram.



- There are no compound hinges and local degrees of freedom. There are virtual constraints at A, B or E, F due to constraint symmetry. There are 3 active components, 4 low pairs, 0 high pairs, and 1 degree of freedom, that is:

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

# HW 01.4

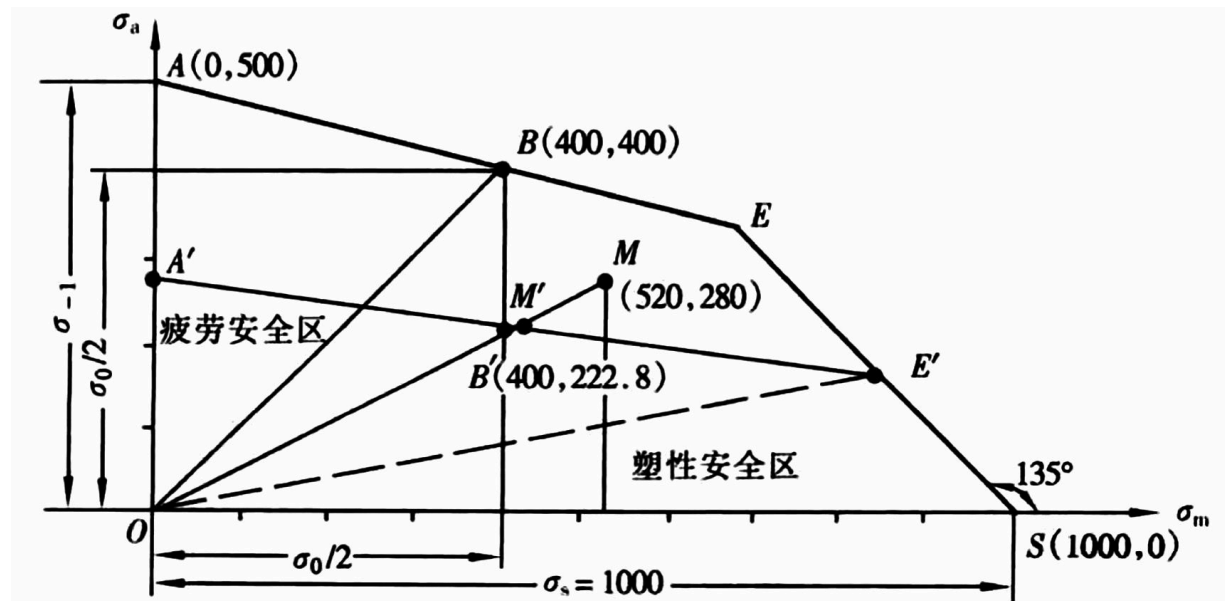
- 已知某钢材的力学性能为  $\sigma_{-1} = 500 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_s = 1000 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_0 = 800 \text{ MPa}$ .
  - 1) 试按比例绘制该材料的简化疲劳极限应力图;
  - 2) 由该材料制成的零件, 承受非对称循环应力, 其应力循环特性  $r = 0.3$ , 工作应力  $\sigma_{\max} = 800 \text{ MPa}$ , 零件的有效应力集中系数  $k_\sigma = 1.49$ , 零件的尺寸系数  $\varepsilon_\sigma = 0.83$ , 表面状态系数  $\beta = 1$ , 按简单加载情况在该图中标出工作应力点及对应的极限应力点;
  - 3) 判断该零件的强度是否满足要求。
- The mechanical properties of a certain steel material are known as:  $\sigma_{-1} = 500 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_s = 1000 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_0 = 800 \text{ MPa}$ .
  - 1) Draw a simplified fatigue limit stress diagram for the material based on proportional values.
  - 2) A part made from this material is subjected to non-symmetric cyclic stress. The characteristics of the stress cycle are  $r = 0.3$ , the working stress is  $\sigma_{\max} = 800 \text{ MPa}$ , the effective stress concentration factor of the part is  $k_\sigma = 1.49$ , the size factor of the part is  $\varepsilon_\sigma = 0.83$ , and the surface condition factor is  $\beta = 1$ . Indicate the working stress point and corresponding limit stress point on the diagram under simple loading conditions.
  - 3) Determine whether the strength of the part meets the required standards.

# HW 01.4

• 已知某钢材的力学性能为  $\sigma_{-1} = 500$  MPa,  $\sigma_s = 1000$  MPa,  $\sigma_0 = 800$  MPa。

1. 试按比例绘制该材料的简化疲劳极限应力图；

1. 绘制材料的简化疲劳极限应力图。因材料为塑性材料，故极限应力图用  $\sigma_m - \sigma_a$  极限应力图表示。确定极限应力图折线  $ABS$  上的各点坐标： $A(0, \sigma_{-1})$ 、 $S(\sigma_s, 0)$  及  $B(\frac{\sigma_0}{2}, \frac{\sigma_0}{2})$ ，代入数值后为： $A(0, 500)$ 、 $B(400, 400)$  及  $S(1000, 0)$ ，连接直线  $AB$  与自点  $S$  作与横坐标轴成  $135^\circ$  的斜线交于点  $E$ ，则  $ABES$  折线为极限应力图。

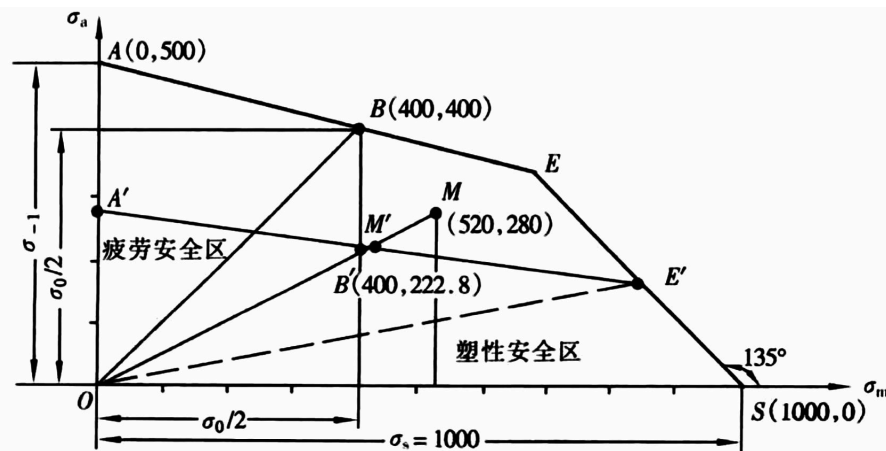


# HW 01.4

- 已知某钢材的力学性能为  $\sigma_{-1} = 500$  MPa,  $\sigma_s = 1000$  MPa,  $\sigma_0 = 800$  MPa。

2. 由该材料制成的零件, 承受非对称循环应力, 其应力循环特性  $r = 0.3$ , 工作应力  $\sigma_{\max} = 800$  MPa, 零件的有效应力集中系数  $k_\sigma = 1.49$ , 零件的尺寸系数  $\varepsilon_\sigma = 0.83$ , 表面状态系数  $\beta = 1$ , 按简单加载情况在该图中标出工作应力点及对应的极限应力点;

2. 绘制零件的许用极限应力图。由题意寿命系数  $K_N = 1.0$ , 对材料时似限应力曲线进行修正。点 A 对应的点 A' 的坐标为  $(0, \frac{K_N \sigma_{-1}}{K_\sigma})$ , 式中  $K_\sigma = \frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma \beta}$ , 代入数据后为  $A'(0, 278.5)$ 。点 B 对应的点 B' 的坐标为  $(\frac{K_N \sigma_0}{2}, \frac{K_N \sigma_0}{2K_C})$ , 代入数据后为  $B'(400, 222.8)$ 。对点 S 不必进行修正。连接 A'B' 线与原 SE 线交于点 E', 则零件的许用极限应力折线图为 A'B'E'S。



# HW 01.4

- 已知某钢材的力学性能为  $\sigma_{-1} = 500 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_s = 1000 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_0 = 800 \text{ MPa}$ 。

3. 判断该零件的强度是否满足要求。

确定工作应力点  $M$  的坐标。

$$\sigma_{\min} = r\sigma_{\max} = 0.3 \times 800 \text{ MPa} = 240 \text{ MPa}$$

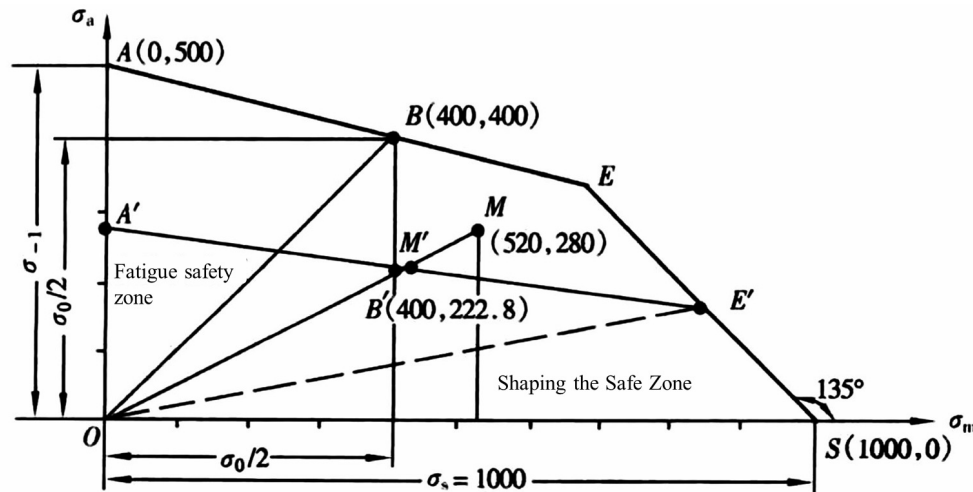
$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{800 - 240}{2} \text{ MPa} = 280 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{800 + 240}{2} \text{ MPa} = 520 \text{ MPa}$$

所以工作应力点的坐标为  $M(520, 280)$ 。按简单加载情况，过原点  $O$  连射线  $OM$  交  $A'B'E'$  于点  $M'$ ，该点即为极限应力点。点  $M$  落在疲劳安全区  $OA'E'$  以外，该零件发生疲劳破坏。

# HW 01.4

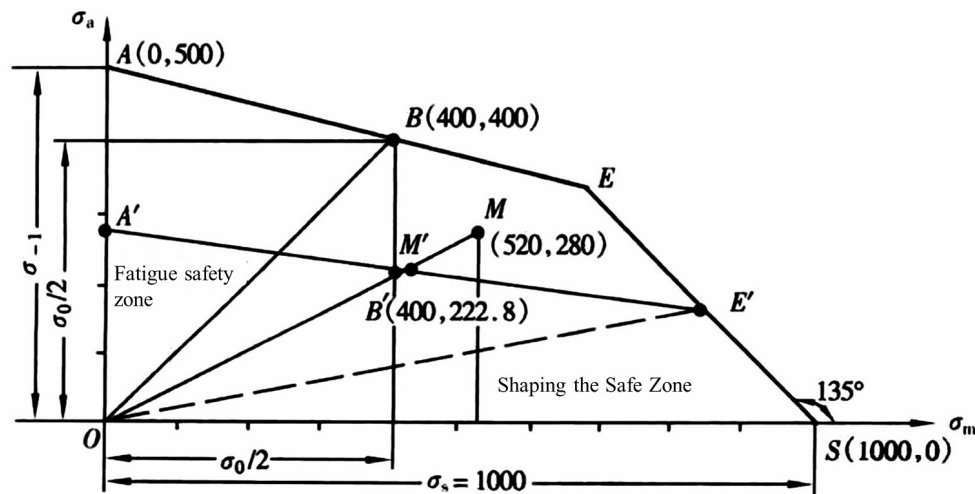
- The mechanical properties of a certain steel material are known as:  $\sigma_{-1} = 500$  MPa,  $\sigma_s = 1000$  MPa,  $\sigma_0 = 800$  MPa.
  - Because the material is a plastic material, the limit stress diagram is represented by the  $\sigma_m - \sigma_a$  limit stress diagram. Determine the coordinates of each point on the limit stress diagram polyline  $ABS$ :  $A(0, \sigma_{-1})$ ,  $S(\sigma_s, 0)$  and  $B\left(\frac{\sigma_0}{2}, \frac{\sigma_0}{2}\right)$ , which are  $A(0, 500)$ ,  $B(400, 400)$  and  $S(1000, 0)$ . Connect the straight line  $AB$  and the oblique line from point  $S$  at an angle of  $135^\circ$  to the horizontal axis, which intersects at point  $E$ . Then the polyline  $ABES$  is the limit stress diagram.





# HW 01.4

- The mechanical properties of a certain steel material are known as:  $\sigma_{-1} = 500$  MPa,  $\sigma_s = 1000$  MPa,  $\sigma_0 = 800$  MPa.
  - Draw the allowable limit stress diagram of the part. According to the life coefficient  $K_N = 1.0$ , the material is corrected for the limit stress. The coordinates of the point  $A'$  corresponding to point  $A$  are  $(0, \frac{K_N \sigma_{-1}}{K_\sigma})$ , where  $K_\sigma = \frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma \beta}$ , which is  $A'(0, 278.5)$  after substituting the data. The coordinates of the point  $B'$  corresponding to point  $B$  are  $(\frac{K_N \sigma_0}{2}, \frac{K_N \sigma_0}{2K_c})$ , which is  $B'(400, 222.8)$  after substituting the data. No correction is required for point  $S$ . The line  $A'B'$  connecting the original  $SE$  line intersects at point  $E'$ , then the allowable limit stress line diagram of the part is  $A'B'E'S$ .



# HW 01.4

- The mechanical properties of a certain steel material are known as:  $\sigma_{-1} = 500$  MPa,  $\sigma_s = 1000$  MPa,  $\sigma_0 = 800$  MPa.

3. Determine the coordinates of the working stress point  $M$ .

$$\sigma_{\min} = r\sigma_{\max} = 0.3 \times 800 \text{ MPa} = 240 \text{ MPa}$$
$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{800 - 240}{2} \text{ MPa} = 280 \text{ MPa}$$
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{800 + 240}{2} \text{ MPa} = 520 \text{ MPa}$$

So the coordinates of the working stress point are  $M(520, 280)$ . According to the simple loading condition, the line  $OM$  passing through the origin  $O$  intersects  $A'B'E'$  at the point  $M'$ , which is the limit stress point. Point  $M$  falls outside the fatigue safety zone  $OA'E'$ , and the part suffers fatigue failure.



机械设计

Mechanical Design

**Thank you~**

所有作业要求手写

Autumn 2024

## 附加题 01.1

- 相同材料、相同截面积的空心方管和实心圆棒哪个在轴向上更抗拉?

关于附加题的批改与答疑，请联系：

- 许戎汉：[11810502@mail.sustech.edu.cn](mailto:11810502@mail.sustech.edu.cn)

- 黄国靖：[12111820@mail.sustech.edu.cn](mailto:12111820@mail.sustech.edu.cn)

## 附加题 01.1

- 相同材料、相同截面积的空心方管和实心圆棒哪个在轴向上更抗拉?
- 根据  $\sigma = \frac{P}{A_0}$ , 两者在轴向上的抗拉性能相同

关于附加题的批改与答疑, 请联系:

- 许戎汉: [11810502@mail.sustech.edu.cn](mailto:11810502@mail.sustech.edu.cn)

- 黄国靖: [12111820@mail.sustech.edu.cn](mailto:12111820@mail.sustech.edu.cn)