

目 录

基本部分

第一章 基本概念	1
第二章 拉伸与压缩	7
I. 应力与变形	7
II. 超静定问题	18
第三章 剪切	25
第四章 扭转	28
第五章 截面图形的几何性质	36
第六章 弯曲	44
I. 内力	44
II. 应力	57
III. 变形	68
第七章 应力状态理论基础	82
第八章 强度理论	89
第九章 复合抗力	94
第十章 局部应力	106
第十一章 变形能法	108
第十二章 超静定系统	119
第十三章 压杆稳定	131
第十四章 动载荷	142
I. 惯性力问题	142
II. 振动	144
III. 冲击	146
第十五章 交变应力	151

专题部分

第十六章 厚壁圆筒	156
-----------------	-----

第十七章 薄壁容器	158
-----------------	-----

大作业

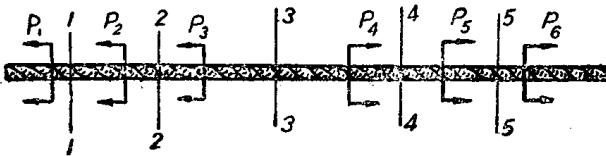
大作业(一) 截面图形的几何性质	160
大作业(二) 弯曲内力	163
大作业(三) 梁的强度和刚度计算	168
大作业(四) 变截面轴的变形计算	171
大作业(五) 传动轴的强度计算	173
大作业(六) 曲柄轴强度计算	176
答案	179

附录

基本部分

第一章 基本概念

1.1 拔河时，绳子受力如图所示。已知 $P_1=40\text{ kg}$, $P_2=30\text{ kg}$, $P_3=35\text{ kg}$, $P_4=35\text{ kg}$, $P_5=25\text{ kg}$, $P_6=45\text{ kg}$ (各 P 表示双手的合力)。试求 1-1、2-2、3-3、4-4 及 5-5 各截面上的内力素。



题 1.1 图

1.2 一螺栓连接三块平板，受力如图 a 所示。试求螺栓上 $m-m$ 及 $n-n$ 截面上的剪力。设螺栓上的载荷为均匀分布 (图 b)。

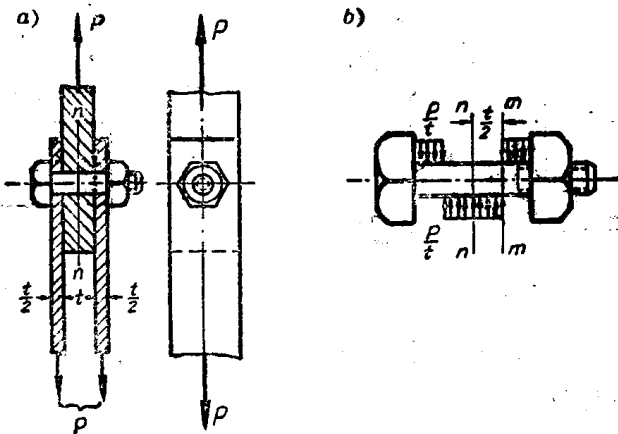
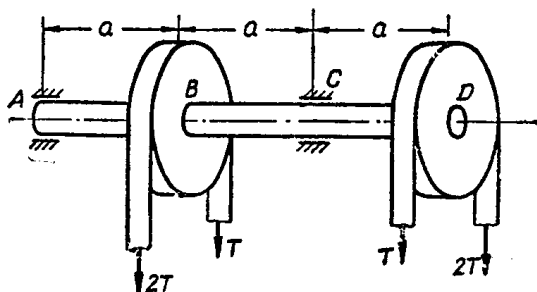


图 1.2 图

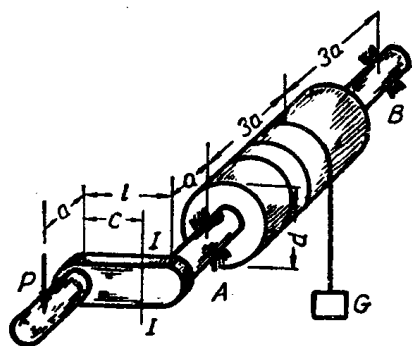
1.3 如图所示,圆轴在皮带力作用下等速转动,两皮带轮直径均为 d 。试说明圆轴将发生何种变形,并求 B 轮左侧截面和右侧截面上的内力素。



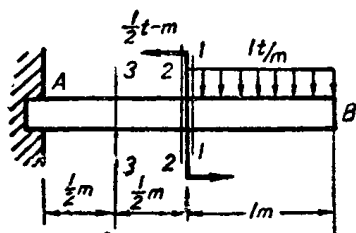
题 1.3 图

1.4 絞車如图所示。已知重物 $G=20\text{ kg}$, $a=15\text{ cm}$, $l=40\text{ cm}$, $c=30\text{ cm}$, $d=40\text{ cm}$ 。试求:

- 1) 使 G 等速上升所需之 P ;
- 2) 支座反力(支座 A, B 可视为铰支);
- 3) $I-I$ 截面上的内力素。



题 1.4 图



题 1.5 图

1.5 图示 AB 杆之左端固定在墙内。试求:

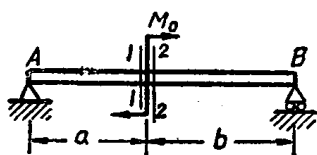
- 1) 支座反力;
- 2) $1-1$ 、 $2-2$ 及 $3-3$ 各横截面上的内力素($1-1$ 、 $2-2$ 是无限接近集

中力偶的截面)。

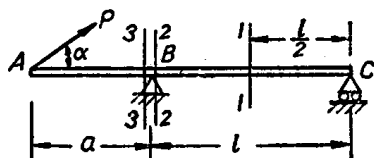
1.6 两端铰支的梁, 中间承受一力偶 M_0 。试求:

1) 支座反力;

2) 1-1、2-2 横截面上的内力素(1-1、2-2 是无限接近力偶 M_0 的截面)。



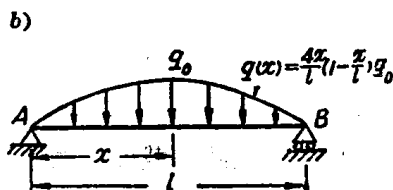
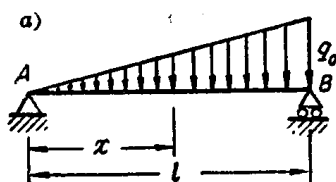
题 1.6 图



题 1.7 图

1.7 直杆 ABC 如图所示, $\alpha = 30^\circ$ 。试求 1-1、2-2 及 3-3 各横截面上的内力素(2-2、3-3 是无限接近支座 B 的截面)。

1.8 试求图示各梁的支座反力及中间截面($x = \frac{l}{2}$)上的内力素。

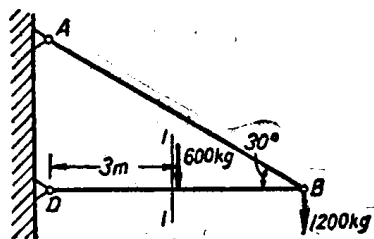


题 1.8 图

1.9 杆系结构如图所示。已知 $P = 600 \text{ kg}$, $q = 400 \text{ kg/m}$ (各杆自重均不计)。试求:

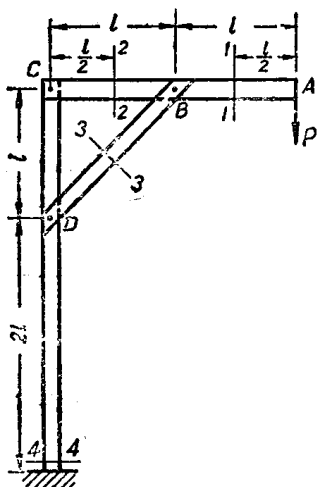
1) AB 杆横截面上的内力素;

2) BD 梁 1-1 截面上的内力素。

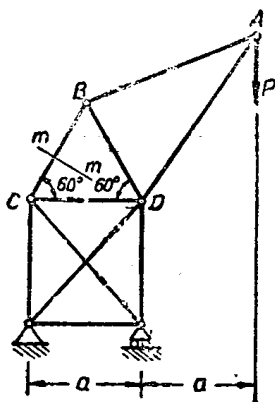


题 1.9 图

1.10 托架如图所示。試求 1-1、2-2、3-3 及 4-4 各橫截面上的內力素(B 、 C 、 D 处均为銷釘)。



題 1.10 图

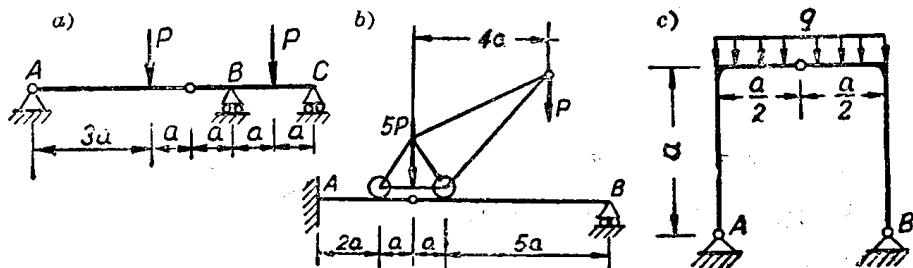


題 1.11 图

1.11 試求图示桁架中 $m-m$ 截面上的內力素。

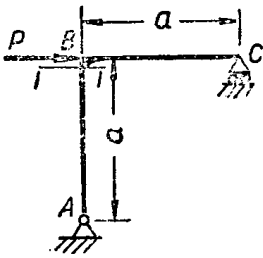
1.12 結構如图所示。試求：

- 1) 支座反力；
- 2) 中間鉸兩側截面上的內力素。

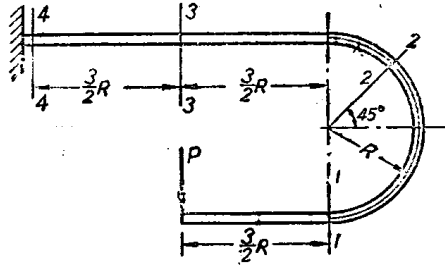


題 1.12 图

1.13 剛架 ABC 受力如图所示。試求支座反力及 1-1 截面上的內力素(1-1 截面垂直于軸綫 AB 且无限接近于剛节点 B)。



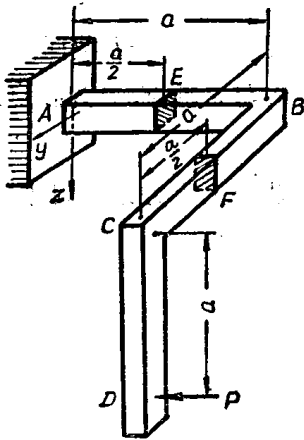
题 1.13 图



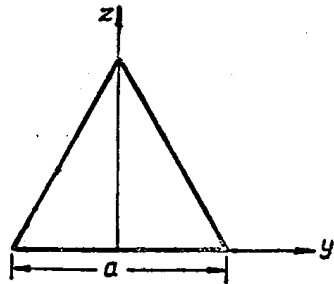
题 1.14 图

1.14 图示为一端固定的圆弧形杆。试求 1-1、2-2、3-3 及 4-4 各横截面上的内力素。

1.15 空间直角折杆 $ABCD$ 如图所示。试求支座反力及 E 、 F 截面上的内力素。



题 1.15 图

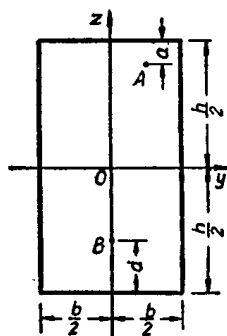


题 1.16 图

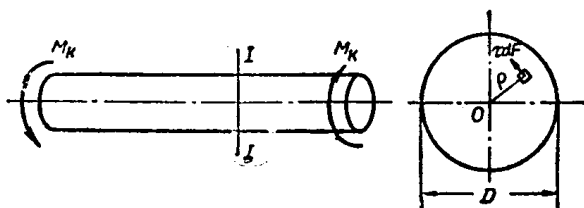
1.16 杆的横截面为等边三角形, 已知该截面上的正应力 σ_0 为均匀分布。试求截面上的内力素及合力的作用点。

1.17 梁的横截面为矩形, $h=10\text{ cm}$, $b=5\text{ cm}$, 已知该截面上的应力分布规律为 $\sigma = C \frac{z}{bh^3}$, 其中 $C=1 \times 10^5\text{ kg-cm}$, $a=1\text{ cm}$, $d=2\text{ cm}$ 。

- 1) 試作正应力沿截面高度(z 方向)变化的分布图, 并求最大拉应力及最大压应力;
- 2) 求該截面上的內力素;
- 3) 求 A, B 两点的正应力。



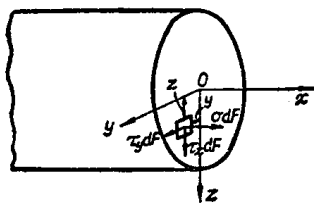
題 1.17 图



題 1.18 图

1.18 直径为 D 的圆杆承受扭转力偶如图所示。I-I 截面上任一点处有剪应力 $\tau = C\rho$, C 为常数, 且 τ 的方向与 ρ 垂直, ρ 为该点到圆心的距离。試求 C 。

***1.19** 試写出横截面上各內力素与該截面上应力分布規律 $\sigma(y, z)$ 、 $\tau_y(y, z)$ 及 $\tau_z(y, z)$ 間的关系。

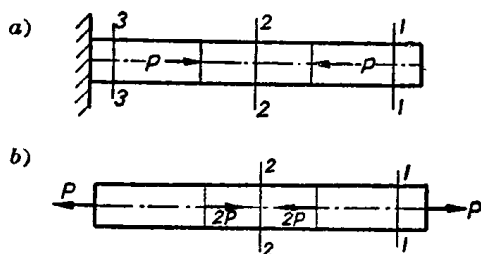


題 1.19 图

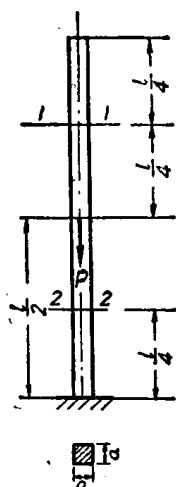
第二章 拉伸与压缩

I. 应力与变形

2.1 試求图示各杆 1-1、2-2 及 3-3 截面上的軸力。



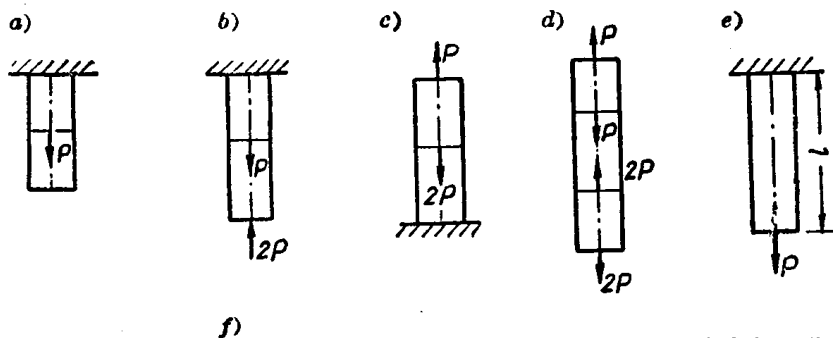
题 2.1 图



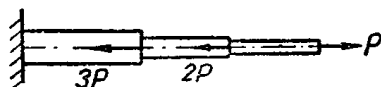
题 2.2 图

2.2 图示直杆截面为正方形，边长 $a=20\text{ cm}$ ，杆长 $l=4\text{ m}$ ， $P=1\text{ t}$ ，容重 $\gamma=2\text{ t/m}^3$ 。在考虑杆本身自重时求 1-1 和 2-2 截面上的軸力。

2.3 試作图示各杆的軸力图。

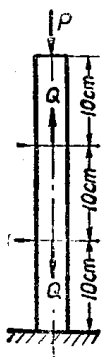


考虑自重，截面积为 F' ，容重为 γ 。



题 2.3 图

- 2.4 横截面为 10 cm^2 的鋼杆如图所示, 已知 $P=2\text{ t}$, $Q=2\text{ t}$, 試作軸力图并求杆的总伸长及杆下端横截面上的正应力。



題 2.4 图

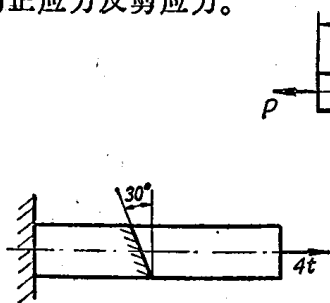


題 2.5 图

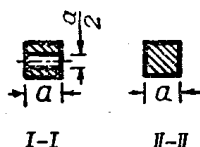
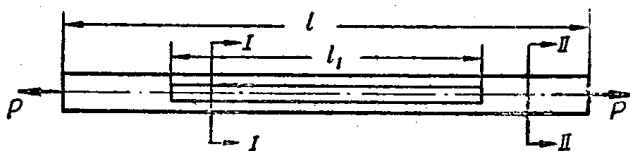
- 2.5 圓截面鋼杆如图所示, 試求:

- 1) 杆的最大正应力及杆的总伸长;
- 2) 杆的最大剪应力。

- 2.6 横截面面积 $F=10\text{ cm}^2$ 的鋼杆如图所示, 試求指定斜截面上的正应力及剪应力。

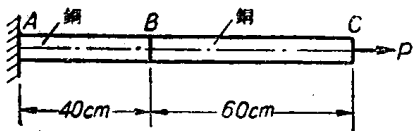


題 2.6 图



題 2.7 图

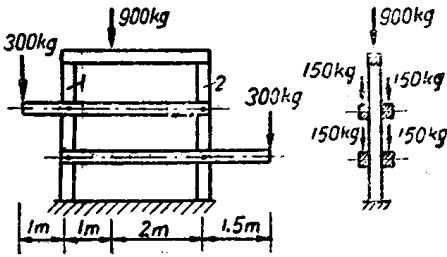
- 2.7 鋼质正方形截面杆上有一切槽如图所示, 已知 $P=1500\text{ kg}$, $a=2\text{ cm}$, $l=40\text{ cm}$, $l_1=25\text{ cm}$, 試求杆內最大正应力及杆的总伸长。



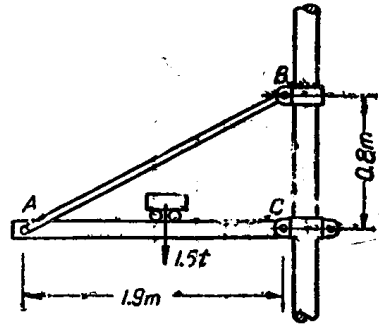
題 2.8 图

- 2.8 图示由两种材料組成的圓杆, 直径 $d=40\text{ mm}$, 杆的总伸长 $\Delta l=1.26 \times 10^{-2}\text{ cm}$. 試求載荷 P 及在 P 力作用下杆內的最大正应力。

2.9 木架受力如图, 已知 1、2 两杆截面均为 $10 \times 10 \text{ cm}$ 的正方形。试作 1、2 两杆的轴力图, 并求 1 杆各段横截面上的正应力(各连接处均为销钉, 且水平反力忽略不计)。



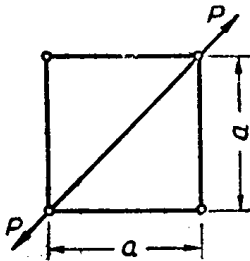
题 2.9 图



题 2.10 图

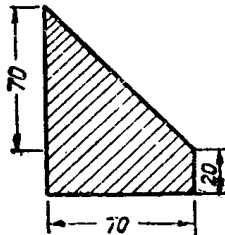
2.10 吊车在图示托架的 AC 梁上移动, 斜杆 AB 的截面为圆形, 直径为 20 mm , 试求斜杆 AB 的最大正应力。

2.11 正方形结构如图所示, 已知各杆 EF 都相同, 若各杆均为小变形, 试求各杆的伸长。

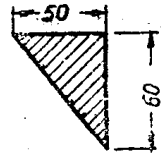


题 2.11 图

a)



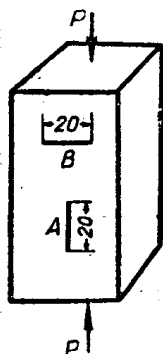
b)



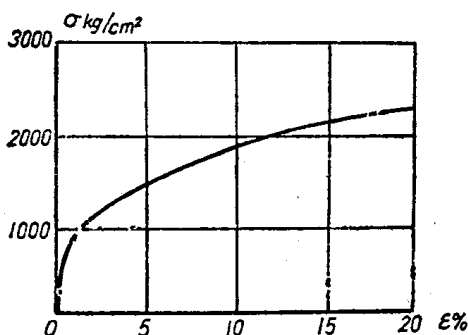
题 2.12 图

2.12 直杆横截面形状如图所示, 杆之两端受到平行于轴线的拉力 P 的作用, 试问当 P 力通过截面上哪一点时才能使横截面上正应力为均匀分布? 又若 $P=1\text{t}$, 试求此时各截面上正应力的大小。

2.13 在作轴向压缩试验时, 在试件的 A 及 B 处分别安装两个杠杆变形仪, 其放大倍数各为 $K_A=1200$, $K_B=1000$, 标距均为 $s=20\text{mm}$ 。受压后杠杆仪的读数增量为 $\Delta n_A = -36\text{ mm}$, $\Delta n_B = 10\text{ mm}$ 。试求此材料的横向变形系数 μ 。



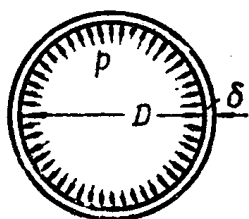
题 2.13 图



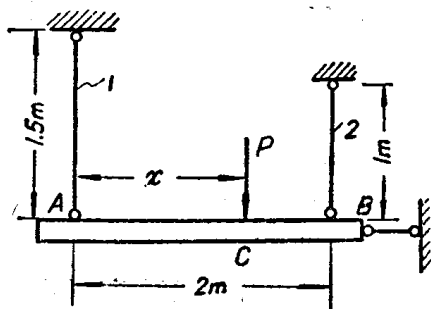
题 2.14 图

2.14 铜丝直径 $d=2\text{ mm}$, 杆长 $l=500\text{ mm}$ 。材料的拉伸曲线如图所示, 弹性模量 $E=1.0 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$ 。如欲使杆的伸长为 30 mm , 则 P 力大约需加多大。

2.15 飞机发动机气缸内的气体压强 $p=30\text{ kg/cm}^2$, 壁厚 $\delta=3\text{ mm}$, 内径 $D=150\text{ mm}$, $E=2.1 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$ 。试求气缸的周向拉应力及周长的改变。



题 2.15 图



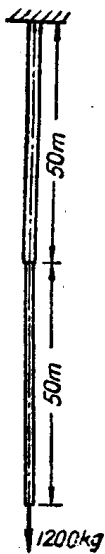
题 2.16 图

2.16 图示结构中 AB 梁的变形及重量可忽略不计。杆 1 为钢质

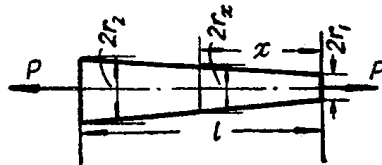
圆杆, 直径 $d_1 = 20 \text{ mm}$, $E_{\text{钢}} = 2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 。杆 2 为铜质圆杆, 直径 $d_2 = 25 \text{ mm}$, $E_{\text{铜}} = 1.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 。試問:

- 1) 載荷 P 加在何处, 才能使加力后剛梁 AB 仍保持水平?
- 2) 若此时 $P = 3 \text{ t}$, 則两拉杆內正应力各为多少?

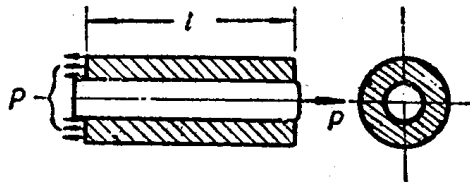
2.17 矿井起重机的绳索如图所示, 上段截面积为 4 cm^2 , 下段截面积为 3 cm^2 , 绳索的容重为 7.8 g/cm^3 , $E = 1.5 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 。試作軸力图并求绳索內的最大正应力及其总伸长。



題 2.17 图



題 2.18 图

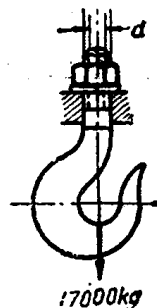


題 2.19 图

2.18 图示为一圓錐形杆, 若材料的彈性模量 E 为已知, 試求杆的伸长及横截面上正应力沿杆长的变化規律。

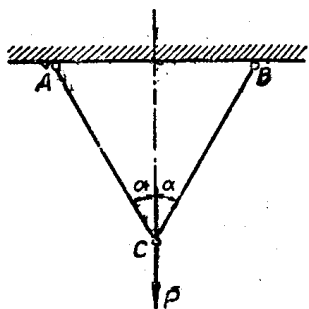
2.19 彈性模量为 E 、横截面面积为 F 的圓杆, 紧插在一套管中, 当加上 P 力后恰好能将杆自套管中拉出。設剛拉出时摩擦力均匀分布在整個杆子的表面上。試作軸力图并計算杆的伸长。

2.20 起重吊钩的上端借螺母固定, 若吊钩螺栓部分內徑 $d = 55 \text{ mm}$, 材料許用应力 $[\sigma] = 800 \text{ kg/cm}^2$ 。試校核螺栓部分的强度。

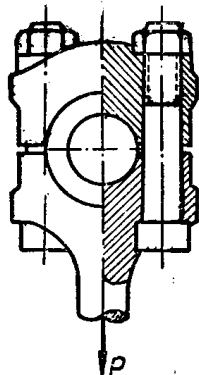


題 2.20 图

2.21 載荷 $P=13\text{ t}$ 悬挂在两根杆上, AC 是鋼杆, 横截面为圓形, 直徑 $d=30\text{ mm}$, 許用应力 $[\sigma]_{\text{鋼}}=1600\text{ kg/cm}^2$ 。 BC 是鋁杆, 横截面也是圓形, 直徑 $d=40\text{ mm}$, 許用应力 $[\sigma]_{\text{鋁}}=600\text{ kg/cm}^2$ 。 已知 $\alpha=30^\circ$ 。 試校核結構之强度。



題 2.21 图

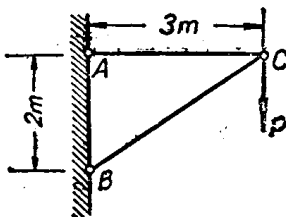


題 2.22 图

2.22 图示連杆端部是用两个螺栓将相互分开的两部分相联而成。若連杆上作用力 $P=12.8\text{ t}$, 螺栓內徑 $d=3.7\text{ cm}$, 螺栓材料的許用应力 $[\sigma]=600\text{ kg/cm}^2$, 試校核螺栓的强度。

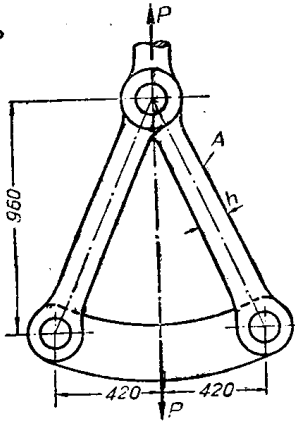
2.23 横截面为圓形的鋼杆受軸向拉力 $P=10\text{ t}$, 若杆的相对伸长不能超过 $\frac{1}{2000}$, 应力不得超过 1200 kg/cm^2 , 試求圓杆的直徑。

2.24 图示一托架, AC 是圓鋼杆, 許用应力 $[\sigma]_{\text{鋼}}=1600\text{ kg/cm}^2$; BC 是方木杆, 許用应力 $[\sigma_{\text{木}}]=40\text{ kg/cm}^2$; $P=6\text{ t}$ 。 試选定鋼杆圓截面的直徑 d 及木杆方截面的边长 b 。

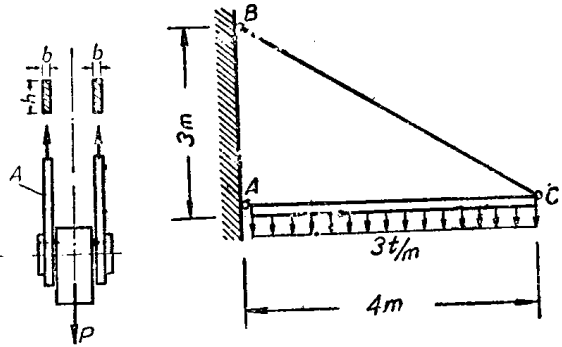


題 2.24 图

2.25 图示为一起重用吊环 $P=120\text{ t}$, 其侧臂 A 的截面为矩形, $\frac{b}{h}=0.3$, 若材料许用应力 $[\sigma]=800\text{ kg/cm}^2$, 试设计侧臂 A 的截面尺寸。



题 2.25 图



题 2.26 图

2.26 在图示结构中, 钢索 BC 由一组直径 $d=2\text{ mm}$ 的钢丝组成。若钢丝许用应力 $[\sigma]=1600\text{ kg/cm}^2$, AC 梁受有均布载荷 $q=3\text{ t/m}$ 。试求所需钢丝的根数。又若将 BC 杆改为由两个等边角钢焊成的组合截面, 试确定所需等边角钢的号数。角钢的 $[\sigma]=1600\text{ kg/cm}^2$ 。

2.27 由两种材料组成的变截面杆如图所示。若 $Q=2P$, 钢的许用应力 $[\sigma]_{\text{钢}}=1600\text{ kg/cm}^2$, 铜的许用应力 $[\sigma]_{\text{铜}}=1200\text{ kg/cm}^2$ 。试求其许用载荷 P 。



$$F_{AB} = 2\text{ cm}^2$$

$$F_{BC} = 1\text{ cm}^2$$

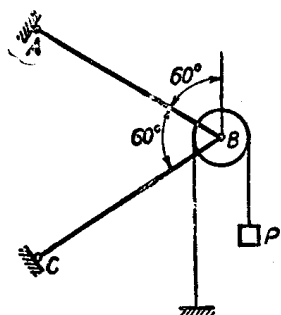


$$F_{AB} = 20\text{ cm}^2$$

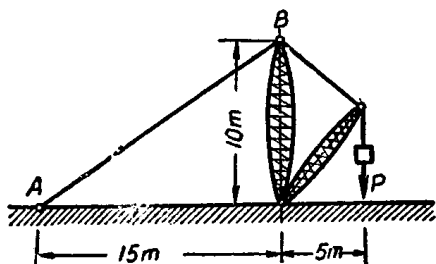
$$F_{BC} = 10\text{ cm}^2$$

题 2.27 图

2.28 滑輪結構如图, AB 杆为鋼材, 截面为圓形, 直径 $d=2\text{cm}$, 許用应力 $[\sigma]_{\text{鋼}}=1600\text{kg/cm}^2$; BC 杆为木材, 截面为方形, 边长 $a=6\text{cm}$, 許用应力 $[\sigma_{\text{压}}]_{\text{木}}=120\text{kg/cm}^2$ 。試求此結構的許用載荷 P 。



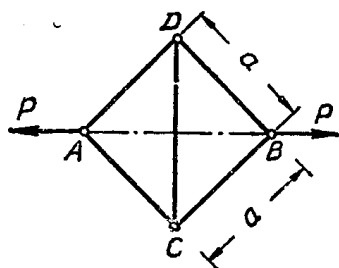
題 2.28 图



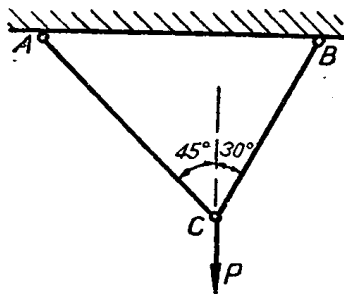
題 2.29 图

2.29 起重机如图所示, 绳索 AB 的横截面面积为 500mm^2 , 許用应力 $[\sigma]=400\text{kg/cm}^2$ 。試根据绳索的强度条件求起重机的許用起重重量 P 。

2.30 鉸接的正方形結構如图所示, 各杆材料皆为鑄铁, 拉伸許用应力 $[\sigma_{\text{拉}}]=500\text{kg/cm}^2$, 压缩許用应力 $[\sigma_{\text{压}}]=600\text{kg/cm}^2$, 各杆截面面积都等于 25cm^2 。試求結構的許用載荷 P 。



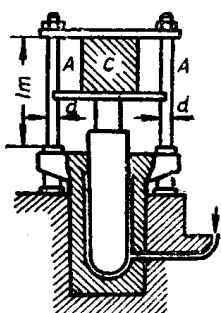
題 2.30 图



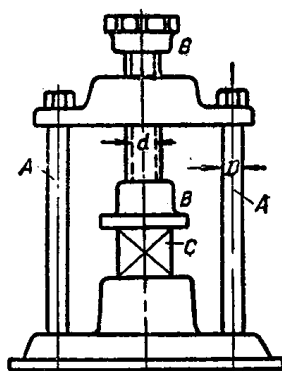
題 2.31 图

2.31 图示結構中 AC 为鋼杆, 横截面面积 $F_1=2\text{cm}^2$, BC 为銅杆, 横截面面积 $F_2=3\text{cm}^2$, 而 $[\sigma]_{\text{鋼}}=1600\text{kg/cm}^2$, $[\sigma]_{\text{銅}}=1000\text{kg/cm}^2$ 。試求此結構的許用載荷 P_0 。

2.32 图示水压机的最大压力为 60t 。两侧立柱 A 的直径 $d=8\text{cm}$ ，所用材料的流动极限 $\sigma_s=2400\text{kg/cm}^2$ ，弹性模量 $E=2.1\times 10^6\text{kg/cm}^2$ ，试求其安全系数及伸长。



题 2.32 图



题 2.33 图

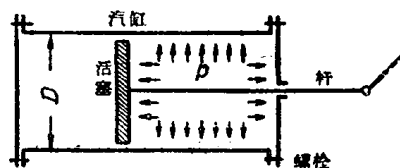
2.33 图示为一手动压力机，在物体 C 上所加最大压力为 15t ，已知手动压力机立柱和螺杆所用材料的流动极限 $\sigma_s=2400\text{kg/cm}^2$ ，规定的安全系数 $n=1.5$ 。

- 1) 试按强度要求设计立柱 A 的直径 D ；
- 2) 若螺杆 BB 的内径 $d=40\text{mm}$ ，试校核其强度。

2.34 蒸汽机的汽缸如图所示，汽缸内径 $D=560\text{mm}$ ，受有内压强 $p=25\text{kg/cm}^2$ ；活塞杆直径 $d=100\text{mm}$ ，所用材料的流动极限 $\sigma_s=3000\text{kg/cm}^2$ 。

- 1) 试求活塞杆的正应力及工作安全系数；
- 2) 若连接汽缸和汽缸盖的螺栓直径为 30mm ，螺栓所用材料的许用应力 $[\sigma]=600\text{kg/cm}^2$ ，试求连接每个汽缸盖所需的螺栓数。

2.35 结构如图所示，水平梁 CD 的刚度很大，可忽略其变形。 AB 为一钢杆，直径 $d=3\text{cm}$ ， $a=1\text{m}$ 。



题 2.34 图