高等学校试用教材

建筑力学　第二分册

材料力学

习题解答

蓝宾亮编著

中国地质大学出版社

ISBN7—5625—0824—0/T·1
定价，6.80元

建筑力学第二分册

材料力学习题解答

蓝 宾 亮 编

中国地质大学出版社

·(鄂)新登字第 12 号·

建筑力学第二分册
材料力学习题解答
蓝 宾 亮 编

出版发行　中国地质大学出版社(武汉市·喻家山·邮政编码 430074)
责任编辑　方 菊　　责任校对　熊华珍
印　　刷　武汉市洪山区教委印刷厂

开本 787×1092　1/16　印张 5.5　字数 132 千字
1993 年 5 月第 1 版　1993 年 5 月第 1 次印刷　印数 1—5000 册

ISBN 7-5625-0824-0/T·1　定价: 6.80 元

前　言

全国修建企业中，不少专业技术人员在自学建筑力学课程，为了满足专业人员的自学需要，现将本人业余教学中讲解的《材料力学习题解答》正式出版。

这组习题解答，是根据哈尔滨建筑工程学院、重庆建筑工程学院合编的高等学校试用教材，建筑力学第二分册《材料力学》的习题顺序解答的，每道习题都有演算过程，是一本较好的自学参考书。书中计算简图由贺章华同志绘制。本习题解答经武汉建筑高等专科学校王树芳教授审阅、修改，在此深表谢意。

作　者

1993 年 4 月

目　录

第一章 轴向拉伸和压缩

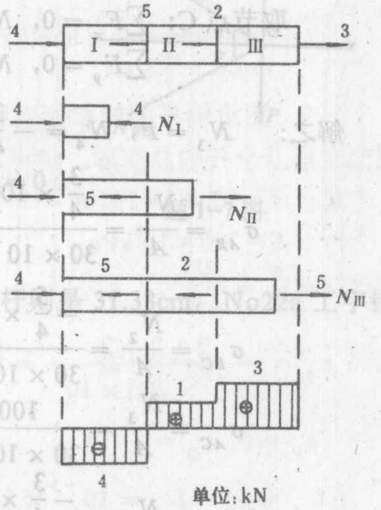
1-1 求图示杆件的轴力图。

答：从图可以看出：$N_{\mathrm{I}} = 4\text{kN}(-)$

$$N_{\mathrm{II}} = 1\text{kN}$$

$$N_{\mathrm{III}} = 3\text{kN}$$

（注：答数后面的负号表示为压力。）



题 1-1 图

1-2 在题 1-1 中，若杆件的截面是 1cm × 2cm 的矩形；求各段的截面的应力。

解：截面积 $A = 1\text{cm} \times 2\text{cm} = 2 \times 10^{-4}\text{m}^2$

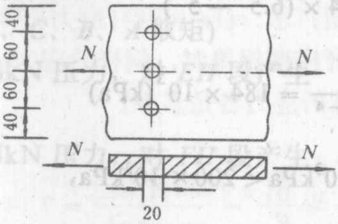
$$\sigma_{\mathrm{I}} = \frac{N_{\mathrm{I}}}{A} = \frac{-4}{2 \times 10^{-4}}$$

$$= -20 \times 10^3 \text{kPa}$$

$$\sigma_{\mathrm{II}} = \frac{N_{\mathrm{II}}}{A} = \frac{1}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^3 (\text{kPa})$$

$$\sigma_{\mathrm{III}} = \frac{3}{2 \times 10^{-4}} = 15 \times 10^3 (\text{kPa})$$

1-3 钢板受着纵向力的拉伸，板上有铆钉圆孔三个，孔的直径是 20mm，钢板厚 10mm，宽 200mm，拉力 N 为 14kN，试求危险截面上的平均应力。



题 1-3 图

解：截面积最小的截面为危险截面。

$$A_{危} = 200 \times 10 - 20 \times 10 \times 3 = 1\,400(\text{mm}^2) = 1.4 \times 10^{-3}\text{m}^2$$

$$\sigma_{危平} = \frac{P}{A_{危}} = \frac{14\text{kN}}{1.4 \times 10^{-3}\text{m}^2} = 10 \times 10^3 \text{kPa}$$

1-4 在图示的结构中，所有各杆都是钢制的，横截面都等于 30cm^2，力 P 等于 100kN，试求各杆的应力。

解：先假设各杆轴力均为拉力，如果计算结果为负，则表明是压力。

取节点 B: $\sum F_x = 0$, $N_2\cos\alpha + P = 0$

$\sum F_y = 0$, $N_2\sin\alpha + N_1 = 0$

其中 $\cos\alpha = \dfrac{4}{5}$，$\sin\alpha = \dfrac{3}{5}$。

解以上两个方程，得 $N_2 = -\dfrac{5}{4}P$，$N_1 = \dfrac{3}{4}P$

取节点 C: $\sum F_x = 0$, $N_3 + N_2\cos\alpha = 0$

$\sum F_y = 0$, $N_4 - N_2\sin\alpha = 0$

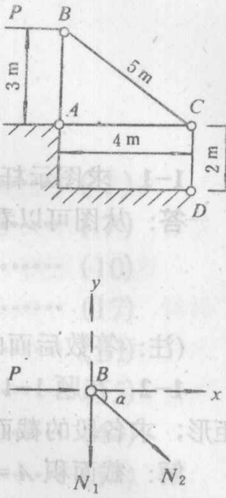
解之: $N_3 = P$，$N_4 = -\dfrac{3}{4}P$。

$$\therefore \quad \sigma_{AB} = \frac{N_1}{A} = \frac{\frac{3}{4}\times 100}{30\times 10^{-4}} = 25\times 10^3(\text{kPa})$$

$$\sigma_{BC} = \frac{N_2}{A} = \frac{-\frac{5}{4}\times 100}{30\times 10^{-4}} = -41.7\times 10^3(\text{kPa})$$

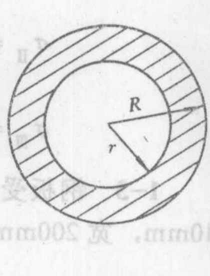
$$\sigma_{AC} = \frac{N_3}{A} = \frac{100}{30\times 10^{-4}} = 33.3\times 10^3(\text{kPa})$$

$$\sigma_{CD} = \frac{N_4}{A} = \frac{-\frac{3}{4}\times 100}{30\times 10^{-2}} = -25\times 10^3(\text{kPa})$$



题 1-4 图

1-5 用一根灰口铸铁圆管作压杆，材料的容许应力为$[\sigma] = 200\times 10^3$kPa，承受轴向压力 $P = 1\,000$kN，管的外半径为 $R = 6.5$cm，内半径为 $r = 5$cm；试校核其强度。



题 1-5 图

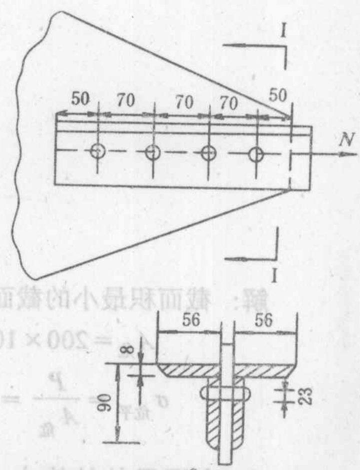
解: $A = \pi(R^2 - r^2) = 3.14\times(6.5^2 - 5^2)$

$= 54.165(\text{cm}^2)$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1\,000}{54.165\times 10^{-4}} = 184\times 10^3(\text{kPa})$$

比较 σ 与$[\sigma]$有：$184\times 10^3\text{kPa} < 200\times 10^3\text{kPa}$，即$\sigma < [\sigma]$，故安全。

1-6 图示杆件是某桁架的一根桁杆，由两根 $90\times 56\times 8(\text{mm}^3)$的不等边角钢所组成，用铆钉将角钢铆于结点板上，铆钉孔的直径 $d = 23$mm，杆件受有轴力 $N = 300$kN，由型钢表可查知每一根角钢的截面面积为 11.183cm^2；钢的容许应力为$[\sigma] = 100\times 10^3$kPa；试校核其强度。



题 1-6 图

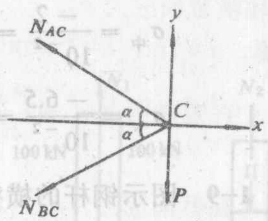
解: 有效承载面积

$$A = 2\times 11.183 - \frac{8\times 23}{100}\times 2 = 18.686(\text{cm}^2)$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{300}{18.686 \times 10^{-4}} = 160 \times 10^{3}\text{kPa}$$

$\sigma > [\sigma]$ 即 $160 \times 10^3\text{kPa} > 100 \times 10^3\text{kPa}$，故不安全。

1–7 三角架 ABC 系由 AC 和 BC 两杆组成。杆 AC 由两根 No12.6 的槽钢组成，其容许应力为 $[\sigma]=160\times10^3\text{kPa}$，杆 BC 由一根 No22a 的工字钢组成，其许用应力为 $[\sigma]=100\times10^3\text{kPa}$。求荷载 P 的许可值 $[P]$。



题 1–7 图

解：由 $\sum F_x = 0$，$N_{AC} \cdot \cos\alpha + N_{CB} \cdot \cos\alpha = 0$

$\sum F_y = 0$，$-N_{BC} \cdot \sin\alpha + N_{AC} \cdot \sin\alpha - P = 0$

解得： $N_{AC} = P$，$N_{BC} = -P$。

查型钢表：No12.6 槽钢截面积是 15.69cm^2，两根杆则是 31.38cm，No22a 工字钢截面面积是 42cm^2。

由 AC 杆得

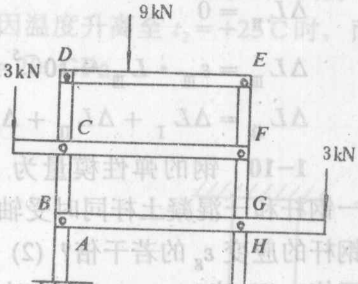
$$[P]_1 = 15.69 \times 2 \times 10^{-4} \times 160 \times 10^3 = 502(\text{kN})$$

由 CB 杆得

$$[P]_2 = 42 \times 10^{-4} \times 100 \times 10^3 = 420(\text{kN})$$

即 $[P] = 420\text{kN}$

1–8 两断面为 10cm×10cm 的木柱，分别受到由横梁传来的外力的作用(如图示)，试求两柱上中下三段内的应力。



解：先用杠杆原理或力矩法，求轴向力。(分别对点 E、F、G、H、D、C、B、A 取矩)

P_1：对 DA 段产生 6kN 压力，对 EH 段产生 3kN 压力；

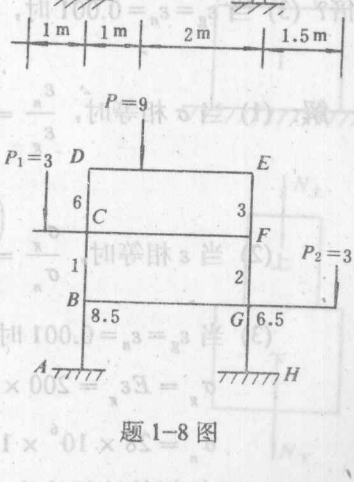
P_1：对 CA 段产生 4kN 压力，对 FH 段产生 1kN 拉力；

P_2：对 BA 段产生 1.5kN 拉力，对 GH 段产生 4.5kN 压力。

叠加后可得：

$N_{DC} = -6\text{kN}$，$N_{CB} = -10\text{kN}$，$N_{BA} = -8.5\text{kN}$

$N_{EF} = -3\text{kN}$，$N_{FG} = -2\text{kN}$，$N_{GH} = -6.5\text{kN}$



题 1–8 图

左柱：$\sigma_{上} = \dfrac{-6}{10^{-2}} = 600(\text{kPa})(-)$

$$\sigma_{中} = \frac{-10}{10^{-2}} = 1\,000(\text{kPa})(-)$$

$$\sigma_{下} = \frac{-8.5}{10^{-2}} = 850(\text{kPa})(-)$$

右柱：$$\sigma_{上} = \frac{-3}{10^{-2}} = 300(\text{kPa})(-)$$

$$\sigma_{中} = \frac{-2}{10^{-2}} = 200(\text{kPa})(-)$$

$$\sigma_{下} = \frac{-6.5}{10^{-2}} = 650(\text{kPa})(-)$$

1-9 图示钢杆的横截面面积为 10cm^2，钢的弹性模量 E 为 $200\times10^6\text{kPa}$，求各段的应变变形及全杆的总变形。($P=2\text{kN}$)

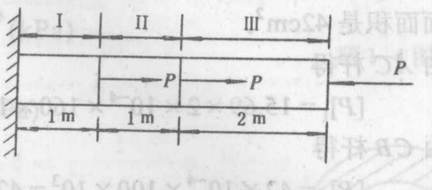
解：$A=10\text{cm}^2=10^{-3}\text{m}^2$

$E=200\times10^6\text{kPa}$

∵ $\varepsilon=\dfrac{\sigma}{E}=\dfrac{N}{AE}$

∴ $$\varepsilon_{\mathrm{I}} = \frac{2+2-2}{10^{-3}\times200\times10^{6}} = 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{\mathrm{II}} = 0,\ \varepsilon_{\mathrm{III}} = -10^{-5}$$



题 1-9 图

$$\Delta L_{\mathrm{I}} = \varepsilon_{\mathrm{I}}\cdot L_{\mathrm{I}} = 10^{-5}\times100 = 0.001(\text{cm})$$

$$\Delta L_{\mathrm{II}} = 0$$

$$\Delta L_{\mathrm{III}} = \varepsilon_{\mathrm{III}}\cdot L_{\mathrm{III}} = 10^{-5}\times200 = -0.002(\text{cm})$$

$$\Delta L_{总} = \Delta L_{\mathrm{I}} + \Delta L_{\mathrm{II}} + \Delta L_{\mathrm{III}} = 0.001+0-0.002 = -0.001(\text{cm})$$

1-10 钢的弹性模量为 $E_g=200\times10^6\text{kPa}$，混凝土的弹性模量为 $E_n=28\times10^6\text{kPa}$，一钢杆和一混凝土杆同时受轴力作用。求：(1) 当两杆应力相等时，混凝土杆的应变 ε_n 为钢杆的应变 ε_g 的若干倍？(2) 当两杆应变相等时，钢杆的应力 σ_g 是混凝土杆应力 σ_n 的若干倍？(3) 当 $\varepsilon_g=\varepsilon_n=0.001$ 时，两杆的应力各是多少？

解：(1) 当 σ 相等时，$$\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_g} = \frac{\dfrac{\sigma}{E_n}}{\dfrac{\sigma}{E_g}} = \frac{E_g}{E_n} = \frac{200\times10^6}{28\times10^6} = 7.14$$

(2) 当 ε 相等时，$$\frac{\sigma_g}{\sigma_n} = \frac{E_g\varepsilon}{E_n\varepsilon} = \frac{E_g}{E_n} = \frac{200\times10^6}{28\times10^6} = 7.14$$

(3) 当 $\varepsilon_g=\varepsilon_n=0.001$ 时，

$$\sigma_g = E\varepsilon_g = 200\times10^6\times10^3\times(-0.001) = -200\times10^3(\text{kPa})$$

$$\sigma_n = 28\times10^6\times10^3\times(-0.001) = -28\times10^3(\text{kPa})$$

1-11 已知钢的泊松比为 $\mu=0.30$，试问当钢杆的轴向应变为 0.5% 时，其横向尺寸的应变是多少？

解：$\varepsilon=0.5\%$，$\mu=0.3$，$\therefore\ \varepsilon_1=-0.3\times0.5\%=-0.15\%$

1-12 横截面面积为 $A=10\text{cm}^2$ 的钢杆，其两端固定，荷载情形如图所示；试求钢杆所有三段内的应力。

解：$N_1=E\varepsilon_1$，$N_2=E\varepsilon_2$，$N_3=E\varepsilon_3$

由于 $\Delta L_{\text{I}}+\Delta L_{\text{II}}+\Delta L_{\text{III}}=0$

即 $\dfrac{N_1L_{\text{I}}}{EA}+\dfrac{N_2L_{\text{II}}}{EA}+\dfrac{N_3L_{\text{III}}}{EA}=0$

故 $N_1\times50+N_2\times30+N_3\times40=0$

简化：$N_1\times5+N_2\times3+N_3\times4=0$ ①

根据平衡条件：

$N_1-N_2=100$ ②

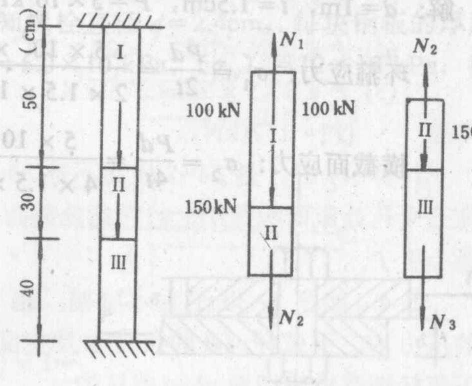
$N_2-N_3=150$ ③

解①②③联立方程，得

$N_{\text{I}}=108\text{kN}$，$\sigma_{上}=108\times10^3\text{kPa}$

$N_{\text{II}}=8.3\text{kN}$，$\sigma_{中}=8.3\times10^3\text{kPa}$

$N_{\text{III}}=-141.7\text{kN}$，$\sigma_{下}=-141.7\times10^3\text{kPa}$



题 1-12 图

1-13 钢杆在温度 $t_1=+5℃$ 时，被固定于二刚硬平板之间，杆上部的截面面积为 $A_{上}=5\text{cm}^2$。下部的截面面积为 $A_{下}=10\text{cm}^2$。试求杆内各部分因温度升高至 $t_2=+25℃$ 时，而引起的应力之值，钢的线膨胀系数为 $a=12\times10^{-6}/℃$，$E=200\text{GPa}$。

解：$A_{上}=5\text{cm}^2=5\times10^{-4}\text{m}^2$，$A_{下}=10\text{cm}^2=10^{-3}\text{m}^2$

$\Delta t=25℃-5℃=20℃$，$a=12\times10^{-6}/℃$

ΔL 有两部分：一部分是压力产生的 ΔL_N；一部分是温度产生的 ΔL_t。

列方程，有

$$\Delta L_N+\Delta L_t=0$$

$$\Delta L_t=\alpha\Delta t2a=12\times10^{-6}\times2a\times20=4.8\times10^{-4}a$$

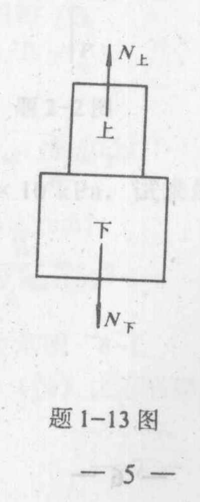
此外，$N_{上}=N_{下}=N$

$$\Delta L_N=\frac{N_{上}L_{上}}{EA_{上}}+\frac{N_{下}L_{下}}{EA_{下}}=\frac{Na}{E}\left(\frac{1}{5\times10^{-4}}+\frac{1}{10^{-3}}\right)$$

$$=\frac{3\times10^4}{10}\cdot\frac{Na}{E}$$

故 $4.8\times10^{-4}a+\dfrac{3\times10^4Na}{10E}=0$，$N=-32\text{kN}$

$$\sigma_{上}=\frac{N}{A_{上}}=\frac{-32}{5\times10^{-4}}=-64\times10^3(\text{kPa})$$



题 1-13 图

$$\sigma_{下} = \frac{N}{A_{下}} = -32 \times 10^{3} \text{kPa}$$

1-14 有一蒸汽锅，直径 1m，壁厚 1.5cm，受蒸汽压力 5×10^{3}kPa；试求其环箍应力 σ_1 和横截面应力 σ_2。

解：$d = 1\text{m}$，$t = 1.5\text{cm}$，$P = 5 \times 10^{3}\text{kPa}$

环箍应力：$\sigma_1 = \dfrac{Pd}{2t} = \dfrac{5 \times 10^{3} \times 1}{2 \times 1.5 \times 10^{-2}} = 1.666 \times 10^{5}(\text{kPa}) = 166.6 \times 10^{3}\text{kPa}$

横截面应力：$\sigma_2 = \dfrac{Pd}{4t} = \dfrac{5 \times 10^{3} \times 1}{4 \times 1.5 \times 10^{-2}} = 83.33 \times 10^{3}(\text{kPa})$

第二章　剪切和联结实用计算

2-1　图示两块钢板，由一个螺栓联结。已知螺栓直径 $d=2.4\text{cm}$，每块钢板的厚度 $\delta=1.2\text{cm}$，拉力 $P=27\text{kN}$，螺栓容许应力〔τ_j〕$=6.0\times10^4\text{kPa}$，〔σ_{jy}〕$=12\times10^4\text{kPa}$，要求对螺栓做强度校核。

解：$d=2.4\text{cm}$，$\sigma=1.2\text{cm}$，$P=27\text{kN}$

〔τ_j〕$=6\times10^4\text{kPa}$，〔σ_{jy}〕$=12\times10^4\text{kPa}$

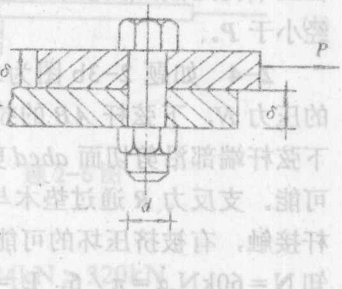
$$\tau_j=\frac{P}{A}=\frac{P}{\pi d^2/4}=\frac{4\times27}{3.14\times2.4^2\times10^{-4}}$$

$$=5.97\times10^4\,(\text{kPa})$$

即　$\tau_j<$〔τ_j〕，安全。

$$\sigma_{jy}=\frac{P}{\delta d}=\frac{27}{1.2\times2.4\times10^{-4}}$$

$$=9.4\times10^4\,(\text{kPa})<〔\sigma_{jy}〕，安全。$$



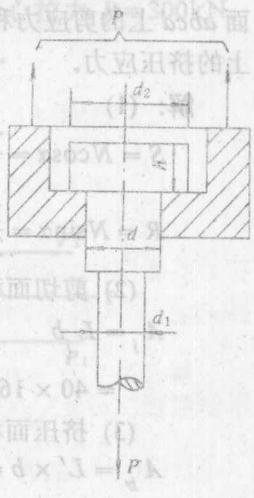
题 2-1 图

2-2　软钢拉伸圆试件如图示。已知拉断时的强度极限 σ_b 约达 $44\times10^4\text{kPa}$，材料的容许应力为：〔τ〕$=10\times10^4\text{kPa}$，〔σ_{jy}〕$=25\times10^4\text{kPa}$。试设计紧握试件部分的尺寸 d 和 h 值。

解：此题须增加两个已知条件：例如：$d_1=1.23\text{cm}$，$\dfrac{h}{d}=0.51$，当试件拉断时，即 $P=\dfrac{\pi d_1^2}{4}\sigma_b$，紧握试件部分必须保证抗剪和抗挤压强度，即：

$$\frac{P}{\pi dh}=〔\tau_j〕；\quad \frac{P}{\frac{1}{4}(\pi d_2^2-\pi d^2)}=〔\sigma_{jy}〕$$

根据以上方程和已知条件，便可解出 d、h、d_2 之值，$d=1.8\text{cm}$，$h=0.92\text{cm}$，$d_2=2.43\text{cm}$。



题 2-2 图

2-3　图示为螺栓接头。已知钢板宽度 $b=20\text{cm}$，板厚 $\delta=0.6\text{cm}$，螺栓直径 $d=1.8\text{cm}$，钢板容许拉应力〔σ〕$=16\times10^4\text{kPa}$，容许挤压应力〔σ_{jy}〕$=24\times10^4\text{kPa}$，螺栓容许剪力〔τ_j〕$=10\times10^4\text{kPa}$，试求最大的许可拉力〔P〕值。

解：为了安全，P 要满足三个条件：

(1) $P\leqslant$〔σ〕$\cdot A_L$，A_L 为钢板受拉的最小有限面积；

(2) $P\leqslant$〔σ_{jy}〕$\cdot A_{jy}$，A_{jy} 为受挤压的面积；

(3) $P\leqslant$〔τ_j〕$\cdot A_j$，A_j 是螺栓受剪的面积。

$A_L = b\delta - 2d\delta = 20\times 0.6 - 2\times 1.8\times 0.6 = 9.84(\text{cm}^2)$

$A_{jy} = 7d\delta = 7\times 1.8\times 0.6 = 7.56(\text{cm}^2)$,

$\therefore A_j = 7\cdot\dfrac{\pi d^2}{4} = 17.8(\text{cm}^2)$

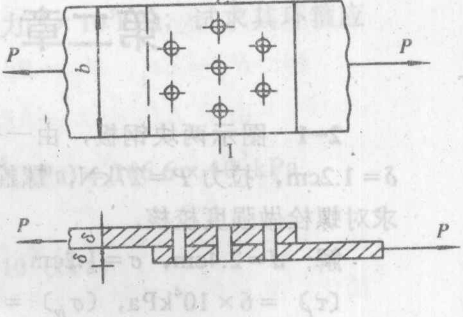
$\therefore$ (1) $P \leqslant 9.84\times 10^{-4}\times 16\times 10^4 = 157(\text{kN})$

(2) $P \leqslant 7.56\times 10^{-4}\times 24\times 10^4 = 181.44(\text{kN})$

(3) $P \leqslant 17.8\times 10 = 178(\text{kN})$

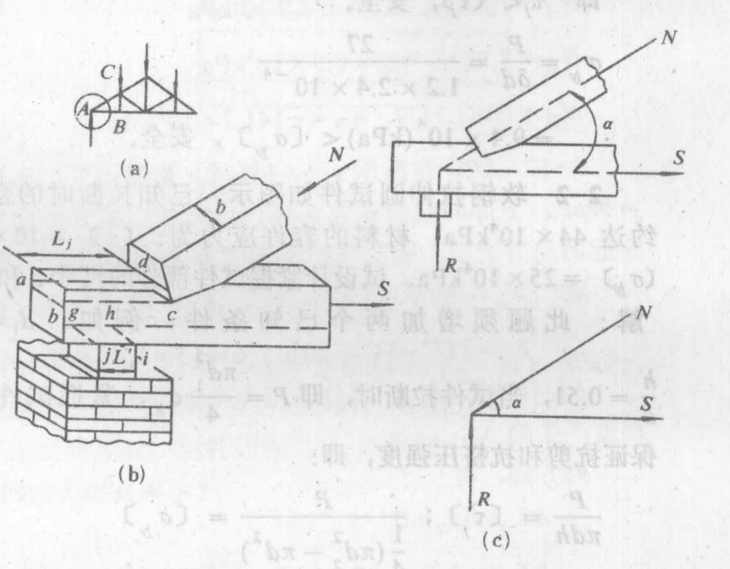
可见 $[P] = 157(\text{kN})$。

计算 A_L 时，是 $b\delta-2d\delta$ 而不是 $b\delta-3d\delta$，虽然在三个孔处截面积最小，但在此处截面上的拉力已经小于 P。



题 2-3 图

2-4 如题 2-3b 图为木屋架，题 2-3a 图为端节点 A 的详图，该节点受上弦杆 AC 的压力 N，下弦杆 AB 的拉力 S 及支反力 R 的作用（题 2-3c 图），力 N 的水平分力有将下弦杆端部沿剪切面 $abcd$ 剪坏的可能。支反力 R 通过垫木与下弦杆接触，有被挤压坏的可能。已知 $N = 60\text{kN}, \alpha = \pi/6$，$L_j = 40\text{cm}$，$b = 16\text{cm}$，$L' = 12\text{cm}$，试求剪切面 $abcd$ 上的剪应力和承压面 $ghij$ 上的挤压应力。



题 2-4 图

解：(1)

$$S = N\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}N,$$

$$R = N\sin\alpha = \frac{1}{2}N$$

(2) 剪切面积：

$$A_j = L_j b = 40\times 16 = 640(\text{cm}^2)$$

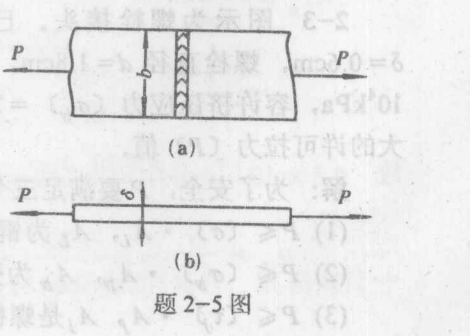
(3) 挤压面积：

$$A_{jy} = L'\times b = 12\times 16 = 192(\text{cm}^2)$$

$$\tau = \frac{S}{A_j} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}\times 60}{640\times 10^{-4}} = 812(\text{kPa})$$

$$\sigma_{jy} = \frac{R}{A_{jy}} = \frac{\frac{1}{2}\times 60}{192\times 10^{-4}} = 1\,560(\text{kPa})$$

2-5 图示为联结两块钢板的对接焊缝，已知焊缝容许应力〔σ_L^h〕$= 14.5\times 10^6\text{kPa}$，钢板宽 $b = 20\text{cm}$，板



题 2-5 图

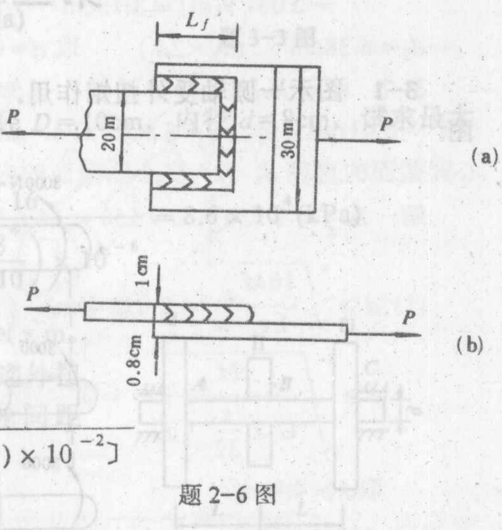
厚$\delta=1$cm，求此接头的许可拉应力〔P〕。

解：$L_f=b-1=19$(cm)

$$〔P〕=〔\sigma_l^h〕\times L_f\times\delta$$
$$=14.5\times10^6\times19\times10^{-4}=275.5(\text{kN})$$

取〔P〕为275kN。

2-6 图示由贴角焊缝联结的搭接接头，受拉力P的作用。已知钢板的容许应力〔σ〕$=16\times10^4$kPa，焊缝容许应力〔τ_l^h〕$=12\times10^4$kPa，试求侧焊缝的长度L_f。



题2-6图

解：$P=〔\sigma〕A$

$$=16\times10^4\times(20\times1\times10^{-4})=320(\text{kN})$$

$$\tau=\frac{P}{0.7h_f\sum L_f}$$

$$=\frac{320}{0.7\times1\times10^{-2}\times〔20+2\times(L_f-1)\times10^{-2}〕}$$

$$=12\times10^4(\text{kPa})$$

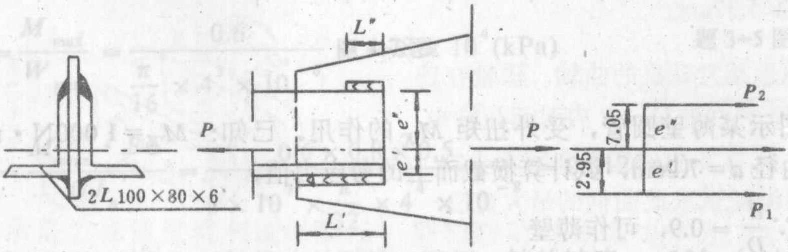
解此方程，得：$L_f=10.1$cm

注意：P的计算，若按厚0.8cm的板截面计算，则得$P=384\text{kN}>320\text{kN}$

故取较小者，得$P=320$kN

2-7 图示为两根不等边角钢焊在一块钢板上间接头。已知：轴心拉力$P=300$kN。焊缝容许应力〔τ_l^h〕$=12\times10^4$kPa，试求边焊缝的实际长度L'和L''值。

提示：须考虑角钢的轴线不通过长肢的中心。



题2-7图

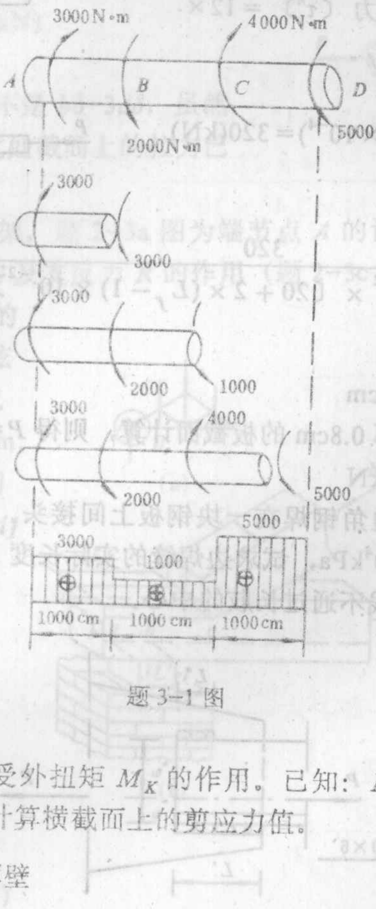
解：(e'，e''查表得)$P_1=\dfrac{10-2.95}{10}\times P=211.5(\text{kPa})$，$P_2=\dfrac{2.95}{10}\times P=88.5(\text{kN})$

由焊缝条件，得 $2\times0.7\times(L''-1)\times0.6\times10^{-4}\times12\times10^4=211.5$，$L'=22$(cm)

$2\times0.7\times12\times10^4\times(L'-1)\times0.6\times10^{-4}=88.5$，$L''=9.8$(cm)

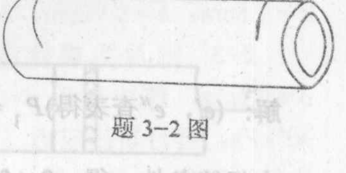
第三章　扭　转

3–1　图示一圆轴受外扭矩作用。试用截面法求出每段轴内的扭矩 M_n，并绘出扭矩图。



题 3–1 图

3–2　图示某薄壁圆管，受外扭矩 M_K 的作用。已知：$M_K=1\,000\text{N}\cdot\text{m}$，圆管外径 $D=8\text{cm}$，内径 $d=7.2\text{cm}$，试计算横截面上的剪应力值。



题 3–2 图

解：① $\because \dfrac{d}{D}=0.9$，可作薄壁

$$\therefore\quad \tau=\frac{M_K}{2tR^2\pi}=\frac{1\,000}{2\times0.4\times3.8^2\times3.14\times10^{-6}}$$

$=2.75\times10^4(\text{kPa})$，为平均值，其中 R 为平均半径。

$$② \quad \tau_{\max}=\frac{M_K}{W_n}=\frac{1\,000}{0.2D^3\left[1-\left(\dfrac{d}{D}\right)^4\right]}$$

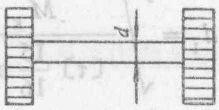
$$=\frac{1\,000}{0.2\times8^3[1-0.9^4]\times10^{-6}}=2.83\times10^4(\text{kPa})$$

3–3　图示一齿轮传动轴，传递外扭矩 M_K 为 10kN·m，轴的直径 $d=8\text{cm}$，试求轴

内的最大剪应力。

解：$\tau_{max}=\frac{M_K}{W_n}=\frac{M_K}{\pi d^3/16}$

$$=\frac{10\times 16}{3.14\times 8^3\times 10^{-6}}=10\times 10^4\,(\text{kPa})$$



题 3-3 图

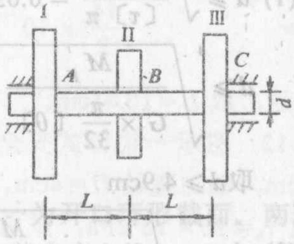
3-4　如果将第三题的轴制成空心圆轴，其外径 $D=10$cm，内径 $d=8$cm，试求最大剪应力。

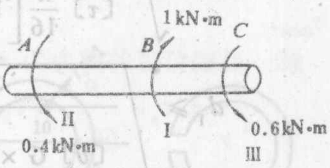
解：$\tau_{max}=\frac{M_k}{\frac{\pi D^3}{16}\left[1-\left(\frac{d}{D}\right)^4\right]}=\frac{10\times 16}{3.14\left(10^3-\frac{8^4}{10}\right)\times 10^{-6}}=8.6\times 10^4\,(\text{kPa})$

3-5　图示一传动轴,主动轮Ⅰ传递外扭矩 1kN・m，从动轮Ⅱ传递外扭矩 0.4×10^3N・m，从动轮Ⅲ传递外扭矩 0.6×10^3N・m，已知轴的直径 $d=4$cm，各轮间距 $L=50$cm，剪切弹性模量 $G=8\times 10^7$kPa。求：

(1) 合理的布置各轮的位置；

(2) 求出轴在合理位置时的最大剪应力 τ_{max} 和最大扭转角 φ_{max}。





题 3-5 图

解：合理的位置应使 τ_{max} 和 φ_{max} 最小。因为 φ 与轴长度成正比，与扭矩成正比使 $\overline{AB}$ 段与 $\overline{BC}$ 段的扭转角相等，从而，

$BC=\frac{4}{10}\cdot 2L=0.8L$，$AB=\frac{6}{10}\cdot 2L=1.2L$

(1) $\tau_{max}=\frac{M_{max}}{W_{min}}=\frac{0.6}{\frac{\pi}{16}\times 4^3\times 10^{-6}}=4.78\times 10^4(\text{kPa})$

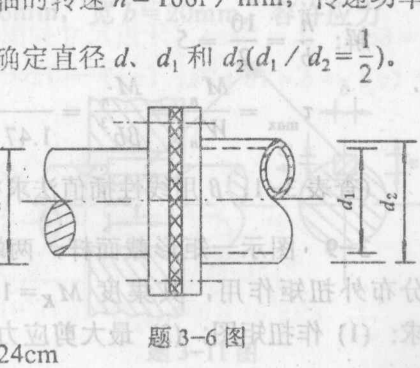
(2) $\varphi_{max}=\frac{M_{max}\cdot BC}{GJ_n}=\frac{0.6\times 0.8\times 0.5}{8\times 10^7\times\frac{\pi}{32}\times 4^4\times 10^{-8}}=0.012(\text{rad})$

3-6　一空心圆轴和实心圆轴用法兰联结，已知：轴的转速 $n=100$r / min，传递功率 $T=15$kW,容许应力〔τ〕$=3\times 10^4$kPa,试根据强度条件确定直径 d、d_1 和 $d_2(d_1/d_2=\frac{1}{2})$。

解：$M_K=9\,550\times\frac{15}{100}=1\,432.5$N・m

$$〔\tau〕=\frac{M_K}{\frac{\pi d_2^3}{16}\left(1-\frac{d_1^4}{d_2^4}\right)}=\frac{M_K}{\frac{1}{16}\pi d^3}$$

$$d=\sqrt[3]{\frac{16\times 1\,432.5}{3\times 10^4\times 10^3\times 3.14}}=0.062\,4(\text{m})=6.24\text{cm}$$



题 3-6 图