目　　录

第 1 章

机械零件强度

问题及解答

题1—1.　一台空气压缩机，有与图1—1中所示相同的曲柄机构。其行程为4吋，连杆长为7吋。曲柄臂的横截面为圆，其直径为1吋。AC的距离等于$1\frac{1}{8}$吋。如果在曲柄转角为30°时，曲柄臂长中心处的扭转剪应力等于10,000磅/平方吋的话，气体作用在活塞上的力是多大？

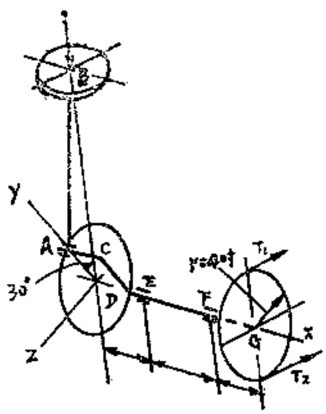


图1—1　皮带驱动的空气压缩机

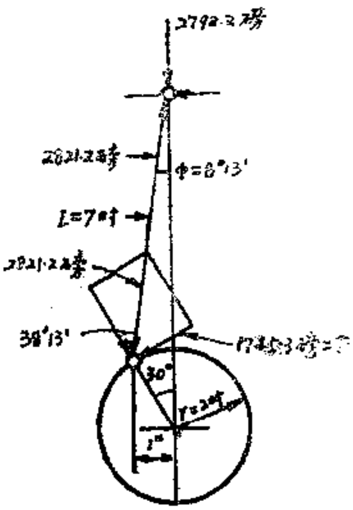


图1—2

答：参看图1—2求解。$\mathrm{Sin}\phi = 1/7 = 0.14286$　$\phi = 8°13'$

$$T = \frac{\pi d^3 S_s}{16} = \frac{\pi \times 1^3 \times 10,000}{16} = 1,963.5\text{吋一磅}$$

（式中S_s为剪应力）

$$F = \frac{1,963.5}{1.125} = 1,745.3\text{磅}$$

$$\text{连杆上的力} = \frac{1,745.3}{\mathrm{Sin}38°13'} = 2,821.2\text{磅}$$

$$\text{活塞上的力} = 2,821.2 \times \cos 8°13' = 2,792.2\text{磅}$$

题1—2.　单柄曲轴传动机构的局部示于图1—3中，所示出的轴部分由位于内外两轴承间的一个切削平面隔开（内置的轴承没有示出）。假设角速度不变；计及齿轮的重量；此外，假设忽略重力和惯性力。在截面O上画出系统平衡所需的合应力矢量的分力，且求出各力的大小。

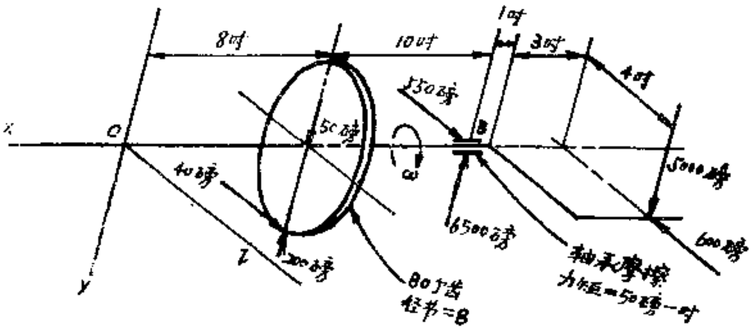


图1—3

提示：

请注意如下规则：表示力矩的矢量与力矩平面垂直。需用双箭头表示矢量的指向，而它又可用右手定则来确定。右手定则阐明，当四个手指握着要分析的件且指向力矩的指向时，大姆指便指向力矩矢量的指向。

答：参看图1—4且注意轴承摩擦力的方向

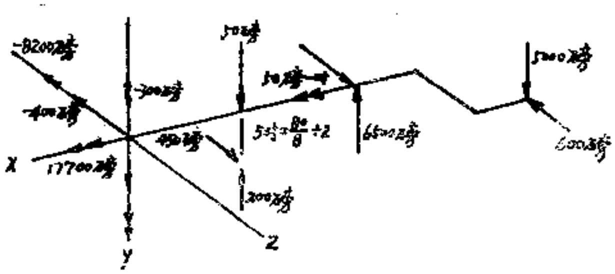


图1—4

$\sum F = 0$

$\sum F_x = 0 \quad 0 + R_x = 0$

$R_x = 0$

$\sum F_y = 0 \quad 5{,}000 - 6{,}500 + 50 - 200 + R_y = 0$

$R_y = +1{,}650$磅

$\sum F_z = 0 \quad -600 + 550 + 450 + R_z = 0$

$R_z = -400$磅

$\sum M = 0$

$\sum M_x = 0 \quad -4(5{,}000) + 50 + 5(450) + M_x = 0$

$M_x = 17{,}700$磅—吋

$M_y = 0 \quad -22(600) + 18(550) + 8(450) + M_y = 0$

$M_y = -300$磅—吋

$\sum M_z = 0 \quad -22(5{,}000) + 18(6{,}500) + 8(200 - 50) + M_z = 0$

$M_z = -8{,}200$磅—吋

题1—3. 示于图1—5的皮带轮，其直径16吋，轮毂外径 $3\frac{1}{2}$。轮辐板两侧都有1/4吋的

填角焊。皮带传递35马力给轴，轴以每分钟1,200转的转速 转 动。在焊接部分上的扭转剪应力是多少？

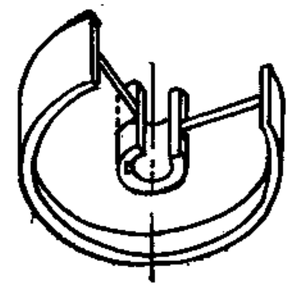


图1—5

答：所产生的扭矩 $= 63,000 \times hp/n = 63,000 \times 35/1,200 = 1,840$。焊缝喉部中心的半径 $r_1 = (3.5/2) + (0.25/4) = 1.81$ 吋。焊缝所承受的力 $p = (1,840/1.81) = 1,020$ 磅，两条焊缝的长度 $= l = 2 \times 2\pi r_1 = 4\pi \times 1.81 = 22.8$ 吋。工作负荷p与扭转剪应 力 S之间的关系由下式给出

$$S = \frac{p}{0.707hl} = \frac{1,020}{0.707 \times 0.25 \times 22.8} = 225\text{磅/平方吋}$$

题1—4. 一个灰铸铁(35号)短柱，承受一个偏心的垂直载荷P。载荷P垂直作用 在 三角形横截面形心的左下方(见图1—6)。已知：极限张应力 $S_{ut} = 35,000$ 磅/平方吋，极限 压应力 $S_{uc} = 125,000$ 磅/平方吋。

安全系数 $= 1.75$。三角形的底 $b = 2$ 吋，高 $h = 4$ 吋。(a)求最大的许用载荷力P和它的偏心量e，e将同时引起最大的许用张应力和许用压应力。(b)使用图1—6 b中标示的字母，指出最大的许用张应力和许用压应力作用在横截面上的哪两点。

答：参看图1—7。截面的参数是：

面积 $= 4$ 平方吋，$I_y = bh^3/36 = 3.56$ 吋^4

$I_x = hb^3/48 = 0.67$ 吋^4。绕主轴线x和y的抗弯应力与正应力之间的一般关系式是

$$S = \pm\frac{P}{A} \pm \frac{M_x C}{I_x} \pm \frac{M_y C}{I_y}$$

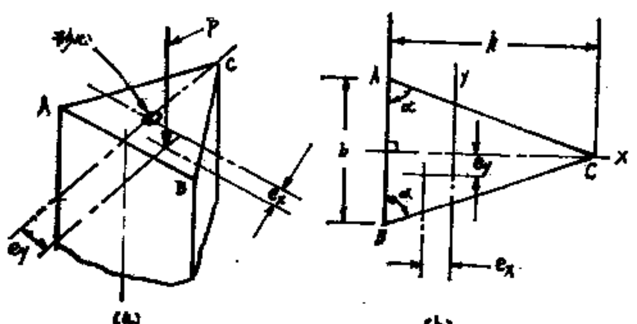


图1—6

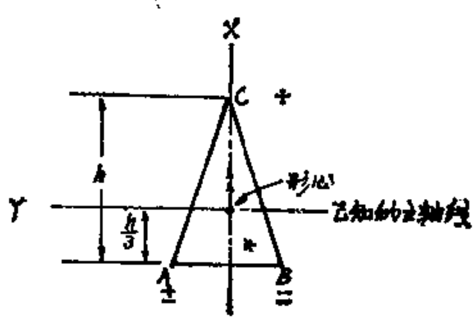


图1—7

(a) 把这个关系式应用于点A、B和C（+ = 受张，− = 受压），

$$S_A = \frac{-P}{A} - \frac{p \cdot e_x(h/3)}{I_y} - \frac{p \cdot e_y(b/2)}{I_x}$$

$$S_B = \frac{-P}{A} - \frac{p \cdot e_x(h/3)}{I_y} - \frac{p \cdot e_y(b/2)}{I_x}$$

$$S_C = \frac{-P}{A} + \frac{p \cdot e_x(2/3h)}{I_y}$$

于是

$$S_A = \frac{-P}{4} - \frac{p \cdot e_x(1.33)}{3.56} + \frac{p \cdot e_y(1)}{0.67} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$S_B = -\frac{P}{4} - \frac{p.e_x(1.33)}{3.56} - \frac{p \cdot e_y(1)}{0.67} \quad \cdots\cdots (2)$$

$$S_C = -\frac{P}{4} + \frac{p \cdot e_x(2.67)}{3.56} \quad \cdots\cdots (3)$$

很明显，最大压力出现在点B，而最大的张力可能出现在A或C点。同时解方程（1），（2），（3），假设许用压应力在点B，最大许用张应力同时在点A和C。于是，许用压应力和张应力是

$S_{许用抗压} = -125,000/1.75 = -71,500$磅/平方吋

$S_{许用抗张} = 35,000/1.75 = 20,000$磅/平方吋

同时解方程（1）和（2）如下：

$$\frac{20,000}{P} = -0.25 - 0.375e_x + 1.5e_y$$

$$\frac{-71,500}{P} = -0.25 - 0.375e_x - 1.5e_y$$

根据方程式（3）

$$\frac{-31,500}{P} = -0.75 \qquad 因此 \quad P = 42,000磅$$

（b） 据式（3）

$$e_x = \left(\frac{20,000}{42,000+0.25}\right)^{\frac{4}{3}} = 0.97吋$$

据式（1）

$$e_y = \left(\frac{20,000}{42,000+0.25+0.375+0.97}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$e_y = 0.727$吋

最后，

点A，应力 = 20,000磅/平方吋

点B，应力 = −71,500磅/平方吋

点C，应力 = 20,000磅/平方吋

题1—5. 一个提升机重8,000磅，以每分钟300呎的常速向下运动。在从提升机到钢丝绳卷扬筒间的钢丝绳为50呎的一瞬间，发生了故障，使卷扬筒立即停住，假设由六股捻成而每股有19根钢丝的麻芯钢丝绳的钢丝面积有2平方吋，略去钢丝绳重量。求：（a）钢丝绳的总伸长量，（b）在钢丝绳中引起的最大张力，（c）振动频率。

答：

（a）参看图1—8．δ_d = 由冲击力产生的动变位（伸长）

在发生故障后钢丝绳的总伸长量

$= \delta_{静} + \delta_{动} = \delta_s + \delta_d$

$$\delta_s = \frac{P_w L}{AE} = \frac{WL \cdot}{AE} = \frac{8,000(50\times12)}{2\times12\times10^6} = 0.2吋$$

由于冲击载荷而在钢丝绳内产生的应变能u

$u = 1/2 \times \delta_d \times p$

根据钢丝绳的弹性特点

$$\delta_d = \frac{PL}{AE}$$

因此，$\quad u_d = \dfrac{AE\delta_d}{2L}$

发生故障时的动能

$$= \frac{W}{g} \times \frac{v^2}{2}$$

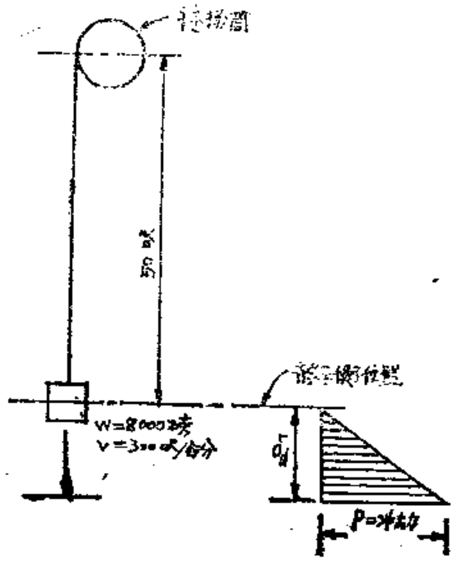


图1—8

因为能量守恒，$E_{总} = 0 = \Delta u$。于是应变能=动能。这样，

$$\frac{AE\delta_d^2}{2L} = \frac{Wv^2}{2g}$$

重新整理，$\delta_d^2 = \dfrac{Wv^2L}{AEg}$

$$\delta_d = v\sqrt{\frac{W}{g} \times \frac{L}{AE}} = \frac{300 \times 12}{60}\sqrt{\frac{8,000}{386} \times \frac{50 \times 12}{2 \times 12 \times 10^6}} = 1.366\text{吋}$$

总伸长 $= \delta_s + \delta_d = 0.2 + 1.366 = 1.566$ 吋

(b) 最大应力 $= S_s + S_d$ 又，$S = P/A = E\delta/L$

$$S = \frac{E}{L}(\delta_s + \delta_d) = \frac{12 \times 10^6}{50 \times 12} \times 0.2 + \frac{12 \times 10^6}{50 \times 12} \times 1.366$$

$S = 4,000 + 27,300 = 31,300$ 磅/平方吋

(C) 振动频率 = f，而t（每次振动时间）$= 1/f$。参看下页图1—9。于是

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{M}}\ \text{循环次数/每秒}\ (H_z)$$

$$= \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{W}{\delta_s} \Big/ \frac{W}{g}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\delta_s}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{386}{0.2}} = 7\ \text{次循环/每秒}$$

注意 $W/\delta_s = AE/L = K$

又，386的单位为吋/秒²。

题1—6． 在图1—10中的各杆有相同的横截面积。在加载之前各杆内没有应力。每杆都是0.5吋方。

(a) 求每杆上的力。

(b) 如果温度下降100°F，求每杆上的力。

* 见Mark.手册的钢丝绳部分。

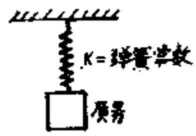


图1—9

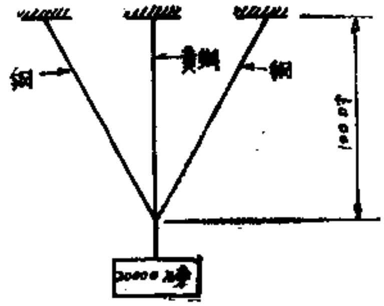


图1—10

答：

(a) $\delta = PL/AE$，重新整理$P = \delta AE/L$。这样，对于钢，

$$P_{钢} = \frac{0.866\delta A \times 30,000,000}{115.47} = 225,000\delta A$$

见图 1—11

垂直分力

$$(P_{钢})_{垂直} = 0.866\delta \times 225,000A = 194,850\delta A$$

对于黄铜：

$$P_{铜} = \frac{\delta A \times 15 \times 10^6}{(100)} = 150,000\delta A$$

总计： $\delta A\ (2 \times 194,850 + 150,000) = 20,000$

$$\delta A = \frac{20,000}{539,700} \quad 则$$

$$P_{钢} = 225,000 \times \frac{20,000}{539,700} = 8,338磅$$

$$P_{铜} = 150,000 \times \frac{20,000}{539,700} = 5,559磅$$

(b) 由于温度的影响

对于钢， $\delta = 115.47 \times 0.0000065 \times 100 = 0.075056$吋（缩短）

对于黄铜，$\delta = 100 \times 0.0000102 \times 100 = 0.102000$吋（缩短）

由于加载使黄铜杆的伸长。见图 1—12。

$$\delta_{铜} = \frac{P_{铜} \times 100 \times 4}{15 \times 10^6}$$

由于加载使钢杆长的伸长

$\delta_{钢} = (\delta_{铜} - 0.102) \times 0.86603 +$

$0.075056 = 0.86603\delta_{铜} - 0.013279$

$2\ (P_{钢})_{直垂} = 20,000 P_{铜}$

在钢杆中的力

图1—11

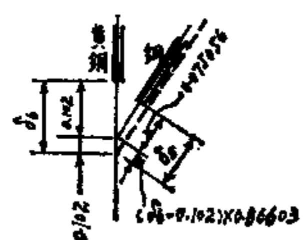


图1—12

$$P_{钢} = \frac{20,000 - P_{铜}}{2 \times 0.86603} = 11,547 - 0.57735P_{铜}$$

$$\delta_{钢} = 0.86603\delta_{铜} - 0.013278 = \frac{P_{钢}\times 115.47\times 4}{30\times 10^6}$$

$$0.86603\times\frac{P_{铜}\times 400}{15\times 10^6} - 0.013278 = \frac{(11,547 - 0.57735P_{铜})(115.47)}{0.25\times 30\times 10^6}$$

$$0.000023094P_{铜} - 0.013278 = 0.177778 - 0.000008889P_{铜}$$

$$0.000031983P_{铜} = 0.191057$$

$$P_{铜} = 5,974磅$$

$P_{钢} = 11,547 - 0.57735\times 5,974 = 11,547 - 3,449 = 8,098磅$

题1—7. 图1—13是两个梁的视图，两梁有相同的33,333磅-吋²的EI。10吋悬臂梁的悬臂端安放在20吋简支梁的中点上。一个30磅的重物通过1/2吋的距离自由下落且冲击到悬臂梁的自由端上。求悬臂梁的最大位移。

答：把每一个梁都考虑为是一个弹簧，它们能以应变能的形式贮存W＝30磅的重物的位能（见图1－14）。只考虑悬臂梁时，如图1—15所示，

$$\Delta = \frac{PL^3}{3EI}$$

$$K_1 = \frac{P}{\Delta} = 1b/in$$

$$= \frac{3(33,333)}{10^3} = 100磅/每吋$$

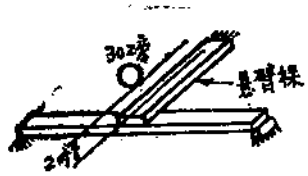


图1—13

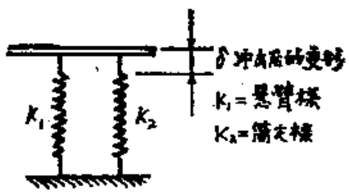


图1—14

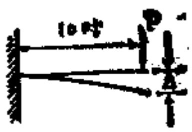


图1—15

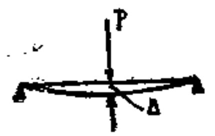


图1—16

只考虑简支梁时，如图1—16所示，

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI} \qquad K_2 = \frac{P}{\Delta} = \frac{48EI}{L^3} = 200磅/每吋$$

$$K（有效的）= K_1 + K_2 = 100 + 200 = 300磅/每吋$$

在位移为δ时贮存在梁内的应变能是

$$u = 12K_e\delta^2 = 1/2\ (300)(\delta^2) = 150\delta^2$$

$$重物的位能 = E = W_y = 30(0.5+\delta)$$

能量守恒定理：

$$u = E \quad 于是 \quad 150\delta^2 = 30(0.5+\delta)$$

然后重新整理，$150\delta^2 - 30\delta - 15 = 0$，再应用一元二次方程求根公式

$$\delta = (30\pm 100)/300 = 0.43吋$$

题1—8. 一台冲床每秒在3/4吋厚的钢板上冲一个一吋直径的孔。实际上冲孔的时间只占1秒。钢板的极限剪切强度为60,000磅/平方吋。冲床的飞轮有500吋—磅—秒²的质量惯性矩，且以每分钟150转的平均转速转动。

(a) 冲压工作所需要的马力为多少？

(b) 飞轮每分钟转数总增减量是多少？

答：

(a) 实际在金属上冲孔所需的力是

$$F = \pi dst$$

$$= \pi \times 1 \times 60,000 \times 0.75 = 141,372\text{磅}$$

假设在冲进钢板厚的一半时所需的力是

能 $= 1/2 \times 141,372 \times 0.75 \times 1/12 = 4,419 \approx 4,420$呎磅　因此，冲压所需的马力为 $4,420/(1 \times 550) = 8.04$马力

(b) 飞轮速度的变动可从下式求得

$$\left(\frac{I_O}{2}\right)(W_2 - W_1)(W_2 + W_1)$$

式中$W_2 - W_1$是角速度的总变动，而$W_2 + W_1$等于两倍的平均角速度$= 2(150/60)(2\pi) = 2 \times 15.70$弧度/秒

$$W_2 - W_1 = (4,420 \times 12)/(500 \times 15.7) = 6.76\text{弧度/每秒}$$

表示为每分钟的转数，则为，

$$(6.76)(60/2\pi) = 64.55\text{转/每分}$$

题1—9.　一个顶置气门发动机的气门挺杆，直径为1/4吋，长14吋。当把挺杆考虑为有球面端的纵杆时，求其临界极限载荷。

答：

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi}{4^4 \times 64} = \frac{\pi}{256 \times 64}$$

$$P_{临界} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = \frac{\pi^2 \times 30 \times 10^6 \ \pi}{14^2 \times 256 \times 64} = 290\text{磅}$$

题1—10.　一个结构钢的螺钉杆，如图1—17所示那样，伸过一个铝管。杆的横截面是0.8平方吋，其上端有每吋20扣的螺纹，铝管长20吋，其横截面面积为1.8平方吋。求由螺母在螺钉上紧1/4转而在螺钉杆和铝管上引起的应力。假设$E_{钢} = 30 \times 10^6$磅/每平方吋，且$E_{铝} = 10 \times 10^6$磅/平方吋。

答：在管和螺钉上必然施以相等的力P。此外，四分之一转的变形必然由管的缩短和螺钉的伸长来“吸收”，从而

$$\Delta = \Delta_{螺钉} + \Delta_{管} = \left(\frac{P \times L}{A \times E}\right)_{螺钉} + \left(\frac{P \times L}{A \times E}\right)_{管}$$

$$\Delta = \frac{(P)(20)}{(0.8)(30 \times 10^6)} + \frac{(P)(20)}{(1.8)(10 \times 10^6)} = \left(\frac{1}{4}\right) \times \left(\frac{1}{20}\right)$$

$$(8.33 \times 10^{-7})P + (1.111 \times 10^{-6})P = 0.0125$$

从上式得P等于6,430磅

$$\sigma_{钢} = \frac{P}{A} = \frac{6,430}{0.8} = 8,040\text{磅/平方吋}$$

$$\sigma_{铝} = \frac{P}{A} = \frac{6,430}{1.8} = 3,570\text{磅/平方吋}$$

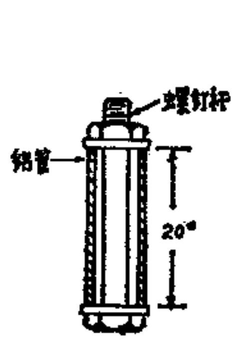


图1—17

第 2 章

机器设计

问题及解答

题2—1. 一个试样受拉。拉伸负荷是20,000磅，许用应力是10,000磅/平方吋，弹性模数E是3千万磅/平方吋，试样的初始长度为40吋。如果拉伸后的伸长不许超过0.001吋，问需要多大的横截面积？

答：
$$A=\frac{P_t}{S_t}=\frac{20,000}{10,000}=2\text{平方吋}$$

$$A=P_t\frac{l}{Sl\times E}=20,000\times\frac{40}{0.001\times30\times10^6}=26.6\text{平方吋}$$

这是保持在允许的延伸率和弹性极限之内所必须的横截面积，下标 t 表示在受拉的情况下。

题2—2. 一个短的圆柱形铸铁柱支撑20吨（40千磅）的压缩载荷。如果把安全系数F 取为10，求支柱的直径。U_c可取为80,000磅/平方吋。

答：略去细长比（l/r）不计，且假设没有弯曲。

$$P_c=20\times2,000=40,000\text{磅}$$

$$P_c=A\frac{U_c}{F}=\frac{\pi d^2}{4}\ \frac{80,000}{10}=40,000$$

$$d^2=\frac{40,000}{2,000\pi}=\frac{20}{\pi}=6.36$$

因此求得$d=2.52$吋

注意，U_c是极限抗压应力。

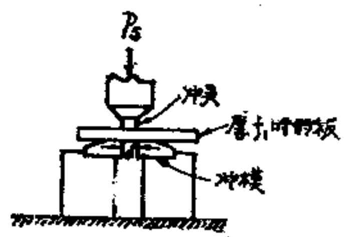


图2—1

题2—3. 一个冲头与冲模配合在一张3/8 吋厚的板上冲一个3/4吋的孔。如果板的极限抗剪应力或强度为50,000磅/平方吋，力P_s需要多大？

答：所要冲剪的面积必须与力P_s平行，当板被冲剪时，将冲出一个圆柱形的柱塞，这个柱塞的圆柱部分的面积就是要冲剪的面积。

$$P_s=A\times U_s=\pi dt\times50,000$$
$$=\pi\times3/4\times3/8\times50,000=44,200\text{磅}$$

题2—4. 在进行一种材料试样的拉伸试验时，在加载产生15,000磅/平方吋的单位抗张应力时，产生0.0005吋的单位变形。求拉伸时的弹性模数。

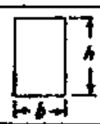
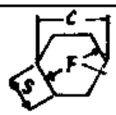
答：

$$E_t=\frac{S_t}{Sl}=\frac{15,000}{0.0005}=30\times10^6\text{磅/平方吋}$$

题2—5. 如果一根1 7/16吋直径的轴，其安全应力为7,000磅，它能安全地传递多大扭矩？

答： $T=S_sZ_p=7,000\times\pi/16\times1\ (7/16)^3=4,100$吋—磅见下面的表2—1

表2—1

截面	极惯性矩 I_p	极截面模数 Z_p
	$\frac{b^4}{6}=0.1667b^4$	$\frac{2}{9}b^3=0.22b^3=0.08d^3$
	$\frac{bh(b^2+h^2)}{12}$	$\frac{2}{9}b^2h$
	$\pi d_o^4/32=0.098d_o^4$	$\pi d_o^3/16=0.196d_o^3$
	$\frac{\pi}{32}(d_o^4-d_i^4)=0.098(d_o^4-d_i^4)$	$\frac{\pi}{16}\left(\frac{d_o^4-d_i^4}{d_o}\right)=0.196\left(\frac{d_o^4-d_i^4}{d_o}\right)$
	$\frac{5\sqrt{3}}{8}S^4=1.0825S^4=0.12F^4$	$0.20F^3$
	$\frac{\pi d_o^4}{32}-\frac{S^4}{6}=0.098d_o^4-0.167S^4$	$\frac{\pi d_o^3}{16}-\frac{S^4}{3d_o}=0.196d_o^3-0.333\frac{S^4}{d_o}$
	$\frac{\pi d_o^4}{32}-\frac{5\sqrt{3}}{8}S^4=0.098d_o^4-1.0825S^4$	$\frac{\pi d_o^3}{16}-\frac{5\sqrt{3}}{4}\frac{S^4}{4d_o}=0.196d_o^3-2.165\frac{S^4}{d_o}$
	$\frac{\sqrt{3}}{48}S^4=0.036S^4$	$\frac{S^3}{20}=0.05S^3$

题2—6. 要求检查一根2吋的中碳钢轴的设计，此轴承受40,000吋一磅的旋转扭矩，其极限应力为50,000磅

答：$T=S_sZ_p=40,000$。解出S_s

$$Z_p=\pi\frac{d_s^3}{16}=\pi\frac{2^3}{16}=0.5\pi\text{吋}^3$$

$$S_s=\frac{T}{Z_p}=\frac{40,000}{0.5\pi}=25,400\text{磅／平方吋}$$

$$F = \frac{V_s}{S_s} = \frac{50,000}{25,400} = 1.98$$ 太低，不安全。

题2—7. 水电站的一水轮机，其额定功率为12,000马力。把水轮机与发电机连接起来的垂直钢轴，直径为24吋，以每分钟60转的转速旋转。试计算在满载时于轴上产生的最大剪切应力。

答：由于轴是垂直安装的，所以没有由于弯曲引起的应力，最大的剪切应力便是最大的轴应力。这样，由于马力为$\frac{2\pi NT}{33,000}$

重新整理就求得扭矩为

$$T = \frac{12,000 \times 33,000}{6.28 \times 60} = 1.05 \times 10^6 \text{磅—呎（在轴上）}$$

其极惯性矩I_p为

$$\frac{\pi d^4}{32} = 3.14 \times \frac{24^4}{32} = 32,600\text{吋}^4$$

对于强度来说，$T = S_s I_p / r$重新整理并代入这个公式

$$S_s = 1.05 \times 10^6 \times (24/2) \times (1/32,600) \times 12 = 4,640\text{磅/平方吋}$$

题2—8. 一辆重3,000磅的小汽车，在100呎的距离内由在驱动轴上制动而从每小时40英里的速度均匀地减速到每小时10英里。后轮的直径为28吋，驱动轴直径是1吋，差数比为40∶11。略去轮胎、轴承和齿轮的损失，计算驱动轴最外层的应力。

答：对于减速，如下的关系成立

$$-a = \frac{v^2 - v_0^2}{2S} = \frac{14.7^2 - 58.7^2}{2 \times 100} = 16.1\text{呎/每秒}^2$$

式中（$-a$）是减速度，v是以每秒多少呎表示的最终速度。v_0是以每秒多少呎表示的初速度。这时，所需的刹车力为

$$F = \frac{W}{q} a = \frac{3,000}{32.2}(-16.1) = -1,500\text{磅}$$

于是求出在驱动轮上的总力矩

$$T = 1,500 \times (28/2) = 21,000\text{吋—磅}$$

在驱动轴上的力矩为

$$T = 21,000 \times (11/40) = 5,775\text{吋—磅}$$

在轴上的单位应力是

$$S_s = \frac{16}{\pi d^3} T = \frac{16}{\pi \times 1^3}(5,775) = 29,400\text{磅/平方吋}$$

题2—9. 一根60吋长的实心铸铁圆杆带着一个直径60吋的实心圆盘。圆杆承受由其一端传入的60,000吋—磅的扭矩。为防止件的震颤，当圆杆通过它的全长传递功率时，要求圆盘的扭转偏转量低于1/32吋。如果工作应力取为3,000磅/平方吋，且横向弹性模数为6百万

磅/平方吋的话，圆杆的直径应该是多少吋？

答：参看图2—2

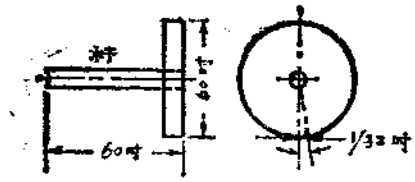


图2—2

$$扭矩 = S_s \frac{I_p}{C} = 60,000 = 3,000\ \pi\ \frac{d_0^3}{16}$$

解出d_0，

$$d_0^3 (60,000 \times 16)/(3,000 \times 3.14)$$

$$d_0 = 4.6吋$$

对于扭转刚度来说，$\theta = (1/32)/r$。这等于1/960弧度。由于沿圆盘的弧长为θr，其中r为以吋表示的圆盘的半径，因此，$1/32 = \theta r = (\theta)(30)$。注意S = 60吋。

$$d_0^4 = \frac{32 \times T \times S}{\pi \times E_t \times \theta}$$

于是，由直接向这个公式中代入值，得到

$d_0^4 = 5,870$　因而$d_0 = 8.8$吋。由于8.8吋大于4.6吋，所以轴的设计必须满足扭转刚度的要求。

题2—10. 一钢轴以每分钟2,000转的速度旋转，传递2,200马力，其最外层的应力为15,000磅/平方吋，求其直径。

答：使用$T = S_s Z_p$和关系式$hp = 2\pi NT/33,000$，经重新整理，求T

$$T = \frac{2,200 \times 33,000}{6.28 \times 2,000} = 5,800磅—呎$$

重新整理$T = S_s Z_p$　且解d_0

$$d_0^3 = \frac{5,800 \times 12 \times 16}{15,000 \times 3.14} = 23.6$$

由上式得$d_0 = 2.87$吋。

题2—11. 靠把钢丝绳绕在起重机的卷筒上来提升重物，卷筒的直径为40吋，每分钟转24转，问提升5,000磅的载荷，需要多少马力？

答：假设卷筒的直径线速度与提升速度相同，即略去钢丝绳的粗细。那么，卷筒的线速度就为

$$V = 2\pi RN = 6.28 \times 20 \times 24/12 = 251.3呎/每分$$

P等于5,000磅，略去钢丝绳的重量及其切向力。最后，

$$hp = \frac{磅 \times 每分钟呎数}{33,000} = \frac{5,000 \times 251.3}{33,000} = 38马力$$

题2—12. 一根直径为$1\,^{13}/_{16}$吋的钢轴，支撑在间隔6呎的两个轴承上。一个直径为24吋，重50磅的皮带轮装于此跨度中间。皮带轮每分钟转400转，且传递15马力给轴。轴的重量是每呎长8.77磅，一条皮带在垂直向下的方向上以250磅的力拉在皮带轮上。计算由于弯曲和扭转应力的联合作用而在轴上引起的最大应力。

答：把此轴看成有固定端的梁（见图2—3）。由在轴承上出现的载荷引起的最大弯矩为

$$\frac{Wl^2}{12} + \frac{pl}{8} = \frac{8.77 \times 6^2 \times 12}{12} + \frac{300 \times 6 \times 12}{8}$$

$$=316+2,700=3016\text{吋－磅}$$

功率输出的扭矩为：

$$T=\frac{33,000\times15\times2}{2\pi400}=2,360\text{吋—磅}$$

由复合载荷引起的最大剪切应力：

$$S_s=\frac{16}{\pi(1^{13}/_{16})^3}\times\sqrt{3,016^2+2,360^2}=3,240\text{磅/平方吋}$$

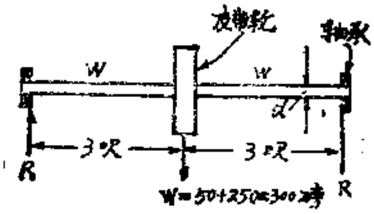


图 2—3

由复合载荷引起的最大法向应力：

$$S_n=\frac{16}{\pi(1^{13}/_{16})^3}\times[3,016+\sqrt{3,016^2+2,360^2}]=5,800\text{磅/平方吋}$$

题2—13. 一根实心圆轴用以在每分钟1,000转的转速下传递200马力。(a)如果最大的许用剪应力是20,000磅/平方吋的话，所需轴的直径为多大？(b)如果使用一根空心轴，其内径等于在(a)部分中求出的实心轴的直径，且两轴的扭转角相等的话，此空心轴的外径必须为多少吋？

答：在每分钟1,000转时传递200马力所需的扭矩为$T=(33,000\times12\times200)/2\pi1,000=12,600$吋一磅

(a)使用公式首先求出扭转剪切应力

$$S_s=\frac{T\times d}{2\times Ip}$$

式中Ip是极惯性矩。这样，由于$Ip=\pi d^4/32$，$S_s=\dfrac{16T}{\pi d^3}$

$d^3=(16\times12,600)/(\pi\times20,000)=3.2$　　因而$d=1.475$吋

(b)于是，如果使用一根1.475吋内径的空心轴，欲决定的其外径D要使空心轴的扭转角θ_b等于实心轴的扭转角θ_s

$$\theta_s=T_s\frac{L_s}{G_s\times I_{ps}}\qquad\qquad \theta_b=T_b\frac{L_b}{G_s\times I_{pb}}$$

式中G_s是材料在剪切时的弹性模数。由于两轴的扭矩和长度是相同的，且由同样材料制成，

由使两者的扭转角相等$I_{ps}=I_{pb}$　　　即$\dfrac{\pi d^4}{32}=\dfrac{\pi}{32}(D^4-d^4)$

我们求得D（空心轴的外径）为1.755吋。而d（空心轴的内径）等于1.475吋。

题2—14. 一个2吋宽的熟铁方杆，被加热到高于其常温100°F。如果使它不能膨胀，在杆内将引起多大的应力？要防止它膨胀需要施加多大的力？弹性模数可取为30×10^6磅/平方吋。

答：所引起的应力

$S=0.0000068\times100\times30\times10^6=20,400$磅

阻止膨胀的总力$=20,400\times2\times2=81,600$磅

注意：弹性模数在压缩和拉伸的情况下是相等的。剪切模数则总是小于上述两模数。