

目 录

前 言	(I)
序 言	(I)
引 言	(IV)
第1章 机械零件强度	(1)
第2章 机器设计	(8)
第3章 齿轮传动装置	(36)
第4章 机构	(43)
第5章 水力学和流体力学	(46)
第6章 热力学、热和动力	(65)
第7章 燃料和燃烧产物	(86)
7-1 燃料	(86)
7-2 煤的分析	(86)
7-3 煤的分类	(86)
7-4 液体燃料	(86)
7-5 固体燃料的热值	(87)
7-6 液体燃料的热值	(87)
7-7 燃烧	(87)
7-8 燃烧的理论空气量	(88)
7-9 过剩空气量	(89)
第8章 热电站	(97)
8-1 蒸汽发生装置的试验	(97)
8-2 锅炉的性能	(98)
第9章 蒸汽机	(105)
9-1 概述	(105)
9-2 示功图	(106)
9-3 计算指示马力	(106)
9-4 蒸汽机的蒸汽耗量	(107)
9-5 机缸余隙	(109)
9-6 蒸汽机热效率	(109)
9-7 蒸汽机的机械效率	(111)
9-8 蒸汽机所产生的增加功率	(111)
9-9 蒸汽机的功率常数	(111)
第10章 汽轮机及其循环	(113)
10-1 概论	(113)
10-2 结构	(114)

10—3	作用原理	(114)
10—4	汽轮机的兰金 (Rankine) 蒸汽循环	(114)
10—5	再热循环	(115)
10—6	回热循环	(116)
10—7	汞蒸汽循环	(119)
第11章	燃气轮机及其循环	(122)
11—1	基本原理	(122)
11—2	运行	(122)
11—3	特性	(122)
11—4	回热循环燃气轮机	(124)
11—5	完全循环燃气轮机	(125)
11—6	飞机发动机的燃气轮机	(125)
第12章	内燃机及其循环	(130)
12—1	实际示功图——奥托 (Otto) 循环	(130)
12—2	比较的标准	(130)
12—3	余隙容积	(131)
12—4	汽油发动机——压缩比与燃料经济性	(132)
12—5	汽油发动机——压缩比与排气温度	(132)
12—6	用于奥托 (Otto) 循环的功	(132)
12—7	狄赛尔 (Diesel) 循环	(133)
12—8	限制奥托 (Otto) 和狄赛尔 (Diesel) 循环压缩比的因素	(134)
第13章	泵与泵送	(138)
13—1	泵的分类	(138)
13—2	泵的选择	(138)
13—3	离心泵	(140)
13—4	泵的压头	(140)
13—5	泵的特性曲线	(140)
13—6	特性的变化	(142)
13—7	泵的选择与系统压头曲线	(143)
13—8	离心泵的并联或串联运行	(144)
13—9	比转速	(145)
13—10	气蚀	(147)
13—11	净吸压头与离心泵	(148)
13—12	适用于离心泵的最大粘度	(151)
13—13	估计离心泵的效率	(151)
第14章	通风机、鼓风机和压缩机	(153)
14—1	概述	(153)
通风机和鼓风机	(153)	
14—2	并联运行	(154)

14—3	通风机定律	(154)
14—4	管道通风机特性	(155)
14—5	串联通风机	(156)
14—6	并联通风机	(156)
14—7	通风机功率的估算	(156)
空气和气体压缩机		(157)
14—8	总论	(157)
14—9	无隙压缩机的功	(157)
14—10	实际压缩曲线	(158)
14—11	等温压缩功率	(159)
14—12	多变和绝热压缩功率	(160)
14—13	有隙气体压缩机	(162)
14—14	容积效率	(162)
14—15	气体压缩机的排气量	(162)
14—16	余隙对压缩机性能的影响	(162)
14—17	压缩机的实际示功图	(164)
14—18	压缩机的效率	(164)
14—19	超压缩性对压缩机性能的影响	(164)
第15章 传热		(166)
15—1	传热的基本原理	(166)
15—2	传热的方法	(166)
15—3	传导	(166)
15—4	非均匀截面导热体	(167)
15—5	面积的对数平均值	(167)
15—6	串联导热体	(167)
15—7	膜概念和对流	(170)
15—8	厚壁管	(171)
15—9	计算膜系数	(172)
15—10	管的保温	(175)
15—11	污垢系数	(176)
15—12	平均温度差	(177)
第16章 制冷		(182)
16—1	概述	(182)
16—2	制冷剂	(182)
16—3	制冷术语解释	(182)
16—4	压缩制冷循环	(184)
16—5	制每吨冷所需循环的制冷剂	(184)
16—6	制每吨冷所需的功率	(184)
16—7	湿压缩和干压缩	(184)

16—8	蒸气压缩机的输气量	(185)
16—9	制冷的卡诺 (Carnot) 循环	(186)
16—10	根据卡诺 (Carnot) 循环得出的结论	(186)
第17章	采暖和通风	(190)
17—1	一般原理	(190)
采暖	(190)
17—2	传热的总系数	(190)
17—3	风速对U的影响	(191)
17—4	保温	(191)
17—5	透风的热损失	(192)
17—6	计算采暖负荷	(192)
通风	(194)
17—7	通风术语和定义	(194)
17—8	一般通风	(196)
17—9	如何测量集聚的CO ₂	(196)
17—10	专用或局部通风	(197)
17—11	从开口箱蒸发的水分	(198)
第18章	空气调节	(200)
18—1	状态方程	(200)
18—2	空气湿度图	(201)
18—3	空气调节中的潜热负荷	(201)
18—4	吸收潜热所需的空气	(202)
18—5	总热负荷	(203)
18—6	散热负荷的计算	(204)
18—7	散太阳辐射热的冷却负荷	(205)
18—8	由机械和设备产生的热	(205)
18—9	最大的散热负荷	(205)
18—10	按区间计算散热负荷	(210)
18—11	结论	(211)
18—12	空气洗涤器	(213)
18—13	绝热冷却	(214)
18—14	侧路系统	(214)
18—15	冷却螺旋管表面积	(216)
补编部分——问题及解答		(218)
补编A. 力学		(218)
B. 机器设计		(226)
C. 传动装置		(236)
D. 机构		(240)
E. 水力学和流体力学		(248)

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？

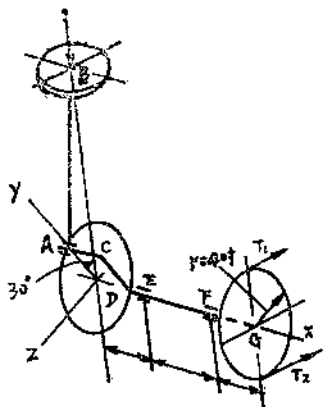


图1-1 皮带驱动的空气压缩机

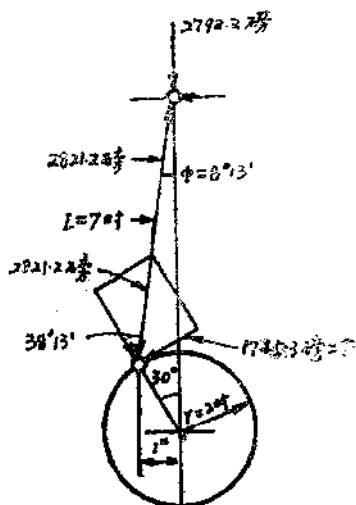


图1-2

答：参看图1-2求解。 $\sin\phi = 1/7 = 0.14286$ $\phi = 8^\circ 13'$

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

(式中 S_s 为剪应力)

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

$$\text{连杆上的力} = \frac{1,745.3}{\sin 38^\circ 13'} = 2,821.2 \text{ 磅}$$

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

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。

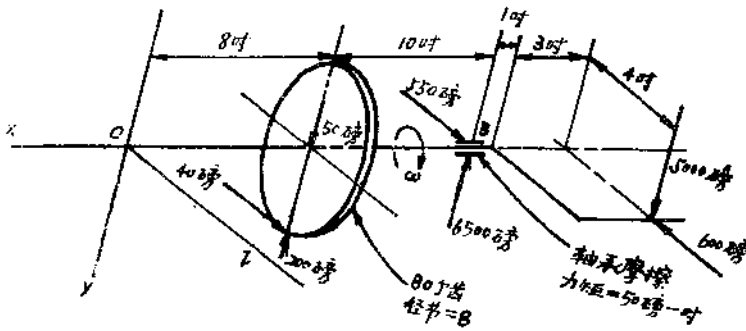


图1—3

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, 大拇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

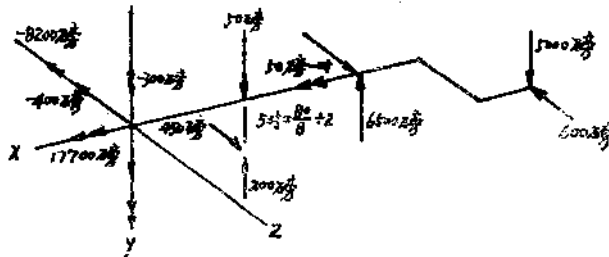


图1—4

$$\Sigma F = 0$$

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

$$R_x = 0$$

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

$$R_y = +1,650 \text{ 磅}$$

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

$$R_z = -400 \text{ 磅}$$

$$\Sigma M = 0$$

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

$$M_x = 17,700 \text{ 磅一吋}$$

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

$$M_y = -300 \text{ 磅一吋}$$

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

$$M_z = -8,200 \text{ 磅一吋}$$

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？

答：所产生的扭矩 = $63,000 \times \text{hp} / n = 63,000 \times 35 / 1,200 = 1,840$ 。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

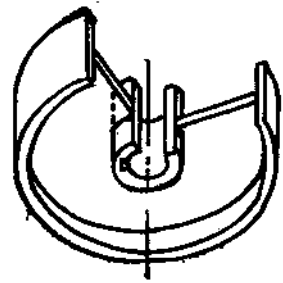


图1-5

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

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

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

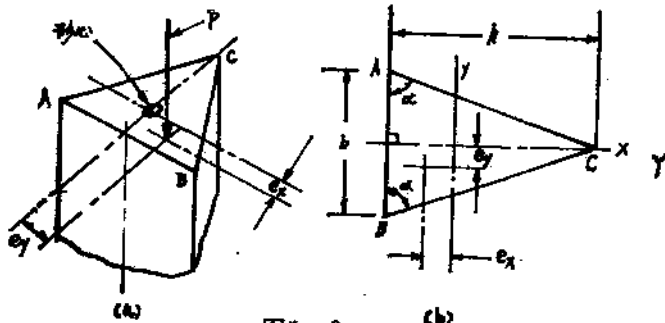


图1-6

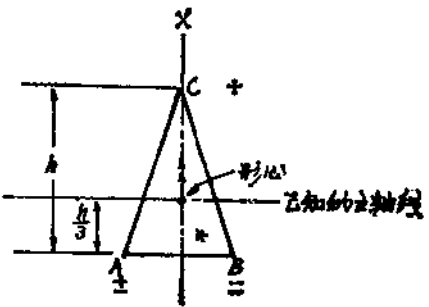


图1-7

(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

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

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

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

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

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

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

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)

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

(b) 据式(3)

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

据式(1)

$$e_y = \left(\frac{20,000}{42,000 + 0.25 + 0.375 + 0.97} \right)^{\frac{4}{3}}$$

$$e_y = 0.727 \text{吋}$$

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

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

$$\delta_s = \frac{P_w L}{AE} = \frac{WL_s}{AE} = \frac{8,000(50 \times 12)}{2 \times 12 \times 10^8} = 0.2 \text{吋}$$

由于冲击载荷而在钢丝绳内产生的应变能 u

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

根据钢丝绳的弹性特点

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

因此,

$$u_a = \frac{AE\delta_a}{2L}$$

发生故障时的动能

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

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

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

$$\text{重新整理, } \delta_a^2 = \frac{Wv^2L}{AEg}$$

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

$$\text{总伸长} = \delta_s + \delta_a = 0.2 + 1.366 = 1.566 \text{ 吋}$$

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

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

$$S = 4,000 + 27,300 = 31,300 \text{ 磅/平方吋}$$

(C) 振动频率 = f , 而 t (每次振动时间) = $1/f$ 。参看下一页图1-9。于是

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

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

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

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。

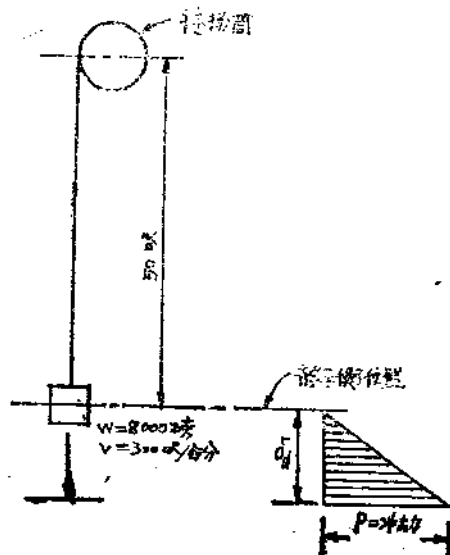


图1-8

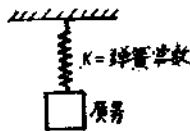


图1-9

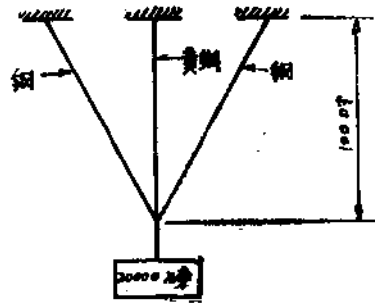


图1-10

答:

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

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

见图 1-11

垂直分力

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

对于黄铜:

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

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

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

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

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

(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。

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

由于加载使钢杆长的伸长

$$\delta_{\text{钢}} = (\delta_{\text{铜}} - 0.102) \times 0.86603 + 0.075056 = 0.86603\delta_{\text{铜}} - 0.013279$$

2 $(P_{\text{钢}})_{\text{直垂}} = 20,000P_{\text{铜}}$

在钢杆中的力

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



图1-11

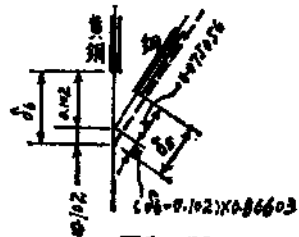


图1-12

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

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

$$0.000023094P_{\text{钢}} - 0.013278 = 0.177778 - 0.000008889P_{\text{钢}}$$

$$0.000031983P_{\text{钢}} = 0.191057$$

$$P_{\text{钢}} = 5,974 \text{磅}$$

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

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，

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

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

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



图1-13

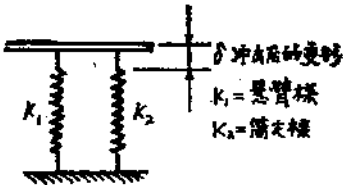


图1-14



图1-15

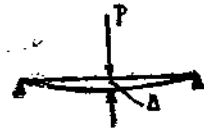


图1-16

只考虑简支梁时，如图1-16所示，

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

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

在位移为 δ 时贮存在梁内的应变能是

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

$$\text{重物的位能} = E = W_T = 30(0.5 + \delta)$$

能量守恒定理：

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

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

$$\delta = (30 \pm 100) / 300 = 0.43 \text{吋}$$

题1-8. 一台冲床每秒在3/4吋厚的钢板上冲一个一时直径的孔。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-一秒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

$$F = \pi d s t$$

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

假设在冲进钢板厚的一半时所需的力是

$$\text{能} = 1/2 \times 141,372 \times 0.75 \times 1/12 = 4,419 \approx 4,420 \text{ 呎磅}$$

因此, 冲压所需的马力的为

$$4,420 / (1 \times 550) = 8.04 \text{ 马力}$$

(b) 飞轮速度的变动可从下式求得

$$\left(\frac{I_0}{2}\right) (W_2 - W_1) (W_2 + W_1)$$

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 $= 2(150/60)(2\pi)$
 $= 2 \times 15.70 \text{ 弧度/秒}$

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

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:

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

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

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 $E_{\text{钢}} = 30 \times 10^6 \text{ 磅/平方吋}$, 且 $E_{\text{铝}} = 10 \times 10^6 \text{ 磅/平方吋}$ 。

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

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

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

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

从上式得 P 等于 6,430 磅

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

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

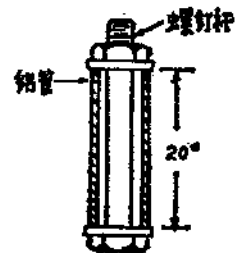


图1—17

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

$$A = P_t \frac{l}{S l \times E} = 20,000 \times \frac{40}{0.001 \times 30 \times 10^6} = 26.6 \text{ 平方吋}$$

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。

$$P_c = 20 \times 2,000 = 40,000 \text{ 磅}$$

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

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

因此求得 $d = 2.52$ 吋

注意, U_c 是极限抗压应力。

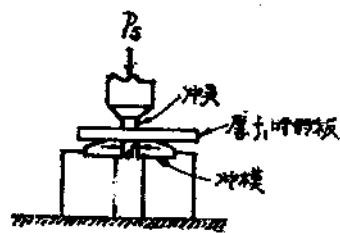


图2-1

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。

$$P_s = A \times U_s = \pi d t \times 50,000$$

$$= \pi \times 3/4 \times 3/8 \times 50,000 = 44,200 \text{ 磅}$$

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:

$$E_t = \frac{S_t}{SI} = \frac{15,000}{0.0005} = 30 \times 10^6 \text{磅/平方吋}$$

題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: $T = S_s Z_p = 7,000 \times \pi/16 \times 1 (7/16)^3 = 4,100 \text{吋—磅}$ 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
	$\frac{b^4}{6} = 0.1667 b^4$	$\frac{2}{9} b^3 = 0.222 b^3 = 0.08 d^3$
	$\frac{bh(b^2+h^2)}{12}$	$\frac{2}{9} b^2 h$
	$\pi d^4/32 = 0.098 d^4$	$\pi d^3/16 = 0.196 d^3$
	$\frac{\pi}{32} (d_o^4 - d_i^4) = 0.098 (d_o^4 - d_i^4)$	$\frac{\pi}{16} \left(\frac{d_o^3 - d_i^3}{d_o} \right) = 0.196 \left(\frac{d_o^3 - d_i^3}{d_o} \right)$
	$\frac{5\sqrt{3}}{8} S^4 = 1.0825 S^4 = 0.12 F^4$	$0.20 F^3$
	$\frac{\pi d_o^4}{32} - \frac{s^4}{6} = 0.098 d_o^4 - 0.1675 s^4$	$\frac{\pi d_o^3}{16} - \frac{s^3}{3 d_o} = 0.196 d_o^3 - 0.333 \frac{s^3}{d_o}$
	$\frac{\pi d_o^4}{32} - \frac{5\sqrt{3}}{8} s^4 = 0.098 d_o^4 - 1.0825 s^4$	$\frac{\pi d_o^3}{16} - \frac{5\sqrt{3}}{4} \frac{s^3}{d_o} = 0.196 d_o^3 - 2.165 \frac{s^3}{d_o}$
	$\frac{\sqrt{3}}{48} s^4 = 0.0365 s^4$	$\frac{s^3}{20} = 0.05 s^3$

題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—磅的旋转扭矩, 其极限应力为 50,000 磅

答: $T = S_s Z_p = 40,000$. 解出 S_s .

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

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

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

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, 由于马力的 $\frac{2 \pi NT}{33,000}$

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, 所需的制动力为

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

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

$$\text{扭矩} = S \cdot \frac{I_p}{C} = 60,000 = 3,000 \pi \frac{d_o^3}{16}$$

解出 d_o ，

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

$$d_o = 4.6 \text{吋}$$

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。

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

于是，由直接向这个公式中代入值，得到

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

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 $T = S \cdot Z_p$ 和关系式 $hp = 2 \pi NT / 33,000$ ，经重新整理，求 T

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

重新整理 $T = S \cdot Z_p$ 且解 d_o ，

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

由上式得 $d_o = 2.87$ 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

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

P 等于5,000磅，略去钢丝绳的重量及其切向力。最后，

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

题2—12。一根直径为 $1 \frac{1}{8}$ 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

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

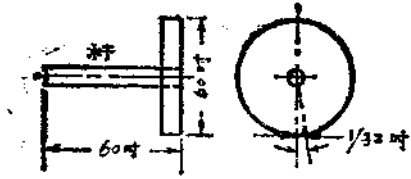


图2—2

$$= 316 + 2,700 = 3016 \text{ 吋-磅}$$

功率输出的扭矩为:

$$T = \frac{33,000 \times 15 \times 2}{2 \pi 400} = 2,360 \text{ 吋-磅}$$

由复合载荷引起的最大剪切应力:

$$S_s = \frac{16}{\pi (1^{1.5}/1.0)^3} \times \sqrt{3,016^2 + 2,360^2} = 3,240 \text{ 磅/平方吋}$$

由复合载荷引起的最大法向应力:

$$S_n = \frac{16}{\pi (1^{1.5}/1.0)^3} \times [3,016 + \sqrt{3,016^2 + 2,360^2}] = 5,800 \text{ 磅/平方吋}$$

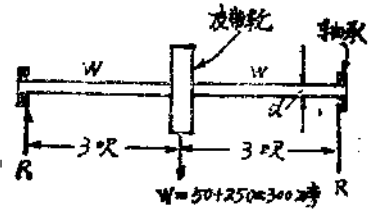


图 2-3

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 $T = (200 \times 12 \times 200) / 2 \pi 1,000 = 12,600 \text{ 吋-磅}$

(a)使用公式首先求出扭转剪切应力

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

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

$$d^3 = (16 \times 12,600) / (\pi \times 20,000) = 3.2 \quad \text{因而 } d = 1.475 \text{ 吋}$$

(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_a 。

$$\theta_a = T_a \frac{L_a}{G_s \times I_{p,a}} \quad \theta_b = T_b \frac{L_b}{G_s \times I_{p,b}}$$

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,

$$\text{由使两者的扭转角相等 } I_{p,a} = I_{p,b} \quad \text{即 } \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$$

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

$$S = 0.0000068 \times 100 \times 30 \times 10^6 = 20,400 \text{ 磅}$$

阻止膨胀的总力 $= 20,400 \times 2 \times 2 = 81,600 \text{ 磅}$

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。