

89-3

四川大学

2005 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

51

考试科目: 化机力学

科目代号: 883#

适用专业: 化工过程机械

(试题共 3 页)

(答案必须写在试卷上, 写在试题上不给分)

## 一、填空题 (每小题 8 分, 共 80 分)

1. 用无力矩理论分析回转薄壳的应力时, 壳体中的内力有\_\_\_\_; 采用该理论的条件是要求壳体、曲率和载荷\_\_\_\_; 按无力矩理论, 壳体的应力沿壁厚分布是\_\_\_\_, 该应力随载荷的增大而\_\_\_\_。

2. 分析筒体与封头连接边缘处的应力采用有力矩理论, 此时壳体中的内力有\_\_\_\_; 确定壳体连接边缘处的边缘力矩  $M_0$  和边缘横剪力  $Q_0$ , 需要利用\_\_\_\_方程; 边缘应力具有的特点是\_\_\_\_和\_\_\_\_。

3. 由筒体薄膜应力分析结果可知, 受气压  $P$  作用的筒体的经向应力  $\sigma_\varphi$  为周向应力  $\sigma_\theta$  的\_\_\_\_倍; 据此可断定, 筒体爆破时开裂的裂纹长度方向为\_\_\_\_; 筒体上开长圆形孔时, 孔的长轴方向为\_\_\_\_; 制造时应使钢板的长度方向与筒体轴线\_\_\_\_。

4. 受气体压力作用的椭球壳体, 当壳体长、短半轴的比值  $a/b=2$  时, 壳体的最大拉应力在\_\_\_\_处, 最大压应力在\_\_\_\_处, 二者的绝对值 (大小比较) \_\_\_\_; 当  $a/b>2$  时, 最大应力 (绝对值) 在\_\_\_\_处。

5. 受气压作用的锥形壳体, 壳体的经向应力  $\sigma_\varphi$  为周向应力  $\sigma_\theta$  的\_\_\_\_倍; 壳体任一点处的应力随锥体的半锥角增加而\_\_\_\_, 还随该点距锥顶处的距离的增加而\_\_\_\_, 锥顶处的应力为\_\_\_\_。

6. 判断筒体在以下情况时的经向应力  $\sigma_\varphi$  是否为零或常量。底部支承受气压  $P$  作用时,  $\sigma_\varphi$  为\_\_\_\_; 底部支承受液压作用时,  $\sigma_\varphi$  为\_\_\_\_; 以筒体轴线为回转轴高速回转时, 离心力引起的  $\sigma_\varphi$  为\_\_\_\_; 上部支承的筒体, 其自重引起的  $\sigma_\varphi$  为\_\_\_\_。

7. 厚壁圆筒受内压  $P_i=35\text{MPa}$ , 已知筒体外表面处的最大剪应力  $\tau_{\max}=46\text{MPa}$ , 按弹性分析可知, 筒体外表面处的周向应力为\_\_\_\_, 筒体内表面处的周向应



力\_\_\_\_, 筒体的轴向应力为\_\_\_\_, 筒体内表面处的最大剪应力为\_\_\_\_\_。

8. 厚壁圆筒产生温差应力的原因是\_\_\_\_; 内加热时最大拉应力在\_\_\_\_处, 最大压应力在\_\_\_\_处; 温差应力随材料的线膨胀系数增加而\_\_\_\_\_。

9. 按 Tresca 屈服条件 ( $\tau_{\max} = \sigma_s/2$ ) 得弹塑性筒体内压  $P_i$  与弹塑性界面处半径  $R_c$  的关系为

$$P_i = \sigma_s \left( 0.5 - \frac{R_c^2}{2R_0^2} + \ln \frac{R_c}{R_i} \right)$$

式中,  $\sigma_s$  为材料屈服极限,  $R_i$  为筒体内半径,  $R_0$  为筒体外半径。由此可得到筒体的初始屈服压力  $P_s$  为\_\_\_\_, 全屈服压力  $P_{s0}$  为\_\_\_\_; 如果采用 Mises 屈服条件, 则筒体的初始屈服压力  $P_s$  为\_\_\_\_, 全屈服压力  $P_{s0}$  为\_\_\_\_\_。

10. 受外压的圆筒体内直径  $D_i=1200$  mm, 壁厚  $t=8$  mm, 长度  $L=20$  m, 则该筒体为长圆筒, 该筒体临界压力  $P_{cr}$  与  $L/D_0$ \_\_\_\_关,  $P_{cr}$  与  $t/D_0$ \_\_\_\_关, 筒体变形的波数  $n$  为2。

二、(12 分) 受气压作用的球形容器平均半径为  $R$ , 壁厚为  $t$ , 气体压力为  $P$ 。试用材料力学的方法证明: 壳体上任一点处的径向应力  $\sigma_r$  和周向应力  $\sigma_\theta$  满足下列关系 (拉普拉斯方程)

$$\frac{\sigma_r}{R_1} + \frac{\sigma_\theta}{R_2} = \frac{P}{t}$$

式中,  $R_1$  和  $R_2$  分别为球壳的第一、第二曲率半径。

三、(20 分) 一充满液体介质的敞式容器如图 1 所示。筒体的平均直径为  $D$ , 高度为  $H$ , 壁厚为  $t$ ; 锥体半锥角为  $\alpha$ , 壁厚仍为  $t$ ; 介质密度为  $\rho$ 。求:

1. 筒体的最大径向应力  $\sigma_r$  和最大周向应力  $\sigma_\theta$  表达式;

2. 锥壳任一点  $C$  处 (设变量为  $y$ ) 的径向应力  $\sigma_r$  和周向应力  $\sigma_\theta$  表达式。

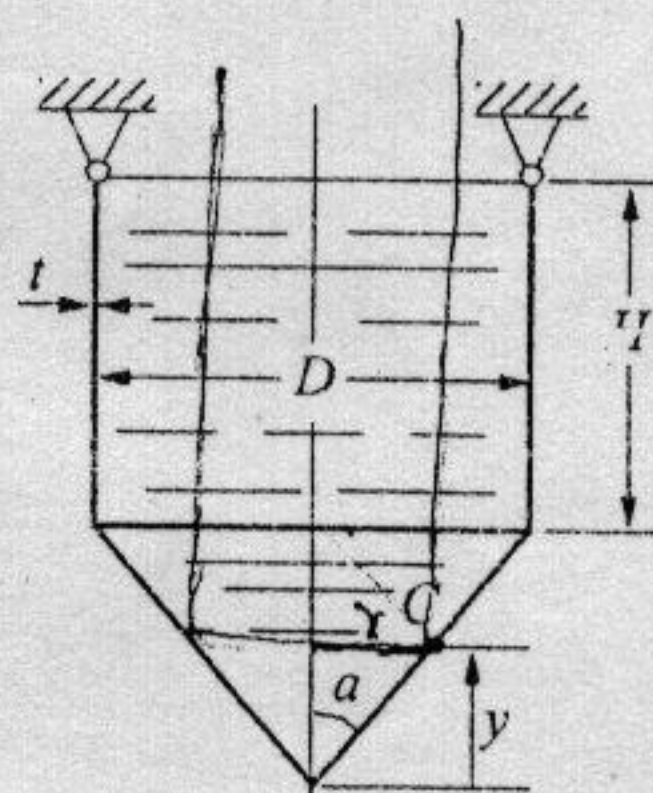


图 1

四、(13 分) 受横向外压作用的薄壁圆筒可分为长圆筒、短圆筒和刚性圆筒。刚性圆筒的刚度大, 受横向外压时的破坏在实质上并非失稳, 而是当应力达到材料



屈服强度 $\sigma_s$ 而失效。试确定区分短圆筒和刚性圆筒的判别关系式（以 $L/D_0$ 为判别参量）。

提示：短圆筒临界压力为

$$P_{cr} = \frac{2.60E(t/D_0)^{2.5}}{L/D_0}$$

式中， $E$ 为材料弹性模量， $L$ 为筒体长度， $t$ 为筒体壁厚， $D_0$ 为筒体外径。

五、（10分）一段蒸气管道两端刚性固定，管长为 $L$ ，管道安装温度为 $t_0$ ，工作温度为 $t_1$ ，且 $t_1 > t_0$ ；管道材料线膨胀系数为 $\alpha$ ，弹性模量为 $E$ 。试导出管道工作时其轴向温差应力的表达式（提示：管道的自由热膨胀量 $\Delta L = \alpha L \Delta t$ ）。

六、（15分）一回转薄壳如图2所示，母线是一条半径为 $R$ 圆弧，其圆心 $C$ 点到回转轴距离为 $a$ ，壳体壁厚为 $\delta$ ，壳体以匀角速度 $\omega$ 绕中心轴线高速转动。设材料弹性模量 $E$ 、密度 $\rho$ 、泊松比 $\mu$ 已知，试求壳体在离心力作用下任一点 $M$ 处的经向薄膜应力 $\sigma_\phi$ 、周向薄膜应力 $\sigma_\theta$ 和平行圆半径位移 $\Delta_r$ 的表达式。（提示： $M$ 点处壳体单位面积所受的离心力为 $\delta \rho r \omega^2$ ，并应用虎克定理）

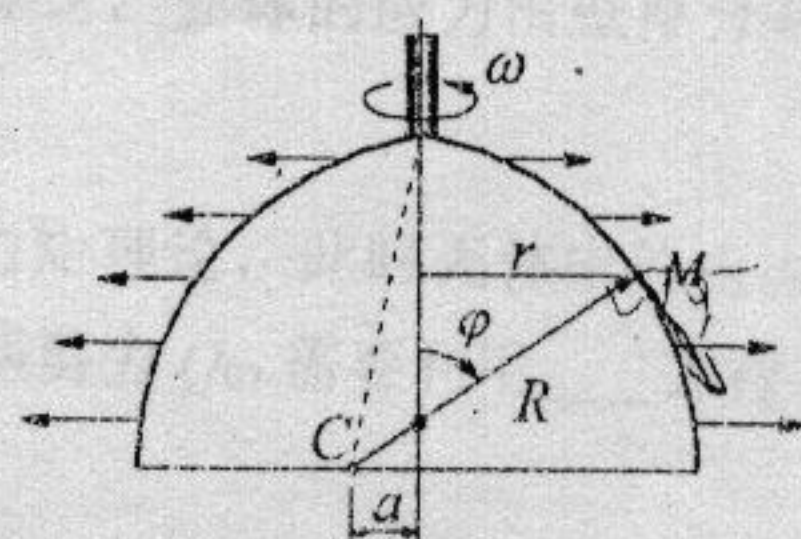


图2

$$F = \rho \omega^2 r^2$$