

论文输入输出实例

计算机科学与技术 专业

研究生 王哲

指导老师 蒋玉明

摘要

关键词：流体力学，计算机并行，平衡点

1 example

1.1 通用数据

表格 1.1 通用数据

变量	数值
管柱的长度 L	10000ft
空气中每单位长度管柱平均重量 w_s	6.5lbm/ft
内径 r_i	1.22in
外径 r_e	1.438in
外力 F	20000lbf
管柱内液体密度 ρ_i	15lbm/gal
环空内液体密度 ρ_e	7.31lbm/gal
管柱内加压 P_{is}	5000Psi
环空内加压 P_{es}	1000Psi
封隔器通径 r_p	3.25in
r_d	?

根据表 1.1 可得

$$A_e = \pi r_e^2 = 6.49 \text{sq in.}$$

$$A_i = \pi r_i^2 = 4.68 \text{sq in.}$$

$$A_s = A_e - A_i = 1.81 \text{sq in.}$$

$$A_p = \pi r_p^2 = 8.29 \text{sq in.}$$

表格 1.2 单位转换表

ft	m	1ft=0.3048m
in	mm	1in=25.4mm
ft	in	1ft=12in
lbm ¹	kg	1lbm=0.454kg
lbf	N	1lbf=4.45N
Mpa	Psi	1Mpa=145Psi
gal	cu ft.	1gal=0.1336808cu ft.
Psi	lbs/sq in.	1Psi=1lbs ² /sq in.

1.2 In the Absence of Fluid and Pressure

轴向应力公式:

$$\sigma_a = \frac{F + F_b - xW_s}{A_s} \quad (1.1)$$

¹ 英制重量单位，一般 lb 是表示力的单位--磅，也有时表示压力、质量，通用。为了区别起见，lbm 专门表示质量，lbf 专门表示力。

² lb 的复数是 lbs

径向应力公式:

$$\sigma_r = -\left[\frac{P'_i r_i^2 - P'_e r_e^2}{r_e^2 - r_i^2}\right] + \left[\frac{P'_i - P'_e}{r_e^2 - r_i^2}\right]\left[\frac{r_e^2 r_i^2}{r_d^2}\right] \quad (1.2)$$

轴向应力公式:

$$\sigma_t = -\left[\frac{P'_i r_i^2 - P'_e r_e^2}{r_e^2 - r_i^2}\right] - \left[\frac{P'_i - P'_e}{r_e^2 - r_i^2}\right]\left[\frac{r_e^2 r_i^2}{r_d^2}\right] \quad (1.3)$$

$$P'_i = P_{is} + \rho_i(L - x) \quad P'_e = P_{es} + \rho_e(L - x)$$

其中, F 为外力, F_b 为浮力, 它们的值都为 0, x 表示到低端的距离。所以, 位于顶部的点 $x=10000ft$, 得出 $\sigma_a = -35912Psi$, $\sigma_r = 0$, $\sigma_t = 0$ 位于底部的点 $x=0$, 得出 $\sigma_a = 0$, $\sigma_r = 0$, $\sigma_t = 0$ 。

中立点公式如下:

$$n = \frac{F}{W_s} \quad (1.4)$$

由于 F 为 0, 所以中立点为 0。

如果 $F=20000lbf$, 此时根据公式 (1.1)(1.2)(1.3), 可得顶端 $\sigma_a = -24862Psi$, $\sigma_r = 0$, $\sigma_t = 0$ 底端 $\sigma_a = 11049.7$, $\sigma_r = 0$, $\sigma_t = 0$ 。根据公式(1.4)可得, $n=3077ft$ 。

1.3 In Fluid Without Pressure

此时液体的密度 $\rho = 9.63lbm/gal$

$$n = \frac{F}{W_s - \rho A_s} \quad (1.5)$$

$$W = W_s - \rho A_s \quad (1.6)$$

$$F_b = \rho L A_s \quad (1.7)$$

根据上述公式可得 $W=5.595lbm/ft$, $F_b=9050lbf$, $F=0$,所以 $n=0$, 根据公式 (1.1)(1.2)(1.3), 可得在顶部 $x=10000ft$, $F=0$, $\sigma_a = -30912Psi$, $\sigma_r = 0$, $\sigma_t = 0$ 在底部 $x=0$, $F=0$, $\sigma_a = 5000Psi$, $\sigma_r = 5002.6Psi$, $\sigma_t = 5002.6Psi$ 。

如果 $F=20000lbf$, 此时根据公式 (1.1)(1.2)(1.3), 可得顶端 $\sigma_a = -19862Psi$, $\sigma_r = 0$, $\sigma_t = 0$ 底端 $\sigma_a = 16050Psi$, $\sigma_r = 5002.6Psi$, $\sigma_t = 5002.6Psi$ 。根据公式(1.4)可得, $n=3575ft$ 。

1.4 Sealed in a Packer With Fluid

$\rho_i = 15lbm/gal$, $\rho_e = 7.31lbm/gal$, $A_p = 8.29sq\ in$.

$$F_a = (A_p - A_i)P_i - (A_p - A_e)P_e \quad (1.8)$$

$$W = W_s + \rho_i A_i - \rho_e A_e \quad (1.9)$$

$$F_f = A_p(P_i - P_e) \quad (1.10)$$

公式(1.10)中 F_f 不是一种真正的力, 而是由可以通过公式(1.9)计算出单位长

度质量的虚拟单轴系统产生的机械力等效换算而来，Lubinski称之为虚力，且通过公式(1.10)表示。

$$P_i = P_{is} + \rho_i L \quad P_e = P_{es} + \rho_e L \quad (1.11)$$

$$n = \frac{F_f}{W} \quad (1.12)$$

$$\sigma_a = \frac{F_a - xW_s}{A_s} \quad (1.13)$$

如果管柱密封在一个封隔器中，允许管柱的摩擦运动，管柱的内部和外部存放不同的液体或者承受不同的压力。这种浓缩的力量需要一个更广义的方程来计算。这种力量是由Lubinski等人指出的，被称为实力并且用公式(1.8)来描述。 F_a 并不是浮力，而是由于压力产生的一种自下而上的实际存在的力。所以在公式(1.1)中用 F_a 来取代浮力计算轴向应力，变为公式(1.13)。公式(1.13)用来计算没有井底压力限制的封隔器—油管装置的轴向应力。

如果， $P_{is}=0$, $P_{es}=0$ 根据上述公式及公式(1.3)，可得， $w=7.681lbm/ft$, $p_i = 7792Psi$, $P_e = 3797Psi$, $P'_i = 7792Psi$, $P'_e = 3797Psi$, $F_a = 21256lbf$, $F_f = 33157lbf$, $n=4317ft$, 在顶端 $x=10000ft$, $\sigma_a=-24168Psi$, $\sigma_r = 0$, $\sigma_t = 0$, 在底端 $x=0$, $\sigma_a=11744Psi$, $\sigma_r = 5002.6Psi$, $\sigma_t = 5002.6Psi$ 。

如果 $P_{is}=5000Psi$, $P_{es}=1000Psi$ 。根据上述公式可得 $p_i = 12792Psi$, $P_e = 4797Psi$, $F_a = 32624lbf$, $F_f = 66277lbf$, $n=8630ft$, 在顶端 $x=10000ft$, $\sigma_a=-15127Psi$, 在底端 $x=0$, $\sigma_a=20787Psi$ 。

术语:

$\sigma_a = axial stress, psi (Pa)$ 轴向应力

$\sigma_r = radial stress, psi (Pa)$ 径向应力

$\sigma_t = tangential stress, psi (Pa)$ 切向应力

$F = externally applied force (positive if a compression), lbf (N)$ 施加的外力

$F_b = force of buoyancy, lbf (N)$ 浮力

$W_s = average weight in air of the tube per unit length, lbm/in. (g/mm)$ 空气中的每单位长度的管平均重量

$x = distance from the lower end, in. (mm)$ 到底端的距离

$A_s = cross-sectional area of the tubing wall, sq in. (mm^2)$ 管壁的横截面积

$P_e = pressure outside the tube at the lower end, psi (Pa)$ 管柱下端外压

$P_i = pressure inside the tube at the lower end, psi (Pa)$ 管柱下端内压

$P'_e = pressure outside the tube at the desired depth, psi (Pa)$ 管柱期望深度的外压

$P'_i = pressure inside the tube at the desired depth, psi (Pa)$ 管柱期望深度的内压

$A_p = area corresponding to packer bore ID, sq in. (mm^2)$

$A_i = area corresponding to tubing ID, sq in. (mm^2)$

$A_e = area corresponding to tubing OD, sq in. (mm^2)$

$F_f = fictitious force in presence of no restraint in the packer, lbf$

$F_a = actually existing pressure force at the lower end of the tubing subjected to no restraint in the packer, lbf$

P_{is} =surface tubing pressure, Psi

P_{es} =surface annulus pressure, Psi

参考文献

[1]DJ Hammerlindl. Basic Fluid and Pressure Forces on Oilwell Tubulars. Journal of Petroleum Technology, 1980, 32(1):153-159

附录

1 公式单位批注

公式(1.1)中 F 和 F_b 单位为 lbf , x 单位为 ft , W_s 单位为 lbm/ft , A_s 的单位应为 $sq\ in$.

公式(1.4)的单位为 lbf , W_s 的单位为 lbm/ft .

公式(1.5)、(1.6)与(1.7)中, F 和 F_b 单位为 lbf , W_s 单位为 lbm/ft , ρ 的单位应该由 lbm/gal 转化为 $lbm/cu\ ft$, A_s 的单位应由 $sq\ in$ 转化为 $sq\ ft$.

公式(1.8), (1.10)中, A_p 、 A_i 、 A_e 的单位为 $sq\ in$. P_i 、 P_e 的单位为 Psi .

公式(1.9)中, W_s 的单位为 lbm/ft , ρ_i 和 ρ_e 的单位应该由 lbm/gal 转化为 $lbm/cu\ ft$, A_i 、 A_e 的单位由 $sq\ in$ 转化为 $sq\ ft$.

公式(1.11)中, P_{is} 和 P_{es} 的单位为 Psi , ρ_i 和 ρ_e 的单位应该由 lbm/gal 转化为 $lbm/cu\ in$. L 的单位应该由 ft 转化为 in .