

化 工 原 理

研 究 生 入 学 试 题 选 解

邓 传 芸 编

合 肥 工 业 大 学 学 报 丛 书

前 言

化工原理是化工类专业的主要技术基础课。为了帮助青年学习化工原理，掌握和运用正确的解题方法，准备应考研究生，我们编写了《化工原理研究生入学试题选解》。本书是根据部分化工原理教学大纲和教学重点的要求，参考近几年全国有关高等院校研究生入学试题编写的。着重选解了有关基础知识和基本运算能力方面的试题，同时也选解了一些综合性的、具有启发性的、难度较大的试题。全书共一百四十个题解。本书也可供有关部门科研设计人员、工厂的工程技术人员、大专院校学生以及自学青年学习参考，对化工原理的教学也有一定参考价值。

本书承蒙我校化工系张玉田、宋廷凯、孔荣贵等同志的鼓励和帮助，特此致谢。

因时间仓促，水平所限，难免有缺点和错误之处，希读者批评指正。

编 者

目 录

一、流体力学基础和输送机械·····	(1)
二、气液相非均一系的分离·····	(74)
三、传热过程·····	(77)
四、气体吸收·····	(118)
五、液体蒸馏·····	(149)
六、液液萃取·····	(168)
七、固体干燥·····	(175)

一、流体力学基础和输送机械

(一)、将 $1500 \text{ [Kgf} \cdot \text{m/s]}$ 换算为马力和功率 $[\text{Kw}]$ (千瓦)。

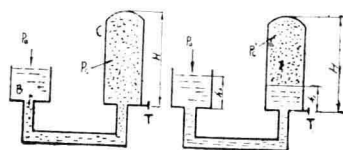
解: $\because 1 \text{ 马力} = 75[\text{Kgf} \cdot \text{m/s}]$

$$\therefore \frac{1500}{75} = 20[\text{马力}]$$

又 $\because 1 [\text{KW}] = 102[\text{Kgf} \cdot \text{m/s}]$

$$\therefore \frac{1500}{102} = 14.7[\text{Kw}](\text{千瓦})。$$

(二)、如图1示, 一敞口容器B内盛有重度为 γ 的液体, 通过一伐门T和C管相连, C管的高度为H, 上端封闭, 今使伐门T开启后, C管中充满压力为 P_c 的气体(图a), 而当伐门开启后, 容器B中的液体即可冲入C管, 上升的液面高度为 h_1 , 此时容器B中的液面高度为 h_2 (图b), 试求 h_1 和 h_2 之间的关系式(等温)。



(a) (b)

图 1

解:

当伐门开启后, 管中气体压力为 P_c'

因为等温过程, $\therefore P_c V_c = P_c' V_c' \dots\dots\dots(1)$

由静力学方程知: $P_1 = P_2$

$$\text{即 } P_a + h_2 \gamma = P_c' + h_1 \gamma$$

$$\therefore h_2 - h_1 = \frac{P_c' - P_a}{\gamma} \dots\dots\dots (2)$$

由(1)知: $P_c H = P_c' (H - h_1)$ 则 $P_c' = \frac{P_c H}{H - h_1}$ 代入(2)

得:

$$h_2 = h_1 + \frac{P_c H}{(H - h_1) \gamma} - \frac{P_a}{\gamma}$$

(三)、图2示是测量海深的仪器，仪器上部充满了水，其容积为1000 [厘米³]，下部充满了水银，当该仪器在海中沉下时，海水经管道将水银部分挤到上室中，已知海水平均重度为1020 [Kgf/m³]，若当仪器放到海底后，进入上室的水银为350克，试求海深为若干 [米]？

(提示：这里须考虑水的压缩性，水的体积压缩系数，即每增加1 [Kgf/Cm²]压强时，水的体积的相对变化量，

$\beta_P = \frac{\Delta V}{\Delta P V} = \frac{1}{20000}$ [cm²/kgf]，其水银Hg的压缩性可略去)。

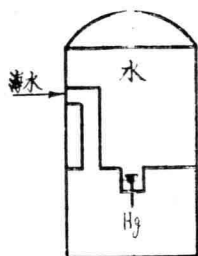


图 2

解：海底所受的压力：

$$\frac{P_a + H \gamma_{\text{海水}}}{10^4} \text{ [kgf/cm}^2 \text{]}$$

$\therefore$ 水在该压力下，其体积缩小为：

$$\frac{P_a + H \gamma_{\text{海水}}}{20000 \times 10^4} \times 1 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

350 克水银占的体积为：

$$\frac{0.35}{\gamma_{\text{Hg}}} \times 1000 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

$$\text{故 } \frac{P_a + H\gamma_{\text{海水}}}{20000 \times 10^4} [\text{cm}^3] = \frac{0.35}{\gamma_{\text{Hg}}} \times 1000 [\text{cm}^3]$$

$$\begin{aligned} \therefore H &= \frac{2 \times 10^8 \times 0.35 \times 10^3 - P_a \times \gamma_{\text{Hg}}}{\gamma_{\text{海水}} \cdot \gamma_{\text{Hg}}} \\ &= \frac{700 \times 10^8 - 10^4 \times 13600}{1020 \times 13600} = 5050 [\text{m}] (\text{海深}). \end{aligned}$$

(四)、有一只底面积为 8×20 [米] 的平底渡船浮于河水中，船上有辆载重汽车，重量为 14 [吨]，平底船自重为 50 [吨]，求该船的排水量和吃水深度各为多少？

解：排水量 $= 50 + 14 = 64$ [吨] $= 64 [\text{m}^3]$

平底船的淹没体积 $= 8 \times 20 \times h [\text{m}^3]$

水的重度 $\gamma = 1000 [\text{kgf}/\text{m}^3] = 1$ [吨/ m^3]

该船所受的浮力 $= 1$ [吨/ m^3] $\times 8 \times 20 \times h$

浮力和载荷量相等：

即： $1 \times 8 \times 20 \times h = 64$ [吨]

$$\text{故吃水深度 } h = \frac{64}{8 \times 20} = 0.4 [\text{m}].$$

(五)、用一个具有分支交叉的 u 形管作为燃料箱的液面指示器，u 形管内装有重度为 γ_1 的燃料液体，指示液重度为 γ_2 ：

1) 建立以箱内充满时为起始位置而计起的箱内液面降落 h_1 和管内液面降落 h_2 之间的关系式。

2) 当长度为什么样的比例关系时，在铅垂平面内系统的倾斜将不影响到管内液面降落的数值。

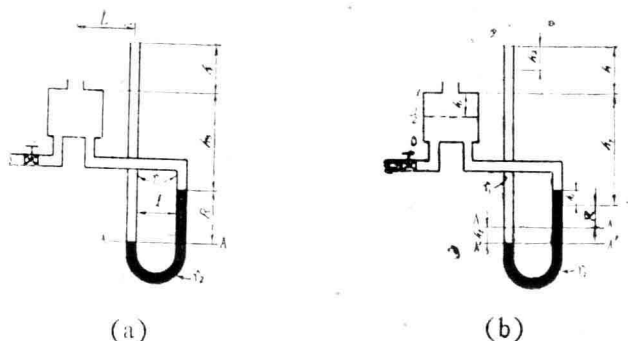


图 3

解: 1) 起始以A—A截面为平衡面:

$$P_{A\text{左}} = h\gamma_1 + h_3\gamma_1 + R\gamma_1$$

$$P_{A\text{右}} = h_3\gamma_1 + R\gamma_2$$

由静力学基本方程得: $P_{A\text{左}} = P_{A\text{右}}$ (表压)

$$\therefore h = \frac{R(\gamma_2 - \gamma_1)}{\gamma_1} \dots\dots\dots (A)$$

当燃料箱内液体降落 h_1 , 其指示液要上升 h_2 , 故u形管的左支的液体 γ_1 要下降 h_2 (u形管直径均等), 到达A'—A'截面平衡。

$$P_{A'\text{左}} = (h - h_2)\gamma_1 + h_3\gamma_1 + (R + h_2)\gamma_1$$

$$P_{A'\text{右}} = (h_3 - h_1 - h_2)\gamma_1 + (R + 2h_2)\gamma_2$$

平衡时: $P_{A'\text{左}} = P_{A'\text{右}}$ (表压)

$$\text{即 } (h - h_2)\gamma_1 + h_3\gamma_1 + (R + h_2)\gamma_1 = (h_3 - h_1 - h_2)\gamma_1 + (R + 2h_2)\gamma_2$$

$$\text{整理得: } h\gamma_1 + h_1\gamma_1 + h_2\gamma_1 - 2h_2\gamma_2 = R(\gamma_2 - \gamma_1) \dots\dots (B)$$

将(A)代入(B)得:

$$h_2 = \frac{\gamma_1}{2\gamma_2 - \gamma_1} h_1.$$

2) 假定系统倾斜时, 燃料液的自由表面不和箱底和箱顶相抵。

在未倾斜时, u 形管内的液面比燃料箱内的液面高 h , 故指示液上升高为 R ;

$$h = \frac{R (\gamma_2 - \gamma_1)}{\gamma_1} \dots\dots\dots (A')$$

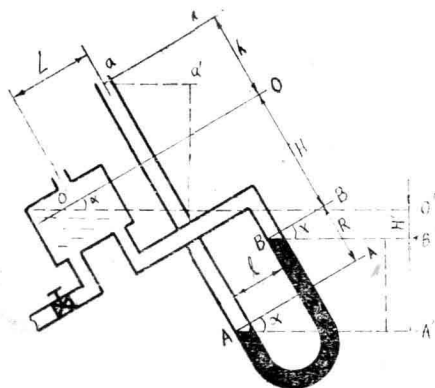


图 4

倾斜后 (在铅垂平面内) 将不影响管内液面降落的数值, 使倾斜 (与平面相比) 成 α 角。则 $a-a'$ 与 $o-o'$ 二平面间的距离为:

$L \sin \alpha + h \cos \alpha$ 造成的压力为 $(L \sin \alpha + h \cos \alpha) \gamma_1$, $B-B'$ 与 $A-A'$ 二平面间的距离为:

$$L \sin \alpha + R \cos \alpha$$

造成的压力为:

$$(L \sin \alpha + R \cos \alpha) \gamma_1$$

$$\therefore (L \sin \alpha + h \cos \alpha) \gamma_1 + (l \sin \alpha + R \cos \alpha) \gamma_1 \\ = (l \sin \alpha + R \cos \alpha) \gamma_2$$

整理得:

$$\gamma_1 L \sin \alpha + \gamma_1 h \cos \alpha = l \sin \alpha (\gamma_2 - \gamma_1) + R \cos \alpha (\gamma_2 - \gamma_1) \cdots (B')$$

将 (A') 代入 (B') 得:

$$\gamma_1 L \sin \alpha = l \sin \alpha (\gamma_2 - \gamma_1)$$

$$\therefore l = \frac{L \gamma_1}{\gamma_2 - \gamma_1} = L / \left(\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right).$$

(六)、如图 5 示两个容器与一水银衡压计用橡皮管相连接, 此二容器中均充满水, 设在衡压计中指示液读数为 650 [mmHg], 试求:

1) 二容器的压力差为多少?

2) 如果将二容器放置改为图 b 位置, 此时的压力差和读数有何改变? 为什么?

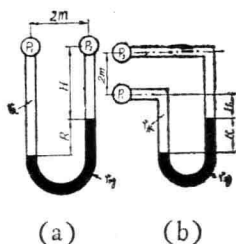


图 5

解: 1) $P_1' = P_1 + (P + H) \gamma_{H_2O}$

$$P_2' = P_2 + H \gamma_{H_2O} + R \gamma_{Hg}$$

平衡时: $P_1' = P_2'$

$$\therefore P_1 - P_2 = R \gamma_{Hg} + H \gamma_{H_2O} - R \gamma_{H_2O} - H \gamma_{H_2O}$$

$$= R (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}) = 0.65 (13600 - 1000)$$

$$= 8190 [\text{Kgf/m}^2] = 8190 [\text{mmH}_2\text{O}].$$

2) $P_1'' = P_1 + (H' + R') \gamma_{H_2O}$

$$P_2'' = P_2 + R' \gamma_{Hg} + H' \gamma_{H_2O} + 2 \gamma_{H_2O}$$

$$P_1'' = P_2''$$

$$P_1 - P_2 = R' (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}) + 2 \gamma_{H_2O}$$

$$\therefore R' = \frac{P_1 - P_2 - 2 \gamma_{H_2O}}{\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}} = \frac{8190 - 2 \times 1000}{13600 - 1000}$$

$$=0.49[\text{m}]=490[\text{mmH}_2\text{O}]$$

衡压计由图 a 变换到图 b 时, 其压强差是不变化的, 因系统条件未改变, 但读数却由 R 变到 R' ($R > R'$), 是 u 形压差计两边的水柱高度的改变引起读数的变化。

(七)、某石油厂常压精馏塔顶蒸汽, 经冷凝后得到汽油和水的混合物, 在油水分离器中利用重度差进行分离, 各部尺寸如图 6 示。试求:

1) 汽油、水分界面到汽油出口的距离, 汽油比重 $=0.72$ 。

2) 为什么排水的倒 u 形管上部有一通大气的管?

3) 油水分离器高于倒 u 形管顶部 10 米时, 会产生什么现象?

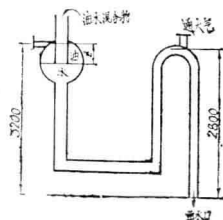


图 6

解: 1) 据流体静力学方程得:

$$(3.2 - Z)\gamma_{\text{H}_2\text{O}} + Z\gamma_{\text{油}} = 2.8\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\therefore Z = \frac{(3.2 - 2.8)\gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}} - \gamma_{\text{油}}} = \frac{0.4 \times 1000}{280} = 1.43[\text{m}]$$

2) 从倒 u 形管上部开出气孔, 是防止虹吸现象产生, 即防止把油水分离器中的流体抽完, 有个通大气孔时, 就破坏虹吸现象产生, 保持油水分离器中有一定的液面 (不低于倒 u 形管顶部距离)。

3) 油水分离器高于倒 u 形管顶部 10 米时, 则油水分离器中的位压头大于外界大气压, 使得油水从大气孔和水出口处一齐流出, 故倒 u 形管的高度要有一定高度, 保证只流出水而不流出油。

(八)、根据微差压强计的读数, 试决定容器 A 处之真空度。该压强计中盛有水及油 ($\gamma_{\text{油}} = 920[\text{Kgf/m}^3]$), 读数 $R = 300$

[mmH₂O]扩大室内径为40[mm]，管内径为4[mm]。

解：二扩大室的液面差为h

$$\therefore h \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} d^2 R$$

$$\text{故 } h = \frac{d^2 R}{D^2} = \frac{(0.004)^2 \times 0.3}{(0.04)^2}$$

$$= 0.003[\text{m}] = 3[\text{mm}]$$

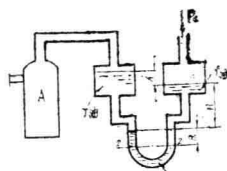


图 7

微差计的右边压强 P_1 为：

$$P_1 = P_a + RY_{\text{油}} + HY_{\text{油}}$$

微差计的左边压强 P_2 为：

$$P_2 = (P_a - P_A) + RY_{\text{H}_2\text{O}} + 0.003Y_{\text{油}} + HY_{\text{油}}$$

$$P_1 = P_2 \text{ 时:}$$

$$\therefore RY_{\text{油}} = RY_{\text{H}_2\text{O}} + 0.003Y_{\text{油}} - P_A$$

$$\text{真空度 } P_A = RY_{\text{H}_2\text{O}} - RY_{\text{油}} + 0.003Y_{\text{油}}$$

$$= 0.3 \times 1000 - 0.297 \times 920$$

$$= 26.76[\text{Kgf/m}^2] = 26.76[\text{mmH}_2\text{O}]$$

$$= 26.76[\text{mmH}_2\text{O}] \times \left(\frac{1 \text{ mmHg}}{13.6 \text{ mmH}_2\text{O}} \right)$$

$$= 1.96[\text{mmHg}]$$

(九)、水以2.5(米/秒)的流速流经 $\phi 38 \times 2.5\text{m/m}$ 的水平管，此管以异径管与另一 $\phi 53 \times 3\text{m/m}$ 的水平管联接，在异径管两旁相距1(米)的A、B两处各插入一垂直玻璃管，在A、B两截面间水的损失压头为35[mmH₂O]，问在二玻璃管中的水面那一个高？相差多少？

解：以测压管的点A、B为两截面列柏努利方程：

$$Z_A = Z_B = 0$$

$$d_A = 33[\text{mm}]$$

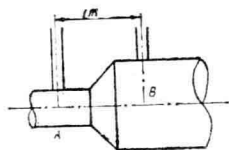


图 8

$$d_B = 47 [\text{mm}]$$

$$u_B = \frac{d_A^2}{d_B^2} u_A = \frac{(0.033)^2}{(0.047)^2} \times$$

$$\times 2.5 = 1.23 [\text{m/s}]$$

$$\therefore \sum h_{A-B} = 35 [\text{mmH}_2\text{O}]$$

$$= 0.035 [\text{m}]$$

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{u_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{u_B^2}{2g} + \sum h_{A-B}$$

$$\frac{P_A - P_B}{\gamma} = \frac{u_B^2 - u_A^2}{2g} + \sum h_{A-B} = \frac{(1.23)^2 - (2.5)^2}{2 \times 9.81} +$$

$$+ 0.035 = -0.244 + 0.035 = -0.209 [\text{m}] = -209 [\text{mmH}_2\text{O}]$$

$$\therefore \frac{P_A - P_B}{\gamma} = -209$$

$$\text{故 } \frac{P_A}{\gamma} + 0.209 = \frac{P_B}{\gamma}$$

因此B管中的水面比A管中液面高,并且相差209[mmH₂O]•

(+)、某气体在 $\phi 76 \times 3 \text{ m/m}$, 压力为 1 大气压的管内输送, 流速为 10[m/s], 若气体的流速及重量流量皆保持不变而与 5 个大气压输送, 问此时管径应为多少?

$$\text{解: } W_1 = W_2, \quad u_1 = u_2, \quad T_1 = T_2$$

$$\therefore \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{5}$$

$$A_1 \gamma_1 = A_2 \gamma_2, \quad \text{即 } \gamma_1 d_1^2 = \gamma_2 d_2^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{1}{5}$$

$$\therefore d_2 = \sqrt{\frac{P_1}{P_2} (70)^2} = \sqrt{\frac{1}{5} \times 4900} = 31.3 [\text{mm}].$$

(十一)、有一输水系统如图9示, 出水口处管直径为 $\phi 48 \times 2 \text{ mm}$, 已知 $\sum h_f = 3.2 \frac{u^2}{2g}$ (u 系指出口处的水流速度), 求水的流量。又欲使水的流量增加20%, 应将水箱的水面升高多少米?

解: $d_{\text{内}} = 44 \text{ mm}$, 取出水口处 2—2 截面处为基准面, 从 1—1 到 2—2 截面间列柏努利方程:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum h_f,$$

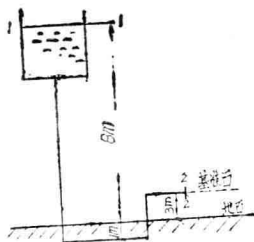


图 9

$$Z_1 - Z_2 = Z_1 - 0 = 8 - 3 = 5, \quad P_1 = P_2 = 0$$

$$\therefore Z_1 = 5 = \frac{u_2^2}{2g} + 3.2 \frac{u_2^2}{2g} = (1 + 3.2) \frac{u_2^2}{2g}$$

$$\therefore u_2 = \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 5}{4.2}} = 4.83 [\text{m/s}]$$

$$\begin{aligned} \text{体积流量 } V_{\text{秒}} &= u_2 A_2 = 4.83 \times 0.785 \times (0.04)^2 \\ &= 6.07 \times 10^{-3} [\text{m}^3/\text{s}] \end{aligned}$$

重量流量 $W_{\text{秒}} = V_{\text{秒}} \gamma = 6.07 \times 10^{-3} \times 1000 = 6.07 [\text{Kg}/\text{s}]$,
若流量增加20%时, 管径不变, 则流速应增加20%。

$$\frac{V}{V_{\text{增}}} = \frac{A u}{A u_{\text{增}}} \quad \therefore u_{\text{增}} = 1.2 u = 5.8 [\text{m/s}]$$

$$Z_{\text{增}} = \frac{u_{\text{增}}^2}{2g} (1 + 3.2) = \frac{(5.8)^2}{2 \times 9.81} \times 4.2 = 7.2 [\text{m}]$$

流量增加20%时, 水箱水面要升高 $7.2 - 5 = 2.2 [\text{m}]$,
故增加20%流量时, 水箱距地面 $2.2 + 8 = 10.2 [\text{m}]$ 。

(十二)、某油矿用 $\phi 300 \times 15 \text{ m/m}$ 的钢管来输送原油至炼油厂，管路总长度为 160 公里，送油量为 300 (吨/小时)，油管许可承受的最大压强为 $60 (\text{Kg f/cm}^2)$ (表压)，油在 50°C 的温度下进行输送，此时油的粘度为 187 [厘泊]，重度为 890 $[\text{Kg f/m}^3]$ (假定油管水平放置，且局部阻力略而不计)。试求中途须要几个加压站？

解①：管内径 $D = 300 - 15 \times 2 = 270 \text{ m/m}$

$$\text{重量流量 } W = 300 \text{ 吨} / 3600 = \frac{1000}{12} [\text{Kg f/s}]$$

$$\text{密度 } \rho = \frac{890}{9.81} [\text{Kg f} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4]$$

$$\text{面积 } A = 0.785 D^2 = 0.785 (0.27)^2 = 0.0572 [\text{m}^2]$$

$$\text{流速 } u = \frac{W}{A \gamma} = \frac{1000/12}{0.0572 \times 890} = 1.635 [\text{m/s}]$$

$$\text{Re} = \frac{D u \gamma}{Z} \times 10^3 = \frac{0.27 \times 1.635}{187} \times 10^3 \times 890 = 2100$$

油在管中流动是层流。

$$\text{故 } \lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{2100} = 0.0305$$

$$\begin{aligned} \therefore \sum h_f &= \lambda \frac{l}{d} \times \frac{u^2}{2g} = 0.0305 \times \frac{160 \times 10^3}{0.27} \times \frac{(1.635)^2}{2 \times 9.81} \\ &= 2465.1 [\text{m}] \end{aligned}$$

$$\Delta P = \gamma \sum h_f = 890 \times 2465.1 = 2.194 \times 10^6 [\text{Kg f/m}^2]$$

$$\therefore \frac{\Delta P}{60 \times 10^4} = \frac{2.194 \times 10^6}{60 \times 10^4} = 3.67 \div 4 (\text{个})$$

因此中途设 3 个加压站，开始设一个加压站。

解②： ∵ 是层流

$$\therefore \Delta P = \frac{32\mu l u}{d^2} \quad \text{故 } l = \frac{[\Delta P] d^2}{32\mu u}$$

$$[\Delta P] = 60 [\text{Kgf/cm}^2] (\text{表压}) = 61 \times 10^4 [\text{Kgf/m}^2] (\text{绝压})$$

$$l = \frac{61 \times 10^4 \times (0.27)^2}{32 \times \frac{187}{9810} \times 1.635} = 44587.9 [\text{m}]$$

$$[l] = 160 \times 10^3 [\text{m}]$$

$$\therefore n = \frac{[l]}{l} = \frac{160 \times 10^3}{44587.9} = 3.588 \div 4 (\text{个})$$

$$\text{解③: } \Delta P = \frac{32 l \mu u}{d^2} = \frac{32 \times 160 \times 10^3 \times \frac{187}{9810} \times 1.635}{(0.27)^2}$$

$$= 2.189 \times 10^6 [\text{Kgf/m}^2]$$

$$\therefore \frac{\Delta P}{61 \times 10^4} = 3.588 \div 4 (\text{个})$$

(十三)、某工厂输送重油流量为 40 [吨/时]，从油库送至车间高位槽，升扬高度为 20 [m]，输油管总长度(包括直管长度和局部阻力的当量长度，但管路的进出口损失另行考虑)为 450 [m]，管径为 $\phi 108 \times 4 \text{ mm}$ 。问输送 20℃ 的冷油或预热到 50℃ 再送，此二方案中那一方案比较好。试比较其功率消耗(该泵的效率为 0.6)。已知冷油比重 = 0.96、粘度 3430 [厘泊]，热油的比重 = 0.89，粘度 187 [厘泊]。

假设每千瓦小时的电能价值 0.12 元，每吨 1.2 [绝对压] 的废热蒸汽价值 0.50 元、问用废热蒸汽将油加热到 50℃ 后再输送，比 20℃ 时输送的经济效果。油的比热为 0.4 [千卡/公斤·℃]。

解①：

确定20℃油的流动类型，并算出轴功率：

$$\text{流速 } u = \frac{W}{A\gamma} = \frac{40 \times 1000}{3600 \times (0.1)^2 \times 0.785 \times 960} \\ = 1.474 [\text{m/s}]$$

$$\text{Re} = \frac{du\gamma}{Z} \times 10^3 = \frac{0.1 \times 1.474 \times 960}{3430} \times 10^3 = 41.3$$

$$\therefore \lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{41.3} = 1.55$$

$$H_e = Z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + \sum h_f = 20 + \frac{(1.474)^2}{2 \times 9.81} (1.55 \times \frac{450}{0.1} + \\ + 0.5 + 1 + 1) = 793.46 [\text{m油柱}]$$

$$\text{泵的轴功率 } N_e = \frac{WH_e}{3600 \times 102 \times \eta} = \frac{40 \times 1000 \times 793.46}{3600 \times 102 \times 0.6} \\ = 144.06 [\text{Kw}]$$

50℃油的输送功率为：

$$\text{流速 } u = \frac{W}{A\gamma} = \frac{40 \times 1000}{3600 \times 0.785 \times (0.1)^2 \times 890} = 1.59 [\text{m/s}]$$

$$\text{Re} = \frac{du\gamma}{Z} \times 10^3 = \frac{0.1 \times 1.59 \times 890}{187} \times 10^3$$

$$= 756.74 (\text{层流})$$

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{756.74} = 0.0846$$

$$H_e = 20 + \frac{(1.59)^2}{2 \times 9.81} (0.0846 \times \frac{450}{0.10} + 0.5 + 1 + 1) \\ = 69.43 [\text{m油柱}]$$

$$\therefore N_e = \frac{W H_e}{3600 \times 102 \times \eta} = \frac{40 \times 1000 \times 69.43}{3600 \times 102 \times 0.6} \\ = 12.61 [\text{Kw}]$$

解②:

(1) 计算摩擦引起的压力降 $\Delta P_{\text{摩}}$:

20℃油:

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{摩}} &= \frac{32 \times (450 + 20) \times 1.474 \times 3430}{(0.1)^2 \times 9810} \\ &= 7.75 \times 10^5 [\text{Kgf/m}^2]\end{aligned}$$

50℃油:

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{摩}} &= \frac{32 \times (450 + 20) \times 1.59 \times 187}{(0.1)^2 \times 9810} \\ &= 4.56 \times 10^4 [\text{Kgf/m}^2]\end{aligned}$$

(2) 重油提升20[m]时须要的压力降 $\Delta P_{\text{升}}$:

$$20^\circ\text{C时: } \Delta P_{\text{升}} = 20 \times 960 = 1.92 \times 10^4 [\text{Kgf/m}^2]$$

$$50^\circ\text{C时: } \Delta P_{\text{升}} = 20 \times 890 = 1.78 \times 10^4 [\text{Kgf/m}^2]$$

(3) 计算泵的轴功率:

$$\begin{aligned}20^\circ\text{C油时: } N_e &= \frac{W(7.75 \times 10^5 + 1.92 \times 10^4) \times 10^3}{3600 \times 102 \times 0.6 \times 960} \\ &= \frac{40 \times 10^3 \times 794200}{3600 \times 102 \times 0.6 \times 960} = 150.2 [\text{KW}]\end{aligned}$$

50℃油时:

$$\begin{aligned}N_e &= \frac{40 \times 10^3 \times (4.56 \times 10^4 + 1.78 \times 10^4)}{3600 \times 102 \times 0.6 \times 890} \\ &= 12.93 [\text{KW}].\end{aligned}$$

从上述两种解法结果, 可作经济比较:

20℃油所用输送费用:

$$150.2 \times 0.12 = 18.03 \text{元}$$

50℃油所用输送费用: $12.93 \times 0.12 = 1.55 \text{元}$