

中国石油大学华东 2002 年研究生入学考试考题

油气储运专业综合考试

一.判断题（每题 1 分，共 20 分）

- 1、民用油库铁路作业线应当采用通过式。（ ）
- 2、油库中将同样条件下保温管路的热损失与不保温管路的热损失之比定义为热损失率。考虑到节省保温材料、提高保温效果、确保保温管路工况稳定，热损失率取值越小越好。（ ）
- 3、安装呼吸阀挡板降低蒸发损耗的机理在于：呼吸阀挡板可以阻止或减少向罐外排出的混合气体的体积。（ ）
- 4、铁路装卸油鹤管数仅取决于一次到库的最大油罐车数。（ ）
- 5、与原油相比，汽油挥发性很强，汽油罐着火后火势大，因而采用低倍数空气泡沫扑救时，由于泡沫中含有大量水，汽油罐更加容易出现沸溢、喷溅。（ ）
- 6、同一个金属储油罐，油品带正电荷进罐比油品带负电荷更易发生静电放电事故。（ ）
- 7、管线纵断面图是表示沿线地形情况的图形，图上的曲折线表示管线的实长，纵坐标表示线路的海拔高度。（ ）
- 8、某长距离输油管道，采用密闭输送方式运行，全线设有 n 座泵站，在最后一个站间存在翻越点，但设计时未考虑，则投产后该管线的输量肯定等于零。（ ）
- 9、热油管线是否存在不稳定区，只取决于热力条件。（ ）
- 10、为了运行安全和检修需要，一般泵站均设备用泵，加热站均设备用加热炉。（ ）
- 11、A、B 两种油品在管线内顺序输送，终点 A 油罐内允许混入的 B 油量仅仅取决于两种油品的性质，而与其他因素无关。（ ）
- 12、在设计热油管线时，如果不考虑摩擦升温 and 原油析蜡的影响，设计方案将偏于安全（假设运行中不存在管壁结蜡问题）。（ ）
- 13、起始接触面是两种油品刚开始接触时的截面，该截面始终位于管线的起点位置。（ ）
- 14、在分离器设计中，载荷波动系数的设置是因安全因素而设。（ ）
- 15、一定温度下，某固定组成的石油体系的系统压力等于该温度下的泡点压力，则该体系处于气液相平衡状态。（ ）
- 16、在常规气液分离工况下，也有可能发生反常凝析或反常蒸发现象。（ ）
- 17、甲烷的临界温度是 -82.5°C ，因此在常规分离工况下，石油中的甲烷组分只能以气态存在。（ ）
- 18、某气液两相流动密度和真实密度只有当气液相间不存在滑脱时才相等。（ ）
- 19、破乳是原油脱水中的关键环节，目前破乳只能依靠化学方法实现。（ ）
- 20、在双电场脱水工艺中，为了充分发挥直流电脱的优点，电脱水器中交直流电场交替布置。（ ）

二、简答题（每题 7 分，共 35 分）

- 1、简述铁路轻油上卸系统中汽阻断流的基本含义？并从设计和操作两个方面分析避免汽阻断流的措施。
- 2、简述原油析蜡和管壁结蜡对轴向温降和摩阻的影响。
- 3、简述长距离输油管道输量调节的方法。
- 4、掺水输送是稠油输送的一项重要措施，请简述掺水输送原理。
- 5、说明卧式分离器内油滴沉降的必要条件，并写出数学表达式。

三、论述题（15 分）

试比较管线沿地形起伏对输油管、输气管、气液两相管路压降的影响。

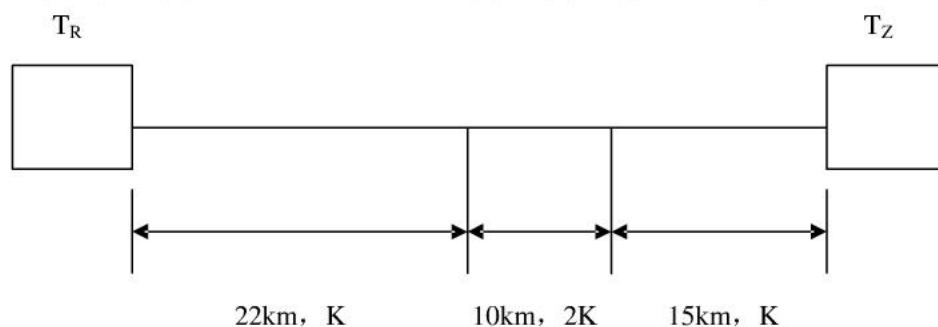
四、计算题（每题 15 分，共 30 分）

1、一条 $\phi 426 \times 7$ 的埋地热油管道，年输量为 500 万吨（一年按 350 天计算），加热站间距为 47km，维持进站油温 $T_Z = 35^\circ\text{C}$ 不变运行。正常运行时，总传热系数 $K = 2.0 \text{ W/m}^2\text{C}$ （按钢管外径计算），管道中心埋深处的自然地温为 7°C ，原油比热为 $2200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ ，平均密度为 852 kg/m^3 ，油品 65°C 时的运动粘度为 $5.3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ，粘温指数为 0.036，摩擦升温忽略不计。

（1）用平均温度法计算正常运行时该站间的摩阻损失是多少（已知流态为水力光滑区）？

（2）如果站间 10km 管长的总传热系数上升一倍（如下图所示），试计算出站油温 T_R 变为多少？

（3）分析总传热系数变化后，该站间热能消耗和动力消耗的变化趋势。



2、容积为 5000 m^3 的立式拱顶罐中储存汽油，罐内气体空间的体积为 1000 m^3 。油蒸气的摩尔质量为 74 kg/kmol 。当地大气压为 760 毫米汞柱。罐顶安装的呼吸阀的控制压力为 25 毫米水柱真空度、压力阀控制压力为 250 毫米汞柱。若真空阀刚刚关闭时气体空间的温度为 10°C 、油品饱和蒸汽压为 206 毫米汞柱，经一次小呼吸，当压力阀刚刚关闭时，气体空间温度为 30°C 、油品饱和蒸汽压为 300 毫米汞柱。

（1）利用蒸发损耗基本公式 $\Delta G = \left(V_1 \frac{p_1 - p_{y1}}{T_1} - V_2 \frac{p_2 - p_{y2}}{T_2} \right) \frac{\bar{p}_y}{p - p_y} \frac{M_y}{R}$ ，计算一次小呼吸

吸蒸发损耗量是多少。

（2）在上述条件下，压力阀的控制压力为多少时。该罐的小呼吸损耗才能为零？

（3）由蒸发损耗基本公式出发推导出有呼吸阀储罐气体空间压缩率表达式，并据此表达式分析，指出降低地上立式有呼吸阀储油罐“大呼吸”损耗可采取的措施。

2002 年参考答案

一、判断题答案

1、×；2、×；3、×；4、×；5、×；6、×；7、×；8、×；9、×；10、×；
11、×；12、√；13、×；14、×；15、√；16、×；17、×；18、√；19、×；20、×。

二、简答题答案要点

1、答：铁路轻油上卸系统中，油品克服鹤管摩阻及鹤管高程时，油品所具有的剩余压力会出现小于油品饱和蒸汽压的情况，这时油品就会汽化，造成油品抽吸速率降低，甚至于无法将油品继续抽出的现象。这就是所谓的汽阻断流现象。

改进措施：

设计方面：1）改变鹤管形式，降低鹤管高度；

2）加大汽阻点之前鹤管的管径。

操作方面：1）对罐车淋水降温；

2）采用压力卸车；

3) 采用液下泵卸车;

4) 泵出口节流。

2、答：对轴向温降的影响：原油析蜡使原油的比热增大，从而使轴向温降变缓，管壁结蜡使原油向环境的散热热阻增大、总传热系数减小，从而也导致轴向温降变缓。总之原油析蜡和管壁结蜡使轴向温降变缓。

对摩阻的影响：对于维持进站油温不变运行的管道，原油析蜡和管壁结蜡将使出站油温将下降，从而导致摩阻增大；对于维持出站油温不变运行的管道，原油析蜡和管壁结蜡将使进站油温升高，从而导致摩阻下降。

3、答：长输管道输量调节的方法有：改变泵转速、多级泵拆级、切削叶轮、改变运行的泵机组数、改变运行的泵站数、节流调节、各种调节措施的组合。

4、答：由于稠油粘度高，采用常见的加热输送工艺是困难的。根据乳状液生成机理可知，当含水率超过某一比例，并有乳化剂存在时，稠油能够形成较稳定的 O/W 型乳状液。根据油水乳状液的性质，O/W 型乳状液的粘度较稠油粘度大大降低，这样即可实现稠油掺水输送。

5、答：油滴沉降至集液部分所需时间应小于油滴随气体流过重力沉降部分所需的时间。

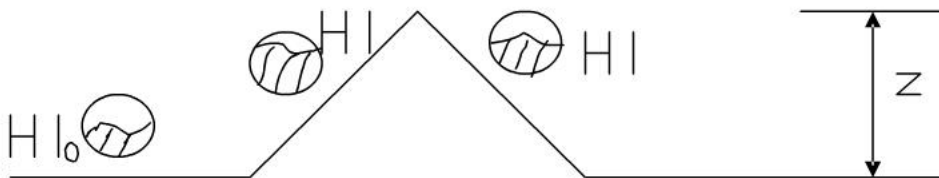
$$\frac{l_e}{w_g} > \frac{h}{w} \text{ 或 } w_g < \frac{l_e w}{h}$$

三、论述题答案

1、输油管：上坡： $\rho_l g z$ ；下坡： $\rho_l g z$ 。上下坡相等，起伏没有影响。

2、输气管：上坡： $\rho_g g z$ ；下坡： $\rho'_g g z$ 。上坡能量损失大于下坡回收能量，但由于气体密度变化较小，起伏影响不大。

3、气液两相管路：上坡： $[\phi \rho_g + (1-\phi) \rho_l] g z$ ；下坡： $[\phi' \rho'_g + (1-\phi') \rho_l] g z$ 。由于重力作用，下坡液相流速大于上坡液相流速，导致下坡侧的持液率小于上坡侧的，而含气率则相反。又因为，液相密度远大于气相密度，所以，管路沿线地形起伏时，管路的压降除克服沿程摩阻外，还包括上坡段举升流体所消耗的，而在下坡不能完全回收的静压损失。即地形起伏对两相管路的影响非常大。



四、计算题答案

1、(1) 解：管道输量： $G = \frac{500 \times 10^7}{350 \times 24 \times 3600} = 165.34 \text{ kg/s}$

$$Q = G / \rho = 165.34 / 852 = 0.1941 \text{ m}^3 / \text{s}$$

正常运行时出站油温为:

$$T_R = T_0 + (T_z - T_0) \exp\left(\frac{K\pi D}{GC} L_R\right) = 7 + (35 - 7) \exp\left(\frac{2.0\pi \times 0.426}{165.34 \times 2200} \times 47 \times 1000\right) = 46.6^\circ\text{C}$$

$$\text{站间平均温度为: } T_{pj} = \frac{1}{3}(T_R + 2T_z) = \frac{1}{3}(46.6 + 2 \times 35) = 38.9^\circ\text{C}$$

$$\text{平均粘度为: } \nu_{pj} = 5.3 \times 10^{-6} e^{-0.036(T_{pj} - 65)} = 5.3 \times 10^{-6} e^{-0.036(38.9 - 65)} = 13.56 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

流态为水力光滑区, $m=0.25$, $\beta=0.0246$

站间的摩阻损失为:

$$h_R = \beta \frac{Q^{2-m} \nu^m}{d^{5-m}} L_R = 0.0246 \times \frac{0.1941^{1.75} \times (13.56 \times 10^{-6})^{0.25}}{0.412^{4.75}} \times 47 \times 1000 = 268.8 \text{ 米油柱}$$

(2) 解: B 点温度为:

$$T_B = T_0 + (T_z - T_0) \exp\left(\frac{K\pi D}{GC} L_{BZ}\right) = 7 + (35 - 7) \exp\left(\frac{2.0\pi \times 0.426}{165.34 \times 2200} \times 15 \times 1000\right) = 38.3^\circ\text{C}$$

A 点温度为:

$$T_A = T_0 + (T_B - T_0) \exp\left(\frac{K\pi D}{GC} L_{AB}\right) = 7 + (38.3 - 7) \exp\left(\frac{4.0\pi \times 0.426}{165.34 \times 2200} \times 10 \times 1000\right) = 43.3^\circ\text{C}$$

出站温度为:

$$T_R = T_0 + (T_A - T_0) \exp\left(\frac{K\pi D}{GC} L_{RA}\right) = 7 + (43.3 - 7) \exp\left(\frac{2.0\pi \times 0.426}{165.34 \times 2200} \times 22 \times 1000\right) = 49.7^\circ\text{C}$$

(3) 答: 维持进站油温不变运行, 总传热系数上升导致出站油温升高, 散热量增大, 热能消耗增大; 进站油温不变, 出站油温升高, 则平均温度升高, 粘度减小, 摩阻下降, 动力消耗下降。

$$2、(1) \text{ 解: 已知: } P_{y1} = 206 \times 0.1333 = 27.46 \text{ kPa}, P_{y2} = 300 \times 0.1333 = 40.0 \text{ kPa};$$

$$T_1 = 10 + 273 = 283 \text{ K}, T_2 = 30 + 273 = 300 \text{ K}。$$

$$\text{由题意知: } P_1 = P_a + P_z = 760 \times 0.1333 - 0.025 \times 9.8 = 101.06 \text{ kPa};$$

$$P_2 = P_a + P_{ya} = 760 \times 0.1333 + 0.25 \times 9.8 = 103.76 \text{ kPa}; \quad \bar{P} = (P_1 + P_2) / 2 = 102.41 \text{ kPa};$$

$$\bar{P}_y = (P_{y1} + P_{y2}) / 2 = 33.73 \text{ kPa}$$

小呼吸损耗, $V_1 = V_2 - V = 1000 \text{ m}^3$, 将上述参数带入基本公式得出一次小呼吸损耗量:

$$\Delta G = 1000 \times \left(\frac{101.06 - 27.46}{283} - \frac{103.76 - 40}{300} \right) \times \frac{33.73}{102.41 - 33.73} \times \frac{74}{8.31} = 207.90 \text{ kg}$$

(2) 解: 令 $\Delta G = 0$, 计算得出: $P_{ya} = 16.71 \text{ kPa}$, 即在题述条件下, 呼吸阀的压力阀控制压力必须达到 16.71 kPa 时小呼吸损耗才能为零。

$$(3) \text{ 解: 设: 真空阀刚刚关闭时刻状态为 } 1: P_1 = P_a + P_z;$$

压力阀刚刚开启时刻为状态 2: $P_2 = P_a + P_{ya}$;

令 $\Delta G = 0$ ，可得油罐刚刚呼气时气体空间体积 $V^\#$ ：

$$V^\# = \frac{p_1 - p_{y1}}{p_2 - p_{y2}} \frac{T_2}{T_1} V_1, \text{ 则气体空间压缩率为: } \varepsilon_a = \frac{V_1 - V^\#}{V_1} = 1 - \frac{p_a + p_z - p_{y1}}{p_a + p_{ya} - p_{y2}} \frac{T_2}{T_1}$$

对上式进行变换，带入 $T_2 = T_1 + \Delta T$ ，并根据空气分压 $P_k = P - P_y$ ， $\Delta K = P_{k2} - P_{k1}$ ，可得：

$$\varepsilon_a = \frac{p_{ya} - p_z}{p_a + p_{ya} - p_{y2}} - \frac{p_{y2} - p_{y1}}{p_a + p_{ya} - p_{y2}} - \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

为了降低大呼吸损耗，可以设法提高储罐的压缩率。由上式可见，可以采取的措施有：

- ① 提高储罐承压，采用控制压力范围较大的呼吸阀，既提高 $(P_{ya} - P_z)$ ，增大 ε_a 。
- ② 温降时进油。温降阶段进油，可以使得 $(P_{y2} - P_{y1}) < 0, (T_2 - T_1) < 0$ ，从而增大 ε_a 。