

一、选择及填空题（共 30 分）

- 某稳定流动管路，流体在流经一半开闸阀后，其质量流量\_\_\_\_\_，总机械能\_\_\_\_\_。  
A 变大      B 变小      C 不变      D 不一定
- 如在测定离心泵的性能曲线时，错误地将压力表安装在泵出口调节阀以后，则操作时压力表读数（表压）将\_\_\_\_\_。  
A 随真空表读数的增大而减小      B 随流量的增大而减小  
C 随泵的实际扬程增大而增大      D 随流量的增大而增大
- 离心式水泵吸入管路漏入过量的空气后，将发生\_\_\_\_\_现象，当离心式水泵入口压力低于被输送液体的饱和蒸汽压时，将发生\_\_\_\_\_现象。  
A 气蚀      B 气浮      C 过载      D 气缚
- 灰体辐射能力\_\_\_\_\_同温度下黑体辐射能力；灰体的吸收率\_\_\_\_\_该灰体的黑度。  
A 大于      B 小于      C 等于      D 不确定
- 实验室用水吸收  $\text{NH}_3$  的过程，气相中的浓度梯度\_\_\_\_\_液相中的浓度梯度（均已换算为相应的液相组成）；气膜阻力\_\_\_\_\_液膜阻力。  
A 大于      B 小于      C 等于      D 不确定
- 下列情况\_\_\_\_\_不是诱发降液管液泛的原因。  
A 气液负荷过大      B 过量雾沫夹带      C 塔板间距过小      D 过量漏液
- 精馏的操作线是直线，主要基于如下原因\_\_\_\_\_。  
A 理论板假定      B 理想物系      C 恒摩尔假定      D 塔顶泡点回流
- 有一黑表面，当其温度分别为  $327^\circ\text{C}$  和  $27^\circ\text{C}$  时，向外辐射的能量之比为\_\_\_\_\_。  
A 2      B 4      C 8      D 16
- 用管子从高位槽放水，当管径增大一倍，则水的流量为原流量\_\_\_\_\_倍。假定液面高度、管长、局部阻力及摩擦系数均不变，且管路出口处的流体动能项可忽略。
- 某设备上，真空表的读数为  $80\text{mmHg}$ ，其绝压 = \_\_\_\_\_  $\text{kgf/cm}^2$  = \_\_\_\_\_  $\text{Pa}$ ，该地区大气压强为  $720\text{mmHg}$ 。
- 降液管内停留时间太短会造成\_\_\_\_\_，而泛点率过大则会造成\_\_\_\_\_，  
气相流速太小会造成\_\_\_\_\_。
- 萃取操作选择萃取剂的原则为（写出两条）：\_\_\_\_\_；\_\_\_\_\_。

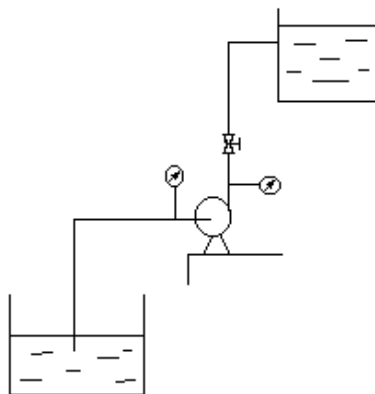
## 二、问答题（共 20 分，第 1、2 题各 6 分，第 3 题 8 分）

1. 试分析造成加热炉热效率低的可能原因（至少提出三条），并阐述它们是如何影响热效率的。
2. 根据所学知识，设计一实验用于测定离心泵的特性曲线。请画出实验流程示意图、写出主要的设备名称及所需测定的主要参数。
3. 试分析一现场操作的精馏塔，在进料量、进料组成、进料状况及塔底汽化量均保持不变，而塔顶产品量减少时，此时塔顶、塔底产品组成应如何变化？

## 三、计算题（50 分）

1. (10 分) 用离心泵将  $20^{\circ}\text{C}$  的水从储水池打入一高位槽，已知水的物性参数如下：密度  $\rho$  为  $998.2\text{kg/m}^3$ ，粘度  $\mu$  为  $1.005\text{cP}$ 。已知泵入口真空表读数为  $400\text{mmHg}$ ，输送管路为  $\Phi 108 \times 4\text{mm}$  的钢管，总长度（包括当量长度）为  $50\text{m}$ ，其中吸入管路长度为  $6\text{m}$ （包括当量长度），储水池与高位槽两液面高度差为  $30\text{m}$ ，管路摩擦系数  $\lambda$  为  $0.02$ ，流量为  $45\text{m}^3/\text{h}$ ，压力表和真空表之间的垂直距离为  $20\text{cm}$ 。压力表和真空表之间的阻力损失可以忽略不计，试问：

- (1) 泵的扬程；
- (2) 泵出口处压力表的读数， $MP_a$ 。



2. (10 分) 某板框压滤机有 10 个边长为  $1\text{m}$  的正方形滤框，在  $2\text{kgf/cm}^2$  的表压下对某悬浮液进行恒压过滤。在该操作压力下，过滤常数为  $K=1.5 \times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$ ，滤饼与滤液的体积比为  $0.04\text{m}^3/\text{m}^3$ ，整理、装卸等辅助时间为  $20\text{min}$ 。滤饼不洗涤，过滤介质阻力可以忽略不计。

- (1) 过滤  $10\text{min}$  时所得滤液体积；
- (2) 若板框压滤机滤框的厚度为  $40\text{mm}$ ，求该板框压滤机的生产能力？ $\text{m}^3/\text{h}$ 。

3. (10 分) 在某厂一套管换热器中，将溶液与冷却水进行逆流换热。溶液走壳程，流

量为  $500\text{kg/h}$ ，比热为  $3.35\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，从  $150^\circ\text{C}$  冷却到  $80^\circ\text{C}$ ；冷却水走管程，从  $15^\circ\text{C}$  加热到  $40^\circ\text{C}$ 。已知壳程的对流传热系数  $\alpha_o = 2000\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，换热管的尺寸为  $\phi 25 \times 2.5\text{mm}$ ，管壁的导热系数  $\lambda = 45\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ；水的物性为： $\mu = 0.801\text{cP}$ ， $C_p = 4.187\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ， $\lambda = 0.618\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ， $\rho = 995.7\text{kg}/\text{m}^3$ 。污垢热阻忽略不计，试求：

- (1) 换热器的热负荷  $Q, \text{kW}$ ；
- (2) 冷却水的流量  $w_2, \text{kg/h}$ ；
- (3) 传热过程的总传热系数  $K_o, \text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。

4. (10 分) 逆流操作的吸收塔中，用清水吸收空气中所含的丙酮蒸汽，进塔气体中含丙酮 0.03 (摩尔分率)，需在该塔中将丙酮吸收掉 95%，空气入塔流率  $V = 72\text{kmol}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，相平衡关系为： $Y^* = 1.75X$ ，体积总传质系数  $K_Y a = 0.016\text{kmol}/(\text{m}^3\cdot\text{s})$ ，用水量为  $2500\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。试求：

- (1) 气相出口浓度  $y_2$ ；
- (2) 用水量为最小用水量的多少倍；
- (3) 填料层高度  $h, \text{m}$ 。

5. (10 分) 在连续精馏塔内分离苯-甲苯溶液，过冷液体进料， $q = 1.26$ 。已知操作线方程为：精馏段  $y = 0.76x + 0.23$ ；提馏段  $y = 1.2x - 0.02$ 。

试求：(1) 塔顶轻组份的组成  $x_D$ ；

- (2) 塔底轻组份的组成  $x_W$ ；
- (3) 进料中轻组份的组成  $x_F$ 。

## 2004 年工程硕士研究生入学考试试题答案

### 一、选择及填空题（共 30 分）

总 7 页 第 1 页

1. 某稳定流动管路，流体在流经一半开闸阀后，其质量流量 C，总机械能 B。  
A 变大 B 变小 C 不变 D 不一定
2. 如在测定离心泵的性能曲线时，错误地将压力表安装在泵出口调节阀以后，则操作时压力表读数（表压）将 D。  
A 随真空表读数的增大而减小 B 随流量的增大而减小  
C 随泵的实际扬程增大而增大 D 随流量的增大而增大
3. 离心式水泵吸入管路漏入过量的空气后，将发生 D 现象，当离心式水泵入口压力低于被输送液体的饱和蒸汽压时，将发生 A 现象。  
A 气蚀 B 气浮 C 过载 D 气缚
4. 灰体辐射能力 B 同温度下黑体辐射能力；灰体的吸收率 C 该灰体的黑度。  
A 大于 B 小于 C 等于 D 不确定
5. 实验室用水吸收  $\text{NH}_3$  的过程，气相中的浓度梯度 A 液相中的浓度梯度（均已换算为相应的液相组成）；气膜阻力 A 液膜阻力。  
A 大于 B 小于 C 等于 D 不确定
6. 下列情况 D 不是诱发降液管液泛的原因。  
A 气液负荷过大 B 过量雾沫夹带 C 塔板间距过小 D 过量漏液
7. 精馏的操作线是直线，主要基于如下原因 C。  
A 理论板假定 B 理想物系 C 恒摩尔假定 D 塔顶泡点回流
8. 有一黑表面，当其温度分别为  $327^\circ\text{C}$  和  $27^\circ\text{C}$  时，向外辐射的能量之比为 D。  
A 2 B 4 C 8 D 16
9. 用管子从高位槽放水，当管径增大一倍，则水的流量为原流量  $4\sqrt{2}$  倍。假定液面高度、管长、局部阻力及摩擦系数均不变，且管路出口处的流体动能项可忽略。
10. 某设备上，真空表的读数为  $80\text{mmHg}$ ，其绝压 = 0.87  $\text{kgf/cm}^2$  = 85326 Pa，该地区大气压强为  $720\text{mmHg}$ 。
11. 降液管内停留时间太短会造成 过量气泡夹带，而泛点率过大则会造成 过量雾沫夹带，气相流速太小会造成 漏液。



页

12. 萃取操作选择萃取剂的原则为(写出两条): 选择性系数  $\beta$  比较大 ;  
易于与被萃取物分离。

## 二、问答题 (共 10 分)

1. 试分析造成加热炉热效率低的可能原因 (至少提出三条), 并阐述它们是如何影响热效率的。

答: ①过剩空气系数  $\alpha$  过大, 致使烟气的量增大, 烟气带走热量增加, 使  $\eta$  下降;

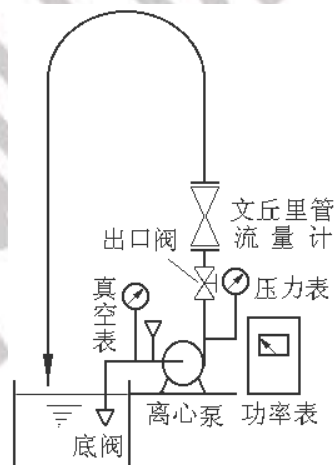
②炉体密封不严, 致使大量空气进入炉膛, 烟气的量增加, 使  $\eta$  下降;

③火嘴雾化燃烧效果不好, 燃料燃烧不充分, 使  $\eta$  下降。

2. 根据所学知识, 设计一实验用于测定离心泵的特性曲线。请画出实验流程示意图、写出主要的设备名称及所需测定的主要参数。

答: 实验装置: 离心泵, 真空表、压力表、功率表、转速表、温度计, 流量计。

所需测定的主要参数: 离心泵进出口压力, 电机功率及转速, 水的温度, 流体流量。



## 三、计算题

1. (15 分) 用离心泵将  $20^\circ\text{C}$  的水从储水池打入一高位槽, 已知水的物性参数如下: 密度  $\rho$  为  $998.2\text{kg/m}^3$ , 粘度  $\mu$  为  $1.005\text{cP}$ 。已知泵入口真空表读数为  $400\text{mmHg}$ , 输送管路为  $\Phi 108 \times 4\text{mm}$  的钢管, 总长度 (包括当量长度) 为  $50\text{m}$ , 其中吸入管路长度为  $6\text{m}$  (包括当量长度), 储水池与高位槽两液面高度差为  $30\text{m}$ , 管路摩擦系数  $\lambda$  为  $0.02$ , 流量为  $45\text{m}^3/\text{h}$ , 压力表和真空表之间的垂直距离为  $20\text{cm}$ , 压力表和真空表之间的阻力损失可以忽略不计, 试问:

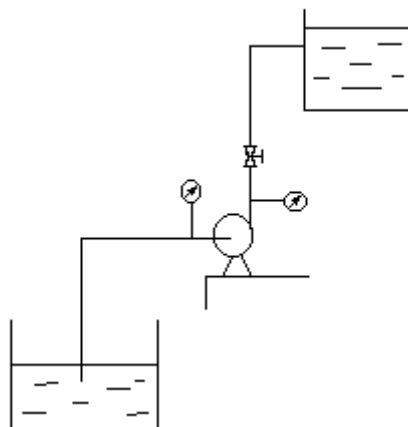
(1) 泵的扬程;

(2) 泵出口处压力表的读数,  $MP_a$ 。

解: (1) 泵的扬程

在两液面间列柏努利方程

您所下载的资料来源于 kaoyan.com 考  
获取更多考研资料, 请访问 <http://down>



$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 + H_e = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + \Sigma H_{f1-2}$$

总 7 页 第 3

页

其中  $p_1 = p_2 = 0$  (表压)  $u_1 = u_2 \approx 0$

$$\begin{aligned} H_e &= (z_2 - z_1) + \Sigma H_{f1-2} \\ &= (z_2 - z_1) + \lambda \frac{l_{\text{总}}}{d} \frac{u^2}{2g} \\ &= 30 + 0.02 \times \frac{50}{0.1} \times \frac{1.59^2}{2 \times 9.807} = 31.3(m) \end{aligned}$$

(2) 在真空表和压力表之间列柏努利方程式

$$\begin{aligned} p_3 + \frac{\rho u^2}{2} + \rho g z_3 + \rho g H_e &= p_4 + \frac{\rho u^2}{2} + \rho g z_4 + \rho g \Sigma H_{f3-4} \\ p_4 &= p_3 + \rho g (z_3 - z_4) + \rho g H_e - \rho g \Sigma H_{f3-4} \end{aligned}$$

代入数据

$$\begin{aligned} p_4 &= \frac{-400}{760} \times 101325 + 998.2 \times 9.807 \times (-0.2) + 998.2 \times 9.807 \times 31.3 - 0 \\ &= 2.51 \times 10^5 (Pa) = 0.251 MPa \end{aligned}$$

2. (10 分) 某板框压滤机有 10 个边长为 1m 的正方形滤框, 在  $2 \text{ kgf/cm}^2$  的表压下对某悬浮液进行恒压过滤。在该操作压力下, 过滤常数为  $K = 1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , 滤饼与滤液的体积比为  $0.04 \text{ m}^3/\text{m}^3$ , 整理、装卸等辅助时间为 20min。滤饼不洗涤, 过滤介质阻力可以忽略不计。请计算:

(1) 过滤 10min 时所得滤液体积;

(2) 若板框压滤机滤框的厚度为 40mm, 求该板框压滤机的生产能力?  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

解: (1) 过滤 10min 时所得滤液体积

$$A = 10 \times 2 \times 1 \times 1 = 20 (\text{m}^2)$$

根据公式, 得

$$V = \sqrt{KA^2 \tau} = \sqrt{1.5 \times 10^{-4} \times 20^2 \times 10 \times 60} = 6 (\text{m}^3)$$

(2) 板框压滤机的生产能力

$$V_{\text{饼}} = 1 \times 0.04 \times 10 = 0.4(m^3)$$

$$V_{\text{液}} = \frac{V_{\text{饼}}}{C} = \frac{0.4}{0.04} = 10(m^3)$$

总 7 页 第 4

页

$$\tau = \frac{V^2}{KA^2} = \frac{10^2}{1.5 \times 10^{-4} \times 20^2} = 1666.7(s) = 27.78(\text{min})$$

$$Q = \frac{V}{\tau + \tau_d} = \frac{10}{27.78 + 20} = 0.209(m^3 / \text{min}) = 12.56 m^3 / h$$

3. (15 分) 在某厂一套管换热器中, 将溶液与冷却水进行逆流换热。溶液走壳程, 流量为  $500 \text{ kg/h}$ , 比热为  $3.35 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ , 从  $150^\circ\text{C}$  冷却到  $80^\circ\text{C}$ ; 冷却水走管程, 从  $15^\circ\text{C}$  加热到  $40^\circ\text{C}$ 。已知壳程的对流传热系数  $\alpha_o = 2000 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ , 换热管的尺寸为  $\phi 25 \times 2.5 \text{ mm}$ , 管壁的导热系数  $\lambda = 45 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ; 水的物性为:  $\mu = 0.801 \text{ cP}$ ,  $C_p = 4.187 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ ,  $\lambda = 0.618 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ,  $\rho = 995.7 \text{ kg/m}^3$ 。污垢热阻忽略不计, 试求:

(1) 换热器的热负荷  $Q, \text{ kW}$ ;

(2) 冷却水的流量  $w_2, \text{ kg/h}$ ;

(3) 传热过程的总传热系数  $K_o, \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 。

解: (1) 换热器的热负荷

$$Q = w_1 C_{p1} (T_1 - T_2) = \frac{500}{3600} \times 3.35 \times 10^3 \times (150 - 80) = 3.26 \times 10^4 (\text{W})$$

(2) 冷却水的流量

$$w_1 C_{p1} (T_1 - T_2) = w_2 C_{p2} (t_2 - t_1)$$

$$500 \times 3.35 \times (150 - 80) = w_2 \times 4.187 \times (40 - 15)$$

$$\text{解得 } w_2 = 1120 (\text{kg/h})$$

(3) 传热过程的总传热系数

$$R_{ei} = \frac{d_i u_i \rho}{\mu} = \frac{0.02 \times \frac{1120}{3600 \times \frac{\pi}{4} \times 0.02^2}}{0.801 \times 10^{-3}} = 2.47 \times 10^4$$

$$P_r = \frac{C_p \mu}{\lambda} = \frac{4.187 \times 10^3 \times 0.801 \times 10^{-3}}{0.618} = 5.43$$

$$\begin{aligned} \alpha_i &= 0.023 \times \frac{\lambda}{d_i} R_{ei}^{0.8} P_r^{0.4} \\ &= 0.023 \times \frac{0.618}{0.02} \times (2.47 \times 10^4)^{0.8} \times 5.43^{0.4} \\ &= 4567 (W/(m^2 \cdot K)) \end{aligned}$$

总 7 页 第 5

页

$$\begin{aligned} K_o &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} \frac{d_o}{d_i} + \frac{b}{\lambda} \frac{d_o}{d_m} + \frac{1}{\alpha_o}} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{4567} \times \frac{25}{20} + \frac{2.5 \times 10^{-3}}{45} \times \frac{25}{22.5} + \frac{1}{2000}} \\ &= 1197 (W/(m^2 \cdot K)) \end{aligned}$$

4. (10 分) 逆流操作的吸收塔中, 用清水吸收空气中所含的丙酮蒸汽, 进塔气体中含丙酮 0.03 (摩尔分率), 需在该塔中将丙酮吸收掉 95%, 空气入塔流率  $V=72 \text{ kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 相平衡关系为:  $Y^* = 1.75X$ , 体积总传质系数  $K_Y a = 0.016 \text{ kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$ , 用水量为  $2500 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 试求:

(1) 气相出口浓度  $y_2$ ;

(2) 用水量为最小用水量的多少倍;

(3) 填料层高度  $h$ , m。

解: (1)  $Y_1 = \frac{y_1}{1-y_1} = \frac{0.03}{1-0.03} = 0.0309$

$$Y_2 = (1-\eta)Y_1 = (1-0.95) \times 0.0309 = 1.55 \times 10^{-3}$$

$$y_2 = \frac{Y_2}{1+Y_2} = \frac{1.55 \times 10^{-3}}{1+1.55 \times 10^{-3}} = 0.00155$$

$$(2) \quad \left(\frac{L}{V}\right)_{\min} = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1^* - X_2} = \frac{0.0309 - 1.55 \times 10^{-3}}{\frac{0.0309}{1.75} - 0} = 1.66$$



$$L_{\min} = V \left( \frac{L}{V} \right)_{\min} = 72 \times 1.66 = 119.52$$

$$\frac{L}{L_{\min}} = \frac{2500}{119.52} = 1.16 \quad (\text{kmol} / (\text{m}^2 \cdot \text{h}))$$

(3) 由全塔物料衡算

$$V(Y_1 - Y_2) = L(X_1 - X_2)$$

$$X_1 = \frac{V}{L}(Y_1 - Y_2) + X_2 = \frac{72}{2500} \frac{18}{18} (0.0309 - 1.55 \times 10^{-3}) = 1.52 \times 10^{-2}$$

① 对数平均推动力法：

$$\Delta Y_1 = Y_1 - Y_1^* = 0.0309 - 1.75 \times 1.52 \times 10^{-2} = 0.0043$$

总 7 页 第 6

页

$$\Delta Y_2 = Y_2 - Y_2^* = 1.55 \times 10^{-3} - 0 = 1.55 \times 10^{-3}$$

$$\Delta Y_m = \frac{\Delta Y_1 - \Delta Y_2}{\ln \frac{\Delta Y_1}{\Delta Y_2}} = \frac{0.0043 - 1.55 \times 10^{-3}}{\ln \frac{0.0043}{1.55 \times 10^{-3}}} = 2.695 \times 10^{-3}$$

$$N_{OG} = \frac{Y_1 - Y_2}{\Delta Y_m} = \frac{0.0309 - 1.55 \times 10^{-3}}{2.695 \times 10^{-3}} = 10.89$$

$$H_{OG} = \frac{V}{K_y a \cdot \Omega} = \frac{72/3600}{0.016} = 1.25m$$

$$Z = H_{OG} N_{OG} = 1.25 \times 10.89 = 13.6m$$

② 数学分析法：

$$S = \frac{mV}{L} = \frac{1.75 \times 72}{2500} = 0.9072$$

$$\begin{aligned} N_{OG} &= \frac{1}{1-S} \ln \left[ (1-S) \frac{Y_1 - mX_2}{Y_2 - mX_2} + S \right] \\ &= \frac{1}{1-0.9072} \ln \left[ (1-0.9072) \frac{0.0309 - 0}{1.55 \times 10^{-3} - 0} + 0.9072 \right] \\ &= 10.93 \end{aligned}$$

$$Z = H_{OG} N_{OG} = 1.25 \times 10.93 = 13.7m$$

5. (10 分) 在连续精馏塔内分离苯-甲苯溶液, 过冷液体进料,  $q=1.26$ 。已知操作线方程为: 精馏段  $y=0.76x+0.23$ ; 提馏段  $y=1.2x-0.02$ 。

试求:

- (1) 塔顶轻组份的组成  $x_D$ ;
- (2) 塔底轻组份的组成  $x_W$ ;
- (3) 进料中轻组份的组成  $x_F$ 。

总 7 页 第 7

页

解: 1. 求  $x_D$

由精馏段操作线方程, 可知: 
$$\begin{cases} \frac{R}{R+1} = 0.76 \\ \frac{1}{R+1} x_D = 0.23 \end{cases}$$

解得 
$$\begin{cases} R = 3.17 \\ x_D = 0.959 \end{cases}$$

2. 求  $x_W$

由提馏段操作线方程和对角线方程 
$$\begin{cases} y = 1.2x - 0.02 \\ y = x = x_W \end{cases}$$

解得  $x_W = 0.1$

3. 求  $x_F$

由精馏段操作线方程和提馏段的操作线方程 
$$\begin{cases} y = 0.76x + 0.23 \\ y = 1.2x - 0.02 \end{cases}$$

解得 
$$\begin{cases} y = 0.662 \\ x = 0.568 \end{cases}$$

$q$  线方程为:

$$\begin{aligned} y &= \frac{q}{q-1}x - \frac{1}{q-1}x_F \\ &= \frac{1.26}{1.26-1}x - \frac{1}{1.26-1}x_F \\ &= 4.846x - 3.846x_F \end{aligned}$$

将  $\begin{cases} y = 0.662 \\ x = 0.568 \end{cases}$  代入  $q$  线方程, 得

$$0.662 = 4.846 \times 0.568 - 3.846x_F$$

$$\therefore x_F = 0.544$$