

# 化工原理例题与习题

(下册)

姚玉英等编

化学工业出版社

# 化工原理例题与习题

(下册)

姚玉英 等编

化学工业出版社

本书是《化工原理例题与习题》上册的习题解答。全书共有259个题。书中所用的公式、符号等都和《化工原理例题与习题》上册相同。为了方便读者，在每章前编有符号说明表，以便查阅。

本书涉及的化工过程及操作与《化工原理例题与习题》上册一致，包括属于流体动力过程的流体流动、流体输送设备、非均相物系的分离，属于传热过程的传热、蒸发，属于传质过程的蒸馏、吸收、萃取、干燥。

各章习题都是本着由浅入深，由简而繁，巩固基本概念，理论联系实际的基本原则编写的。某些章节还编有计算设备工艺尺寸的大型题。

本书可供化工系各专业学习《化工原理》课程时参考，也可供教师讲授本课程时参考，还可供从事化工工作的技术人员作为自学参考书。

本书由姚玉英主编。具体执笔人员：绪论姚玉英；第一章曾敏静、刘国维；第二章黄凤廉；第三章刘邦孚；第四章柴诚敬；第五章陈常贵；第六章李阿娜、张松敏；第七章胡莲芬；第八章靳怀贻；第九章冯朝伍。全书由黄凤廉、陈常贵、刘国维校核。

## 化工原理例题与习题

(下册)

姚玉英 等编

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $12^{2/3}$ 字数368千字印数1—25,000

1984年4月北京第1版1984年4月北京第1次印刷

统一书号15063·3549定价1.60元

# 目 录

绪论	1
第一章 流体流动	20
第二章 流体输送设备	91
第三章 非均相物系的分离	130
第四章 传热	164
第五章 蒸发	220
第六章 蒸馏	240
第七章 吸收	308
第八章 液-液萃取	338
第九章 干燥	368

## 绪 论

0-1 导热系数的定义为：单位时间内、经过单位距离、相差单位温度时因传导而传过的热量。工程制中导热系数的单位为〔千卡/米·时·℃〕、英制的为〔英热单位/英尺·时·°F〕、SI的为W/(m·K)。试求三者间的关系。

解 从本书上册附录（以后简称附录）二查出

$$1\text{m}=3.2808[\text{英尺}]$$

$$1[\text{千卡/秒}]=4186.8\text{W}$$

又知 温度差1℃=温度差1K=温度差1.8°F

$$\begin{aligned}\text{故 } 1\left[\frac{\text{千卡}}{\text{时}}\right] &= 1\left[\frac{\text{千卡}}{\text{时}}\right]\left[\frac{1\text{时}}{3600\text{s}}\right] = \frac{1}{3600}[\text{千卡/秒}] \\ &= \frac{1}{3600}\left[\frac{\text{千卡}}{\text{秒}}\right]\left[\frac{4186.8\text{W}}{1\text{千卡}}\right] = 1.163\text{W}\end{aligned}$$

又从附录二查出

$$1[\text{千卡}]=3.968[\text{英热单位}]$$

$$\begin{aligned}\therefore 1\left[\frac{\text{千卡}}{\text{米}\cdot\text{时}\cdot\text{℃}}\right] &= 1\left[\frac{\text{千卡}}{\text{米}\cdot\text{时}\cdot\text{℃}}\right]\left[\frac{1.163\text{W}}{1\text{千卡/时}}\right]\left[\frac{1\text{℃}}{1\text{K}}\right] \\ &= 1.163\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{及 } 1\left[\frac{\text{千卡}}{\text{米}\cdot\text{时}\cdot\text{℃}}\right] &= 1\left[\frac{\text{千卡}}{\text{米}\cdot\text{时}\cdot\text{℃}}\right]\left[\frac{3.968\text{英热单位}}{1\text{千卡}}\right] \\ &\quad \left[\frac{1\text{米}}{3.2808\text{英尺}}\right]\left[\frac{1\text{℃}}{1.8\text{°F}}\right] \\ &= \frac{3.968}{3.2808 \times 1.8}\left[\frac{\text{英热单位}}{\text{英尺}\cdot\text{时}\cdot\text{°F}}\right] = 0.672\left[\frac{\text{英热单位}}{\text{英尺}\cdot\text{时}\cdot\text{°F}}\right]\end{aligned}$$

$$\text{故 } 1 \left[ \frac{\text{千卡}}{\text{米} \cdot \text{时} \cdot \text{°C}} \right] = 1.163 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} = 0.672 \left[ \frac{\text{英热单位}}{\text{英尺} \cdot \text{时} \cdot \text{°F}} \right]$$

0-2 cgs制中粘度的单位为〔克/厘米·秒〕，简称为〔泊〕，〔泊〕的单位比较大，用它来表示物质粘度时数值就很小，所以通常用〔厘泊〕作为粘度的单位，而

$$1 \text{〔泊〕} = 100 \text{〔厘泊〕}$$

SI中粘度单位为 $\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ ，其中 $\text{N} / \text{m}^2$ 称为帕斯卡，以Pa表示，故SI中粘度的单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

试从基本量的单位换算开始，找出cgs制与SI的粘度关系。

解 用基本单位来表示Pa，即

$$1 \text{Pa} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$\begin{aligned} \text{或 } 1 \text{Pa} \cdot \text{s} &= 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} = 1 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right] \left[ \frac{1000 \text{克}}{1 \text{kg}} \right] \left[ \frac{1 \text{m}}{100 \text{厘米}} \right] \\ &= 10 \left[ \frac{\text{克}}{\text{厘米} \cdot \text{秒}} \right] = 10 \text{〔泊〕} = 1000 \text{〔厘泊〕} \end{aligned}$$

0-3 密度 $\rho$ 为物质的特性常数之一，表示单位体积物质的质量。在工程制中，质量为导出单位，用〔公斤(力)·秒<sup>2</sup>/米〕表示，故密度 $\rho$ 的单位为〔公斤(力)·秒<sup>2</sup>/米<sup>3</sup>〕。在SI中，密度的单位为 $\text{kg} / \text{m}^3$ 。试求两者之间的换算关系。

解 由《化工原理例题与习题》式0-2知

$$1 \text{〔公斤(力)〕} = 9.81 \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$$

$$\text{或 } 1 \text{kg} = \frac{1}{9.81} \left[ \frac{\text{公斤(力)}}{\text{m} / \text{s}^2} \right] = \frac{1}{9.81} \left[ \frac{\text{公斤(力)}}{\text{米} / \text{秒}^2} \right]$$

$$\begin{aligned} \therefore 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} &= 1 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \left[ \frac{1}{9.81} \frac{\text{公斤(力)}}{\text{米} / \text{秒}^2} \right] \\ &= 0.102 \left[ \frac{\text{公斤(力)} \cdot \text{秒}^2}{\text{米}^3} \right] \end{aligned}$$

0-4 当设备壁面与周围空气间的温度差为 1 个单位时、单位时间内、单位设备壁面上，因强制对流和辐射的共同作用，由设备的壁面散失于周围的热量可以用下式计算，即

$$\alpha = 5.3 + 0.036u$$

式中  $\alpha$ ——温度差为  $1^{\circ}\text{C}$  时、每小时、每平方米设备的壁面上，因强制对流与辐射的共同作用，由设备壁面散失于周围的热量，称为对流-辐射联合传热系数，〔千卡/米<sup>2</sup>·时· $^{\circ}\text{C}$ 〕  
 $u$ ——设备周围空气的流动速度，〔厘米/秒〕。

若将  $\alpha$  的单位改为  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ， $u$  的单位改为  $\text{m}/\text{s}$ ，试将上式加以换算。

解 从附录二查出

$$1 \left[ \frac{\text{千卡}}{\text{米}^2 \cdot \text{时} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right] = 1.163 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

令  $\alpha$  表示以〔千卡/米<sup>2</sup>·时· $^{\circ}\text{C}$ 〕为单位的对流传热系数， $\alpha'$  表示以  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  为单位的对流传热系数，则

$$\alpha = \frac{\alpha'}{1.163} \quad (\text{a})$$

又从附录二查出  $m$  与〔厘米〕的关系，并算出

$$1 \left[ \frac{\text{厘米}}{\text{秒}} \right] = 1 \left[ \frac{\text{厘米}}{\text{秒}} \right] \left[ \frac{1\text{m}}{100\text{厘米}} \right] = \frac{1}{100} \text{m}/\text{s}$$

令  $u$  表示以〔厘米/秒〕为单位的的速度， $u'$  表示以  $\text{m}/\text{s}$  为单位的的速度，则

$$u = \frac{u'}{\frac{1}{100}} = 100u' \quad (\text{b})$$

将式 a 及式 b 代入题给式得

$$\frac{\alpha'}{1.163} = 5.3 + 0.036(100u')$$

整理上式，并略去上标得

$$\alpha = 6.16 + 4.19u \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

0-5 30°C 时，二氧化碳水溶液上方气体中二氧化碳的平衡蒸气压可用下式计算，即

$$P = 575 C$$

式中  $P$  ——  $\text{CO}_2$  的平衡蒸气压，〔毫米汞柱〕

$C$  ——  $\text{CO}_2$  在水溶液中的浓度，〔克  $\text{CO}_2$ /升溶液〕。

试将上式加以换算，使式中蒸气压单位改为  $\text{kN/m}^2$ ，溶液浓度单位改为  $\text{kmol/m}^3$  溶液。

解 由附录二查出

$$1 \text{N/m}^2 = 0.0075 \text{〔毫米汞柱〕}$$

$$\begin{aligned} \therefore 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} &= 1000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1000 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \left[ \frac{0.0075 \text{毫米汞柱}}{1 \text{N/m}^2} \right] \\ &= 7.5 \text{〔毫米汞柱〕} \end{aligned}$$

令  $P$  表示以〔毫米汞柱〕为单位的蒸气压、 $p'$  表示以  $\text{kN/m}^2$  为单位的蒸气压，则

$$\frac{P}{7.5} = p'$$

或 
$$p = 7.5 p' \quad (\text{a})$$

将  $\text{CO}_2$  在溶液中的浓度换算成

$$\begin{aligned} 1 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3} &= 1 \left[ \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3} \right] \left[ \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{升}} \right] \left[ \frac{44 \text{kg}}{1 \text{kmol}} \right] \left[ \frac{1000 \text{克}}{1 \text{kg}} \right] \\ &= \frac{44 \times 1000}{1000} \text{〔克/升〕} = 44 \text{〔克/升〕} \end{aligned}$$

令  $C$  表示以〔克/升〕为单位的浓度， $C'$  表示以  $\text{kmol/m}^3$  为单位的浓度，故

$$C = 44 C' \quad (\text{b})$$

将式 a 及式 b 代入题给式中得

$$7.5 p' = 575 \times 44 C'$$

整理并略去上标，得

$$p = 3373 C \text{ kN/m}^2$$

0-6 水蒸汽在空气中的扩散系数  $D$  可用下面经验公式求算，



$$D = \frac{1.46 \times 10^{-4}}{P} \times \frac{T^{5/2}}{(T + 441)}$$

式中  $D$ ——扩散系数, [英尺<sup>2</sup>/时]

$P$ ——压强, [大气压]

$T$ ——绝对温度, °R。

试将上式加以换算, 使式中各物理量单位为:

$D$ ——m<sup>2</sup>/h

$P$ ——kN/m<sup>2</sup>

$T$ ——K。

解 由附录二查出

$$1 \text{ [英尺]} = 0.3048 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \therefore 1 \left[ \frac{\text{英尺}^2}{\text{时}} \right] &= 1 \left[ \frac{\text{英尺}^2}{\text{时}} \right] \left[ \frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ 英尺}} \right]^2 \\ &= 0.0929 \text{ m}^2/\text{h} \end{aligned}$$

令  $D$  表示以 [英尺<sup>2</sup>/时] 为单位的扩散系数,  $D'$  表示以 m<sup>2</sup>/h 为单位的扩散系数, 故

$$D = \frac{D'}{0.0929} \quad (\text{a})$$

又从附录二中查出

$$1 \text{ [大气压]} = 101.33 \text{ kN/m}^2$$

令  $p$  表示以 [大气压] 为单位的压强,  $p'$  表示以 kN/m<sup>2</sup> 为单位的压强, 故

$$\frac{p'}{101.33} = p \quad (\text{b})$$

令  $T$  表示以 °R 为单位的温度,  $T'$  表示以 K 为单位的温度。而绝对温度  $T$  与  $T'$  的换算关系为

$$T = 1.8T'$$

将式 a、式 b 及式 c 代入题给公式, 得

$$\frac{D'}{0.0929} = \frac{1.46 \times 10^{-4}}{P'} \times \frac{(1.8T')^{5/2}}{1.8T' + 441}$$

$$101.33$$

整理上式，并略去上标得

$$D = \frac{59.73 \times 10^{-4}}{P} \times \frac{T^{5/2}}{1.8T + 441} \quad \text{m}^2/\text{h}$$

0-7 填料塔的分选效果常用等板高度  $H_T$  来衡量。在规定的条件下，填料塔用于精馏操作时，求算  $H_T$  的经验公式为

$$H_T = c_1 G^{c_2} D^{c_3} Z^{1/3} \frac{\alpha \mu}{\rho}$$

式中  $H_T$ ——等板当量高度，〔英寸〕

$G$ ——蒸气的质量流速，〔磅/英尺<sup>2</sup>·时〕

$D$ ——塔径，〔英寸〕

$Z$ ——填料层高度，〔英尺〕

$\alpha$ ——相对挥发度，无因次

$\mu$ ——液相粘度，〔厘泊〕

$\rho$ ——液相密度，〔克/厘米<sup>3</sup>〕

$c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ ——随填料型式及尺寸而异的无因次常数，其值如下：

填料型式	填料尺寸 mm	$c_1$	$c_2$	$c_3$
陶磁拉西环	10	2.1	-0.37	1.24
	13	8.53	-0.24	1.24
	25	0.57	-0.1	1.24
鞍形填料	13	5.62	-0.45	1.11
	25	0.76	-0.14	1.11

试将上面经验公式加以转换，使其中物理量的单位变为

$H_T$ ——m

$G$ ——kg/(m<sup>2</sup>·h)

$D$ ——m

$Z$ ——m

$\rho$ ——kg/m<sup>3</sup>

$\mu$ ——Pa·s。

**解** 验公式中物理量的单位换成 SI 的，指数  $c_2$  及  $c_3$  的值是不会变的， $c_1$  相当于换算常数  $c_1$  的数值要改变。兹将以第一组数据为例的换算过程列于下。

由《化工原理例题与习题》附录二查出

$$1 \text{ [英寸]} = 0.0254 \text{ m}$$

令  $H_T$  表示以 [英寸] 为单位的等板当量高度、 $H'_T$  表示以 m 为单位的等板当量高度，则

$$H_T = \frac{H'_T}{0.0254} \quad (\text{a})$$

又查出

$$1 \text{ [磅]} = 0.4536 \text{ kg}$$

$$1 \text{ [英尺]} = 0.3048 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} 1 \left[ \frac{\text{磅}}{\text{英尺}^2 \cdot \text{时}} \right] &= 1 \left[ \frac{\text{磅}}{\text{英尺}^2 \cdot \text{时}} \right] \left[ \frac{0.4536 \text{ kg}}{\text{磅}} \right] \left[ \frac{\text{英尺}}{0.3048 \text{ m}} \right]^2 \\ &= 4.883 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \end{aligned} \quad (\text{b})$$

令  $G$  表示以 [磅/英尺<sup>2</sup>·时] 为单位的质量流速、 $G'$  表示以 kg/(m<sup>2</sup>·h) 为单位的质量流速，则

$$G = \frac{G'}{4.883} \quad (\text{c})$$

令  $D$  表示以 [英寸] 为单位的直径、 $D'$  表示以 m 为单位的直径，则

$$D = \frac{D'}{0.0254} \quad (\text{c})$$

令  $Z$  表示以 [英尺] 为单位的填料层高度、以  $Z'$  表示以 m 为单位的填料层高度，则

$$Z = \frac{Z'}{0.3048} \quad (\text{d})$$

又知

$$1 \text{ [克/厘米}^3\text{]} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

令  $\rho$  表示以 [克/厘米<sup>3</sup>] 为单位的密度、以  $\rho'$  表示以 kg/m<sup>3</sup> 为单位的密度, 则

$$\rho = \frac{\rho'}{1000} \quad (e)$$

又查出

$$1 \text{ [厘泊]} = 1 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

令  $\mu$  表示以 [厘泊] 为单位的粘度、 $\mu'$  表示以 Pa·s 为单位的粘度, 则

$$\mu = \frac{\mu'}{1 \times 10^{-3}} \quad (f)$$

第一组数据中  $c_1 = 2.1$ 、 $c_2 = -0.37$  及  $c_3 = 1.24$ 。

将式 a、式 b、式 c、式 d 及式 e 代入题给经验公式得

$$\frac{H'_T}{0.0254} = 2.1 \left( \frac{G'}{4.883} \right)^{-0.37} \left( \frac{D'}{0.0254} \right)^{1.24} \left( \frac{Z}{0.3048} \right)^{1/3} \\ \times \frac{\frac{a\mu'}{1 \times 10^{-3}}}{\frac{\rho'}{1000}}$$

整理上式并略去上标得

$$H_T = 1.35 \times 10^7 G^{-0.37} D^{1.24} Z^{1/3} \frac{a\mu}{\rho}$$

兹将各组换算出的  $c_1$  值列于下:

填料型式	填料尺寸 mm	$c_1$	$c_2$	$c_3$
陶磁拉西环	10	$1.35 \times 10^7$	-0.37	1.24
	13	$4.48 \times 10^7$	-0.24	1.24
	25	$0.24 \times 10^7$	-0.1	1.24
鞍形填料	13	$2.55 \times 10^7$	-0.45	1.11
	25	$0.211 \times 10^7$	-0.14	1.11

中的蜡，每小时废蜡纸处理量为 200kg，其中含 25%\* 的蜡及 75% 的纸。循环使用过的煤油中含 3% 的蜡。操作达到稳定后，由实验分析出处理过的纸上沾有 11.3% 煤油，此外还含有 0.199% 蜡，余下的为纸。同时还测得用过的煤油中含蜡量增加到 40.26%（常称这部分煤油为萃取液）。试求每小时：

1. 从废蜡纸中提出蜡的质量；
2. 循环煤油的消耗量；
3. 获得的萃取液质量。

解 依题意画出流程图，如本题附图所示。

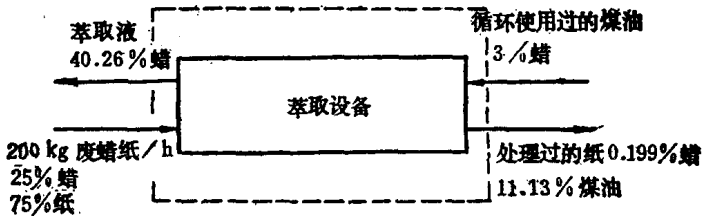


图 0-1 习0-8附图

1. 每小时从废蜡纸中提出蜡的质量

废蜡纸中含纯纸的质量 =  $200 \times 0.75 = 150 \text{kg 纯纸/h}$

废蜡纸中蜡对纯纸的质量比 =  $25/75 = 0.3333 \text{kg 蜡/kg 纸}$

处理过的纸中蜡对纯纸的质量比 =  $\frac{0.199}{(100 - 0.199 - 11.3)} =$

$0.00225 \text{kg 蜡/kg 纯纸}$

每小时提出蜡的质量 =  $150(0.3333 - 0.00225) = 49.66 \text{kg 蜡/h}$

2. 每小时循环煤油的消耗量

基准 1 h

范围 图中虚线

\* 根据《化工原理例题与习题》的规定，如不特别指明，混合液体与混合固体中组分的浓度指的是质量分率，理想混合气体的浓度指的是体积分率，以后的计算中不再说明。

$$\text{每小时获得处理过的纸的质量} = \frac{150}{100 - (0.199 + 11.3)} \times 100 =$$

169.5kg处理过的纸/h

令:  $W_1$ ——每小时消耗的循环煤油数量, kg/h

$W_2$ ——每小时获得的萃取液数量, kg/h

在虚线范围内分别列总物料及蜡的衡算, 得

$$200 + W_1 = 169.5 + W_2$$

及  $200 \times 0.25 + 0.03W_1 = 169.5 \times 0.00199 + 0.4026W_2$

联立上二式, 解得

每小时循环煤油的消耗量  $W_1 = 100.3\text{kg/h}$

3. 每小时获得的萃取液数量

由上面联立方程式解得

每小时获得的萃取液量  $W_2 = 130.8\text{kg/h}$

0-9 采用逆渗透器进行海水淡化, 其流程如本题附图所示。逆渗透器可以看作是将海水分离成淡水和废盐水的装置。各流股的数量及浓度已在图中标出。试求:

1. 淡化水的生产率;
2. 回流的废盐水在排出的废盐水中占的分率。

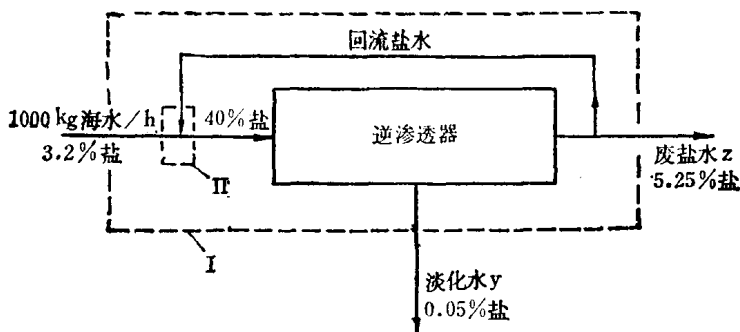


图 0-2 习0-9附图

解 令:

每小时回流量 =  $x$  kg/h

每小时淡化水生产率 =  $y$  kg/h

每小时废盐水排出率 =  $z$  kg/h

基准 1 h

在图中虚线范围 I 内分别列总物料及盐分的衡算, 得

$$1000 = z + y$$

及  $1000 \times 0.032 = 0.0525z + 0.0005y$

联立上二式, 解得

$$y = 349.23 \text{ kg/h}$$

$$z = 605.77 \text{ kg/h}$$

再在图中虚线范围 II 内列盐的衡算, 得

$$1000 \times 0.032 + 0.0525x = (100 + x) \times 0.4$$

解得回流量为

$$x = 640 \text{ kg/h}$$

故回流的废盐水在排出的废盐水中所占的分率为

$$\frac{640}{640 + 605.77} \times 100\% = 51.4\%$$

0-10 燃料油燃烧后产生的气体 (称为烟道气) 的干基\*成分为: 12.9%  $\text{CO}_2$ 、3.8%  $\text{O}_2$ 、83.3%  $\text{N}_2$ 。烟道气的温度为 566K, 绝对压强为 102.1kN/m<sup>2</sup>。当地的气压为 101.33kN/m<sup>2</sup>、温度为 293K。空气中含有水分很少, 可以略去不计。

假设燃料油中只含碳和氢, 即略去油中含有的其它微量元素。

试求:

1. 过量空气在空气总消耗量中占的分率;
2. 烟道气的湿基成分;
3. 油中含碳的分率;
4. 燃烧1kg油的空气耗用量。

解 基准 100kmol (干基) 烟道气

范围 燃烧全过程

\* 烟道气中除含  $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$  及  $\text{N}_2$  外, 还含有水汽, 本题中给出的气体成分没有将水汽计算在内, 用这种方法表示的浓度称为干基。若将水分计入则称为湿基。

## 1. 过剩空气在空气总消耗量中占的分率

烟道气中的 $N_2$ 完全来自空气，故空气总消耗量为

$$\frac{0.833}{0.79} \times 100 = 105.4 \text{ kmol 空气}$$

因为空气用量过剩，致使烟道气中有氧存在，其量为

$$100 \times 0.038 = 3.8 \text{ kmol } O_2$$

故过剩空气量为

$$\frac{3.8}{0.21} = 18.1 \text{ kmol 过剩空气}$$

过剩空气在空气总消耗量中占的分率为

$$\frac{18.1}{105.4} \times 100\% = 17.2\%$$

## 2. 烟道气的湿基组成

空气总消耗量中氧的含量 =  $105.4 \times 0.21 = 22.13 \text{ kmol } O_2$

干基烟道气中氧的含量 =  $100 \times 0.129 + 100 \times 0.038 = 16.7 \text{ kmol}$

$O_2$

两者算出的氧不相符，这部分相差的氧必与油中的氢化合而成水汽，故生成的水汽量为

$$(22.13 - 16.7) \times 2 = 10.86 \text{ kmol 水汽}$$

烟道气总量 =  $100 + 10.86 = 110.86 \text{ kmol 烟道气}$

烟道气的湿基成分为：

$$H_2O: \quad \frac{10.86}{110.86} \times 100\% = 9.8\%$$

$$CO_2: \quad \frac{12.9}{110.86} \times 100\% = 11.6\%$$

$$O_2: \quad \frac{3.8}{110.86} \times 100\% = 3.4\%$$

$$N_2: \quad \frac{83.3}{110.86} \times 100\% = 75.2\%$$

$$\Sigma = 100\%$$



## 3. 油中含碳的分率

水汽中的氢完全来自燃料油，油中含氢量为

$$10.86 \times 2 = 21.72 \text{ kgH}_2$$

油中含碳量 =  $100 \times 0.129 \times 12 = 154.8 \text{ kg C}$

$$\text{油中含碳的分率} = \frac{154.8}{154.8 + 21.72} \times 100\% = 87.7\%$$

## 4. 燃烧1kg油的空气耗用量

油的总消耗量 =  $154.8 + 21.72 \approx 177 \text{ kg油}$

燃烧1kg油的空气用量为

$$105.4 \times 22.4 \times \frac{293}{273} \times \frac{1}{177} = 14.32 \text{ m}^3 \text{ 空气/kg油}$$

## 5. 燃烧1kg油产生的烟道气体积

$$110.86 \times 22.4 \times \frac{566}{273} \times \frac{101.33}{102.1} \times \frac{1}{177} = 28.9 \text{ m}^3 \text{ 烟道气/kg油}$$

## 6. 烟道气中水汽的分压

$$\frac{10.86}{110.86} \times 102.1 = 10 \text{ kN/m}^2$$

0-11 某悬浮液中含有10%固体及90%水分，经过过滤后，获得的滤渣成分为：65%固体，余下的为水。假设滤出的水分（称为滤液）中不含固体，全部固体都留在滤渣中。当滤出 $1 \text{ m}^3$ 水分时，求相应的滤渣体积。

已知固体的密度为 $3200 \text{ kg/m}^3$ 、水的密度为 $1000 \text{ kg/m}^3$ 。

解 过滤过程中固体在原料中的量与在滤渣中的量一样，故可以固体为衡算对象。

基准  $1 \text{ m}^3$  滤液

范围 操作全过程

设每得到 $1 \text{ m}^3$ 滤液时，原料中固体量（即滤渣中固体量）为 $W \text{ kg}$ ，

$$\text{原料中水分对固体质量之比} = \frac{0.9}{0.1} = 9$$