

碳酸丙烯酯 (PC) 脱碳填料塔的工艺设计

xxx工程技术大学

学 校

—

学 号

姓 名

—

专 业

制 药 工 程

目 录

第一部分	碳酸丙烯酯 (PC) 脱碳填料塔的工艺设计任务书	4
一、	设计题目	4
二、	操作条件	1
三、	设计内容	4
四、	基础数据	4
第二部分	50500t/a 合成氨碳酸丙烯酯 (PC) 脱碳填料塔设计	
	工艺计算书	
一、	计算前的准备	6
1.	CO ₂ 在 PC中的溶解度关系	;
2.	PC 密度与温度的关系	8
3.	PC 蒸汽压的影响	8
4.	PC 的 粘 度	8
5.	其它物性将在后续计算中给出	8
二、	物料衡算	8
1.	各组分在PC中的溶解量	8
2.	溶剂夹带量Nm ³ /m ³ PC	9
3.	溶液带出的气量Nm ³ /m ³ PC	9
4.	出脱碳塔净化气量	9
5.	计算PC循环量	10
6.	验算吸收液中CO ₂ 残量为0.15 Nm ³ /m ³ PC时净化气中CO ₂ 的 含量	10
7.	出塔气体的组成	10
三、	热量衡算	10
1.	混合气体的定压比热容C _p ,	11
2.	液体的比热容C _p ,	11
3.	CO ₂ 的溶解热Q,	12

4. 出塔溶液的温度T_____ -

12

5. 最终的衡算结果汇总	14
四、设备的工艺与结构尺寸的设计计算	15
(一) 确定塔径及相关参数	15
1. 采用 Eckert 通用关联图法求取泛点气速 u , 并确定操作气速——	15
(1) 选用 Eckert 通用关联图法求解 u	15
(2) 选用 Bain - Hougen 关联式求解 u	15
2. 求取塔径——	16
3. 核算操作气速——	16
4. 核算径比 ——	16
5. 校核喷淋密度 ——	16
五、填料层高度的计算——	16
1. 用气相浓度 y 计算出对应的 x 值 ——	17
2. 计算各分点截面处的气液相流率——	17
3. 计算各分点截面处的传质系数——	17
4. 作 CO_2 在 PC 中的相平衡曲线 ——	19
5. 气相总传质单元数 N_{oc} ——	20
6. 气相总传植单元高度 H_{oc} ——	21
7. 填料层的有效传质高度——	22
六、填料层的压降——	22
参考文献——	

化工原理课程设计任务书

碳酸丙烯酯 (PC) 脱碳填料塔的工艺设计

一、设计题目

设计一座碳酸丙烯酯 (PC) 脱碳填料塔，要求年产合成氨50500Yt/a。

二、操作条件

1. 每吨氨耗变换气取4300Nm³ 变换气/t 氨；

2. 变换气组成为： CO₂:28.0;CO:2.5;H₂:47.2;N₂:22.3。 (均为体积%，下同。
其

它组分被忽略)；

3. 要求出塔净化气中 CO₂ 的浓度不超过0.5%；

4.PC 吸收剂的入塔浓度根据操作情况自选；

5. 气液两相的入塔温度均选定为30℃；

6. 操作压强为1.6MPa;7. 年工作日330天，每天24小时连续运行。

三、设计内容

1. 设计方案的确定及工艺流程的说明
2. 填料吸收塔的工艺计算
3. 塔和塔板主要工艺结构的设计计算
4. 填料吸收塔附属结构的选型与设计
5. 塔的工艺计算结果汇总一览表
6. 吸收塔的工艺流程图
7. 填料吸收塔与液体再分布器的工艺条件图
8. 对本设计的评述或对有关问题的分析与讨论。

四、基础数据

1. 碳酸丙烯酯 (PC) 的物理性质

正常沸点，(℃)	蒸汽压×133.32 Pa		粘度，mPa·s		分子量
	30℃	38℃	20℃	50℃	

204					102.09
	0.1	0.24	2.76	1.62	
温度, (°C)	0	15	25	40	55
p (kg/m ³)	1224	1207	1198	1184	1169

2. 比热计算式 $c_p=1.39+0.00181(t-10)\text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$

3. CO₂ 在碳酸丙烯酯 (PC) 中的溶解度

温度t, (°C)	25	26.7	37.8	40	50
亨利系数E×101.3-kPa	81.13	81.7	101.7	103.5	120.8

4. CO₂ 在碳酸丙烯酯 (PC) 中的溶解热

可近似按下式计算(以AH_{co}, 表示)

$$AH_o, = (4.59B;) \times 4.187 \text{KJ/kmol}, B, = 676$$

5. 其他物性数据可查化工原理附录。

50500t/a合成氨碳酸丙烯酯 (PC) 脱碳填料塔设计

工艺计算书

设计依据:

吸收是利用各组分溶解度的不同而分离气体混合物的操作。混合气体与适当的液体接触, 气体中的一个或几个组分便溶解于液体中而形成溶液, 于是原组分的一分离。对与此题中的易溶气体是CO₂

依题意: 年工作日以330天, 每天以24小时连续运行计, 有:

合成氨: 50500t/a=153.0t/d=6.38t/h

变换气: 4300m³ (标)变换气/t 氨(简记为Nm³/t)

变换气组成及分压如下表

进塔变换气	CO ₂	CO	H ₂	N ₂	合计
体积百分数, %	28.0	2.5	47.2	22.3	100
组分分压, MPa	0.448	0.040	0.755	0.357	1.600
组分分压, kgf/cm ²	4.568	0.408	7.701	3.638	16.32

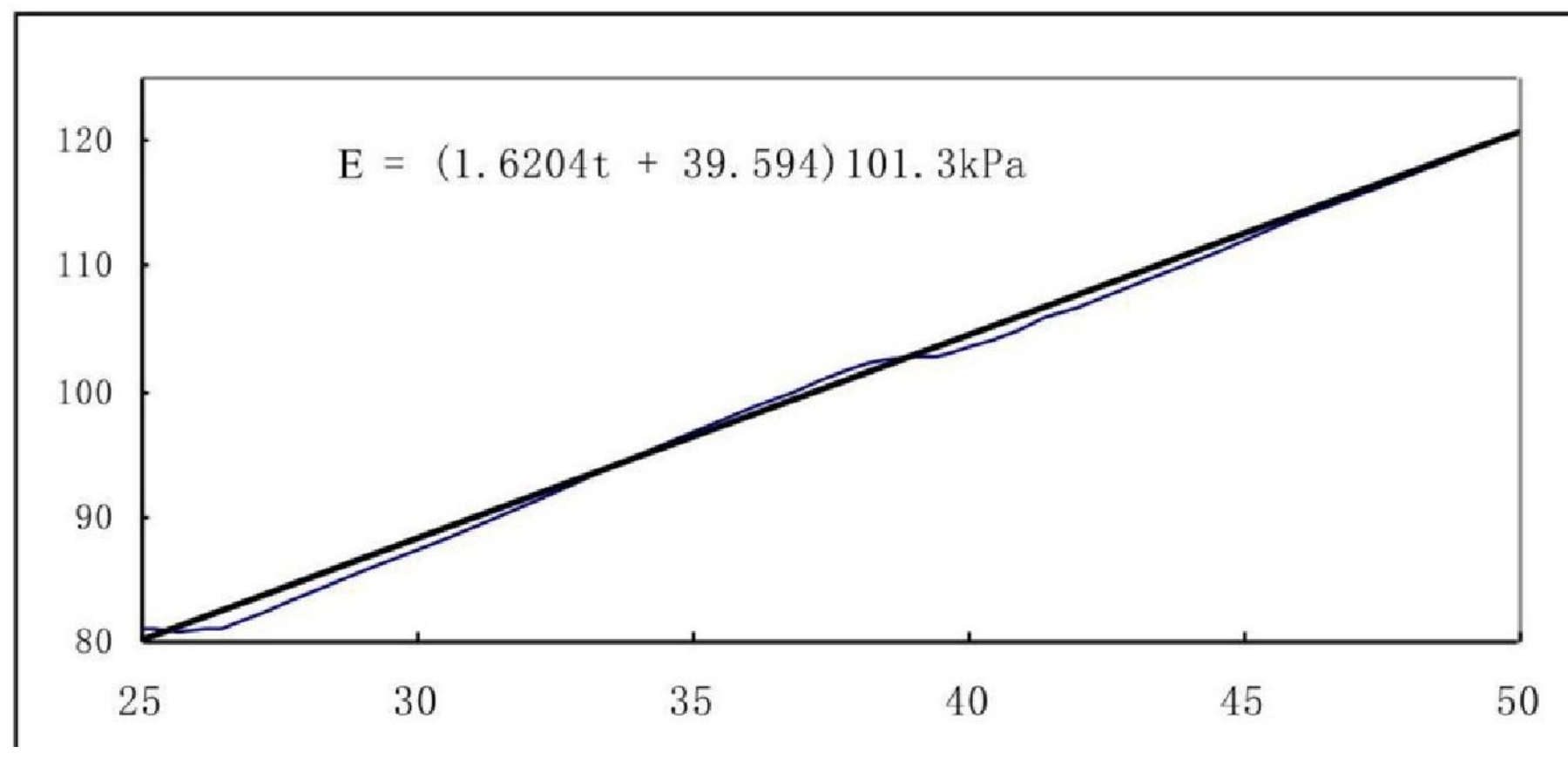
一、计算前的准备

1.CO₂ 在 PC 中的溶解度关系

根据CO₂ 在碳酸丙烯酯的溶解度数据

温度t, (°C)	25	26.7	37.8	40	50
亨利系数E×101.3' kPa	81.13	81.7	101.7	103.5	120.8

作图得：亨利系数与温度近似成直线，且 $E=(1.6204t+39.594) \times 101.3\text{kPa}$



因为高浓度气体吸收，故吸收塔内 CO_2 的溶解热不能被忽略。现假设出塔气体的温度为 $T_2=35^\circ\text{C}$ ，出塔液体的温度为 $T=40^\circ\text{C}$ ，并取吸收饱和度(定义为出塔溶液浓度对其平衡浓度的百分数)为70%，然后利用物料衡算结合热量衡算验证上述温度假设的正确性

在 40°C 下， CO_2 在PC中的亨利系数 $E_{40}=103.5 \times 101.3 \text{ kPa}=10485 \text{ kPa}$

出塔溶液中 CO_2 的浓度(可以验证其满足亨利定律)

$$x_1=0.7x=0.7(p/E)=0.7(448/10485)=0.7(0.0427)=0.0299 \quad (\text{摩尔分数})$$

根据吸收温度变化的假设，在塔内液相温度变化不大，可取平均温度 35°C 下的 CO_2 在PC中溶解的亨利系数作为计算相平衡关系的依据。即：

$$E_{35}=(1.6204 \times 35 + 39.594) \times 101.3 = 9756 \text{ kPa}$$

另外，有人关联出了 CO_2 在PC中溶解的相平衡关系，即：

$$\log X_{\text{CO}_2} = \log p_{\text{CO}_2} + \frac{644.25}{T} - 4.112$$

式中： X_0 ，为摩尔比， $\text{kmolCO}_2/\text{kmolPC}$ ； p_{CO_2} ，为 CO_2 的分压， kgf/cm^2 ； T

为热力学温度，K。

用上述关联式计算出塔溶液中 CO_2 的浓度有

$$\log X_{\text{CO}_2} = \log 4.568 + \frac{644.25}{313.15} - 4.112 = -1.395$$

$$X_0=0.0402 \text{ kmolCO}_2/\text{kmolPC}$$

$$x_1 = 0.7x_1^* = 0.7 \times \frac{X_{\text{CO}_2}}{1 + X_{\text{CO}_2}} = 0.7(0.0386) = 0.0271$$

与前者结果相比要小，为安全起见，本设计取后者作为计算的依据。

或者采用 $\log x_{\text{CO}_2} = \log p_{\text{CO}_2} + \frac{726.90}{T} - 4.3848$ 计算。

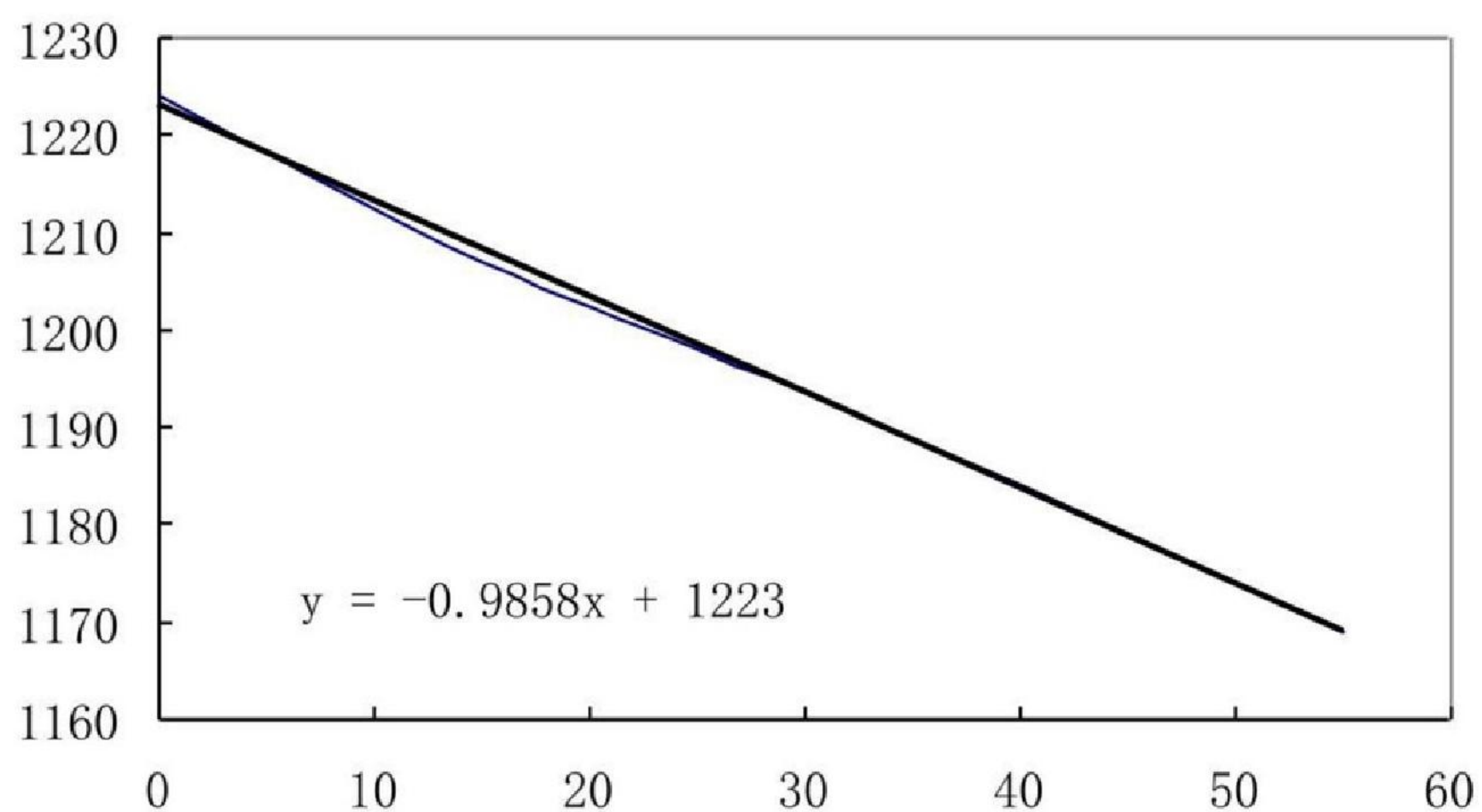
上式中： x_{CO_2} 为摩尔分率； P_0 为 CO_2 的分压，atm； T 为PC液的热力学温度，K。

2. PC 密度与温度的关系

利用题给数据作图，得密度与温度的关联表达式为

$$p = 1223 - 0.9858t \quad (\text{式中 } t \text{ 为温度, } ^\circ\text{C}; p \text{ 为密度, kg/m}^3)$$

温度, ($^\circ\text{C}$)	0	15	25	40	55	
(kg/m^3)	1224	1207	1198	1184	1169	



3. PC 蒸汽压的影响

从题给数据知，PC 蒸汽压与操作总压及 CO_2 的气相分压相比均很小，故可忽略。

4. PC 的粘度

$$\log \mu = -0.822 + \frac{185.5}{T - 153.1} \quad \text{mPa} \cdot \text{s} \quad (T \text{ 为热力学温度, K})$$

5. 其它物性将在后续计算中给出。

二、物料衡算

1. 各组分在PC 中的溶解量

查各组分在操作压力为1.6MPa、操作温度为40℃下在PC 中的溶解度数据，
并取其相对吸收饱和度均为70%，将计算所得结果列于下表(亦可将除 CO₂ 以

外的组分视为惰气而忽略不计，而只考虑CO₂的溶解)：

组分	CO ₂	CO	H ₂	N ₂	合计
组分分压, MPa	0.448	0.040	0.755	0.357	1.60
溶解度, Nm ³ /m ³ PC	10.44	0.016	0.223	0.223	10.90
溶解量, Nm ³ /m ³ PC	7.203	0.011	0.156	0.156	7.526
溶解气所占的百分数%	95.71	0.15	2.07	2.07	100.00

说明：进塔吸收液中CO₂的残值取0.15Nm³/m³PC，故计算溶解量时应将其扣除。其他组分本身溶解度就很小，经解吸后的残值完全可被忽略。

CO₂溶解量的计算如下：

前已算出CO₂在40℃的平衡溶解度 $X_{CO_2} = 0.0402 \text{ kmol CO}_2 / \text{kmol PC}$

$$X_{CO_2} = 0.0402 \text{ kmol CO}_2 / \text{kmol PC} = \frac{0.0402 \times 22.4}{102.09 / 1184} = 10.44 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$$

式中：1184为PC在40℃时的密度，102.09为PC的相对摩尔质量。

CO₂的溶解量为 $(10.44 - 0.15) \times 0.7 = 7.203 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$

2. 溶剂夹带量Nm³/m³PC

以0.2 Nm³/m³PC计，各组分被夹带的量如下：

$$\text{CO}_2: 0.2 \times 0.28 = 0.056 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$$

$$\text{CO}: 0.2 \times 0.025 = 0.005 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$$

$$\text{H}_2: 0.2 \times 0.472 = 0.0944 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$$

$$\text{N}_2: 0.2 \times 0.223 = 0.0446 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$$

3. 溶液带出的气量Nm³/m³PC

为夹带量与溶解量之和 Nm³/m³PC

$$\text{CO}_2: 0.056 + 7.203 = 7.259$$

$$\text{CO}: 0.005 + 0.011 = 0.016 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$$

$$\text{H}_2: 0.0944 + 0.156 = 0.250 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$$

$$\text{N}_2: 0.0446 + 0.156 = 0.201 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ PC}$$

	0.21%	2.60%
93.96%	3.24%	
	7.726 Nm ³ /m ³ PC	100%

4. 出脱碳塔净化气量

以 V_1 、 V_2 、 V_3 分别代表进塔、出塔及溶液带出的总气量，以 y_1 、 y_2 、 y_3 分别代表 CO_2 相应的体积分数，对 CO_2 作物料衡算有：

$$V_1 = V_2 + V_3$$

$$V_1 y_1 = V_2 y_2 + V_3 y_3$$

联立两式解之得

$$V_3 = V(y_1 - y_2) / (y_3 - y_2) = 4300 \times 6.38(0.28 - 0.005) / (0.9396 - 0.005) = 8072 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$V_2 = V_1 - V_3 \text{ Nm}^3/\text{h} = 19362 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

5. 计算 PC 循环量

因每 $1 \text{ m}^3 \text{ PC}$ 带出 CO_2 为 7.259 Nm^3 ，故有：

$$L = V_3 y_3 / 7.259 = 8072 \times 0.9396 / 7.259 = 1045 \text{ m}^3/\text{h}$$

操作的气液比为 $V_1/L = 27434/1045 = 26.25$

6. 验算吸收液中 CO_2 残量为 $0.15 \text{ Nm}^3/\text{m}^3 \text{ PC}$ 时净化气中 CO_2 的含量

取脱碳塔阻力降为 0.3 kgf/cm^2 ，则塔顶压强为 $16.32 - 0.3 = 16.02 \text{ kgf/cm}^2$ ，此时 CO_2 的分压为 $p_{\text{CO}_2} = 16.02 \times 0.005 = 0.0801 \text{ kgf/cm}^2$ ，与此分压呈平衡的 CO_2 液相

浓度为：

$$\log X_{\text{CO}_2} = \log 0.0801 + \frac{644.25}{303.15} - 4.112 = -3.083$$

$$X_{\text{CO}_2} = 0.0008257 \text{ kmol CO}_2/\text{kmol PC}$$

$$= \frac{0.0008257 \times 22.4}{102.09/1193}$$

$$= 0.216 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3 \text{ PC} > 0.15 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3 \text{ PC}$$

式中：1193为吸收液在塔顶 30°C 时的密度，近似取纯PC液体的密度值。计算结果表明，要使得出塔净化气中 CO_2 的浓度不超过0.5%，则入塔吸收液中 CO_2 的极限浓度可达 $0.216 \text{ Nm}^3/\text{m}^3 \text{ PC}$ ，本设计取值正好在其所要求的范围之内，故

选取值满足要求。

7. 出塔气体的组成

出塔气体的体积流量应为入塔气体的体积流量与 PC 带走气体的体积流量之差。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/777200053101006063>