

化学反应工程

第一章 绪论

本章内容

- ① 反应工程学的历史及发展
- ② 反应工程的应用
- ③ 相关概念
- ④ 反应器的类型与操作方式
- ⑤ 反应器设计的基本方程
- ⑥ 工业反应器的设计方法

1.1 反应工程学的历史及发展

20世纪30年代 --丹克莱尔 (Damhöhler)

--梯尔 (Thiele) 和史尔多维奇
(З е л ь д о в и ч)

20世纪40年代末--霍根 (Hougen) 和华生 (Waston)

法兰克-卡明斯基 (Ф р а н к -
К а м е н е ц и й)

化学反应与传递现象的相互关系

1.1 反应工程学的历史及发展

1957年 -- 首次使用“化学反应工程”术语
Amsterdam, ESCRE_▶▶

60年代 -- 快速发展期

石油化工的大发展

计算机的发展与应用

80年代 -- 形成新的分支:

生化反应工程

聚合反应工程

电化学反应工程



1.2 反应工程的应用

👉 反应动力学

反应模式

速率方程

活化能

👉 反应器的设计与分析

各因素 (T, P, C) 的变化规律

最佳工况

1.3 化学反应的转化率和收率

1.3.1 反应进度 ξ



$$(n_A - n_{A0}) : (n_B - n_{B0}) : (n_R - n_{R0}) = \nu_A : \nu_B : \nu_R$$

$$\text{即: } \frac{n_A - n_{A0}}{\nu_A} = \frac{n_B - n_{B0}}{\nu_B} = \frac{n_R - n_{R0}}{\nu_R} = \xi$$

$$\text{普遍化: } n_i - n_{i0} = \nu_i \xi$$

$$\text{对多个反应: } n_i - n_{i0} = \sum_{j=1}^M \nu_{ij} \xi_j$$

1.3 化学反应的转化率和收率

1.3.2 转化率 X

$$X = \frac{\text{某一反应物的转化量}}{\text{该反应的起始量}}$$

注意：① 按关键组分计
② 反应物的起始态

$$X = -\frac{\nu_i \xi}{n_{i0}}$$

1.3 化学反应的转化率和收率

1.3.3 收率 Y 与选择性 S

$$Y_R = \left| \frac{v_A}{v_R} \right| \frac{\text{反应产物的生成量}}{\text{关键组分的起始量}}$$

或：
$$Y = \frac{\text{生成某一产物所消耗的关键组分量}}{\text{关键组分的起始量}}$$

$$S = \frac{\text{生成目的产物所消耗的关键组分量}}{\text{已转化的关键组分量}}$$

$$Y = S \cdot X$$

1.3 化学反应的转化率和收率

例1

进入SO₂氧化器的气体组成（摩尔分数）为：

SO₂: 3.07 %; SO₃: 4.6 %;

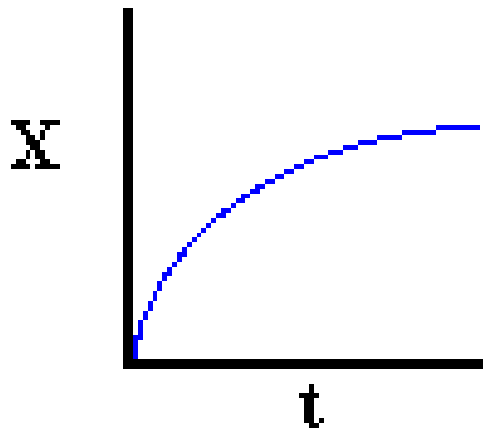
O₂: 8.44 %; N₂: 83.89 %

离开反应器的气体中SO₂的含量为1.5 %，试计算SO₂的转化率。

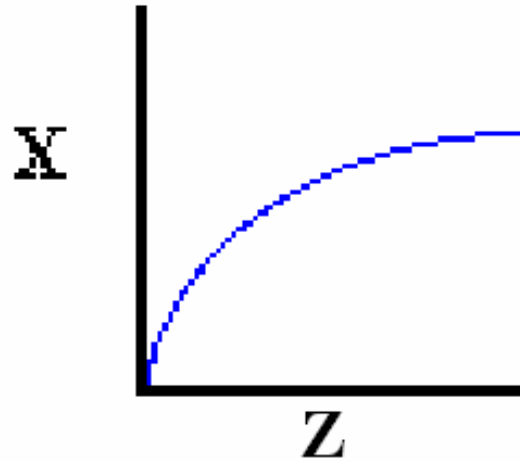


1.4 反应器的类型

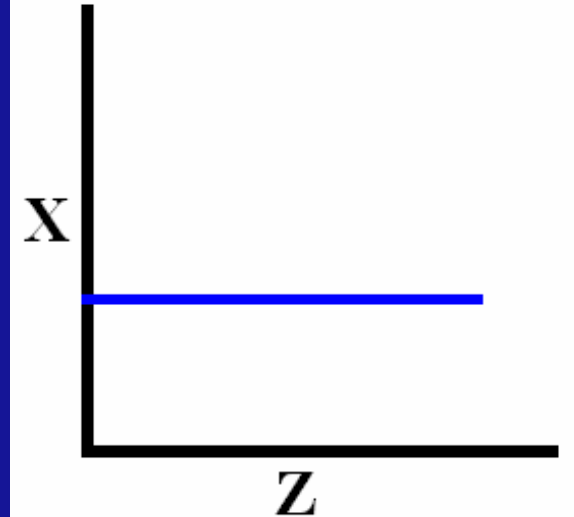
1.5 反应器的操作方式



间歇操作
(batch reactor, BR)



连续操作
(F reactor, PFR)



连续操作
(continuous stirred
tank reactor, CSTR)

1.6 反应器设计的基本方程

质量衡算：

$$\begin{aligned} & \text{(关键组分i 的输入速率)} = \\ & \quad \text{(i 的输出速率)} + \text{(i 的转化速率)} + \text{(i 的累积速率)} \end{aligned}$$

热量衡算：

$$\begin{aligned} & \text{(输入的热量)} = \\ & \quad \text{(输出的热量)} + \text{(反应热)} + \text{(累积的热量)} \end{aligned}$$

1.7 工业反应器的放大

