

# 第3篇 质量传输

## 第13章 质量传输的基本概念和传质微分方程

### 13.1 浓度、速度、扩散通量密度

### 13.2 扩散系数

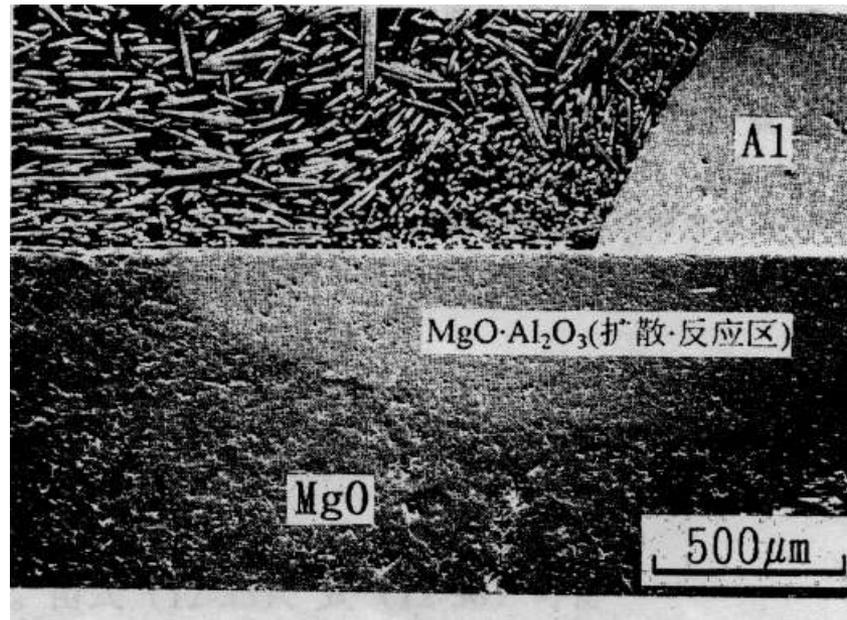
### 13.3 传质微分方程

### 13.4 定解条件

# 第13章 质量传输的基本概念和传质微分方程

质量传输: 物质从物体或空间的某一部分转移到另一部分的现象，简称传质。

传质推动力: 浓度差或浓度梯度。



在1333K温度下Al扩散进入MgO陶瓷的试样断面图（电镜照片）

# 第13章 质量传输的基本概念和传质微分方程

传质有两种基本方式:

## 1. 分子传质: 由分子运动引起的传质。

从本质来说, 它是依赖微观粒子的随机的分子运动所引起的, 当体系存在浓度差时, 浓度大的分子破坏了均衡态而导致了分子的定向运动, 促进浓度大的区域的分子向浓度小的区域, 从而达到浓度一致, 完成质量传输的过程。

## 2. 对流传质: 由流体流动引起的传质。

它也是依赖微观粒子的随机的分子运动所引起的。不过这种传质主要发生在流动介质不同浓度之间, 发生在流体内部, 或流体与固体壁面之间, 此时对流传质求解将涉及到流体流动形态及速度分布等因素。

# 13.1 浓度、速度、扩散通量密度

## 1. 浓度

### (a) 质量浓度

质量浓度 $\rho_i$ ——单位体积混合物中含*i*组分的质量

$$\rho_i = \frac{m_i}{V} \quad (\text{kg/m}^3)$$

含*n*个组分的混合物的总质量浓度为：

$$\rho = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n m_i = \sum_{i=1}^n \rho_i \quad (\text{kg/m}^3)$$

# 13.1 浓度、速度、扩散通量密度

## (b) 质量分数

质量浓度 $w_i$ —— $i$ 组分的质量与混合物的质量之比

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{\rho_i}{\rho} \quad \%$$

体系中各组分的质量分数之和为1，即

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

# 13.1 浓度、速度、扩散通量密度

## (c) 量浓度

量浓度  $c_i$  —— 单位体积混合物中含  $i$  组分的物质的量

$$c_i = \frac{\rho_i}{M_i} \quad (\text{mol/m}^3)$$

$M_i$  —— 组分  $i$  的分子量 (kg/mol)

$n$  个组分混合物总质量的量浓度:

$$c = \sum_{i=1}^n c_i \quad (\text{mol/m}^3)$$

# 13.1 浓度、速度、扩散通量密度

## (d) 摩尔分数

摩尔分数 $x_i$ ——混合物中所含 $i$ 组分的物质的量与混合物物质的量之比。

$$x_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} = \frac{C_i}{C}$$

体系中各组分的摩尔分数之和为1，即

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

# 13.1 浓度、速度、扩散通量密度

## (e) 气体

对于满足理想气体状态方程的气体混合物，可用压力来表示。

$$p_i V = n_i RT$$

$$p_i = \frac{n_i}{V} RT = c_i RT$$

$$x_i = \frac{c_i}{c} = \frac{p_i / RT}{p / RT} = \frac{p_i}{p}$$

# 13.1 浓度、速度、扩散通量密度

## 质量分数与摩尔分数之间的关系

$$\begin{aligned} w_i &= \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{\rho_i}{\rho} = \frac{\rho_i}{\sum_{i=1}^n \rho_i} \\ &= \frac{c_i M_i}{\sum_{i=1}^n c_i M_i} = \frac{c x_i M_i}{\sum_{i=1}^n c x_i M_i} = \frac{x_i M_i}{\sum_{i=1}^n x_i M_i} \end{aligned}$$

$$x_i = \frac{\rho_i / M_i}{\sum_{i=1}^n \rho_i / M_i}$$

# 13.1 浓度、速度、扩散通量密度

(a) **组分i的绝对速度 $v_i$** ——组分i的实际移动速度

(参考系为静止坐标系)

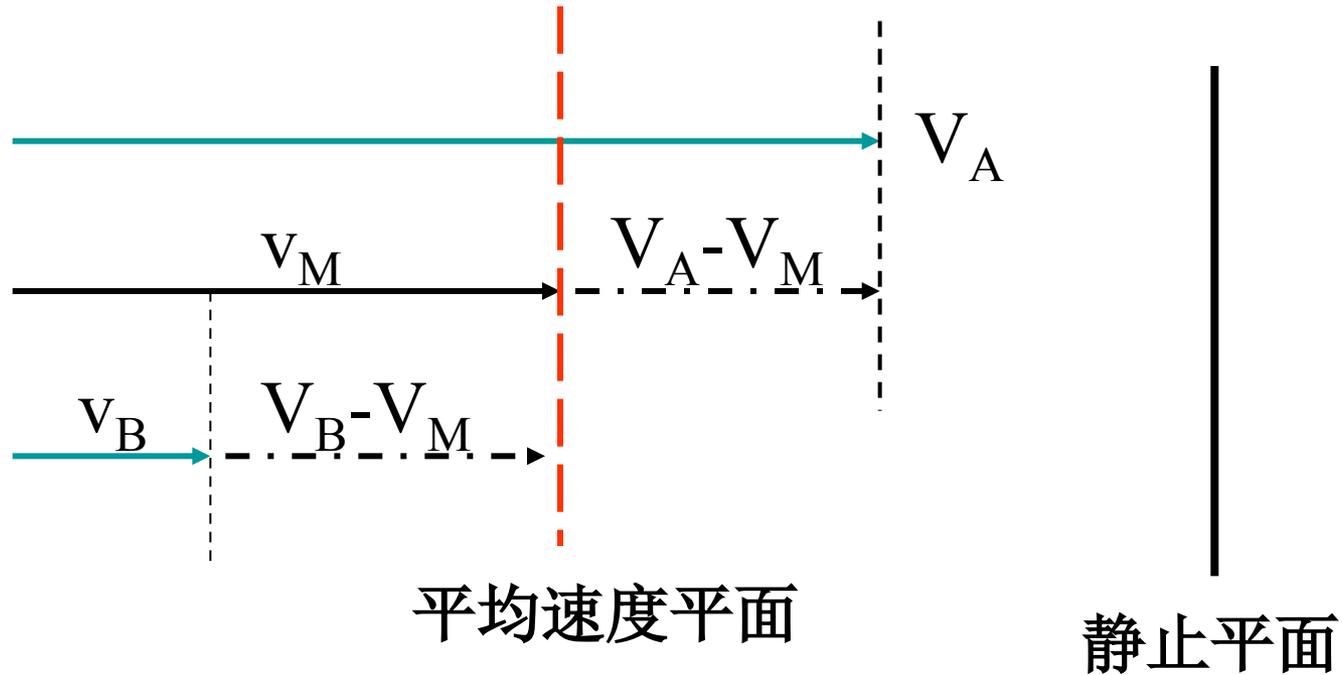
质量传输过程中涉及物质的迁移，通常将导致混合物的宏观流动。由于混合物中各组元的移动速度不同需要定义混合物主体流动的平均速度，以A、B二组元混合物为例，其主体平均速度为：

(b) **混合物的平均速度**

$$\text{质量平均速度: } v = \frac{1}{\rho}(\rho_A v_A + \rho_B v_B) \quad \rho = \rho_A + \rho_B$$

$$\text{摩尔平均速度: } v_M = \frac{1}{c}(c_A v_A + c_B v_B) \quad c = c_A + c_B$$

## 13.1 浓度、速度、扩散通量密度



混合物的平均速度为各组分所共有。

(c) **组元i的扩散速度**——组分i相对于混合物平均速度的移动速度  $V_i - V$  或  $V_i - V_M$ 。

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/146023242242010243>