

Na⁺-UO₂²⁺二元离子交换体系中树脂 体积发生变化时的动力学

宋胤杰 杨清东 赵爱民

(兰州大学现代物理系, 兰州 730000)

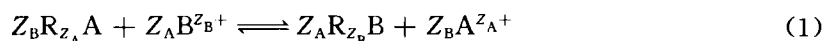
提出了 Na⁺-UO₂²⁺二元离子交换体系中树脂体积发生变化时的动边界模型数学表达式; 探讨了不同实验条件下 Na⁺-UO₂²⁺离子交换反应机理, 计算了扩散系数。结果表明, 用此模型处理该体系的交换反应动力学是成功的。

关键词 二元体系 动边界模型 树脂体积 扩散系数

离子交换动力学研究涉及建立什么样的模型来尽可能准确地描述交换过程。除了以 Fick 定律和 Nernst-Planck 方程为基础的经典扩散模型以外, 许多作者^[1,2]报道了应用更为广泛的动边界模型。但是, 这些理论都是在假定交换过程中树脂体积保持不变的前提下得到的, 因而不能(或不能较准确地)描述以下三种体系的离子交换过程: (1) 交换剂为凝胶型弱酸性或弱碱性树脂; (2) 进行交换的反离子 A^{Z_A+} 和 B^{Z_B+} 的体积比远不等于1; (3) 离子交换反应速度较慢, 以至不能忽略树脂溶胀过程的影响。动边界模型认为, 液膜扩散、已反应层粒内扩散和未反应核界面上的化学反应, 都可能影响交换反应甚至控制整个交换过程。本文由理论推导出发, 并通过实验验证, 提出在二元离子交换反应中, 树脂体积发生变化情况时的动边界模型数学表达式。

1 原 理

对二元离子交换反应



在有限浴条件下, 树脂体积保持不变时动边界模型的动力学方程式^[1,2]为:

液膜扩散控制:

$$F_{f(t)} = \bar{X}(t) = \frac{3D_l}{c_A^0 r_0 \delta} \int_0^t c_B' dt \quad (2)$$

粒内扩散控制:

收稿日期: 1993-09-20 收到修改稿日期: 1994-11-05

$$F_{p(t)} = 1 - 3[1 - \bar{X}(t)]^{2/3} + 2[1 - \bar{X}(t)] = \frac{6\lambda D_p}{\bar{c}_A^0 r_0^2} \int_0^t c'_B dt \quad (3)$$

化学反应控制:

$$F_{c(t)} = 1 - [1 - \bar{X}(t)]^{1/3} = \frac{\lambda k_c}{r_0} \int_0^t c'_B dt \quad (4)$$

式中: $F_{j(t)}$ 、 $F_{p(t)}$ 、 $F_{c(t)}$ 分别为不同机理下树脂相 B^{Z_B+} 离子的份数, 即 $\bar{X}(t)$ 的函数; $\bar{X}(t)$ 为树脂相 B^{Z_B+} 离子的相对量, $\bar{X}(t) = Z_B \bar{c}_B / (Z_A \bar{c}_A + Z_B \bar{c}_B)$; D_l 、 D_p 分别为液膜扩散和粒内扩散系数, cm^2/s ; k_c 为化学反应速度常数, cm/s ; \bar{c}_A^0 为树脂相 A^{Z_A+} 离子的初始浓度, mol/l ; r_0 为树脂半径, cm ; δ 为液膜厚度, cm ; c'_B 为 t 时刻溶液相 B^{Z_B+} 离子的浓度, mol/l ; λ 为分配系数, 它等于平衡时树脂相与溶液相中 B^{Z_B+} 离子的浓度比。

如果在交换过程中树脂体积发生变化, 则在有限浴条件下, 动边界模型的交换动力学方程可由以下推导得出。

1.1 液膜扩散控制

对于 n 个粒度均一的 A 式球型树脂 $R_{Z_A}A$ 。当不考虑活度系数梯度和电势梯度时, 树脂相 A^{Z_A+} 离子减少的速度(亦即 B^{Z_B+} 离子增加的速度)为^[1]:

$$-\frac{d\bar{N}_A}{dt} = \frac{d\bar{N}_B}{dt} = n4\pi R^2 \frac{D_l}{\delta} (c'_B - c_B^s) \quad (5)$$

式中: \bar{N}_A 、 \bar{N}_B 分别为树脂相 A^{Z_A+} 和 B^{Z_B+} 离子的量; R 为树脂半径, 在交换过程中为一变量; c_B^s 为液膜-树脂界面上 B^{Z_B+} 离子的浓度。因为液膜扩散是其中最慢的一步, 因而可以认为 $c_B^s \approx 0$ 。于是方程(5)可简化为:

$$-\frac{d\bar{N}_A}{dt} = \frac{d\bar{N}_B}{dt} = n4\pi R^2 \frac{D_l}{\delta} c'_B \quad (6)$$

$$\text{设 } Z = \bar{V}_{en} / \bar{V}_{be} \quad (7)$$

式中: \bar{V}_{en} 为 B 式溶胀树脂的体积; \bar{V}_{be} 为交换反应开始时 A 式饱和树脂的体积。如果用 r_{en} 和 d_{en} 分别表示 B 式溶胀树脂的半径和直径, r_{be} 和 d_{be} 分别表示 A 式饱和树脂的半径和直径, 设树脂体积与树脂相 B^{Z_B+} 离子的份数 $\bar{X}(t)$ 呈线性关系, 即 $\bar{V} = \bar{V}_{be} + (\bar{V}_{en} - \bar{V}_{be})\bar{X}(t)$, 则:

$$\bar{V} = [1 + (Z - 1)\bar{X}(t)]\bar{V}_{be} \quad (8)$$

$$R = [1 + (Z - 1)\bar{X}(t)]^{1/3} r_{be} \quad (9)$$

式中, \bar{V} 为树脂体积, 在交换过程中为一变量。

将方程(9)代入方程(6)得:

$$-\frac{d\bar{N}_A}{dt} = \frac{d\bar{N}_B}{dt} = n4\pi [1 + (Z - 1)\bar{X}(t)]^{2/3} r_{be}^2 \frac{D_l}{\delta} c'_B \quad (10)$$

$$\text{又由于 } \bar{N}_A = n \frac{4}{3} \pi r_c^3 Q \quad (11)$$

式中: r_c 为树脂中心到动边界的距离(或称未反应核的半径), Q 为 t 时刻树脂的交换容量, 它与 \bar{c}_A^0 有如下关系:

$$\bar{c}_A^0 = Q[1 + (Z - 1)\bar{X}(t)] \quad (12)$$

$$\bar{X}(t) = 1 - (r_c/R)^3 \quad (13)$$

将方程(9)、(12)、(13)代入方程(11), 并将 \bar{N}_A 对 t 微分, 得:

$$-\frac{d\bar{N}_A}{dt} = n \frac{4}{3} \pi r_{bc}^3 \bar{c}_A^0 \frac{d\bar{X}(t)}{dt} \quad (14)$$

联立(10)和(14)并积分得:

$$\frac{3D_t}{\bar{c}_A^0 r_{bc}^2 \delta} \int_0^t c'_B dt = \int_0^{\bar{X}(t)} \frac{d\bar{X}(t)}{[1 + (Z-1)\bar{X}(t)]^{2/3}} \quad (15)$$

于是,在交换过程中树脂体积发生变化的动力学方程为:

$$F'_{f(t)} = \frac{D_t}{\bar{c}_A^0 r_{bc}^2 \delta} \int_0^t c'_B dt = \frac{[1 + (Z-1)\bar{X}(t)]^{1/3}}{Z-1} - \frac{1}{Z-1} \quad (16)$$

1.2 粒内扩散控制

在已反应层内, B^{Z_B+} 离子的扩散符合 Fick 定律^[2]:

$$\frac{d\bar{N}_B}{dt} = -n4\pi r^2 \bar{J}_B|_r \quad (17)$$

而

$$\bar{J}_B|_r = -D_p \frac{d\bar{c}_B}{dr} \quad (r_c \leq r \leq R) \quad (18)$$

Bischoff^[3]认为,距树脂中心为 r_c 处的反应界面的移动速率比 E^{Z_B+} 离子穿越已反应层的扩散速率小得多。在这样的准定态条件下,其边界条件为:

$$\bar{c}_B|_{r=R} = \lambda c'_B; \quad \bar{c}_B|_{r=r_c} = 0 \quad (19)$$

从而联立(17)和(18),并作如下积分:

$$\frac{d\bar{N}_B}{dt} \int_R^{r_c} \frac{dr}{r^2} = n4\pi D_p \int_R^{r_c} d\bar{c}_B \quad (20)$$

利用(19)式得:

$$\frac{d\bar{N}_B}{dt} \left[\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R} \right] = n4\pi \lambda D_p c'_B \quad (21)$$

又因为^[4]:

$$\bar{N}_B = n \frac{4}{3} \pi (R^3 - r_c^3) Q \quad (22)$$

所以,将(9)、(12)、(13)代入(22),并将 \bar{N}_B 对 t 微分得:

$$\frac{d\bar{N}_B}{dt} = n \frac{4}{3} \pi r_{bc}^3 \bar{c}_A^0 \frac{d\bar{X}(t)}{dt} \quad (23)$$

联立(9)、(13)、(21)和(23),并作如下积分:

$$\frac{3\lambda D_p}{\bar{c}_A^0 r_{bc}^2} \int_0^t c'_B dt = \int_0^{\bar{X}(t)} \frac{1 - [1 - \bar{X}(t)]^{1/3}}{[1 - \bar{X}(t)]^{1/3} [1 + (Z-1)\bar{X}(t)]^{1/3}} d\bar{X}(t) \quad (24)$$

于是,交换过程中树脂体积发生变化时的动力学方程为:

$$\begin{aligned} F'_{f(t)} &= \frac{1}{2-Z} - \frac{[1 + (Z-1)\bar{X}(t)]^{2/3}}{1 + (Z-1)[2\bar{X}(t) - 1]} [1 - \bar{X}(t)]^{2/3} \\ &+ \frac{1}{Z-1} - \frac{[(1 + (Z-1)\bar{X}(t))]^{2/3}}{Z-1} \\ &= \frac{2\lambda D_p}{\bar{c}_A^0 r_{bc}^2} \int_0^t c'_B dt \end{aligned} \quad (25)$$

1.3 化学反应控制

当化学反应速度成为影响离子交换过程的首要因素时,交换反应的速度应与反应界面上 B^{Z_B+} 离子的浓度 $\bar{c}_B|_{r=r_c}$ 成正比^[4],即:

$$\frac{d\bar{N}_B}{dt} = n4\pi r_c^2 k_c \bar{c}_A^0 \bar{c}_B|_{r=r_c} \quad (26)$$

$$\text{此时,} \quad \bar{c}_B|_{r=r_c} = \lambda c'_B \quad (27)$$

将(9)、(13)和(27)代入方程(26)得:

$$\frac{d\bar{N}_B}{dt} = n4\pi\lambda c'_A k_c [1 - \bar{X}(t)]^{2/3} [1 + (Z - 1)\bar{X}(t)]^{2/3} r_{be}^2 c'_B \quad (28)$$

联立(23)和(28),并作如下积分:

$$\frac{3\lambda k_c}{r_{be}} \int_0^{X(t)} c'_B dt = \int_0^{X(t)} \frac{d\bar{X}(t)}{[1 - \bar{X}(t)]^{2/3} [1 + (Z - 1)\bar{X}(t)]^{2/3}} \quad (29)$$

于是,交换过程中树脂体积发生变化时的动力学方程为:

$$F'_{c(t)} = \frac{\lambda k_c}{r_{be}} \int_0^{X(t)} c'_B dt = \frac{1}{2 - Z} - \frac{[1 + (Z - 1)\bar{X}(t)]^{1/3} [1 - \bar{X}(t)]^{1/3}}{1 + (Z - 1)[2\bar{X}(t) - 1]} \quad (30)$$

显然,当 $Z \rightarrow 1$ 时,方程(16)、(25)和(30)分别简化为方程(2)、(3)和(4)。

2 实验部分

001×7强酸性阳离子交换树脂为上海树脂厂产品。除去形状不规则的树脂^[5]后,分筛并进行常规处理,然后,将其分别转成 Na 式和 UO₂ 式两部分。在盛有饱和 NaCl 溶液的干燥器内,于 25.0±0.2℃ 下放置至恒重。各取 600 粒 Na 式和 UO₂ 式树脂,用比长仪测量其直径 d_{be} 。误差分析表明,粒度呈正态分布。Na⁺-UO₂²⁺ 离子交换过程中树脂粒度的变化系通过转型实验测得。结果列入表1。

实验方法同文献[5,6]。在交换反应 RNa/UO₂²⁺ 和 R₂UO₂/Na⁺ 中,均定时取样。以铀试剂 III 为显色剂,用分光光度法测定溶液中 UO₂²⁺ 离子浓度,以确定交换反应速度。由于不断取样,实验过程中反应溶液总体积在逐渐减少,因此,必须对测得的溶液浓度进行校正。

表1 转型前后的树脂直径¹⁾(cm)

	$d_{be}^{2)}$		$d_{en}^{2)}$	$Z = (d_{en}/d_{be})^3$
RNa	0.080±0.004	R ₂ UO ₂	0.114±0.004	2.89
	0.066±0.004		0.095±0.004	2.98
R ₂ UO ₂	0.080±0.004	RNa	0.096±0.004	1.73
	0.006±0.004		0.082±0.004	1.92

注:1)置信度为95%;2) d_{be} 为恒重后的饱和树脂的直径, d_{en} 为转型后充分溶胀的树脂的直径。

文中未考虑 Na⁺-UO₂²⁺ 离子交换过程中的非交换吸入。因为,就交换反应 RNa/UO₂²⁺ 而言,溶液中 UO₂²⁺ 离子的浓度 $c_{UO_2^{2+}}^0$ 远低于 0.1mol/l^[7] (0.002—0.013mol/l); 而对交换反应 R₂UO₂/Na⁺, 溶液中 Na⁺ 离子的浓度 $c_{Na^+}^0$ 亦小于 0.1mol/l (0.013—0.060mol/l), 且它与树脂的亲合力远小于 UO₂²⁺ 离子的^[8]。此外,由于 H⁺ 与树脂的亲合力远小于 UO₂²⁺ 离子的^[8], 且 UO₂(NO₃)₂ 溶液中 H⁺ 的浓度不大 (<0.001mol/l)。所以,在研究 RNa/UO₂²⁺ 交换反应时,未考虑 RNa/H⁺ 的交换。还需指出的是,文中液膜厚度 δ 近似地取 $(r_{en} + r_{be})/10$ ^[9]。

3 结果和讨论

3.1 UO₂²⁺浓度和树脂粒度对 RNa/UO₂²⁺交换反应速度的影响

在温度为25.0±0.2℃,搅拌速度为800r/min下,用两种粒度的Na式树脂研究了溶液中UO₂²⁺的浓度对RNa/UO₂²⁺交换反应速度的影响。 $\bar{X}_{UO_2^{2+}}-t$ 曲线示于图1。由图1可见,随溶液中UO₂²⁺浓度的增大,单位时间内交换到树脂相的UO₂²⁺的量迅速增大;交换反应速度在实验误差范围内基本上不受树脂粒度的影响。用方程(16)处理上述实验数据, $r_{RNa}=0.040\text{cm}$ 的结果示于图2($r_{RNa}=0.033\text{cm}$ 的结果与图2相似)。由图2可见, $F'_{f(t)}-\int_0^t c'_B dt$ 呈较好的直线关系。这说明在该浓度范围内,用液膜扩散控制机理处理交换反应RNa/UO₂²⁺的速度是可行的。用方程(16)还计算了该交换反应的液膜扩散系数,结果列入表2。从表2可以看出,液膜扩散系数 D_f 随 $c_{UO_2^{2+}}^0$ 的变化趋势与实验测得的动力学速度曲线(图1)是一致的。我们还用方程(25)和(30)处理了该实验数据。结果发现, $F'_{p(t)}-\int_0^t c'_B dt$ 不呈线性关系,而 $F'_{c(t)}-\int_0^t c'_B dt$ 却近似于一直线。这说明在该条件下,粒内扩散不是影响该交换反应速度的主要因素,而在溶液浓度较低时,化学反应对扩散具有某种延迟作用。这种现象在文献[5]中也曾观察到,并作了详细解释。

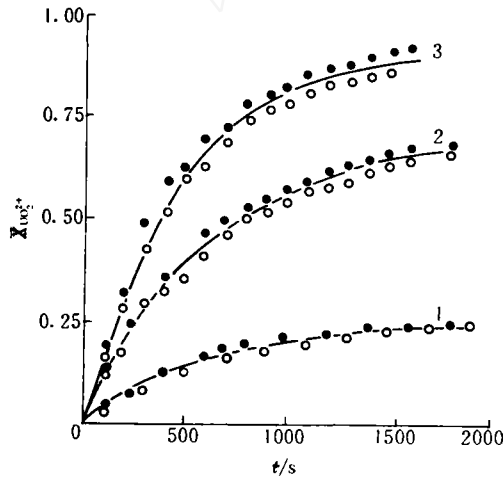


图1 溶液中UO₂²⁺浓度对RNa/UO₂²⁺交换反应速度的影响

r_{RNa}/cm : ○——0.040, ●——0.033;
 $c_{UO_2^{2+}}^0/\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$:
 1——0.0022, 2——0.0064, 3——0.013。

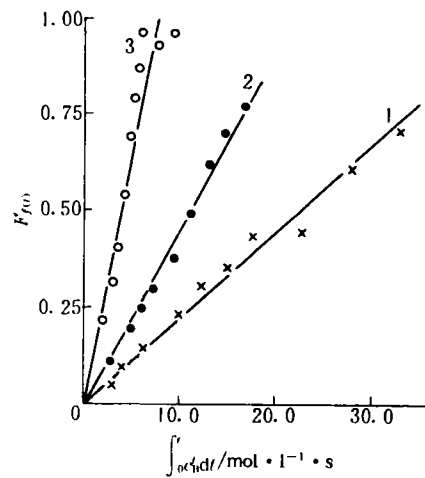


图2 用液膜扩散机理处理RNa/UO₂²⁺交换反应实验数据的结果

r_{RNa}/cm : 0.040;
 $c_{UO_2^{2+}}^0/\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$:
 1——0.0022, 2——0.0064, 3——0.013。

表2 用方程(16)计算的液膜扩散系数 D_f ($10^{-5}\text{cm}^2/\text{s}$)

r_{RNA}/cm	$c_{\text{UO}_2^{2+}}^0/\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$		
	0.0022	0.0064	0.013
0.040	1.2	2.5	5.5
0.033	1.2	2.6	5.8

3.2 搅拌速度对 $\text{RNA}/\text{UO}_2^{2+}$ 交换反应速度的影响

在温度为 $25.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$, $c_{\text{UO}_2^{2+}}^0$ 为 0.0064mol/l 时, 用半径为 0.040cm 的 Na 式树脂研究了搅拌速度对该交换反应的影响。结果示于图3。图3表明, 交换反应速度随搅拌速度的增加而增加。由此可见, 搅拌速度也是影响 $\text{RNA}/\text{UO}_2^{2+}$ 交换反应速度的因素之一。这说明, 上述关于 $\text{RNA}/\text{UO}_2^{2+}$ 交换反应系液膜扩散控制的结论是正确的。

3.3 Na^+ 浓度和树脂粒度对 $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{Na}^+$ 交换反应速度的影响

在温度为 25°C , 搅拌速度为 $800\text{r}/\text{min}$ 时, 用两种粒度的 UO_2 式树脂研究了溶液中 Na^+ 的浓度对 $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{Na}^+$ 交换反应速度的影响。 \bar{X}_{Na^+} 曲线示于图4。由图4可以看出, 随着树脂半径的减小和溶液中 Na^+ 浓度的增大, 单位时间内交换到树脂相的 Na^+ 的量也在增大。将该实验数据代入粒内扩散控制的动边界模型数学表达式, 即方程(25), 其结果呈直线关系(见图5)。 $r_{\text{R}_2\text{UO}_2} = 0.033\text{cm}$ 的处理结果与图5相似。这表明在该条件下, $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{Na}^+$ 交换反应的速度主要由粒内扩散控制。用得到的斜率求出了其粒内扩散系数 D_p , 列入表3。由表3可以看出, 粒内扩散系数随溶液浓度和树脂粒度的改变而改变。但与表2相比可以发现, 粒内扩散系数 D_p 受浓度的影响并不很大, 而与树脂粒度有很大关系。因此, 可以认为, D_p 受溶液浓度的影响在一定程

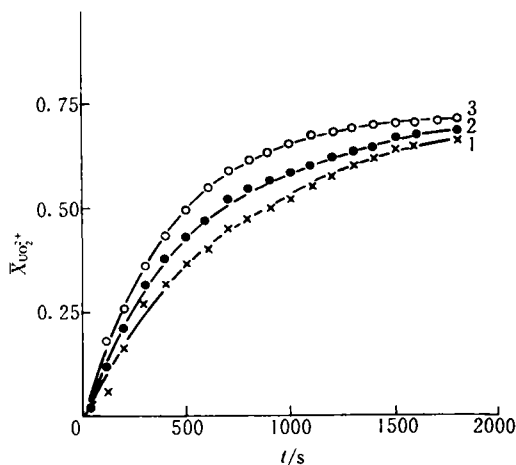


图3 搅拌速度对 $\text{RNA}/\text{UO}_2^{2+}$ 交换反应速度的影响

转速/ $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$:
1——600, 2——800, 3——1000。

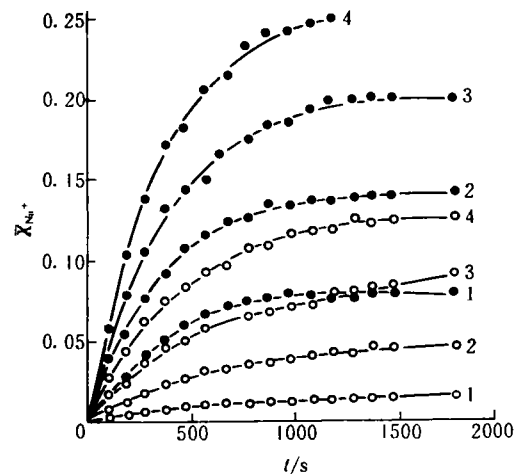


图4 Na^+ 浓度和树脂粒度对 $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{Na}^+$ 交换反应速度的影响

粒度/ cm : \circ ——0.040, \bullet ——0.033,
 $c_{\text{Na}^+}^0/\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$: 1——0.013, 2——0.027,
3——0.040, 4——0.060。

度上是由液膜扩散引起的,即该条件下,R₂UO₂/Na⁺交换反应不是纯粒内扩散控制的。但是,当分别用方程(16)和(30)对该实验数据进行处理时,发现F_{f(t)}和F_{c(t)}与∫₀^tc_B'dt均不呈直线关系。因此可以认为,在该条件下,R₂UO₂/Na⁺交换反应受液膜扩散和化学反应的影响并不大,其主要控制因素仍然是粒内扩散。

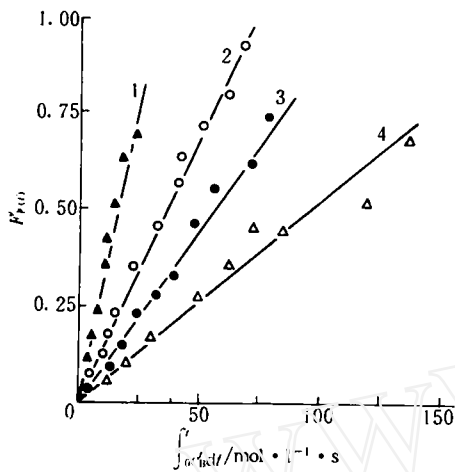


图5 用粒内扩散控制机理处理 R₂UO₂/Na⁺交换反应实验数据的结果

温度:25 C; r_{R₂UO₂}:0.040cm;

搅拌速度:800r/min; c_{Na⁺}⁰/mol · l⁻¹;

1--- 0.013, 2--- 0.027, 3--- 0.040,

4--- 0.06。

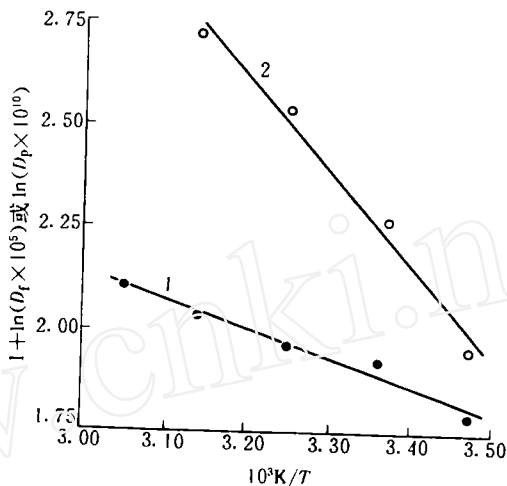


图6 Na⁺-UO₂²⁺离子交换反应的扩散系数与温度的关系

1——1+ln(D_f×10⁵),RNa/UO₂²⁺;

2——ln(D_p×10¹⁰),R₂UO₂/Na⁺。

表3 用方程(25)计算的粒内扩散系数 D_p (10⁻⁹cm²/s)

r _{R₂UO₂} /cm	c _{Na⁺} ⁰ /mol·l ⁻¹			
	0.013	0.027	0.040	0.060
0.040	0.96	1.5	1.9	1.9
0.033	3.1	3.0	3.9	4.7

3.4 温度对 Na⁺-UO₂²⁺离子交换反应速度的影响

在搅拌速度为800r/min时,分别用粒度均为0.040cm的UO₂式和Na式树脂,在c_{Na⁺}⁰为0.013mol/l和c_{UO₂²⁺}⁰为0.006mol/l的条件下,研究了温度对RNa/UO₂²⁺和R₂UO₂/Na⁺交换反应速度的影响,实验温度为15.0、25.0、35.0、45.0和55.0C。用方程(16)和(25)分别处理实验数据,计算了RNa/UO₂²⁺交换反应的液膜扩散系数D_f和R₂UO₂/Na⁺交换反应的粒内扩散系数D_p。它们与温度的关系示于图6。由图6可见,lnD_f(或lnD_p)-1/T均呈直线关系,即D_f或D_p符合下式:

$$D_f(D_p) = D_0 e^{-E/RT} \tag{31}$$

由图6的斜率计算得的溶液相和树脂相的活化能分别为5.84(直线1)和19.1(直线2)kJ/mol。可

见, $\text{Na}^+ - \text{UO}_2^{2+}$ 体系中 $\text{RNa}/\text{UO}_2^{2+}$ 和 $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{Na}^+$ 交换反应的活化能分别比 $\text{H}^+ - \text{UO}_2^{2+}$ 体系中 $\text{RH}/\text{UO}_2^{2+}$ 和 $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{H}^+$ 交换反应的活化能^[5]略小。这一结果显然是合理的。

综上所述, 用考虑了树脂体积发生变化的动边界模型处理 $\text{Na}^+ - \text{UO}_2^{2+}$ 离子交换反应的实验数据是成功的。

参 考 文 献

- 1 Gopala Rao M, Gupta AK. Ion Exchange Processes Accompanied by Ionic Reactions. *Chem Eng J*, 1982, 24: 181-190.
- 2 Schmuckler G, Nativ M, Goldstein S. Kinetics of Shell Progressive Reactions in Ion Exchange Resins, In: *The Theory and Practice of Ion Exchange*. Cambridge, 1976. 25-30.
- 3 Bischoff KB. The Determination of Diffusion Coefficient in Moving-Boundary Model. *Chem Eng Sci*, 1962, 18: 711-718.
- 4 Tao Zuyi, Niu Jinlong. Shell Progressive Model With Changing Bulk Concentration and Ion Exchange Volume. *Solvent Ext Ion Exch*, 1990, 8: 99-115.
- 5 宋胤杰, 赵爱民. 用三种模型处理二元离子交换动力学的对比研究. *核化学与放射化学*, 1994, 16(3): 151-159.
- 6 Zhao Aimin, Tao Zuyi, Tong Wengong, et al. Studies on Ion Exchange Equilibria and Kinetics I. $\text{UO}_2^{2+} - \text{H}^+$ Cation Exchange Kinetics. *J Radioanal Nucl Chem, Articles*, 1987, 116(1): 49-61.
- 7 陶祖贻, 赵爱民. 离子交换平衡及动力学. 北京: 原子能出版社, 1989. 21-24.
- 8 赵爱民, 宋胤杰. $\text{H}^+ - \text{Na}^+ - \text{UO}_2^{2+}$ 三元离子交换动力学的研究. *核化学与放射化学*, 1994, 16(4): 205-212.
- 9 Tao Zuyi, Zhao Aimin, Tong Wengong, et al. Studies on Ion Exchange Equilibria and Kinetics I. $\text{Na}^+ - \text{H}^+$ Cation Exchange Equilibrium and Kinetics. *J Radioanal Nucl Chem, Articles*, 1987, 116(1): 35-47.

THE KINETICS OF $\text{Na}^+ - \text{UO}_2^{2+}$ BINARY SYSTEM WITH CHANGING RESIN VOLUME DURING ION EXCHANGE

SONG YINJIE YANG QINGDONG ZHAO AIMIN

(Department of Modern Physics, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

ABSTRACT

A mathematical model of the moving boundary mechanism with changing exchanger volume during ion exchange in binary system of $\text{Na}^+ - \text{UO}_2^{2+}$ is presented. The kinetic data observed on 001×7 strong acidic cation exchange resin are treated by the model, the mechanism of ion exchange reaction $\text{RNa}/\text{UO}_2^{2+}$ and $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{Na}^+$ under various experimental conditions is discussed, and the diffusion coefficients are calculated. The conformity of this model with experimental results is demonstrated.

Key words Binary system Moving boundary model Resin volume Diffusion coefficient