

用三种模型处理二元离子 交换动力学的对比研究

宋胤杰 赵爱民

(兰州大学现代物理系, 730000)

文章以强酸性阳离子交换树脂作交换剂,用三颈瓶法研究了 $H^+-UO_2^{2+}$ 离子交换反应动力学。分别用三种动力学模型处理实验数据;计算了扩散系数并用动边界模型计算了化学反应速度常数;讨论了化学反应影响交换速度的可能性并提出了化学反应在一定条件下可以延迟扩散的观点。通过对不同实验条件下的动力学曲线和计算机模拟结果的分析,证明用动边界模型处理该交换反应是较为合理的。

关键词 离子交换动力学模型 拟合分析 扩散系数

离子交换动力学研究主要是建立或采用一种模型以尽可能准确地描述离子交换过程。以 Fick 定律和 Nernst-Planck 方程为基础的经典扩散模型^[1]是应用较广的模型。近年来,动边界模型也得到了广泛的应用^[2-4]。本文用三种动力学模型分别对实验结果进行拟合并计算扩散系数和化学反应速度常数。通过对比研究,试图寻找一种尽可能准确地描述 $H^+-UO_2^{2+}$ 离子交换过程的动力学模型。

1 原 理

二元离子交换体系是离子交换研究中最典型的体系,该体系通常包括固相离子交换剂或液体离子交换剂和电解质溶液。离子交换过程实质上是固液两相间的非均相反应。影响交换反应速度的因素很多,主要有:(1)离子穿越交换剂周围液膜时的扩散速度;(2)离子在树脂骨架内的扩散速度;(3)反离子与交换剂功能基之间的化学反应速度。

在上述这些因素中,交换过程中最慢的一步往往决定着整个交换反应的速度。然而,化学反应影响交换反应速度的情况很少。Helfferich^[5]曾指出,只有在交换过程中形成难电离物质以及树脂本身为弱酸性或螯合型时,才会出现上述情况。在大多数情况下,交换反应速度是由液膜扩散或粒内扩散或二者共同决定的。当离子在溶液中的迁移较慢或树脂的交联度较小时,离子在液相中所受的阻力可能会更大一些。相反,随着交联度的增加,树脂将变得更紧密,于是,

收稿日期:1993-08-09 收到修改稿日期:1993-11-16

树脂内部的传质过程显然将更困难些^[6]。表1列出了在有限阈条件下的同位素交换模型(IEM)、Nernst-Planck 方程(NPE)和动边界模型(MBM)的数学表达式。

表1 有限阈条件下离子交换动力学模型的数学表达式

同位素交换模型 ^[5] (IEM)	IEP	$F(t) = 1 - \frac{2}{3w} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-S_n^2 \tau)}{1 + S_n^2 / qw(w+1)}$
	IEF	$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{3D(\bar{V}\bar{c} + Vc)t}{r_0\delta\bar{c}V}\right)$
Nernst-planck方程 ^[5] (NPE)	NPP	$F(t) = \{1 - \exp[\pi^2(f_{1(a)}\tau + f_{2(a)}\tau^2 + f_{3(a)}\tau^3)]\}^{1/2}$
	NPF	$(1 - a\bar{X}_B^\infty)\ln(1 - F(t)) - (1 - a\bar{X}_B^\infty - ab)\ln\left(1 - \frac{F(t)}{1 + b/\bar{X}_B^\infty}\right) = -gt$
动边界模型 ^[2] (MBM)	MBP	$1 - 3[1 - F(t)]^{2/3} + 2[1 - F(t)] = \frac{6\lambda\bar{D}}{\bar{c}_A r_0^2} \int_0^t c_B dt$
	MBF	$F(t) = \frac{3D}{\bar{c}_A r_0 \delta} \int_0^t c_B dt$
	MBC	$1 - [1 - F(t)]^{1/3} = \frac{k}{r_0} \int_0^t c_B dt$

表1中:IEP、IEF 为交换速度分别由粒内和液膜扩散控制的同位素交换模型;NPP、NPF 为交换速度分别由粒内和液膜扩散控制的 Nernst-Planck 方程;MBP、MBF、MBC 为交换速度分别由粒内扩散、液膜扩散和化学反应控制的动边界模型; t 为交换时间, s; $F(t)$ 为交换度; D 为液膜扩散系数, cm^2/s ; $\bar{D}$ 为粒内扩散系数, cm^2/s ; $\bar{V}$ 为交换剂总体积, cm^3 ; V 为溶液的初始体积, ml; $\bar{c}$, c 为树脂相和溶液中反离子的总浓度; r_0 为离子交换树脂的半径, cm; δ 为液膜厚度, cm; $w = \bar{c}\bar{V}/cV$; $\tau = \bar{D}t/r_0^2$ 或 $\bar{D}_A t/\tau_0^2$, 其中 $\bar{D}$ 代表同位素交换模型中的粒内扩散系数, $\bar{D}_A$ 代表 A 离子的粒内扩散系数; S_n 为方程 $S_n \cot(S_n) = 1 + S_n^2/3w$ 的非零根; $f_{i(a)}$ 为化合价和 $\bar{D}_A/\bar{D}_B$ 的函数, $i = 1, 2, 3$, $\bar{D}_B$ 为 B 离子的粒内扩散系数; $a = 1 - \alpha_B^\infty$, 其中 α_B^∞ 为分离系数; $b = \left[(\frac{1+w}{aw})^2 - \frac{4}{aw}\right]^{1/2}$; $\bar{X}_B^\infty = \frac{1+w}{2aw} - b/2$; $g = 3ab\bar{V}D/\delta r_0 V$; λ 为分配系数; $\bar{c}_A^0$ 为树脂中 A 离子的初始浓度, mol/ml; c_B 任意时刻溶液中 B 离子的浓度, mol/ml; k 为化学反应速度常数, cm/s 。

2 实验部分

001×7强酸性阳离子交换剂系上海树脂厂产品。实验前,先将树脂转换成 H^+ 式,然后将部分 H^+ 式树脂转换成 UO_2^{2+} 式。为此,将 H^+ 式树脂装入交换柱内,用 0.20 mol/l 的 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 溶液缓慢通过树脂床,直至流出液与流入液的组成相同。用无水乙醇快速洗去树脂床空隙中的 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 溶液。将上述 H^+ 式和 UO_2^{2+} 式树脂在空气中稍加干燥后,置于表面皿中,在盛有饱和 NaCl 溶液的保干器内,于 $25.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 下放置恒重。用标准分样筛分筛出一定规格的树脂后,分别置于一倾斜的平板上,使其缓慢滚下以除去形状不规则的颗粒。各取 600 粒筛选后的恒重树脂,用比长仪测其直径。误差分析表明,粒度服从正态分布。

用三颈瓶法^[7]研究 H^+ - UO_2^{2+} 离子交换反应。 $\text{RH}/\text{UO}_2^{2+}$ 交换反应的实验方法同文献[7]。所用 H^+ 式树脂的交换容量为 4.42 mmol/g(干树脂),含水量为 24.13%。测定 $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{H}^+$ 交换反应速度的方法为:(1)将 250 ml 已知浓度的 HNO_3 溶液加入三颈瓶中,在一定温度、一定转速

下搅拌;(2)将1.45g UO_2^{2+} 式树脂(系1.00g H^+ 式树脂完全转换成 UO_2^{2+} 式树脂后的质量,即 $1.00 + (270.03/2 - 1.00) \times 4.42 \times 10^{-3} \times (1 - 24.13\%) = 1.45$)装入进料器,并迅速注入反应液中;(3)在规定的时间内,分别先用自动移液管快速取出约1ml 溶液,然后再用移液管从所取各溶液中准确移取一定体积的溶液,用分光光度法测定 UO_2^{2+} 。对取样造成溶液总体积的减少作了校正^[8]。实验证实,由自动移液管取样所引起的误差不影响结果的准确性。

3 结果和讨论

在各种实验条件下,用各种模型计算的 $\text{RH}/\text{UO}_2^{2+}$ 和 RUO_2/H^+ 交换反应中的液膜扩散系数和粒内扩散系数以及用 MBM 模型计算的化学反应速度常数列入表2、3。

表2 $\text{RH}/\text{UO}_2^{2+}$ 交换反应的实验条件及用各种模型计算的扩散系数

No.	$c_{\text{UO}_2^{2+}}/\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	r_0/cm	$t/^{\circ}\text{C}$	转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	$\bar{D}/10^{-5}\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$			$k/10^{-3}\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$	
		± 0.002	± 0.2		IEF	NPF	MBF	MBC	
1	0.0020	0.044	25.0	800	4.8	2.9	5.4	4.1	
2	0.0040	0.044	25.0	800	5.8	7.2	7.4	2.8	
3	0.0060	0.044	25.0	800	9.6	12.0	8.7	4.0	
4	0.0080	0.044	25.0	800	9.6	12.0	9.3	3.2	
5	0.010	0.044	25.0	800	8.7	12.0	7.6	2.7	
6	0.0080	0.034	25.0	800	6.8	8.3	6.2	3.0	
7	0.0080	0.025	25.0	800	5.3	5.7	4.4	3.0	
8	0.0080	0.034	25.0	600	6.0	6.9	5.5	2.6	
9	0.0080	0.034	25.0	1000	8.1	8.4	6.9	3.3	
10	0.0080	0.034	35.0	800	9.4	7.3	7.0	3.6	
11	0.0080	0.034	45.0	800	17.0	52.0	8.8	5.1	
12	0.0080	0.034	55.0	800	15.0	11.0	9.2	5.4	
					$\bar{D}/10^{-7}\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$				
					IEP	NPP		MBP	
						$\bar{D}_{\text{H}}$	$\bar{D}_{\text{UO}_2}$		
13	0.020	0.034	25.0	800	6.7	84.0	0.78	0.92	5.4
14	0.040	0.034	25.0	800	7.4	87.0	0.84	0.94	6.7
15	0.060	0.034	25.0	800	7.2	92.0	0.82	0.99	8.7
16	0.080	0.034	25.0	800	7.5	85.0	0.76	0.97	9.2
17	0.10	0.034	25.0	800	7.2	82.0	0.74	0.95	9.0
18	0.040	0.044	25.0	800	6.2	74.0	0.76	0.70	6.2
19	0.040	0.025	25.0	800	9.7	110.0	1.0	1.10	9.8

3.1 各种实验条件对交换反应的影响

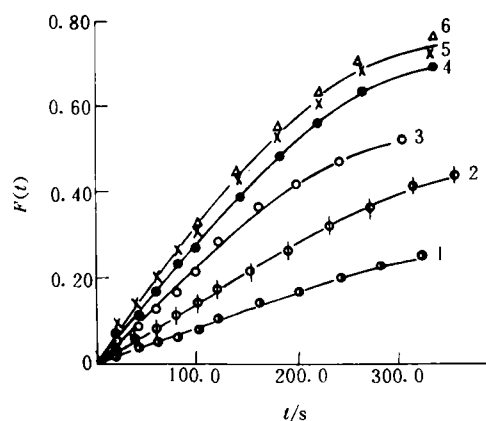
3.1.1 溶液浓度的影响 将表2中 No. 1—5 和 No. 13—17 各种浓度下的 $F(t)-t$ 关系曲线示于图1。由图1可见, $\text{RH}/\text{UO}_2^{2+}$ 离子交换反应的速度随溶液中 UO_2^{2+} 浓度的增加而增加。在低浓度时, $F(t)-t$ 曲线近似于一条直线, 且交换速度受 UO_2^{2+} 浓度的影响更大。当 UO_2^{2+} 的浓度近于 0.020 mol/l 时, 交换速度几乎不再受浓度的影响。可见, 在低浓度下, $\text{RH}/\text{UO}_2^{2+}$ 交换反应的速度主要由液膜扩散控制; 而在高浓度下, 则主要由粒内扩散控制。这与表2中相应的扩散系数值基本一致。

表3 R_2UO_2/H^+ 交换反应的实验条件及用各种模型计算的扩散系数

No.	$c_{\text{H}^+}^0 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	r_0 / cm	t / C	转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	$\bar{D} / 10^{-7} \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$				$k / 10^{-3} \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$
		± 0.002	± 0.2		IEP	NPP	MBP		
						$\bar{D}_{\text{UO}_2^{2+}}$	$\bar{D}_{\text{H}^+}$		MBC
1	0.010	0.044	25.0	800	15.0	0.32	2.2	0.30	7.3
2	0.020	0.044	25.0	800	15.0	0.34	2.0	0.28	3.3
3	0.040	0.044	25.0	800	15.0	0.27	2.2	0.29	1.8
4	0.060	0.044	25.0	800	16.0	0.28	2.2	0.32	1.2
5	0.10	0.044	25.0	800	13.0	0.28	2.1	0.33	0.66
6	0.040	0.044	25.0	500	15.0	0.26	2.2	0.29	1.8
7	0.040	0.044	25.0	1000	12.0	0.24	1.8	0.35	0.56
8	0.020	0.044	15.0	800	15.0	0.19	2.4	0.25	2.9
9	0.020	0.044	35.0	800	14.0	0.75	2.1	0.44	3.4

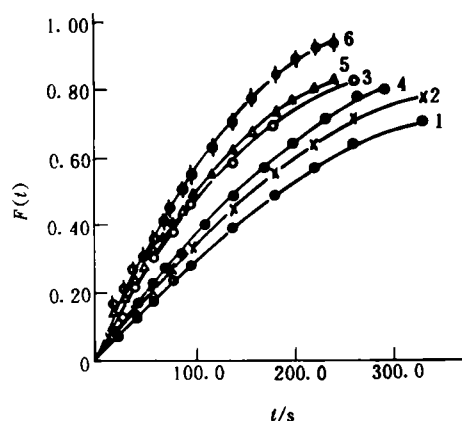
用各种理论模型对表3 No. 1—5 的浓度条件下所得的实验数据进行了计算。结果表明,在实验误差范围内,尽管溶液中 H^+ 的浓度增加了10倍,但扩散系数与溶液浓度无关。这与高浓度下的 RH/UO_2^{2+} 交换反应相似。由此可知, R_2UO_2/H^+ 交换反应的速度系粒内扩散控制。这一结论与文献[7]所报道的 $HClO_4$ 体系中的结果一致。还必须指出,只有当溶液中 H^+ 的浓度达到一定值后才可观测到 R_2UO_2/H^+ 交换反应。

3.1.2 树脂粒度的影响 将表2 No. 4、6、7、14、18、19 各种粒度下的 $F(t)-t$ 曲线示于图2。由图2可见,随着树脂半径的减小,交换速度明显增大。这与计算得的扩散系数值(表2中No. 14、18、19)一致。但在低浓度下,这一结果与计算得的扩散系数值(表2中No. 4、6、7)不符合。其原因可能是:(1)与树脂粒度相比,溶液浓度是影响交换反应速度更为重要的因素;(2)在液膜扩

图1 UO_2^{2+} 的浓度对 RH/UO_2^{2+} 交换反应速度的影响

$c_{UO_2^{2+}}^0 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$:

1—0.0020; 2—0.0040; 3—0.0060;
4—0.0080; 5—0.010; 6—0.020。

图2 树脂粒度对 RH/UO_2^{2+} 交换反应速度的影响

r_0 / cm : 1, 4—0.044, 2, 5—0.034, 3, 6—0.025;

$c_{UO_2^{2+}}^0 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$: 1, 2, 3—0.0080, 4, 5, 6—0.040。

散控制交换反应速度的情况下,根据各种动力学模型的数学表达式计算得的扩散系数只是交换过程中不断变化着的扩散系数的平均值;(3)在计算液膜扩散系数时,本文采用了 $\delta = r_0/5$ 的近似值^[9]。然而,由表4所列出的相应的 D/δ 实验值可以看出,当树脂半径变化时,按 IEF 和 NPF 计算得的 D/δ 值在实验误差范围内为一定值,但按 MBF 计算得的 D/δ 值仍在变化。据此可以得出:当搅拌速度、溶液浓度和实验温度一定的情况下,在用 IEM 和 NPE 两种模型处理时,可以认为液膜厚度 δ 与树脂粒度 r_0 无关。但对 MBM 来说,则并非如此,而且 r_0/δ 也不是定值。

表4 RH/ UO_2^{2+} 交换反应中的 D/δ 值

r_0/cm	$D/\delta / 10^{-2} \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$		
	IEF	NPF	MBF
0.044 ± 0.002	1.1	1.4	1.1
0.034 ± 0.002	1.0	1.2	0.91
0.025 ± 0.002	1.1	1.1	0.88

注: $c_{\text{UO}_2^{2+}}^0 = 0.0080 \text{mol/l}$, $25.0 \pm 0.2 \text{C}$, 转速为 800r/min 。

3.1.3 搅拌速度的影响

将表2中 No. 6、8、9和表3中 No. 3、6、7的实验结果绘制 $F(t)-t$ 曲线并示于图3。由图3可以看出,在低浓度时,RH/ UO_2^{2+} 交换反应的速度随搅拌速度的增加而迅速增大,但 $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{H}^+$ 交换反应速度基本上不受搅拌速度的影响。表2和表3中相应的扩散系数也支持这一结果。根据上述改变溶液浓度的实验结果可以预料,在高浓度时,RH/ UO_2^{2+} 交换反应的速度也可能与搅拌速度无关。

3.1.4 温度的影响

从表2和表3看出,温度直接影响着扩散系数。所以,离子交换反应无论以何种机理进行,其速度都会受到温度的影响。根据表2中 No. 6、10-12和表3中 No. 2、8、9各种温度下的实验结果绘制 $F(t)-t$ 曲线并示于图4。由图4可见,随着温度的增加,离子交换反

应速度增大。扩散系数(D 或 $\bar{D}$)与温度的关系可用下式表示:

$$D(\bar{D}) = D_0 \cdot \exp(-E/RT)$$

结果示于图5。图5中的扩散系数均系按 MBM 计算而得。由此而计算出活化能分别为13.44(直线1)、30.22(直线2)、24.36(直线3)kJ/mol。由此可见:(1)温度对液膜扩散系数的影响是很小的,这是因为除温度外,溶液浓度是影响离子交换反应速度的重要因素;(2)温度对粒内扩散系数的影响相对较大,但如果反离子与树脂的亲合能力大到完全(或主要)由它决定整个扩散过

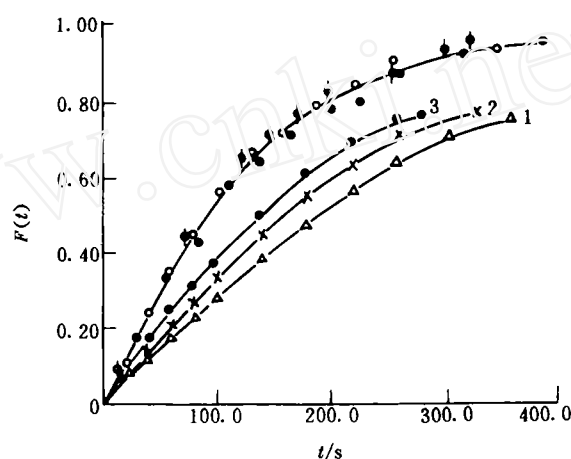


图3 搅拌速度对 $\text{H}^+ - \text{UO}_2^{2+}$ 离子交换反应速度的影响
转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$: (1) RH/ UO_2^{2+} 1——600, 2——800, 3——1000;
(2) $\text{R}_2\text{UO}_2/\text{H}^+$ ●——500, ○——800, ————1000。

程时,则温度对离子交换反应速度的影响就较小了。 R_2UO_2/H^+ 交换反应正是这样。因此,上述活化能的大小顺序是合理的。

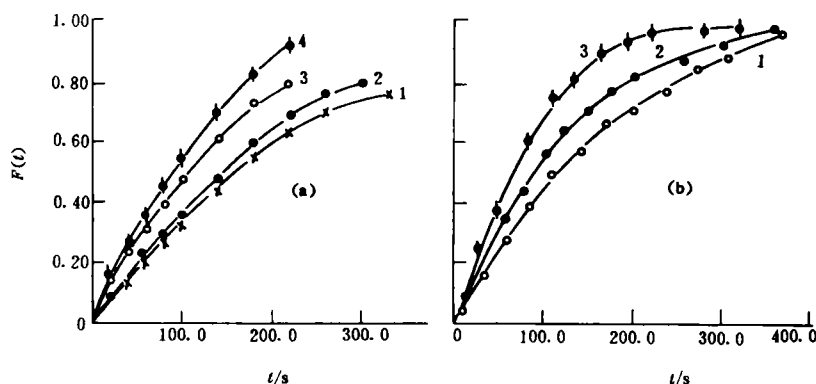


图4 温度对 $H^+-UO_2^{2+}$ 离子交换反应速度的影响

(a) RH/UO_2^{2+} 1—25.0°C, 2—35.0°C, 3—45.0°C, 4—55.0°C;
(b) R_2UO_2/H^+ 1—15.0°C, 2—25.0°C, 3—35.0°C。

3.2 拟合分析

用三种动力学模型处理 $H^+-UO_2^{2+}$ 离子交换反应的实验数据所得的交换度 F_{cal} 与由实验直接测得的交换度 F_{obs} 之间的关系示于图6、7。由图6、7可见,用动边界模型(MBM)处理所得的交换度与实验直接测得的交换度符合得最好。对 RH/UO_2^{2+} 交换反应来说,在低浓度下,其速度主要由液膜扩散控制(图6(a)中的MBF),而在高浓度下,主要由粒内扩散控制(图6(b)的MBP);对 R_2UO_2/H^+ 交换反应来说,交换速度总是由粒内扩散控制(图7中的MBP)。这与3.1节中得出的结论是完全一致的。由于在该模型中引入参数少,所以,在实际应用中更为方便和可靠。

此外,由图6(a)中的MBC可见,化学反应机理似乎也适用于低浓度下的 RH/UO_2^{2+} 离子交换反应。化学反应对离子交换反应速度有影响的主要有两种情况:(1)化学反应确实比扩散过程进行得慢。如果扩散过程非常快,则在交换剂内部几乎不存在浓度梯度。这时,离子交换反

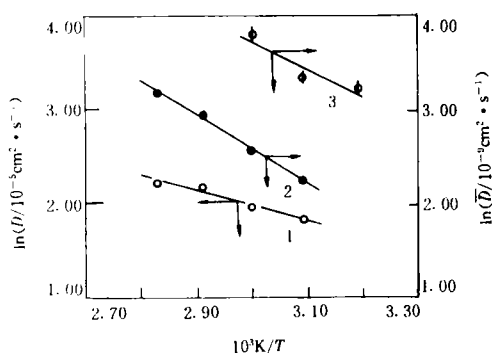
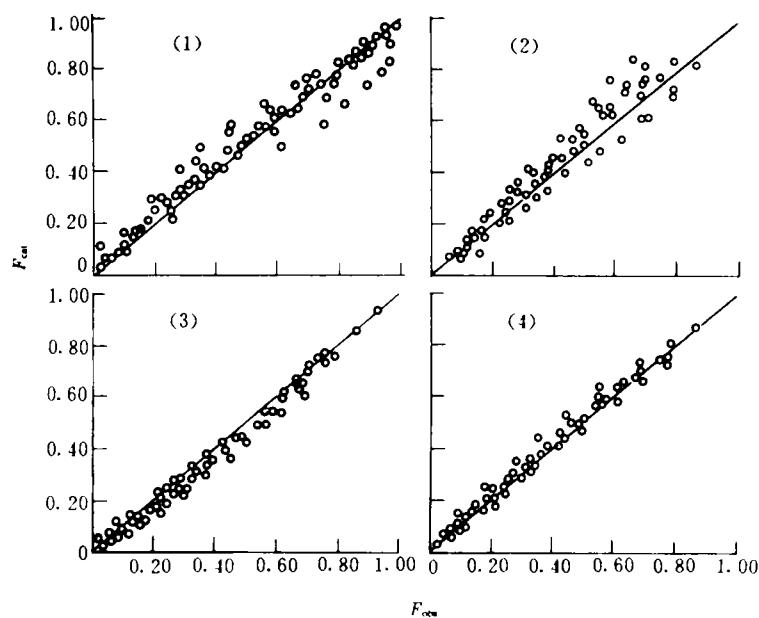
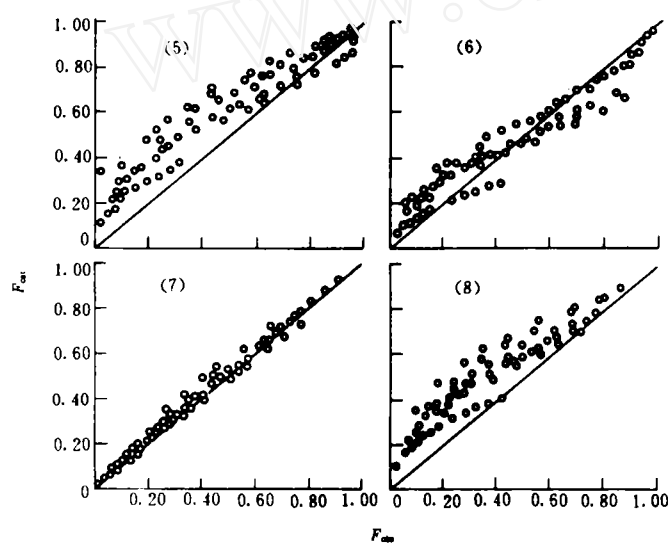


图5 $H^+-UO_2^{2+}$ 离子交换反应的扩散系数与温度 T 的关系

1、2— RH/UO_2^{2+} ; 3— R_2UO_2/H^+ 。



(a)



(b)

图6 RH/ UO_2^{2+} 交换反应的 $F_{\text{obs}}-F_{\text{cal}}$ 关系图

(a) $c_{\text{UO}_2^{2+}}^0 \leq 0.010 \text{ mol/l}$; (1)——IEF, (2)——NPF, (3)——MBF, (4)——MBC;

(b) $c_{\text{UO}_2^{2+}}^0 \geq 0.020 \text{ mol/l}$; (5)——IEP, (6)——NPP, (7)——MBP, (8)——MBC。

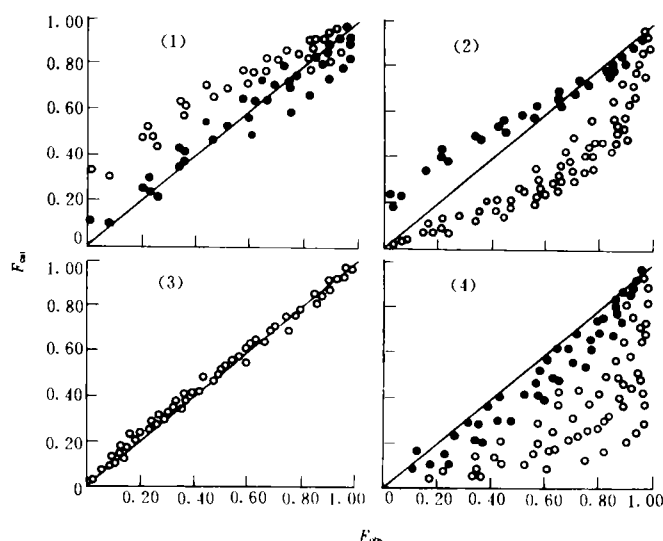
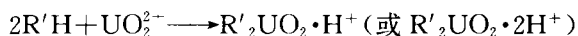


图7 R_2UO_2/H^+ 交换反应的 $F_{obs}-F_{cal}$ 关系图

(1)●——IEP,○——IEF;(2)●——NPP,○——NPF;
(3)○——MBP;(4)●——MBC,○——MBF

应速度与树脂粒度毫无关系,而化学反应是决定离子交换反应速度的唯一因素。(2)化学反应虽然比扩散过程进行得快,甚至在每个交换位置上都会达成局部平衡,但是由于扩散慢而不能迅速离开的反离子在瞬间仍然聚集在交换位置附近,所以,可能形成带电的多离子体,如:



其中 R' 代表树脂相中某个交换位置。这就降低了交换反应的速度。于是,本来是由较慢的扩散过程所控制的交换反应同时又受到了化学平衡的影响。因此,与仅由化学反应控制的不同之处在于,交换速度在这种情况下仍然要受到树脂粒度的影响。用这种被化学反应延迟的扩散机理来解释图6(a)中的 MBC 的结果,我们认为是合理的。表2中相应的扩散系数值随树脂粒度的改变而改变的现象也支持了这一观点。但是,随着溶液浓度的增大,离子交换反应速度主要(或完全)由粒内扩散控制时,这种延迟效应就显得微不足道了。

图6,7还表明,无论是 RH/UO_2^{2+} 交换反应还是 R_2UO_2/H^+ 交换反应,用同位素交换模型和 Nernst-Planck 方程进行处理时,结果都不理想。

4 结 论

(1) 温度对粒内扩散系数的影响比对液膜扩散系数的影响大。但当与树脂亲合能力很大的反离子事先位于树脂相时,温度对离子交换反应速度的影响很小。

(2) 在同位素交换模型、Nernst-Planck 方程和动边界模型中,只有动边界模型能较为准确地描述 $H^+-UO_2^{2+}$ 离子交换过程。

(3) 在离子交换反应中,只有在稀溶液条件下,化学反应才有可能发挥作用,而其实质仍是化学反应延迟扩散机理。

参 考 文 献

- 1 Helfferich FG. Ionenaustauscher. Verlag, Chemie, Weinheim. 1959. Band 1.
- 2 Schmuckler G, Nativ M, Goldstein S. Kinetics of Shell Progressive Reactions in Ion Exchange Resins on the Theory and Practice of Ion Exchange. Cambridge, 1976, July, 25—30.
- 3 Štamberg K, Cabicar J, Havlíček L. Ion Exchange Kinetics in Systems With Non-linear Equilibrium Isotherms Sorption of Uranium (VI) on Strong Acid Cation Exchangers. J Chrom, 1980, 201: 113—120.
- 4 Nativ M, Goldstein S, Schmuckler G. Kinetics of Ion-Exchange Processes Accompanied by Chemical Reactions. J Inorg Nucl Chem, 1975, 37: 1951—1956.
- 5 Helfferich FG. Ion Exchange. New York: McGraw—Hill Book Company, Inc. 1962, 65.
- 6 Bricio O, Coca J, Sastre H. A Comparative Study of Kinetic Models for Ion Exchanger Using Macroporous Resins and Concentrated Solutions. Solvent Ext Ion Exch, 1992, 10(2): 381—401.
- 7 Zhao Aimin, Tao Zuyi, Tong Wengong, et al. Studies on Ion Exchange Equilibria and Kinetics I UO_2^{2+} - H^+ Cation Exchange Kinetics. J Radioanal Nucl Chem, Articles, 1987, 116(1): 49—61.
- 8 Ting-Chia Huang, Fuan-Nam Tsai. Kinetic Studies on the Isotopic Exchange of Calcium Ion and Calcium Carbonate. J Inorg Nucl Chem, 1970, 32: 17—31.
- 9 陶祖貽, 赵爱民, 佟文功. 排代法的离子交换动力学及平衡研究——螯合剂存在下的稀土元素的离子交换反应动力学. 核化学与放射化学, 1980, 3(1): 144.

A COMPARATIVE STUDY ON KINETICS OF ION EXCHANGE IN BINARY SYSTEM FITTED BY THREE MODELS

SONG YINJIE ZHAO AIMIN

(Department of Modern Physics, Lanzhou University, 730000)

ABSTRACT

A "three-necked flask" technique is employed for the study of the kinetics of H^+ - UO_2^{2+} ion exchange system with strong acidic cation exchange resin. Three kinetic models are applied to the experimental data, the diffusion coefficients are calculated, and the rate constants of chemical reactions are also obtained by Moving Boundary Model. The possible effect of chemical reaction on the rate of ion exchange is discussed, and the view that the chemical reaction can retard the diffusion is developed. By analysing the behavior of the kinetic curves and the fitting results of the computer, it is found that the Moving Boundary Model is the best one for describing the ion exchange mechanism of this system.

Key words Ion exchange kinetic model Fitting analysis Diffusion coefficient