第16卷 第4期 核化学与放射化学 Vol.16 No.4
1994年 11月 Journal of Nuclear and Radiochemistry Nov. 1994

H^+-Na^+-UO_2^{2+}三元离子交换动力学研究

赵爱民 宋胤杰

（兰州大学现代物理系，730000）

用强酸性阳离子交换树脂研究了H^+-Na^+-UO_2^{2+}三元体系的离子交换动力学。通过对实验数据的拟合，计算了各反离子的粒内扩散系数。将该三元体系的实验结果与二元体系的实验结果对比分析之后，得出了一些很有价值的结论。结果表明，溶液中三种反离子的扩散不是独立的，而是彼此有影响的。当用三个 Nernst-Planck 方程分别描述每一给定反离子的扩散通量时，方程只能近似地适用于三元体系。还报道了该三元体系各反离子的平衡选择系数。

关键词 三元离子交换动力学 Nernst-Planck 方程 粒内扩散系数 平衡选择系数

二元体系的离子交换动力学是离子交换领域中研究得较多的课题。然而，对多元体系的离子交换动力学却研究得很少[1~6]。含有三种反离子的三元离子交换体系比二元离子交换体系更为复杂。本文以实验结果为依据，计算在H^+-Na^+-UO_2^{2+}三元离子交换体系中各反离子的粒内扩散系数$\bar{D}_{H^+}$、$\bar{D}_{Na^+}$和$\bar{D}_{UO_2^{2+}}$，并将它们与二元体系的扩散系数[7,8]进行比较。

1 原 理

假设溶液中的离子$A^{Z_a^+}$和$B^{Z_b^+}$与C-型阳离子交换树脂同时发生交换反应，则该交换反应过程可表示如下：

$$Z_cA^{Z_a^+} + Z_a\bar{C} \rightleftharpoons Z_c\bar{A} + Z_aC^{Z_c^+} \tag{1}$$

$$Z_cB^{Z_b^+} + Z_b\bar{C} \rightleftharpoons Z_c\bar{B} + Z_bC^{Z_c^+} \tag{2}$$

式中：$\bar{A}$、$\bar{B}$、$\bar{C}$表示树脂相，Z表示离子的电荷数。由于用一个互扩散系数来表征上述三元离子交换反应的扩散速度是不够的，因此需要求解由三个 Nernst-Planck 方程所组成的微分方程组。而且，该方程组中的每一个方程式都必须包括交换过程中由不同淌度的反离子的传质所引起的浓度梯度和电势梯度[9]。

$$\bar{J}_i = -\bar{D}_i(\mathrm{grad}\bar{c}_i + Z_i\bar{c}_i\frac{F}{RT}\mathrm{grad}\varphi_i) \tag{3}$$

式中：$\bar{J}$为反离子的扩散通量；i 表示 A、B、C 离子；$\bar{D}$为树脂相离子的扩散系数；F为法拉第

收稿日期：1993-08-09 收到修改稿日期：1994-01-10

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

常数；R 为气体常数；T 为绝对温度；φ 为离子的电势；$\bar{c}$ 为树脂相离子的浓度。

上述 Nernst-Planck 方程已作了许多简化假定。首先，在这些假定中，忽略了溶剂的传质过程和树脂的溶胀压以及交换过程中树脂结构的变化，也未考虑温度对交换速度的影响及离子交换剂的非均一性；其次，该方程甚至假设树脂相不存在同离子；第三，方程中用的是浓度（即认为各反离子的活度系数均等于1），未考虑交换过程中的选择性问题。此外，还应该指出，即使当溶胀了的树脂内部反离子的浓度降到1－10mol/l 左右时，离子之间的相互作用还是存在的[10]。而式(3)实际上表示，$\bar{C}$ 和 $\bar{A}^{Z_a^+}$ 的交换不受同时发生着的 $\bar{C}$ 与 $\bar{B}^{Z_b^+}$ 交换的影响，亦即 $C^{Z_c^+}$、$A^{Z_a^+}$ 及 $B^{Z_b^+}$ 具有独立的扩散系数。

显然，上述这些简化假定不尽合理。因此，式(3)不可能准确地描述离子交换剂-电解质（或非电解质）溶液体系的多元离子交换动力学。然而，对于此类交换体系，目前还没有（也很难有）一种比较严格的模型。所以在实践中，对于以强酸性或强碱性树脂为交换剂的三元离子交换，人们仍然采用这种简化了的 Nernst-Planck 方程组。

对于一个多组分体系，每一组分的扩散都以一个独立的 Nernst-Planck 方程来描述，并认为交换反应保持着等当性，无静电流存在。因此

$$\sum_{l=1}^{3} Z_l \bar{c}_l = -\omega \bar{C}_R = 常数 \tag{4}$$

$$\sum_{l=1}^{3} Z_l \bar{J}_l = 0 \tag{5}$$

式中，ω 和 $\bar{c}_R$ 分别为固定离子的电荷数和浓度。将相应于离子 A、B、C 的三个 Nernst-Planck 方程（微分方程组）和(4)、(5)两式联立，即可求出任一种离子 i 的扩散通量：

$$J_i = -\left[\bar{D}_i\bar{D}_j Z_j(Z_j\bar{c}_j\nabla\bar{c}_i - Z_i\bar{c}_i\nabla\bar{c}_j) + \bar{D}_i\bar{D}_k Z_k(Z_k\bar{c}_k\nabla\bar{c}_i - Z_i\bar{c}_i\nabla\bar{c}_k)\right] / \sum_{l=1}^{3} Z_l^2\bar{c}_l\bar{D}_l \tag{6}$$

将通量方程(6)代入 Fick 第二定律[11]（或称连续方程）：

$$\frac{\partial\bar{c}_i}{\partial t} = -\operatorname{div}\bar{J}_i \tag{7}$$

并转换成极坐标（对球形离子交换剂），可得到一个复杂的二阶微分方程：

$$\begin{aligned}\frac{\partial\bar{c}_i}{\partial t} = &\left\{\bar{D}_i\bar{D}_j Z_j\left[Z_i\left(\frac{\partial\bar{c}_j}{\partial t}Q - \bar{c}_j\frac{\partial Q}{\partial t}\right)\frac{\partial\bar{c}_i}{\partial t} - Z_i\left(\frac{\partial\bar{c}_i}{\partial t}Q - \bar{c}_i\frac{\partial Q}{\partial t}\right)\frac{\partial\bar{c}_j}{\partial t}\right]\right.\\ &\left.+\bar{D}_i\bar{D}_k Z_k\left[Z_k\left(\frac{\partial\bar{c}_k}{\partial t}Q - \bar{c}_k\frac{\partial Q}{\partial t}\right)\frac{\partial\bar{c}_i}{\partial t} - Z_i\left(\frac{\partial\bar{c}_i}{\partial t}Q - \bar{c}_i\frac{\partial Q}{\partial t}\right)\frac{\partial\bar{c}_k}{\partial t}\right]\right\}/Q^2\\ &+\left\{\bar{D}_i\bar{D}_j Z_j\left[Z_j\bar{c}_j\left(\frac{\partial^2\bar{c}_i}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial\bar{c}_i}{\partial r}\right) - Z_i\bar{c}_i\left(\frac{\partial^2\bar{c}_j}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial\bar{c}_j}{\partial r}\right)\right]\right.\\ &\left.+\bar{D}_i\bar{D}_k Z_k\left[Z_k\bar{c}_k\left(\frac{\partial^2\bar{c}_i}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial\bar{c}_i}{\partial r}\right) - Z_i\bar{c}_i\left(\frac{\partial^2\bar{c}_k}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial\bar{c}_k}{\partial r}\right)\right]\right\}/Q\end{aligned} \tag{8}$$

式中：$Q = \sum_{l=1}^{3} Z_l^2\bar{c}_l\bar{D}_l$；$r$ 是距球形树脂中心的距离，$0 \leqslant r \leqslant r_0$。这样的方程得不到分析解，只能求得数值解。

通过实验，可得到 A、B 和 C 三种反离子在树脂相内的浓度-时间曲线 $\bar{c}_i(t,r)$-t。在 t 时刻，每一组分在交换剂中与树脂体积有关的总量 $\bar{q}_i(t)$ 和浓度 $\bar{c}_i(t,r)$ 有如下关系：

$$\bar{q}_i(t) = \frac{3}{r_0^3}\int_0^{r_0}\bar{c}_i(t,r)r^2\mathrm{d}r \tag{9}$$

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Plicka[1]将二元体系的扩散系数值代入方程(8)，获得了 $\bar{c}_i(t,r)$-t 曲线，并与实验结果比较，证实了 Nernst-Planck 方程在以强酸性阳离子交换树脂作为交换剂的三元体系中的适用性。

2　实验部分

001×7强酸性阳离子交换树脂，上海树脂厂生产。预先分别将其转为 H^+、Na^+ 和 UO_2^{2+} 型，并分别盛于培养皿中，置于盛有 NaCl 饱和溶液的干燥器内，在25.0±0.5℃下放置至恒重。分别筛选一定粒度的树脂备用。各取此树脂600粒，用比长仪测其直径。误差分析表明，结果服从正态分布。实验系用"三颈瓶"法。各实验条件下的交换反应速度可用树脂相某离子的相对量 $\bar{X}$($\bar{X}_i=\frac{Z_i\bar{c}_i}{\sum_{l=1}^{3}Z_l\bar{c}_l}$)与时间 t 的关系曲线 $\bar{X}$-t 表示。为此，将250ml 含上述三种离子中的任意两种离子且已知其浓度的电解质溶液注入反应器(实为一五颈瓶)中。启动搅拌装置，并调至一定转速。待溶液达到所要求的恒定温度后，将一定量仅吸附了第三种反离子的饱和树脂迅速注入反应液中，同时开始记时。在该体系中，至少需同时分析两种反离子的浓度，才能由树脂的质量和交换容量通过差减法求出第三种反离子的浓度。用酸度计测量溶液的 pH 值并计算 H^+ 浓度；用分光光度法测定 UO_2^{2+} 浓度。由此，可算出溶液中 Na^+ 的浓度和树脂相各反离子的量。在用 pH 计跟踪测量 H^+ 的浓度时，由于 pH 计测得的是 H^+ 的活度，而不是浓度，所以，用已知浓度的 HCl-NaCl-$UO_2(NO_3)_2$混合溶液作校正。在读取 pH 值的同时，用自动微量移液管迅速取出约1ml 溶液，然后，再用移液管从上述取出的溶液中，分别准确移取一定体积的溶液，用于分光光度法测量 UO_2^{2+}。显色剂为铀试剂Ⅲ。

由于不断取样，反应溶液的总体积在不断减少，故在计算中进行了必要的体积校正[12]。实验中，溶液的起始总浓度均为 $\sum_{i=1}^{2}Z_ic_i^0=0.040$mol/l。因为文献[7]已经证实，在表1所列浓度下，离子交换反应速度主要由粒内扩散控制。

表1　H^+-Na^+-UO_2^{2+}离子交换体系中各离子的浓度及符号

R_{ZA}-A	B+C	c_B^0 /mol·l^{-1}	c_C^0 /mol·l^{-1}	图1－2符号
$H^+(Na^+)$	$UO_2^{2+}+Na^+(H^+)$	0.014	0.012	▲
		0.012	0.015	◌
		0.010	0.020	×
		0.008	0.024	●
		0.006	0.028	△
		0.004	0.032	□

3　结果和讨论

3.1　不同实验条件对 H^+-Na^+-UO_2^{2+}离子交换反应速度的影响

3.1.1　溶液中离子浓度的影响　分别以三种粒度(r_0=0.044、0.034、0.025cm)的 H^+ 型和 Na^+ 型树脂研究了溶液中离子浓度对离子交换反应速度的影响。半径为0.034cm 的实验结果示于图1和图2。由图1和图2可见，RH/UO_2^{2+}，Na^+ 和 RNa/UO_2^{2+}，H^+ 交换反应的速度随溶液中 UO_2^{2+} 或 Na^+ 及 UO_2^{2+} 或 H^+ 浓度的增加而增加。而且，在低浓度时，反离子的浓度对交换速度

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

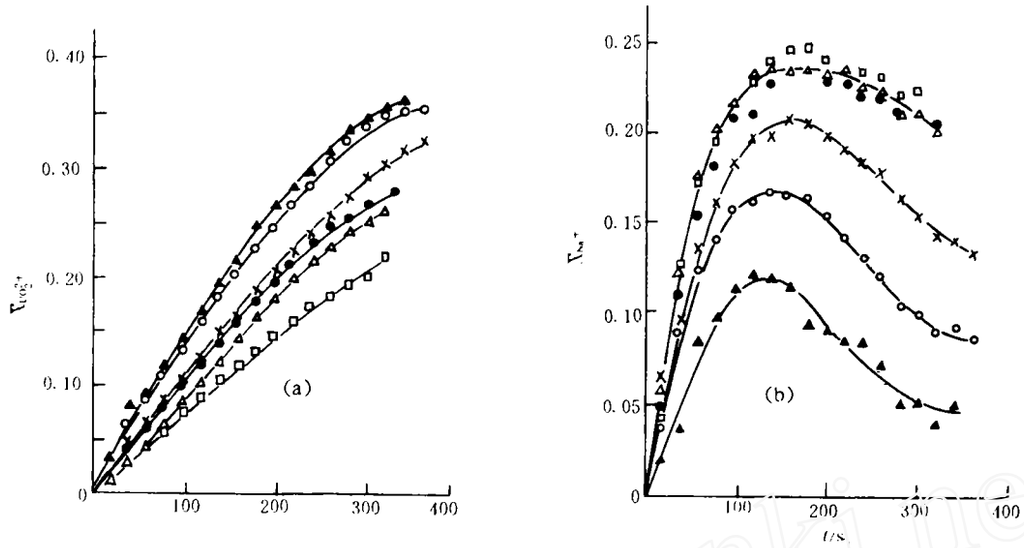

图1 溶液浓度对 RH/UO_2^{2+}，Na^+ 交换反应速度的影响

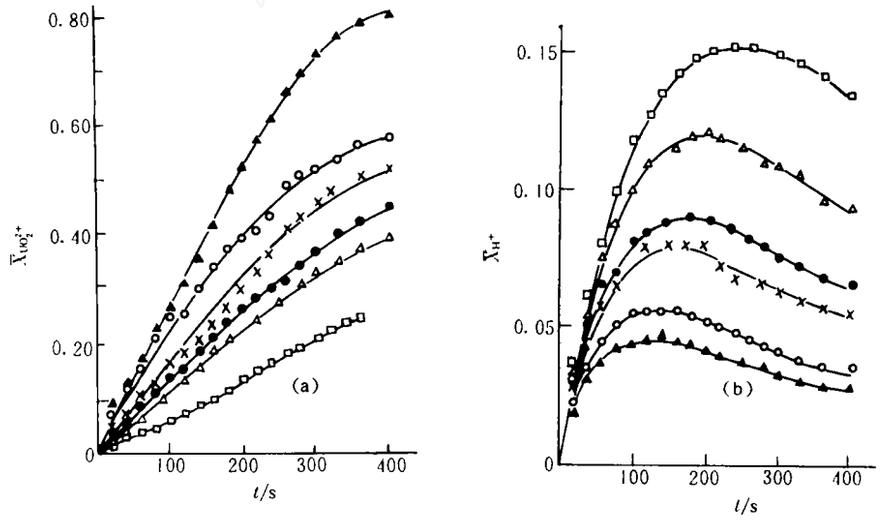

图2 溶液浓度对 RNa/UO_2^{2+}，H^+ 交换反应速度的影响

的影响比在高浓度时大。这和二元体系的结果是一致的。比较图1(b)和图2(b)可以看出：(1)当溶液中 $c^0_{Na^+}$ 接近于0.024mol/l 时，RH/Na^+ 离子交换反应速度已趋一定；当溶液中 Na^+ 浓度进一步增加时，$\bar{X}_{Na}$-t 曲线基本上已不再改变。但是，当 $c^0_{H^+}$ 接近于0.024mol/l 时，RNa/H^+ 交换反应的速度还远未达到恒定；当溶液中 H^+ 的浓度进一步增加时，单位时间内交换到树脂上的 H^+ 的量迅速增加。(2) $\bar{X}_{Na^+}$ 和 $\bar{X}_{H^+}$ 在随时间 t 的改变过程中，均出现峰值，即树脂相中 Na^+ 或

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

H^+的量，在 t 时刻时，超过了达到交换平衡时的量。而且，峰值的高度和出现的时间均随外部溶液中 Na^+ 或 H^+ 浓度的增加而增加。这一现象可以定性地解释为：外部溶液中的 Na^+（或 H^+）具有更大的淌度，因此，初始阶段以较快的速度置换出树脂相中的 H^+（或 Na^+），而溶液中的 UO_2^{2+} 则被滞后。但是，由于 UO_2^{2+} 与树脂的亲合能力远远高于 Na^+ 和 H^+，所以，随着交换反应的继续进行，原先已被交换到树脂相的 Na^+（或 H^+），又被迟到的 UO_2^{2+} 离子部分地置换下来。Helfferich[11]曾预言过这种现象，但一直没有明确的实验验证。本文的实验结果有力地证实了这一预言。(3) $\bar{X}_{Na^+}$-t 曲线的峰值均高于相应条件下 $\bar{X}_{H^+}$-t 曲线的峰值，这也再次证明，Na^+ 与树脂的亲合能力大于 H^+。

3.1.2　树脂粒度的影响　用三种不同粒度的 H^+ 型树脂和两种不同粒度的 Na^+ 型树脂研究了树脂粒度对三元体系离子交换反应速度的影响，部分实验结果示于图3。由图3(a)看出，UO_2^{2+} 与树脂相的 H^+ 离子之间的交换反应（RH/UO_2^{2+}）速度随树脂半径的减小而减小；而图3(b)表明，Na^+ 与树脂相的 H^+ 离子之间的交换反应（RH/Na^+）速度随树脂半径的减小而增大。一般说来，粒内扩散速度总是随交换剂颗粒的减小而增大。但是，在 H^+-Na^+-UO_2^{2+} 这样复杂的体系中，实验结果并非完全如此。事实上，虽然 UO_2^{2+} 与树脂的亲合能力大，但其淌度较小；而 Na^+ 与树脂的亲合能力小，但其淌度较大。因此，当它们同时与树脂相的 H^+ 发生交换反应时，彼此间发生竞争，某一种离子（Na^+）的交换速度的增加，在一定程度上可能会延缓另一种离子（UO_2^{2+}）的交换。上述现象看来就是由此产生的。在 RNa/UO_2^{2+}，H^+ 交换反应中，得到了相似的结果。

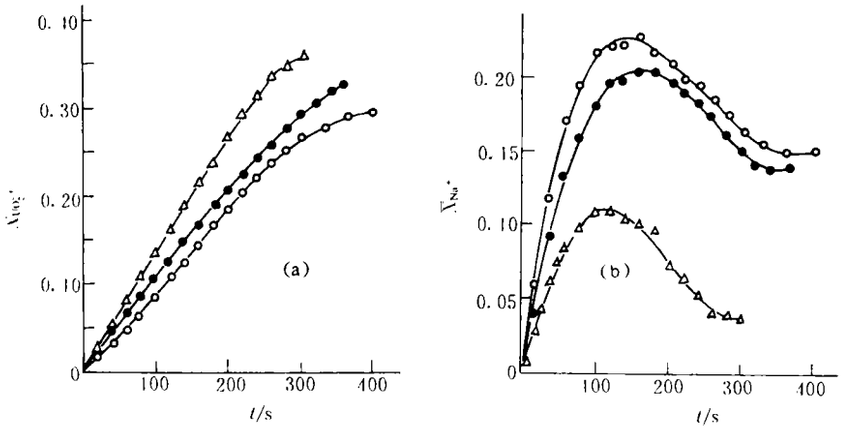

图3　树脂粒度对 RH/UO_2^{2+}，Na^+ 交换反应速度的影响

○—— 0.025cm；●—— 0.034cm；△—— 0.044cm。

3.1.3　温度的影响　温度的影响示于图4。由图4可以看出，温度对 UO_2^{2+} 与树脂相 Na^+ 之间的交换反应（RNa/UO_2^{2+}）速度影响甚微，而单位时间内交换到树脂相的 H^+ 量随温度的升高而略有增加。上述实验结果说明，温度对该体系的离子交换反应影响很小，提高温度对加快离子交换反应速度并无多大益处。

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

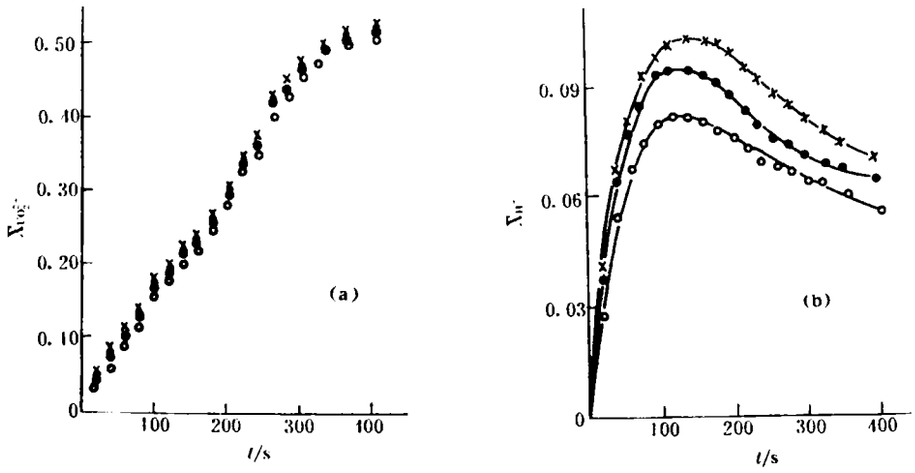

图4 温度对 RNa/UO_2^{2+}，H^+交换反应速度的影响

○——25.0℃；●——35.0℃；×——45.0℃。

3.2 计 算

根据方程(8)对实验结果进行拟合并计算了该体系中三种反离子的粒内扩散系数。计算结果列入表2。由表2可见：(1)当树脂粒度和实验温度一定时，原来处于树脂相的反离子，其粒内扩散系数在实验误差范围内为一定值。这一结果说明，原来处于树脂相的反离子，其粒内扩散系数主要取决于交换过程中溶液相离子的总浓度，而与该离子的初始浓度无关。(2)原来处于溶液中的反离子，其粒内扩散系数随浓度及温度的增加而增大，随树脂粒度的减小而增大，而与搅拌速度基本无关。其它因素对粒内扩散系数的影响与二元体系的结果是一致的。(3)粒内扩散系数计算值的大小顺序为 $\bar{D}_{H^+} > \bar{D}_{Na^+} \gg \bar{D}_{UO_2^{2+}}$。(4)Plicka 等[1]将 Na^+-Mg^{2+}、Na^+-UO_2^{2+}、Mg^{2+}-UO_2^{2+}二元体系中获得的扩散系数应用于 Na^+-Mg^{2+}-UO_2^{2+}三元体系，并用方程(8)拟合实验数据时发现，二元体系的扩散系数值在一定条件下，可以近似地应用于三元体系。本文直接用方程(8)拟合实验结果，计算出了各种反离子的粒内扩散系数，证明它们与二元体系的扩散系数[7,8]基本上处于同一数量级。这也进一步说明，Nernst-Planck 方程可以近似地描述多元体系的离子交换过程。

表2 H^+、Na^+和 UO_2^{2+}的拟合粒内扩散系数 $\bar{D}(10^{-7}cm^2/s)$

No.	X		粒度/cm (±0.002)	转速/ $r\cdot min^{-1}$	温度/℃ (±0.2)	RH/UO_2^{2+}，Na^+			RNa/UO_2^{2+}，H^+		
	UO_2^{2+}	$H^+(Na^+)$				H^+	UO_2^{2+}	Na^+	Na^+	UO_2^{2+}	H^+
1	0.7	0.3	0.034	800	25.0	43.0	0.16	2.2	5.7	0.14	9.7
2	0.6	0.4	0.034	800	25.0	44.0	0.15	3.6	5.9	0.12	19.0
3	0.5	0.5	0.034	800	25.0	45.0	0.13	4.8	5.8	0.11	38.0
4	0.4	0.6	0.034	800	25.0	45.0	0.12	7.4	5.7	0.095	51.0
5	0.3	0.7	0.034	800	25.0	44.0	0.10	7.0	5.6	0.080	59.0
6	0.2	0.8	0.034	800	25.0	44.0	0.096	8.0	6.0	0.071	60.0
7	0.5	0.5	0.044	800	25.0	30.0	0.11	3.6	4.2	0.087	16.0
8	0.5	0.5	0.025	800	25.0	60.0	0.22	8.0			

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表

No.	X		粒度/cm (±0.002)	转速/ r·min⁻¹	温度/℃ (±0.2)	RH/UO_2^{2+}, Na^+			RNa/UO_2^{2+}, H^+		
	UO_2^{2+}	$H^+(Na^+)$				H^+	UO_2^{2+}	Na^+	Na^+	UO_2^{2+}	H^+
9	0.5	0.5	0.034	600	25.0	44.0	0.10	4.5	5.5	0.10	36.0
10	0.5	0.5	0.034	1000	25.0	45.0	0.13	5.0	5.9	0.12	41.0
11	0.5	0.5	0.034	800	35.0	55.0	0.22	5.4	7.4	0.15	70.0
12	0.5	0.5	0.034	800	45.0	60.0	0.28	7.0	8.8	0.17	89.0

注：X 为某离子在溶液相的相对量，$X_i = \frac{Z_i c_i}{\sum_{l=1}^{3} Z_l c_l^0}$

另外，表3列出了各反离子的平衡选择系数计算结果。从表3可见，$K_{UO_2^{2+}/H^+} \gg K_{UO_2^{2+}/Na^+} > 1$。这说明，这三种反离子与树脂的亲合能力的大小顺序为 $UO_2^{2+} \gg Na^+ > H^+$。这些计算结果与实验结果完全一致。

表3　H^+-Na^+-UO_2^{2+}离子交换体系的平衡选择系数 $K_{A/B}$

$X_{UO_2^{2+}}$	$X_{H^+}(X_{Na^+})$	RH/UO_2^{2+}, Na^+ $K_{UO_2^{2+}/Na^+}$	RNa/UO_2^{2+}, H^+ $K_{UO_2^{2+}/H^+}$
0.7	0.3	2.45	10.8
0.6	0.4	2.79	15.7
0.5	0.5	2.88	20.4
0.4	0.6	3.54	27.9
0.3	0.7	4.30	36.8
0.2	0.8	5.51	45.5

注：1) 25.0±0.2℃，$r_0 = 0.034$，转速为800r/min；

2) $K_{A/B} = \frac{X_A/X_A}{X_B/X_B}$。

4 结　论

本文研究了 H^+-Na^+-UO_2^{2+}三元体系的离子交换动力学和各种实验条件对离子交换反应速度的影响。通过计算求出了各种反离子的粒内扩散系数，同时还计算了其平衡选择系数。实验和计算结果表明：(1)该体系中各种反离子的粒内扩散系数与 H^+-Na^+、H^+-UO_2^{2+} 以及 Na^+-UO_2^{2+} 二元体系的粒内扩散系数具有相同的数量级，但是各种实验条件的改变对离子交换反应速度的影响更加复杂。(2)影响三元体系离子交换的最重要的因素同样是反离子的淌度和它们与树脂的亲合能力。与树脂亲合能力大的反离子，最终总是优先被树脂吸附，而以较小的速度被释放。但在交换过程中，淌度大的离子可能先于淌度小的离子进入树脂相，随后又被迟到的而亲合能力大的离子部分(甚至完全)取代，从而在动力学曲线中出现峰值。(3)只有当平衡选择系数接近于1或反离子的淌度相近时，才可以用二元体系的有关规律预测三元体系。

上述结论同样适用于三元以上的多组分离子交换体系。

参 考 文 献

1 Plicka J, Štamberg K, Cabicar J, et al. Study of Kinetics, Equilibrium and Isotope Exchange in Ion Exchange Systems. Ⅵ the Kinetic Model of Ion Exchange Sorption in Ternary Systems. J Radioanal Nucl Chem, Articles, 1986, 102(2): 525－532.

2 Dranoff JS, Lapidus L. Multicomponent Ion Exchange Column Calculations in Five Minutes' Time, the Entire Kinetic Behav-

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

ior of an Ion Exchange Column Can Be Predicted Mathematically With a Digital Computer Program. Ind Eng Chem, 1958, 50 (11): 1648－1653.

3 Dranoff JS, Lapidus L. Ion Exchange in Ternary Systems These Kinetic and Fixed Bed Studies Show How to Discribe the Behavior of Such Systems and How to Determine the Necessary Parameters. Ind Eng Chem, 1961, 53(1): 71－76.

4 Gupta AK, Kerke BY, Gopala Rao M. Ion Exchange Rates in Ternary Systems. Indian J Technol, 1974, 12: 395.

5 Bajpai RK, Gupta AK, Gopala Rao M. Single Particle Studies of Binary and Ternary Cation Exchanger. Proc Conf Balatonfured, Hungary. 1974, May, 28－31.

6 Muraviev DN, Sverchkova OYu, Voskresensky NM, et al. Kinetics of Ion Exchange in Polyphase Systems Including Crystallizing Substances. Reactive Polymers, 1992, 17: 75－88.

7 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.

8 宋胤杰，杨清东，赵爱民. Na^+-UO_2^{2+}二元离子交换体系中树脂体积发生变化时的动力学. 核化学与放射化学，在排印中.

9 Helfferich FG. Ion Exchange Kinetics—— Evolution of a Theory in Mass Transfer and Kinetics of Ion Exchange. In: Liberti L, Helfferich FG. ed. Martinus Nijhoff Pub. 1983. 157.

10 Stamberg K, Plicka J, Cabicar J, et al. Study of Kinetics, Equilibrium and Isotope Exchange in Ion Exchange Systems IV. Gel Kinetics of Ion Exchange in Na^+-Mg^{2+}-Strongly Acidic Cation Exchanger System. J Radioand Nucl Chem, Articles. 1985, 90(2): 289－302.

11 Helfferich FG. Ion Exchange. Mcgraw-Hill Book Company, Inc. 1962. 259－288.

12 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.

STUDY ON THE KINETICS OF ION EXCHANGE IN TERNARY SYSTEM OF H^+-Na^+-UO_2^{2+}

ZHAO AIMIN SONG YINJIE

(*Department of Modern Physics, LanZhou University*, 730000)

ABSTRACT

The kinetics of ion exchange in the ternary system of H^+-Na^+-UO_2^{2+} is studied with strong acidic cation exchange resin. The valuable conclusions are made by comparing the experimental results in this system with that in binary system. The particle diffusion coeffieients for given counter ion in the system are calcalated by simulating the experimental data. Results show that the diffusions of the three kinds of counter ions in the solution are interdependent. Therefore, the three Nernst-Planck equations can only be approximately applied to the ternary system when each of the equations is used to describe the diffusion flux of a given counter ion respectively. The equalibrium selectivity coefficients of each counter ion in the system are reported.

Key words Kinetics of ion exchang Ternary system Nernst-Planck equation Particle diffusion coefficient Equalibrium selectivity coefficient

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net