

文章编号:0253-9950(2010)05-0262-06

二甲基羟胺还原 $\text{Np}(\text{VI})$ 的反应动力学

李小该, 何 辉, 叶国安, 唐洪彬, 蒋德祥, 肖松涛

中国原子能科学研究院 放射化学研究所, 北京 102413

摘要: 用分光光度法研究了 HNO_3 介质中二甲基羟胺(DMHAN)还原 $\text{Np}(\text{VI})$ 的动力学。通过考察还原剂浓度和酸度等条件对 $\text{Np}(\text{VI})$ 动力学过程的影响, 确定了反应的动力学速率方程为 $-dc(\text{Np}(\text{VI}))/dt = kc(\text{Np}(\text{VI}))c(\text{DMHAN})/c^{0.6}(\text{H}^+)$, 在温度 $\theta = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、离子强度 $I = 4.0\text{ mol/kg}$ 时, 速率常数 $k = 289.8\text{ (mol/L)}^{-0.4}/\text{min}$ 。研究了离子强度、 $c(\text{U}(\text{VI}))$ 和温度等因素对反应的影响。结果表明, 离子强度和 $c(\text{U}(\text{VI}))$ 对反应速率无显著影响, $25\text{ }^\circ\text{C}$ 时反应活化能为 53.3 kJ/mol ; 随着温度的升高, 反应速率加快。并在此基础上推测了可能的反应机理。

关键词: 二甲基羟胺; $\text{Np}(\text{VI})$; 反应动力学; 反应机理

中图分类号: O643.12 **文献标志码:** A

Reaction Kinetics Between *N,N*-Dimethylhydroxylamine and Neptunium(VI)

LI Xiao-gai, HE Hui, YE Guo-an, TANG Hong-bin, JIANG De-xiang, XIAO Song-tao

China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275(26), Beijing 102413, China

Abstract: The reaction kinetics between dimethylhydroxylamine (DMHAN) and $\text{Np}(\text{VI})$ in nitric acid media was studied by spectrophotometry. By investigating the influence of DMHAN concentration and acidity on the reaction, the reaction rate equation is obtained: $-dc(\text{Np}(\text{VI}))/dt = kc(\text{Np}(\text{VI}))c(\text{DMHAN})/c^{0.6}(\text{H}^+)$, and the rate constant is $289.8\text{ (mol/L)}^{-0.4}/\text{min}$ at $25\text{ }^\circ\text{C}$ and $I = 4.0\text{ mol/kg}$. The effects of ionic strength, $c(\text{U}(\text{VI}))$, and temperature were also investigated. The results show that the ionic strength and $c(\text{U}(\text{VI}))$ have no obvious effects on the reaction. The reaction activation energy was found to be 53.3 kJ/mol ($25\text{ }^\circ\text{C}$) by plotting the reaction rate constant against the reciprocal of reaction temperature. The negative activation energy implies that rising temperature will accelerate the reaction. Based on the above results, the reaction mechanism was explored.

Key words: dimethylhydroxylamine; $\text{Np}(\text{VI})$; kinetics; mechanism of redox reaction

Purex 流程是目前乏燃料后处理厂所广泛采用的工艺。在 Purex 流程的 U/Pu 分离工艺中, 目前主要采用 $\text{U}(\text{IV})$ 作还原剂将有机相中的

$\text{Pu}(\text{IV})$ 还原为不易被萃取的 $\text{Pu}(\text{III})$ 进入水相, 而 $\text{U}(\text{VI})$ 仍保留在有机相中, 从而实现 U 与 Pu 的分离。 $\text{U}(\text{IV})$ 作还原剂具有反应速度快、分离效

果好的优点,但是 U(IV) 会将流程中的 Np(VI) 还原到 Np(IV), 而 Np(IV) 在流程中具有一定的分配比, 在水相和有机相中都有一定的分布, 这样造成了流程中铀的走向分散, 不易控制。近年来, 后处理研究采用有机无盐试剂作还原剂, 以减少废物量, 简化流程, 并加强对铀的走向控制。德国^[1]和日本^[2]研究用正丁醛和异丁醛做为 Np 的还原剂; 俄罗斯^[3]研究用羟胺及肼的衍生物作 Np 的还原剂; 法国原子能委员会^[4]采用硝酸羟胺同时还原 Pu 和 Np, 实现与铀的分离; 中国原子能科学研究院^[5]研究用二甲基羟胺(DMHAN)作 U/Pu 分离的还原剂, 同时还原 Np、Pu, 台架实验证实了能取得较好的铀钚分离效果, 且进入 1AP 中的 Np 在铀钚分离过程(1B)中主要进入钚产品液(1BP)中, 因此研究 DMHAN 对 Np 的价态影响是一项很有意义的课题。目前关于 DMHAN 还原 Np(VI) 的报道较少, 仅 Koltunov^[6]研究了 HNO₃ 介质中 DMHAN 还原 Np(VI) 的反应动力学, 得出了还原反应的动力学速率方程为:

$$-\frac{dc(\text{Np(VI)})}{dt} = k \frac{c(\text{Np(V)})c(\text{DMHAN})}{c^{0.65}(\text{H}^+)}$$

在温度 $\theta=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、离子强度 $I=2\text{ mol/kg}$ 时, 反应速率常数为 242 min^{-1} , 反应活化能为 60.0 kJ/mol 。本工作拟考察 HNO₃ 介质中 DMHAN 还原 Np(VI) 的反应动力学行为, 并阐释 1B 槽中 Np 主要进入 1BP 的原因。

1 实验

1.1 试剂和仪器

²³⁷NpO₂, 实验室自制; 实验用 Np(VI) 由电解氧化 Np(IV, V) 的 HNO₃ 溶液所得^[7], Np(VI) 质量含量不小于 99%, 且在较长时间内保持稳定; 二甲基羟胺系实验室合成, 经分析其纯度不小于 99%, 各种浓度的二甲基羟胺溶液在实验前配制; UO₂(NO₃)₂、HNO₃、NaNO₃ 等试剂均为分析纯。

SPECORD S600 UV-vis-nir 分光光度计, 上海精密仪器厂; CS501 型超级恒温水浴槽, 上海实验仪器厂。

1.2 实验方法

将一定体积的 Np(VI) 溶液和 HNO₃ 等溶液定量加入到比色皿中, 之后加入预定浓度的二甲基羟胺溶液, 开动电磁搅拌器搅拌均匀, 于 980.3 nm 处跟踪 Np(V) 的吸光度, 至该处吸光

度无明显变化为止。

2 数据处理方法

动力学实验假定反应体系对 Np(VI) 为一级反应, 对 DMHAN 为 m 级反应, 对溶液酸度为 n 级反应, 则 DMHAN 还原 Np(VI) 的动力学速率方程为:

$$-dc(\text{Np(VI)})/dt = kc(\text{Np(VI)})c^m(\text{DMHAN})c^n(\text{H}^+) \quad (1)$$

式中, k 为反应速率常数。在反应体系中, 控制 DMHAN 及 H⁺ 的起始浓度远远大于 Np(VI) 起始浓度, 则其在反应中的消耗量相对很少, 进而可忽略, 浓度保持不变。若令

$$k' = kc^m(\text{DMHAN})c^n(\text{H}^+) \quad (2)$$

则

$$-dc(\text{Np(VI)})/dt = k'c(\text{Np(VI)}) \quad (3)$$

式中, $c(\text{Np(VI)})$ 为 Np(VI) 在反应中的即时浓度。如果设 $c_0(\text{Np(VI)})$ 为溶液中 Np(VI) 反应的起始浓度, $c_{\infty}(\text{Np(V)})$ 为完全反应后 Np(V) 的最大浓度, $c(\text{Np(V)})$ 为 Np(V) 在反应中的即时浓度。则体系中 Np(VI) 和 Np(V) 的浓度关系为:

$$c_0(\text{Np(VI)}) = c_{\infty}(\text{Np(V)})$$

$$c(\text{Np(VI)}) = c_{\infty}(\text{Np(V)}) - c(\text{Np(V)})$$

将以上关系式代入(3)式, 得:

$$-\frac{dc(\text{Np(VI)})}{dt} = \frac{dc(\text{Np(V)})}{dt} = k'(c_{\infty}(\text{Np(V)}) - c(\text{Np(V)})) \quad (4)$$

根据 Lambert Beer 定律:

$$A = \epsilon Bc$$

则

$$\begin{aligned} c_{\infty}(\text{Np(V)}) &= A_{\infty}/\epsilon B \\ c(\text{Np(V)}) &= A/\epsilon B \end{aligned} \quad (5)$$

式中, ϵ 为吸光系数, B 为液层厚度, A 和 A_{∞} 分别为 Np(V) 在任意时刻和反应达平衡后于 980.3 nm 处的吸光度。

将(5)式代入(4)式, 并进行积分得:

$$\ln(A_{\infty} - A) = -k't + \ln A_{\infty} \quad (6)$$

则

$$A = A_{\infty}(1 - e^{-k't}) \quad (7)$$

(7)式表明, 如果反应体系对 Np(VI) 为一级反应, 则以吸光度 A 对反应时间 t 拟合作图, 所得图象应符合指数增长函数 $y = a(1 - e^{-bx})$, 拟合曲线的 a 值即为 A_{∞} , b 值即为反应表观速率常数 k' 值。

采用函数拟合法计算简单便捷,直接以吸光度 A 对反应时间 t 拟合作图即可拟合出 k' 值,省却了中间的计算步骤;此外,采用函数拟合能处理从反应起始到平衡时的所有数据,得到的结果更具有逼真性和可信性;最后,采用函数拟合法作图的时间间隔很小,即使是由于测量体系不稳定而引起的误差,在拟合时也可被有效地消除。

3 结果与讨论

3.1 Np(VI)-DMHAN 体系反应级数的确定

3.1.1 对 $c(\text{Np(VI)})$ 的级数 DMHAN-Np(VI) 反应在 980.3 nm 处吸光度 A 与反应时间 t 的关系示于图 1。由图 1 可知, A 和 t 之间的关系符合指数增长函数 $y = a(1 - e^{-bt})$, 说明上述假设正确, 即氧化还原体系对 $c(\text{Np(VI)})$ 为一级反应, 拟合曲线的 b 值为表观一级反应速率常数 k' 值。DMHAN 浓度分别为 0.021 6、0.032 4、0.043 2、0.054 1、0.064 9 mol/L 时, k' 值分别为 0.106、0.143、0.223、0.232、0.314 s^{-1} 。

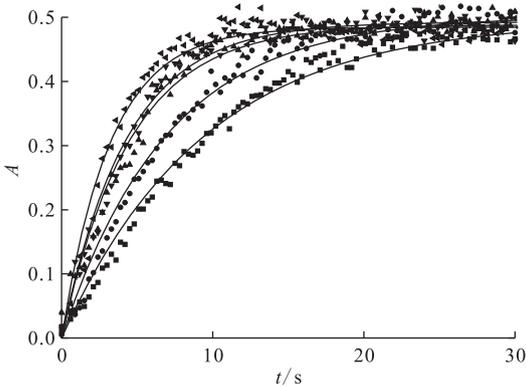


图 1 DMHAN-Np(VI) 反应在 980.3 nm 处吸光度与反应时间的关系

Fig. 1 Relationship of the absorbance at 980.3 nm to the reaction time during reaction of Np(VI)-dimethylhydroxylamine

$c(\text{HNO}_3) = 1.04 \text{ mol/L}$, $c(\text{Np(VI)}) = 9.11 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
 $c(\text{DMHAN})$, mol/L: ■ — 0.021 6, ● — 0.032 4,
 ▲ — 0.043 2, ▼ — 0.054 1, ◀ — 0.064 9

3.1.2 对 DMHAN 和 H^+ 的反应级数 表观速率常数 $k' = kc^m(\text{DMHAN})c^n(\text{H}^+)$, 两边取对数:

$$\ln k' = \ln k + m \ln c(\text{DMHAN}) + n \ln c(\text{H}^+) \quad (8)$$

以 $\ln k'$ 对 $\ln c(\text{DMHAN})$ 作图, 所得直线的斜率

即为 $c(\text{DMHAN})$ 的反应级数。实验中维持其它条件不变, 只改变 $c(\text{DMHAN})$, $\ln k' - \ln c(\text{DMHAN})$ 呈线性关系(图 2), 所得直线斜率为 0.975, 即 $m \approx 1$, 这表明 Np(VI)-DMHAN 体系对 DMHAN 为一级反应。同样, 实验中只改变 $c(\text{H}^+)$, 以 $\ln k'$ 对 $\ln c(\text{H}^+)$ 作图(图 3), 所得直线斜率为 -0.604, 即 $n \approx -0.6$, Np(VI)-DMHAN 体系对 H^+ 浓度为 -0.6 级反应。

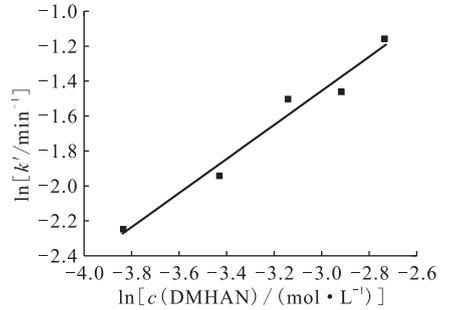


图 2 $\ln k' - \ln c(\text{DMHAN})$ 关系曲线

Fig. 2 Relationship curve of $\ln k' - \ln c(\text{DMHAN})$
 $c(\text{H}^+) = 1.04 \text{ mol/L}$, $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

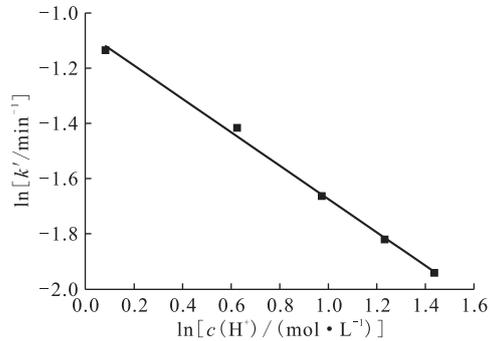


图 3 $\ln k' - \ln c(\text{H}^+)$ 关系曲线

Fig. 3 Relationship curve of $\ln k' - \ln c(\text{H}^+)$
 $c(\text{DMHAN}) = 0.039 \text{ mol/L}$, $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

综上所述, DMHAN 还原 Np(VI) 的反应动力学速率方程可表示为:

$$-\frac{dc(\text{Np(VI)})}{dt} = k \frac{c(\text{Np(VI)})c(\text{DMHAN})}{c^{0.6}(\text{H}^+)} \quad (9)$$

在温度 $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、离子强度 $I = 4.0 \text{ mol/kg}$ 时, 速率常数 $k = 289.8 \text{ (mol/L)}^{-0.4} / \text{min}$ 。由于实验数据是从起始点到反应达平衡时的全过程, 所以该速率方程也为 DMHAN 还原 Np(VI) 的完全速率方程。

3.2 实验条件对反应的影响

3.2.1 离子强度对反应的影响 反应在 HNO_3 介

质中进行,溶液中的 NO_3^- 对 NpO_2^{2+} 有配位作用,并影响溶液的离子强度,而铀系离子的氧化还原反应常常与离子强度有相当大的依赖关系,因此需考虑离子强度对反应的影响。维持 $c(\text{HNO}_3) = 1.04 \text{ mol/L}$, $c(\text{DMHAN}) = 0.039 \text{ mol/L}$, 加入 NaNO_3 改变体系的离子强度 (I), 研究 I 对氧化还原反应表观速率常数的影响, 离子强度分别为 $1.04, 1.91, 2.77, 3.64, 4.50 \text{ mol/L}$ 时, k' 值分别为 $0.21, 0.21, 0.23, 0.22, 0.22 \text{ s}^{-1}$ 。在实验条件下, $I = 1.04 \sim 4.5 \text{ mol/kg}$ 时, 其对表观一级反应速率常数 k' 影响不大。

3.2.2 U(VI) 浓度对反应的影响 Purex 流程中铀钚与铀的分离是在 U(VI) 大量存在的条件下进行, 因此必须考虑 U(VI) 浓度对 DMHAN 还原 Np(VI) 反应的影响。在 $c(\text{HNO}_3) = 1.04 \text{ mol/L}$, $c(\text{DMHAN}) = 0.039 \text{ mol/L}$, $I = 4.5 \text{ mol/kg}$ 的条件下, 研究 U(VI) 浓度对 Np(VI) 还原反应的影响。 $c(\text{U(VI)})$ 分别为 $0, 0.17, 0.35, 0.52, 0.69 \text{ mol/L}$ 时, k' 值分别为 $0.22, 0.21, 0.21, 0.20, 0.20 \text{ s}^{-1}$ 。 $c(\text{U(VI)})$ 在 $0 \sim 0.69 \text{ mol/L}$ 变化时, k' 值无明显变化, 说明 $c(\text{U(VI)})$ 对氧化还原反应无影响。然而, 随着体系中 U(VI) 浓度的增加, 反应达平衡后最大吸光度 A_∞ 逐渐降低, 这可能是由于形成了 $1:1$ 型的 Np(V)-U(VI) 双核配合物致使 Np(V) 在 980.3 nm 处的吸收峰发生分裂所致^[8]。

3.2.3 温度对反应的影响 实验中维持其他条件

不变, 改变溶液的反应温度, 在 $20 \sim 35.4 \text{ }^\circ\text{C}$ 研究温度对反应的影响, 结果示于图 4。由图 4 可知, 随着温度的升高, 反应速率加快。根据 Arrhenius 方程, 求得 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 时反应的活化能为 53.3 kJ/mol 。

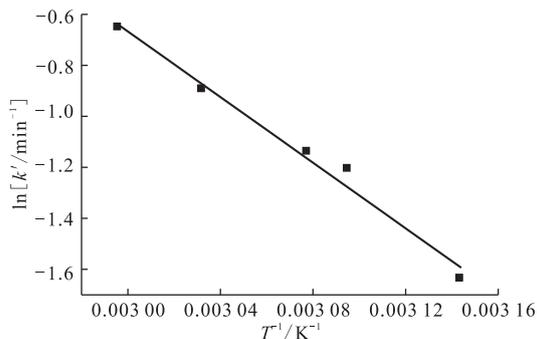


图 4 温度对 Np(VI)-DMHAN 反应的影响

Fig. 4 Influence of temperature on Np(VI)-DMHAN reaction

$c(\text{HNO}_3) = 1.08 \text{ mol/L}$, $c(\text{DMHAN}) = 0.039 \text{ mol/L}$

3.3 不同还原剂还原 Np(VI) 的动力学参数比较

表 1 列举了几种不同还原剂还原 Np(VI) 的动力学参数情况。由表 1 可知, U(IV) 还原 Np(VI) 的反应速率很快, 低温下即能迅速还原 Np(VI); 羟胺还原 Np(VI) 的速率也较快, 但较 U(IV) 为慢; 肼最慢。二甲基羟胺还原 Np(VI) 的能力较羟胺大大增强, 可能与所带斥电子基团 $-\text{CH}_3$ 有关, 同样带一个 $-\text{CH}_3$ 的单甲基肼还原能力较肼也有较大提高。

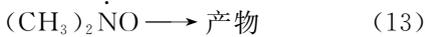
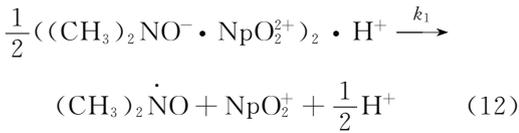
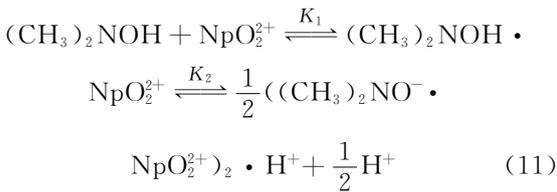
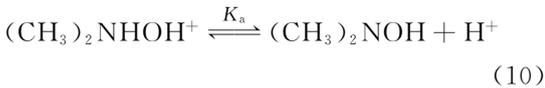
表 1 不同还原剂还原 Np(VI) 的动力学参数

Table 1 Kinetic parameters for various reductants

还原剂 (Reductants)	动力学方程 (Kinetic equations)	k'/min^{-1}	$E_a/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	参考文献 (References)
U(IV)	$-\text{dc}(\text{Np(VI)})/\text{dt} = (k_1 + k_2 c(\text{H}^+)) \cdot c(\text{Np(VI)})c(\text{U(IV)})/(\beta + c(\text{H}^+))$	$k_1 = 404$ $k_2 = 275(10 \text{ }^\circ\text{C})$	66.5	[9]
肼 (R_2H_4)	$-\text{dc}(\text{Np(VI)})/\text{dt} = kc(\text{Np(VI)})c(\text{R}_2\text{H}_4)/c^{1.24}(\text{H}^+)$	14.0 ($50 \text{ }^\circ\text{C}$)	78.7	[10]
羟胺 (MHAN)	$-\text{dc}(\text{Np(VI)})/\text{dt} = kc(\text{Np(VI)})c(\text{MHAN})/c(\text{H}^+)$	29.0 ($25 \text{ }^\circ\text{C}$)	82.1	[6]
二甲基羟胺 (DMHAN)	$-\text{dc}(\text{Np(VI)})/\text{dt} = kc(\text{Np(VI)})c(\text{DMHAN})/c^{0.6}(\text{H}^+)$	289.8 ($25 \text{ }^\circ\text{C}$)	53.3	本工作 (This work)
单甲基肼 (MMH)	$-\text{dc}(\text{Np(VI)})/\text{dt} = kc(\text{Np(VI)})c(\text{MMH})/c(\text{H}^+)$	61.3 ($24 \text{ }^\circ\text{C}$)	59.72	[11]

4 Np(VI)-DMHAN 反应机理探讨

羟胺衍生物是一类非常易于氧化的有机化合物, Np(VI) 被还原至 Np(V) 是单电子的转移过程, 通常速度较快。根据羟胺及其衍生物在许多化学反应中都以产生氮氧自由基的方式进行反应的机理推测^[7], Np(VI)-DMHAN 之间的氧化还原反应也应该是一个自由基历程。因此, 可假设该反应的机理如下:

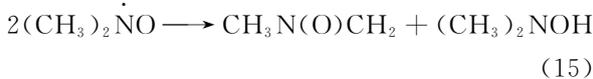
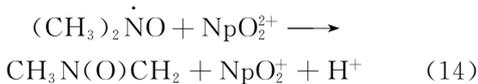


$(\text{CH}_3)_2\text{NOH}$ 是一元弱碱, 在酸性溶液中必然会结合 H^+ 而主要以离子化的形式存在, 式(10)为 $(\text{CH}_3)_2\text{NHOH}^+$ 的电离平衡。该离子化体在溶液中几乎完全电离, 活化能低, 转换较快; 式(11)是反应过程中间活化络合物的形成过程, 能很快达到平衡。

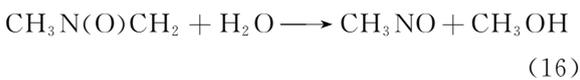
$$K_1 = \frac{c((\text{CH}_3)_2\text{NOH} \cdot \text{NpO}_2^{2+})}{c((\text{CH}_3)_2\text{NOH})c(\text{NpO}_2^{2+})}$$

$$K_2 = \frac{c^{0.5}(((\text{CH}_3)_2\text{NO}^- \cdot \text{NpO}_2^{2+})_2 \cdot \text{H}^+)c^{0.5}(\text{H}^+)}{c((\text{CH}_3)_2\text{NOH} \cdot \text{NpO}_2^{2+})}$$

式(13)为自由基反应, 自由基中间产物浓度低, 寿命短, 反应较快。反应生成的 $(\text{CH}_3)_2\dot{\text{N}}\text{O}$ 既可以还原 Np(VI), 也可以发生重排和水解反应。



生成的 $\text{CH}_3\text{N}(\text{O})\text{CH}_2$ 在酸性条件下, 迅速发生水解反应, 生成甲醇和甲醛:



式(12)涉及电子在不同离子间的转移, 有理由相信, 该过程是本反应的速率控制步骤^[7]。另在离子强度对反应影响的实验中已证实了离子强度对反应速率常数影响很小, 离子强度对反应的影响主要是通过静电效应起作用, 它主要反映于对络合物离子间相互作用较大, 而对络合物离子内的电子转移影响极小^[12], 这也与络合物内部单电子转移过程为本反应的速率控制步骤相吻合。速率控制步骤的动力学方程可表示为:

$$\frac{dc(\text{Np(V)})}{dt} = -\frac{dc(\text{Np(VI)})}{dt} = k_1 c^{0.5}(((\text{CH}_3)_2\text{NO}^- \cdot \text{NpO}_2^{2+})_2 \cdot \text{H}^+)$$

结合 K_1 、 K_2 的表达式, 可得:

$$\begin{aligned} -\frac{dc(\text{Np(VI)})}{dt} &= \\ \frac{k_1 K_1 K_2 c((\text{CH}_3)_2\text{NOH})c(\text{NpO}_2^{2+})}{c^{0.5}(\text{H}^+)} &= \\ \frac{kc((\text{CH}_3)_2\text{NOH})c((\text{NpO}_2^{2+}))}{c^{0.5}(\text{H}^+)} &\quad (18) \end{aligned}$$

式中 $k = K_1 K_2 k_1$ 。式(18)与式(9)的动力学速率方程表达式形式基本一致, 说明所假设反应机理正确。

5 结 论

(1) 本实验条件下, DMHAN 还原 Np(VI) 反应动力学方程为:

$$-dc(\text{Np(VI)})/dt = kc(\text{Np(VI)})c(\text{DMHAN})/c^{0.6}(\text{H}^+)$$

在温度 $\theta = 25^\circ\text{C}$ 、离子强度 $I = 4.0 \text{ mol/kg}$ 时, 速率常数 $k = 289.8 (\text{mol/L})^{-0.4} / \text{min}$ 。

(2) 在离子强度 $I = 1.04 \sim 4.5 \text{ mol/kg}$ 、 $c(\text{U(VI)}) = 0 \sim 0.69 \text{ mol/L}$ 范围内, k' 值无明显变化。温度升高, 反应速率加快, 相应的活化能为 53.3 kJ/mol 。

(3) 根据 DMHAN 还原 Np(VI) 的动力学速率方程, 推测了实验条件下 DMHAN 还原 Np(VI) 时可能的单电子反应机理。

参考文献:

- [1] Kolarik Z, Schuler R. Separation of Neptunium From Uranium and Plutonium in the Purex Process [C] // In: Proc Extraction '84 Sump, Liquid-Liquid Extraction Science, Dounreay. November 1984, 44 (1): 83-90.

- [2] Uchiyama G, Fujine S, Hotoku S, et al. New Separation Process for Neptunium, Plutonium and Uranium Using Butyraldehydes as Reductant in Reprocessing[J]. Nucl Technol, 1993, 102(3): 341-352.
- [3] Koltunov V S, Baranov S M. Kinetics and Mechanism of Np and Pu Reactions With Organic Derivatives of Hydrazine[J]. Inorg Chim Acta, 1987, 140(5): 31-38.
- [4] 任凤仪,周镇兴. 国外核燃料后处理[M]. 北京:原子能出版社,2006.
- [5] 何辉. *N,N*-二甲基羟胺在铀钚分离中的应用和计算机程序的开发[D]. 北京:中国原子能科学研究院,2001.
- [6] Koltunov V S, Baranov S M. Reaction Kinetics of Np and Pu Ions With Hydroxylamine Derivatives[J]. Radiochem, 1994, 83(5): 233-238.
- [7] 张安运. *N,N*-二乙基羟胺与 Np(VI)和 Pu(IV)氧化还原反应动力学和反应机理的研究[D]. 北京:中国原子能科学研究院,1998.
- [8] Gauthier R, Ilmstadter V, Lieser K H. Simultaneous Quantitative Determination of the Various Oxidation States of Neptunium at Low Concentrations by Spectrophotometry[J]. Radiochim Acta, 1983, 33(2): 35-39.
- [9] Koltunov V S, Taylor R J. The Kinetic and Mechanism of the Reduction of Neptunium(VI) Ions by Uranium(IV) Ions in Nitric Acid[J]. Radiochim Acta, 2002, 90(3): 259-265.
- [10] Koltunov V S, Baranov S M. Reaction Kinetics of Np and Pu Ions With Hydrazine Derivatives[J]. Radiochem, 1993, 73(1): 56-61.
- [11] 张先业,叶国安,肖松涛,等. 单甲基胂还原 Np(VI) I. 反应动力学研究[J]. 原子能科学技术,1997, 31(3):193-198.
- [12] 邱体孝,刘锡兰. 离子强度对配合物间电子转移反应速度的影响[J]. 四川师范学院学报,1989,10(1): 44-47.

会议报道

第九届全国核化学与放射化学学术研讨会在赤峰隆重召开

2010年8月23—27日,由中国核学会核化学与放射化学分会主办、中国原子能科学研究院承办的“第九届全国核化学与放射化学学术研讨会”在内蒙古自治区赤峰市隆重召开。

来自瑞典斯杜斯维克核能中心、国家国防科技工业局、中核集团总公司、中国原子能科学研究院、中国工程物理研究院、北京大学、清华大学等34家单位、200余位代表出席了此次研讨会。本次研讨会内容主要涉及核燃料循环、核化学与放射分析化学、核药物化学与标记化合物、环境放射化学、放射性三废处理与处置技术及放射化学应用等研究领域,会议共收集论文140余篇,组织大会邀请报告15篇,分会场口头报告97篇。会议内容反映了我国近年来在该领域的最新研究成果和动态。会议评选出了12篇优秀青年报告,并给予了表彰。

会议期间召开了七届二次全体委员会和《核化学与放射化学》编辑委员会,对学会过去一年的工作进行了总结,并对下一年工作做了部署。

随着我国核能的快速发展,核化学与放射化学迎来了又一个春天。在新形势下,核化学与放射化学分会正在为我国的国防建设和国民经济建设发挥着越来越重要的作用,正致力于为核科技工作者搭建学术交流的平台和窗口。