

Ce(IV)/硝酸模拟去污废液预处理初步研究

张涛革 武明亮

(中国辐射防护研究院 太原 030006)

摘要 采用双氧水还原法处理 Ce(IV)/硝酸模拟去污废液中残留的 Ce^{4+} 离子; 采用蒸馏法去除其中的铵; 并测定了模拟去污废液中的镍含量, 通过废液中的镍含量推算模拟不锈钢的腐蚀量。试验结果表明: 按照双氧水与 Ce^{4+} 的物质的量比为 1:2 向废液中加入双氧水, 可将其中残留的 Ce^{4+} 离子全部还原; 将废液 pH 值调节至 11.5—12, 加热蒸馏 30 min, 废液中铵去除率达 99% 以上; 由模拟去污废液中镍含量测定结果推算出其中 1Cr18Ni9Ti 不锈钢腐蚀量为 $51.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} - 70.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

关键词 Ce(IV)/硝酸去污, 模拟去污废液, 过氧化氢, 抗坏血酸

中图分类号 TL941

Ce(IV)/硝酸去污技术利用 Ce^{4+} 在硝酸溶液中的强氧化性, 可将不锈钢或其它金属表面氧化层或金属基体溶解从而实现去污^[1,2]。Ce(IV)/硝酸去污废液中会残留有 Ce^{4+} , 由于 Ce^{4+} 具有较强腐蚀性, 若进行长期储存则会对废液贮存系统产生一定腐蚀。此外, 废液中含有大量铵离子, 需对其进行预处理。过氧化氢和抗坏血酸是还原 Ce^{4+} 较为常用的还原剂^[3]。本工作在有关试验的基础上, 对 Ce(IV)/硝酸去污废液中 Ce^{4+} 的还原, 废液中的铵去除以及废液中的含盐量测定等问题进行了初步探讨。

1 实验材料和方法

1.1 主要仪器

电子天平, MP129-2 型, 上海第二天平加工厂; 半自动滴定器, 25 mL, 天津玻璃仪器厂; 可调式移液器, Pipetman P 型, 5 mL, 北京吉尔森科技有限公司; 分光光度计, 6010 型, 安捷伦上海分析; 恒温磁力搅拌器, 81-2 型, 上海实验仪器总厂。

1.2 主要试剂

双氧水, 30%, 分析纯, 天津博迪化工有限公司; 硫酸亚铁铵, 分析纯, 天津天大化工实验厂; 吩嗪指示剂, 分析纯, 北京芳草医药化工研制公司; 硝酸铈铵, 分析纯, 内蒙古和发稀土科技开发公司; 抗坏血酸, 分析纯, 北京化工厂; 溴麝香草酚蓝, 分析纯, 天津美宇化工有限公司; 丁二酮肟, 分析纯, 北京化工厂; 镍标准溶液, 分析纯, 北京化工厂。

1.3 试验方法

1.3.1 模拟去污废液的制备 Ce(IV)/硝酸模拟去污废液的制备方法为: 在去污工艺条件下, 将 230 L Ce(IV)/硝酸去污剂(其中组分浓度分别为 $[\text{Ce}^{4+}] = 0.1 \text{ mol/L}$, $[\text{HNO}_3] = 2 \text{ mol/L}$)^[4], 在内表面积约为 10.4 m^2 、内容积约 85 L 的模拟化工工艺不锈钢管道系统中循环 6 h—7 h 后产生的废液^[5]。模拟废液中含有从不锈管道内壁通过氧化和腐蚀作用而进入废液中的金属离子(如 Fe^{3+} 、 Cr^{6+} 、 Cr^{3+} 、 Ni^{2+} 等), 未消耗的 Ce^{4+} , Ce^{4+} 被还原产生的 Ce^{3+} , 以及由去污剂中引入的 NH_4^+ 和 NO_3^- 离子, 模拟去污废液中不含放射性。

1.3.2 不锈钢的腐蚀量测定 按照《钢铁及合金-镍含量的测定-丁二酮肟分光光度法》中的方法绘制工作曲线, 用分光光度法测定模拟废液中丁二酮肟镍的吸光度, 然后, 从工作曲线中查得对应的镍含量^[6]。通过溶液中的镍含量推算不锈钢的腐蚀量。

1.3.3 废液中残留 Ce^{4+} 的还原 (1) 双氧水还原: 据标准电极电势表, 半反应 $\text{Ce}^{4+} + \text{e}^- = \text{Ce}^{3+}$ 的标准电极电势为 $\varphi = 1.61 \text{ V}$, 半反应 $\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$ 的标准电极电势为 $\varphi = 0.68 \text{ V}$ 。因此, 溶液中的 Ce^{4+} 可被还原 Ce^{3+} 。首先, 通过双氧水与硝酸铈铵溶液的氧化还原滴定试验, 确定 H_2O_2 与 Ce^{4+} 反应的物质的量比例。其次, 按照 H_2O_2 与 Ce^{4+} 反应的摩尔比例, 向模拟废液中加入双氧水, 还原其中的 Ce^{4+} 。最后, 向溶液中滴加吩嗪- Fe^{2+} 指示剂, 验证模拟去污废液中残留 Ce^{4+} 是否被全部还原。(2) 抗坏血酸还原: 首先, 通过抗坏血酸与硝酸铈铵溶液的

第一作者: 张涛革, 男, 1980 年 10 月出生, 2003 年毕业于山西大学, 应用化学专业, 主要从事核设施退役去污研究工作, 助理研究员

E-mail: taoge_1013@126.com

收稿日期: 初稿 2013-01-22, 修回 2013-04-25

氧化还原滴定试验, 确定抗坏血酸与 Ce^{4+} 反应的摩尔比例。当溶液由橙黄色变为无色时停止滴定, 向溶液中加入吩嗪- Fe^{2+} 指示剂, 若溶液呈粉红色, 即表明已达到滴定终点。其次, 按照抗坏血酸与 Ce^{4+}

反应的摩尔比例, 向其中加入抗坏血酸还原 Ce^{4+} , 并滴加吩嗪- Fe^{2+} 指示剂, 验证废液中残留 Ce^{4+} 是否被全部还原。使用双氧水和抗坏血酸还原模拟废液中 Ce^{4+} 的测定方法见表 1。

表 1 双氧水和抗坏血酸还原模拟废液中 Ce^{4+} 的测定方法
Table 1 Measuring method in the reduction of Ce^{4+} by hydrogen peroxide and vitamin C in stimulant waste liquid

还原方法	测定项目	测定方法
Reduction method	Measuring issues	Measuring method
双氧水还原 Hydrogen peroxide	双氧水与硝酸铈铵溶液反应比例	以双氧水作为滴定剂, 还原硝酸铈铵溶液中的 Ce^{4+}
	Reaction ratio between ceric amonium nitrate solution and hydrogen peroxide	Ceric amonium nitrate solution reduced by hydrogen peroxide
	双氧水中过氧化氢的准确质量浓度	用高锰酸钾溶液标定
	Accurate concentration of hydrogen peroxide	Determined by KMnO_4 standard solution
抗坏血酸还原 Vitamin C	硝酸铈铵标准溶液中 Ce^{4+} 的准确浓度	用硫酸亚铁铵溶液标定 ^[7]
	Accurate concentration of ceric amonium nitrate solution	Determined by standard solution of ferrous amonium sulfate ^[7]
	模拟去污废液中 Ce^{4+} 的浓度	用硫酸亚铁铵溶液标定
	Accurate concentration of Ce^{4+} in stimulant waste liquid	Determined by standard solution of ferrous amonium sulfate
	抗坏血酸与硝酸铈铵溶液反应比例	用抗坏血酸标准溶液还原滴定硝酸铈铵溶液
	Reaction ratio between ceric amonium nitrate solution and vitamin C	Ceric amonium nitrate solution reduced by vitamin C solution
	抗坏血酸的有效含量	用碘标准溶液 ^[17] 标定
	Actual concentration of vitamin C	Determined by iodine standard solution
	碘标准溶液的准确浓度	用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液标定
	Accurate concentration of iodine standard solution	Determined by $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ standard solution
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的准确浓度	通过基准 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 氧化标定
	Accurate concentration of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ standard solution	Determined by benchmarked $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

1.3.4 废液中铵的去除 通过加碱调节模拟去污废液 pH 后加热蒸馏去除废液中的铵, 释出的氨由硼酸溶液吸收。按照《水质-铵的测定-蒸馏和滴定法》中的方法测定吸收液中的铵^[8]。根据去污废液中的铵和吸收液中的铵含量, 计算废液中铵的去除效率。

2 结果和讨论

2.1 废液中不锈钢腐蚀量的测定

(1) 镍标准溶液中镍含量与吸光度工作曲线, 见图 1。

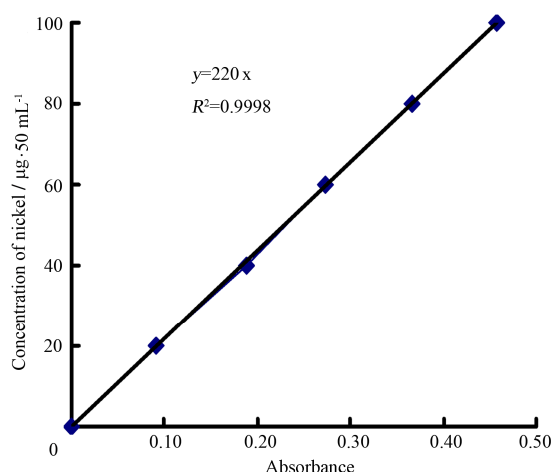


图 1 溶液中镍含量与吸光度的工作曲线
Fig.1 Curve of nickel concentration and it's absorbency in the solution

(2) 在测定模拟去污废液中镍含量的过程中, 由于亚铁离子在氨溶液中会与丁二酮肟生成红色沉淀, 干扰镍的测定; 三价铁、铬、钛等离子虽不与丁二酮肟反应, 但在氨溶液中生成氢氧化物沉淀, 也会干扰测定。因此, 需加柠檬酸铵或酒石酸钠进行掩蔽。

(3) Ce (IV) /硝酸模拟去污废液中镍含量测定结果见表 2。其中, 镍浓度测定结果平均值为 $5.63 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。按照 1Cr18Ni9Ti 不锈钢中镍的质量百分比含量为 8%—11%^[9], 推算得到模拟去污废液中不锈钢腐蚀量为 $51.2\text{—}70.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。该结果与不锈钢试片挂片失重法得出废液中的镍含量接近。

表 2 模拟去污废液中镍含量测定结果
Table 2 Concentration of nickel in consumed stimulant Ce(IV)/HNO₃ solution

序号 No.	移取废液体积 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Volume of the waste liquid	吸光度 Absorbance	废液中镍浓度 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Concentration of nickel	不锈钢腐蚀量 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Salt concentration corroded from stainless steel
1	10	0.266	5.8	51.2—70.4
2	10	0.257	5.6	
3	10	0.266	5.8	
4	10	0.242	5.3	

2.2 废液中残留 Ce⁴⁺的还原预处理

2.2.1 双氧水还原 Ce⁴⁺ (1) 双氧水中过氧化氢质量浓度测定。双氧水中过氧化氢质量浓度测定结果见表 3。本试验中使用的市售质量浓度为 30% 的双氧水中过氧化氢的实际质量浓度为 20.11%。

(2) 从化学试剂手册中查得不同浓度的双氧水所对应的密度值, 绘制双氧水密度与其质量百分比浓度关系图见图 2。由图 2 可知, 双氧水密度与其质量浓度呈正比例关系。从绘制的曲线中可查得一定质量浓度的双氧水所对应的密度, 从而换算其物质的量浓度。

表 3 双氧水中过氧化氢质量浓度测定结果
Table 3 H₂O₂ concentration of hydrogen peroxide solution by titration

序号 No.	高锰酸钾标准溶液浓度 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Concentration of KMnO ₄ standard solution C_1	高锰酸钾标准溶液用量 / mL Volume of KMnO ₄ standard solution V_1	0.1mL 双氧水的质量 / g Weight of 0.1mL hydrogen peroxide for industrial use m_1	双氧水的质量浓度 / % Actual concentration of hydrogen peroxide for industrial use $X_{\text{H}_2\text{O}_2}$	精密度 / % RSD	平均值 / % Average
1	0.14	9.39	0.1112	20.11	0.04	20.11
2	0.14	9.38	0.1110	20.12		
3	0.14	9.42	0.1113	20.13		
4	0.14	9.40	0.1112	20.11		
5	0.14	9.39	0.1111	20.12		
6	0.14	9.40	0.1110	20.11		

注: 过氧化氢与高锰酸钾的离子反应式为: $5 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{H}^+ = 5 \text{O}_2 + 2 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{H}_2\text{O}$, 双氧水中过氧化氢质量浓度($X_{\text{H}_2\text{O}_2}$)按照国标 GB 1616-2003《工业过氧化氢》中所列公式进行计算。
Note: The reaction equation of hydrogen peroxide and potassium permanganate is: $5 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{H}^+ = 5 \text{O}_2 + 2 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{H}_2\text{O}$. The concentration of H_2O_2 ($X_{\text{H}_2\text{O}_2}$) in the hydrogen peroxide for industrial use is calculated as the formula, which is listed in national standard of the People's Republic of China -hydrogen peroxide for industrial use (GB 1616-2003).

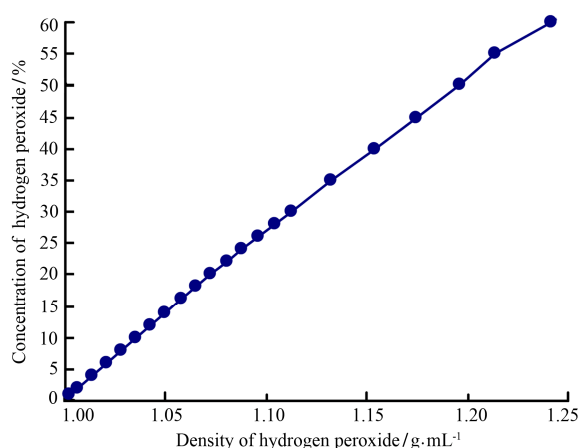


图 2 双氧水密度—质量浓度关系图
Fig. 2 Curve of hydrogen peroxide density and concentration

(3) 双氧水还原 Ce^{4+} 试验结果见表 4。 Ce^{4+} 与 H_2O_2 反应的物质的量比为 2 : 1。据此结果可以基本确定硝酸铈铵溶液中 Ce^{4+} 与 H_2O_2 的反应式为： $2\text{Ce}^{4+} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Ce}^{3+} + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+$ 。

(4) 按照上述 Ce^{4+} 与 H_2O_2 反应的物质的量比为 2 : 1, 向 1 L 模拟去污废液中滴加浓度为 20.11% 的双氧水后, 搅拌 3 min, 取出少量溶液并向其中滴加邻菲罗啉- Fe^{2+} 指示剂, 呈粉红色, 说明模拟去污废液中残留的 Ce^{4+} 全部被还原。

(5) 按照同样的比例, 向 1 L 模拟去污废液中一次性加入浓度为 20.11% 的双氧水并搅拌, 反应过程较为温和, 废液表面只产生少量小气泡, 废液中残留的 Ce^{4+} 全部被还原。试验结果表明, 模拟去污废液中残留的 Ce^{4+} 浓度较低, 还原所需双氧水的量较少, 且反应较为温和可一次性加入还原剂。

表 4 过氧化氢还原 Ce^{4+} 试验结果
Table 4 Results of redox-reaction between H_2O_2 and Ce^{4+}

序号 No.	Ce^{4+} 溶液浓度 / $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Concentration of Ce^{4+} solution	Ce^{4+} 溶液用量 / mL Volume of Ce^{4+} solution	2.0% 双氧水用量 / mL Volume of H_2O_2	标准偏差 / mL Standard deviation	消耗 Ce^{4+} 物 质的量 / lmo Mole of $\text{Ce}^{4+} M_1$	H_2O_2 物质的 量 / mol Mole of $\text{H}_2\text{O}_2 M_2$	$M_1 : M_2$
1	0.20	20.00	3.62	0.01	0.004	0.002	2 : 1
2			3.61				
3			3.60				
4			3.59				
5			3.58				
6			3.59				
7	0.10	20.00	1.80	0.03	0.002	0.001	2 : 1
8			1.78				
9			1.81				
10			1.73				
11			1.75				
12			1.76				

注: 由于双氧水浓度较高时易分解, 试验过程中将质量浓度为 20.11% 的双氧水稀释 10 倍后还原 Ce^{4+} 溶液。从图 1 中查得, 2.01% 双氧水密度为 1.006 g/mL, 由双氧水密度、双氧水用量和摩尔质量计算过氧化氢的物质的量; 硝酸铈铵溶液的准确浓度用 0.01 mol/L 的硫酸亚铁铵标准溶液进行标定。

Note: The density of 20.11% hydrogen peroxide is 1.006 g/mL, searching from Fig.2. The mole of H_2O_2 was calculated by the density, volume and mole weight of hydrogen peroxide. The accurate concentration of ceric ammonium nitrate solution was determined by titration of 0.01 mol/L standard solution of ferrous ammonium sulfate.

2.2.2 抗坏血酸还原 Ce^{4+} (1) 抗坏血酸具有较强的还原性，长期暴露在空气中易被氧化，在微酸性水溶液中易被氧化为去氢抗坏血酸。鉴于抗坏血酸易被氧化的特性，本试验过程中用碘标准溶液对抗坏血酸的有效含量进行标定。抗坏血酸有效含量测定结果，见表 5。(2) 滴定过程中选抗坏血酸溶液为滴定剂，滴定硝酸铈铵溶液，在 Ce^{4+} 相对过量的状态下，利于抗坏血酸完全氧化。滴定终点的判断方法同双氧水还原 Ce^{4+} 试验。为了使抗坏血酸与 Ce^{4+} 尽可能的充分反应，滴定过程中利用磁力搅拌器搅拌溶液，以加快反应速度。(3) 抗坏血酸还原 Ce^{4+} 试验结果，见表 6。试验结果表明，硝酸铈铵与抗坏血酸反应的摩尔比例为 6 : 1。当抗坏血酸在

与 Ce^{4+} 的反应过程中被完全氧化且氧化产物为 CO_2 和 H_2O 时，两二者可能发生的反应式为： $20Ce^{4+}+C_6H_8O_6+6H_2O=20Ce^{3+}+6CO_2(g)+20H^+$ ，硝酸铈铵与抗坏血酸反应的摩尔比例为 20 : 1。据此可以推断硝酸铈铵与抗坏血酸氧化还原反应过程中，抗坏血酸并没有被完全氧化。因此，采用抗坏血酸处理去污废液中残留 Ce^{4+} ，会在废液中引入有机物杂质。(4) 由于抗坏血酸还原 Ce^{4+} 的反应速率比双氧水还原 Ce^{4+} 反应速率慢，且模拟去污废物液中 Ce^{4+} 浓度已经相对较低。在用抗坏血酸还原处理模拟去污废液时，抗坏血酸反应不明显，废液颜色短时间内没有明显变化。

表 5 抗坏血酸含量测定结果
Table 5 Virtual concentration of Vc reagent by titration

序号 No.	Vc 用量 / g Weight of Vc m_2	碘标准溶液用量 / mL Volume of iodine standard solution V_2	碘标准溶液的浓度/ $mol \cdot L^{-1}$ Concentration of iodine standard solution C_2	Vc 含量 / % Actual concentration of Vc X_{Vc}	精密度 / % RSD	平均值 / % Average
1	0.2004	23.98	0.0945	99.58	0.03	99.54
2	0.2012	24.06		99.51		
3	0.2003	23.96		99.60		
4	0.2006	24.00		99.56		
5	0.2008	24.02		99.54		
6	0.2005	24.01		99.53		

注：碘标准溶液的准确浓度用 $Na_2S_2O_3$ 溶液标定； $Na_2S_2O_3$ 溶液准确浓度通过基准 $K_2Cr_2O_7$ 标定；抗坏血酸有效含量(X_{Vc})按照国标 GB/T 15347-1994《化学试剂抗坏血酸》中所列公式进行计算。
Note: The accurate concentration of iodine standard solution was determined by titration of sodium hyposulfite solution. The accurate concentration of sodium hyposulfite standard solution was determined by benchmarked potassium dichromate. The actual concentration of vitamin C (X_{Vc}) was calculated by the formula which is listed in national standard of the People's Republic of China-chemical reagent- L-Ascorbic acid (GB/T 15347-1994).

表 6 抗坏血酸还原 Ce^{4+} 试验结果
Table 6 Results of redox-reaction between vitmin C and Ce^{4+}

序号 No.	Ce^{4+} 溶液浓度/ $mol \cdot L^{-1}$ Concentration of Ce^{4+} solution	Ce^{4+} 溶液用量 / mL Volume of Ce^{4+} solution	Vc 溶液用量 / mL Volume of Vc solution	标准偏 差 / mL Standard deviation	Vc 溶液浓度 / $mol \cdot L^{-1}$ Concentration of Vc solution	Ce^{4+} 物质的量 / mol Mole of Ce^{4+} M_3	Vc 物质的量 / mol Mole of Vc M_4	$M_3: M_4$
1	0.10	30.00	10.15	0.03	0.05	0.003	0.0005	6:1
2			10.16					
3			10.22					
4			10.20					
5			10.18					
6			10.17					
10.13	0.20	15.00	-	0.05	0.05	0.003	0.0005	6:1
10.15			-					
10.09			-					
10.11			-					
10.14			-					
12			10.23					

2.3 废液中铵的去除率

模拟的去污废液中铵的物质的量浓度为 $[\text{NH}_4^+]=0.2 \text{ mol/L}$ 。调节不同的 pH 值和蒸馏时间条件下模拟废液中铵的去除率变化曲线, 见图 3。试验结果表明: (1) 在蒸馏时间相同的条件下, 废液中铵的去除效率随着 pH 的增大而升高。(2) 在 pH 相同的条件下, 废液中铵的去除效率随着蒸馏时间的增大而升高。(3) 当废液 pH 值调节为 11.5—12, 蒸馏时间为 30 min 时, 废液中铵去除率较高, 达 99% 以上。

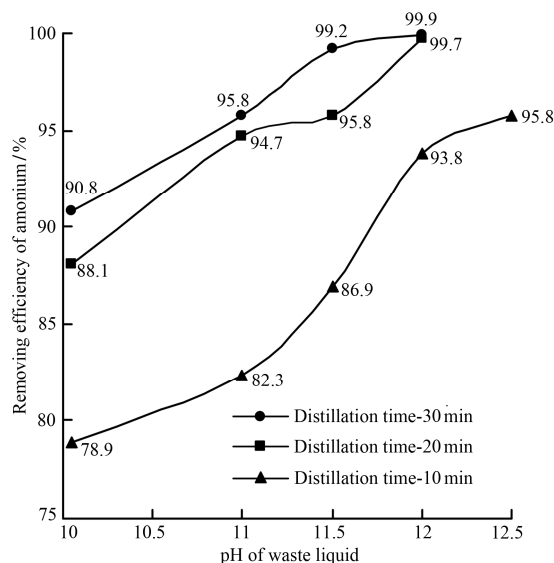


图 3 不同 pH 值和蒸馏时间条件下模拟废液中铵的去除率曲线

Fig.3 Removing efficiency curve of ammonium in the stimulant waste liquid at different pH and distillation time

3 结论

(1) 硝酸铈铵与双氧水的反应比例为 2:1, 过氧化氢还原 Ce^{4+} 的反应速度较快, 不产生二次废物。因此, 选择过氧化氢还原预处理去污废液中残留的 Ce^{4+} 。(2) 按照 1 mol 过氧化氢还原 2 mol Ce^{4+} 的比例加入双氧水时, 模拟去污废液中残留的 Ce^{4+} 全部被还原至 Ce^{3+} ; 当一次性加入双氧水时, 废液表面只产生少量小气泡。废液残留的 Ce^{4+} 浓度已相对较低, 可采用槽式处理, 一次性加入还原剂。(3) 将废液 pH 值调节至为 11.5—12, 加热煮沸 30 min 时, 废液中铵去除率较高可达 99% 以上。(4) 用分光光度法测定模拟废液中的镍含量, 进而推算不锈钢的腐蚀量的方法是可行的。由镍含量测定结果推算得出模拟去污废液中不锈钢腐蚀量为 $51.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ — $70.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

参考文献

- Ponne M, 刘君. 使用四价铈和臭氧的化学去污工艺 MEDOC: 从实验室和中间试验到工业应用[J]. 国外核动力, 2000(6): 31-39
- Ponne M, LIU Jun. Using Ce (IV) and ozone decontamination technology MEDOC: from laboratory and to industrial application [J]. Foreign Nucl Power, 2000(6): 31-39
- Mathieu Ponnet, Michel Klein, Vincent Massaut. Thorough chemical decontamination with the MEDOC process: batch treatment of dismantled pieces or loop treatment of large components such as the BR3 steam generator and pressurizer [R]. WM'03 Conference, February 23-27, 2003
- 徐光宪. 稀土(第二版)上册 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1995: 792-793
- XU Guangxian. Rare earth (The second edition) [M]. Beijing: Peking University publishing company, 1995: 792-793
- 任宪文, 马鹏勋, 张涛革. 放射性污染金属去污工艺及去污剂[P]. CN 10134673.7, 2005
- REN Xianwen, MA Pengxun, ZHANG Taoge. Decontamination technics and eradicator for radioactive decontaminated metals [P]. CN 10134673.7, 2005
- 马鹏勋, 张涛革, 武明亮, 等. Ce (IV)/硝酸去污技术工程应用泄漏安全性初步研究[J]. 辐射防护, 2007, 27(6): 329-335
- MA Pengxun, ZHANG Taoge, WU Mingliang, et al. Preliminary study on safety of Ce (IV)/ HNO_3 decontamination technology in engineering application [J]. Radiat Prot, 2007, 2007, 27(6): 329-335
- GB/T 223.23-2008 钢铁及合金 镍含量的测定—丁二酮肟分光光度法[S]. 中华人民共和国标准. 中国标准出版社.
- GB/T 223.23-2008. Iron steel and alloy-Determination of nickel content-The dimethylglyoxime spectrophotometric method [S]. National standard of the people's Republic of China. China standard publishing company
- GB 3311-1982 钨钼合金中铈的测定—氧化还原容量法[S]. 中华人民共和国国家标准. 中国标准出版社, 1982
- GB 3311-1982 Determination of cerium in cerium-tungsten alloys-oxidation-reduction volumetry [S]. National standard of the people's Republic of China. China Standard Publishing Company
- GB 7478-1987. 水质 铵的测定 蒸馏和滴定法[S]. 中华人民共和国国家标准. 中国标准出版社
- GB 7478-1987. Water quality-Determination of ammoni-

- um-Distillation and titration method [S]. National standard of the people's Republic of China. China Standard Publishing Company
- 9 GB/T 20878-2007. 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分 [S]. 中华人民共和国国家标准. 中国标准出版社
- GB/T 20878-2007. Stainless and heat-resisting steels- Designation and chemical composition [S]. National standard of the people's Republic of China. China Standard Publishing Company

Preliminary study on pretreatment of simulant waste liquid generated by Ce (IV)/HNO₃ decontamination technology

ZHANG Taoge WU Mingliang

(China Institute for Radiation Protection, Taiyuan 030006, China)

ABSTRACT The hydrogen peroxide deoxidization method was adopted to treat the remnant Ce⁴⁺ ion in the stimulant waste liquid which was generated by Ce (IV)/HNO₃ decontamination technology. The distillation method was used to remove the ammonium ion in the stimulant waste liquid. By determining the nickel concentration in the waste liquid, the amount of salt in the solution corroded from the stainless steel could be calculated. The experimental results show that the remnant Ce⁴⁺ ion in the stimulant waste liquid is deoxidized completely by adding hydrogen peroxide with H₂O₂ and Ce⁴⁺ Mole ratio of 1:2. When the pH values are adjusted between 11.5 and 12, more than 99% amount of the ammonium ion in the stimulant waste liquid is removed by distilling 30 min. The amount of salt in the solution corroded from the 1Cr18Ni9Ti stainless steel is calculated by the nickel concentration of the waste liquid, which is between 51.2 mg/L—70.4 mg/L.

KEY WORDS Ceric (IV) acid decontamination, Stimulant waste liquid, Hydrogen peroxide, Vitamin C

CLC TL941