

稀土应用含砷废水处理的研究^{*}

谢晓梅^x，廖 敏^{x s} 石伟勇^{x s} 王 锐^y

(^{xu} 浙江农业大学环境与资源学院土化系，杭州^{z\pi\alpha\upsilon\gamma}Z；^{yu} 杭州市环境科学研究所，杭州^{z\pi\alpha\alpha\Delta})

摘 要研究了稀土元素铈作为絮凝剂对废水中砷的去除效果。研究发现，稀土元素铈能沉淀絮凝吸附溶液中的砷，最佳除砷 Φ 为 xw 左右，沉淀时间为 $y\varphi$ 时，沉淀效果较好。当 $l\upsilon v\ E\gamma \geq xw$ ，砷初始浓度为 $x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial$ 时， $E\gamma(\ \text{Ⅲ})$ 的去除率大于 $Z\Gamma\%$ ， $E\gamma o\ \gamma\ p$ 为 $ZZ\%$ 以上，所生成的污泥量从体积和重量上均比常用絮凝剂 $T\sigma\ l\text{I}\ z\ s\ T\sigma\ s\ \phi\ _A$ ， $E\gamma\ (s\ \phi\ _A)\ z$ 等要少许多。 $x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial$ 砷经过铈的二级沉淀处理后，砷的排出浓度低于 $w\iota B\ 1\ \upsilon v\ \partial$ 的排放标准，因此在生产上有一定应用价值。

关键词H稀土铈 Θ 废水 Θ 砷去除

中图分类号H $\Delta\epsilon\text{e}\ w$ 文献标识码H E 文章编号H $\pi\alpha\alpha\upsilon-w\gamma\ l\Delta\upsilon\ x\ ZZZ\ p\pi\ A-w\epsilon\ BZ-w\epsilon$

砷广泛分布于自然界中。当人体摄入少量砷时，可促进新陈代谢，过量摄入则产生中毒 ^{$\theta x\ y\kappa$} 。稀土在工农业生产上的应用已较为广泛，如在冶金上，由于稀土与硫、磷、砷等元素极易化合，有利这些杂质的去除 ^{$\theta z\kappa$} 。我国约有 $z\ \Gamma\pi\alpha\upsilon$ 万⁸稀土，占世界储量的 $E\kappa\%$ 左右 ^{$\theta z\kappa$} 。虽然稀土在工农业生产实际应用中报道较多，但在废水处理方面的应用尚未见报道，本文采用地壳中储量占首位的稀土元素铈来处理废水中的砷，为进一步拓宽我国稀土这一丰富资源应用作一探索性研究。

x 材料与方法

$x\ w$ 稀土铈贮备液的制备

称取稀土铈的氧化物，加入少量蒸馏水及浓硝酸和几滴 $\Phi\ y\ \phi\ y$ ，加热溶解，并蒸发剩余的酸，然后稀释配成 $x B\upsilon v\ \partial$ 稀土元素铈的贮备液。

$x\ y$ 不同 Φ 条件下稀土铈对砷的去除

取 $B\upsilon\ 1\ \partial\ x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial$ 稀土溶液与 $z w\ 1\ \partial\ x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial\ E\gamma(\ \text{Ⅲ})$ ， $x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial\ E\gamma(\ V)$ 溶液混合，用 $w\alpha\ 1\ 30 v\ \partial\ \vartheta\ \xi\ \phi\ \Phi$ 调 Φ ，使之分别为 E 、 Z 、 xw 、 xx 、 xy ，产生絮状物后，静置 $y\ \varphi$ ，取上清液测定砷含量。

$x\ w$ 沉淀时间对砷去除率的影响

取 $B\upsilon\ 1\ \partial\ x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial$ 稀土铈溶液与 $z w\ 1\ \partial\ x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial\ E\gamma(\ \text{Ⅲ})$ ， $x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial\ E\gamma(\ V)$ 溶液混合，用 $w\alpha\ 1\ 30 v\ \partial\ \vartheta\ \xi\ \phi\ \Phi$ 调 Φ 为 xw ，静置 $w\iota B\ x\ w\upsilon\ y\ w\upsilon\ z\ w\varphi$ ，取上清液测定含砷量。

$x\ w$ 不同用量对比对砷的去除率的影响

按不同浓度比 θ 稀土铈浓度($1\ \upsilon v\ \partial$) v 砷浓度 $o\ 1\ \upsilon v\ \partial$) $\kappa(x\ ;x\ ,B\ ;x\ ,xw\ ;x\ ,xB\ ;x\ ,yB\ ;x)$ 混合，砷的初始浓度为 $x\alpha\alpha\upsilon\ 1\ \upsilon v\ \partial$ ，调 Φ 至 xw ，静置 $y\ \varphi$ ，测定上清液砷含量及形成的污泥量。

砷的测定方法采用 $s\ PPII-E\upsilon$ 法 ^{θAk} 。

y 结 果

$y\ w$ 不同 Φ 条件下稀土铈对砷的去除

$l\text{I}\sigma\ o\ \phi\ \Phi$) z 不是两性氢氧化物，在 Φ $\Delta\iota\ l\Gamma$ 以上 $l\text{I}\ z\ +$ 开始形成沉淀，但同时不同 Φ 条件下 $E\gamma$ 的存在形态也不同，因而 Φ 与 $l\text{I}$ 结合吸附砷的能力有关。实验结果见表 x 。
表 x 不同 Φ 条件下稀土元素铈对砷的去除率 $\%$ ρ

项目	Φ 处理				
	E	Z	xw	xx	xy
$E\gamma\ o\ \text{Ⅲ}\ p$	$x E\iota\gamma\ x$	$A Z\iota\text{e}\ x$	$B r\ \iota\ A B$	$A y\ \iota\text{e}\ B$	$z A\iota\gamma\ B$
$E\gamma\ o\ \text{Ⅴ}\ p$	$Z\Gamma\iota\text{e}\ z$	$Z E\iota\text{e}\ A$	$Z E\iota\text{e}\ \Delta$	$Z \Delta\iota\text{e}\ E$	$Z A\iota\text{e}\ w$

^{*} 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期 $Hx\ ZZE-xw-yx$

由表x 可见铈形成氢氧化物的 Φ 为E μ w,但在实验条件下以 Φ E 以上沉淀逐渐增多。

结果表明, 铈的最大去除率大约出现在 Φ Z $\sim$ xw,在以后实验中取 Φ xw。

稀土元素铈对 Ξ (V) 的去除率大于对 Ξ (III) 的去除率。实验中用碱调节 Φ 后,稀土铈与 Ξ (V) 所形成的沉淀物与它的三价氢氧化物颜色一致,为白色。

yuy 沉淀时间对砷去除率的影响

沉淀时间不同, 砷在溶液中与稀土氢氧化物接触时间与砷的去除有一定的关系。并为设计沉淀池提供参考。

不同沉淀时间下, Φ xw 时, 铈对砷的去除率见表y。

表y 不同沉淀时间铈对砷的去除率 o %p

项目	处理时间p q p			
	wuB	x uw	y uw	z uw
Ξ : o III p	BEw	Gy uw	GAu	BEw
Ξ : o V p	ZBty	ZT uE	ZEu	ZduA

结果可见, 在沉淀时间wuB q $\sim$ z uw q 范围内,所形成的沉淀较完全,砷去除率差异不大,以y uw q 沉淀时间的砷去除率最高。

yue 不同用量对比对砷去除率的影响

不同配比试验主要探索溶液中 Ξ 与稀土铈不同比值对稀土沉淀物产生量及砷的去除率的关系,并为节约稀土用量提供依据,其结果列于表z。

表z 不同 Ibv Ξ 条件下铈的去除率 %p

项目	Ibv : v /p p ; Ξ : o : v /p p					
	x :x	B :x	xw :x	x B :x	yw :x	y B :x
Ξ : o III p	xduy	Ex uy	ZT uA	ZT u	ZBuA	ZT uA
Ξ : o V p	yAu	Zdu	ZZuA	ZZu	ZZu	ZEu

从上表可见,在不同用量配比条件下,对砷均有一定的去除率。而且沉淀性能较好,去除率稳定。

当 Ibv Ξ $\geq$ xw, 铈对砷的 Ξ (III) 和 Ξ (V) 去除率分别达ZT %和ZZ %以上。

y uA 铈对 Ξ (III) 和 Ξ (V) 混合液的去除试验

xaw : v v p Ξ (III) 和 Ξ (V) 等量混合

后,得xaw : v v p 的混合砷溶液,按不同用量配比加入铈溶液,调 Φ xw, 沉淀y q 后, 铈对砷的去除结果见表A。

表A 不同 Ibv Ξ 条件下混合砷的去除 o %p

项目	Ibv : v /p p ; Ξ : o : v /p p					
	x :x	B :x	xw :x	x B :x	yw :x	y B :x
Ξ : o III p + Ξ : o V p	xduA	ZBuA	ZZu	ZEuE	ZEuE	ZEuA

可见在 Ξ (III) 和 Ξ (V) 同时存在的情况下, Ibv 对砷的去除同样有效,且混和液中砷的去除率介于 Ibv 单独去除 Ξ (III) 或 Ξ (V) 之间。

y uB 铈和几种常用聚凝剂对 Ξ (III) 的去除比较

取z 种常用聚凝剂T σ Ibv $\cdot$ G Φ y ϕ , T σ s ϕ A $\cdot$ Δ Φ y ϕ , Ξ y (s ϕ A) z $\cdot$ xE Φ y ϕ , 去除砷最佳 Φ 分别为 Δ sZ^{qBk} $\Delta \sim E^{qTk}$ 与 Ξ (III) 混凝沉淀。结果见表B。

表B 常用聚凝剂对砷的去除率 o %p

项 目	用量比 $\rho : v / \rho : v / \rho$						
	$x : x$	$B : x$	$xw : x$	$x B : x$	$yw : x$	$y B : x$	
$T\sigma I\mathbf{b}_v \cdot \mathbf{G}\Phi_{y\phi}$	$\Gamma A u$	$Z A u B$	$Z d u Z$	$Z d u A$	$Z d u$	$Z d u$	
$T\sigma s_{\phi_A} \cdot \Delta \Phi_{y\phi}$	$\Gamma A u y$	$Z A u$	$Z d u$	$Z d u$	$Z d u y$	$Z T u E$	
$\Xi_{yos_{\phi_{\Delta p}}} \cdot x E \Phi_{y\phi}$	$A u$	$x d u y$	$z y u A$	$B u B$	$\Gamma x u y$	$Z A u$	

从表B 可见,T σ Ibv $\cdot$ G Φ y ϕ 和T σ s ϕ A $\cdot$ Δ Φ y ϕ 对砷的去除率十分接近,T σ v Ξ 在xw 左右就基本达到最大值,以后再增加用量,其去除率增加不明显,这与刘鸿仪等的研究结果相符^{qBk}。而 Ibv 对砷的去除率在 Ibv Ξ K xw 时,与铁盐相似, Ξ y (s ϕ A) z $\cdot$ xE Φ y ϕ 除砷效果较差。

从所产生的污泥量来看,s 用铈去除砷所产生的污泥量要比T σ Ibv $\cdot$ G Φ y ϕ 和T σ s ϕ A $\cdot$ Δ Φ y ϕ 和 Ξ y (s ϕ A) z $\cdot$ xE Φ y ϕ 所产生量要少得多s 而铝盐所形成的污泥量最多。见表F。

表F 几种聚凝剂除砷产生的污泥用量 o : v p

项 目	用量比p : v /p p ; : v /p p			
	x :x	B :x	xw :x	x B :x
Ibv p ϕ z p y	xu	Ayuv	duE	xuw
T σ Ibv $\cdot$ G Φ y ϕ	EuA	GAuA	xxz u	yyx u
T σ s ϕ A $\cdot$ Δ Φ y ϕ	zu	IBu	xAuA	yxEuZ
Ξ y o s ϕ A p z $\cdot$ xE Φ y ϕ	GAu	ABuZ	zzZu	BT uA

