



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106442891 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201610932039.6

(22)申请日 2016.10.31

(71)申请人 深圳市铁汉生态环境股份有限公司

地址 518040 广东省深圳市龙岗区龙城街
道龙岗天安数码创新园三号厂房 B
1401

(72)发明人 李红艳 黄雷 张时伟 任重
裴东辉 林晓燕 王丽 杜林峰

(74)专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

代理人 李先林

(51)Int.Cl.

G01N 33/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页

(54)发明名称

一种土壤重金属修复药剂修复效果的评价方法

(57)摘要

本发明属于环境质量评价技术领域,具体是一种土壤重金属修复药剂修复效果的评价方法,包括以下步骤:S1、使用土壤重金属修复药剂对土壤进行修复;S2、取样,浸出土壤中的重金属,测定浸出浓度;S3、按照公式计算药剂的修复效果评价值。本发明通过确定影响修复效果的指标,并赋予合适的权重,提供了一种评价重金属修复药剂对土壤重金属修复效果的方法,得到的修复效果评价值更能反映修复药剂的修复效果,可用于对比不同重金属修复药剂的修复效果优劣,为重金属污染土壤/固体废弃物等稳定化修复过程中修复药剂的选择和修复效果的评价提供指导。

1. 一种土壤重金属修复药剂修复效果的评价方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、使用土壤重金属修复药剂对土壤进行修复;

S2、取样,浸出土壤中的重金属,测定浸出浓度;

S3、对于单一重金属污染,按照以下公式计算药剂的修复效果评价价值

$$E_a = n_{a_1} E_{a_1} + n_{a_2} E_{a_2} + n_{a_3} E_{a_3}$$

其中, $n_{a_1} + n_{a_2} + n_{a_3} = 1$;

E_a 为药剂对重金属a的修复效果评价价值;

E_{a_1} 为修复前后体积下降百分数;

E_{a_2} 为重金属a的浸出浓度下降百分数;

E_{a_3} 为重金属a的单位成本浸出浓度下降百分数;

对于多重金属复合污染,按照以下公式计算药剂的修复效果评价价值

$$E = \sum (N_a E_a + N_b E_b + \dots)$$

其中, $N_a : N_b : \dots = \frac{c_a}{c_{a_{标}}} : \frac{c_b}{c_{b_{标}}} : \dots$, $\sum (N_a + N_b + \dots) = 1$;

E 为药剂对土壤中存在的所有种类重金属污染的综合修复效果评价价值;

E_a 为药剂对重金属a的修复效果评价价值,权重赋值 N_a , E_b 为药剂对重金属b的修复效果评价价值,权重赋值 N_b ,以此类推;

c_a 为对照组土壤重金属a的浸出浓度, c_b 为对照组土壤重金属b的浸出浓度;

$c_{a_{标}}$ 为土壤重金属a的浸出浓度修复目标值, $c_{b_{标}}$ 为土壤重金属b的浸出浓度修复目标值。

2. 根据权利要求1所述的评价方法,其特征在于,步骤S3中, $n_{a_1} = 0.3$ 、 $n_{a_2} = 0.3$ 、 $n_{a_3} = 0.4$ 。

3. 根据权利要求1所述的评价方法,其特征在于,步骤S3中, $n_{a_1} = 0.3$ 、 $n_{a_2} = 0.4$ 、 $n_{a_3} = 0.3$ 。

4. 根据权利要求1所述的评价方法,其特征在于,步骤S1具体为:按照土壤质量的2%添加修复药剂,混匀,并在20~60%含水率、室温条件下养护稳定5~10天,同时做空白对照。

5. 根据权利要求1所述的评价方法,其特征在于,步骤S2所述浸出土壤中的重金属具体为:取风干后土壤,研磨过筛,测定土壤pH,若土壤pH ≤ 5.0 ,按液固比20:1加入pH值为4.93 ± 0.05 的氢氧化钠-冰醋酸缓冲溶液,若pH > 5.0 ,按液固比20:1加入pH值为2.64 ± 0.05 的冰醋酸溶液,使用翻转震荡器,于23 $\pm 2^\circ\text{C}$ 、30 $\pm 2\text{r/min}$ 下翻转震荡18 $\pm 2\text{h}$,过滤,取滤液。

6. 根据权利要求1所述的评价方法,其特征在于,步骤S2所述浸出土壤中的重金属具体为:取风干后土壤,研磨过筛,按液固比10:1加入浸提剂,使用翻转震荡器,于23 $\pm 2^\circ\text{C}$ 、30 $\pm 2\text{r/min}$ 下翻转震荡18 $\pm 2\text{h}$,过滤,取滤液;浸提剂由质量比为2:1的浓硫酸和浓硝酸混合液加入到超纯水中至pH为3.20 ± 0.05 而得。

7. 根据权利要求1所述的评价方法,其特征在于,步骤S2所述浸出土壤中的重金属具体为:取风干后土壤,研磨过筛,按液固比10:1加入超纯水,使用水平振荡器,调节振荡频率为110 $\pm 10\text{次/min}$ 、振幅为40mm,在室温下振荡8h,静置16h后过滤,取滤液。

8. 根据权利要求1所述的评价方法,其特征在于,步骤S2所述浸出土壤中的重金属具体

为:取风干后土壤,研磨过筛,按液固比2.5:1加入DTPA溶液,使用水平振荡器,调节振荡频率为 180 ± 10 次/min,在室温下振荡2h,过滤,取滤液;DTPA溶液含有0.005mol/L DTPA、0.1mol/L TEA、0.01mol/L CaCl_2 。

一种土壤重金属修复药剂修复效果的评价方法

技术领域

[0001] 本发明属于环境质量评价技术领域,具体是一种土壤重金属修复药剂修复效果的评价方法。

背景技术

[0002] 重金属污染场地中的有毒有害污染物不仅会导致农产品产量和品质下降,还会通过食物链进入人体,危害人体健康。在常用的重金属污染土壤修复技术中,固化/稳定化技术具有快速、高效、经济、适用范围广等优势,美国国家环境保护局将固化稳定化技术称为处理有害有毒废物的最佳技术。其中,稳定化主要是通过发生化学反应改变重金属的形态,形成迁移性更低、更稳定和不易被生物吸收的化合物,是目前我国重金属污染场地土壤修复最主要的技术。由于稳定化修复技术不是污染削减技术,而是一种风险控制技术,作为典型的污染源控制技术,稳定化仅修复过程中利益相关方会更加关注修复效果的评估。稳定化修复技术的关键便是修复药剂的选择,因此如何评估修复药剂的优劣便显得至关重要。

[0003] 现有技术中,CN201510117680.X提供一种污染土壤修复效果的动态评价方法,通过污染物指标、肥力指标、生物指标计算修复效果指数,对污染土壤修复技术的修复效果进行评价。CN201410074766.4提供了盐渍化-石油-重金属复合污染土壤质量的评价方法,步骤包括:选定微生物指标评价因子、确定微生物指标评价因子的权重、计算微生物指标评价因子的评价指数和确定土壤环境质量级别。CN201210451319.7提供了一种菲污染土壤修复效果的评价方法,利用Matlab软件建立菲污染土壤降解菌的生长动力学模型,能科学地反映微生物的生长规律,通过对土壤中菲降解率实时预测,选择玉米发芽率和蚯蚓死亡率为监测指标从而建立一种菲污染土壤修复效果的评价方法。CN201310409242.1提供一种水溶性腐殖质物质络合重金属潜力的评价方法,通过分析水溶性腐殖质物质的三维荧光光谱中荧光峰中心发射波长大于380nm的不同荧光组分组成特征,判断水溶性腐殖质物质的络合重金属潜力。这些评价方法主要针对土壤质量,用于分析土壤污染状况或评价修复结果,目前尚未有相关报道用于修复药剂修复效果对比分析的评价方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种土壤重金属修复药剂修复效果的评价方法,弥补现有技术的空缺。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用以上方案:

[0006] 一种土壤重金属修复药剂修复效果的评价方法,包括以下步骤:

[0007] S1、使用土壤重金属修复药剂对土壤进行修复;

[0008] S2、取样,浸出土壤中的重金属,测定浸出浓度;

[0009] S3、对于单一重金属污染,按照以下公式计算药剂的修复效果评价价值

$$[0010] \quad E_a = n_{a_1} E_{a_1} + n_{a_2} E_{a_2} + n_{a_3} E_{a_3}$$

[0011] 其中, $n_{a_1} + n_{a_2} + n_{a_3} = 1$;

[0012] E_a 为药剂对重金属a的修复效果评价值; E_a 值越高则说明药剂对重金属a的修复效果越好;

[0013] E_{a_1} 为修复前后体积下降百分数(降低为正值,上升为负值);

[0014] E_{a_2} 为重金属a的浸出浓度下降百分数(降低为正值,上升为负值);

[0015] E_{a_3} 为重金属a的单位成本浸出浓度下降百分数(以10元/方计,降低为正值,上升为负值);

[0016] 对于多重金属复合污染,按照以下公式计算药剂的修复效果评价值

[0017] $E = \sum (N_a E_a + N_b E_b + \dots)$

[0018] 其中, $N_a : N_b : \dots = \frac{c_a}{c_{a_{标}}} : \frac{c_b}{c_{b_{标}}} : \dots, \sum (N_a + N_b + \dots) = 1;$

[0019] E 为药剂对土壤中存在的所有种类重金属污染的综合修复效果评价值; E 值越高则药剂对土壤中存在的所有种类重金属污染的综合修复效果越好;

[0020] E_a 为药剂对重金属a的修复效果评价值,权重赋值 N_a , E_b 为药剂对重金属b的修复效果评价值,权重赋值 N_b ,以此类推;

[0021] c_a 为对照组土壤重金属a的浸出浓度, c_b 为对照组土壤重金属b的浸出浓度;

[0022] $c_{a_{标}}$ 为土壤重金属a的浸出浓度修复目标值, $c_{b_{标}}$ 为土壤重金属b的浸出浓度修复目标值。

[0023] 进一步地,步骤S3中, $n_{a_1} = 0.3$ 、 $n_{a_2} = 0.3$ 、 $n_{a_3} = 0.4$ 。

[0024] 进一步地,步骤S3中, $n_{a_1} = 0.3$ 、 $n_{a_2} = 0.4$ 、 $n_{a_3} = 0.3$ 。

[0025] 进一步地,步骤具体为:按照土壤质量的2%添加修复药剂,混匀,并在20~60%含水率、室温条件下养护稳定5~10天,同时做空白对照。

[0026] 进一步地,步骤S2所述浸出土壤中的重金属具体为:取风干后土壤,研磨过筛,测定土壤pH,若土壤pH ≤ 5.0 ,按液固比20:1加入pH值为4.93 \pm 0.05的氢氧化钠-冰醋酸缓冲溶液,若pH > 5.0 ,按液固比20:1加入pH值为2.64 \pm 0.05的冰醋酸溶液,使用翻转震荡器,于23 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ 、30 \pm 2r/min下翻转震荡18 \pm 2h,过滤,取滤液。

[0027] 进一步地,步骤S2所述浸出土壤中的重金属具体为:取风干后土壤,研磨过筛,按液固比10:1加入浸提剂,使用翻转震荡器,于23 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ 、30 \pm 2r/min下翻转震荡18 \pm 2h,过滤,取滤液;浸提剂由质量比为2:1的浓硫酸和浓硝酸混合液加入到超纯水中至pH为3.20 \pm 0.05而得。

[0028] 进一步地,步骤S2所述浸出土壤中的重金属具体为:取风干后土壤,研磨过筛,按液固比10:1加入超纯水,使用水平振荡器,调节振荡频率为110 \pm 10次/min、振幅为40mm,在室温下振荡8h,静置16h后过滤,取滤液。

[0029] 进一步地,步骤S2所述浸出土壤中的重金属具体为:取风干后土壤,研磨过筛,按液固比2.5:1加入DTPA溶液,使用水平振荡器,调节振荡频率为180 \pm 10次/min,在室温下振荡2h,过滤,取滤液;DTPA溶液含有0.005mol/LDTPA(二乙基三胺五乙酸)、.1mol/L TEA(三乙胺)、0.01mol/L CaCl_2 。

[0030] 本发明具有以下有益效果:

[0031] 本发明提供了一种评价重金属修复药剂对土壤重金属修复效果的方法,可用于对

比不同重金属修复药剂的修复效果优劣,为重金属污染土壤/固体废弃物等稳定化修复过程中修复药剂的选择和修复效果的评价提供指导。

[0032] 本发明通过确定影响修复效果的指标,并赋予合适的权重,得到的修复效果评价价值更能反映修复药剂的修复效果,提高了评价污染土壤修复技术效果的科学性、准确性和有效性,为污染场地的污染防治及修复提供决策支持。

具体实施方式

[0033] 下面结合具体实施例对本发明做进一步的说明:

[0034] 实施例1

[0035] 1、使用硫酸亚铁、铁粉、生物炭、药剂A、药剂B、药剂C对铬污染土壤进行修复试验,按照土壤质量的2%添加修复药剂,混匀,并在40%含水率、室温条件下养护稳定7天,同时做空白对照。药剂A、药剂B、药剂C分别是铁汉生态、宜为凯姆、永清环保的配方药剂产品。

[0036] 2、取样,测定土壤容重,分别取风干后土壤,研磨过10目筛,按液固比10:1加入浸提剂(质量比为2:1的浓硫酸和浓硝酸混合液加入到超纯水,pH为 3.20 ± 0.05),使用翻转震荡器,于 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $30 \pm 2\text{r}/\text{min}$ 下翻转震荡 $18 \pm 2\text{h}$,过滤,取滤液;使用ICP-OES测定浸出液总铬浓度;计算铬污染土壤体积下降率;计算六价铬浸出浓度下降率(与空白对比);根据药剂用量、药剂价格和六价铬浸出浓度下降率计算单位成本六价铬浸出浓度下降率。相关数据如下:

[0037] 表1铬污染土壤修复效果评价价值

[0038]

药剂名称	药剂用量 mt%	药剂价格元/kg	E_{Cr_1}	E_{Cr_2}	E_{Cr_3}	E_{Cr}
硫酸亚铁	2	0.8	-3.16%	78.25%	16.30%	0.2905
铁粉	2	4.0	-0.76%	56.31%	2.346%	0.1760
生物炭	2	2.5	-13.3%	23.57%	1.571%	0.0371
药剂 A	2	1.2	-3.79%	99.69%	13.85%	0.3431
药剂 B	2	8.0	-1.90%	83.27%	1.735%	0.2510
药剂 C	2	1.0	-2.84%	53.12%	8.853%	0.1863

[0039] 3、按照以下模型公式计算药剂对铬污染土壤中六价铬的修复效果评价价值

$$[0040] \quad E_{\text{Cr(VI)}} = n_{\text{Cr}_1} E_{\text{Cr}_1} + n_{\text{Cr}_2} E_{\text{Cr}_2} + n_{\text{Cr}_3} E_{\text{Cr}_3}$$

[0041] 其中, $E_{\text{Cr(VI)}}$ —药剂对总铬的修复效果评价价值;

[0042] E_{Cr_1} ——修复前后铬污染土壤体积下降百分数(降低为正值,上升为负值),权重赋值 $n_{\text{Cr}_1}=0.3$;

[0043] E_{Cr_2} ——总铬的浸出浓度下降百分数(降低为正值,上升为负值),权重赋值 $n_{\text{Cr}_2}=0.3$;

[0044] E_{Cr_3} ——总铬的单位成本浸出浓度下降百分数(以10元/方计,降低为正值,上升为

负值), 权重赋值 $n_{Cr_3}=0.4$;

[0045] 计算结果见表1, 结果表明, 试验分析的六种修复药剂的修复效果排序如下: 药剂A > 硫酸亚铁 > 药剂B > 药剂C > 铁粉 > 生物炭, 药剂A的对铬污染土壤中六价铬的修复效果最优。

[0046] 实施例2

[0047] 1、使用钠基膨润土、氧化钙、铁粉、磷酸氢二钾、药剂B、药剂C、药剂D对铅锌尾砂进行修复试验, 按照土壤质量的2%添加修复药剂, 混匀, 并在40%含水率、室温条件下养护稳定7天, 同时做空白对照。药剂B、药剂C、药剂D分别是宜为凯姆、永清环保、铁汉生态的配方药剂产品。

[0048] 2、取样, 测定土壤容重, 分别取风干后土壤, 研磨过60目筛, 按液固比2.5:1加入DTPA溶液(含有0.005mol/L DTPA、.1mol/L TEA、0.01mol/L CaCl₂), 使用水平振荡器, 调节振荡频率为180±10次/min, 在室温下振荡2h, 过滤, 取滤液。使用ICP-OES测定浸出液Zn、Pb浓度。计算铅锌尾砂体积下降率; 计算Zn浸出浓度下降率、Pb浸出浓度下降率(与空白对比); 根据药剂用量、药剂价格和Zn、Pb浸出浓度下降率分别计算单位成本Zn、Pb浸出浓度下降率。相关数据如下:

[0049] 表2各处理铅锌尾砂DTPA提取态Zn、Pb浓度与修复目标值

[0050]

	修复目标值	空白对照	钠基膨润土	氧化钙	铁粉	磷酸氢二钾	药剂B	药剂C	药剂D
Zn (mg/L)	5.0	19.225	16.777	4.2683	3.9319	7.8481	3.6316	15.313	1.4671
Pb (mg/L)	1.0	2.3725	1.9928	1.3939	0.8209	1.8493	0.1685	1.2614	0.4059

[0051] 3、按照以下模型公式计算药剂对铅锌尾砂中Zn、Pb的修复效果评价值

$$[0052] \quad E_{Zn} = n_{Zn_1} E_{Zn_1} + n_{Zn_2} E_{Zn_2} + n_{Zn_3} E_{Zn_3}$$

$$[0053] \quad E_{Pb} = n_{Pb_1} E_{Pb_1} + n_{Pb_2} E_{Pb_2} + n_{Pb_3} E_{Pb_3}$$

$$[0054] \quad E = N_{Zn} E_{Zn} + N_{Pb} E_{Pb}$$

[0055] 其中, E为药剂对土壤中存在的所有种类重金属污染的综合修复效果评价值;

[0056] E_{Zn} 为药剂对锌的修复效果评价值, 权重赋值 N_{Zn} , E_{Pb} 为药剂对铅的修复效果评价值, 权重赋值 N_{Pb} ;

[0057] $N_{Zn} = \frac{c_{Zn}}{c_{Zn_{标}}}$, $N_{Pb} = \frac{c_{Pb}}{c_{Pb_{标}}}$, c_{Zn} 为空白对照组锌的浸出浓度, c_{Pb} 为空白对照组铅的浸出浓度; $c_{Zn_{标}}$ 为锌的浸出浓度修复目标值, $c_{Pb_{标}}$ 为铅的浸出浓度修复目标值;

[0058] 权重赋值 $n_{Zn_1}=0.3$; $n_{Zn_2}=0.3$; $n_{Zn_3}=0.4$; $n_{Pb_1}=0.3$; $n_{Pb_2}=0.3$; $n_{Pb_3}=0.4$ 。

[0059] 计算结果见表3, 结果表明, 试验分析的七种修复药剂的修复效果排序如下: 药剂D > 药剂B > 铁粉 > 氧化钙 > 磷酸氢二钾 > 药剂C > 钠基膨润土, 药剂D的对铅锌尾砂的综合修复效果最优。

[0060] 表3铅锌尾砂修复效果评价值

[0061]

药剂名称	钠基膨润土	氧化钙	铁粉	磷酸氢二钾	药剂 B	药剂 C	药剂 D
药剂用量 mt%	2	2	2	2	2	2	2
药剂价格 元/kg	0.6	1.0	4.0	6.0	8.0	1.0	1.6
E_{Zn_1}	-2.40%	-1.81%	-0.76%	-2.58%	-1.90%	-2.84%	-1.47%

[0062]

E_{Zn_2}	12.73%	77.80%	79.55%	59.18%	81.11%	20.35%	92.37%
E_{Zn_3}	3.54%	12.97%	3.31%	1.64%	1.69%	3.39%	9.62%
E_{Pb_1}	-2.40%	-1.81%	-0.76%	-2.58%	-1.90%	-2.84%	-1.47%
E_{Pb_2}	16.00%	41.25%	65.40%	22.05%	92.90%	46.83%	82.89%
E_{Pb_3}	4.45%	6.87%	2.72%	0.61%	1.94%	7.81%	8.63%
E_{Zn}	0.0451	0.2798	0.2496	0.1764	0.2444	0.0661	0.3112
E_{Pb}	0.0586	0.1458	0.2048	0.0609	0.2807	0.1632	0.2788
N_{Zn}	0.6184						
N_{Pb}	0.3186						
E	0.0503	0.2287	0.2325	0.1323	0.2583	0.1031	0.2988

[0063] 实施例3

[0064] 1、使用高岭土、纳米羟基磷灰石 (Nano-HA)、铁粉、碳酸钙、硫化亚铁、药剂B、药剂C、药剂E对采集自电镀场地的铜镍复合污染土壤进行修复试验,按照土壤质量的2%添加修复药剂,混匀,并在40%含水率、室温条件下养护稳定7天,同时做空白对照。药剂B、药剂C、药剂E分别是宜为凯姆、永清环保、铁汉生态的配方药剂产品。

[0065] 2、取样,测定土壤容重,分别取风干后土壤,研磨过筛,测定土壤pH,若土壤pH \leq 5.0,按液固比20:1加入pH值为4.93 \pm 0.05的氢氧化钠-冰醋酸缓冲溶液,若pH>5.0,按液固比20:1加入pH值为2.64 \pm 0.05的冰醋酸溶液,使用翻转震荡器,于23 \pm 2 $^{\circ}$ C、30 \pm 2r/min下翻转震荡18 \pm 2h,过滤,取滤液。使用ICP-OES测定浸出液Cu、Ni浓度。计算土壤体积下降率;计算Cu浸出浓度下降率、Ni浸出浓度下降率(与空白对比);根据药剂用量、药剂价格和Cu、Ni浸出浓度下降率分别计算单位成本Cu、Ni浸出浓度下降率。相关数据如下:

[0066] 表4各处理醋酸提取态Cu、Ni浓度与修复目标值

	修复目 标限值	空白对 照	铁粉	Nano-H A	硫化亚 铁	高岭土	药剂 B	药剂 C	药剂 E
[0067] Cu (mg/L)	5.0	6.4939	3.0712	5.2093	4.0989	5.9512	0.4914	6.9232	0.8188
Ni (mg/L)	1.0	1.7018	0.3229	1.1755	1.6278	1.0212	1.0195	13.5062	0.4505

[0068] 3、按照以下公式计算药剂对电镀场地铜镍复合污染土壤中Cu、Ni的修复效果评价
值

[0069] $E_{Cu} = n_{Cu_1}E_{Cu_1} + n_{Cu_2}E_{Cu_2} + n_{Cu_3}E_{Cu_3}$

[0070] $E_{Ni} = n_{Ni_1}E_{Ni_1} + n_{Ni_2}E_{Ni_2} + n_{Ni_3}E_{Ni_3}$

[0071] $E = N_{Cu}E_{Cu} + N_{Ni}E_{Ni}$

[0072] 其中,E为药剂对土壤中存在的所有种类重金属污染的综合修复效果评价价值;

[0073] E_{Cu} 为药剂对铜的修复效果评价价值,权重赋值 N_{Cu} , E_{Ni} 为药剂对镍的修复效果评价
值,权重赋值 N_{Ni} ;

[0074] $N_{Cu} = \frac{c_{Cu}}{c_{Cu_{标}}}$, $N_{Ni} = \frac{c_{Ni}}{c_{Ni_{标}}}$, c_{Cu} 为空白对照组铜的浸出浓度, c_{Ni} 为空白对照组镍的浸
出浓度; $c_{Cu_{标}}$ 为铜的浸出浓度修复目标值, $c_{Ni_{标}}$ 为镍的浸出浓度修复目标值;

[0075] 权重赋值 $n_{Cu_1}=0.3$; $n_{Cu_2}=0.4$; $n_{Cu_3}=0.3$; $n_{Ni_1}=0.3$; $n_{Ni_2}=0.4$; $n_{Ni_3}=0.3$ 。

[0076] 计算结果见表5,结果表明,试验分析的七种修复药剂的修复效果排序如下:药剂E
>药剂B>铁粉>硫化亚铁>高岭土>Nano-HA (纳米羟基磷灰石) >药剂C,药剂E对电镀场
地铜镍复合污染土壤的修复效果最优。

[0077] 表5污染土壤修复效果评价价值

药剂名称	铁粉	Nano-HA	硫化亚铁	高岭土	药剂 B	药剂 C	药剂 E
药剂用量 mt%	2	2	2	2	2	2	2
药剂价格 元/kg	4.0	100.0	3.0	1.2	8.0	1.0	1.8
E_{Cu_1}	-0.76%	-1.80%	-1.24%	-2.40%	-1.90%	-2.84%	-3.75%
E_{Cu_2}	52.71%	19.78%	36.88%	8.36%	92.43%	-6.61%	87.39%
E_{Cu_3}	21.96%	0.33%	20.49%	11.61%	19.26%	-11.02%	83.23%
E_{Ni_1}	-0.76%	-1.80%	-1.24%	-2.40%	-1.90%	-2.84%	-3.75%
E_{Ni_2}	81.03%	30.92%	4.35%	39.99%	40.09%	-693.64%	73.53%
E_{Ni_3}	33.76%	0.52%	2.41%	55.54%	8.35%	-1156.07%	70.03%
E_{Cu}	0.2744	0.0747	0.2053	0.0611	0.4218	-0.0680	0.5880
E_{Ni}	0.4231	0.1198	0.0209	0.3194	0.1797	-6.2513	0.4930
N_{Cu}	0.7756						
N_{Ni}	0.2244						

[0079]	<i>E</i>	0.3078	0.0848	0.1639	0.1190	0.3675	-1.4557	0.5667
--------	----------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	--------

[0080] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何属于本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。