



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103880142 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 18

(21) 申请号 201410123067. 4

CN 101503240 A, 2009. 08. 12,

(22) 申请日 2014. 03. 28

WO 2010140116 A3, 2011. 01. 27,

CN 101823801 A, 2010. 09. 08,

(73) 专利权人 中国地质大学(武汉)

地址 430074 湖北省武汉市洪山区鲁磨路  
388 号

审查员 苗小郁

(72) 发明人 谢先军 柳亚清 王志强 皮坤福  
马腾 王焰新 苏春利

(74) 专利代理机构 武汉华旭知识产权事务所  
42214

代理人 周宗贵 刘荣

(51) Int. Cl.

C02F 1/58(2006. 01)

C02F 1/28(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101830551 A, 2010. 09. 15,

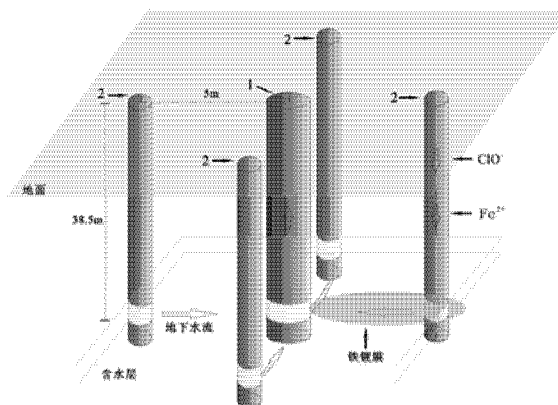
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种区域含水层原位镀铁除砷方法

(57) 摘要

本发明提供了一种区域含水层原位镀铁除砷方法,包括以下步骤:选定目标区域含水层,确定目标含水层的深度、渗透系数、地下水流速以及弥散系数,在目标区域的中心处设置中央抽水井,以中央抽水井为中心,将其四周的5m 的区域内划定为工作区域,在工作区域的边界处设置四个注入井,将水泵置于中央抽水井中进行抽水,在四个注入井中分别采用注入泵将亚铁试剂注入到目标含水层中,再在四个注入井中分别采用注入泵将次氯酸钠试剂注入到目标含水层中,然后再注入水将次氯酸钠试剂完全压入目标含水层中。本发明提供的区域含水层原位镀铁除砷方法解决了背景技术中的不足,该除砷方法能够实现显著提高除砷效果、降低除砷成本的目的。



1. 一种区域含水层原位镀铁除砷方法,其特征在于包括以下步骤:(1)、选定目标区域含水层,确定目标含水层的深度、渗透系数、地下水流速以及弥散系数,并确定地下水流向;

(2)、在目标区域的中心处设置中央抽水井,其井深与目标含水层的深度相一致,以中央抽水井为中心,将其四周的 5m 的区域内划定为工作区域,在工作区域的边界处设置四个注入井,且四个注入井排列成正方形;

(3)、将水泵置于中央抽水井中进行抽水,抽水速度设定在  $2 \sim 10\text{m}^3/\text{h}$ ,抽水时会在目标含水层中形成水力梯度从而控制目标含水层中地下水流速和流向,并采用水位计测定地下水水位降深,直至降深趋于稳定后停止抽水;

(4)、在四个注入井中分别采用注入泵将亚铁试剂注入到目标含水层中,亚铁试剂在地下水流动引导下,朝向工作区域的中心扩散,然后再采用注入泵向四个注入井中注入水,水将亚铁试剂完全压入目标含水层中;

(5)、1.5 ~ 2.5h 后,再在四个注入井中分别采用注入泵将次氯酸钠试剂注入到目标含水层中,然后再注入水将次氯酸钠试剂完全压入目标含水层中,次氯酸钠会氧化目标含水层中先行注入的亚铁试剂,在含水层介质的表面形成铁氧化物/氢氧化物铁膜;每隔 1.5 ~ 2.5h 循环进行此步骤,循环 10 ~ 15 次即可。

2. 根据权利要求 1 所述的区域含水层原位镀铁除砷方法,其特征在于:所述的中央抽水井的井孔采用机械冲击钻成孔,井孔中设有井管 A,井管 A 采用混凝土制成,井管 A 内径为 0.3 ~ 0.4m,井管 A 的底部设有滤管 A。

3. 根据权利要求 2 所述的区域含水层原位镀铁除砷方法,其特征在于:所述的滤管 A 的长度为 1.25m,滤管 A 上均匀分布有圆孔,且采用双层透水纱网包裹,滤管 A 的下部设有沉淀管 A,用来沉淀成井过程中形成的淤泥,防止滤管堵塞;滤管 A 与井孔的孔壁之间填充有河砂作为滤水层,井管 A 与井孔的孔壁之间紧密填充有红粘土作为隔水层,以隔绝上部含水层与目标含水层之间的水力联系,隔水层的上方由回填土填充至地面。

4. 根据权利要求 1 所述的区域含水层原位镀铁除砷方法,其特征在于:所述的注入井的成孔方法为手压式旋转人工钻进行成孔,孔径为 4.0cm,孔深与目标含水层深度一致。

5. 根据权利要求 4 所述的区域含水层原位镀铁除砷方法,其特征在于:所述的注入井中设有 PVC 材质的井管 B,井管 B 的底部设有滤管 B 和沉淀管 B,沉淀管 B 的长度为 0.3m,其底部用木楔封堵;滤管 B 长 1.25m,其管壁上均匀分布有孔径为 0.3 ~ 0.5cm 的圆孔,滤管 B 的外部采用尼龙扎带固定包裹有双层透水纱网。

6. 根据权利要求 5 所述的区域含水层原位镀铁除砷方法,其特征在于:沉淀管 B 和滤管 B 与井壁之间均填充有河砂作为过滤层,过滤层的上下厚度比滤管 B 的长度大 20 ~ 30cm,过滤层的上方填充有 1m 厚的红粘土作为隔水层,以隔绝上部含水层与目标含水层之间的水力联系,隔水层的上方由回填土填充至地面。

7. 根据权利要求 1 所述的区域含水层原位镀铁除砷方法,其特征在于:所述的亚铁试剂的浓度为  $5\text{mmol/L}$ ,单个注入井中亚铁试剂的注入量为 5L;所述的次氯酸钠试剂的浓度为  $3\text{mmol/L}$ ,单个注入井中单次注入次氯酸钠试剂的量为 5L。

## 一种区域含水层原位镀铁除砷方法

### 技术领域

[0001] 本发明提供了一种地下水除砷方法,具体涉及一种利用区域含水层介质表面镀铁技术,建立高砷地下水原位改良与修复技术体系的原位除砷工艺,属于饮用水处理及净化技术领域。

### 背景技术

[0002] 砷是一种臭名昭著的致癌物质和致突变物,可导致急性或慢性的严重健康危害。据调查,高砷地下水( $>10 \mu\text{g/L}$ )广泛分布于世界 70 余个国家和地区,直接威胁着约 1.5 亿人口的饮用水安全,已导致数千万人罹患饮水型砷中毒,甚至皮肤癌、呼吸道癌、内脏癌等致命性疾病,被认为是人类历史上最严重的群体性中毒事件。我国是高砷地下水分布典型区,尤其是北方大同盆地等缺水地区,高砷地下水成为主要甚至可能是唯一的生活、农业和工业用水水源。根据 2006 年我国饮用水水质与水性疾病调查资料显示,饮用水砷含量超过  $0.050\text{mg/L}$  的暴露人口为 334 万,而大于  $0.100\text{mg/L}$  的暴露人口高达 229 万,这些高砷饮用水绝大部分是天然劣质地下水。长期饮用高砷地下水已导致当地居民出现皮肤色素异常、角质化和黑斑等慢性中毒症状,从而引发地方性砷中毒。高砷地下水的净化和水质改善已经成为我国农村安全和持续性供水的迫切需要,引起了国家的高度重视。

[0003] 天然高砷地下水的特点是分布范围广、体积大、污染源和途径难以识别,成为水质改善难点。我国高砷地下水中砷含量普遍较高,可达数个  $\text{mg/L}$ ,水化学类型以  $\text{Na-HCO}_3$  型为主,  $\text{pH}$  呈弱到强碱性,水环境趋于还原,亚铁、锰、硫化物等组分含量较高,砷的释放主要来自于富砷铁矿物的还原溶解和高  $\text{pH}$  条件促发的化学解吸。如何逆转含水层中砷的自然迁移和富集过程,阻止含水介质中砷的释放并促进溶解砷的固定,是解决高砷地下水分布区饮水安全问题的根本和关键。

[0004] 针对高砷地下水修复这一难题,国内外研究者提出了多种去除砷的技术方法,包括化学吸附、离子交换、混凝沉淀、石灰软化、膜过滤、渗透性反应墙等。这些方法有选择性地进行了实际推广,如家庭净水系统、中大型市政供水系统等,在一些城镇地区得到一定的应用。然而以上方法存在明显的缺点,比如:需要大面积开挖布设除砷设备、成本高、操作复杂、使用效率低、易损坏、影响水质、含砷残留物易产生二次污染等,无法满足我国农村亟待一种低成本、高效安全的除砷方法的实际需求,阻碍了除砷技术的推广。

### 发明内容

[0005] 本发明提供了一种区域含水层原位镀铁除砷方法,解决了背景技术中的不足,该除砷方法克服了现有除砷技术的弊端,能够实现显著提高除砷效果、降低除砷成本的目的。

[0006] 实现本发明上述目的所采用的技术方案为:

[0007] 一种区域含水层原位镀铁除砷方法,包括以下步骤:(1)、选定目标区域含水层,确定目标含水层的深度、渗透系数、地下水流速以及弥散系数,并确定地下水流向;

[0008] (2)、在目标区域的中心处设置中央抽水井,其井深与目标含水层的深度相一致,

以中央抽水井为中心,将其四周的 5m 的区域内划定为工作区域,在工作区域的边界处设置四个注入井,且四个注入井排列成正方形;

[0009] (3)、将水泵置于中央抽水井中进行抽水,抽水速度设定在  $2 \sim 10\text{m}^3/\text{h}$ ,抽水时会在目标含水层中形成水力梯度从而控制目标含水层中地下水流速和流向,并采用水位计测定地下水水位降深,直至降深趋于稳定后停止抽水;

[0010] (4)、在四个注入井中分别采用注入泵将亚铁试剂注入到目标含水层中,亚铁试剂在地下水流动引导下,朝向工作区域的中心扩散,然后再采用注入泵向四个注入井中注入水,水将亚铁试剂完全压入目标含水层中;

[0011] (5)、1.5 ~ 2.5h 后,再在四个注入井中分别采用注入泵将次氯酸钠试剂注入到目标含水层中,然后再注入水将次氯酸钠试剂完全压入目标含水层中,次氯酸钠会氧化目标含水层中先行注入的亚铁试剂,在含水层介质的表面形成铁氧化物 / 氢氧化物铁膜;每隔 1.5 ~ 2.5h 循环进行此步骤,循环 10 ~ 15 次即可。

[0012] 所述的中央抽水井的井孔采用机械冲击钻成孔,井孔中设有井管 A,井管 A 采用混凝土制成,井管 A 内径为 0.3 ~ 0.4m,井管 A 的底部设有滤管 A。

[0013] 所述的滤管 A 的长度为 1.25m,滤管 A 上均匀分布有圆孔,且采用双层透水纱网包裹,滤管 A 的下部设有沉淀管 A,用来沉淀成井过程中形成的淤泥,防止滤管堵塞;滤管 A 与井孔的孔壁之间填充有河砂作为滤水层,井管 A 与井孔的孔壁之间紧密填充有红粘土作为隔水层,以隔绝上部含水层与目标含水层之间的水力联系,隔水层的上方由回填土填充至地面。

[0014] 所述的注入井的成孔方法为手压式旋转人工钻进行成孔,孔径为 4.0cm,孔深与目标含水层深度一致。

[0015] 所述的注入井中设有 PVC 材质的井管 B,井管 B 的底部设有滤管 B 和沉淀管 B,沉淀管 B 的长度为 0.3m,其底部用木楔封堵;滤管 B 长 1.25m,其管壁上均匀分布有孔径为 0.3 ~ 0.5cm 的圆孔,滤管 B 的外部采用尼龙扎带固定包裹有双层透水纱网。

[0016] 沉淀管 B 和滤管 B 与井壁之间均填充有河砂作为过滤层,过滤层的上下厚度比滤管 B 的长度大 20 ~ 30cm,过滤层的上方填充有 1m 厚的红粘土作为隔水层,以隔绝上部含水层与目标含水层之间的水力联系,隔水层的上方由回填土填充至地面。

[0017] 所述的亚铁试剂的浓度为  $5\text{mmol/L}$ ,单个注入井中亚铁试剂的注入量为 5L;所述的次氯酸钠试剂的浓度为  $3\text{mmol/L}$ ,单个注入井中单次注入次氯酸钠试剂的量为 5L。

[0018] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:1、本发明中通过开展大量室内静态批实验、动态土柱实验和详细的野外现场调查,在明确含水层特征、基本水文地质参数、水化学条件的前提下,本发明遴选亚铁盐 - 次氯酸钠试剂组合作为基本固砷试剂,针对目标含水层,通过周期性地顺次注入反应试剂,同时通过抽水改变地下水流动场引导试剂的扩散,使氧化生成的三价铁膜均匀地包覆在介质表面,抑制固相砷的释放并通过共沉淀和化学吸附作用将溶解的砷固定,实现区域含水层原位除砷。本发明直接锁定高砷含水层,从源头上实现根本性的砷原位去除,抽取的地下水可直接使用或简化处理后使用。2、本发明中选择亚铁盐和次氯酸钠作为固砷试剂,便于在含水层中均匀地扩散,能有效地控制反应的进行和区域性覆盖,避免堵塞问题。3、本申请中除砷试剂廉价易得,使用量少,操作成本低,具有较好的经济性,可实现真正的原位除砷,效果显著,安全实用,并且可避免其它化学方法引起的

二次污染问题。4、本发明中一次短周期实施后可以维持较长期的使用,不存在后处理和含砷废弃物回收问题。5、本发明中避免了地表大面积开挖铺设除砷设备,充分利用农村地区常见的成井工艺,避免使用技能培训和使用维护,便于推广。因此,本发明可应用于类似的高砷地下水分布区,为这些地区居民的饮水安全提供技术保障,对我国农村饮水健康问题的解决具有显著的意义。

### 附图说明

[0019] 图 1 为本发明提供的中央抽水井与注水井的分布图;

[0020] 图 2 为地下水中砷、铁含量随时间变化的曲线图。

[0021] 图中:1-中央抽水井,2-注入井。

### 具体实施方式

[0022] 下面结合具体实施例对本发明做详细具体的说明。

[0023] 本实施例中在山西省朔州市山阴县某地进行了现场试验,实验过程如下:

[0024] 1、中央抽水井成孔。选定目标区域含水层,确定目标含水层的深度为 38.5m,厚度为 1.2m,然后确定其渗透系数、地下水流速以及弥散系数,并确定地下水流向。本实施例中中央抽水井的井孔采用机械冲击钻成孔,井深 39 米,井孔中设有井管 A,井管 A 采用混凝土制成,井管 A 内径为 0.35m,井管 A 的底部设有滤管 A。所述的滤管 A 的长度为 1.25m,滤管 A 上均匀分布有圆孔,且采用双层透水纱网包裹,滤管 A 的下部设有沉淀管 A,用来沉淀成井过程中形成的淤泥,防止滤管堵塞;滤管 A 与井孔的孔壁之间填充有河砂作为滤水层,井管 A 与井孔的孔壁之间紧密填充有红粘土作为隔水层,以隔绝上部含水层与目标含水层之间的水力联系,隔水层的上方由回填土填充至地面。

[0025] 2、注水井成孔。以中央抽水井 1 为中心,将其四周的 5m 的区域内划定为工作区域,在工作区域的边界处设置四个注入井 2,且四个注入井 2 排列成正方形,如图 1 所示。所述的注入井的成孔方法为手压式旋转人工钻进行成孔,孔径为 4.0cm,孔深与目标含水层深度一致。所述的注入井中设有 PVC 材质的井管 B,井管 B 的底部设有滤管 B 和沉淀管 B,沉淀管 B 的长度为 0.3m,其底部用木楔封堵;滤管 B 长 1.25m,其管壁上均匀分布有孔径为 0.3~0.5cm 的圆孔,滤管 B 的外部采用尼龙扎带固定包裹有双层透水纱网。沉淀管 B 和滤管 B 与井壁之间均填充有河砂作为过滤层,过滤层的上下厚度比滤管 B 的长度大 20~30cm,过滤层的上方填充有 1m 厚的红粘土作为隔水层,以隔绝上部含水层与目标含水层之间的水力联系,隔水层的上方由回填土填充至地面。

[0026] 3、将水泵置于中央抽水井中进行抽水,抽水速度设定在 2~10m<sup>3</sup>/h,抽水时会在目标含水层中形成水力梯度从而控制目标含水层中地下水流速和流向,并采用水位计测定地下水位降深,直至降深趋于稳定后停止抽水。

[0027] 4、将储存有新鲜配制的氯化亚铁试剂的存储罐通过硬质 PVC 管线与注入泵入口连接,在四个注入井中分别采用注入泵将 5L 浓度为 5mmol/L 的亚铁试剂注入到目标含水层中,亚铁试剂在地下水流引导下,朝向工作区域的中心扩散,然后再采用注入泵向四个注入井中注入 5L 水,水将亚铁试剂完全压入目标含水层中。

[0028] 5、2 小时后,再在四个注入井中分别采用注入泵将次氯酸钠试剂注入到目标含水

层中,然后再注入水将次氯酸钠试剂完全压入目标含水层中,次氯酸钠会氧化目标含水层中先行注入的亚铁试剂,在含水层介质的表面形成铁氧化物 / 氢氧化物铁膜;每隔 2h 循环进行此步骤,循环 12 次即可。所述的次氯酸钠试剂的浓度为 3mmol/L,单个注入井中单次注入次氯酸钠试剂的量为 5L。

[0029] 6、在本实施例中试剂注入前即测定抽水井中的砷和铁背景值,开始注入试剂后每隔一定时间取一次样测试砷、铁含量的变化,在试剂注入完成后长期进行取样检测,检测结果如图 2 所示,在图 2 中可以看出,开始注入试剂 25 小时后地下水中砷的含量明显下降,之后维持在一个较低的水平(低于 90  $\mu\text{g/L}$ ),90h 后三价铁膜基本覆盖目标含水层区域。可以得知,砷去除率约为 70%,效果显著而稳定。

[0030] 以上实施方式仅用于对本专利进行说明,而并非为对本发明设定使用规格。本领域内的普通技术人员,在不脱离本发明的核心思想和总体技术范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,以上所有等同的技术方案也属于本发明的范畴。

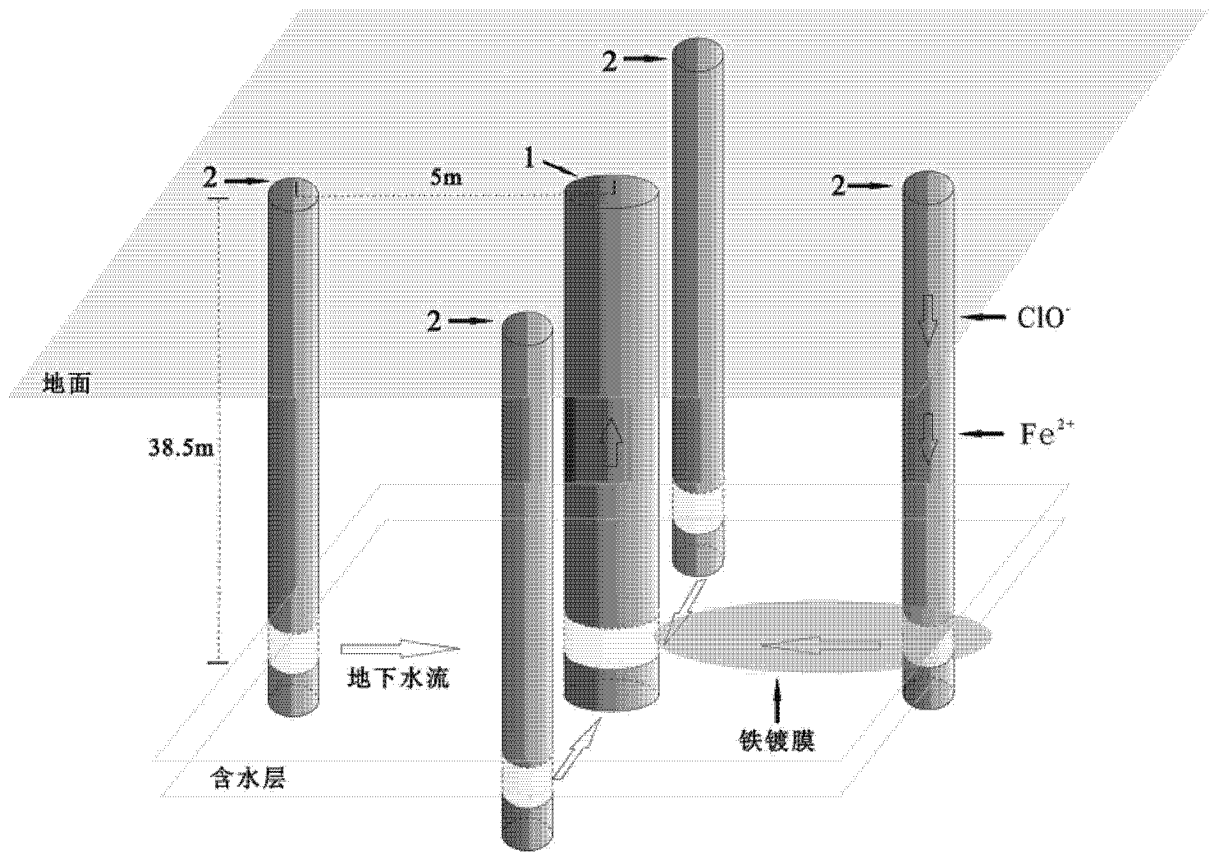


图 1

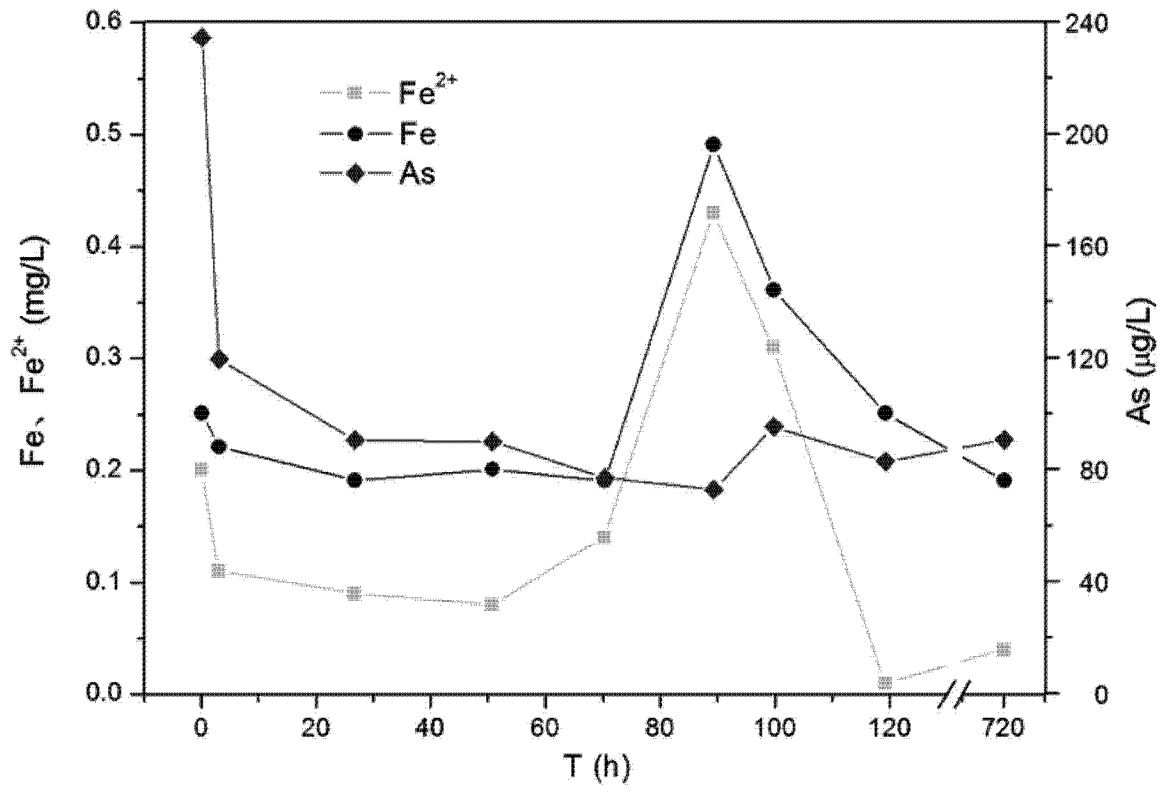


图 2