



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116161801 A

(43) 申请公布日 2023.05.26

(21) 申请号 202310323891.3

(22) 申请日 2023.03.30

(71) 申请人 中国科学院地球化学研究所  
地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

申请人 贵州省环境科学研究设计院

(72) 发明人 宁增平 徐浩 刘承帅 付金帅  
高庚申 刘意章 孙静

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569  
专利代理人 王芳

(51) Int. Cl.  
C02F 3/34 (2023.01)  
C02F 1/66 (2023.01)  
C02F 3/30 (2023.01)  
C02F 103/10 (2006.01)

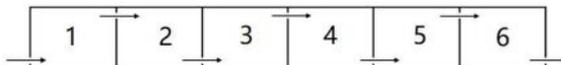
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

煤矿酸性废水的处理装置、处理系统及处理方法

(57) 摘要

本发明公开一种煤矿酸性废水处理装置,涉及污水处理技术领域,包括集水池和反应池;其中,集水池用于暂存煤矿酸性废水;反应池上设置有进水口和出水口,反应池包括微生物反应池和碱反应池,微生物反应池的进水口与集水池的出水口连通,微生物反应池内设置有第一填料层,第一填料层能够为煤矿酸性废水中微生物提供反应所需碳源;碱反应池的进水口与微生物反应池的出水口连通,碱反应池内设置有第二填料层,第二填料层用于消减煤矿酸性废水的酸度和固定去除(类)金属离子。本发明还公开一种煤矿酸性废水的处理系统及处理方法。本发明不仅能够有效去除煤矿酸性废水中的(类)金属离子,还能够有效消减水体酸度,提升水体pH值,从而改善水质。



1. 一种煤矿酸性废水处理装置,其特征在于:包括:

集水池,所述集水池用于暂存煤矿酸性废水;

反应池,所述反应池上设置有进水口和出水口,所述反应池包括微生物反应池和碱反应池,所述微生物反应池的进水口与所述集水池的出水口连通,所述微生物反应池内设置有第一填料层,所述第一填料层能够为所述煤矿酸性废水中微生物提供反应所需碳源;所述碱反应池的进水口与所述微生物反应池的出水口连通,所述碱反应池内设置有第二填料层,所述第二填料层用于消减所述煤矿酸性废水的酸度以及固定去除金属离子和类金属离子。

2. 根据权利要求1所述的煤矿酸性废水处理装置,其特征在于:所述反应池还包括调节池,所述调节池连接于所述微生物反应池与所述碱反应池之间,且所述调节池能够转换为所述微生物反应池或所述碱反应池。

3. 根据权利要求2所述的煤矿酸性废水处理装置,其特征在于:所述微生物反应池包括一级微生物反应池和二级微生物反应池,所述碱反应池包括一级碱反应池和二级碱反应池,所述集水池、所述一级微生物反应池、所述二级微生物反应池、所述调节池、所述一级碱反应池和所述二级碱反应池依次连通,且高度逐渐降低。

4. 根据权利要求1所述的煤矿酸性废水处理装置,其特征在于:所述第一填料层包括速效型碳源层和/或缓释型碳源层;当所述第一填料层包括速效型碳源层和缓释型碳源层时,所述速效型碳源层的上下两侧均设置有所述缓释型碳源层。

5. 根据权利要求4所述的煤矿酸性废水处理装置,其特征在于:所述速效型碳源层为有机肥基质层,所述速效型碳源层下方的所述缓释型碳源层包括第一秸秆层,所述速效型碳源层上方的所述缓释型碳源层包括由下至上依次设置的菌棒层和第二秸秆层,所述第二秸秆层的上方还设置有青石层;

所述第二填料层为石灰岩层。

6. 根据权利要求1所述的煤矿酸性废水处理装置,其特征在于:所述反应池包括池体,所述池体内设置有S型流道,所述S型流道的两端分别与所述反应池的进水口和出水口连通,其中,所述进水口和所述出水口均位于所述池体的顶部;所述S型流道内沿水流方向间隔设置有隔挡墙和悬空墙,所述悬空墙的顶部与所述池体的顶板连接,所述悬空墙的底部与所述池体的底部之间留有间隙,所述隔挡墙的底部与所述池体的底部连接,所述隔挡墙的顶部与所述池体的顶板之间留有间隙,且所述隔挡墙的高度低于所述出水口的高度。

7. 一种煤矿酸性废水处理系统,其特征在于:包括检测装置以及如权利要求1-6任意一项所述的煤矿酸性废水处理装置,所述检测装置包括含铁量检测装置和酸度检测装置。

8. 一种利用如权利要求1~6任意一项所述的煤矿酸性废水处理装置或权利要求7所述的煤矿酸性废水处理系统处理煤矿酸性废水的方法,其特征在于:包括以下步骤:

将所述集水池中的煤矿酸性废水通入所述微生物反应池中,在所述第一填料层的辅助下,所述煤矿酸性废水中的微生物生长代谢固定去除金属离子和类金属离子,得到酸性矿山废水;所述微生物包括好氧型细菌和厌氧型细菌;

将所述酸性矿山废水通入所述碱反应池中,经所述第二填料层固定去除所述酸性矿山废水中的金属离子和类金属离子和消减所述酸性矿山废水的酸度。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于:所述微生物反应池中,所述第一填料层中

速效型碳源和/或缓释型碳源的质量按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算；

所述煤矿酸性废水在所述微生物反应池中的水力停留时间为28h；

所述煤矿酸性废水在调节池中的水力停留时间为32h。

10. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于:所述碱反应池中,所述第二填料层中石灰岩的质量按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算；

所述酸性矿山废水在所述碱反应池中的水力停留时间为15.5h。

## 煤矿酸性废水的处理装置、处理系统及处理方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理技术领域,特别是涉及一种煤矿酸性废水的处理装置、处理系统及处理方法。

### 背景技术

[0002] 随着产业结构调整,煤矿被大量关闭。但许多煤矿关闭后,由于缺乏专人负责,且未能及时采取有效治理措施,导致煤矿酸性废水污染问题严重,对生态环境造成严重危害。

[0003] 而当前针对煤矿酸性废水污染的主要措施是通过施加石灰等碱性物质来降低废水中铁的含量和提高水体pH值。虽然石灰法处置效果明显,但缺点同样十分突出,主要存在以下缺点:成本高、需求量大、需要人力或电力设备投加石灰以及后续维护管理、其反应产物铁锰氧化物等会附着包裹在石灰颗粒表面致颗粒内部表面失效造成原料浪费、产生大量含有重金属的污泥,且污泥脱水以及后续处置产生大笔费用、一旦停止投料立即失效。

[0004] 由于上述处理方法存在着明显的缺陷,国外有些学者已经把研究方向转向了微生物法。微生物法处理酸性矿山废水费用低,适用性强,无二次污染,是一种非常有潜力处理酸性矿山废水的方法。

[0005] 酸性矿山废水是金属硫化物矿物在水、空气和微生物的共同作用下产生,其中微生物作用显著加速了酸性废水的产生速率。因此通过调控微生物来修复治理酸性矿山废水成为了新时代的发展趋势和研究热点。在微生物方法中,硫酸盐还原菌的研究很多,硫酸盐还原菌是自然界中广泛存在的一类原核微生物,其可以利用有机碳异化还原 $\text{SO}_4^{2-}$ 生成 $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ 与水中溶解态的(类)金属离子反应产生不溶于水的硫化物沉淀,从而去除污水中的重金属。另外,一些铁氧化细菌也被应用到酸性矿山废水的处理中,如嗜酸性氧化亚铁硫杆菌能够促进酸性矿山废水 $\text{Fe}^{2+}$ 氧化,并与 $\text{SO}_4^{2-}$ 形成施氏矿物,进而通过共沉淀和吸附作用原位去除AMD中的有毒元素。然而,目前微生物技术在实际野外处理中仍少见,更多研究仅停留在实验室规模,亟需研发能适用于实际酸性矿山废水水体水化学特征的实用性治理技术。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种煤矿酸性废水的处理装置、处理系统及处理方法,以解决上述现有技术存在的问题,不仅能够有效去除煤矿酸性废水中的金属离子和类金属离子,还能够有效消减水体酸度,提升水体pH值,从而改善水质。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0008] 本发明提供一种煤矿酸性废水处理装置,包括:

[0009] 集水池,所述集水池用于暂存煤矿酸性废水;

[0010] 反应池,所述反应池上设置有进水口和出水口,所述反应池包括微生物反应池和碱反应池,所述微生物反应池的进水口与所述集水池的出水口连通,所述微生物反应池内设置有第一填料层,所述第一填料层能够为所述煤矿酸性废水中微生物提供反应所需碳源;所述碱反应池的进水口与所述微生物反应池的出水口连通,所述碱反应池内设置有第

二填料层,所述第二填料层用于消减所述煤矿酸性废水的酸度以及固定去除金属离子和类金属离子。

[0011] 优选的,所述反应池还包括调节池,所述调节池连接于所述微生物反应池与所述碱反应池之间,且所述调节池能够转换为所述微生物反应池或所述碱反应池。

[0012] 优选的,所述微生物反应池包括一级微生物反应池和二级微生物反应池,所述碱反应池包括一级碱反应池和二级碱反应池,所述集水池、所述一级微生物反应池、所述二级微生物反应池、所述调节池、所述一级碱反应池和所述二级碱反应池依次连通,且高度逐渐降低。

[0013] 优选的,所述第一填料层包括速效型碳源层和/或缓释型碳源层;当所述第一填料层包括速效型碳源层和缓释型碳源层时,所述速效型碳源层的上下两侧均设置有所述缓释型碳源层。

[0014] 优选的,所述速效型碳源层为有机肥基质层,所述速效型碳源层下方的所述缓释型碳源层包括第一秸秆层,所述速效型碳源层上方的所述缓释型碳源层包括由下至上依次设置的菌棒层和第二秸秆层,所述第二秸秆层的上方还设置有青石层。

[0015] 优选的,所述第二填料层为石灰岩层。

[0016] 优选的,所述反应池包括池体,所述池体内设置有S型流道,所述S型流道的两端分别与所述反应池的进水口和出水口连通,其中,所述进水口和所述出水口均位于所述池体的顶部;所述S型流道内沿水流方向间隔设置有隔挡墙和悬空墙,所述悬空墙的顶部与所述池体的顶板连接,所述悬空墙的底部与所述池体的底部之间留有间隙,所述隔挡墙的底部与所述池体的底部连接,所述隔挡墙的顶部与所述池体的顶板之间留有间隙,且所述隔挡墙的高度低于所述出水口的高度。

[0017] 本发明还公开了一种煤矿酸性废水处理系统,包括检测装置以及上述的煤矿酸性废水处理装置,所述检测装置包括含铁量检测装置和酸度检测装置。

[0018] 本发明还公开了一种利用上述技术方案所述的煤矿酸性废水处理装置或上述技术方案所述的煤矿酸性废水处理系统处理煤矿酸性废水的方法,包括以下步骤:

[0019] 将所述集水池中的煤矿酸性废水通入所述微生物反应池中,在所述第一填料层的辅助下,所述煤矿酸性废水中的微生物生长代谢固定去除金属离子和类金属离子,得到酸性矿山废水;所述微生物包括好氧型细菌和厌氧型细菌;

[0020] 将所述酸性矿山废水通入所述碱反应池中,经所述第二填料层固定去除所述酸性矿山废水中的(类)金属离子和消减所述酸性矿山废水的酸度。

[0021] 优选的,所述微生物反应池中,所述第一填料层中速效型碳源和/或缓释型碳源的质量按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算;

[0022] 所述煤矿酸性废水在所述微生物反应池中的水力停留时间为28h;

[0023] 所述煤矿酸性废水在调节池中的水力停留时间为32h。

[0024] 优选的,所述碱反应池中,所述第二填料层中石灰岩的质量按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算;

[0025] 所述酸性矿山废水在所述碱反应池中的水力停留时间为15.5h。

[0026] 本发明相对于现有技术取得了以下有益技术效果:

[0027] 本发明在微生物反应池内设置有第一填料层,第一填料层能够为煤矿酸性废水中

微生物提供反应所需碳源,通过微生物反应能够有效去除酸性废水中的Fe等金属离子以及类金属离子;而且在碱反应池内设置有第二填料层,所述第二填料层能够通过中和反应消减煤矿酸性废水的酸度,从而能够提升水体pH值,改善水质。

[0028] 本发明还公开了一种利用上述技术方案所述的煤矿酸性废水处理装置或上述技术方案所述的煤矿酸性废水处理系统处理煤矿酸性废水的方法,包括以下步骤:将所述集水池中的煤矿酸性废水通入所述微生物反应池中,在所述第一填料层的辅助下,所述煤矿酸性废水中的微生物生长代谢固定去除(类)金属离子,得到酸性矿山废水;所述微生物包括好氧型细菌和厌氧型细菌;将所述酸性矿山废水通入所述碱反应池中,经所述第二填料层固定去除所述酸性矿山废水中的(类)金属离子和消减所述酸性矿山废水的酸度。在本发明中,首先,所述煤矿酸性废水进入所述微生物反应池中,水体中的微生物利用第一填料层作为营养源进行生长代谢,第一填料层为所述微生物提供碳源,促进微生物生长繁殖,提升亚铁氧化与去除铁等(类)金属离子;其中表层水体中氧化环境条件下的好氧型细菌(例如:铁氧化菌、氧化亚铁硫杆菌等)在光照和氧气的参与作用下,可高效催化水体中的Fe(II)氧化成Fe(III)并消减酸度,Fe(III)水解产生施氏矿物、黄铁矾等产物,能够通过吸附、共沉淀等去除水中部分(类)金属离子。而深层水中还原环境条件下的厌氧型细菌(例如:硫酸盐还原菌、铁还原菌)消减铁主要有三个过程:①分解代谢乳酸、甲酸、乙酸、乙醇、二氧化碳、甲烷、脂肪烃、多聚芳香烃、固体碳源、氢气等营养物质,产生 $\text{HCO}_3^-$ 并释放高能电子, $\text{HCO}_3^-$ 与水体中游离的 $\text{H}^+$ 结合,消减酸度,释放二氧化碳;②硫酸盐还原菌利用分解有机物产生的高能电子在 $\text{SO}_4^{2-}$ 还原酶的参与下将 $\text{SO}_4^{2-}$ 还原为 $\text{S}^{2-}$ , $\text{S}^{2-}$ 与水体中游离的 $\text{H}^+$ 结合并生成 $\text{H}_2\text{S}$ ,该过程不仅提升碱度,有利于溶度积较小(类)金属离子形成氢氧化物沉淀,如 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,还能促进产生的 $\text{S}^{2-}$ 与(类)金属离子结合形成难溶于水的硫化物沉淀(如 $\text{FeS}$ )。③硫酸盐还原菌分泌的胞外聚合物中存在着大量的氨基、羧基、羟基等官能团,这些官能团可以通过离子交换、表面络合、表面沉积等作用有效吸附、络合重金属,达到有效固定去除水体中重金属,尤其是铁离子的效果。然后,微生物反应池中得到的酸性矿山废水进入碱反应池中,通过所述第二填料层的吸附、沉淀、过滤、酸中和等反应过程,有效消减所述酸性矿山废水的酸度,进一步去除水体中(类)金属离子,净化水体,提升水质。野外中试结果表明:利用本发明提供的煤矿酸性废水处理系统对煤矿酸性废水进行处理后,水体酸度显著降低,从 $14.77 \pm 4.49 \text{mmol/L}$ 降低至 $5.28 \pm 3.33 \text{mmol/L}$ ,酸度消减量在 $65.76\% \pm 18.21\%$ 之间;水体中铁含量明显降低,从 $163.89 \pm 58.36 \text{mg/L}$ 降低到 $1.90 \pm 2.67 \text{mg/L}$ ,铁的消减量在 $98.46\% \pm 2.35\%$ 之间,水质得到显著改善。本发明提供的煤矿酸性废水处理系统一次成本投入,可以持续运行5~10年,基本无需日常维护和管理,不需要任何电力设备,产生的淤泥比传统的石灰法减少1/2以上。

## 附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0030] 图1为本发明实施例中煤矿酸性废水处理装置的组成示意图;

- [0031] 图2为本发明实施例中微生物反应池的填料层示意图；
- [0032] 图3为本发明实施例中微生物反应池的反应原理图；
- [0033] 图4为本发明实施例中煤矿酸性废水处理装置的平面图；
- [0034] 图5为本发明实施例中煤矿酸性废水处理装置的剖面图；
- [0035] 其中,1为集水池,2为一级微生物反应池,3为二级微生物反应池,4为调节池,5为一级碱反应池,6为二级碱反应池,7为第一秸秆层,8为有机肥基质层,9为菌棒层,10为第二秸秆层,11为青石层,12为围墙,13为悬空墙,14为隔挡墙。

### 具体实施方式

[0036] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0037] 本发明的目的是提供一种煤矿酸性废水的处理装置及处理系统,以解决上述现有技术存在的问题,不仅能够有效去除煤矿酸性废水中的金属离子和类金属离子,还能够有效消减水体酸度,提升水体pH值,从而改善水质。

[0038] 具体地,本发明中煤矿酸性废水处理装置包括:

[0039] 集水池,所述集水池用于暂存煤矿酸性废水;

[0040] 反应池,所述反应池上设置有进水口和出水口,所述反应池包括微生物反应池和碱反应池,所述微生物反应池的进水口与所述集水池的出水口连通,所述微生物反应池内设置有第一填料层,所述第一填料层能够为所述煤矿酸性废水中微生物提供反应所需碳源,促进微生物生长繁殖,提升亚铁氧化与去除铁等金属离子以及类金属离子;所述碱反应池的进水口与所述微生物反应池的出水口连通,所述碱反应池内设置有第二填料层,所述第二填料层用于消减所述煤矿酸性废水的酸度以及固定去除金属离子和类金属离子。

[0041] 本发明中煤矿酸性废水处理系统包括检测装置以及上述的煤矿酸性废水处理装置,所述检测装置包括含铁量检测装置和酸度检测装置。

[0042] 本发明还提供了一种利用上述技术方案所述的煤矿酸性废水处理装置或上述技术方案所述的煤矿酸性废水处理系统处理煤矿酸性废水的方法,包括以下步骤:

[0043] 将所述集水池中的煤矿酸性废水通入所述微生物反应池中,在所述第一填料层的辅助下,所述煤矿酸性废水中的微生物生长代谢固定去除(类)金属离子,得到酸性矿山废水;所述微生物包括好氧型细菌和厌氧型细菌;

[0044] 将所述酸性矿山废水通入所述碱反应池中,经所述第二填料层固定去除所述酸性矿山废水中的(类)金属离子和消减所述酸性矿山废水的酸度。

[0045] 本发明将所述集水池中的煤矿酸性废水通入所述微生物反应池中,在所述第一填料层的辅助下,所述煤矿酸性废水中的微生物生长代谢固定去除(类)金属离子,得到酸性矿山废水;所述微生物包括好氧型细菌和厌氧型细菌。

[0046] 在本发明中,所述好氧型细菌优选包括铁氧化菌和/或氧化亚铁硫杆菌。

[0047] 在本发明中,所述厌氧型细菌优选包括硫酸盐还原菌和/或铁还原菌。

[0048] 在本发明中,所述微生物反应池内设置有第一填料层。所述第一填料层优选包括

速效型碳源层和/或缓释型碳源层。

[0049] 在本发明中,所述速效型碳源层优选由有机肥基质形成。

[0050] 在本发明中,所述缓释型碳源层优选由秸秆和/或菌棒形成。

[0051] 作为一种优选的实施方式,本发明中,所述速效型碳源层为有机肥基质层8,所述速效型碳源层下方的所述缓释型碳源层包括第一秸秆层7,所述速效型碳源层上方的所述缓释型碳源层包括由下至上依次设置的菌棒层9和第二秸秆层10,所述第二秸秆层10的上方还设置有青石层11。

[0052] 作为一种优选的实施方式,本发明中,第一秸秆层7为100mm厚,有机肥基质层8为150mm厚,菌棒层9为700mm厚,第二秸秆层10为100mm厚,青石层11为100mm厚。

[0053] 在本发明中,所述微生物反应池中,所述第一填料层中速效型碳源和/或缓释型碳源的质量优选按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算。

[0054] 在本发明中,所述煤矿酸性废水在所述微生物反应池中的水力停留时间优选为28h。

[0055] 在本发明中,所述煤矿酸性废水在调节池中的水力停留时间优选为32h。

[0056] 本发明优选根据悬空墙距池底的高度,设置所述第一填料层的厚度。在本发明中,所述第一填料层的顶部与悬空墙底部的距离优选为300~500mm,在实施的中试项目中,所述第一填料层的厚度为115cm。

[0057] 在本发明中,得到酸性矿山废水后,本实施例优选将所述酸性矿山废水通入所述调节池4中。将所述调节池4得到的调节后的酸性矿山废水通入所述碱反应池中。在本发明中,所述调节池连接于所述微生物反应池与所述碱反应池之间,且所述调节池能够转换为所述微生物反应池或所述碱反应池。简而言之:在微生物反应池处理效果未达到目标效果时,可以将调节池改造成微生物反应池;反之,如果碱反应池效果略差,也可以改造为碱反应池。故而命名为调节池。

[0058] 在本发明中,所述酸性矿山废水在所述调节池中的水力停留时间优选为32h。

[0059] 得到的酸性矿山废水或调节后的酸性矿山废水后,本发明将所述酸性矿山废水或调节后的酸性矿山废水通入所述碱反应池中,经所述第二填料层固定去除所述酸性矿山废水中的(类)金属离子和降低所述酸性矿山废水的酸度。

[0060] 在本发明中,第二填料层优选为石灰岩层,在对煤矿酸性废水进行酸中和的同时,能够进行吸附、过滤,进一步去除水体中有害(类)金属离子,净化水体提升水质;其中,石灰岩层中灰岩的粒径优选为10cm。

[0061] 在本发明中,所述碱反应池中,所述第二填料层中石灰岩的质量优选按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算。

[0062] 在本发明中,所述酸性矿山废水在所述碱反应池中的水力停留时间优选为15.5h。

[0063] 本发明优选根据悬空墙距池底的高度,设置所述第二填料层的厚度。在本发明中,所述第二填料层的顶部与悬空墙底部的距离优选为300~500mm,在实施的中试项目中,所述第二填料层的厚度为175cm。

[0064] 在本发明中,所述酸性矿山废水在上述技术方案所述的煤矿酸性废水处理装置中的总停留时间约为75.5h。

[0065] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实

施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0066] 实施例一

[0067] 如图1-图5所示,本实施例提供一种煤矿酸性废水处理装置,主要包括集水池1和反应池;其中,所述集水池1用于暂存煤矿酸性废水;所述反应池上设置有进水口和出水口,所述反应池主要包括微生物反应池和碱反应池,所述微生物反应池的进水口与所述集水池1的出水口连通,所述微生物反应池内设置有第一填料层,所述第一填料层能够为所述煤矿酸性废水中微生物提供反应所需碳源,促进微生物生长繁殖,提升亚铁氧化与去除铁等金属离子以及类金属离子;所述碱反应池的进水口与所述微生物反应池的出水口连通,所述碱反应池内设置有第二填料层,所述第二填料层用于消减所述煤矿酸性废水的酸度以及固定去除金属离子和类金属离子。

[0068] 其中,需要进一步说明的是,本实施例中金属离子一般指的是金属阳离子等,如Cu、Pb、Zn等,而类金属离子一般指As、Se等元素的阴离子。

[0069] 本实施例在微生物反应池内设置有第一填料层,第一填料层能够为煤矿酸性废水中微生物提供反应所需碳源,通过微生物反应能够有效去除酸性废水中的Fe等金属离子以及类金属离子;而且在碱反应池内设置有第二填料层,所述第二填料层能够通过中和反应消减煤矿酸性废水的酸度以及固定去除金属离子和类金属离子,从而能够提升水体pH值,改善水质。

[0070] 在本实施例中,所述反应池还包括调节池4,所述调节池4连接于所述微生物反应池与所述碱反应池之间;其中,调节池4可根据微生物反应池和碱反应池的处理效果考虑是否转换为微生物反应池或碱反应池,以满足不同的工作需要。

[0071] 在本实施例中,微生物反应池以及碱反应池均可以设置有多个,具体数量根据工作需要进行调整;作为一种优选的实施方式,在本实施例中微生物反应池以及碱反应池均设置有两个;具体地,所述微生物反应池包括一级微生物反应池2和二级微生物反应池3,所述碱反应池包括一级碱反应池5和二级碱反应池6,所述集水池1、所述一级微生物反应池2、所述二级微生物反应池3、所述调节池4、所述一级碱反应池5和所述二级碱反应池6依次连通,且各个池体的高度逐渐降低。

[0072] 具体地,各个池体的具体尺寸如下:

[0073] 一级微生物反应池2(25m×11m×3.1m)、二级微生物反应池3(25m×11m×2.9m)、调节池4(30m×26m×2.7m)、一级碱反应池5(30m×26m×2.5m)、二级碱反应池6(30m×26m×2.3m)。

[0074] 在本实施例中,调节池4也可以根据工作需要设置有多个。

[0075] 在本实施例中,所述第一填料层可以包括速效型碳源层和/或缓释型碳源层;做为一种优选的实施方式,本实施例中第一填料层包括速效型碳源层和缓释型碳源层,且所述速效型碳源层的上下两侧均设置有所述缓释型碳源层;具体地,所述速效型碳源层为有机肥基质层8,所述速效型碳源层下方的所述缓释型碳源层包括第一秸秆层7,所述速效型碳源层上方的所述缓释型碳源层包括由下至上依次设置的菌棒层9和第二秸秆层10,所述第二秸秆层10的上方还设置有青石层11。

[0076] 本实施例中通过分层设置多个填料层,促进水体与反应物有效接触,同时为的微生物反应池中微生物体生存和成长提供充分的养分,保证微生物有效繁殖;通过物理、化学

和生物作用,消减水体的酸度,并去除水体中有害金属离子和类金属离子,达到改善水体水质的治理效果;而且第一填料层的材料基本为废弃秸秆与菌棒、有机肥基质和青石等,既降低成本,又能以废治废,减少这些废弃物的环境风险。

[0077] 在本实施例中,微生物反应池中铺设速效型碳源和缓释型碳源的量按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算,水力停留时间 $28\text{h}$ ,微生物反应池2按长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $25\text{m}\times 11\text{m}\times 3.1\text{m}$ 容积,其中填料层厚度为 $115\text{cm}$ ;作为一种优选实施方式,第一秸秆层7为 $100\text{mm}$ 厚,有机肥基质层8为 $150\text{mm}$ 厚,菌棒层9为 $700\text{mm}$ 厚,第二秸秆层10为 $100\text{mm}$ 厚,青石层11为 $100\text{mm}$ 厚;其中,各层的厚度还可以根据具体工作需要进行调整。在本发明中,填料层厚度为 $115\text{cm}$ ,日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ ,能够在保证五年以上不需要更换或补充填料的情况下,处理装置稳定运行五年以上。

[0078] 在本实施例中,所述第二填料层优选为石灰岩层,在对煤矿酸性废水进行酸中和的同时,能够进行吸附、沉淀、过滤,进一步去除水体中有害金属离子和类金属离子,净化水体提升水质;其中,石灰岩层中灰岩的粒径优选为 $10\text{cm}$ 。

[0079] 在本实施例中,碱反应池中铺设石灰岩的量按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算,水力停留时间 $15.5\text{h}$ ,一级碱反应池5按长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $30\text{m}\times 26\text{m}\times 2.5\text{m}$ 容积,二级碱反应池6按长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $30\text{m}\times 26\text{m}\times 2.3\text{m}$ 容积,其中第二填料层厚度均为约 $175\text{cm}$ ,占池体约 $3/4$ 容积。

[0080] 在本实施例中,以进水酸度约为 $20\text{mmol/L}$ 为例,日处理量为 $1500\text{m}^3$ 时,进水的总酸度为 $20000\text{mol}$ ,每日中和此酸度所需的碱为 $20000\text{mol}$ ,持续运行10年( $365\times 10=3650$ 天),10年总共酸度为 $20000\times 3650=73000000\text{mol}$ ,碱反应池填料主要为碳酸钙,其密度为 $2.93\text{g}/\text{cm}^3$ ,10年所需碳酸钙的质量为 $730000000\text{g}$ ,所需体碳酸钙体积为 $2491.47\text{m}^3$ ,每个酸反应池池体长宽为 $30\text{m}\times 26\text{m}$ ,投放填料的高度为 $2491.47\div (30\times 26\times 2)=1.60\text{m}$ 。本实施例考虑到填料中碳酸钙的质量分数约为 $80\%$ 以上,以及系统消减酸度约为 $80\%$ ,因此,投放填料的高度在 $1.60\text{m}$ 左右,同时考虑到空隙度的问题,故而乘以系数 $1.1$ ,最终设定石灰岩层的厚度约为 $1.75\text{m}$ 。

[0081] 在本实施例中,所述反应池包括池体,池体为矩形池体,由围墙12围成,池体的顶部设置有顶板;所述池体内设置有S型流道,所述S型流道的两端分别与所述反应池的进水口和出水口连通,煤矿酸性废水从进水口进入后,要经过整个S型流道才能到达出水口,增大了水体的流程,促进水体与反应物充分接触;其中,所述进水口和所述出水口均位于所述池体的顶部。

[0082] 在本实施例中,所述S型流道内沿水流方向间隔设置有隔挡墙14和悬空墙13,所述悬空墙13的顶部与所述池体的顶板连接,所述悬空墙13的底部与所述池体的底部之间留有间隙,所述隔挡墙14的底部与所述池体的底部连接,所述隔挡墙14的顶部与所述池体的顶板之间留有间隙,且所述隔挡墙14的高度低于所述出水口的高度。本实施例中通过设置悬空墙13和隔挡墙14,能够控制水体流向,进一步增大水体的流程,促进水体与反应物充分接触,保证系统水体置换充分、顺畅。

[0083] 本实施例中还公开了一种煤矿酸性废水处理系统,包括检测装置以及上述的煤矿酸性废水处理装置,所述检测装置包括含铁量检测装置和酸度检测装置;其中,含铁量检测装置优选为UV-9000S型分光光度计,酸度检测装置优选为WDDY-2008型微机自动电位滴定仪。

[0084] 将经本实施例的煤矿酸性废水处理装置处理取样的水样送中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室,利用UV-9000S型分光光度计(上海元析公司)和WDDY-2008型微机自动电位滴定仪分别检测水样Fe的含量和水体酸度,结果如表1和表2所示:

[0085] 表1水样中Fe的含量

|        | 样品编号 | 进水 Fe 含量 (mg/L) | 出水 Fe 含量 (mg/L) | 去除率    |
|--------|------|-----------------|-----------------|--------|
| [0086] | 1    | 111.75          | 0.29            | 99.74% |
|        | 2    | 120.70          | 8.30            | 93.12% |
|        | 3    | 112.87          | 6.48            | 94.26% |
|        | 4    | 108.10          | 4.74            | 95.61% |
|        | 5    | 229.86          | 0.78            | 99.66% |
|        | 6    | 224.78          | 1.78            | 99.21% |
|        | 7    | 210.21          | 0.01            | 100%   |
|        | 8    | 230.38          | 0.71            | 99.69% |
| [0087] | 9    | 216.21          | 1.08            | 99.50% |
|        | 10   | 237.48          | 0.00            | 100%   |
|        | 11   | 85.61           | 0.00            | 100%   |
|        | 12   | 94.21           | 1.98            | 97.9%  |
|        | 13   | 149.35          | 0.42            | 99.71% |
|        | 14   | 163.01          | 0.00            | 100%   |

[0088] 表2水样中酸度的含量

|        | 样品编号 | 进水酸度 (mmol/L) | 出水酸度 (mmol/L) | 去除率    |
|--------|------|---------------|---------------|--------|
| [0089] | 1    | 15.98         | 9.42          | 41.05% |
|        | 2    | 19.37         | 7.01          | 63.81% |
|        | 3    | 20.46         | 7.59          | 62.90% |
|        | 4    | 12.01         | 0.5           | 95.84% |
|        | 5    | 10.18         | 4.34          | 57.37% |
|        | 6    | 10.64         | 2.81          | 73.59% |

[0090] 从表1中可以看出,经过本实施例煤矿酸性废水处理装置处理的废水中Fe的消减量在98.46%±2.35%之间,去除Fe的效果显著;从表2可以看出,废水中酸度的消减量在65.76%±18.21%之间,有效地降低了水的酸性。

[0091] 实施例二

[0092] 本实施例将酸性矿山废水首先收集进入集水池1。

[0093] 本实施例优选将所述集水池1收集的煤矿酸性废水依次通入一级微生物反应池2和二级微生物反应池3。

[0094] 在本实施例中,所述一级微生物反应池2中铺设速效型碳源和缓释型碳源的量按照日处理水量1500m<sup>3</sup>/d计算;水力停留时间15h,一级微生物反应池2按长×宽×高为25m×11m×3.1m容积,其中第一填料层厚度为约115cm;作为一种优选实施方式,第一秸秆层7为100mm厚,有机肥基质层8为150mm厚,菌棒层9为700mm厚,第二秸秆层10为100mm厚,青石层11为100mm厚。

[0095] 在本实施例中,所述二级微生物反应池3中铺设速效型碳源和缓释型碳源的量按照日处理水量1500m<sup>3</sup>/d计算;水力停留时间13h,二级微生物反应池3按长×宽×高为25m×11m×3.1m容积,其中第一填料层厚度为约115cm;作为一种优选实施方式,第一秸秆层7为100mm厚,有机肥基质层8为150mm厚,菌棒层9为700mm厚,第二秸秆层10为100mm厚,青石层11为100mm厚。

[0096] 本实施例中,在一级微生物反应池2和二级微生物反应池3中,水体中的微生物在利用多种有机物作为营养源进行生长代谢。其中表层水中氧化环境下的好氧型细菌如铁氧化菌、氧化亚铁硫杆菌等在光照、氧气的参与左右下,可高效催化废水中的Fe(II)氧化成Fe(III)并消减酸度,Fe(III)水解产生施式矿物、黄铁矾等产物能够吸附、共沉淀或钝化水中部分重(类)金属离子。而深层水中还原环境下的厌氧型细菌如硫酸盐还原菌去除铁主要有三个过程:①分解代谢乳酸、甲酸、乙酸、乙醇、二氧化碳、甲烷、脂肪烃、多聚芳香烃、固体碳源、氢气等营养物质,产生HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>并释放高能电子,HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>与废水中游离的H<sup>+</sup>结合,消减酸度,释放二氧化碳;②硫酸盐还原菌利用分解有机物产生的高能电子在SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>还原酶的参与下将SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>还原为S<sup>2-</sup>,S<sup>2-</sup>与废水中游离的H<sup>+</sup>结合并生成H<sub>2</sub>S,该过程不仅提升碱度,有利于溶度积较小(类)金属离子形成氢氧化物沉淀,如Fe(OH)<sub>3</sub>、Al(OH)<sub>3</sub>,还能促进产生的S<sup>2-</sup>与(类)金属离子结合形成难溶于水的硫化物沉淀(如FeS);③硫酸盐还原菌分泌的胞外聚合物中存在着大量的氨基、羧基、羟基等官能团,这些官能团可以通过离子交换、表面络合、表面沉积等作用有效吸附、络合重金属,达到固定去除水体中重金属的效果。

[0097] 本实施例中,在一级微生物反应池2和二级微生物反应池3的池底部从下到上添加100mm秸秆(缓释型碳源)、150mm有机肥基质(速效型碳源)、700mm菌棒(缓释型碳源)、100mm秸秆(缓释型碳源)、100mm青石等作为一级微生物反应池2和二级微生物反应池3的反应池第一填料,通过物理、化学和生物作用,消减水体酸度和去除有害(类)金属离子,达到改善水体水质的治理效果。

[0098] 在本实施例中,得到酸性矿山废水后,本实施例优选将所述酸性矿山废水通入所述调节池4中。将所述调节池4得到的调节后的酸性矿山废水通入所述碱反应池中。

[0099] 得到的酸性矿山废水或调节后的酸性矿山废水后,本实施例将所述酸性矿山废水或调节后的酸性矿山废水通入所述碱反应池中,经所述第二填料层固定去除所述酸性矿山

废水中的(类)金属离子和降低所述酸性矿山废水的酸度。

[0100] 本实施例优选将所述酸性矿山废水或调节后的酸性矿山废水依次通入一级碱反应池5和所述二级碱反应池6。

[0101] 在本实施例中,一级碱反应池5中铺设灰岩的量按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算;水力停留时间8.0h,一级碱反应池5按长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $30\text{m}\times 26\text{m}\times 2.5\text{m}$ 容积,其中第二填料层厚度均为约175cm,占池体约3/4容积。

[0102] 在本实施例中,二级碱反应池6中铺设灰岩的量按照日处理水量 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 计算;水力停留时间7.5h,二级碱反应池6按长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $30\text{m}\times 26\text{m}\times 2.3\text{m}$ 容积,其中第二填料层厚度均为约175cm,占池体约3/4容积。

[0103] 在本实施例中,在一级碱反应池5和所述二级碱反应池6中添加3/4容积的粒径为10cm石灰岩,通过吸附、过滤、酸中和等反应过程,有效消减酸度,进一步去除水体中有害(类)金属离子,净化水体提升水质。

[0104] 本实施例通过设计微生物反应池(2个)、调节池(1个)、碱反应池(2个),充分利用废弃的秸秆与菌棒、有机肥基质、青石等,通过在两个微生物反应池和两个碱反应池中合理设置阻挡墙和悬空墙控制系统中水流方向,保证系统水体置换充分、顺畅,并在两个微生物反应池、两个碱反应池中科学分层铺设有机肥基质、菌棒、秸秆和青石等材料,促进水体与反应物有效接触,同时给与微生物处理池中微生物体生存和成长提供充分的养分,保证微生物有效繁殖,利用物理沉淀、化学与微生物氧化还原、中和反应等作用机制,有效去除酸性废水中的Fe等(类)金属离子,消减水体酸度,提升水体pH,改善水质。

[0105] 本实施例的积极效果如下:

[0106] 本实施例的处理煤矿酸性废水的装置通过设计微生物反应池和碱反应池,充分利用废弃秸秆与菌棒、有机肥基质和青石等,通过物理沉淀、化学与微生物氧化还原、中和反应等作用机制有效去除酸性废水中的Fe等(类)金属离子,消减水体酸度,提升水体pH,改善水质。具有如下优点:

[0107] (1)低成本、无需电力设备、日常管理简单,后续维护简易;

[0108] (2)以废治废,本技术中添加的材料基本为废弃秸秆与菌棒、有机肥基质和青石等,既降低成本,又能以废治废,减少这些废弃物的环境风险;

[0109] (3)适应性强,可处理多种毒害物质;

[0110] (4)可持续性修复治理。

[0111] 需要说明的是,对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内,不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0112] 本发明中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

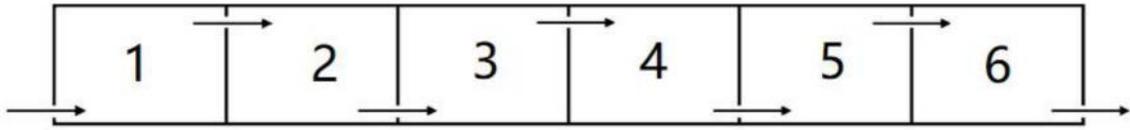


图1

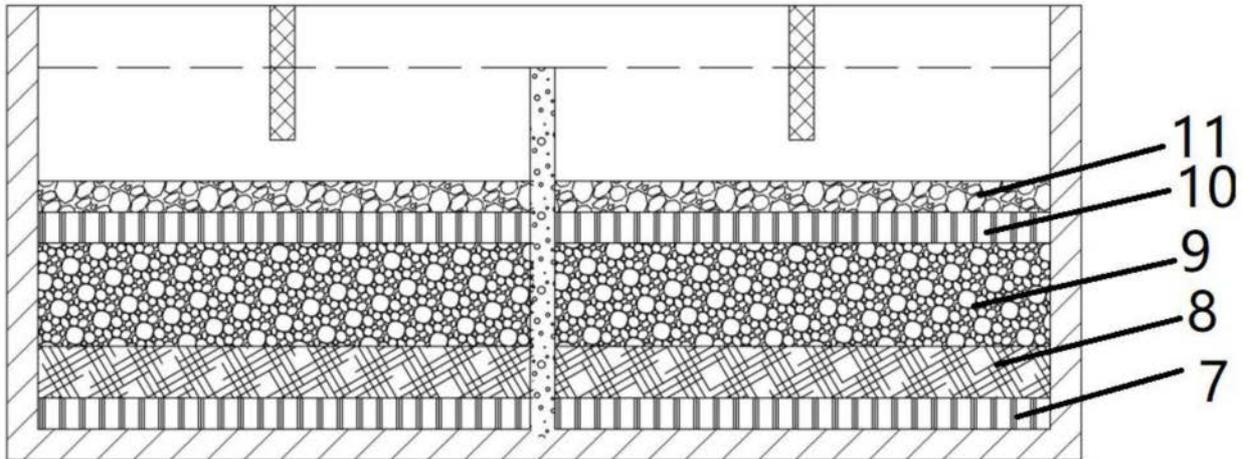


图2

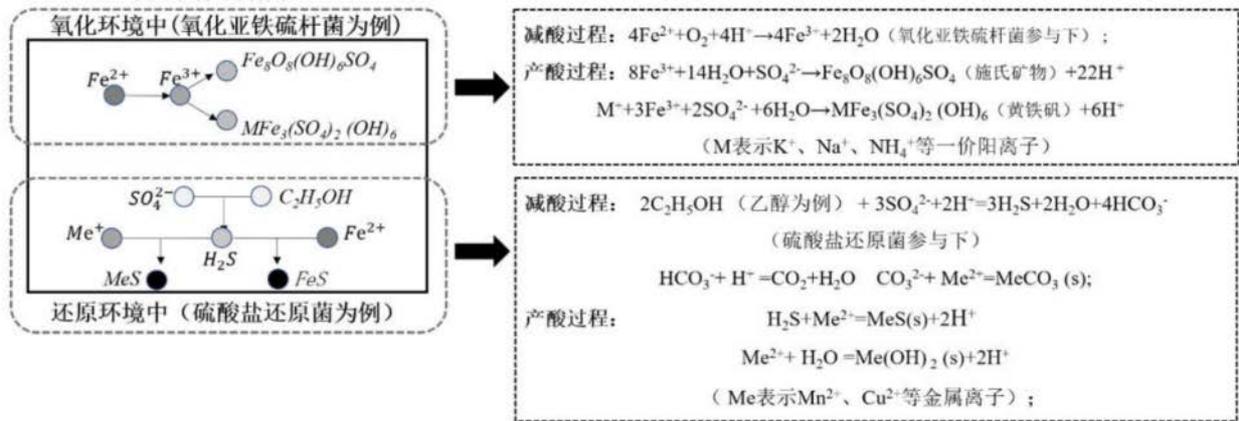


图3

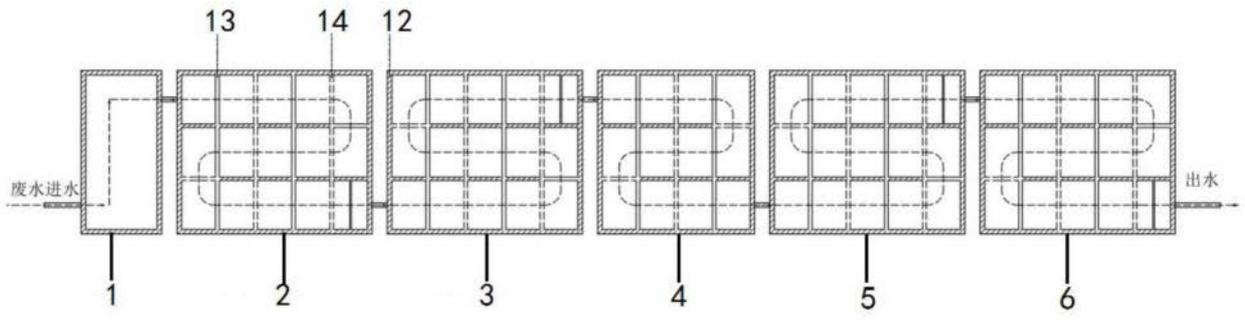


图4

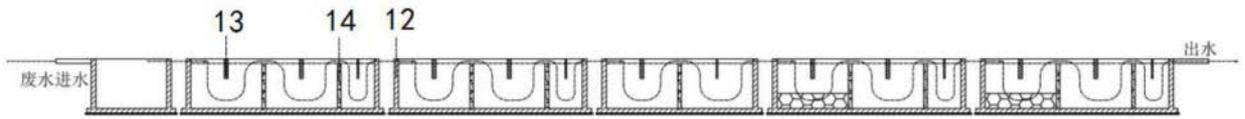


图5