



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111153468 A

(43)申请公布日 2020.05.15

(21)申请号 202010172920.7

(22)申请日 2020.03.13

(71)申请人 中国工程物理研究院动力部  
地址 621999 四川省绵阳市绵山路64号

(72)发明人 王海明 杨明 隆元清 凌云  
费林 彭浩 李宁

(74)专利代理机构 中国工程物理研究院专利中  
心 51210  
代理人 翟长明 韩志英

(51) Int. Cl.  
C02F 1/42(2006.01)  
C02F 101/20(2006.01)

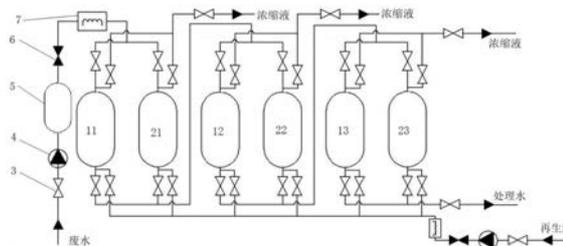
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种重金属废水处理装置

(57)摘要

本发明提供了一种重金属废水处理装置,包括废水管路、处理水管路、再生液管路、浓缩液管路和至少两组离子交换模块,每一离子交换模块包括多个顺序串联的离子交换柱,不同离子交换模块中相应的离子交换柱并联。该装置可实现对重金属废水的不间断连续处理,对重金属离子进行富集回收,实现资源二次利用。本发明还提供一种移动式重金属废水处理装置,其机架底部装有滚轮,两侧各配有两个螺旋顶举机构,处理装置可通过滚轮移动,也可通过机架安装在工程车上,机动能力强,且固定装置采用模块化型材,可拆卸、组装,使得装置可应对突发事件的应急处理以及根据不同现场处理量需求快速应变。



1. 一种重金属废水处理装置,包括废水管路、处理水管路、再生液管路、浓缩液管路和离子交换模块,其特征在于,所述离子交换模块有至少两组;每一组所述离子交换模块均包括串联连接的M根离子交换柱, $M \geq 1$ ;将串联的离子交换柱按顺序从1开始进行标记;各组离子交换模块的标记顺序相同的离子交换柱填充同种离子交换材料,并联连接。

2. 根据权利要求1所述的重金属废水处理装置,其特征在于,所述废水管路连接每一离子交换模块的第一个离子交换柱的上部出入口,所述处理水管路连接每一离子交换模块的最后一个离子交换柱的下部出入口;所述浓缩液管路连接每一离子交换柱的上部出入口,所述再生液管路连接每一离子交换柱的下部出入口。

3. 根据权利要求1所述的重金属废水处理装置,其特征在于,所述离子交换模块有两组,每一组所述离子交换模块包括三根串联连接的离子交换柱;第一组离子交换模块中第一个离子交换柱(11)与第二组离子交换模块中第一个离子交换柱(21)并联,均填充阳离子交换纤维;

第一组离子交换模块中第二个离子交换柱(12)与第二组离子交换模块中第二个离子交换柱(22)并联,均填充阴离子交换纤维;第一组离子交换模块中第三个离子交换柱(13)与第二组离子交换模块中第三个离子交换柱(23)并联,均填充阴阳离子交换纤维。

4. 根据权利要求1所述的重金属废水处理装置,其特征在于,所述废水管路包括沿废水输入方向顺序连接的电磁阀(3)、离心泵(4)、过滤罐(5)、调节阀(6)和流量计(7);

所述再生液管路包括沿再生液输入方向顺序连接的电磁阀(3)、离心泵(4)、调节阀(6)和流量计(7);所述处理水管路和浓缩液管路均安装有电磁阀(3)。

5. 根据权利要求4所述的重金属废水处理装置,其特征在于,所述电磁阀(3)、离心泵(4)、过滤罐(5)、调节阀(6)和流量计(7)均与控制模块(8)相连。

6. 根据权利要求5所述的重金属废水处理装置,其特征在于,采用触摸图形化界面进行人机交互。

7. 一种移动式重金属废水处理装置,其特征在于,包括根据权利要求1-6任一项所述的重金属废水处理装置和机架(9),所述机架(9)上设有固定装置用于承托和固定所述的重金属废水处理装置。

8. 一种根据权利要求7所述的移动式重金属废水处理装置,其特征在于,机架(9)底部装有滚轮,机架(9)两侧各配有两个螺旋顶举机构。

9. 一种根据权利要求8所述的移动式重金属废水处理装置,其特征在于,机架(9)采用组合式模块化型材。

10. 根据权利要求8所述的移动式重金属废水处理装置,其特征在于,所述的重金属废水处理装置通过所述机架(9)安装在可移动运载设备上。

## 一种重金属废水处理装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于废水处理领域,具体涉及一种重金属废水处理装置。

### 背景技术

[0002] 目前在移动式水处理装置上已经有了多年的研究,但大多集中在给水装置领域,如同济大学的组合式一体化净水装置,濮阳中石集团有限公司的移动式水处理装置及使用方法,珠海市江河水处理设备有限公司的移动式救灾应急水处理设备。上述装置仅用于生活污水的处理,并未涉及工业废水处理领域。

[0003] 而在工业废水处理领域,现有移动式污水处理装置大多采用单纯的物理处理工艺或者是化学加药工艺和电解处理工艺,例如西安信实机电设备有限公司的实用新型专利“移动采油废水处理站”,通过设置自动投加混凝剂系统以及5级滤油工艺系统来实现含油废水的可移动处理,仅针对含油废水进行处理;成都迈凯科技有限公司的“一种工业废水处理装置”,利用一个电解池以及电磁阵列来去除工业废水中的金属离子,并后接生化处理来达到净化废水的效果,在对含铁废水进行处理时需使用额外的过滤装置,整套装置体积大,结构复杂;另有北京晓清环保工程有限公司的“污水处理车”和天津科技大学的“可移动污水处理车”采用卡车携带的柜式反应器和车辆实现了集成,但两种装置都采用了生物处理工艺,增加了对车辆装置设计的要求,并且难以做到对综合废水以及不同浓度废水的稳定达标处理,同时,运营维护成本较高,现场应急处理能力有限。

### 发明内容

[0004] 本发明提供一种重金属废水处理装置,可实现对重金属废水的不间断连续处理,对重金属离子进行富集回收,实现资源二次利用。

[0005] 本发明的重金属废水处理装置具体技术方案如下:包括废水管路、处理水管路、再生液管路、浓缩液管路和离子交换模块,其特征在于,所述离子交换模块有至少两组;每一组所述离子交换模块均包括串联连接的M根离子交换柱, $M \geq 1$ ;将串联的离子交换柱按顺序从1开始进行标记;各组离子交换模块的标记顺序相同的所有离子交换柱填充同种离子交换材料,并联连接。

[0006] 所述废水管路连接每一离子交换模块的第一个离子交换柱的上部出入口,所述处理水管路连接每一离子交换模块的最后一个离子交换柱的下部出入口;所述浓缩液管路连接每一离子交换柱的上部出入口,所述再生液管路连接每一离子交换柱的下部出入口。

[0007] 所述废水管路包括沿废水输入方向顺序连接的电磁阀、离心泵、过滤罐、调节阀和流量计;所述再生液管路包括沿再生液输入方向顺序连接的电磁阀、离心泵、调节阀和流量计;所述处理水管路和浓缩液管路均在出口处安装有电磁阀。

[0008] 所述的电磁阀、离心泵、过滤罐、调节阀和流量计均与控制模块相连,采用触摸图形化界面进行人机交互。

[0009] 本发明还提供一种机动性强的移动式重金属废水处理装置,包括前述的重金属废

水处理装置和机架,所述机架上设有固定装置,用于承托和固定所述重金属废水处理装置,即所述机架对离子交换柱、相关仪器设备以及相应的管道进行支撑固定。所述机架底部装有滚轮,所述机架两侧各配有两个螺旋顶举机构。所述机架采用组合式模块化型材。所述的重金属废水处理装置通过所述机架安装在可移动运载设备上。

[0010] 与现有技术相比,本发明至少具有如下有益效果:

(1) 重金属废水的不间断、连续处理,处理效率更高:处理装置具有多组离子交换模块,在一组离子交换模块中某一离子交换柱的离子交换材料达到吸附饱和后对其进行再生洗脱,可同时切换至另一组离子交换模块的相应离子交换柱,往复交替,实现废水连续处理;并且针对综合重金属废水或单一重金属离子废水,离子交换模块中可采用多种离子交换材料配合处理或选用对应的离子交换材料针对性地处理;

(2) 重金属离子回收,资源二次利用:离子交换柱中的离子交换材料达到吸附饱和后使用再生液对其进行再生洗脱,离子交换材料可再次投入使用,并对重金属离子进行富集回收,实现资源二次利用;

(3) 机动性强,可根据需求快速、灵活应变:处理装置可通过滚轮移动,也可通过机架安装在现有的工程车或货车上,机动能力强,且固定装置采用模块化型材,可根据处理现场情况进行拆卸、组装,同时该可拆卸式设计使得装置可应对突发事件的应急处理以及根据不同现场处理量需求快速应变;本发明的重金属废水处理装置还可嵌入到化学法处理装置中,用于生产线重金属离子分流排放处理,实现重金属废水的深度处理。

[0011] (4) 自动控制、控制更直观:本发明的重金属废水处理装置的控制系統实现了自动化,以电磁阀、电动阀、离心泵作为控制元件,可采用力控软件编写其上位机程序,触摸屏图形化界面作为人机交互方式。

## 附图说明

[0012] 图1为本发明一具体实施例的工艺流程示意图;

图2为本发明一具体实施例的装置示意图;

图3为本发明一具体实施例的控制界面示意图。

## 具体实施方式

[0013] 下面结合附图和实施例详细说明本发明。

[0014] 本发明的重金属废水处理装置有多个离子交换模块,每一离子交换模块包括多个顺序串联的离子交换柱,不同离子交换模块中相应的离子交换柱并联,且填充同种离子交换材料。离子交换柱串联为:上一离子交换柱的处理水输出连接到下一离子交换柱的废水入口。离子交换柱并联为:离子交换柱的废水输入来源和处理水输出去向相同。

[0015] 离子交换柱中填充多种离子交换材料配合处理或选用对应的离子交换材料:对于含有多重金属离子的综合废水,离子交换模块中各个离子交换柱内可分别填装阳离子吸附材料,阴离子吸附材料,阴阳离子吸附材料。对于含有单一重金属离子的废水,只填装与该类重金属离子相对应的吸附材料。

[0016] 在一具体实施例中,重金属废水处理装置包括废水管路、处理水管路、再生液管路、浓缩液管路和至少两组离子交换模块;每一组所述离子交换模块均包括串联连接的M根

离子交换柱,  $M \geq 1$ ; 将串联的离子交换柱按顺序从1开始进行标记; 各组离子交换模块的标记顺序相同的所有离子交换柱填充同种离子交换材料, 并联连接。

[0017] 所述废水管路用于向离子交换模块输入需要处理的废水; 所述再生液管路用于向离子交换模块输入洗脱吸附饱和离子交换材料的再生液; 所述处理水管路用于输出离子交换模块中经过离子交换处理的处理水, 经检测处理水达标则可进行排放, 若不达标则进入下一个处理程序; 所述浓缩液管路用于输出对离子交换材料再生洗脱后的浓缩液, 浓缩液管路将浓缩液输出至重金属富集回收装置。

[0018] 所述废水管路连接每一组离子交换模块的第一个离子交换柱的上部出入口, 所述处理水管路连接每一组离子交换模块的最后一个离子交换柱的下部出入口; 所述浓缩液管路连接每一离子交换柱的上部出入口, 所述再生液管路连接每一离子交换柱的下部出入口。

[0019] 所述废水管路包括沿废水输入方向顺序连接的电磁阀3、离心泵4、过滤罐5、调节阀6和流量计7; 所述过滤罐5可以采用袋式过滤器, 对废水进行预处理后, 离心泵4泵入离子交换柱中进行处理。所述再生液管路包括沿再生液输入方向顺序连接的电磁阀3、离心泵4、调节阀6和流量计7; 所述处理水管路和浓缩液管路均安装有电磁阀3。所述电磁阀3、离心泵4、过滤罐5、调节阀6和流量计7均与控制模块8相连。

[0020] 控制模块8控制调节阀6实现液体进出流量的调节, 调节阀6可采用电动阀。流量计7用以监控废水和再生液流量, 可采用电磁流量计。控制模块通常采用PLC进行控制, 形成PLC控制系统, 实现数据监控和自动控制废水处理装置的运行, 并设置独立的控制箱。系统采用触摸图形化界面进行人机交互。

[0021] 由于同一离子交换柱的废水处理过程和再生液反洗过程不会同时进行, 因此, 用于输入废水的废水管路和用于输出再生液反洗后的浓缩液管路共用上部出入口, 输入再生液的管路和输出处理水的管路共用下部出入口。离子交换柱正常进行废水处理时, 再生液管路和浓缩液管路通过电磁阀切断, 而进行再生反洗时离子交换柱的废水管路和处理水管路也通过电磁阀切断。

[0022] 例如, 某一离子交换模块的一离子交换柱从废水处理切换到再生反洗时, 控制系统关闭该离子交换柱的废水管路电磁阀以切断废水输入, 排空其中的处理水后, 关闭处理水电磁阀以切断处理水管路出口, 开启再生液管路电磁阀以输入再生液, 并开启浓缩液电磁阀以排出浓缩液, 再生反洗结束后关闭再生液管路和浓缩液管路, 等待下一次切换。同时, 与该离子交换柱并联的另一离子交换柱则通过电磁阀开闭, 切换至废水处理: 关闭再生液管路和浓缩液管路, 开启废水管路和处理水管路, 直至吸附饱和, 再切换至再生反洗, 如此循环, 可实现废水连续处理、离子交换材料反复使用以及重金属回收利用, 并且离子交换模块可采用多种离子交换材料配合处理或选用对应的离子交换材料针对性地处理综合重金属废水或单一重金属离子废水, 能够提高处理效率;

在一具体实施例中, 重金属废水处理装置有两组离子交换模块, 每一组离子交换模块均包括三根串联连接的离子交换柱, 其工艺流程示意图如附图1所示。第一组离子交换模块的离子交换柱11、12、13按顺序串联, 第二组离子交换模块的离子交换柱21、22、23按顺序串联; 离子交换柱11、21并联, 且均填充阳离子交换纤维; 离子交换柱12、22并联, 且均填充阴离子交换纤维; 离子交换柱13、23并联, 且均填充阴阳离子交换纤维。并联的两个离子交换

柱交替进行废水处理和再生反洗。

[0023] 本发明还提供一种移动式重金属废水处理装置,如附图2所示,包括前述的重金属废水处理装置和机架9,所述机架9用于承托和固定重金属废水处理装置,即所述机架9对离子交换柱、电磁阀3、离心泵4、过滤罐5、调节阀6、流量计7、控制模块8以及相应的管道进行支撑固定。机架9底部装有滚轮(图中未示出),机架9两侧各配有两个螺旋顶举机构(图中未示出)。滚轮使装置可移动,机动性更高,而螺旋顶举机构用于保证装置的稳定放置。

[0024] 机架9采用铝型材等组合式模块化结构作为主体框架,铝型材间可任意组合,根据现场不同处理需求,对机架结构进行拆卸或组装,实现重金属废水处理装置的更改、组合、拓展。

[0025] 在一具体实施例中,所述重金属废水处理装置通过机架9安装在载重和尺寸都适配的工程车或货车等可移动运载设备上。

[0026] 在一具体实施例中,生产线已将各类重金属离子废液分流排放,因此,将该重金属废水处理装置的离子交换柱装填不同离子交换材料,将离子交换柱分别接入各个相应的废液分流排放末端,实现对含有单一重金属离子废液的处理。

[0027] 在一具体实施例中,对处理现场存在综合废水的情况,以载重为800kg的货车将装置各个部件运送至现场,按处理需求对装置进行组装后处理废水。整套装置采用自动化控制方式,操作命令由操作人员在控制箱通过控制软件发出。接通电源开启PLC控制系统,打开控制软件后,进入操作界面,如附图3所示。在操作界面进行参数设定,包括被处理液体中各类重金属离子的浓度、初始废水泵入流量、初始再生液泵入流量、再生液浸泡时间等。控制软件根据各个参数的设定对装置进行实时的闭环控制。点击“开始”按钮,废水提升泵启动,将废水经过滤装置后泵入第一组离子交换模块,废水经串联的各离子交换柱处理后由处理水管路排出。当第一组离子交换模块中的一离子交换柱的吸附材料达到吸附饱和时(具体时间由控制软件计算得到),第一组离子交换模块内该离子交换柱的废水电磁阀关闭,第二组离子交换模块内与其并联的相应离子交换柱的废水电磁阀打开,开始进行处理工作。同时,再生液提升泵启动,第一组离子交换模块内该吸附饱和的离子交换柱的再生液电磁阀打开,再生液进入该离子交换柱,对离子交换材料进行再生洗脱,洗脱后得到的浓缩液由再生液管路排出,如此交替往复,连续进行处理工作。处理工作结束时,点击“停止”按钮,关闭装置。

[0028] 以主要成分为11.3mg/L的六价铬的单一重金属废水为例,采用两组离子交换模块,每一离子交换模块中串联的三个离子交换柱分别填入阳离子吸附纤维、阴离子吸附纤维、综合性吸附纤维。程序设定为废水中六价铬含量11.3mg/L,首先使用第一离子交换模块中的离子交换柱进行吸附,再生液浸泡时间设定为30min。处理结果如下表所示。

样品编号	六价铬 mg/L	总铜 mg/L	总锌 mg/L	总镉 mg/L	总镍 mg/L	PH
原水	11.3	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	8.78
ZA-1-1	0.04	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	9.63
ZA-1-2	0.033	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	9.64

[0029] ZA-1-1和ZA-1-2分别为装置工作时间15min、30min时所取的处理水样品。可知,该

装置可将废水中六价铬浓度一次性处理至《污水综合排放标准》规定的限值以下。

[0030] 相似地,对某综合废水的处理结果如下表所示。

样品编号	总铜 mg/L	总镍 mg/L
TX-1	17.6	16
TX-2	0.19	<0.05
TX-3	0.06	<0.05
TX-4	<0.05	<0.05
TX-5	<0.05	<0.05
TX-6	<0.05	<0.05
TX-7	<0.05	<0.05

[0031] TX-1为原水,样品TX-2至TX-7为处理后的样品,取样时间间隔为5min。第15min的取样结果显示,废水已处理至《污水综合排放标准》规定的限值以下。

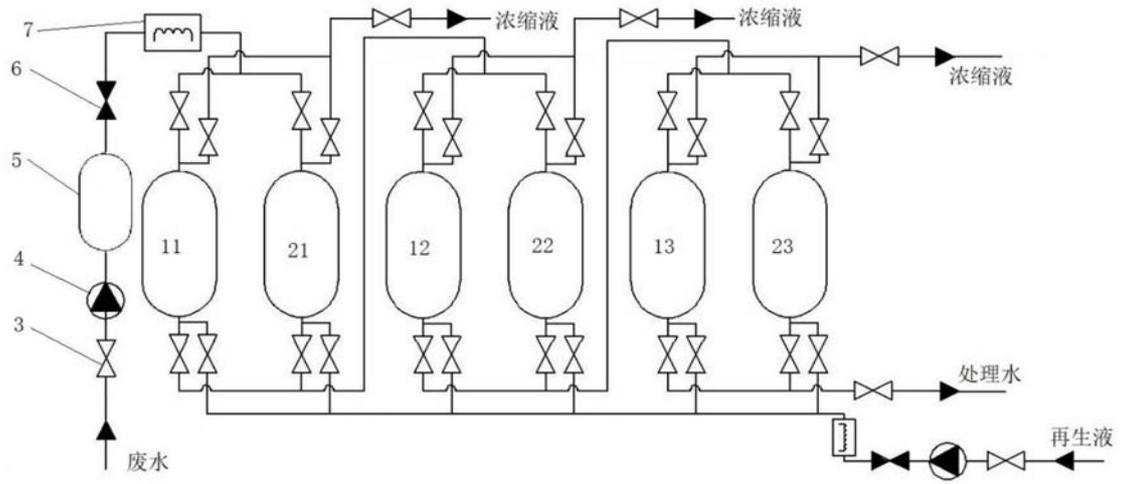


图1

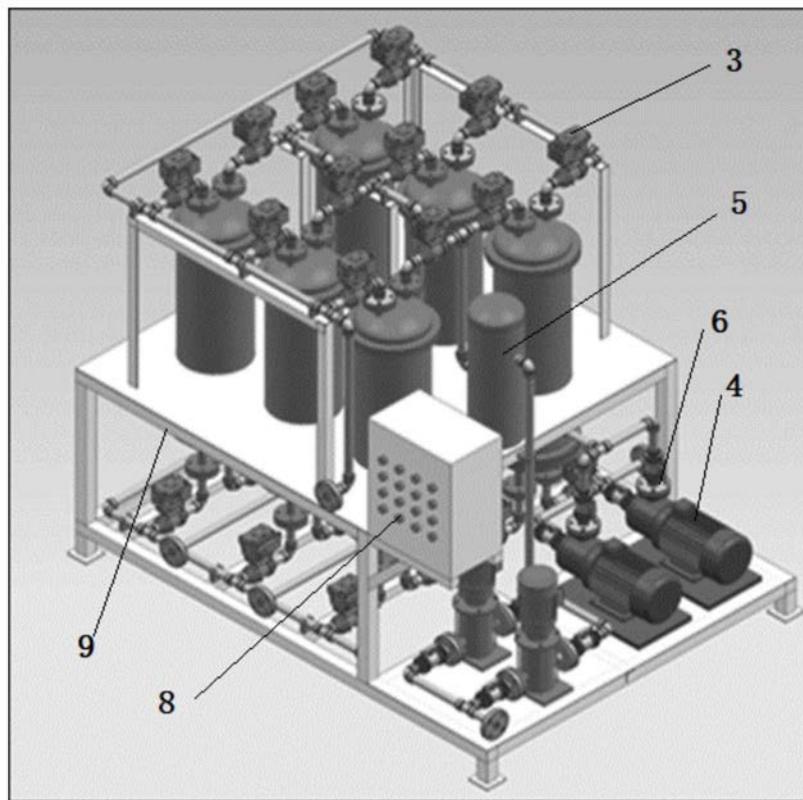


图2

# 电镀废水处理设备工程应用

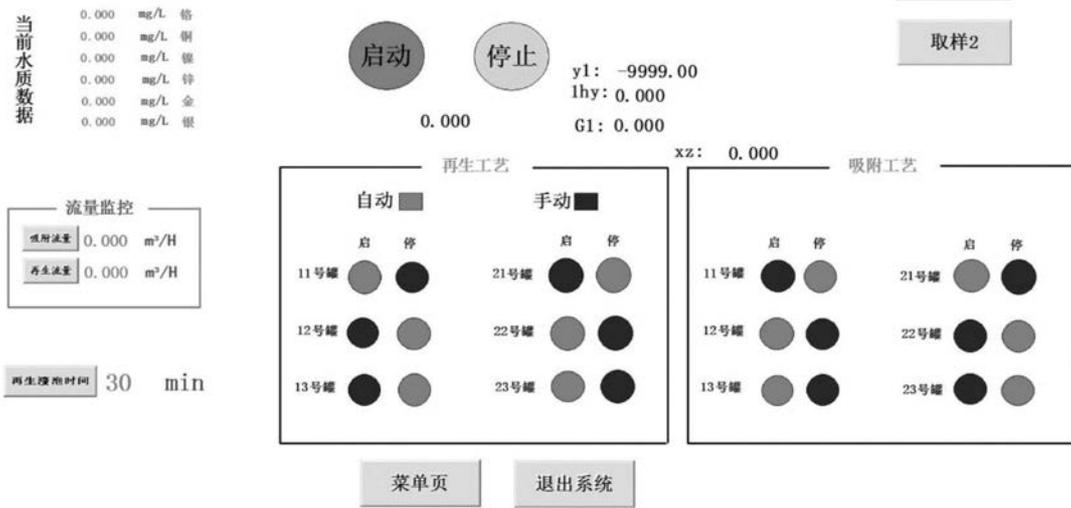


图3