



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106830579 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201710248144.2

(22)申请日 2017.04.17

(71)申请人 中源晟朝股份有限公司

地址 214000 江苏省无锡市金岸路117号

(72)发明人 袁锦洋 徐胜

(74)专利代理机构 北京维正专利代理有限公司

11508

代理人 倪志华

(51)Int.Cl.

C02F 9/14(2006.01)

B09C 1/10(2006.01)

B09C 1/00(2006.01)

C02F 103/06(2006.01)

C02F 101/30(2006.01)

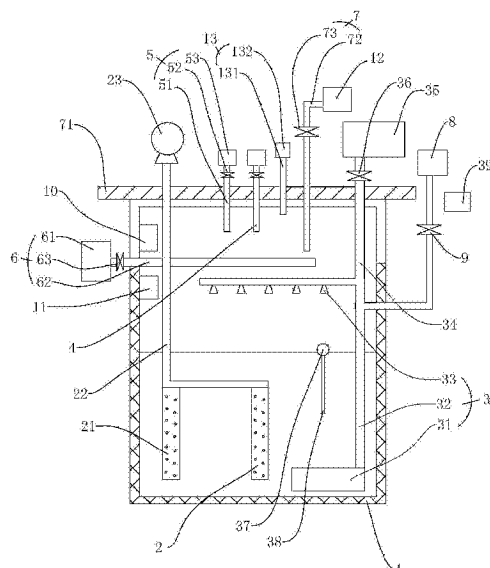
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

### (54)发明名称

用于地下水中挥发性有机污染物修复系统和方法

### (57)摘要

本发明公开了一种用于地下水中挥发性有机污染物修复系统和方法,其技术方案要点是:包括修复井、设置于修复井底端的曝气装置和淋洗装置、设置于修复井内的厌氧装置、好氧装置和渗透还原装置、设置于修复井上端的抽提装置和检测装置,所述好氧装置与曝气装置连接,厌氧装置连接有加药装置,抽提装置连接有废气处理装置,检测装置与淋洗装置连接,且所述修复井的下端成网状设置;具有提高土壤修复的修复进程以及修复质量。



1. 一种用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,其特征在于:包括修复井(1)、设置于修复井(1)底端的曝气装置(2)和淋洗装置(3)、设置于修复井(1)内的厌氧装置(4)、好氧装置(5)和渗透还原装置(6)、设置于修复井(1)上端的抽提装置(7)和检测装置(8),所述好氧装置(5)与曝气装置(2)连接,厌氧装置(4)连接有加药装置(13),抽提装置(7)连接有废气处理装置(12),检测装置(8)与淋洗装置(3)连接,且所述修复井(1)的下端成网状设置。

2. 根据权利要求1所述的用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,其特征在于:所述曝气装置(2)包括设置于修复井(1)底端的曝气管(21)、与曝气管(21)相连通的加气管(22)以及设置于加气管(22)上的加气泵(23),多个所述曝气管(21)均匀布置于修复井(1)的底端。

3. 根据权利要求1所述的用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,其特征在于:所述淋洗装置(3)包括设置于修复井(1)底部的潜水泵(31)、一端与潜水泵(31)连接的加水管(32)以及设置于加水管(32)另一端上的喷头(33),所述检测装置(8)与所述加水管(32)连接,且在加水管(32)与检测装置(8)之间设置有开关阀(9)。

4. 根据权利要求3所述的用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,其特征在于:所述加水管(32)连接有备用水管(34),所述备用水管(34)连接有水源(35),在备用水管(34)上连接有控制开关(36),在所述修复井(1)内设置有浮球(37),浮球(37)连接有压力感应器(38),压力感应器(38)连接有助于反应压力感应器(38)受压压力值的显示器(39),显示器(39)与控制开关(36)连接。

5. 根据权利要求1所述的用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,其特征在于:所述抽提装置(7)包括密封于修复井(1)上端口的真空密封盖(71)、穿设于真空密封盖(71)且延伸至修复井(1)内的抽气管(72)以及设置于抽气管(72)上的抽气泵(73),所述抽气管(72)与所述废气处理装置(12)连接。

6. 根据权利要求1所述的用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,其特征在于:所述渗透还原装置(6)包括用于盛装活性物质的药罐(61)、与药罐(61)连接有助于将药剂添加至修复井(1)内的药剂管(62)以及设置于药剂管(62)上的药剂阀(63)。

7. 根据权利要求1所述的用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,其特征在于:所述加药装置(13)内的药剂为硝酸盐或者硫酸盐中的任意一种。

8. 一种用于地下水中挥发性有机污染物修复方法,其特征在于,包括如权利要求1至7任意一项所述用于对地下水中挥发性有机污染物修复系统,其操作步骤如下:

S1、在目标污染物含水层水位面以下开设所述修复井(1),且修复井(1)的底端形成有蓄水槽;

S2、曝气装置(2)对蓄水槽进行间歇性曝气处理,好氧装置(5)中的好氧生物通过曝气装置(2)的压缩空气朝修复井(1)四周土壤的方向挤压扩散,同时淋洗装置(3)处于修复井(1)内进行抽水循环淋洗;

S3、曝气后通过抽提装置(7)对修复井(1)内进行抽气,将修复井(1)内修复产生的气体和井周非饱和带中的气体抽出,将厌氧装置(4)中的厌氧生物对修复井(1)内的液体以及四周土壤进行修复;

S4、经抽提后通过渗透还原装置(6)对修复井(1)内进行注入纳米零价铁或钯金属催化剂对修复井(1)内的水液进行还原处理;

S5、通过废气处理装置(12)对修复井(1)内的废气进行收集处理；

S6、经厌氧装置(4)修复后的水液通过检测装置(8)进行检测。

9.根据权利要求8所述的用于地下水中挥发性有机污染物修复方法,其特征在于:所述曝气装置(2)中曝气要求为每立方米水曝气速率为 $0.8-1.5\text{m}^3/\text{h}$ 。

10.根据权利要求8所述的用于地下水中挥发性有机污染物修复方法,其特征在于:在所述修复井(1)内还设置有紫外线处理装置(10)和臭氧处理装置(11)。

## 用于地下水中挥发性有机污染物修复系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及地下环境修复领域,更具体地说,它涉及一种用于地下水中挥发性有机污染物修复系统和方法。

### 背景技术

[0002] 地下水有机污染物修复技术已成为当前国际上地下水污染防治的热点问题;目前国内外研究较多的技术有抽出处理、原位曝气、渗透性反应墙、原位化学氧化、原位生物修复等;同时出现了具有一定效果的地下水有机污染修复实际工程,包括抽出处理、原位曝气、PRB等修复案例。

[0003] 这些修复技术在实际工程应用均具有自身的优缺点,如地下水抽出异位修复技术用于地下水有机污染物修复主要将地下水抽出后,采用污水处理技术处理受污染的地下水,其具有修复周期短、易于野外实际操作等优点,但其修复后有机污染物会存在“滞尾”现象;受污染的地下水经异位修复达标后去向选择问题,一般采用注水井人工回灌补充地下水,但将会改变原有的地下水环境引起水质变化,同时也会增加修复成本;相比较异位抽出修复技术而言,原位修复技术具有不改变地下水环境的基础上,进行修复地下水有机污染;但其面临着修复周期长、运行难以及维护成本高等问题,并在实际工程应用中受到污染含水层的污染物种类、土壤和含水层的介质结构的复杂性以及地球化学等各种环境因素影响,难以达到其技术设计的最初目标。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的其一在于提供一种用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,具有提高其修复进程的效果。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了如下技术方案:

一种用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,包括修复井、设置于修复井底端的曝气装置和淋洗装置、设置于修复井内的厌氧装置、好氧装置和渗透还原装置、设置于修复井上端的抽提装置和检测装置,所述好氧装置与曝气装置连接,厌氧装置连接有加药装置,抽提装置连接有废气处理装置,检测装置与淋洗装置连接,且所述修复井的下端成网状设置。

[0006] 如此设置,修复井的底端通过设置成网状,一方面起到支撑的作用,另一方面便于与地下土壤中的水液处于循环状态;通过曝气装置对修复井内的液体进行曝气,同时利用好氧装置将好氧生物随水液融入土壤中进行修复,曝气装置通过间歇性曝气,使修复井形成增压状态,使水压处于修复井的周围引起暂时性流动,增强水液流动时对挥发性污染物的去除率,降低苯、甲苯和二甲苯等挥发性物质的浓度;同时淋洗装置通过在修复井内进行水循环作用,提高修复井中水液中氧含量,提高好氧生物进行土壤修复处理;经好氧生物将氧气消耗后,再通过抽提装置对修复井内进行抽气,使修复井内处于负压的状态,同时可将修复井四周的挥发性气体以及水液流动至修复井内,再通过厌氧装置注入厌氧生物于修复井内,同时利用加药装置添加相应的反应营养液,提高厌氧生物的活性,提高对修复井以及

四周的土壤进行再次修复,降低烃类污染物的含量,同时产生的气体通过抽提装置连接的废气处理装置进行处理,减小废气的排放;其中,通过检测装置可对修复后的水液进行实时监控;通过曝气装置与淋洗装置和好氧装置进行一次修复,再抽提装置与厌氧装置进行再次修复,使修复井内进行有氧、无氧两种方式对土壤进行修复,且通过废气处理装置对残余的挥发性污染物气体进行处理,提高土壤修复的修复进程以及修复质量。

[0007] 进一步设置:所述曝气装置包括设置于修复井底端的曝气管、与曝气管相连通的加气管以及设置于加气管上的加气泵,多个所述曝气管均匀布置于修复井的底端。

[0008] 如此设置,通过加气泵对加气管内加气,最后通过排曝气管实现曝气的作用,即将空气压缩与修复井内的水源内进行放出,提高水液内的氧含量以及修复井内的气流强度,促使修复井内的水液溢流进入修复井周围土壤内进行修复;同时曝气管均匀处于修复井内,提高曝气管处于修复井内的均匀曝气的作用。

[0009] 进一步设置:所述淋洗装置包括设置于修复井底部的潜水泵、一端与潜水泵连接的加水管以及设置于加水管另一端上的喷头,所述检测装置与所述加水管连接,且在加水管与检测装置之间设置有开关阀。

[0010] 如此设置,通过潜水泵将修复井内的水液输送至加水管上,最后通过喷头从修复井的中部喷出,水液再落至修复井的底端,通过曝气装置与淋洗装置,可增加气液传质界面,增强气体的流动性能,即增加水液中的氧含量,提高好氧生物处于修复井内的修复作用;同时潜水泵的抽取使修复井周围的地下水进入修复井内,推动地下水循环的作用。

[0011] 进一步设置:所述加水管连接有备用水管,所述备用水管连接有水源,在备用水管上连接有控制开关,在所述修复井内设置有浮球,浮球连接有压力感应器,压力感应器连接有用于反应压力感应器受压压力值的显示器,显示器与控制开关连接。

[0012] 如此设置,通过压力感应器传来的数据直观的在显示器上显示,可实时了解修复井内的水液状态,即当水液过低时,浮球漂浮于水液上,而浮球下的压力感应器与修复井的底端接触;此时通过控制开关,使水源通过备用水管加水至修复井内,保持修复井内的水位正常,提高修复井内的土壤修复性能。

[0013] 进一步设置:所述抽提装置包括密封于修复井上端口的真空密封盖、穿设于真空密封盖且延伸至修复井内的抽气管以及设置于抽气管上的抽气泵,所述抽气管与所述废气处理装置连接。

[0014] 如此设置,当好氧装置工序处理完毕后,通过抽气泵对修复井内进行抽提,修复井上端通过真空密封盖可起到良好的密封作用,修复井内通过抽气管对修复井内和修复井周围饱和带中的气体抽出,同时产生的负压进一步抬高修复井内的水位,扩大水循环的影响半径,提高修复井周围土壤的修复质量。

[0015] 进一步设置:所述渗透还原装置包括用于盛装活性物质的药罐、与药罐连接有用于将药剂添加至修复井内的药剂管以及设置于药剂管上的药剂阀。

[0016] 如此设置,通过启闭药剂阀,药罐上的药剂通过药剂管注入至修复井内,实现对修复井内控制加药数量;通过向修复井内注入相应的药剂,提高修复井内土壤修复的修复质量。

[0017] 进一步设置:所述加药装置内的药剂为硝酸盐或者硫酸盐中的任意一种。

[0018] 如此设置,在厌氧条件下,微生物利用 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 等作为电子受体,通过反硝化作用

和硫酸盐的还原作用降解烃类污染物,提高修复井内土壤修复的修复质量。

[0019] 本发明的另一目的在于提供一种用于地下水中挥发性有机污染物修复方法,具有提高其修复质量的效果。

[0020] 一种用于地下水中挥发性有机污染物修复方法,包括上述用于对地下水中挥发性有机污染物修复系统,其操作步骤如下:

S1、在目标污染物含水层水位面以下开设所述修复井,且修复井的底端形成有蓄水槽;

S2、曝气装置对蓄水槽进行间歇性曝气处理,好氧装置中的好氧生物通过曝气装置的压缩空气朝修复井四周土壤的方向挤压扩散,同时淋洗装置处于修复井内进行抽水循环淋洗;

S3、曝气后通过抽提装置对修复井内进行抽气,将修复井内修复产生的气体和井周非饱和带中的气体抽出,将厌氧装置中的厌氧生物对修复井内的液体以及四周土壤进行修复;

S4、经抽提后通过渗透还原装置对修复井内进行注入纳米零价铁或钯金属催化剂,对修复井内的水液进行还原处理;

S5、通过废气处理装置对修复井内的废气进行收集处理;

S6、经厌氧装置修复后的水液通过检测装置进行检测。

[0021] 如此设置,通过曝气装置与淋洗装置和好氧装置进行一次修复,再抽提装置与厌氧装置进行再次修复,使修复井内进行有氧、无氧两种方式对土壤进行修复,水位太高后溢流进入地下水含水渗流层,水利作用下加大水循环的影响半径,强化地下水中微生物对有机物的好氧以及厌氧的讲解,且通过废气处理装置对残余的挥发性污染物气体进行处理,提高土壤修复的修复进程以及修复质量。

[0022] 进一步设置:所述曝气装置中曝气要求为每立方米水曝气速率为 $0.8-1.5\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0023] 如此设置,使注入的空气取代含水层大孔隙中的水,并在修复井周围引起暂时性流动,提高土壤内的空气流动,增强传质去除率。

[0024] 进一步设置:在所述修复井内还设置有紫外线处理装置和臭氧处理装置。

[0025] 如此设置,通过紫外线处理和臭氧处理可提高对修复井内以及修复井周围土壤中污染物的处理效果。

[0026] 通过采用上述技术方案,本发明相对现有技术相比:通过曝气装置与淋洗装置和好氧装置进行一次修复,再抽提装置与厌氧装置进行再次修复,使修复井内进行有氧、无氧两种方式对土壤进行修复,水位太高后溢流进入地下水含水渗流层,水利作用下加大水循环的影响半径,强化地下水中微生物对有机物的好氧以及厌氧的讲解,且通过废气处理装置对残余的挥发性污染物气体进行处理,提高土壤修复的修复进程以及修复质量。

## 附图说明

[0027] 图1为用于地下水中挥发性有机污染物修复系统的结构布局图。

[0028] 图中:1、修复井;2、曝气装置;21、曝气管;22、加气管;23、加气泵;3、淋洗装置;31、潜水泵;32、加水管;33、喷头;34、备用水管;35、水源;36、控制开关;37、浮球;38、压力感应器;39、显示器;4、厌氧装置;5、好氧装置;51、管道;52、控制阀;53、加药箱;6、渗透还原装置;61、药罐;62、药剂管;63、药剂阀;7、抽提装置;71、真空密封盖;72、抽气管;73、抽气泵;

8、检测装置;9、开关阀;10、紫外线处理装置;11、臭氧处理装置;12、废气处理装置;13、加药装置;131、加药管;132、药剂瓶。

### 具体实施方式

[0029] 参照图1对用于地下水中挥发性有机污染物修复系统和方法做进一步说明。

[0030] 实施例1:一种用于地下水中挥发性有机污染物修复系统,如图1所示,包括下端成网状设置的修复井1、设置于修复井1底端的曝气装置2和淋洗装置3、设置于修复井1内的厌氧装置4、好氧装置5和渗透还原装置6、设置于修复井1上端的抽提装置7和检测装置8。

[0031] 其中,修复井1上端设置为密封的井壁,下端即为网状结构,使修复井1下端四周土壤内的水液与修复井1内的水液达到交换的状态;且在修复井1的上端开口上设置有利于密封修复井1端口的真空密封盖71。

[0032] 曝气装置2包括设置于修复井1底端的曝气管21、与曝气管21相连通的加气管22以及设置于加气管22上的加气管23;多个曝气管21呈爪状均匀布置于修复井1的底端,且多个曝气管21汇聚后加气管22相互连通,实现均匀曝气的作用。

[0033] 淋洗装置3包括设置于修复井1底部的潜水泵31、一端与潜水泵31连接的加水管32以及设置于加水管32另一端上的喷头33;加水管32安装喷头33的一端呈环状设置于修复井1的中端部位,将修复井1内的水液通过淋洗装置3进行循环加氧的作用。

[0034] 同时加水管32连接有备用水管34,备用水管34连接有外界的水源35,在备用水管34上连接有控制开关36;在修复井1内设置有浮球37,浮球37连接有压力感应器38,压力感应器38连接有利于反应压力感应器38受压压力值的显示器39,且显示器39与控制开关36连接;通过压力感应器38得知修复井1内的水液位置,进而通过备用水管34对修复井1内进行加水或抽水处理,保证修复井1内水位处于正常范围。

[0035] 检测装置8与加水管32连接,便于对修复井1内的水液修复进行实时监控,且在加水管32与检测装置8之间设置有开关阀9;在修复井1内还设置有紫外线处理装置10和臭氧处理装置11,以提高对修复井1内的不同污染物进行处理的效果。

[0036] 好氧装置5与曝气装置2连接,好氧装置5包括用于注入好氧生物于修复井1内的管道51以及设置于管道51上用于控制好氧生物注入修复井1内的控制阀52;同时管道51连接有利于装载氮磷营养物质的加药箱53,通过管道51将好氧生物注入修复井1内,对修复井1内及四周的土壤内的氧气进行消耗,使污染带变为还原环境。

[0037] 抽提装置7包括一端穿设于真空密封盖71且延伸至修复井1内的抽气管72以及设置于抽气管72上的抽气泵73;抽气管72的一端对修复井1内进行抽气,抽气管72的另一端连接有废气处理装置12,对修复井1内的废气进行收集处理。

[0038] 厌氧装置4连接有加药装置,厌氧装置4采用与好氧装置5同样的配置,不同之处在于注入的为厌氧生物;加药装置13包括穿设于真空密封盖71的加药管131以及与加药管131连接的药剂瓶132;药剂瓶132内的药剂为硝酸盐或者硫酸盐中的任意一种,也可是两者混合,且混合比例为1:1。

[0039] 渗透还原装置6包括用于盛装活性物质的药罐61、与药罐61连接有利于将药剂添加至修复井1内的药剂管62以及设置于药剂管62上的药剂阀63。

[0040] 实施例2:一种用于地下水中挥发性有机污染物修复方法,包括实施例1中用于对

地下水中挥发性有机污染物修复系统,该修复方法操作步骤如下。

[0041] S1、在目标污染物含水层水位面以下开设所述修复井1,修复井1直径为2米,深度为5米,修复井1上端为密封结构,修复井1距离地面2米处以下均为网状支撑结构,使修复井1的底端形成有蓄水槽,便于与地下土壤连通,实现地下水与修复井1内水循环的作用。

[0042] S2、曝气装置2对蓄水槽进行间歇性曝气处理或者连续曝气,本方案中优选间歇性曝气;好氧装置5中的好氧生物通过曝气装置2的压缩空气朝修复井1四周土壤的方向挤压扩散,同时淋洗装置3处于修复井1内进行抽水循环淋洗;曝气装置2中曝气要求为每立方米水曝气速率为 $0.8-1.5\text{m}^3/\text{h}$ ,曝气时长为1个月。

[0043] S3、曝气后通过抽提装置7对修复井1内进行抽气,将修复井1内修复产生的气体和井周非饱和带中的气体抽出,将厌氧装置4中的厌氧生物对修复井1内的液体以及四周土壤进行修复,同时向修复井1内注入硝酸盐、硫酸盐任意一种或者将其两者按照1:1混合,在厌氧条件下,微生物利用 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 等作为电子受体,通过反硝化作用和硫酸盐的还原作用降解烃类污染物。

[0044] S4、经抽提后通过渗透还原装置6对修复井1内进行注入具有还原性的纳米零价铁或钯金属催化剂,钯金属催化剂通过氢气作为电子供体,将卤代烃中的氯进行还原,对修复井1内的水液进行还原处理。

[0045] S5、通过废气处理装置12对修复井1内的废气进行收集处理。

[0046] S6、经厌氧装置4修复后的水液通过检测装置8进行检测,如不合格,继续重复上述1-5的步骤,直至合格为止。

[0047] 工作原理:修复井1的底端与地下土壤中的水液处于循环状态,通过曝气装置2对修复井1内的液体进行曝气,同时利用好氧装置5将好氧生物随水液融入土壤中进行修复,曝气装置2通过间歇性曝气,使修复井1形成增压状态,使水压处于修复井1的周围引起暂时性流动,增强水液流动时对挥发性污染物的去除率,降低苯、甲苯和二甲苯等挥发性物质的浓度;同时淋洗装置3通过在修复井1内进行水循环作用,提高修复井1中水液中氧含量,提高好氧生物进行土壤修复处理;经好氧生物将氧气消耗后,再通过抽提装置7对修复井1内进行抽气,使修复井1内处于负压的状态,同时可将修复井1四周的挥发性气体以及水液流动至修复井1内,再通过厌氧装置4注入厌氧生物于修复井1内,同时利用加药装置添加相应的反应营养液,对修复井1以及四周的土壤进行再次修复,降低烃类污染物的含量,同时产生的气体通过抽提装置7连接的废气处理装置12进行处理,减小废气的排放;其中,通过检测装置8可对修复后的水液进行实时监控,而储备水管可对修复井1添加水源35,保证微生物以及土壤内的流动循环性能,提高土壤修复的修复进程以及修复质量。

[0048] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不局限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

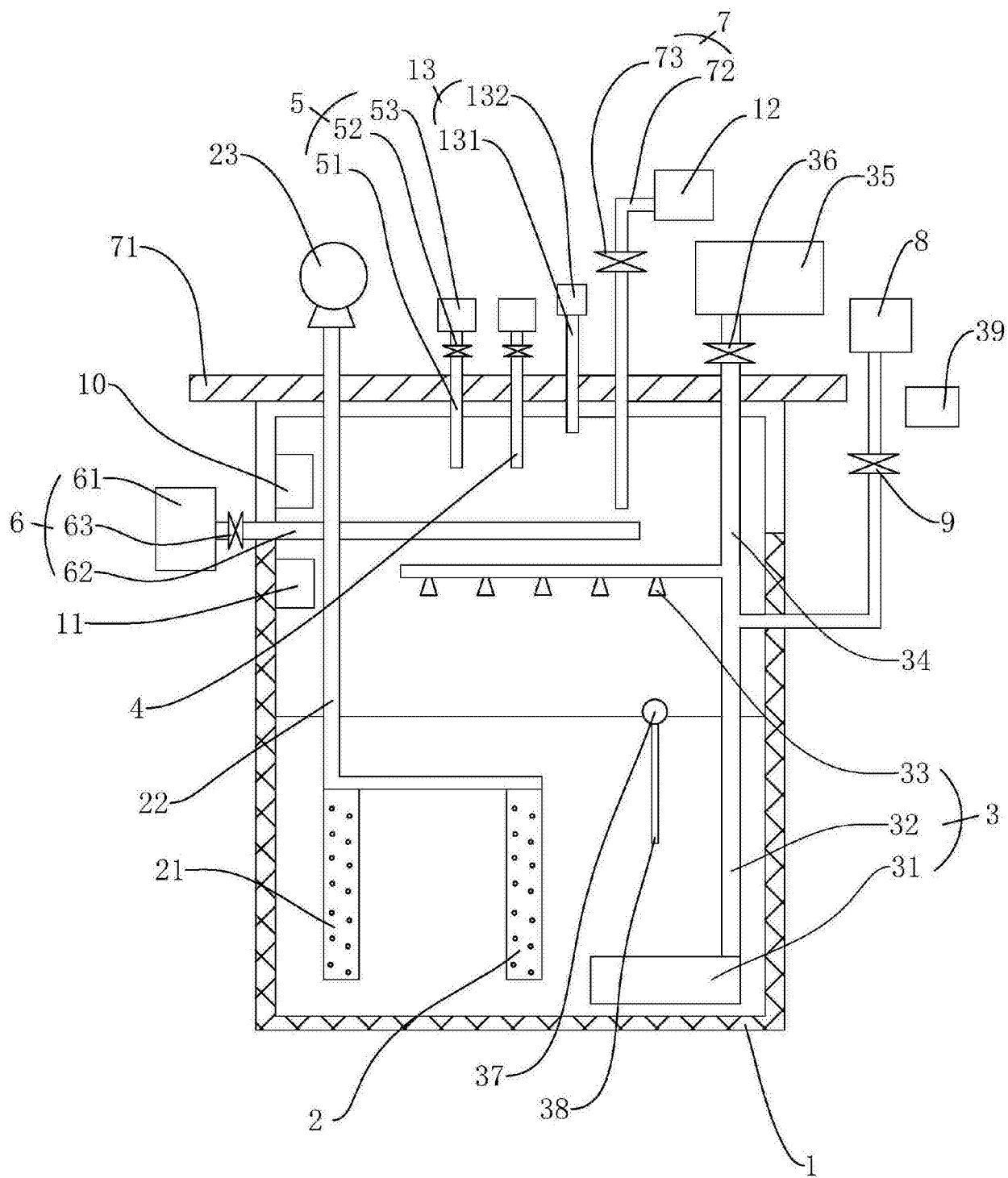


图1