



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101759298 A

(43) 申请公布日 2010.06.30

(21) 申请号 200910259515.2

C02F 101/16(2006.01)

(22) 申请日 2009.12.17

(71) 申请人 北京市水利科学研究所

地址 100048 北京市海淀区车公庄西路 21 号

(72) 发明人 刘操 廖日红 马宁 李其军 黄赟芳 楼春华

(74) 专利代理机构 北京北新智诚知识产权代理有限公司 11100

代理人 郭佩兰

(51) Int. Cl.

C02F 3/34(2006.01)

C02F 3/10(2006.01)

C02F 101/30(2006.01)

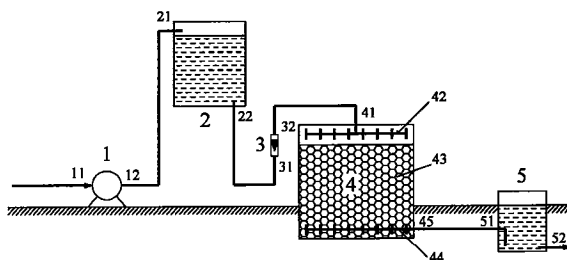
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

人工快速土地渗滤处理系统及应用其净化河水的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种人工快速土地渗滤处理系统及应用其净化河水的方法。该处理系统由进水泵、调节池、流量计、渗滤池、集水池、进入渗滤池的布水管和流出渗滤池的集水管组成,渗滤池中采用天然沙子以及选自沸石和火山岩中的至少一种为填料。运行时,预先采用自然挂膜的方式对渗滤池进行生物驯化与培养,交替进行 12-72h 淹水和 12-72h 落干,共驯化 20-80 天;随后将河流污水经进水泵抽水进入调节池,在调节池中沉降 0.5-5 小时;经沉降处理后的污水通过布水装置布水,并以自流方式进入渗滤池内,经 12-72h 淹水和 12-72h 落干后,渗滤液通过集水管收集最后出水入河。



1. 一种人工快速土地渗滤处理系统,其特征在于:
其包括进水泵(1)、调节池(2)、流量计(3)、渗滤池(4)和集水池(5);
该进水泵的入口(11)通过管道与河流水域连接,进水泵的出口(12)通过管道与调节池的入水口(21)连接;
该调节池顶部具有入水口(21),底部具有出水口(22);
该调节池的出水口(22)通过管道与流量计的入口(31)连接,该流量计的出口(32)通过管道与渗滤池入水口(41)连接;
该渗滤池顶部具有入水口(41),该入水口连接布水装置(42);该渗滤池内采用沙子以及至少一种选自沸石和火山岩为填料(43);其中当填料为沙子和沸石时,沙子的体积占50-85%,沸石的体积占15-50%;当填料为沙子和火山岩时,沙子的体积占50-85%,火山岩的体积占15-50%;当填料为沙子、沸石和火山岩三种时,沸石的体积占7-25%,火山岩的体积占7-25%,其余为沙子;该填料底部埋设集水管(44),该集水管出口(45)通过管道与集水池入水口(51)连接;
该集水池具有入水口(51)和出水口(52),且入水口(51)位置高于出水口(52),该集水池的出水口通过管道与下游河流水域连接。
2. 根据权利要求1所述的人工快速土地渗滤处理系统,其特征在于:所述填料的厚度为1-4m。
3. 根据权利要求2所述的人工快速土地渗滤处理系统,其特征在于:所述沸石或火山岩的粒径为4-6mm。
4. 根据权利要求3所述的人工快速土地渗滤处理系统,其特征在于:所述布水装置(42)为相互平行且等距布置于渗滤池顶部的复数个布水管,每个布水管下部具有均匀分布的复数个出水孔。
5. 根据权利要求4所述的人工快速土地渗滤处理系统,其特征在于:所述集水管(44)为相互平行且等距布置于渗滤池底部的若干个集水管组成,每个集水管上部具有均匀分布的复数个入水孔。
6. 根据权利要求5所述的人工快速土地渗滤处理系统,其特征在于:所述调节池出水口(22)的位置高于所述渗滤池入水口(41),且所述渗滤池出水口(45)的位置高于所述集水池的入水口(51)。
7. 应用权利要求1-6中任一项所述的人工快速土地渗滤处理系统净化河流水质的方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:
 - A. 采用自然挂膜的方式对渗滤池(4)进行生物驯化与培养,将河流污水引入渗滤池(4)内,交替进行12-72h淹水和12-72h落干,共驯化20-80天;
 - B. 河流污水经进水泵(1)抽水进入调节池(2),在调节池中沉降0.5-5小时;
 - C. 经步骤B处理后的污水通过布水装置(42)布水,并以自流方式进入渗滤池(4)内,经12-72h淹水期和12-72h落干期,渗滤液通过集水管(44)收集并注入集水池(5)内,最后出水入河。

人工快速土地渗滤处理系统及应用其净化河水的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种河流污水净化处理技术,特别是涉及采用土地渗滤法去除河流污水中有机物和氨氮的系统和方法,属于污水土地处理技术领域。

背景技术

[0002] 自 20 世纪 70 年代以来,由于人口、资源和环境的挑战给土地处理技术带来新的机遇,污水土地处理已经发展成可替代二级处理甚至深度处理的重要污水处理途径之一。污水土地处理系统可分为六类,即慢速渗滤处理系统 (SR)、快速渗滤处理系统 (RI)、地表漫流处理系统 (OF)、污水湿地处理系统 (WL)、地下渗滤土地处理系统 (UG) 和人工土层快速渗滤处理系统 (ARI)。人工快速土地渗滤系统 (CRI) 是一种由其中的快速渗滤处理系统发展而来的污水土地处理技术,现归属于 ARI 系统,其是指有控制地将污水投配到人工构筑的土地渗滤介质表面,使其在从上向下渗透的过程中经历不同的物理、化学和生物作用,最终达到污水净化的目标,其核心是采用了渗透性能较好的沙子、陶粒等为主要渗滤介质来代替天然土层,从而大大提高了水力负荷 ($1-3\text{m}^3/\text{d}$),增强了实用性。其目的是为了提高系统的处理负荷,从而提高单位面积上污水的处理能力。

[0003] 尽管人工快速渗滤系统在河流污水资源化中的研究虽已有报道,但其实际应用仍处于起步阶段。河流污水相对于工业废水、生活污水而言,污染物和有机物浓度较低,成分也有所不同,这些都对传统人工快速渗滤系统处理效果造成一定影响。例如,系统对污染物的去除主要还是依靠填料介质表面微生物的降解作用,而微生物的生长繁殖需要足够的营养物质,一般污水有机物浓度含量高,碳源充足,但河流污水有机物浓度相对较低,营养不足可能会影响微生物的繁殖生长,从而影响处理效果。同时,河流水质随季节和气候影响较大,水质很不稳定,一直处于变化状态,给处理效果的稳定性又增加了难度。因此,常规的高效水处理技术由于针对性和适用性不足,在很多情况下并不能适应低浓度污染水体的处理需求。灵活选择合适工艺和运行条件,并因地制宜的适应目标河流水质特点,是在河流水质净化工艺中发挥人工快速渗滤系统的最佳效能和达到最佳处理效果的有效途径。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有人工快速渗滤系统技术的水力负荷在对河流污水资源化过程中针对性和适用性不强的不足,提供一种人工快速土地渗滤处理系统及应用其净化河水的方法。

[0005] 为此,一方面,本发明提供一种人工快速土地渗滤处理系统,

[0006] 其包括进水泵 1、调节池 2、流量计 3、渗滤池 4 和集水池 5;

[0007] 该进水泵的入口 11 通过管道与河流水域连接,进水泵的出口 12 通过管道与调节池的入水口 21 连接;

[0008] 该调节池顶部具有入水口 21,底部具有出水口 22;

[0009] 该调节池的出水口 22 通过管道与流量计的入口 31 连接,该流量计的出口 32 通过

管道与渗滤池入水口 41 连接；

[0010] 该渗滤池顶部具有入水口 41, 该入水口连接布水装置 42 ; 该渗滤池内采用沙子以及至少一种选自沸石和火山岩为填料 43 ; 其中当填料为沙子和沸石时, 沙子的体积占 50% -85%, 沸石的体积占 15% -50% ; 当填料为沙子和火山岩时, 沙子的体积占 50% -85%, 火山岩的体积占 15% -50% ; 当填料为沙子、沸石和火山岩三种时, 沸石的体积占 7% -25%, 火山岩的体积占 7% -25%, 其余为沙子 ; 该填料底部埋设集水管 44, 该集水管出口 45 通过管道与集水池入水口 51 连接；

[0011] 该集水池具有入水口 51 和出水口 52, 且入水口 51 位置高于出水口 52, 该集水池的出水口通过管道与下游河流水域连接。

[0012] 如上所述的人工快速土地渗滤处理系统, 其中该填料的厚度优选为 1-4m。

[0013] 如上所述的人工快速土地渗滤处理系统, 其中沸石或火山岩的粒径优选为 4-6mm。

[0014] 如上所述的人工快速土地渗滤处理系统, 其中该布水装置 42 可以是相互平行且等距布置于渗滤池顶部的复数个布水管, 每个布水管下部具有均匀分布的复数个出水孔, 该出水孔的孔径优选为 2-10mm, 孔间距优选为 5-20cm。

[0015] 如上所述的人工快速土地渗滤处理系统, 其中该集水管 44 可以是相互平行且等距布置于渗滤池底部的若干个集水管组成, 每个集水管上部具有均匀分布的复数个入水孔, 其入水孔的孔径优选为 2-10mm, 孔间距优选为 5-20cm。

[0016] 如上所述的人工快速土地渗滤处理系统, 其中该调节池出水口 22 的位置优选高于所述渗滤池入水口 41, 且所述渗滤池出水口 45 的位置高于所述集水池的入水口 51。

[0017] 另一方面, 本发明提供应用上述的人工快速土地渗滤处理系统净化河水的方法, 该方法包括如下步骤：

[0018] A. 采用自然挂膜的方式对渗滤池 4 进行生物驯化与培养, 将河流污水引入渗滤池 4 内, 交替进行 12-72h 淹水和 12-72h 落干, 共驯化 20-80 天；

[0019] B. 河流污水经进水泵 1 抽水进入调节池 2, 在调节池中沉降 0.5-5 小时；

[0020] C. 经步骤 B 处理后的污水通过布水装置 42 布水, 并以自流方式进入渗滤池 4 内, 经 12-72h 淹水期和 12-72h 落干期, 渗滤液通过集水管 44 收集并注入集水池 5 内, 最后出水入河。

[0021] 本发明的有益效果在于：

[0022] (1) 考虑天然沙子粒径较小, 水力负荷低的不足, 采用大粒径的沸石和火山岩作为渗滤池的填料能提高水力负荷。沸石和火山岩都是多孔穴结构, 比表面积大, 有利于微生物的附着生长及污染物的吸附。其中, 沸石是一种架状结构的多孔穴和通道的硅铝酸盐, 具有巨大的比表面积 ($400 \sim 800\text{m}^2/\text{g}$), 有良好的吸附、交换性能, 可为理想的生物载体并能有效提高氮磷的去除率；火山岩 (俗称浮石) 是火山爆发后由火山玻璃、矿物与气泡形成的珍贵的多孔形石材, 抗腐蚀, 具有惰性, 亲水性强, 表面带正电荷, 有利于生物降解, 具有良好的氨氮去除效果。

[0023] (2) 本发明的净化河水方法采用典型的 CRI 系统淹水 (Flooding) 和落干 (Drying) 相交替的工作方式, 并结合本发明的人工快速土地渗滤处理系统, 提出优化的河流水质净化工艺条件。一方面, 可以防止有机物生长和悬浮物沉淀造成的渗滤池表面堵塞, 有效恢复系统的渗透性能, 保持稳定的处理水量；另一方面, 可使系统内部的浅层剖面上交

替形成氧化还原环境,从而使 CRI 系统具有独特的污染物净化功能,污染物在这一系统中通过土壤的过滤、吸附、挥发、化学分解与转化还有微生物的降解、吸收等作用,由复杂变简单,由大分子变为小分子,由微生物不可利用变为可利用、吸收,进行不断更新和循环再生,从而实现废水的充分净化和水肥资源的循环再生和有效利用。

[0024] (3) 采用本发明的装置和方法,水力负荷适用范围为 $1-6\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$,化学需氧量(COD_{Cr})去除率可达到 60-70%,氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)的去除率可达到 97-99%,总氮(TN)和总磷(TP)的去除率均可达到 30-50%。

[0025] (4) 本发明的装置和方法适用于河流污水的原位处理,系统占地面积、处理规模和投资较小,设备简单、操作管理方便且无二次污染。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明一种优选实施方案的人工快速土地渗滤处理系统装置示意图。

[0027] 图 2 为本发明一种优选实施方案中渗滤池的布水管结构示意图。

[0028] 图 3 为本发明一种优选实施方案中渗滤池的集水管结构示意图。

具体实施方式

[0029] 在本发明的优选实施方式中,如图 1 所示,CRI 系统包括进水泵 1、调节池 2、流量计 3、渗滤池 4 和集水池 5。

[0030] 首先河流污水经水泵抽水进入前置高位调节池 1,由于河水长期处于流动状态,使水中沉降性能较好的悬浮颗粒长期处于悬浮状态,这部分悬浮物通过沉降在调节池底部形成淤泥,经此处理的污水渗滤速度得以提高,并防止渗滤池填料层堵塞,减轻渗滤池污染负荷。

[0031] 河流污水经调节池 1 的初步处理后,进入渗滤池 4 进行快速渗滤处理。渗滤池 4 中填料的性能和用量为影响污水净化效果的关键因素。为提高系统的水力负荷,针对河流水质污染物和有机物浓度较低的特点,本发明的渗滤池 4 中选择沙子、火山岩和沸石作为填料,该填料吸附性能好,能为微生物的附着生长提供大量的比表面积;使污水以液膜状态流过生物膜;有足够的孔隙率,透气性好(即保证氧的供给);有较好的化学稳定性;对微生物的生长无不利影响;且有一定的机械强度;原料广泛,价廉易得。通常填料中火山岩或沸石的含量越多净化效果越好,考虑河流污水的普遍污染状况,火山岩或沸石在填料中含量至少为 15%,可根据净化水质的要求适当调节填料中各组分的配比。

[0032] 滤层厚度的厚度是影响净化效果的另一个因素。一般情况下,滤层厚度越大,系统的纳污能力越强,水力停留时间也越长,系统的出水水质就会越好;然而,滤层厚度越大,工程实际中的投资费用也越高。本发明的研究者研究了污染物在系统中净化效果随深度变化的规律,将滤层厚度确定为 1-4m,优选为约 2m。

[0033] 常规 CRI 系统在运行过程中,一般采用干湿交替的运行方式,即存在淹没期和落干期两个阶段。淹没期指的是污水从开始投配到渗池表面,直到投配停止后表面残水落干的一段时间;落干期指的是污水停止投配以后,渗池表面残水落干后到下一次布水的一段时间。

[0034] 在 CRI 系统运行过程中,一次淹水和一次落干所构成的循环称为系统的水力负荷

周期 (Hydraulic Loading Cycle, HLC), 一个周期内淹水时间 (淹水期) 和落干时间 (落干期) 之比称为湿干比。HLC 的设计直接影响着处理效果和操作管理的难度。HLC 在试验过程中的调整包括 HLC 大小的调整及湿干比的调整。本发明的研究者对于不同 HLC 及湿干比对各种污染物去除效果进行了大量实验研究, 最终确定 CRI 系统在运行过程中的工艺参数。研究表明, 采用本发明的 CRI 系统, 湿干比约为 1 : 1 的运行方式下, 各污染指标的去除率相对最佳。

[0035] 一个周期内的平均入渗水量, 即单位时间单位土地面积上处理的污水量, 称为水力负荷 (Hydraulic Loading Rate)。水力负荷越大, 污染负荷也越大, 污染物在系统中停留的时间越短, 滤料对有机物的吸附也不彻底, 从而影响处理效果。因此, 水力负荷应该控制在一个限度内, 以免造成水力冲刷过强, 造成生物膜的流失, 反而降低生物降解的效果。相应的水力负荷计算公式如下:

[0036]

$$\text{水力负荷} = \frac{\text{单位面积上的污水投放量}}{\text{水力负荷周期}}$$

[0037] 在系统占地面积不变情况下, CRI 系统水力负荷是由填料渗透速率, 还有水力负荷周期共同决定的。系统的渗滤介质渗透性能越好, 则单位时间内处理的水量也越大。水力负荷周期对水力负荷的影响主要表现为湿干比调整对水力负荷的影响, 当系统渗透速率随时间变化不明显时, 则较大的湿干比能提高系统的水力负荷。本发明的 CRI 系统和工艺的水力负荷可以达到 $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ 。

[0038] 以下结合附图和具体实施例对本发明进行进一步详细说明。

[0039] 实施例 1:

[0040] 如图 1 所示为本发明的一种优选实施方式, 该人工快速土地渗滤处理系统可设置在江河水域岸边, 其包括进水泵 1、调节池 2、流量计 3、渗滤池 4 和集水池 5; 其中进水泵的入口 11 通过管道与河流水域连接, 进水泵的出口 12 通过管道与调节池的入水口 21 连接;

[0041] 调节池采用砖砌结构, 地上式, 尺寸为: 长 4m、宽 3m、深 2m, 有效容积为 24m^3 , 其顶部具有入水口 21, 底部具有出水口 22; 调节池的作用主要是利用高度差, 使入水实现自流的方式供水, 同时它还起到了去除部分可沉淀物质, 防止渗池堵塞的作用。

[0042] 调节池的出水口 22 通过管道与流量计的入口 31 连接, 采用 PVC 管流量计, 量程 $0.25\text{--}2.5\text{m}^3/\text{h}$, 流量计的出口 32 通过管道与渗滤池入水口 41 连接;

[0043] 渗滤池为砖砌水泥构筑立方体结构, 半地下式, 尺寸为: 长 2m、宽 2m、深 2m, 有效容积为 8m^3 ; 其顶部具有入水口 41, 入水口连接布水装置 42; 如图 2 所示, 该布水装置 42 为相互平行且等距布置于渗滤池顶部的复数个布水管 48, 该布水管间通过管道相互连通, 每个布水管下部具有均匀分布的复数个出水孔 46, 该出水孔分布在与水管断面中垂线成 45° 角方向, 该出水孔 46 的孔径为 10mm, 孔间距为 15cm; 渗滤池内采用体积比为 3/1 的沙子和火山岩作为填料 43, 火山岩的粒径为 4-6mm, 填料厚度为 2m; 该填料底部埋设集水管 44, 如图 3 所示, 该集水管为相互平行且等距布置于渗滤池底部的若干个水管 49 组成, 在与水管断面中垂线成 45° 角的侧上方设置复数个入水孔 47, 孔径为 10mm, 孔间距为 15cm; 集水管出口 45 通过管道与集水池入水口 51 连接;

[0044] 集水池为箱型结构, 地下式, 具有入水口 51 和出水口 52, 该入水口 51 的位置高于

出水口 52,集水池的出水口通过管道与下游河流域连接。

[0045] 上述的人工快速土地渗滤处理系统中调节池出水口 22 的位置高于渗滤池入水口 41,且渗滤池出水口 45 的位置高于集水池的入水口 51。

[0046] 应用上述装置处理北京地区某实验河段的污染河水。预先采用河水自然挂膜的方式进行了微生物培养,采用淹水 12h、落干 12h 的培养方式进行生物培养驯化,河水自然培养驯化所需时间约 40 天。经过此阶段后,开始对河流污水进行净化处理,首先河流污水经进水泵 1 抽水进入调节池 2,并停留沉降 0.5h,经调节池 2 预处理后的污水通过布水管 42 布水,并以自流方式进入渗滤池 4 内,经 12h 淹水期和 12h 落干期,渗滤液经渗滤池 4 底部的集水管 44 收集注入集水池 5,最后出水入河。各池进水量由流量计控制。

[0047] 对渗滤池 4 进出水 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 和 TP 指标进行短期系统监测,监测期共为 20 天,监测间隔为 2-3 天。

[0048] 分析方法 : COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP :仪器法,德国 WTW- 便携式检测仪。

[0049] 监测结果表明,该系统的水力负荷为 $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ 时,人工快速土地渗滤处理系统的水质净化效果为 : COD_{Cr} 的平均去除率为 64.7%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的平均去除率为 97.1%,TN 的平均去除率为 31.8%,TP 的平均去除率为 44.9%。

[0050] 实施例 2 :

[0051] 应用实施例 1 所述的人工快速土地渗滤处理系统,其中采用体积比 3/1 的天然河沙和沸石为渗滤池 4 的填料,沸石的粒径为 4-6mm,填料厚度为 4m。

[0052] 应用该装置处理北京地区某实验河段的污染河水。预先采用河水自然挂膜的方式进行了微生物培养,采用淹水 72h、落干 72h 的培养方式进行生物培养驯化,河水自然培养驯化所需时间约 80 天。经过此阶段后,开始对河流污水进行净化处理,首先河流污水经进水泵 1 抽水进入调节池 2 并停留沉降 5h,经调节池 2 预处理后的污水通过布水管 42 布水,并以自流方式进入渗滤池 4 内,经 72h 淹水期和 72h 落干期,渗滤液经渗滤池 4 底部的集水管 44 收集注入集水池 5,最后出水入河。各池进水量由流量计控制。

[0053] 对渗滤池 4 进出水 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 和 TP 指标进行短期系统监测,监测期共为 20 天,监测间隔为 2-3 天。

[0054] 分析方法 : COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP :仪器法,德国 WTW- 便携式检测仪。

[0055] 监测结果表明,该系统的水力负荷为 $1\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ 时,人工快速土地渗滤处理系统的水质净化效果为 : COD_{Cr} 的平均去除率为 58.2%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的平均去除率为 98.6%,TN 的平均去除率为 40.8%,TP 的平均去除率为 34.5%。

[0056] 实施例 3 :

[0057] 应用实施例 1 所述的人工快速土地渗滤处理系统,其中采用体积比 6 : 1 : 1 的天然河沙、沸石和火山岩为渗滤池 4 的填料,沸石和火山岩的粒径均为 4-6mm,填料总厚度为 1m。

[0058] 应用该装置处理北京地区某实验河段的污染河水。预先采用河水自然挂膜的方式进行了微生物培养,采用淹水 24h、落干 24h 的培养方式进行生物培养驯化,河水自然培养驯化所需时间约 60 天。经过此阶段后,开始对河流污水进行净化处理,首先河流污水经进水泵 1 抽水进入调节池 2 并停留沉降 2h,经调节池 2 预处理后的污水通过布水管 42 布水,并以自流方式进入渗滤池 4 内,经 24h 淹水期和 24h 落干期,渗滤液经渗滤池 4 底部的集水

管 44 收集注入集水池 5,最后出水入河。各池进水量由流量计控制。

[0059] 对渗滤池 4 进出水 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 和 TP 指标进行短期系统监测,监测期共为 30 天,监测间隔为 3-4 天。

[0060] 分析方法 : COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP :仪器法,德国 WTW- 便携式检测仪。

[0061] 监测结果表明,该系统的水力负荷为 $4\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ 时,人工快速土地渗滤处理系统的水质净化效果为 : COD_{Cr} 的平均去除率为 60.2%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的平均去除率为 97.1%, TN 的平均去除率为 49.5%, TP 的平均去除率为 44.5%。

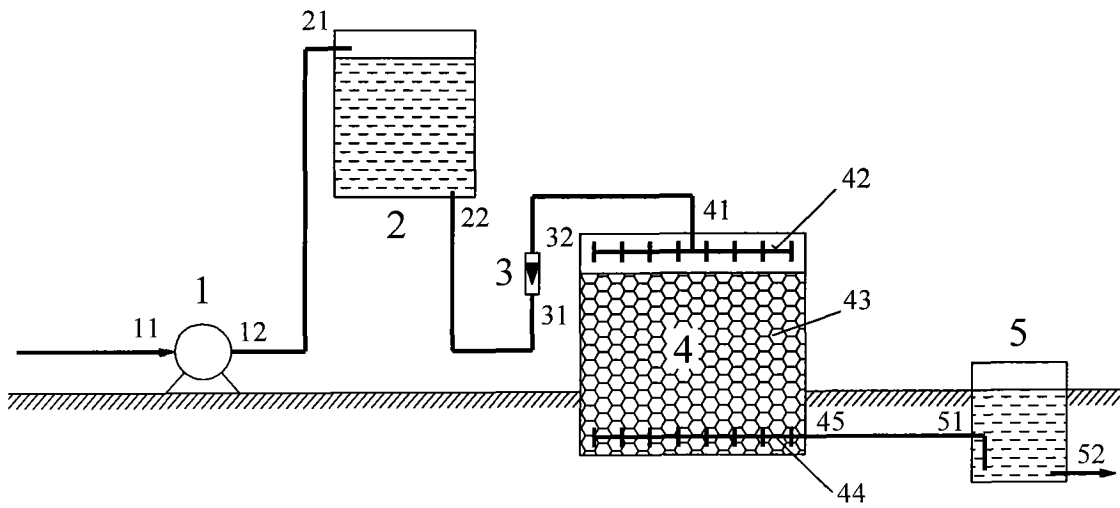


图 1

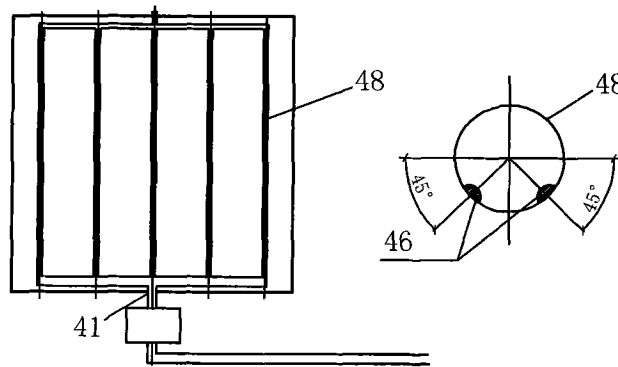


图 2

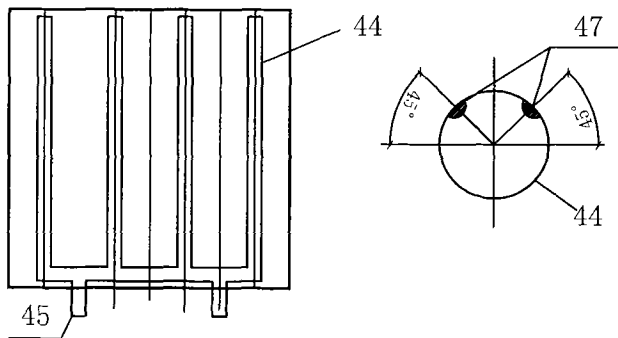


图 3