

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101973637 B

(45) 授权公告日 2012.06.27

(21) 申请号 201010532924.8

(22) 申请日 2010.11.04

(73) 专利权人 南京大学

地址 210009 江苏省南京市鼓楼区汉口路  
22号

(72) 发明人 钱新 袁兴程 张玉超 张瑞斌  
窦艳艳

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207  
代理人 汪旭东

(51) Int. Cl.

C02F 3/32 (2006.01)

C02F 3/34 (2006.01)

审查员 王金良

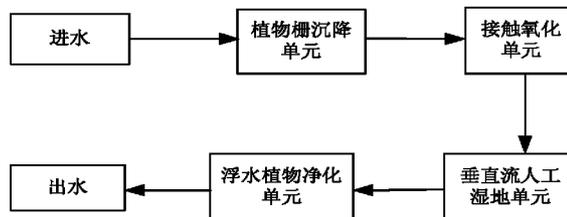
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种处理农村生活污水的河道净化系统

(57) 摘要

本发明公开了一种处理农村生活污水的河道净化系统,属于农村污水处理领域。本发明利用废弃河道或低洼地近自然型河道构建处理单元,按水流方向自上而下依次设置植物栅沉降单元,人工仿生材料接触氧化单元、垂直流人工湿地单元和浮水植物净化单元。农村生活污水依次经过以上四个处理单元后最终能够达到水质改善的目的。通过本发明的运用,进入系统的生活污水的 COD<sub>cr</sub>、SS、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP 去除率分别可达 77.1%,84.1%,70%,68%,58.8%,起到了消减污染负荷,改善水质的效果,为下游河流的水环境质量的改善提供了保障。



1. 一种处理农村生活污水的河道净化系统,河道中河水流速  $<1\text{m/s}$ ,其特征在于利用废弃河道或低洼地近自然型河道构建处理单元,按水流方向自上而下依次设置植物栅沉降单元,接触氧化单元、垂直流人工湿地单元和浮水植物净化单元。

2. 根据权利要求 1 所述的一种处理农村生活污水的河道净化系统,其特征在于植物栅沉降单元内利用种植大型水生植物芦苇、香蒲或柳条建成植物格栅。

3. 根据权利要求 2 所述的一种处理农村生活污水的河道净化系统,其特征在于接触氧化单元中固定有仿生材料生物绳。

4. 根据权利要求 3 所述的一种处理农村生活污水的河道净化系统,其特征在于垂直流人工湿地单元的基质自下而上为鹅卵石、炉渣、碎石、熟土,湿地植物为芦苇、香蒲或美人蕉,布水方式为多点均匀布水。

## 一种处理农村生活污水的河道净化系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种农村水污染控制系统。具体的说,本发明是一种处理农村生活污水的河道净化系统。

### 背景技术

[0002] 据测算,全国农村每年产生生活污水约 80 多亿吨,而 96% 的村庄没有排水渠道和污水处理系统,生活污水随意排放,严重污染了农村的生态环境,直接威胁广大农民群众的身体健康以及农村的经济发展。

[0003] 农村生活污水主要为冲厕污水和洗衣、洗米、洗菜、洗澡废水。污水中主要是生活废料和人的排泄物,一般不含有毒物质,往往含有氮、磷等营养物质,还有大量的细菌、病毒和寄生虫卵。因生活习惯、生活方式、经济水平等不同农村生活污水的水质水量差异较大,污水有如下特点和问题:(1) 污水分布较分散,涉及范围广、随机性强,防治十分困难,管网收集系统不健全,粗放型排放,基本没有污水处理设施;(2) 农村用水量标准较低,污水流量小且变化系数大(3.5~5.0);(3) 污水成分复杂,但各种污染物的浓度较低,污水可生化性较强。

[0004] 由于农村生活污染源分散,不易集中,村镇居民环保意识差,加上经济水平相对落后,治理上也存在较大困难,因此,需要开发投资省、运行费用低、处理效果有保证、管理维护方便的污水处理系统。目前国外一些国家在农村生活污水处理技术的研究和应用方面,积累了许多经验,我国宜借鉴国外经验,与当地的农业相结合,探索并改善各种农村生活污水的处理工艺,形成污水回用与再利用的生态农业模式,实现污水的无害化和资源化。

[0005] (1) 澳大利亚的“FILTER”污水处理系统是一种“过滤、土地处理与暗管排水相结合的污水再利用系统”,其目的主要是利用污水进行农作物灌溉,通过灌溉土地处理后,再用地下暗管将其汇集和排出。该系统一方面可以满足农作物对水分和养分的要求,同时降低污水中的氮、磷等元素的含量,使之达到污水排放标准。其特点是过滤后的污水都汇集到地下暗管排水系统中,并设有水泵,可以控制排水暗管以上的地下水位以及处理后污水的排出量。“FILTER”系统对生活污水的处理效果好,其运行费用低,特别适用于土地资源丰富、可以轮作休耕的地区,或是以种植牧草为主的地区。缺点是长期使用污水灌溉后污水中的病原体可能进入土壤,污染农作物;受作物生长季节的限制,非生长季节作物不灌溉,污水处理系统就不能工作;暗管排水系统一般造价较高,若用于处理生活污水还需修建控制排水量的泵站,则造价更高,推广应用有一定困难。

[0006] (2) 日本农村污水处理协会研究了一系列适合于农村城镇中应用的污水处理设备。设计了 JARUS 模式的 15 种不同型号污水处理装置,主要采用物理、化学与生物措施相结合的处理过程,取得了很好效果。这 15 种不同型号的处理装置可分为两大类。一类采用生物膜法,污水通过塑料制成的滤层,上面附有微生物。通过生物膜后可使污水中的生物耗氧量下降到 20mg/L 以下,悬浮固体物下降到 50mg/L 以下,总氮含量在 20mg/L 以下。另一类是采用浮游生物法,通过漂浮在污水中的微生物氧化作用,可使 BOD 下降到 10-20mg/L,SS

下降到 15-50mg/L, COD 下降到 15mg/L 以下, TN 下降到 10-15mg/L 以下, TP 下降到 1-3mg/L 以下。国外对生物膜的理论研究和实际应用已有几十年历史。生物膜法所需要的设备简单, 能源消耗低, 成本和维护费用低, 而处理污水的效率高, 它是今后发展的一个方向。

[0007] (3) 人工湿地处理系统一般由人工基质(多为碎石)和生长在其上的沼生植物(芦苇、香蒲、灯心草和大麻等)组成, 是一种独特的“土壤—植物—微生物”生态系统, 利用各种植物、动物、微生物和土壤的共同作用, 逐级过滤和吸收污水中的污染物, 达到净化污水的目的。该技术在欧洲、北美、澳大利亚和新西兰等国家得到了广泛应用, 其缺点是需要大量土地, 并要解决土壤和水中的充分供氧问题及受气温和植物生长季节的影响等问题。

[0008] (4) 蚯蚓生态滤池是根据蚯蚓具有提高土壤通气透水性能和促进有机物质的分解转化等功能而设计, 是一种既可高效、低能耗地去除城镇污水中的污染物质, 又大幅度降低了剩余污泥处理和处置费用的全新概念的污水处理工艺。生态滤池处理系统集成初沉池、曝气池、二沉池、污泥回流设施以及供氧设施等于一身, 大幅度简化了污水处理流程; 运行管理简单方便, 并能承受较强的冲击负荷; 处理系统基本不外排剩余污泥, 其污泥产率大幅度低于普通活性污泥法; 通过蚯蚓的运动疏通和吞食增殖微生物, 解决传统生物滤池所遇到的堵塞问题。

[0009] (5) 毛细管土壤渗滤处理系统 特别适用于污水管网不完备的地区, 是一项处理分散排放的污水的实用技术。被输送到渗滤场的污水先经布水管分配到每条渗滤沟, 渗滤沟中的污水通过砾石层的再分布, 在土壤毛细管的作用下上升至植物根区, 通过土壤的物理、化学、微生物的生化作用和植物的吸收和利用得到处理和净化。该系统运行稳定, 可靠, 抗冲击负荷能力强, 对 BOD<sub>5</sub>、氮、磷去除率大; 维护简便, 基建投资少, 运行费用低; 整个系统在地下, 不会散发臭味, 地面草坪还可美化环境; 大肠杆菌去除率高; 污水的储存、输送等过程均在地下进行, 热损失较少, 在冬季仍能保持一定温度, 维持基本的生化反应, 保证较稳定的去除效果。但其对总氮的去除效果不显著; 占地面积大; 有可能污染地下水。但由于蚯蚓的生活习性受温度影响明显, 低于或高于一定温度会冬眠或夏眠, 故在蚯蚓冬眠或夏眠时处理效果不是很理想, 滤池的填料易发生堵塞。

[0010] 生物和生态处理技术是国内外对小城镇污水处理常采用的主要方法。利用活性污泥、生物膜等生物处理技术存在着建造和运行费用高、脱氮工艺复杂、处理效果很难达到国家地表水排放标准等问题; 人工湿地、氧化塘、土壤渗滤等生态处理技术脱氮除磷效果较好, 但存在占地面积大、出现恶臭、易堵塞等缺点。因此, 为实现生物和生态处理技术的优势互补, 开发利用强化预处理—人工湿地组合技术是非常有必要的。

[0011] 现已出现厌氧反应器—人工湿地组合工艺, 生物法—人工湿地组合工艺, 生物氧化池—人工湿地组合工艺、砂率沉淀池—人工湿地组合等工艺, 这些工艺组合主要是为了强化预处理, 并结合了人工湿地生态处理的高效性, 一定程度上解决占地, 出现恶臭、已堵塞的问题。我国农村地区几乎没有管网收集系统, 居民点比较分散, 经济水平较低, 农村耕地资源紧张, 然而河网密布, 尤其是村前屋后存在较多废弃的河沟, 坑塘等。因此, 因地制宜的选择废弃的河道、坑塘来接纳和处理生活污水, 开发出设备简单、易于管理、投资运行费用低的新型农村生活污水处理技术具有现实意义。本发明的研究思路是强化预处理, 采用能耗更小的接触氧化生物, 且增加生态强化净化单元改善水质, 于废弃的河道内接纳处理农村污水, 开发设备简单、易于管理, 运行费用低的污水处理技术。

## 发明内容

[0012] 1. 发明要解决的技术问题：本发明的目的是提供一种处理农村生活污水的河道净化系统。利用废弃的河道采用植物栅拦截农村生活污水，污水经过人工仿生材料接触氧化池、垂直流人工湿地和浮水植物等处理单元强化净化，可以解决农村生活污水的污染问题，有效去除污水中有机物、氮和磷等污染物质。

### [0013] 2. 技术方案

[0014] 本发明的原理如下：根据原有河道的特征，通过适当的改造，种植大型水生植物（芦苇、香蒲、柳条等），建成植物格栅，即对生活污水或地表径流中的体积较大的漂浮物、泥沙等进行拦截，使部分悬浮物质沉降下来。经过沉降后的污水进入接触氧化池，该单元使用高性能接触过滤材料——生物绳，污水与生物绳相接触使微生物附着在生物绳上形成生物膜，在生物绳表面附着的微生物使废水中的有机物被氧化分解而达到水质净化。在生物绳的中心附近，由于溶解氧气减少，这类微生物可以消耗掉水中的硝酸盐氮类，从而达到脱氮的效果。然后污水再进入垂直流人工湿地单元，湿地系统中因植物根系对氧的传递释放，使其周围的环境中依次出现好氧、缺氧、厌氧状态，保证了废水中的氮磷不仅能通过植物和微生物作为营养吸收，而且还可以通过硝化、反硝化作用将其除去，最后湿地系统更换填料或收割栽种植物将污染物最终除去。最后，利用浮水植物来进一步改善水质，可以降低水中的营养盐，提高河流的生态环境质量，达到强化净化的效果。

[0015] 本发明是通过以下技术方案来实现的：

[0016] 一种处理农村生活污水的河道净化系统，河道中河水流速缓慢（ $<1\text{m/s}$ ），利用废弃河道或低洼地近自然型河道构建处理单元，按水流方向自上而下依次设置植物栅沉降单元，接触氧化单元、垂直流人工湿地单元和浮水植物单元。

#### [0017] （1）植物栅沉降单元

[0018] 植物栅沉降单元主要利用物理沉降、吸附作用，以及生物的吸收和微生物降解作用。在修整后的河道中种植大型水生植物（芦苇、香蒲、柳条等），建成植物格栅，即对生活污水或地表径流中的体积较大的漂浮物、泥沙等进行拦截，使部分悬浮物质沉降下来，又可以去除地表径流中的氮磷，以及其他有机污染物。

#### [0019] （2）人工仿生材料接触氧化单元

[0020] 该单元使用高性能接触过滤材料——生物绳，生物绳是一种新型的接触氧化材料，主要使用的化学纤维材料有：最具亲水性的化学纤维——聚丙烯纤维，即使附着大量的微生物也能保持稳定结构的维尼纶和尼龙，以及弹性恢复效果最好的聚偏二氯乙烯等材料。生物绳能够稳定保持增殖速度缓慢的微生物，如硝化菌和反硝化菌，同时附着的微生物剥离是持续而非集中脱落，不会出现因生物膜脱落而影响出水水质的现象。利用附着在生物绳上的高效食物链来还可以减少剩余污泥的发生量。生物接触氧化的优点：运行管理容易，增殖速度慢的微生物可以保持在高浓度状态，减少剩余污泥的产生量，消除活性污泥膨大发泡现象。

[0021] 生物绳呈绳索状，将生物绳上下两端固定在框架（竹制或钢管）上，设置标准为纵横间隔 10cm，因此，1 立方米的框架生物绳的安装量为 100m，生物绳固定好后，置于河道内。污水与生物绳接触使微生物附着在生物绳上形成生物膜，在生物绳表面附着的微生物使废

水中的有机物被氧化分解而达到水质净化。在生物绳的中心附近,由于溶解氧气减少,这类微生物可以消耗掉水中的硝酸盐氮类,从而达到脱氮的效果。

#### [0022] (3) 垂直流人工湿地单元

[0023] 人工湿地对废水的处理综合了物理、化学和生物的三种作用。垂直流型人工湿地主要由 3 部分组成:基质、植物和布水系统。目前人工湿地系统可用的基质主要有土壤、碎石、砾石、煤块、细沙、粗砂、煤渣、多孔介质 (LECA)、硅灰石和工业废弃物中的一种或几种组合的混合物。基质一方面为植物和微生物生长提供介质,另一方面通过沉积、过滤和吸附等作用直接去除污染物。垂直流型人工湿地中使用的植物主要有香蒲、茭白、芦苇、穿心莲、灯心草、水葱、美人蕉等,这些植物可增加湿地基质的遇水性,还能与周围环境的原生动、微生物等形成各种小环境,将氧气传输至根区,形成特殊的根际微生态环境。这一微生态环境具有很强的净化废水的能力。

[0024] 湿地系统成熟后,填料表面和植物根系将由于大量微生物的生长而形成生物膜。污水流经生物膜时,大量的 SS 被填料和植物根系阻挡截留,有机污染物则通过生物膜的吸收、同化及异化作用而被除去。湿地系统中因植物根系对氧的传递释放,使其周围的环境中依次出现好氧、缺氧、厌氧状态,保证了废水中的氮磷不仅能通过植物和微生物作为营养吸收,而且还可以通过硝化、反硝化作用将其除去,最后湿地系统更换填料或收割栽种植物将污染物最终除去。

#### [0025] (4) 浮水植物净化单元

[0026] 浮水植物为植物体悬浮水上或只叶片浮生水面的植物,利用其净化水质,不仅可以进一步吸收水中的营养盐,使水体透明度大幅度提高,同时水质指标也得到有效的改善,特别是对藻类有很好的抑制效果,达到强化净化的效果。

#### [0027] 3. 有益效果

[0028] 发明提供了一种处理农村生活污水的河道净化系统,试验结果表明该发明对  $\text{COD}_{\text{cr}}$ 、SS、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TN、TP 去除率分别可达 77.1%,84.1%,70%,68%,58.8%,通过以上各技术的综合运用, $\text{COD}_{\text{cr}}$ 、TSS、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TN、TP 含量可达到城镇污水处理厂的污染物排放标准的一级标准,可以有效改善污水水质,为下游水体减少污染负荷压力。

### 附图说明

[0029] 图 1 为本发明的工艺流程图;

[0030] 图 2 为河道布置剖面示意图,其中 1. 进水 2. 植物栅 3. 接触氧化生物绳 4. 进水管 5. 挡墙 6. 填充基质 7. 连通管 8. 湿地植物 9. 集水管 10. 浮水植物 11. 出水 12. 河流水面 13. 河底;

[0031] 图 3 为接触氧化单元生物绳固定示意图。其中 3. 接触氧化生物绳 14. 固定支架

[0032] 图 4 为人工湿地下行池剖面图,其中 1. 进水 5. 挡水墙 8. 湿地植物(香蒲、美人蕉等) 11. 出水 15. 熟土 16. 碎石 17. 炉渣 18. 鹅卵石;

[0033] 图 5 为人工湿地上行池剖面图,其中 1. 进水 5. 挡水墙 8. 湿地植物(香蒲、美人蕉等) 11. 出水 15. 熟土 16. 碎石 17. 炉渣 18. 鹅卵石。

### 具体实施方式

[0034] 以下结合附图进一步说明本发明

[0035] 以苏北某河道为例进行了实验研究,该河道流速约为  $0.1 \text{ m/s} \sim 0.3 \text{ m/s}$ ,接纳的污染物主要有有机物,氮,磷及悬浮物等,典型的生活污染型河道。在该河道中构建生活污水净化系统,采用植物栅沉降(植物栅沉降单元)、人工仿生材料接触氧化池(接触氧化单元)、垂直流人工湿地(垂直流人工湿地单元)和浮水植物(浮水植物净化单元)四个处理单元串联组成(见图 1),核心技术——人工仿生材料接触氧化技术和垂直流人工湿地技术,利用仿生材料吸附降解微生物,降解有机物,垂直流人工湿地去除氮磷等污染物,无需曝气装置,能大幅度地降低污水生物处理能耗。

[0036] 实施工程的河道长约 1000m,上宽 8m,有效水面宽 2m,水深 0.8m。工程自生活污染排放源约 500m 处开始,依次设置植物栅沉降单元 100m,接触氧化池单元 10m,垂直流人工湿地单元 40m,浮水植物净化单元 50m,共计 200m,有效占地面积约为  $400 \text{ m}^2$ ,构筑物占地面积  $100 \text{ m}^2$ 。整个系统处理水量约为  $285\text{--}450 \text{ m}^3/\text{d}$ ,水力停留时间为 17h–28h。工程布置与结构如图 2,图 3,图 4,图 5 所示,具体内容如下:

[0037] (1) 系统单元宽 2m,长 200m,植物栅单元前端进水 1,浮水植物净化单元出水 11。

[0038] (2) 植物栅沉降单元:修整河道,有效水面 12 宽约 2m,水深 0.8m,以每间隔 10–15cm 的密度在河底 13 种植挺水植物芦苇,作为植物栅 2,长约 100m,主要起到拦截、沉淀水流中的颗粒物和泥沙的作用。

[0039] (3) 接触氧化单元:以上游水面高度为水平线,向下挖深 0.5m,修整硬化,建成长 10m、上宽 2m、下宽 1.5m,深 1.5m 的梯形渠。选用接触氧化生物绳 3 置于梯形渠内,生物绳为 PP+K-45,材质:聚丙烯+维尼纶,比表面积  $1.6 \text{ m}^2/\text{m}$ ,比重 1.24。生物绳呈绳索状,将生物绳上下两端固定在框架 14 上,设置标准为纵横间隔 10cm,因此,1 立方米的框架生物绳的安装量为 100m。接触氧化单元使用生物绳约 2000m,计 20 立方米。污水与生物绳接触使微生物附着在生物绳上形成生物膜,在生物绳表面附着的微生物使废水中的有机物被氧化分解而达到水质净化。

[0040] (4) 垂直流人工湿地单元:垂直流人工湿地由下行流池和上行流池串联而成,每个池子的体积为  $2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$ ,两池之间有挡水墙 5 相隔,池中填充基质 6,两池中间隔墙底由连通管 7 相连接,布水采用进水管 4 多点均匀进水,集水管 9 出水,本系统共计串联 10 个单体池。下行池底部为排水层,填料为 100mm 厚、粒径 40–80mm 的鹅卵石 18;中部采用 300mm 厚的炉渣 17 填充,炉渣为高炉炉渣,粒径 30–50mm,试验证明该填料质量轻,颗粒质地坚硬,粒径可分级,其水溶液的 pH 值呈中性,对污染物具有较好的吸附作用,尤其对磷具有较快和较好的吸附效率;中上部采用 100mm 的碎石 16,主要是石灰岩,粒径为 10–30mm,该部分可以防止湿地的涌水,维持湿地稳定;上部覆盖 100mm 的熟土 15,种植湿地植物 8 香蒲、水葱、美人蕉等。上行流池填料与下行流池填料一致,进出水方向相反。

[0041] (5) 浮水植物净化单元:浮水植物 11 单元面积约  $100 \text{ m}^2$ 。通过选择水葫芦,水花生,荇菜,菱角四种植物进行室内的小试试验,试验证明当地优势种水花生对氮磷的处理效果最好,因此选择种植水花生。在垂直流人工湿地下游,种植长度 50m,宽度覆盖整个河面的水花生植物带,吸收水体中的营养物质,提高水体透明度,达到强化净化的效果。

[0042] 通过实验工程的实施,系统出水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、SS、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TN、TP 等污染物浓度显著下降,水质明显改善,对  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、SS、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TN、TP 去除率分别可达 77.1%,84.1%,70%,68%,58.8%。

[0043] 表 1 工程实施后系统进出水水质监测数据(mg/L)

[0044]

样品编号	PH	COD <sub>cr</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水	8.13	123	69	23.4	27.3	2.85
出水	7.77	28.2	11	7.02	8.7	1.18

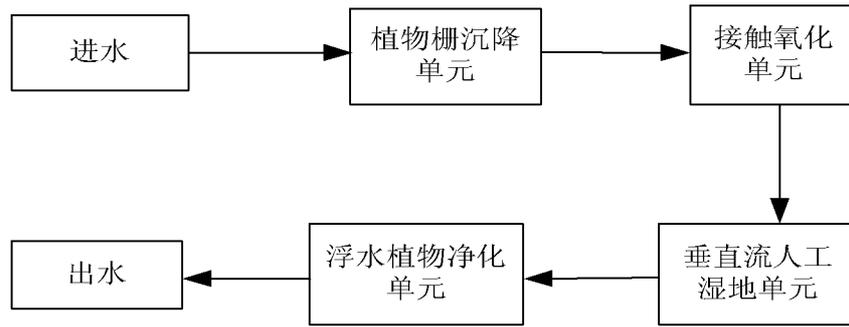


图 1

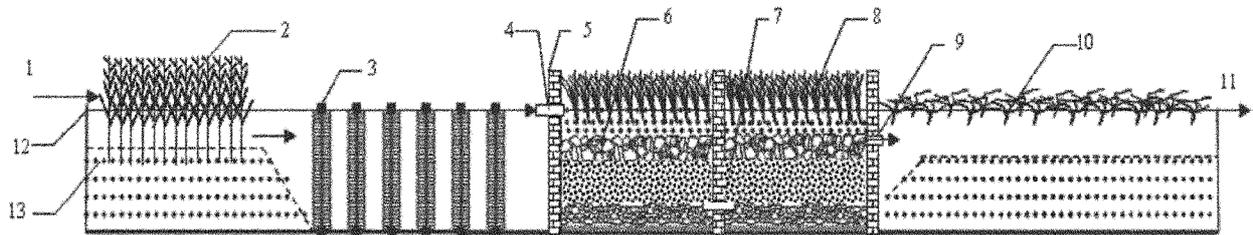


图 2

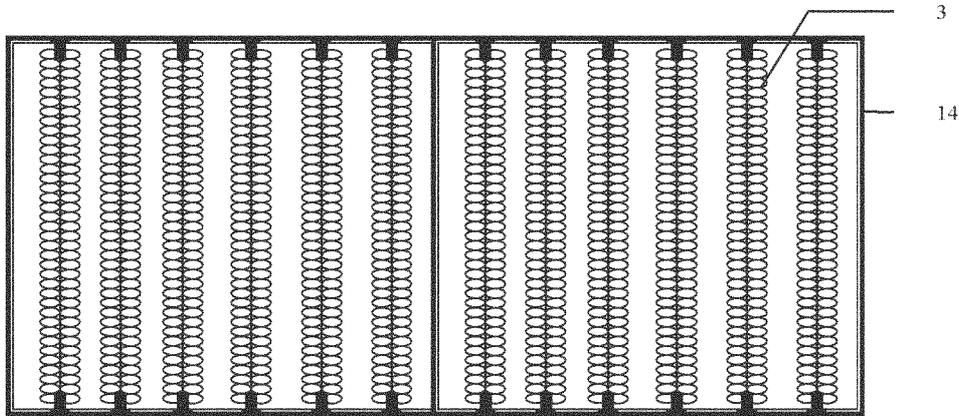


图 3

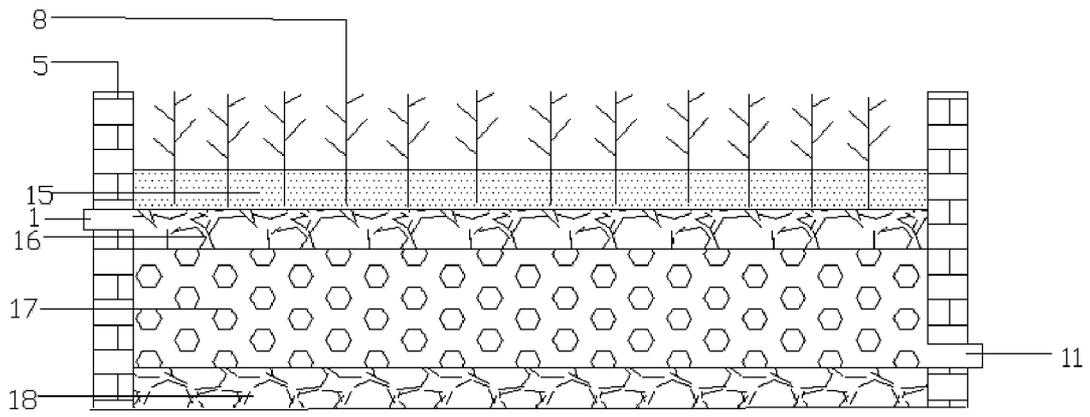


图 4

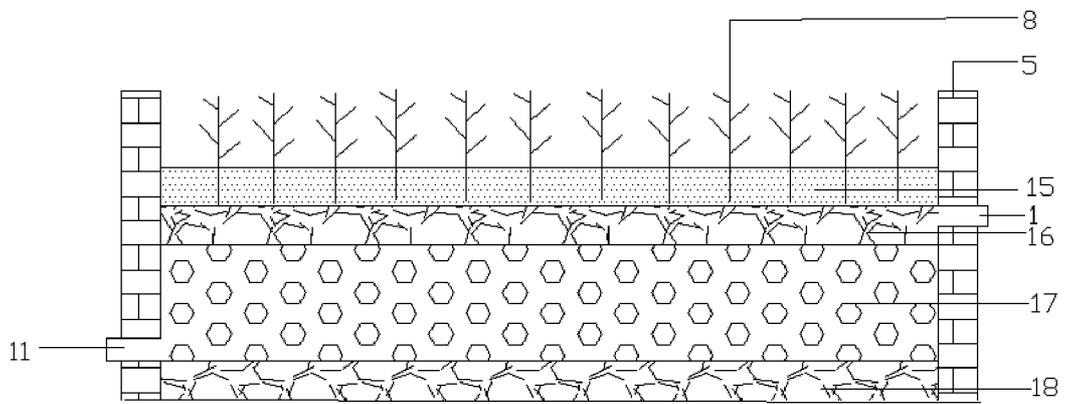


图 5