



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101838053 B

(45) 授权公告日 2012.04.25

(21) 申请号 200910047975.9

(22) 申请日 2009.03.20

(73) 专利权人 宝山钢铁股份有限公司

地址 201900 上海市宝山区牡丹江路 1813
号南楼

(72) 发明人 石磊

(74) 专利代理机构 上海三和万国知识产权代理
事务所 31230

代理人 刘立平

(51) Int. Cl.

C02F 3/32 (2006.01)

C02F 3/34 (2006.01)

B09B 3/00 (2006.01)

审查员 张玉云

权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法

(57) 摘要

本发明提供了一种采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法。该方法将所述矿化垃圾经开采、晾晒、筛分、拣选后,获得粒状松散细料,将所述矿化垃圾细料作为基础性基质与其他基质构建成人工湿地基质床,在其上栽种湿地植物。本发明不仅为人工湿地处理多类污水提供了新的基质选择,还可为矿化垃圾提供高附加值利用途径。

1. 一种采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,包括人工湿地基质床的构建,湿地植物的种植和污水的处理,其特征在于,所述矿化垃圾经开采、晾晒、筛分、拣选后,获得粒状松散细料,将所述矿化垃圾细料作为基础性基质与其他基质构建成人工湿地基质床,在其上栽种湿地植物;

所述人工湿地基质床自下而上包括粗料透水层、混合基质层和矿化垃圾基质层,所述粗料透水层高度 10 ~ 40cm,填料粒径为 10 ~ 50mm;所述混合基质层厚度为 20 ~ 80cm,由粒径小于 40mm 的矿化垃圾细料与粒径为 5 ~ 20mm 的填料组成;所述矿化垃圾基质层厚度为 10 ~ 30cm,由粒径小于 15mm 的矿化垃圾细料构成。

2. 根据权利要求 1 所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,其特征在于,所述其他基质选自沸石、碎石、砾石、泥炭、卵石、陶粒、钢渣、页岩、煤渣、水渣和卵石。

3. 根据权利要求 1 所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,其特征在于,所述人工湿地基质床的基质层有效高度为 30 ~ 150cm,空隙率为 20 ~ 40%。

4. 根据权利要求 1 所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,其特征在于,所述粗料透水层的填料选自煤渣、水渣、卵石、钢渣和页岩中的一种或几种;所述混合基质层的填料选自碎石、砾石、陶粒、泥炭、沸石的一种或几种;所述混合基质层中矿化垃圾细料的掺混比例为 0 ~ 50wt%。

5. 根据权利要求 1 所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,其特征在于,所述污水包括畜禽粪水、工业污水、农业废水、采矿废水、填埋场渗滤液、城市暴雨径流、生活污水和富营养化河水。

6. 根据权利要求 1 所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,其特征在于,所述湿地植物包括挺水植物,浮水植物,沉水植物和湿生植物;所述湿地植物的栽种密度为 10 ~ 50 株 / 平方米;所述挺水植物选自芦苇、香蒲、灯心草、菖蒲、美人蕉、黄花鸢尾、茭白、风车草、再力花、香根草;所述浮水植物选自水葫芦、凤眼莲、浮萍、风信子、荷花、睡莲、满江红、水浮莲;所述沉水植物选自苦草、黑藻、伊乐藻、狐尾藻;所述湿生植物选自莎草、河柳、水杉、池杉。

7. 根据权利要求 6 所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,其特征在于,所述湿地植物的栽种密度为 20 ~ 36 株 / 平方米;所述挺水植物选自芦苇、香蒲、灯心草、美人蕉;所述浮水植物选自水葫芦、凤眼莲;所述沉水植物选自伊乐藻、狐尾藻。

8. 根据权利要求 1 所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,其特征在于,所述人工湿地的配水-落干周期为 1 ~ 3 天、湿干时间比为 1 : 11 ~ 23,水力负荷为 0.1 ~ 0.6 米 / 天;一个周期内进水 4 ~ 10 次,每次间隔 4 ~ 10 小时。

一种采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及新型环保技术领域,具体涉及一种矿化垃圾的用途。

背景技术

[0002] 人工湿地是 20 世纪 70 年代发展起来的一种污水处理技术,它根据自然湿地生态系统中物理、化学、生物的协同作用,通过过滤、吸附、共沉、离子交换、植物吸收和微生物分解来实现悬浮物、有机物、营养盐、金属离子以及病原体的去除。该技术具有净化能力强,处理效果好,操作简单、抗冲击负荷强等优点,投资和运行费用仅占传统二级生化处理技术的 10%~20%,因此,在治理面源污染、城镇生活污水、工业废水、养殖废水等方面有较好的推广价值(见中国专利 200510011497.8,03150053.6 和 200610036318.0)。

[0003] 按水流类型的差异,人工湿地可分为四类:(1) 表面流湿地:污水在填料表面漫流,运行方式与自然湿地最为接近,这种湿地不能充分利用填料与植物根系,易滋生蚊蝇,对周围环境会产生不良影响,而且其处理效率较低;(2) 水平潜流湿地:污水在填料缝隙之间渗流,可充分利用填料表面及植物根系上生物膜及其他作用处理污水,出水水质好。由于水平面在覆盖土层或细砂层以下,卫生条件较好,故被广泛采用;(3) 垂直潜流湿地:结合了表面流湿地和水平潜流湿地的特点,对于有机物和氮具有更高的净化效果,但是建造要求高;(4) 潮汐流湿地:通过交替的进水和空气运动,氧的传递速率和消耗量大大提高,可提升污水处理效果。

[0004] 人工湿地是由基质(又称填料、滤料)、水生(湿生)植物、微生物等几种要素构成的。目前的研究表明,在人工湿地中微生物是对有机物、氮磷营养盐降解转化的主要作用群体;而基质的选择对于人工湿地污水处理系统的运行效果有重要意义:它既为水生植物生长提供载体和营养物质,也为微生物的生长提供稳定的依附表面;此外,基质还可通过物理和化学的途径(如吸收、吸附、过滤、离子交换、络合反应等)去除污水中的污染物,如人工湿地中超过 80% 的磷可以通过沉淀吸附作用而被去除(见中国专利申请 200510030330.6、2004 10066233.8 及中国专利 200720022699.7)。

[0005] 已有的人工湿地实践表明:基质填料的选择应满足以下条件:(1) 微生物生物量大、吸附交换能力强;(2) 比表面积大,孔隙率高,有足够的机械强度;(3) 不含有害于人体健康和环境的物质,化学稳定性良好;(4) 水头损失小,形状系数好,吸附能力强;(5) 使用周期长;(6) 价格便宜、易于获得。

[0006] 目前,应用较多的基质主要有土壤、黄砂、砾石、沸石、硅石、矿渣、粉煤灰、煤渣、鹅卵石、陶粒等,这些基质在工程应用中各有其局限:如土壤的渗透系数低,通透性不好,容易堵塞;黄砂、砾石、鹅卵石等氮磷吸附能力低,微生物生物量小;沸石吸附能力容易饱和;矿渣和粉煤灰碱性较高,不利于湿地植物的生长。因此,应根据具体污水的水质和经济分析进行合理的基质选择和级配,以充分发挥基质的作用,有效去除各种污染物质,同时避免堵塞、提高运行周期(Gray,1993;Johansson,1999;Sakadevan,2002;邓雁希,2003;崔理华,2003;薛玉,2003等)。

[0007] 研究表明,一种新型材料——“矿化垃圾”可以较好地满足上述各项条件。矿化垃圾是城市生活垃圾填埋场封场多年的产物。随着城市化进程的加快和城市生活垃圾的增加,使得垃圾填埋场数量、规模剧增,且许多填埋场封场年限日久。研究表明,填埋场封场数年(南方地区 8~10a 以上,北方地区 10~15a 以上)后,填埋场表面沉降量非常小(小于 5mm/a),垃圾自然产生的渗滤液和气体量极少或不产生,垃圾中可生物降解物质的质量分数下降到 3% 以下,渗滤液中 COD 的质量浓度 ρ (COD) 下降到 25~50mg/L 以下。此时的垃圾填埋场可以认为达到稳定化状态,其内纤维素、半纤维素类物质几近完全降解,使垃圾变为一种类似腐殖质的颗粒状土壤物质,即所谓“矿化垃圾”[CN 1789173A]。矿化垃圾经开采晾晒筛分后,除可获得玻璃、金属、橡胶、塑料等有价物资外,还可获得重量约 60% 的矿化垃圾细料(粒径 \leq 40mm)。

[0008] 已有的研究表明,填埋 13 年和 9 年的矿化垃圾细料分别与“轻土壤-偏砂土壤”和“砂土壤-偏砂土”类似,属于一类容重轻、多孔松散、比表面积较大、氮磷钾营养物质含量高、富含腐殖质和微生物相的特殊物质,其中有机质的质量分数为 9%~11%,每 100g 干垃圾中阳离子交换量达 0.068~0.070mol,饱和水力渗透系数 K_s 为 0.986cm/min 和 1.232cm/min,细菌总数 $8 \times 10^6 \sim 9 \times 10^6$ 个。与常规土壤相比,矿化垃圾细料在物理结构和水力学性能上具有砂土特征,而在化学性质和微生物特性上又表现出肥沃土壤的特点,是极为优良的污水生物处理基质。同济大学赵由才课题组利用矿化垃圾细料构建生物反应床,在畜禽废水(见中国专利申请 03116755.1 和 200510110225.3)、填埋场渗滤液(中国专利 00127298.5 和 200420080629.3,中国专利申请 200510112117.X 和 200410017554.9)、焦化废水(中国专利申请 200510057371.4)、生活污水(中国专利申请 200510110224.9)等处理方面,展现了卓越的净化性能。

[0009] 鉴于矿化垃圾优良的物理、化学和微生物学性质,可作为人工湿地基质的选择。经查询国内外专利和文献,尚未发现此类相关报道。

发明内容

[0010] 为解决以上技术问题,本发明的目的在于提供一种矿化垃圾细料构建人工湿地基质、并处理污水的方法。

[0011] 本发明的技术方案是,一种采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,包括人工湿地基质床的构建,湿地植物的种植和污水的处理,其中,所述矿化垃圾经开采、晾晒、筛分、拣选后,获得粒状松散细料,将所述矿化垃圾细料作为基础性基质与其他基质构建成人工湿地基质床,在其上栽种湿地植物。

[0012] 矿化垃圾是在长期填埋过程中,历经好氧、兼氧和厌氧等复杂环境而逐渐形成的一种微生物数量庞大、种类繁多,水力渗透性能优良,多相多孔的自然生物体系。由于渗滤液的长期洗沥、浸泡和驯化,矿化垃圾各组分之间不断发生着各种物理、化学和生物作用,其中尤以多阶段降解型生物过程为主,这使其成为具有特殊新陈代谢性能的无机-有机复合生态系统。因此,矿化垃圾作为一种性能优越的生物介质,相对于一般土壤,具有生物相和活性酶丰富、微生物生物量大、呼吸作用强、微生物商和代谢商高等特点,能高效降解有机污染物、抵抗高浓度重金属和其它有毒有害物质负荷的冲击。

[0013] 所述的矿化垃圾并非完全达到“无机化或矿化”程度的垃圾,而是从垃圾的利用角

度出发,与稳定化垃圾、腐熟垃圾或陈腐垃圾等语意近似的陈垃圾,它来源于填埋龄在 5 ~ 100a 以上(北方地区 10 ~ 100a 以上)、表面沉降量小于 10mm/a、填埋单元自身产生的渗滤液和气体量极少或不产生、垃圾中可生物降解物质的质量分数下降到 5% 以下、渗滤液中 COD 的质量浓度 ρ (COD) 下降到 100mg/L 以下,基本处于稳定化状态的封场单元。

[0014] 矿化垃圾经开挖晾晒、筛分拣选后,将石块、木头等大块杂物粗料用于筑路、造田或场地回填;将玻璃、金属、橡胶、塑料等有价物资用作工业原料或燃料;将粒径小于 15mm 和小于 40mm 的细料物质,作为人工湿地的基础性基质,分别堆存备用。

[0015] 较好的是,所述其他基质选自沸石、碎石、砾石、泥炭、卵石、陶粒、钢渣、页岩、煤渣、水渣和卵石。这些基质为选择性基质,与基础性基质一起构成人工湿地基质层。

[0016] 较好的是,所述人工湿地基质床自下而上包括粗料透水层、混合基质层和矿化垃圾基质层,所述粗料透水层高度 10 ~ 40cm,填料粒径为 10 ~ 50mm;所述混合基质层厚度为 20 ~ 80cm,由粒径小于 40mm 的矿化垃圾细料与粒径为 5 ~ 20mm 的填料组成;所述矿化垃圾基质层厚度为 10 ~ 30cm,由粒径小于 15mm 的矿化垃圾细料构成。

[0017] 其中,粗料透水层具有渗流、承托的作用,混合基质层是丰富生物膜形成和脱落的集中区域,矿化垃圾基质层是植物生长的区域。

[0018] 进一步地,所述人工湿地基质床的基质层有效高度为 30 ~ 150cm,空隙率为 20 ~ 40%。

[0019] 所述的人工湿地,包括自由表面流、水平潜流、垂直潜流及其组合的复合式人工湿地,其中,以潜流型湿地最能发挥矿化垃圾基质的优势作用。

[0020] 根据本发明所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,所述粗料透水层的填料选自煤渣、水渣、卵石、钢渣和页岩中的一种或几种;所述混合基质层的填料选自碎石、砾石、陶粒、泥炭、沸石的一种或几种;所述混合基质层中矿化垃圾细料的掺混比例为 0 ~ 50wt%。

[0021] 根据本发明所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法,所述污水包括畜禽粪水、工业污水、农业废水、采矿废水、填埋场渗滤液、城市暴雨径流、生活污水和富营养化河水。

[0022] 在所述的人工湿地中,过高的悬浮物浓度可能造成床层堵塞,除延长水力停留时间和采用回流的方法解决外,为避免人工湿地堵塞,保持系统顺行,需前置格栅、沉淀池、酸化池、砂滤等预处理单元,以去除污水中较大颗粒的悬浮物。污水进入系统时,优选的 SS(固体悬浮物)浓度为小于 1000mg/L。

[0023] 较好的是,所述湿地植物包括挺水植物,浮水植物,沉水植物和湿生植物;所述湿地植物的栽种密度为 10 ~ 50 株/平方米;所述挺水植物选自芦苇、香蒲、灯心草、菖蒲、美人蕉、黄花鸢尾、茭白、风车草、再力花、香根草;所述浮水植物选自水葫芦、凤眼莲、浮萍、风信子、荷花、睡莲、满江红、水浮莲;所述沉水植物选自苦草、黑藻、伊乐藻、狐尾藻;所述湿生植物选自莎草、河柳、水杉、池杉。

[0024] 在一个优选的实施方案中,所述湿地植物的栽种密度为 20 ~ 36 株/平方米;所述挺水植物选自芦苇、香蒲、灯心草、美人蕉;所述浮水植物选自水葫芦、凤眼莲;所述沉水植物选自伊乐藻、狐尾藻。

[0025] 人工湿地植物可包括各类水生、湿生植物。在人工湿地净化污水过程中,植物潜

在的主要作用有：直接吸收利用污水中可利用态的营养物质、吸附和富集重金属和有毒有害物质；为微生物吸附生长提供更大的表面积；为根区好氧微生物输送氧气；增强和维持基质的水力传输性能。其中的植物类型、混栽比例和栽种密度，根据湿地类型和污水特性而定。

[0026] 根据本发明所述的采用矿化垃圾构建人工湿地处理污水的方法，所述人工湿地的配水-落干周期为1~3天、湿干时间比为1:11~23，水力负荷为0.1~0.6米/天；一个周期内进水4~10次，每次间隔4~10小时。

[0027] 其中配水-落干周期指人工湿地床层完成一次配水和落干操作的周期；水力负荷是单位体积床层处理污水的能力，用液位的高度表示。

[0028] 人工湿地的水力负荷和运行方式，依据污水特性、人工湿地的结构参数及其组合而定。优选间歇配水-落干操作，以促使床层内的氧气传递，恢复和维持床层的水力传导能力、有机物的生物降解能力并促进硝化作用的进行，同时利于提高介质的固磷作用。日处理污水总量可一次配入，但优选日进水4~6次，每次间隔4~6小时。

[0029] 污水经预处理单元，除去砂粒和较大悬浮物后，依次进入人工湿地。污染物在流经人工湿地时，基质表面和植物根部生长了大量的微生物形成生物膜，污水中悬浮物被基质及植物根系阻挡截留，有机物通过生物膜的吸附及同化作用得到降解，污水中的氮、磷通过微生物的生化作用得到转化，重金属、磷依靠基质吸附、植物吸收以及生物富集等作用得以去除，细菌和病原等也大多被截留在系统中。尤其是污水中的难降解有机物可通过矿化垃圾提供的种类繁多、数量巨大的微生物群落得以降解转化，从而大大提高了人工湿地对难降解有机物污水的净化效率。污水经过一系列物理、化学和生化作用后，其中绝大多数污染物得以去除，出水达标后排放。

[0030] 本发明的人工湿地床层在长期应用后，发生局部堵塞或处理效率下降时，可采取如下措施：床层反冲洗，部分恢复湿地床层的性能；将床层基质取出，摊晒、筛分后重新构建人工湿地。当人工湿地经长时间运行后，富集了重金属、难降解有机物等过量有毒有害物质，而失去活化再利用的价值（或重建成本过高时）时，可将矿化垃圾与基础性基质取出，予以卫生填埋，在填埋场中经过一段时间（8-10a）的稳定化、自然降解之后，这些基质填料可作为新一轮的矿化垃圾重新加以利用，这样循环往复，即可最终实现矿化垃圾的循环利用。

[0031] 本发明的有益效果是，

[0032] (1) 本发明可有效处理各类型污水，如畜禽粪水、工业污水、农业废水、垃圾场渗滤液、城市暴雨径流、生活污水、富营养化河水等，属于生态处理工艺，具有工艺简单、净化能力强，维护操作方便，投资和运行成本低、建造方便等优点，不仅可以有效对污水进行深度处理，还具有环境生态效益。

[0033] (2) 本发明强化了常规人工湿地的污水处理效果：根据人工湿地的组成，本发明从基质、微生物和植物三个方面强化了污水处理效果：①矿化垃圾融合了常规填料过滤吸附性强、通透性好、机械强度大、化学稳定性好、级配合理、价格便宜等优点，尤其是吸附和转化磷和重金属的能力更强；②矿化垃圾本身含有大量不同种群、降解和转化能力超强的微生物系，对废水中污染物的降解转化能力较普通的基质强得多，极大地提高了人工湿地的净化能力；③矿化垃圾的基质营养丰富、空隙疏松，复氧能力强，更有利于湿地植物的生

长和改善湿地内部的氧化状态；此外，矿化垃圾本身具有很大的吸附交换容量，对重金属、磷等的吸附去除作用更佳。

[0034] (3) 本发明构建人工湿地的矿化垃圾，取自稳定化的生活垃圾填埋场。经简单的开挖、筛分后，作为湿地床层的基础性基质，在污水处理中发挥了巨大作用。矿化垃圾这一高附加值利用，可因地制宜的应用在污水处理中，具有以废治废功效。同时，矿化垃圾开采后，不仅可筛分获得 30 ~ 35% 的玻璃、金属、塑料、橡胶、木料等有价物资和 50 ~ 60% 矿化垃圾细料，更可腾空原来的库容，以填埋更多的新鲜生活垃圾，此举无论是对于节约土地资源和重建填埋场的庞大投资，还是对解决生活垃圾出路问题，均有重大意义。

[0035] (4) 本发明在一定程度上缓解了常规人工湿地的堵塞程度，克服了常规人工湿地易于堵塞、使用寿命短的弊端：随着运行时间的延长，特别是超过一年之后，常规人工湿地常会出现堵塞的问题，究其原因是土壤团粒破碎后变成细微的粘土粒子且在渗水的作用下不断向下移动逐渐形成致密的不透水层，从而导致严重的土壤堵塞。而本发明中的矿化垃圾质地疏松、颗粒粒径和渗透系数大，具有类似砂性土的孔隙率，可大大缓解床层的堵塞程度，延长人工湿地的寿命。

[0036] (5) 本发明的矿化垃圾等基质填料经重复填埋后可循环利用。

附图说明

[0037] 图 1 为矿化垃圾开采及构建人工湿地处理污水的工艺流程示意图。

具体实施方式

[0038] 下面对本发明的实施过程作具体说明：

[0039] 实施例 1

[0040] 矿化垃圾取自封场时间已有 13 年的填埋单元，填埋场表面沉降量 8mm/a、填埋单元自身产生的渗滤液和气体量极少、垃圾中可生物降解物质的质量分数为 5%、渗滤液中 COD 的质量浓度 $\rho(\text{COD})$ 为 80mg/L 以下，封场单元基本处于稳定化状态。

[0041] 矿化垃圾经开挖晾晒、筛分拣选后，将石块、木头等大块杂物粗料用于筑路、造田或场地回填；将玻璃、金属、橡胶、塑料等有价物资用作工业原料或燃料；将粒径小于 15mm 和小于 40mm 的细料物质，作为人工湿地的基础性基质，堆存备用。

[0042] 人工湿地为一单级垂直潜流人工湿地，长 200cm，宽 200cm，床层有效高度为 100cm，空隙率为 30%，自下而上，其中粗料透水层高度为 20cm，由粒径 20 ~ 40mm 的钢渣和卵石（两者比例为 1 : 1）构成；混合基质层高度为 60cm，由粒径小于 40mm 的矿化垃圾和粒径为 10 ~ 20mm 的砾石构成，矿化垃圾的掺混比例为 25%；矿化垃圾基质层的高度为 20cm，粒径小于 15mm。

[0043] 待处理的污水取自某不锈钢企业冷轧含铬含油废水处理站化学 - 还原沉淀后的二级出水，水力负荷为 0.1m/d，通过大阻力“王”字型穿孔管均匀向人工湿地表面布水。为防止废水中过高的悬浮物堵塞湿地，在配水之前，前置一套沉淀池和一套砂滤系统对废水进行预处理，使得进水 SS 浓度小于 100mg/L，其他水质参数及处理效果如表 1 所示。

[0044] 人工湿地共栽种芦苇和香蒲两种挺水植物，栽种密度为 20 株 / 平方米，其中芦苇 12 株、香蒲 8 株，两种植物间隔均匀栽种。

[0045] 人工湿地的水力负荷为 0.1m/d, 配水 - 落干周期为 1d、一天中定时定量进水 4 次, 每次间隔 6 小时, 湿干 (时间) 比为 1 : 11。

[0046] 由表 1 所示, 污水经人工湿地处理后, 出水水质可满足《钢铁工业水污染物排放标准》(GB 13456-92) 的一级要求。

[0047] 表 1 单级垂直潜流人工湿地处理不锈钢冷轧含铬含油废水的效果

[0048]

水质指标	pH	COD (mg/L)	挥发酚 (mg/L)	氰化物 (mg/L)	油类 (mg/L)	六价铬 (mg/L)	氨氮 (mg/L)
进水	6.8-7.0	254-262	7.8-9.3	3.8-6.3	35.4-50.6	12.2-23.5	56.2-120.2
出水	7.2-8.2	100-125	0.25-0.8	0.21-0.65	2.1-10.2	0.12-0.35	1.22-10.5
国家标准	6-9	150	1.0	0.5	15	0.5	15

[0049] 实施例 2

[0050] 矿化垃圾取自封场时间已有 5 年的填埋单元, 填埋场表面沉降量 10mm/a、填埋单元自身产生的渗滤液和气体量极少、垃圾中可生物降解物质的质量分数为 4%、渗滤液中 COD 的质量浓度 $\rho(\text{COD})$ 90 ~ 120mg/L, 封场单元基本处于稳定化状态。

[0051] 矿化垃圾经开挖晾晒、筛分拣选后, 将石块、木头等大块杂物粗料用于筑路、造田或场地回填; 将玻璃、金属、橡胶、塑料等有价物资用作工业原料或燃料; 将粒径小于 15mm 和小于 40mm 的细料物质, 作为人工湿地的基础性基质, 堆存备用。

[0052] 处理的污水为富营养化河水, 污水首先经过粗、细格栅, 进行固液分离, 滤去大块杂物和水藻, 随后进入沉淀池 (1.5m×1.5m×2.0m), 经过 20 ~ 24h 的沉淀作用后, 再经过一次微孔格栅, 流入人工湿地, 污水悬浮物的浓度控制在 50mg/L 以下。富营养化河水的水质参数及人工湿地的处理效果如表 2 所示。

[0053] 人工湿地为两级水平潜流湿地, 湿地长 15m, 宽 4m, 一级湿地填料层高 80cm, 空隙率 30%, 二级湿地填料层高 70cm, 空隙率 35%, 一级出水自流至二级。

[0054] 一级湿地粗料透水层高度为 15cm, 由粒径 20 ~ 40mm 的卵石和沸石构成 (两者比例为 1 : 1); 混合基质层高度为 45cm, 由粒径小于 40mm 的矿化垃圾和粒径为 10 ~ 20mm 的碎石构成, 矿化垃圾的掺混比例为 50%; 矿化垃圾基质层的高度为 20cm, 粒径小于 15mm。其上栽种芦苇和灯心草, 栽种密度为 36 株 / 平方米, 栽种比例为 1 : 2, 沿湿地平面均匀栽种。

[0055] 二级湿地粗料透水层高度为 15cm, 由粒径 20 ~ 40mm 的卵石构成; 混合基质层高度为 40cm, 由粒径小于 40mm 的矿化垃圾和粒径为 10 ~ 15mm 的砾石构成, 矿化垃圾的掺混比例为 25%; 矿化垃圾基质层的高度为 15cm, 粒径小于 15mm。其上栽种美人蕉和石菖蒲, 栽种密度为 30 株 / 平方米, 栽种比例为 1 : 1, 沿湿地平面均匀栽种。

[0056] 富营养河水经通过水平潜流人工湿地的前端的砾石层进行配水, 水力负荷为 0.6m/d, 配水 - 落干周期为 2d, 两天中定时定量进水共计 6 次, 每次间隔 8 小时, 湿干 (时间) 比为 1 : 23。

[0057] 由表 2 可知, 污水经过以矿化垃圾为基础性基质的两级水平潜流湿地, 出水溶解氧明显提高, pH 值呈中性, 各种污染物去除率较高且稳定, 各项监测指标均达到《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB 18921-2002) 国家标准, 可以进行重新利用。

[0058] 表 2 两级水平潜流人工湿地处理富营养化河水的效果

[0059]

水质项目	进水水质 (mg/L)		出水水质 (mg/L)		去除率 平均值, %	国家标准
	浓度范围	浓度均值	浓度范围	浓度均值		
pH 值	7.1-7.6	7.4	7.2-7.8	7.5		6-9
COD _{Cr}	55-146	75	13-25	17.6	76.5	
BOD ₅	20-40	30	<5.0-10	<5.0	85	10
氨氮	3.6-15.5	8.3	0.78-2.2	1.4	83	5
总氮	6.3-24.5	18.9	3.2-6.4	4.1	78	15
总磷	0.52-2.15	1.38	0.1-0.65	0.31	77.5	1.0
粪大肠菌 (个/L)	10 ⁵ -10 ⁷	5.6×10 ⁵	<10000	<10000	>98.2	10000

[0060] 实施例 3

[0061] 矿化垃圾取自封场时间已有 10 年的填埋单元, 填埋场表面沉降量 10mm/a、填埋单元自身产生的渗滤液和气体量极少、垃圾中可生物降解物质的质量分数为 4%、渗滤液中 COD 的质量浓度 $\rho(\text{COD})$ 为 90mg/L 以下, 封场单元基本处于稳定化状态。

[0062] 矿化垃圾经开挖晾晒、筛分拣选后, 将石块、木头等大块杂物粗料用于筑路、造田或场地回填; 将玻璃、金属、橡胶、塑料等有价物资用作工业原料或燃料; 将粒径小于 15mm 和小于 40mm 的细料物质, 作为人工湿地的基础性基质, 堆存备用。

[0063] 猪场粪便污水首先经过格栅, 进行固液分离, 滤去大块固态粪便 (固态粪便作堆肥), 过滤后的污水流入沉淀池 (5.5m×3.5m×3.0m), 经过 20~24h 的沉淀作用后, 经一细筛网, 流入酸化池 (半径 1.5m, 深 3.0m), 在酸化池内经过 2~3d 发酵作用后进入人工湿地, 此时废水悬浮物的浓度已降至 100mg/L 以下。猪场粪便污水的水质参数及多级复合人工湿地的处理效果如表 3 所示。

[0064] 人工湿地为多级复合人工湿地, 依次由一下行流湿地、上行流湿地、水平潜流湿地和表面流湿地组成, 污水依次自流而过。各湿地的尺寸参数、基质组成和植物类型分别如下:

[0065] 下行流湿地长 10m, 宽 5m, 床层有效高度为 80cm, 空隙率为 35%, 自下而上, 其中粗料透水层高度为 20cm, 由粒径 20~40mm 的砾石构成; 混合基质层高度为 50cm, 由粒径小于 40mm 的矿化垃圾和粒径为 10~20mm 的陶粒构成, 矿化垃圾的掺混比例为 50%; 矿化垃圾基质层的高度为 10cm, 粒径小于 15mm。人工湿地共栽种灯心草和美人蕉两种挺水植物, 栽种密度为 20 株/平方米, 两者比例为 1:1, 间隔均匀栽种。

[0066] 上行流湿地的基质层比下行流湿地低 15cm, 使得下行流湿地的出水可自流至上行流湿地, 两湿地中间设有隔墙, 底部经由砾石透水层连通。上行流湿地除混合基质层比下行流湿地低 15cm 外, 其余尺寸参数和基质组成相同。人工湿地共栽种石菖蒲和香蒲两种挺水植物, 栽种密度为 26 株/平方米, 两者比例为 1:1, 间隔均匀栽种。

[0067] 水平潜流湿地长 20m, 宽 5m, 床层有效高度为 30cm, 空隙率为 40%, 不含粗料透水

层和矿化垃圾基质层,只有高度为 30cm 的混合基质层,其中粒径小于 40mm 的矿化垃圾的掺混比例为 50%,粒径为 10~20mm 的碎石和页岩的比例各为 25%,人工湿地只栽种芦苇,栽种密度为 24 株/平方米,沿湿地平面均匀栽种。

[0068] 表面流湿地长 40m,宽 8m,湿地基质层厚度 40cm,全部由粒径小于 40mm 的矿化垃圾组成,湿地的水面高于基质层表面 0.3m,类似于兼氧塘。人工湿地的前三分之一水域处为挺水植物芦苇,栽种密度为 20 株/平方米,后三分之二水域为凤眼莲和水葫芦,两者的比例近似 1:1,放养面积为水域面积的 50~60%,运行期间每隔半个月打捞一次,在旺盛期每周打捞一次,用作猪场饲料。

[0069] 猪场废水经大阻力“王”字型穿孔管均匀向下行流人工湿地表面布水,水力负荷为 0.3m/d,配水-落干周期为 3d,三天中定时定量进水共计 9 次,每次间隔 8 小时,湿干(时间)比为 1:23。

[0070] 由表 3 可知,猪场粪便废水经过以矿化垃圾为基础性基质的多级复合人工湿地,出水溶解氧明显提高,pH 值呈中性,各种污染物去除率较高且稳定,各项监测指标均达到 2003 年 1 月 1 日实施的《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596-2001)。

[0071] 表 3 多级复合人工湿地处理猪场粪便废水的效果

[0072]

水质项目	进水水质 (mg/L)		出水水质 (mg/L)		去除率 平均值, %	国家标准
	浓度范围	浓度均值	浓度范围	浓度均值		
pH 值	7.2-8.5	8.04	6.2-7.8	6.9		
COD _{Cr}	2621-3878	2776	133.1-199.6	156.4	94.3	400
BOD ₅	1136-1910	1650	21.0-88.2	32.8	98.0	150
DO	0-0.12	0.08	1.3-4.8	3.2		
氨氮	261-483	357	0.3-20.1	10.7	97.0	80
总氮	513-701	637	407-799	537	15.7	
总磷	24.2-47.5	35.2	0.1-2.3	0.6	98.3	8.0
SS	28-60	47.5	1.5-7.3	3.6	92.4	200
色度 (稀释倍数)	400-200	100	5-30	10	90	
大肠杆菌 (个/mL)	300-700	700	<10	<10	>98.6	10

[0073] 本发明不仅为人工湿地处理多类污水提供了新的基质选择,还为矿化垃圾提供高附加值利用途径,使填埋场库容得以大大增加,从而延长了填埋场的使用寿命,节约了场地扩容所需资金。

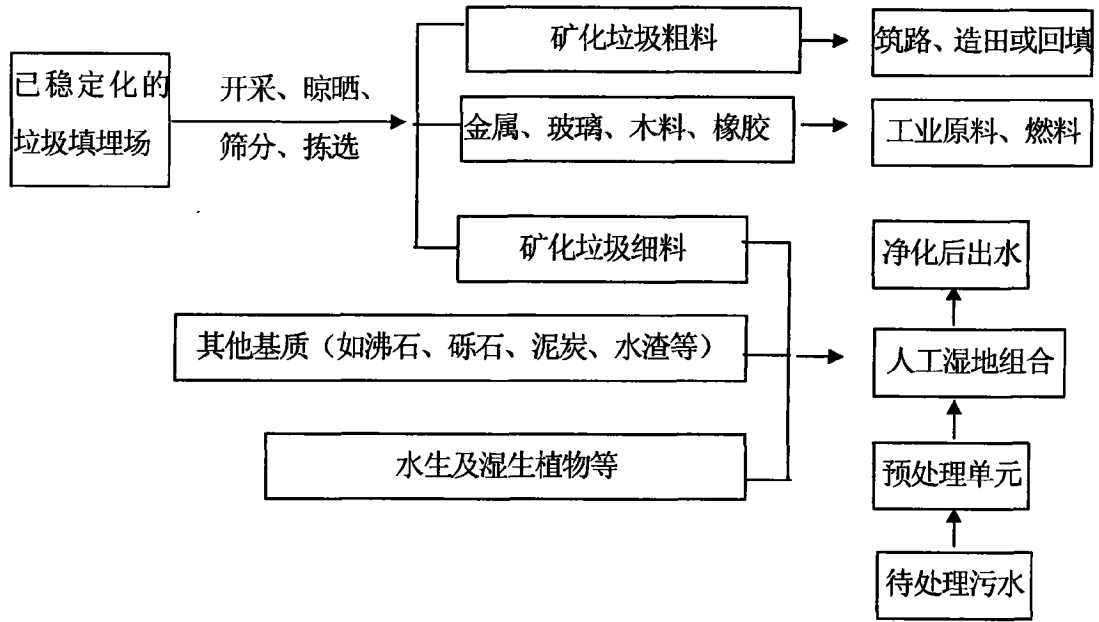


图 1