(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102491594 B
(45)授权公告日 2013.01.02

(21)申请号 201110416644.5

(22)申请日 2011.12.13

(73)专利权人 厦门大学
地址 361005 福建省厦门市思明南路 422 号
专利权人 厦门大学深圳研究院

(72)发明人 林光辉 谭凤仪 熊小京 欧阳通
郑天凌 丁振华 柯林 郑陈娟

(74)专利代理机构 厦门南强之路专利事务所 35200
代理人 马应森

(51)Int.Cl.
C02F 9/14(2006.01)

审查员 李锐

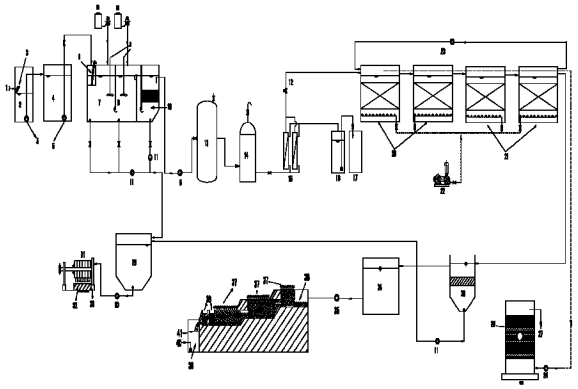
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54)发明名称

一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统

(57)摘要

一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，涉及一种城市污水处理设备。提供一种集污水三级处理与景观绿化为一体，具有占地少、能耗低、处理率高、出水可回用等优点的多功能立体式城市污水综合处理与回用系统。设有二级处理设备和三级处理设备；二级处理设备设有污水提升井，集水池，调节池，酸碱投加装置、混凝反应池，混凝剂投加装置、初沉淀池，厌氧滤池、好氧滤池、鼓风机、二沉淀池、污泥浓缩池、污泥压滤机、压滤水收集槽、清水池、提升泵、除臭滤池、石英砂过滤器、保安过滤器、超滤柱、浓水暂存池和重金属回收装置；三级处理设备设有清水池提升泵、穿孔布水器、湿地种植区、过滤池和蓄水池；污水提升井外接市政污水出口。



CN 102491594 B

1. 一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，其特征在于设有二级处理设备和三级处理设备；所述二级处理设备设有污水提升井，集水池，调节池，酸碱投加装置、混凝反应池，混凝剂投加装置、初沉淀池，厌氧滤池、好氧滤池、鼓风机、二沉淀池、污泥浓缩池、污泥压滤机、压滤水收集槽、清水池、提升泵、除臭滤池、石英砂过滤器、保安过滤器、超滤柱、浓水暂存池和重金属回收装置；所述三级处理设备设有清水池提升泵、穿孔布水器、湿地种植区、过滤池和蓄水池；

所述污水提升井外接市政污水出口，市政污水经隔渣网进入污水提升井，污水提升井由污水提升泵接集水池，集水池的出口接调节池，酸碱投加装置的出口接入调节池内，调节池的出口接混凝反应池的入口，混凝剂投加装置的出口接入混凝反应池，初沉淀池的入口接混凝反应池的出口，初沉淀池的出口接石英砂过滤器的入口，初沉淀池的上清液经污水提升泵送入石英砂过滤器的入口，保安过滤器的入口接石英砂过滤器的出口，超滤柱的入口接保安过滤器的出口，浓水暂存池的入口接超滤柱的含重金属浓水出口，重金属回收装置的入口接浓水暂存池的出口；超滤柱的过滤清水出口经带切换阀管道接入厌氧滤池，厌氧滤池的出水口接好氧滤池的入水口，鼓风机的空气出口接入好氧滤池内，好氧滤池的溢流口接二沉淀池的入水口，调节池、混凝反应池、初沉淀池和二沉淀池的污泥出口经污泥泵接污泥浓缩池的污泥入口，污泥浓缩池的浓缩污泥出口经螺杆泵接入污泥压滤机，污泥压滤机的压滤水排出口接压滤水收集槽入口；二沉淀池的上清液出口接清水池，清水池的清水出口经提升泵接入三级处理设备的湿地种植区的穿孔布水器入口；穿孔布水器的出口经湿地种植区的土壤层接过滤池的入口，过滤池的出口接蓄水池的入水口，畜水池的出水口接入灌溉绿地的入水口，灌溉绿地的出水口接入供水设施；好氧滤池的上部经臭气收集管和抽气机接除臭滤池，除臭滤池上设有排气口，除臭滤池内填充生物填料层。

2. 如权利要求 1 所述的一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，其特征在于所述厌氧滤池设 2 ～ 3 级。

3. 如权利要求 1 所述的一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，其特征在于所述好氧滤池设 2 ～ 3 级。

4. 如权利要求 1 所述的一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，其特征在于所述好氧滤池的溢流口经回流液循环水泵返回接入厌氧滤池。

5. 如权利要求 1 所述的一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，其特征在于所述蓄水池的溢流出口接入雨水收集管网。

6. 如权利要求 1 所述的一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，其特征在于所述厌氧滤池和好氧滤池内均设填料和填料支架。

7. 如权利要求 6 所述的一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，其特征在于所述填料采用贝壳，贝壳装入网袋内，再铺设在填料支架上。

8. 如权利要求 6 所述的一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统，其特征在于所述填料支架采用双层填料支架。

一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种城市污水处理设备，尤其是涉及一种多功能立体式城市污水综合处理与回用系统。

背景技术

[0002] 传统的废水处理设施存在着占地大、造价高昂和建造周期长等缺点，远跟不上乡镇工业与城镇居民小区发展的速度。当前，各国都在寻求发展高效、多功能、节能、紧凑（节地）及易于运行管理的废水处理技术，期望污水，特别是城市污水，经过简单的格栅和初沉淀处理，再经高效生物与生态联合工艺处理后就能达到外排或回用的水质标准。这将大幅度地节省建设投资及运行成本，使废水处理设施布局紧凑，便于屏蔽，改善外观。

[0003] 强化生物滤池技术是集生物氧化和截留悬浮固体于一体，节省了后续二次沉淀池和污泥回流，具有容积负荷高、水力停留时间短、投资少、占地小、出水水质好、生物浓度高、管理简单等特点；缺氧/好氧（简称A/O）生物滤池工艺适合于同时去除污水中有机物和氮磷（[1]郑俊，吴浩汀．曝气生物滤池工艺的理论与工程应用[M]．北京：化学工业出版社－环境科学与工程出版中心，2005：59-105；[2]李金志．贝壳的综合利用[J]．淮海工学院学报，2001，10：22-23）。废弃物牡蛎壳不仅具有适合生物生息的粗糙表面，有利于增殖缓慢的硝化菌附着，而且富含$CaCO_3$，在COD的酸化环境中能产生Ca^{2+}，可与PO_4^{3-}结合形成沉淀实现化学除磷，此外还能为生物脱氮的硝化过程提供碱度，因此是生物滤池填料的最佳选择，既能节省碱度药剂成本，又能大量利用牡蛎壳，为解决海产废弃物的处理处置问题提供了新的思路（[3]熊小京，叶志隆．贝壳与球形塑料填料曝气生物滤池的硝化特性比较[J]．厦门大学学报2005，44(4)：538-541；[4]熊小京，申茜，王新红，等．缺氧/好氧牡蛎壳生物滤池的氮磷去除性能研究[J]．环境科学与技术．2008，31(12B)：76-79）。

[0004] 通过从原位污染环境中筛选具有高效降解污染物的功能基因菌源，采用高密度富集培养和基因改良等手段，制备对污染物具有特殊净化功能菌剂，在生物滤池的启动阶段和运行阶段可适当的投入这些功能净化菌剂，利于强化生物滤池的除氮和除去高浓度有机物或某些难降解有机物的生化效率（[5]王建芳，赵庆良，金文彪，等．生物强化技术及其在污水生物处理中的应用[J]．生物工程学报，2007.1(90：41-44)）。

[0005] 目前，工业废水及城市污水中重金属的处理与回收主要采用吸附、离子交换、生物吸附与沉淀、膜分离、电解以及胶束增强超滤等技术。代表性的膜分离技术是络合/超滤/解络合工艺，含重金属原水经由给水泵进入超滤膜，大分子络合物被超滤膜截留，从而达到去除重金属离子的目的。络合一超滤技术的流程第一步为大分子配体从与之间的络合反应，第二步为络合物被超滤膜截留，即“超滤过程”。有效应用膜分离技术可以实现水及废水中有价值成分的回收与再利用已成为重金属处理与回收的主流技术，具有占地面积小、效率高等特点（[6]陈伟建。膜分离技术在重金属废水处理中的应用研究进展．广东化工，2009.36(4)：132-135）。

[0006] 人工湿地能有效减少废水中的固体悬浮物、生化需氧量、氮、磷、有机污染物和重

金属。由于其良好的处理效果、较低的建造运行成本及环境友好，可广泛应用于城市污水处理、流域农业面源污染和富营养化控制等（[7] 潘继征，李文朝，李海英，等．人工增氧型复合湿地污染物净化效果 [J]．生态与农村环境学报，2010，26(5)：482-486；[8] 吴桐．居住小区污水湿地生态处理方法：中国，CN02125568.7[P]．2003-1-22；[9] 重庆大学．中国西部小城镇环境基础设施经济适用技术及示范（技术识别、集成与示范）[DB]．1000890146．万方成果库．2010；[10] 汤显强．人工潜流湿地净化富营养化水体试验研究——以津河为例 [D]．南开大学，2009；[11] 华南农业大学．复合垂直下行流人工湿地处理污水的方法及其处理系统：中国，CN200710027955.6[P]．2007-10-17）。与之相比，传统的废水三级处理或深度处理工艺大多采用混凝沉淀、过滤、消毒杀菌等，容易造成二次污染、成本高，对低浓度污染物废水难以有效处理。人工湿地技术具有生态、绿色、高效、无二次污染、成本低廉等优点。然而，常见的人工湿地多采用一年或多年生草本湿地植物处理废水，需要经常收割，不仅费工、费时且容易造成次生污染，而利用多年生木本湿地植物如红树进行废水处理，不仅能够长期有效去除废水污染物，还省去收割的投入，而且可为附近居民提供常年的绿色景观。混种红树和一年、多年生草本湿地植物可以优势互补，实现处理效率和湿地生态功能的最优化。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种集污水三级处理与景观绿化为一体，具有占地少、能耗低、处理率高、出水可回用等优点的多功能立体式城市污水综合处理与回用系统。

[0008] 本发明设有二级处理设备和三级处理设备；所述二级处理设备设有污水提升井，集水池，调节池，酸碱投加装置、混凝反应池，混凝剂投加装置、初沉淀池，厌氧滤池、好氧滤池、鼓风机、二沉淀池、污泥浓缩池、污泥压滤机、压滤水收集槽、清水池、提升泵、除臭滤池、石英砂过滤器、保安过滤器、超滤柱、浓水暂存池和重金属回收装置；所述三级处理设备设有清水池提升泵、穿孔布水器、湿地种植区、过滤池和蓄水池；

[0009] 所述污水提升井外接市政污水出口（所述市政污水出口是采用现有物理沉淀设备处理后的污水出口，物理沉淀设备可称为一级处理设备），市政污水经隔渣网进入污水提升井，污水提升井由污水提升泵接集水池，集水池的出口接调节池，酸碱投加装置的出口接入调节池内，调节池的出口接混凝反应池的入口，混凝剂投加装置的出口接入混凝反应池，初沉淀池的入口接混凝反应池的出口，初沉淀池的出口接砂过滤器的入口，初沉淀池的上清液经污水提升泵送入砂过滤器的入口，保安过滤器的入口接砂过滤器的出口，超滤柱的入口接保安过滤器的出口，浓水暂存池的入口接超滤柱的含重金属浓水出口，重金属回收装置的入口接浓水暂存池的出口；超滤柱的过滤清水出口经带切换阀管道接入厌氧滤池，厌氧滤池的出水口接好氧滤池的入水口，鼓风机的空气出口接入好氧滤池内，好氧滤池的溢流口接二沉淀池的入水口，调节池、混凝反应池、初沉淀池和二沉淀池的污泥出口经污泥泵接污泥浓缩池的污泥入口，污泥浓缩池的浓缩污泥出口经螺杆泵接入污泥压滤机，污泥压滤机的压滤水排出口接压滤水收集槽入口；二沉淀池的上清液出口接清水池，清水池的清水出口经提升泵接入三级处理设备的湿地种植区的穿孔布水器入口；穿孔布水器的出口经湿地种植区的土壤层接过滤池的入口，过滤池的出口接蓄水池的入水口，畜水池的出水口接入灌溉绿地的入水口，灌溉绿地的出水口接入供水设施；好氧滤池的上部经臭气收集

管和抽气机接除臭滤池，除臭滤池上设有排气口，除臭滤池内填充生物填料层。

[0010] 所述厌氧滤池可设 2 ～ 3 级；所述好氧滤池可设 2 ～ 3 级。

[0011] 所述好氧滤池的溢流口还可经回流液循环水泵返回接入厌氧滤池。

[0012] 所述蓄水池的溢流出口还可接入雨水收集管网。

[0013] 所述厌氧滤池和好氧滤池内均可设填料和填料支架，所述填料可采用贝壳，贝壳装入网袋内，再铺设在填料支架上，所述填料支架可采用双层填料支架。

[0014] 本发明采用厌氧与好氧生物滤池充填贝壳填料，用自制的净化功能菌剂接种启动，具有有机物氧化，硝化与反硝化，生物除磷等处理功能、重金属回收采用络合 / 超滤 / 解络合工艺、人工湿地多种植物协同脱除氮磷及重金属技术等。

[0015] 本发明集污水三级处理与景观绿化为一体的立式污水综合处理与回用设施。设施采用地上地下立体结构布置，下部为污水一、二级处理设备，上部为三级处理设备；一级处理设备为传统的物理沉淀池，二级处理设备包括贝壳填料生物滤池、络合 / 超滤 / 解络合膜法重金属回收装置，三级处理设备采用潜流式复合人工湿地，可综合处理同时含有生活排水与工业废水的城市污水，具有多功能、高处理率、占地少、低能耗及出水可满足回用标准等优势。

[0016] 本发明通过整合膜法 / 化学法组合技术处理并回收污水中的重金属，强化生物滤池法去除污水中有机质氮磷，绿色生态景观湿地法进一步将出水深度处理至满足中水回用水质指标，设计出一种集污水三级处理与景观绿化为一体的立式污水综合处理与回用设施。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明实施例的结构组成示意图。

[0018] 图 2 为本发明对污水中 COD 的去除效果。在图 2 中，横坐标为时间，纵坐标为 CODcr 浓度 (mg/L)；标记●为生活污水，○为生化池出水，△为湿地出水。

[0019] 图 3 为本发明对污水中氨氮的去除效果。在图 3 中，横坐标为时间，纵坐标为 NH_4-N 浓度 (mg/L)；标记●为生活污水，○为生化池出水，△为湿地出水。

[0020] 图 4 为本发明对污水中总磷的去除效果。在图 4 中，横坐标为时间，纵坐标为总磷浓度 (mg/L)；标记●为生活污水，○为生化池出水，△为湿地出水。

[0021] 图 5 为本发明对污水中重金属的回收效果。在图 5 中，左纵坐标为重金属浓义 (mg/L)，右纵坐标重金属回收率 (％)；标记●为原水，○为出水，▲为回收率。

具体实施方式

[0022] 以下实施例将结合附图给出本发明在去除污水污染物的突出效果。

[0023] 如图 1 所示，本发明实施例设有二级处理设备和三级处理设备；所述二级处理设备设有污水提升井 2，集水池 4，调节池 7，酸碱投加装置 18、混凝反应池 9，混凝剂投加装置 19、初沉淀池 10，厌氧滤池 20、好氧滤池 21、鼓风机 22、二沉淀池 28、污泥浓缩池 29、污泥压滤机 31、压滤水收集槽 32、清水池 34、提升泵 35、除臭滤池 25、石英砂过滤器 13、保安过滤器 14、超滤柱 15、浓水暂存池 16 和重金属回收装置 17；所述三级处理设备设有清水池提升泵 35、穿孔布水器 36、湿地种植区 37、过滤池 38 和蓄水池 39；

[0024] 所述污水提升井 2 外接市政污水出口 1（所述市政污水出口是采用现有物理沉淀设备处理后的污水出口，物理沉淀设备可称为一级处理设备），市政污水经隔渣网 3 进入污水提升井 2，污水提升井 2 由污水提升泵 5 接集水池 4，集水池 4 的出口接调节池 7，酸碱投加装置 18 的出口接入调节池 7 内，调节池 7 的出口接混凝反应池 9 的入口，混凝剂投加装置 19 的出口接入混凝反应池 9，初沉淀池 10 的入口接混凝反应池 9 的出口，初沉淀池 10 的出口接砂过滤器 13 的入口，初沉淀池 10 的上清液经污水提升泵 5 送入砂过滤器 13 的入口，保安过滤器 14 的入口接砂过滤器 13 的出口，超滤柱 15 的入口接保安过滤器 14 的出口，浓水暂存池 16 的入口接超滤柱 15 的含重金属浓水出口，重金属回收装置 17 的入口接浓水暂存池 16 的出口；超滤柱 15 的过滤清水出口经带切换阀 12 管道接入厌氧滤池 23，厌氧滤池 20 的出水口接好氧滤池 21 的入水口，鼓风机 22 的空气出口接入好氧滤池 21 内，好氧滤池 21 的溢流口接二沉淀池 28 的入水口，调节池 7、混凝反应池 9、初沉淀池 10 和二沉淀池 28 的污泥出口经污泥泵接污泥浓缩池 29 的污泥入口，污泥浓缩池 29 的浓缩污泥出口经螺杆泵 30 接入污泥压滤机 31，污泥压滤机 31 的压滤水排出口 33 接压滤水收集槽 32 入口；二沉淀池 28 的上清液出口接清水池 34，清水池 34 的清水出口经提升泵 35 接入三级处理设备的湿地种植区的穿孔布水器 36 入口；穿孔布水器 36 的出口经湿地种植区 37 的土壤层接过滤池 38 的入口，过滤池 38 的出口接蓄水池 39 的入水口，畜水池 39 的出水口接入灌溉绿地 40 的入水口，灌溉绿地 40 的出水口接入供水设施；好氧滤池 25 的上部经臭气收集管和抽气机 24 接除臭滤池 25，除臭滤池 25 上设有排气口 27，除臭滤池 25 内填充生物填料层 26。

[0025] 所述厌氧滤池 20 可设 2 ～ 3 级；所述好氧滤池 21 可设 2 ～ 3 级。

[0026] 所述好氧滤池 21 的溢流口还可经回流液循环水泵 23 返回接入厌氧滤池 20。

[0027] 所述蓄水池 39 的溢流出口 41 还可接入雨水收集管网。

[0028] 所述厌氧滤池 20 和好氧滤池 21 内均可设填料和填料支架，所述填料可采用贝壳，贝壳装入网袋内，再铺设在填料支架上，所述填料支架可采用双层填料支架。

[0029] 实际使用时，市政污水从进水口 1 经隔渣网 3 流入污水井 2，分别由污水提升泵 5 提升至集水池 4，之后再提升至细格栅 6 进入调节池 7，调节池中水靠酸碱投加装置 18 被调至重金属络合反应的适宜 pH 范围，之后靠重力流作用进入带有搅拌器的混凝反应池 9，利用混凝剂投加装置 19 将配制的络合剂不断滴入混凝搅拌机 8 附近，在混凝反应池 9 进行重金属络合反应，此时污水中的胶体悬浮物与络合剂反应生成较大的絮凝体，络合反应悬浮液再继续溢流至内置斜板的初沉淀池 10 进行固液分离；初沉淀池 10 上清液由污水提升泵 5 顺次送入石英砂过滤器 13、保安过滤器 14、超滤装置 15，从超滤装置排出的含重金属浓缩液被送入浓水暂存池 16，再送入重金属回收装置 17 进行剩余重金属的回收；从超滤装置排出的脱除重金属的稀液，经带切换阀 12 的输送管送入厌氧滤池 20、进行厌氧生物降解（有机质酸化，反硝化脱氮和除磷），再溢流至好氧滤池 21（有机质氧化，氨氮硝化），鼓风机 22 将空气送入好氧滤池 21，好氧滤池中的少部分液体由回流液循环泵 23 返送至厌氧滤池 20 的进口，大部分液体溢流至二沉淀池 28，二沉淀池 28 的上清液流入清水池 34，再由清水池提升泵 35、经穿孔布水器 36 送入湿地种植区 37（去除残留有机质，硝态氮和磷酸盐）；湿地中栽培了多种对氮和磷以及重金属具有较好脱除作用的红树及非红树湿地植物，湿地出水经过滤区 38 流入蓄水池 39，蓄水池 39 部分出水经灌溉绿地装置 40 为周边的草坪提供用水，剩余部分经溢流出口 41 流到雨水收集管网。

[0030] 初沉淀池 10，厌氧与好氧生物滤池 20、21，二沉淀池 28，清水池 35，污泥浓缩池 29，上部均设有臭气收集管；风机将收集管中的气体送入除臭池 25 进行生物除臭，除臭池中内设生物填料层 26，上设除臭池排气口 27。

[0031] 调节池 7，混凝反应池 9，初沉淀池 10，二沉淀池 28 的底部均设有排泥管，污泥泵 11 定期为调节池 7、混凝反应池 9 及二沉淀池 28 排泥，排出的污泥均送到污泥浓缩池 29，浓缩污泥经螺杆泵 30 送到板框污泥压滤机 31，压成滤饼后外运填埋，压滤水经压滤水收集槽 32 收集，经收集槽的压滤水排口溢流至污水收集管，靠重力流入集水池 4。

[0032] 本发明实施例的污水处理设施中各种构筑物的尺寸参见表 1。污水处理负荷规模为 50 ～ 100m^3/d。为了最大限度节省用地，主设施构筑物的施工方案为地下 2.5m 和地上 1.5m，重金属处理与回收设备，各种提升泵，除臭送风机和加药泵均安置在 1 号设备间内，占地面积约 50m^2 左右；2 号设备间为 2 层结构，占地面积约 55m^2 左右；容易产生噪音的鼓风机组和污泥提升泵，回流泵组等均安置在地下层，不常使用的污泥压滤机安置在地上层。

[0033] 厌氧滤池 20 与好氧滤池 21 内设双层填料支架，保证均匀的布气和防止填料层阻塞，贝壳被装入容积为 4 ～ 5L 的网袋内，网袋分别均匀地堆放于池内的两层支架上，每层的贝壳堆放高度约为 0.5 ～ 0.7m，厌氧滤池 20 内的曝气头仅在消除被悬浮固体堵塞的填料层时使用。

[0034] 本发明的厌氧滤池与好氧滤池的挂膜操作方法是：用自制的净化功能菌剂按 0.3％的体积比浸泡贝壳层，添加适量的面粉、尿素和磷肥，闷曝 2 ～ 3 日后连续通入污水，之后连续每周投加 3 次，即可完成接种启动操作。挂膜的周期为 2 ～ 4 周。挂膜操作开始时，厌氧滤池与好氧滤池均为曝气操作，待生物膜成熟时，厌氧滤池切换为非曝气操作，好氧滤池至厌氧滤池的回流液循环流量设为 0.25-0.5 倍的进水流量。

[0035] 本发明的人工湿地用地有效地使用了地上空间，包括污水设施所有的顶部；种植区采用阶梯式结构设计，利用水的重力滞留动力，逐级流向指定区域；人工湿地植物最好在春天栽培，到达稳定的污染物去除效果约需要半年以上的时间。

[0036] 以下是本发明在用于处理负荷约为 50m^3/d 实际污水的试验结果：

[0037] 试验条件是：处理对象为某产业园区污水；生化池在自然温度、曝气时溶解氧为 4 ～ 6mg/L、pH 为 7.0 ～ 7.5 条件下运行；水力停留时间为 12 ～ 48h；挂膜启动期间，按 0.3％的体积比每周投加功能净化菌剂扩大液一次，按周一次连续投加 3 ～ 4 周。

[0038] 从图 2 可以看出，进水 COD 主要在 200 ～ 400mg/L 范围变化；生物滤池与清水池出水从 3 月 19 日之后，基本稳定在 50mg/L 以下，平均 COD 去除率在 80％～ 90％左右；自 4 月 12 日后生化池与清水池出水 COD 已低于 20mg/L，平均 COD 去除率已达到 90％以上；自 4 月 19 日后，湿地出水 COD 与清水池出水基本相同，设施出水 COD 指标已达到中水水质要求 (50mg/L 以下)。由图 3 可知，进水 NH_4-N 值在 30 ～ 92mg/L 的范围变化；环境温度的季节变化与进水量的变动，使生物滤池出水 NH_4-N 在 3 月 19 日之后才逐渐稳定在 10mg/L 以下，NH_4-N 去除率在 80％～ 90％之间，已显示出良好的硝化活性。4 月 12 日之后的生物滤池出水与清水池出水 NH_4-N 已降至 3mg/L 以下，NH_4-N 的去除率达到 95％以上，湿地出水 NH_4-N 与清水池出水基本相同，已达到中水水质要求 (8mg/L 以下)。由图 4 可知，进水的总磷在 1.7-6.8mg/L 范围变化；生物滤池出水 TP 在 1 ～ 5mg/L、湿地出水总磷在 0.6 ～ 1.91mg/L 范围变化；生化池对总磷的去除率基本维持在 25％～ 35％之间；湿地对总磷的去除率基本

维持在 40％～ 65％之间；从 5 月初开始，湿地出水中的总磷已经降至 1.0mg/L 以下，历经 5 个月的运行，设施出水的 TP 指标已接近中水水质要求 (1.0mg/L)。由图 5 可知，镍 (Ni)、铅 (Pb)、铜 (Cu)、铬 (Cr)4 种重金属的回收率均在 90％以上，重金属回收率 80％以上。

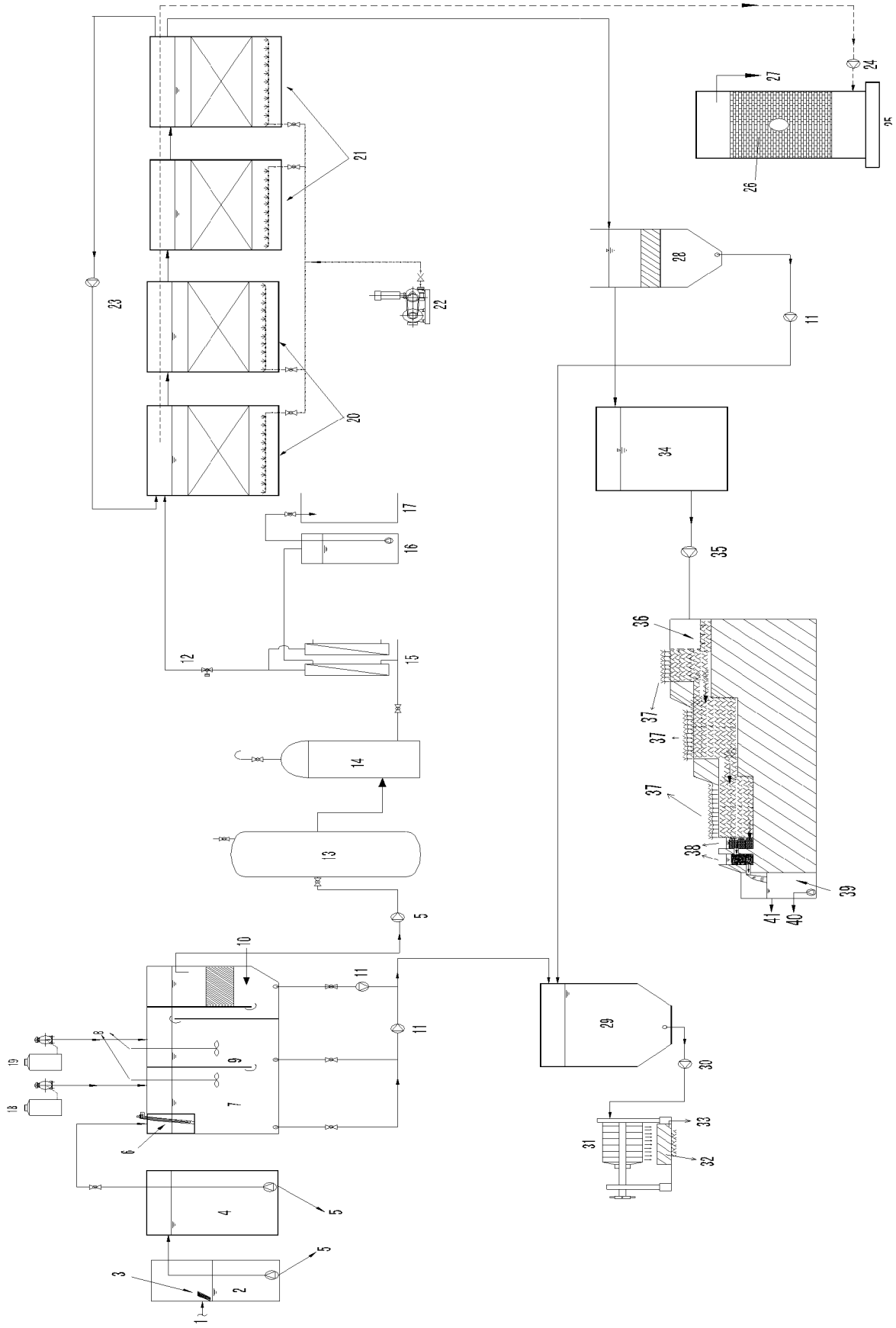

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

图 1

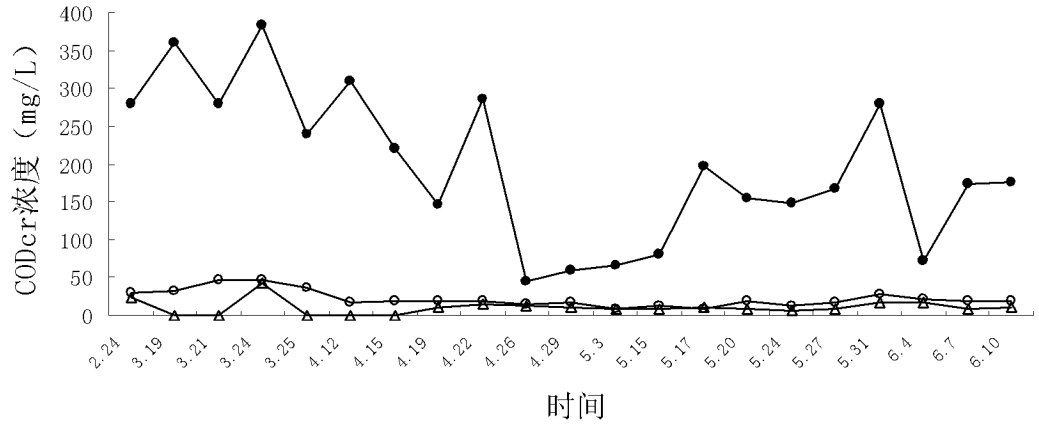

CODcr浓度（mg/L）
400
350
300
250
200
150
100
50
0
2.24
3.19
3.21
3.24
3.25
4.12
4.15
4.19
4.22
4.26
4.29
5.3
5.15
5.17
5.20
5.24
5.27
5.31
6.4
6.7
6.10
时间

图 2

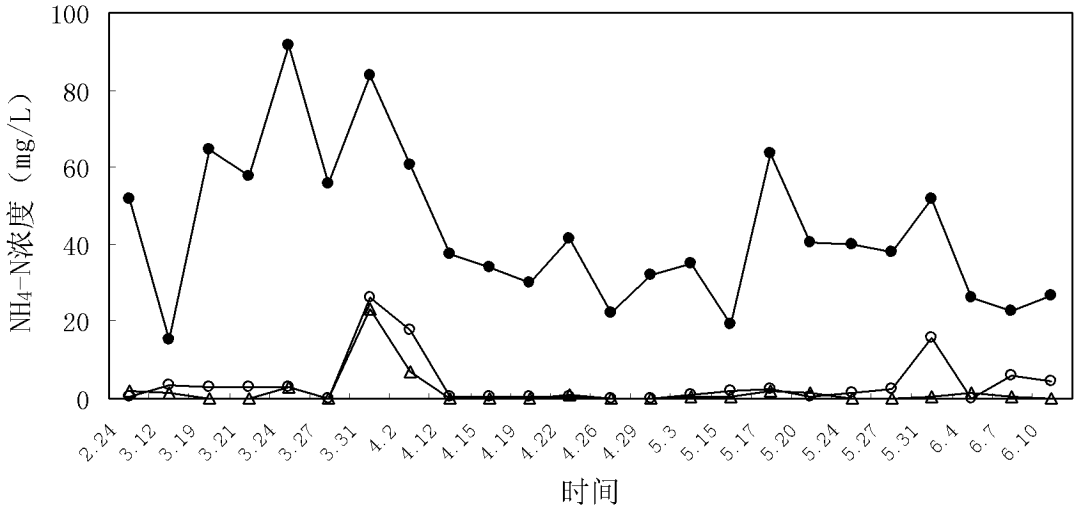

NH4-N浓度（mg/L）
100
80
60
40
20
0
2.24
3.12
3.19
3.21
3.24
3.27
3.31
4.2
4.12
4.15
4.19
4.22
4.26
4.29
5.3
5.15
5.17
5.20
5.24
5.27
5.31
6.4
6.7
6.10
时间

图 3

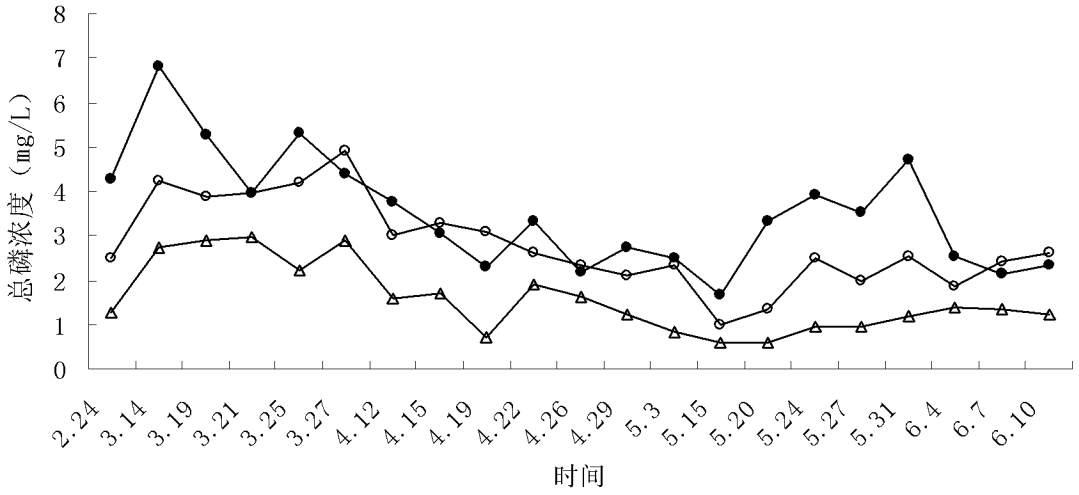

总磷浓度（mg/L）
8
7
6
5
4
3
2
1
0
2.24
3.14
3.19
3.21
3.25
3.27
4.12
4.15
4.19
4.22
4.26
4.29
5.3
5.15
5.20
5.24
5.27
5.31
6.4
6.7
6.10
时间

图 4

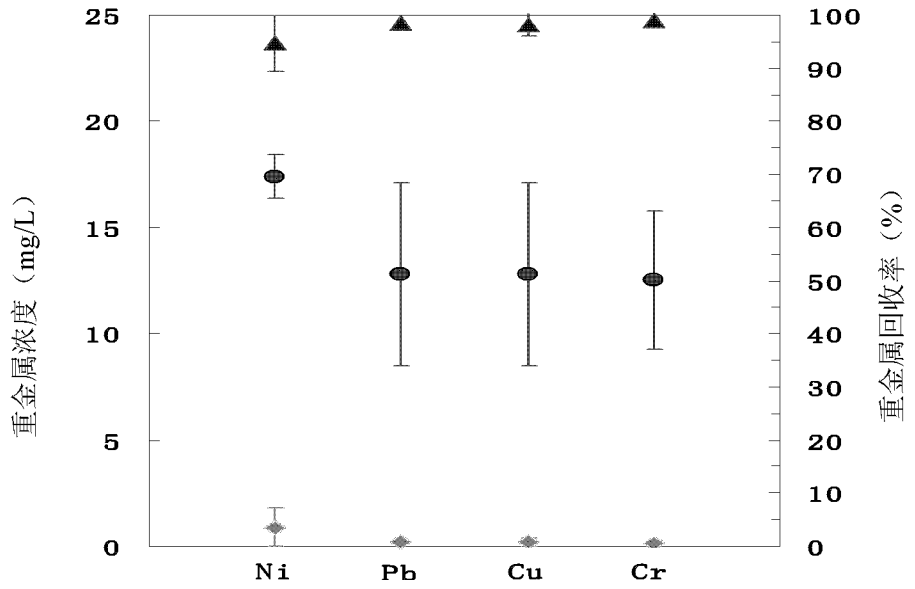

25
20
15
10
5
0
重金属浓度（mg/L）
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
重金属回收率（%）
Ni
Pb
Cu
Cr

图 5