

浅谈一种用于小城镇的A/O-复合式生物填料滤池生活污水处理技术

王 鹏

武汉华德环保工程技术有限公司 湖北 武汉 430080

摘要: 依本文根据小城镇生活污水的排放特点,在满足处理工艺依可靠性、先进性、经济性原则的前提下,选用“A/O+复合式生物填料滤池”的处理技术处理^[1]小城镇的生活污水,确保出水达到GB18918-2002一级A的排放标准限值,进而提高小城镇发展的可持续性。该技术可为以小城镇生活污水污水处理厂的建设和提供参考。

关键词: A/O; 复合式生物填料滤池; 小城镇; 达标排放

引言:随着国家“十四五”发展规划的要求,各级政府持续对小城镇经济发展的政策进行相应的完善及扶持,使得小城镇整体经济发展水平有了很大的提高。然而对于小城镇的城市基础设施建设却略微滞后于其经济发展的步伐,特别是一些中、小城镇及辖内全体农村村庄的污水系统现状为直接排入就近水体,无组织排水,无污水处理厂。由于城市建设的全面发展,现在的排水条件已经不能满足国家的相关要求,严重影响各乡镇的环境卫生。本身没有污水处理设施的城镇及各个村庄日常生活污水排放已严重污染当地水源,使得裸露在地面的排水沟渠、雨水流道日积月累的成为生活污水排放通道,进而形成气味难耐、臭气熏天的黑臭水体。该类水体严重影响了城镇内环境卫生、人居环境以及城市面貌,对当地经济的可持续发展及居民身心健康都造成不良影响。

在结合小城镇污水处理厂进水水质的特点、遵守其当地污水处理排放标准的要求、满足其处理工艺依可靠性、先进性、经济性原则的前提下,选择具有除磷脱氮功能的复合型生物处理+深度处理的工艺才可满足设计要求。而一个完整的污水处理工艺流程主要包括以下五大环节:预处理、生物处理、深度处理、污泥处理以及管理控制^[2]。而生物处理单元是为污水处理系统内最重要组成部分,承担了主要水体中污染物的去除的作用,其工艺的选择尤为重要。

常规的城镇市政污水处理的生物处理环节,需采用具有除磷脱氮功能的生物处理工艺,现有国内常用的污水处理技术主要为活性污泥法(氧化沟、A²O、SBR、CASS等)及生物膜法(生物转盘、生物接触氧化法、生物滤池等)。该处理工艺段需要在日常进水负荷不均匀的情况下,通过生物合成、处理下,将总氮去除率提高到70%~95%,且总磷去除率70%~90%,一同时生物处理

系统可稳定可靠运行。

根据国家关于城乡相关的环境保护政策,满足符合国家有关法规、规范和标准;结合当地实际情况及镇(乡)村总体规划;依据各城镇生活污水进水水量的统计、水质特点的分析和出水水质标准的要求,结合国内类似小城镇已实施或正在运行的成熟处理工艺,确保出水达到相应的排放标准限值。

拟采用A/O一体化设备+复合式生物填料滤池工艺用于本次污水处理厂处理城镇的市政污水。该工艺结合“A/O一体化设备+复合式生物填料滤池”各自处理优势的特点创建的一种用于小城镇生活污水处理专利技术(实用新型专利“污水处理系统”,专利号:ZL201921875078.2)。

该工艺除了满足经济合理、操作运行方便、维修简易、运行费用低等易维护特点的同时,亦对厂区周围环境的不造成相关影响,既可采用低动力设备合理控制噪声、亦可通过生物反应和人工湿地植物降低水体中污染物气味,减少固体废弃物的产生,防止二次污染,实现了污水处理低碳、可持续性的理念。

1 该生活污水处理的工艺流程

该污水处理工艺系统的工艺流程(如图1)简述如下:

来自污水处理系统的预处理段处理后的生活污水提升后进入A/O一体化设备,A/O一体化设备以将生活污水进行推流的方式将一体化设备的前段缺氧段(A段)和后段好氧段(O段)联系在一起。污水首先通过在A/O一体化设备的缺氧段(A段)异养菌将污水中的BOD₅、COD(生活污水主要成分为淀粉、纤维、碳水化合物等悬浮污染物和可溶性有机物)水解为有机酸,使分子量大的有机物分解为分子量小的有机物,不溶性或难溶性的有机物通过断链等方式转化成可溶性有机物,再将当这些

经缺氧水解的产物自流进入好氧段（O段）进行处理时，可提高污水的可生化性；同时在A段异养菌将含氮有机物（主要成分为蛋白质、脂肪等）进行氨化反应，游离出氨（ NH_3 、 NH_4^+ ）后进入O段，在O段充足供氧条件下，自养菌的硝化作用将 $\text{NH}_3\text{-N}$ （ NH_4^+ ）氧化为硝态氮，通过回流控制将混合液返回至A段，在缺氧条件下，异氧菌的

反硝化作用将硝态氮还原为分子态氮（ N_2 ）。至此在A/O一体化设备中完成C、N、O在生态中的循环，实现污水无害化处理。A/O段出水进入沉淀区去除水中的悬浮物及易沉淀物，减少出水中SS及磷排放量。A/O一体化设备的回流泵及风机等设备放置在设备间中。最后出水进入中间水池1。

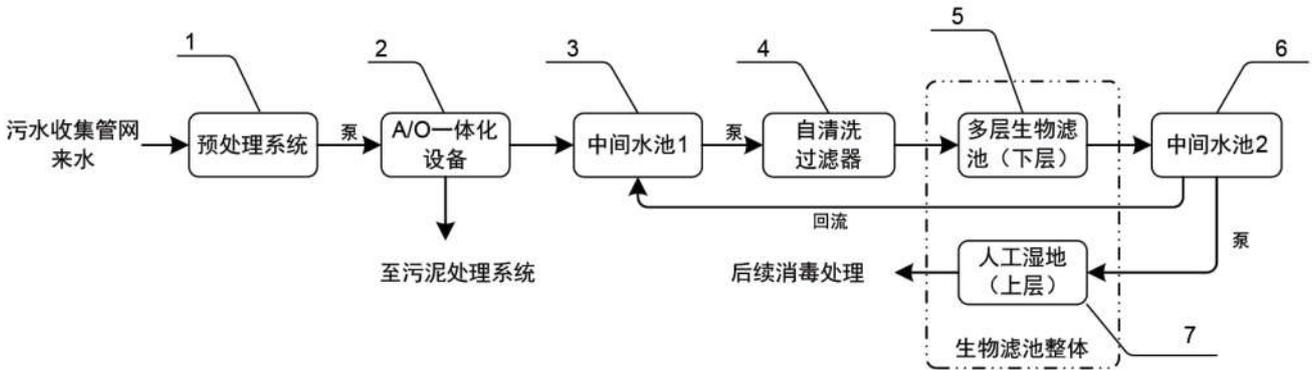


图1 工艺流程图

复合式生物填料滤池是本工艺的核心生物处理单元，为保证后续复合式生物填料滤池减少堵塞，污水在中间水池1中进行二次提升，并在进入复合式生物填料滤池前设置自清洗过滤器。

污水在复合式生物填料滤池交替经历厌氧、缺氧、好氧状态，实现有机物和氮磷营养元素的去除，复合式生物填料滤池出水提升至顶层人工湿地。

为保证总氮的去除率，在复合式生物填料滤池出水设置回流管道，将部分出水回流至中间水池2，充分利用进水中的碳源进行反硝化反应去除总氮。

在人工湿地进一步强化后，达标排放。

2 A/O一体化设备+复合式生物填料滤池工艺的主要技术特点

2.1 A/O一体化设备

该设备是在传统活性污泥法A/O工艺的基础上，通过对设备内部结构合理化的设计，采用先进的曝气方式和利用高沉淀表面负荷的沉淀技术研究出来的一体化生活污水处理装置，该装置在保证较高污泥浓度的情况下，内部运行的活性污泥絮体性状密度大、不易分散、沉淀效果彻底。

运行过程中污水经调节池由泵提升至A/O一体化装置进行生物处理。该设备是通过水力推流方式依次通过缺氧区、好氧区、沉淀区。污水进入缺氧区后，与来自沉淀区的回流污泥混合。该处理段在的反硝化菌的作用下将硝态氮还原到氮气。同时活性污泥中的聚磷菌也在此过程中进行释磷进入混合液中。混合液进入后续好氧区

后，硝化菌将污水中有机物被氧化分解，同时也在好氧条件下聚磷菌又吸收混合液中的磷盐到污泥中。因此污水在设备内部经过“缺氧-好氧”的交替作用后，进入沉淀区将污水中的污泥进行分离，进而达到了脱氮除磷的目的。经沉淀区沉淀后的污水自流进入后续起调蓄作用的中间水池1中。

2.2 中间水池1

该构筑物作为A/O一体化设备与复合生物滤池之间的传输水池，用于收集A/O一体化设备上清液出水，并由水池中的提升泵将污水经自清洗过滤器处理后，提升至复合式生物填料滤池；

2.3 自清洗过滤器

该设备安装于中间水池1提升泵出口，利用设备内部的不锈钢滤网的设计目数，直接拦截水中的杂质，将A/O一体化设备出水水体中较大颗粒的悬浮物、颗粒物拦截，防止废水中的该物质堵塞后续复合式生物填料滤池，提高滤池内部填料的使用寿命。同时该设备利用其进出水差压与排污阀连锁控制，实现自动全排污。

2.4 复合式生物填料滤池

污水在通过复合式生物填料滤池下层顶部的穿孔管在水池内部均匀配水后，由填料层顶部依次进入复合式生物填料滤池的多层滤料中，同时利用低功耗的斜流风机强制对复合式生物填料滤池滤料间的碎石层进行通风，并布置特制的通风管道穿越复合式生物填料滤池上下层结构，将滤池下层填料间的碎石层形成一个“充氧”的环境，从而使得在滤池下层各个填料间内自上而

下形成“厌氧-缺氧-好氧”三块区域。当污水在以低速渗滤方式穿越多层复合填料的过程中，其在填料间经过多次厌氧、缺氧、好氧的微生物环境中，污水中稳定的溶解性有机物及含氮磷的无机物被微生物充分的代谢、分解。同时难降解的有机物也可通过复合填料的可

吸附性，滞留在各层填料中缓慢进行分解。最后使得污水中C、N、P等污染物得到了非常充分的降解。最后污水由复合生物滤池的最底部碎石层下的穿孔收集管收集后自流进入中间水池2，并提升至上层人工湿地进行深度处理。

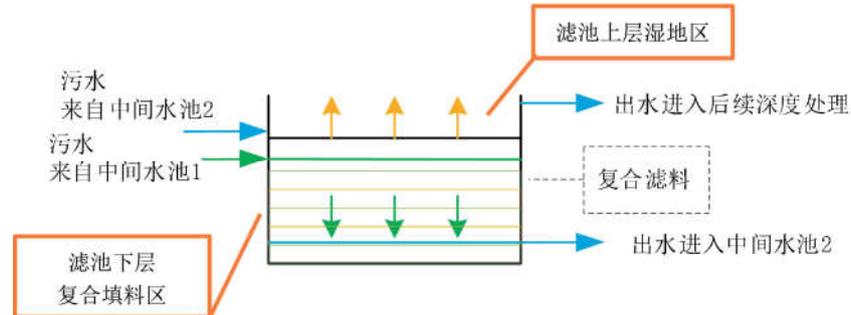


图2 复合生物滤池正常运行工艺流程图

2.5 中间水池2

该构筑物作为复合生物滤池上下层转输的暂存水池，收纳从复合式生物填料滤池下层底部穿孔管收集的污水，并用泵提升至复合式生物填料滤池上层湿地进行深度处理；

2.6 人工湿地

该设施作为上述系统最终保证出水水质的工艺构筑物，用于处理经复合式生物填料滤池下层处理后的污水，致使污水在湿地的一端进入填料床以后，在填料缝隙中渗流，并根据填料表面和丰富的植物根系和植物根

系上面的生物膜进行吸附和截流^[3]保证污水达标排放，同时利用人工湿地种植植物定期的收割，去除吸附在植物中的营养物质，同时收割的植物也可资源化处置（制作饲料、生物燃料等）。

3 A/O一体化设备+复合式生物填料滤池各处理单元去除效果

根据对已实施的污水处理厂各处理单元日常进出水水质分析，各单元去除率均可达到设计要求，出水满足设计出水水质要求，详见表1所示：

表1 主要处理单元污染物去除率一览表

项目	进水 (mg/L)	A/O一体化处理装置		自清洗过滤器		多层生物滤池		人工湿地		设计出水水质 出水 (mg/L)
		出水 (mg/L)	去除率 (%)	出水 (mg/L)	去除率 (%)	出水 (mg/L)	去除率 (%)	出水 (mg/L)	去除率 (%)	
COD	130	52	60%	50.96	2%	7.64	85%	3.82	50%	≤ 50
BOD	80	16	80%	15.2	5%	4.56	70%	2.74	40%	≤ 10
SS	200	230	-15%	138	40%	13.80	90%	6.9	50%	≤ 10
NH ₃ -N	25	15	40%	15	0%	3.75	75%	2.25	40%	5 (8)
TN	35	21	40%	21	0%	5.25	75%	2.63	50%	≤ 15
TP	3	1.2	60%	1.2	0%	0.36	70%	0.22	40%	≤ 0.5

4 结束语

采用“A/O一体化设备+复合式生物填料滤池”处理工艺，可针对目前小城镇的生活污水处理痛点进行实施。在小城镇生活污水来水不均匀、水质变化大的情况下，以较低的投资和运维成本、出水效果有保证的前提下，采用“低碳、可持续性”的设计理念，有助于缓解我国许多地区水资源短缺的矛盾，同时还可节省大量污水收集管渠投资建设费用和建设周期，在短时间内大幅

削减污染物排放总量，迅速改善周边水环境。

参考文献

- [1]王鹏,邵振持,王璐,汤武豪. 污水处理系统. 实用新型专利. ZL201921875078.2.
- [2]湖北省乡镇生活污水治理工作指南
- [3]高志勇,谢恒星,李吉锋,等. 人工湿地处理污水研究进展[J]. 渭南师范学院学报,2018,33(8):16-21.