

污水中复杂离子的克星研究

何天贤 杨江华 蓝秋婷 黄柏琳
(广西科技师范学院, 广西 来宾 546100)

【摘要】“十四五”规划指出,到2025年我国城镇污水处理及资源化利用率将达到95%以上。在我国污水生产量与日俱增的趋势下,污水处理作为我国保护和发展生态环境、应对水资源短缺的重要措施,必须加强在这方面的能力。本研究项目致力于解决污水处理过程中复杂离子的去除难题,旨在开发一种高效、可行的克星技术,提高污水处理的效率和水质。通过研究运用现有资源和技术制作产品,以实现简单易实现的产品污水净化反应条件。通过对污水中复杂离子成分的分析、克星材料的筛选和性能评价、工艺优化以及应用示范等环节的研究,取得了一系列重要的研究成果。本项目中的产品利用水合物离子排斥机理将污水中的水分子提取出来,然后再进行去离子二次净化以达到污水净化的效果。同时本项目参与人员采用了二次去离子技术将离子去除率达到了96%,更加高效地解决污水处理问题。这些成果不仅在技术上具有创新性,也在环境保护和社会经济方面产生了积极影响。

【关键词】污水;离子;净化

一、项目背景与目标

随着各行各业及各类项目的发展,城市给民众带来了美好生活享受的同时,也为城市环境经营和管理带来了不少困扰,水污染防治是城市环境治理的重要议题。污水处理项目如何成功落地和高效低成本运营,成为行业和学术界关注的重点。水污染防治的必要性不言而喻,而污水处理作为其中最有效手段,在城市建设发展扮演着极其重要的角色。近年来,国家出台多项污水处理相关政策,涉及水污染防治、污水处理市场化机制等多方面内容,推动我国污水处理市场不断规范化发展。如在“十四五”规划中提出了《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》。

中国城市生活污水排放量与城镇化率密切相关。改革开放以来,中国城市第二产业及第三产业迅速发展,吸引人口大规模涌入城市,中国城镇化水平得到持续提升。城市化和工业化的快速发展,污水处理成为环境保护领域的重要挑战。然而,传统的污水处理技术常常无法有效去除污水中的复杂离子,如有机物、重金属离子等,导致水质污染问题日益严重。经文献调查发现,目前水合物应用的领域较少,包括气体储存、气体分离、水合物制冷和灭火器及海水的淡化。因此,本项目旨在针对污水中复杂离子的特性和成分,开展研究,探索一种高效、可行的克星技术,以提升污水处理的效率和水质,同时本产品的的水合物污水净化技术属于全球首创,可以更好地解决关乎人类生存安全的饮水问题,具有极大的研究价值。

二、研究内容与方法

在项目实施过程中,我们团队主要开展了以下几

方面的研究工作

(一)攻克关键污水处理技术分析

通过运用四大核心技术,提高污水处理的效率。

首先,水合物离子排斥机理。该技术的客体分子为水分子,外层分子为水分子和水合剂R134a组合而成的分子结构。该装置的多孔介质体系由粒径0.21-0.29 mm的硅砂组成。水合物在形成过程采用多孔介质体系及微波生成技术来增加水合物的生成速度。多孔介质体系可增加气液接触面积,增加水合反应速率;微波技术可减少水合物成核的时间,从而减少水合物生成的时间。水合物形成过程也被称为“离子排斥”过程。离子浓缩装置利用水合物形成的“离子排斥”机理,利用水合剂的单一选择性,将污水微团中水分子与其他杂质离子分离,实现水分子的单独提取。

其次,水合物解离模块设计。该设计包括水合物提取装置和水合物解离装置。第一,水合物提取装置,在螺杆和扇叶的作用下,将水合物从水合物生成装置提取至水合物解离装置。该装置实现水合物提取的同时,可以控制解离室内的压力,可以使一个装置实现多重功效。第二,水合物解离反应室安装在水合物生成装置的下方,经水合物提取装置自上而下将自烧结网上生成的水合物由反应釜提取至解离室内,在解离室内,先由水合物提取装置将水合物柱进行挤压,增大水合物柱的密度,之后在解离室的条件下,将水合物进行解离。解离室的温度和压力由恒温恒压控制系统进行控制,整套设备的自动化程度高,降低人力成本。

再次，去离子二次净化技术。该装置在初代产品的基础上进行改善，增加了电容去离子化溶池，该装置可将一次净化后的污水进行去离子化操作，电容去离子溶池内配有上下正负极板，当污水流过时，由于水分子无极性，阴阳离子带有正负极性，因此一次净化后的污水中所有的阴阳离子将被吸附，达到二次净化的目的。其中配有流量计和智能控制系统，可根据流量大小调整正负极板的极性大小，使整个装置的能耗达到最低。

最后，原料回收再利用技术。该产品设计一套原料回收循环利用系统，使得产品的原料在装置内循环使用，使得该装置在一定程度上为一个闭口系统，使得产品的装置运行效率最大化，降低能耗，同时该装置由于与外界环境无物质交换，使得该装置在污水净化过程中没有造成二次污染。

（二）确立产品目标优势分析

该技术有三大优势。

首先，该技术可以实现简单易实现的产品污水净化反应条件及工艺过程。该产品所采用的水合物污水净化技术由于采用逆向思维，对污水中的水分子进行提取，因此对污水中污染物的种类不存在限制，处理范围广泛。且该技术由我们自主研发一套水合物技术污水净化装置。该装置自动化程度高，工艺流程相对传统技术而言简单。

其次，该技术能够使二次污染程度降低。传统的污水处理技术在二级处理和三级处理中均可能存在二次污染，本产品污水处理整个过程在封闭系统内进行，同时排出的杂质由专门通道进行回收，之后根据污水的复杂程度对污水中的污染物杂质离子进行回收利用，该产品在污水处理过程中二次污染程度低。

最后，该技术可以提高产品性价比。本产品目前还未投入市场，产品型号较少，但现有的产品型号与市场同类产品相比，本产品的污水净化效果随着污水处理量的增加，性价比会更加明显。本产品的污水处理成本综合来看，与市场上的主流的膜处理技术产品相比，降低 18 个百分点。

（三）技术路线分析

本项目主要拥有三条技术路线，分别为：化学技术路线，物理技术路线，机械加工技术路线。本产品采用模块化设计，有水合物生成模块、水合物解离模块以及原料回收模块，并且我们采用逆向思维，摒弃了传统去除离子的方法，我们采用了水合剂单一选择性与水分子结合生成水合物将水提取出来，之后采用二次去离子技术，将污水中的带电离子除去，大大提高了离子去除率。

化学技术路线有水分子快速提取技术，水合物快

速解离技术和去离子化二次净化技术；物理技术路线有原料回收再利用模块，该系统可以使得产品的原料在装置内循环使用，使得该装置在一定程度上为一个闭口系统，使得产品的装置运行效率最大化，降低能耗，同时该装置由于与外界环境无物质交换，使得该装置在污水净化过程中没有造成二次污染；机械加工技术路线能够根据市场需求可灵活做出调整，具有一种全新的机械结构特征。

（四）工艺优化效果预期

传统化学沉淀法、吸附法、离子交换法、膜分离法、生物法水净化效率低的问题本装置单次处理量 20Kg，该装置的净化效率为：0.16T/h。此外为解决离子去除问题，我们采用了二次去离子技术将离子去除率达到了 96%，较传统方法提高 21%。传统污水处理装置无法达到小型化，种类单一的问题；传统净水方法将污水中杂质离子去除，导水中营养物质流失的问题；传统污水实用场景不够广泛的问题；传统产品的净化过程复杂，反应条件比较严苛的问题；传统产品自动化程度低，工作流程复杂的问题；传统技术在污水二级处理和三级处理过程中存在二次污染的问题基于克星材料的特性，我们对污水处理工艺进行了优化。通过吸附、离子交换、催化氧化等多种处理方法的协同作用，提高了污水处理的效率和水质。

三、研究成果与效益

（一）技术创新

本项目取得了一系列研究成果，在技术上具有一定的创新性。目前市场上的产品多采用传统技术，例如生物膜技术中利用微生物处理法、物理技术中反渗透膜法、离子交换膜法、蒸馏法、结晶法以及蒸发法等等、化学技术中的化学沉淀法、电解法以及混凝法，这些技术均将污水中的杂质离子去除，达到污水净化的效果，而且传统技术发展至今，仍有一些共同问题亟待解决，例如：高能耗和相关二次环境污染；膜材料和传质设备的腐蚀和堵塞；热交换器外表面盐沉积结构引起的高昂维修费用以及污水处理过程复杂。本产品的新颖性在于本产品与市场上的产品相比，本产品的污水处理采用逆向思维，本产品利用水合物离子排斥机理将污水中的水分子提取出来，然后再进行去离子二次净化以达到污水净化的效果。

（二）项目特色

目前市场上存在较为普遍的污水处理方法为化学沉淀法、吸附法、离子交换法、膜分离法、生物法等等，这些技术都或多或少地存在一些问题。本产品采用的是一种新型自主开发水合剂（R134a）的快速生成方法，能够选择性地污水微团中的水分子与杂质离子分离，以固态的形式提取后进行解离，实现水质净化。我们这种方法极大解决了传统方法的不足，

使污水净化效率大大提高。另外本产品根据用户废水处理量及使用方式定制装置大小,产品划分用途和功能,设计开发了三款不同型号的污水高效处理及资源再利用装置,三代产品污水处理效率逐代增强。

基于以上产品优势分析,本产品投入市场发展空间大,有望在短期时间内获得较大收益。本产品采用模块化设计,有水合物生成模块、水合物解离模块以及原料回收模块,并且我们采用逆向思维,摒弃了传统去除离子的方法,我们采用了水合剂单一选择性与水分子结合生成水合物将水提取出来,之后采用二次去离子技术,将污水中的带电离子除去,大大提高了离子去除率。最后,本产品有四大优势核心技术,且核心技术已经做好安全防范措施。

(三) 环境效益

污水处理在减轻环境污染方面发挥着至关重要的作用,它有助于改善水体质量、维护生态平衡、减少水生生物的受害和保护人类健康。污水处理的主要目标之一是去除废水中的有害物质和污染物,如有机物、重金属、氮、磷等。通过物理、化学和生物方法,污水处理技术可以将这些污染物从废水中去除,使处理后的水质明显提高。这有助于确保清洁的水体流入自然水环境,减少水体污染,改善水资源的可持续性。通过污水处理,污水中的有害物质可以得到有效去除,从而降低了水生生物受害的风险。这有助于维护鱼类、甲壳类、水生植物和其他生态系统成员的健康。

(四) 能源效益

污水处理效益提高的前提条件,即减少工程投入,提高能源效益,污水处理过程中,优选先进的污水处理装置,以期实现资源重复利用、生态环境保护目的。在工业化和城镇化发展过程中,水资源保护意识逐渐强化,合理应用污水处理方法、能够大量回收生物质能,提高节能效率。对比于传统污水处理手段,新处理方法具有低能耗、高效益等优点。从经济可持续发展角度出发,污水处理方式应适当创新,推动经济建设活动顺利进行。

(五) 经济效益

本项目具有较低的成本和较高的处理效率,在“双碳”背景下,我国作为能耗大国,积极出台相关政策及措施,谋求污水处理行业的低碳转型,为污水处理行业的可持续发展作出贡献,为乡村振兴、农村生态环境改善夯实基础。在我国污水生产量与日俱增的趋势下,污水处理作为我国保护和发展生态环境、应对水资源短缺的重要措施,必须加强在这方面的能力,为污水处理厂的运行节约了大量的成本。同时,提高污水处理的效率和水质,为社会经济发展带来了实际的经济效益。

(六) 社会效益

本项目具有较高的社会效益。污水处理质量对社会经济发展有关键性影响。在处理污水过程中,应妥善处理环境保护与经济发展间的关系,通过创新污水处理方法为人与自然和谐发展助力。未经处理的污水排放中可能含有致病微生物,如细菌、病毒和寄生虫,可能对人类健康构成威胁。合格的污水处理可以有效去除这些微生物,确保水源的安全性,降低水源性疾病的传播风险。这对于饮用水和水产业至关重要。沿海地区和淡水湖泊是丰富的生态系统,但它们经常受到城市和工业活动的影响。通过污水处理,可以减少废水排放对这些生态系统的冲击,帮助维持它们的生态平衡。这对于保护珍稀物种、维护渔业资源和提供生态旅游机会至关重要。通过本项目的成功实施,为城市环境保护和可持续发展做出了积极贡献。改善了居民生活环境,提升了社会的整体福祉,加深了公众对环境保护的认识和意识。

四、未来展望

在项目结束后,我们将继续深入研究污水处理技术,进一步优化克星材料的性能和处理工艺,提高污水处理。近年来,随着世界各地环境保护意识的日益增强和环境规定的日益严格,科学技术得到了极大的发展。在我国,这一领域的研究正在快速兴起,为国内经济社会的发展提供了极大的福祉。随着时代的变迁,人们对于更先进的污水处理技术的关注日益增加。因此,政府、企业、学者等各界人士积极参与其中,共同努力,加强对污水处理技术的研究,深入探索其在环境保护方面的应用,以促进全球环保事业的可持续发展,从而为全球的环境保护事业注入新的活力。

五、致谢

感谢陈秋园老师提供项目思想点以及项目所需的核心技术,同时为项目制定大致进度表和指导项目的运行并提出关键指导建议;感谢各位项目组成员的辛勤工作和无私奉献,也感谢所有关心和支持本项目的单位和个人。

参考文献:

- [1] 覃红茹.工业废水中重金属离子的处理技术研究[J].广东化工,2023,50(15):134-136.
- [2] 张岩.污水中镉离子联合吸附技术研究[D].河南师范大学,2024-03-19.

指导老师: 陈秋园

项目名称: 大学生创新创业训练项目

项目编号: S202311546100

标注: 广西科技师范学院大学生创新创业训练计划项目资助