

省科学技术厅关于发布《山东省水污染防治技术指导目录》的通知

各有关单位：

为贯彻落实《山东省人民政府关于印发山东省落实〈水污染防治行动计划〉实施方案的通知》（鲁政发〔2015〕31号）要求，推动节水、治污、水生态修复等方面先进适用技术推广应用，我们面向全省公开征集水污染防治相关技术成果，并组织行业专家进行了评估论证，编制形成了《山东省水污染防治技术指导目录》，现予发布，供参考。

山东省科技厅

2017年5月10日

前 言

《技术指导目录》包括 31 项先进适用技术成果，为便于使用者查阅和掌握整体情况，《技术指导目录》分为技术目录和技术简介两部分。第一部分技术目录中，每项技术由技术名称、技术内容和适用范围三部分组成。第二部分技术简介中较详细介绍了各项技术的具体内容、应用的典型案例、技术咨询单位信息等。由于时间有限，未对各项技术的技术经济指标和实际运行情况进行现场核实。

《技术指导目录》经专家评估评审和征求相关部门、地方意见后形成。任何机构使用本目录所列技术，请认真研究分析该技术在相关应用中的适用性，并根据《合同法》等相关法律法规，与技术咨询方约定双方权利义务，在技术交易和使用中严格履行供需双方的责任与义务。

目 录

第一部分技术目录.....	5
第二部分技术简介.....	18
1、基于溴酸盐控制的臭氧活性炭深度处理技术.....	18
2、动态自清洗微过滤技术.....	20
3、微藻治理富营养化水污染技术.....	24
4、城镇污泥厌氧产乙酸发酵资源化利用的工艺及关键装置.....	27
5、中小城镇生活污水低能耗、无人值守处理集成设备.....	34
6、“微生物+光量子”组合式污水净化处理系统.....	37
7、选择性截留油水分离技术.....	40
8、等离子体原位生成纳米铁深度处理含重金属（砷）废水技术.....	45
9、抗板结粒状陶制铁碳微电解填料处理高浓度难降解有机废水技术.....	49
10、臭氧氧化+PACT—SBR+催化氧化处理纯工业废水.....	50
11、高盐废水生化处理工艺.....	53
12、AMOXp 技术.....	56
13.扩散渗析膜法处理酸碱性废水技术.....	59
14.工业污水芬顿流化床深度处理技术.....	62
15.高盐有机废水综合处理技术.....	64
16.高盐高 COD 难生化工业废水强化除 COD 脱氮除磷技术.....	67
17、3D 打印纳米线多功能膜水处理系统.....	70
18、菌-藻共生系统用于含盐水处理和营养回收.....	73
19、内循环 BAF 工艺技术.....	76
20、大蒜加工废水深度处理及资源化综合利用技术.....	79
21、3D-RBC 立体结构生物转盘技术.....	83
22、基于厌氧氨氧化技术的高氨氮污水处理设备.....	92

23、复合循环生化式膜中水一体化设备.....	95
24、微生物修复石油污染技术.....	99
25、一种新型可持续强化运行的人工湿地技术.....	102
26、城市河道水生态系统建设技术.....	106
27、滨海黑臭河道原位修复技术.....	109
28、村镇河道水环境综合整治技术体系与规范.....	113
29、快速改善水质的化学氧化辅助仿生-生物净化（BGSO）技术.....	117
30、基于水质综合污染指数法的湖库型水源水质评价方法.....	124
31、城镇供水水质安全保障及优化调度一体化云集控平台关键技术与应用	131

第一部分 技术目录

技术编号	技术名称	技术内容	适用范围	推荐单位
1	基于溴酸盐控制的臭氧活性炭深度处理技术	该技术采用间歇式臭氧反应器建立了溴酸盐生成势测定方法,优化了臭氧反应器的结构,提出了基于过氧化氢的臭氧氧化过程中溴酸盐的控制技术,可在提高有机物去除效率的同时达到溴酸盐控制的目标,研发了臭氧-微膨胀上向流生物活性炭组合工艺。在给水厂应用表明,投加过氧化氢后对溴酸盐生成控制效果明显,出水水质符合《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)要求。	城市新建给水厂及已有给水厂升级改造。	山东省城市供排水水质监测中心
2	动态自清洗微过滤技术	该技术采用非织造微细纤维丝(粗细:约40 μ m)压缩在多孔板表面,滤层厚度为1.0~6.0cm(缩小纤维丝间孔隙);只需0.3kgf/cm ² 的压差,从纤维滤料表层到里层进行过滤。以济阳县污水处理厂尾水深度处理项目为例,处理水量20000m ³ /d,项目总投资220万元。年运行费用6.655万元,吨水运行费用为0.009元。	工业用水、饮用水及污水资源化领域的深度净化等行业。(城市污水处理厂一级A提标改造新建或改扩建工程,或需对污水进行再生回用的工程或土地资源紧张的地区。)	山东铭创环境工程有限公司
3	微藻治理富营养化水污染技术	该技术采用高效无毒害藻类或光合细菌充分吸收水体中的氮、磷及其它无机盐;然后通过接种轮虫等有益浮游生物,将水体中高密度的微藻和各种致病菌吃掉,消化分解。以国家环保总局北京培训基地中水生物治理项目为例,项目总投资约10万元,其中仪器设备材料3万,生理测试与生化分析2万,差旅费、运输费2万,生产与生物培养费2万,劳务费、协作费1万。	人工湖泊、人工河道及景观水池等富营养化景观水体。	烟台大境生态环境科技股份有限公司

4	城镇污泥厌氧产乙酸发酵资源化利用的工艺及关键装置	<p>1、研发了城镇污水厂二沉池污泥高效浓缩装置，实现污泥低成本浓缩，研发了城镇污泥碱解-超声常温破壁技术及成套设备，研发了污泥厌氧发酵定向高效产酸技术关键设备，实现污泥选择性生产短链有机酸。可实现城市污泥的定向产酸，具有明显的创新性。</p> <p>2、研发了污泥中氮磷回收技术及成套设备，解决了规模化污水厂配套设备系列化，标准化问题；实现了常温条件下连续运行，不产生二次尾气污染，设备体积小，该技术及设备为原创性产品，并已经形成 200 吨/天处理量的样机，可以将污泥的产量减少 50%以上，剩余污泥的含水率压缩至 40%左右，更加便于输送、搬运与填埋。成功应用于污水处理厂污泥、红薯加工粉渣的深度脱水处理，形成该产品企业标准一项。</p>	城镇污水处理厂产生的大量的污泥减量以及污水处理厂总氮总磷出水超标需要添加碳源提高去除效率的领域。	山东通持环保技术有限公司
5	中小城镇生活污水低能耗、无人值守处理集成设备	采用新型工艺、节能新设备，电解除磷设备及污水紫外线消毒设备，占地面积小，能耗低，运行费用少且无需人工配药操作，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 或一级 B 标准，在公司和环保部门就可以远程监控现场我们公司新设备运行状态，设备都可选用 220V 电源。以污水处理站处理规模为 50m ³ /d 为例，吨水运行费用为 0.15 元，年运行费用为 0.27 万元，主体设备寿命 15 年以上。	水利、环境和公共设施管理等行业。	山东国辰实业集团有限公司
6	“微生物+光量子”组合式污水净化处理系统	该污水处理系统采用“微生物+光量子”技术处理生活污水，主要构造为一个外胆和一个内胆，外胆内腔顶部设有支架，支架上设一低功率电机与外设程控电路链接，内胆下部开口，开口锥面布满凸起、凹槽构成的齿形通道，该各凸起表面接触外胆内壁形成支撑，各凹槽将内胆与外胆之间的沉淀区与内胆内部的微生物氧化区沟通。污水经过上述处理后，经过光量子渠，光量子除了能分解有机	城镇、景区、学校、部队、三所一狱（戒毒所、看守所、拘留所、监狱）海岛、高速路服务区、汽车度假区服务中心、	普霖环境科技有限公司

		<p>物外还有很强的杀菌特点，无需添加化学药品，无需加膜、只要通过高能量波段 UV 254 185 就能对水体进行杀菌。</p> <p>该项目总投资约 230 万元，其中设备（设备+光量子）投资 200 万元，基建投资 24 万元，其他投资 6 万元，主体设备寿命 20 年，吨水运行费用 0.3 元。</p>	<p>缺水地区污水回收利用、黑臭水体生态修复、湿地建设等。</p>	
7	选择性截留油水分离技术	<p>该技术由聚结-强化聚结-选择性截留组成，聚结和强化聚结去除含油污水中的悬浮油，选择性截留去除含油污水中的乳化油。聚结和强化聚结材料由两种成分构成：①亲油物质、②斥油物质。含油污水进入该处理单元，油水液滴的物理分离（分层）就发生在聚结层面上，随着液滴直径的急剧变化而发生迅速的破乳和聚集作用。依据斯托克斯定律，油滴上升的速度与其平方直径成正比（其它参数不变），使油水混合物中油滴直径迅速增加而达到油水分离的目的。选择性截留材料是我公司独有的无机-有机复合材料，这种材料的特性是对通过它的流体根据性质不同而呈现出不同的阻力，该材料的对油阻力是对水阻力的 50 万倍以上，因而，当含油污水通过它时，油成分被选择性地截留，使油水得到分离。该技术与传统技术相比，效率高，无需助剂，处理结果稳定（出水含油量≤10mg/L），与来水含油量无相关性，处理成本低廉 0.02 元/T 左右，吨水工程投资 1000-5000 元，吨水能耗 0.015-0.05Kw。</p>	<p>产生含油污水的各个行业，油田、石化、油库、港口、码头、船舶压舱水和舱底水。冶金、机械厂、部分化工厂及其它能够产生含油污水的企业和地区。</p>	<p>青岛市科技局</p>
8	等离子体原位生成纳米铁深度处理含重金属（砷）废水技术	<p>纳米零价铁颗粒粒径为 1-100nm，随着粒子粒径减小，表面原子数占总原子数的比例急剧增加，表面积和表面能迅速增大，因此纳米铁粒子具备优于普通零价铁的新性能，可有效降解多种环境污染物，纳米铁对废水中重金属（砷）的去除作用及效果已得到国际权威机构认可，由于纳米铁制备成本居高不</p>	<p>工业含重金属（砷）废水的深度处理，解决化学法无法提标的困境，应用于被重金属污</p>	<p>山东省科学院激光研究所</p>

		<p>下，且活性高不易运输、贮存，限制了纳米铁的实际应用，等离子体纳米铁原位生成技术攻克了纳米铁生产成本瓶颈，原位生成，避免了贮存、运输带来的不稳定问题，应用于工业重金属（砷）废水的深度处理及被污染地下水和土壤的修复领域有得天独厚的优势。</p> <p>深度处理工业含重金属（砷）废水，排放标准达到 0.1mg/L 以下，与传统化学沉淀技术相比，排放标准进一步提高，产生的重金属单质可回收利用，无二次污染，设施占地节省 60%，应用于日处理 120 吨重金属（砷）废水，工程投资 120 万元，吨水处理成本 1-1.2 元。</p>	<p>染的土壤、地下水及农田耕地的重金属稳定化。</p>	
9	<p>抗板结粒状陶制铁碳微电解填料处理高浓度难降解有机废水技术</p>	<p>该抗板结粒状陶制铁碳微电解填料以污泥、废铁屑和赤泥等固体废弃物为主要原料生产，生产成本比采用铁粉和碳粉降低 80%左右；材料具有表面粗糙、强度适中、质轻、吸水率小和比表面积大等特点，在处理废水过程中表面的单质铁随着微电解反应的进行而逐渐被消耗，表层逐渐脱落而不断得到更新，从而有效避免其钝化失效，延长使用周期，解决了常规微电解填料易板结和沟流的技术难题，对高浓度难降解有机废水的处理效果显著。授权专利情况：“Method for preparing anti-hardening granulous ceramic iron-carbon micro-electrolysis filler by using industrial waste”，发明专利号：US 9428407 B2；“利用工业废弃物制备抗板结粒状陶制铁碳微电解填料的方法”，发明专利号：ZL 201310173058.1；“一种制备抗板结粒状免烧铁碳微电解材料的方法”，发明专利号：ZL201410098470.6；“一种轻质阴、阳水处理滤料及其制备方法”，发明专利号：ZL200910255808.3；“一种粒状防</p>	<p>该材料可作为填料应用于多种形式的微电解反应器中，在对高浓度难降解有机废水（如化工、制药和三硝基甲苯等生产废水）的处理中有效解决了传统微电解材料易板结和沟流的问题。与常规高级氧化技术和多效蒸发技术相比，建设成本降低 30%，运行</p>	<p>山东大学</p>

		板结酸碱两用三元微电解填料及其制备方法”，发明专利号：ZL201210015774.2。研究成果获山东省技术发明二等奖、教育部高等学校技术发明二等奖、中国产学研合作创新成果二等奖和环境保护科学技术发明三等奖。	成本降低80%，处理效果显著。	
10	臭氧氧化+PACT—SBR+催化氧化处理纯工业废水	该技术主要分三步，首先由臭氧氧化对工业废水进行预处理，提高废水可生化性，去除部分污染物；其次废水经过絮凝沉淀后进入PACT—SBR池，池中投加特殊菌制剂、有机微生物调理剂、活性污泥增效剂和一定量的粉末活性炭，该工艺能有效降解有机污染物，并且对有毒有机物有较强的耐受性和降解性；最后废水经催化氧化工艺进一步去除生化处理后残存有机污染物，并且通过絮凝药剂的添加实现固液分离，废水处理达标排放。项目总投资1200万元，其中臭氧氧化投资300万元，PACT—SBR投资800万元，催化氧化投资100万元。吨水处理费用17.6元。	石油、石化、化工、火电、冶炼、印染、制药等行业。	无棣县新海污水处理厂
11	高盐废水生化处理工艺	利用特殊的嗜盐微生物进行活性污泥法、接触氧化等多级生物处理废水工艺，处理氯离子浓度在22000mg/L以上的高盐度工业废水。针对废水中不同的有机物成分及含量，采用生物增效及强化技术，提高处理能里，最终达到高效去除废水中有机污染物的目的。	高盐度废水中有机物的处理。	滨化集团股份有限公司
12	AMOXP技术	该工艺是在独立的限氧反应器中同时实现氮氮的厌氧氧化与好氧氧化，最终产物为氮气，实现了氮资源的循环。该工艺有以下优点：能耗减少60%以上；无需外加碳源、酸碱中和药剂、污泥产量减少70%以上、节约投资成本和运行费用；氨氮容积负荷可达到 $SB0.8-1.5NH_4^+-N/(m^3 \cdot d)$	生化性好的高氨氮废水、高氨氮低C/N比废水。	山东美泉环保科技有限公司
13	扩散渗析膜法处理酸碱	膜扩散渗析法在从废水中回收酸（碱）具有多种独特的优势，它直接利用扩散渗析阴膜	钢铁酸洗、化成箔、湿法冶	山东天维膜技术有限公司

	性废水技术	（阳膜）对盐和大分子有机物的截留和对酸（碱）的选择性透过性而达到分离目的，推动力为浓度差，理论上不耗电（泵送流体除外），易连续操作，环境友好，回收后的酸（碱）可循环利用，残液中的酸（碱）浓度很低，可降低后处理费用和提取其中的有价值成份，因此是酸碱型废水资源化回收处理的有效技术途径。	金、电镀、氧化铝等行业酸 / 碱性废水。	司
14	工业污水芬顿流化床深度处理技术	芬顿流化床技术是一项结合了同相化学氧化（Fenton 法）、异相化学氧化（H ₂ O ₂ /FeOOH）、流化床结晶及 FeOOH 的还原溶解等功能的高新技术。其反应机制包括三部分：（1）FeOOH 的溶解还原：FeOOH 与有机物形成络合物前驱体，通过电子转移，释放出有机基和 Fe ²⁺ ；（2）FeOOH 的形成：Fe ²⁺ 催化分解 H ₂ O ₂ 产生 OH·和 Fe ³⁺ ，Fe ³⁺ 在载体表面结晶形成 FeOOH；（3）有机物的降解：包括非均相催化和均相催化氧化降解，以某项目为例，工程总投资为 270 万元（不含基建费用），吨水投资费用为 1816 元。	造纸、化工、制药、发酵、印染等行业废水深度处理。	山东美陵中联环境工程有限公司
15	高盐有机废水综合处理技术	高盐有机废水综合处理技术研发出旋流微气泡气浮-PTFE 荷电膜高效除油和悬浮物组合工艺，形成适于油田采出污水、钻井及酸化压裂废液的处理回用技术；筛选驯化出耐盐嗜热土著菌种与 RH-4 工程菌种经培养构建出工程菌群，耐温 70° C，耐盐 20%，能够有效降低污水的 COD；应用浅池理论、表面化学及混（絮）凝沉降原理，采用高级氧化曝气调节、旋流气浮深度过滤和生化等技术，形成适合油田高盐污水生化处理工艺技术。与传统工艺相比大大减少了加药量。吨水运行能耗 0.7kWh/m ³ ，吨水运行成本约为 2.0-4.0 元/m ³ 。	适用于油田行业，主要处理油田废水达到国家排放标准。	青岛市科技局
16	高盐高 COD 难生化工业	该技术由膜浓缩、强化催化氧化、蒸发、生化等技术模块组成。技术核心在于强化催化	高含盐难生化工业废水，	山东理工大学

	<p>废水强化除COD脱氮除磷技术</p>	<p>氧化模块，在高温高压条件下，氧化剂在催化剂作用下与有机化合物发生自由基链式反应，有机物分子结构发生氧化开环、断链，最终大部分有机物被氧化成二氧化碳、氮气、水等无机小分子化合物，达到削减COD的目的（削减比例约为80-95%，具体视有机物分子结构氧化的难易程度有所差异）。该技术无需调节pH，不像其他高级氧化工艺那样需要加入诸多化学药剂，因而无二次污染，在高含盐难生化工业废水（如炼油碱渣废水、制药废水、农化废水、焦化含酚废水等）处理方面展现出其他技术难以匹敌的优势。</p>	<p>如制药废水、农化废水、炼油碱渣废水、焦化含酚废水等</p>	
<p>17</p>	<p>3D打印纳米线多功能膜水处理系统</p>	<p>该系统是将预处理后的水再经由本系统深度处理，处理后的中水可以用于工业生产再利用。该系统由各种设备构成，几乎无需工程施工，污水处理量可根据实际情况量身定做，1000吨/天设备大小仅为一个集装箱，污泥产量几乎没有，少量浓污水可返回污水池进行再处理。</p> <p>该技术由预处理、深度氧化单元及膜池构成，技术的核心为二氧化钛无机平板膜，该平板膜由中商纳阳公司首创的3D打印技术制备完成。区别于传统相分离（热致相技术）膜制备技术，3D打印膜制备技术实现了从纳/微孔层面上构造膜内部结构向异秩结构状纳米纤维膜的转化，除大大改变了现行有机膜中的诸多缺陷和不足，纳米技术的介入也造就了许多膜性能方面的突出特征，如超高膜通量，超强抗污染特性，超长使用寿命等。膜通量是膜技术处理水能力的关键决定因素，而膜污染性能的优劣又直接决定了膜技术运行成本及整体竞争优势的高低。现行的中商纳阳3D纳米膜的使用方式和其他有机膜完全类似，因此不存在使用技术上的壁垒，具体而言，中商纳阳平板膜组件的一些特点</p>	<p>印染污水处理厂、城市污水处理厂、或需要对污水进行再生回用或土地资源紧张的地区。</p>	<p>青岛市科技局</p>

		<p>简述如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 浸没放置，膜组件稳定放置于反应池中； 2) 低压(抽吸或重力)出水，系统工作压力小，电耗低； 3) 气液两相流扰动； 4) 长时间稳定运行； 5) 膜抗污染性能卓越、化学清洗频率低、操作方便，膜片可单张更换。 6) 可通过增减膜板、膜片来在一定允许幅度内调整处理量。 7) 结构简单，对压力变动和现场作业的可靠性大，易于操作。 8) 开放式流道，堵塞后可拆下膜板膜片清洗，膜的更换和维护较容易。 9) 因为每个膜板上的透过液都是单独引出的，所以单独观察各膜板上膜的滤液质量，容易发现损坏的膜，对滤液质量不合格的膜可单独掐断其滤液，不必停机就可消除其影响。 		
18	高含盐废水综合治理技术(菌-藻共生系统用于含盐水处理和营养回收)	<p>该技术由单级光照反应器-膜池构成，利用海洋菌和耐盐藻共生系统，可以实现海水冲厕废水(海水黑水)中高浓度有机物和氮磷高效，低能耗去除，并利用膜对微生物高效截留实现营养物的有效回收；建立纯好氧高效脱氮除磷海洋菌和兼性异养耐盐藻的菌藻共生系统，藻光合作用释放氧气供给菌利用，同时菌呼吸作用产物供应给藻；具有较强耐铵能力和氨氮同化能力的海洋菌能够在系统建立初期就高效去除氨氮，并利用藻的高效除氮能力，实现总氮去除率 85.5% (初始 200 mg/L)；利用菌藻高效除磷能力和藻表面微域碱性环境，实现总磷去除率 91.0% (初始 40 mg/L)；COD 去除率高达 98.7% (初始 1600 mg/L) 并生成含油脂 16.3%，蛋白 62.6%的生物量。</p>	沿海地区海水冲厕废水(海水黑水)的直接处理，海水代用水处理和一般富营养含盐水处理。	山东大学

19	内循环 BAF 工艺技术	<p>内循环 BAF 工艺技术是在传统的 BAF 技术基础上发展而来的一种专有技术，采用新型隔离曝气技术，避免了传统曝气方式对滤料的直接冲刷，能够特别有效的防止硝化菌等世代周期长微生物的流失；采用了高空腔率（孔隙率$\geq 60\%$）、高比表面（$\sim 800\text{m}^2/\text{kg}$）的多孔蜂窝生物滤料，具有远大于陶粒的容污能力，不须频繁更新床层，这种稳定环境特别有利于生长缓慢的生物相形成。结合了隔离曝气技术和特性生物填料的内循环 BAF 反应器，彻底解决了微生物流失的问题，大幅度提高了系统内活性微生物的数量，形成专属性好的生物氧化床，表现出高的处理效率。在长周期运行中辅之以高效气体滤床反冲洗专有技术维持生物相的活性，从而形成一个效率高、稳定性能好的生物滤池。</p>	炼油废水处理	山东智博格瑞环保科技有限公司
20	大蒜加工废水深度处理及资源化综合利用技术	<p>该技术首先经气浮、水解酸化、一级厌氧去除大蒜加工废水中的大蒜素，提高后续生化处理的效果。生化处理采用 IC 反应池+SBR 的工艺，去除高浓度 COD 并完成脱氮除磷，出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。以某大蒜加工企业为例，该项目总投资约 500 万元，工程污水处理成本约 2.1 元/立方（未含设备折旧），年削减 CODCr 600 吨，氨氮 10 吨，总磷 0.8 吨。年中水回用约 4 万吨，回收利用率 30%。年排放污泥 370 吨，经厌氧堆肥发酵后全部回用于农田施肥。</p>	适用于大蒜加工废水处理。	临沂园源食品有限公司
21	3D-RBC 立体结构生物转盘技术	<p>该技术主要由预处理单元、生物处理单元及深度处理单元构成，其中生物处理单元主体为 3D-RBC 立体结构生物转盘，设备高度集成，通过在转盘盘片的结构和材质方面的创新提高微生物的附着生长量，微生物生物相丰富，沿程分级，可完成对不同有机物以及氨氮的去除，处理效率高，占地小，与常规</p>	远离城市污水管网且可生化性较强的分散式污水处理，如临建工程污水处理；公共服	青岛市科技局

		<p>工艺比，占地可节省 70%；生物转盘出水硝化液回流至前端缺氧池，实现对总氮的去除；污水中的磷以生物除磷和化学加药除磷结合去除；污泥性能稳定、脱水性好，产量仅为常规工艺的 30%~50%；3D-RBC 立体结构生物转盘技术运行维护简单，摒弃了曝气器等易损件；引入物联网技术可远程监控，真正实现无人值守。适用于日处理量 10~5000 吨规模的分散式污水处理工程，吨水工程投资可低至 3000 元，吨水能耗可低至 0.10kW·h。</p>	<p>务区污水处理；企业生活污水处理；村镇生活污水处理；社区生活污水处理；水源地保护区污水处理；医院医疗废水；学校生活污水处理；畜禽养殖废水处理等</p>	
22	<p>基于厌氧氨氧化技术的高氨氮污水处理设备</p>	<p>厌氧氨氧化高氨氮废水处理设备以厌氧氨氧化技术为支撑，通过厌氧氨氧化细菌的作用，实现废水中氨氮的去除使废水的达标排放。与传统工艺相比，运用厌氧氨氧化技术可以减少一半的运行费用、30%的投资额，提高出水水质。并且在处理污水的同时产生沼气，可作为清洁能源使用，创造可观的经济价值。以某养殖公司污水处理项目为例，处理费用可节省 0.6 元/m³，每天节省电量 770.4 度，每年节省电量 28.12 万度，合计 33.7 万元，处理成本节约 60%。</p>	<p>养殖业、工业。</p>	<p>烟台和盛康洁环保科技有限公司</p>
23	<p>复合循环生化式膜中水一体化技术</p>	<p>本技术是创新的 MBR 工艺，将污水生化处理过程中的每个独立单元全部设在同一个罐体内，利用流态控制原理，通过系统内部结构的特殊设计，改良了传统的进水和曝气方式，优化了内部流态，使生化过程往复循环。同时在同一个反应器内创造出好氧、厌氧和兼氧并存的环境。由于往复循环连续进行硝化反硝化，使 COD、BOD 以及氨氮有效去除，有机或无机磷的化合物在厌氧菌的生物还原作用下向气态磷化氢转化，水中绝大部分磷得到去除，出水指标优于国家一级 A 排放标准。</p>	<p>生活住宅小区、风景名胜、高速公路服务区、农村污水处理等离市政排污管网较远的分散式污水的处理以及城镇生活污水的处理。</p>	<p>威海市科技局</p>

		通过采取控制 DO 浓度、流态等措施提高了污水处理效果，基本实现了污泥零排放，在降低污水处理费用的同时，避免了污泥带来的二次污染。该技术具有不产泥，吨水直接运行费用低于 0.3 元，具有占地面积小，为传统污水处理工艺占地的 1/3 等特点。		
24	微生物修复石油污染技术	该技术通过筛选污染水域土著功能降解菌株，挑选不对环境造成二次污染、降解功能强大的菌株，发酵调制专用石油降解的微生物菌剂，投放于目标水域用于水环境石油污染治理。成功案例：渤海中部公共海域沉积物现场微生物修复项目工程部分，项目总投资 800 万，其中菌剂生产运输投放等过程费用 600 多万元。修复目标水域面积 0.67km ² ，恢复污染区域生态环境。	广泛适用于水环境石油污染治理修复。	烟台大境生态环境科技股份有限公司
25	一种新型可持续强化运行的人工湿地技术	该技术以提升人工湿地污染物去除效率并保证长效稳定运行状态为目标，通过间歇投配和分段进水等人工湿地碳氧联合调控技术，采用湿地植物混合配置冬季强化技术，搭配种植菹草、苦草等耐寒植物和水蚯蚓、螺等底栖动物，突破北方地区人工湿地冬季稳定运行的技术瓶颈。相比常规湿地，冬季 COD _{Cr} 、氨氮、总氮和总磷去除率分别提高 36%、44%、23%和 11%，可稳定达到地表水 III 类水质标准。工程运行过程中几乎不耗电，相比常规污水处理厂，处理成本大幅下降，经济效益显著。	适用于处理农村分散性生活污水、污染河水、城市污水处理厂达标排放的尾水、农业面源污染径流以及河、湖生态修复等。	山东大学
26	城市河道水生态系统建设技术	1、水生态系统。针对城市河道污染防治、再生水应用的资金节省、风险控制、持续性达标等方面开展课题研究，综合水物理、水化学、水景观、水生态、水动力、水光合、水物业等多学科理论，相生相克相互依赖的生态关系，把握生态节点核心技术与风险控制技术，凸出污水变资源的时代意义，整合各系统链功能，提高系统治理水平。	城市河道水生态系统建设与城市河道物业化管理	青岛市科技局

27	滨海黑臭河道原位修复技术	滨海黑臭河道治理技术同步采用土著微生物促生、底质改良、高效增氧除臭、曝气生物滤池、藻相改善、浮动式人工湿地、潮汐防控等技术手段，对滨海河道黑臭水体和重污染沉积物进行了原位治理与修复，其中水体氮磷及 COD 等常规污染物的去除率均高于 70%，实现了陆源污染减排。	海岸带水污染防治，滨海黑臭河道综合治理，或滨海城市水生生态修复及水体景观构建。	中国科学院烟台海岸带研究所
28	村镇河道水环境综合整治技术体系与规范	以改善村镇水环境和构建生态景观为目标，针对村镇河道污染特点，在水系沟通的基础上，通过生态水文/水利调控、生态修复型河道底泥疏浚与资源化利用、半自然或近自然生态护坡、河岸生态景观配置与构建等相关技术的集成与优化，最终构建一整套村镇污染河道综合整治技术体系和技术规范	村镇河道综合整治	烟台大学、同济大学
29	快速改善水质的化学氧化辅助仿生-生物净化 (BGS0) 技术	化学氧化辅助仿生-生物净化技术 (Bionic grass synergized by oxidation, BGS0) 是综合了化学氧化技术、生物膜技术、人工湿地技术、仿生学等多种技术原理的基础上发展起来的具有较好适应性的自然水体水质净化技术。BGS0 技术的原理是：利用优选的复合净水剂对水体中的有机污染物和氨氮进行原位氧化，将有机物分解，同时净水剂能持续提高水中溶解氧含量，改善水体生物群落结构；利用改性水草表面附着的微生物膜进行持久的水质改善。技术特点：见效快，一般 15 天可改善；效果持久；费用低；操作简便，不需要大规模土建工程；景观效果较好，无二次污染。 适用于黑臭水体和劣于 V 类水体的水质改善。已完成的工程实践表明，轻度黑臭水体可达到 III 类水水质标准。	黑臭水体、劣 V 类水体快速水质改善。	中国海洋大学
30	基于水质综合污染指数法的湖库型水源水质评	本技术基于水利部开发的综合水质指数法，根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 分类标准，采用 ≤26 项水质参数建立评价体系，在原有难处理的毒性指标、易净化的污	湖泊、水库等饮用水源的水质评价及水质污染预	山东省城市供排水水质监测中心

	价方法	染指标和其他污染指标 3 类污染指标的基础上，针对湖库型饮用水源季节性及突发性的污染特征，增加了特征性指标，包括叶绿素 a、氯化物、硫酸盐、硝酸盐氮、铁和锰等指标；并对包含 4 类指标的综合水质指数计算进行了优化的一种湖库型水源水质的评价方法。该技术可应用于常规性的水质评价，针对湖库型饮用水源水体明显的特征污染物及突发水质状况进行综合评价，以有效掌握湖库地表饮用水源的污染成因及污染程度。	警。	
31	城镇供水水质安全保障及优化调度一体化云集控平台关键技术与应用	采用 MVC 设计模式进行开放式设计，构建了基于 GIS 技术的城镇供水安全优化调度、事故预警及应急处理预案等信息分析处理决策系统和供水信息综合管理平台，适用于多操作系统，建立了异地异构数据同步共享模型，实现了对多种通信接口、通信协议及信息平台等多元化数据进行分析处理和自动收集，针对城镇供水水源和污染物种类多、监测指标多、水质差异大的特点，构建了以 15 项监测指标为核心的城镇供水多水源污染物在线监控技术指标体系，提高了应对供水水质污染事件的预警响应时间。 整个系统具有反应快、延时少、投资省、可扩展性好、可靠性高等特点。为城镇供水水质安全保障、水资源保护等提供技术支撑。	城市水源保护、城市供水安全监测、水厂自控、污水处理厂自控、流域湖泊水质监控等工程。	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）

第二部分 技术简介

1、基于溴酸盐控制的臭氧活性炭深度处理技术

适用范围

适用于城市新建给水厂及已有给水厂深度处理改造

基本原理

针对高含溴水体水质特征和臭氧活性炭深度处理工艺臭氧投加量确定以工程经验为主的现状，研发了间歇式臭氧反应器，突破了水中溶解性臭氧检测方法和高含盐量水体臭氧消耗特性识别方法等关键技术，通过臭氧吸收曲线的绘制和模型计算得出高盐含量水体臭氧最佳投加量，并提出了基于过氧化氢的臭氧氧化过程中溴酸盐的控制技术，可在提高有机物去除效率的同时达到溴酸盐控制的目标。通过投加过氧化氢的技术，出水溴酸盐浓度低于检出限，极大地降低了溴酸盐的生成风险，同时提高了水中有机物的去除效果。

工艺流程

原水-高密度沉淀池-臭氧接触池-微膨胀上向流生物活性炭-砂滤池处理工艺：原水经过高密度沉淀池处理后，进入臭氧接触池，臭氧接触池分三段，采用密闭对流接触方式，在接触池下部采用微孔曝气，臭氧上向流，水流下向流，以达到充分反应。臭氧投配比例按照 3:1:1 三级投加。过氧化氢投加在臭氧投加之前，抑制溴酸盐的生成。经过臭氧处理后，进入上向流生物活性炭滤池，膨胀率在 10%~20%，通过物理吸附和微生物的降解作用，进一步净水水质。经过砂滤工序的截留作用，保障深度处理的微生物安全。

关键技术或设计特征

高效臭氧接触池设计、基于曲线拟合的臭氧消耗特性识别装

置及软件、基于过氧化氢与臭氧联合工艺的溴酸盐控制技术和微膨胀上向流生物活性炭工艺。

推广情况

本技术已经应用于济南鹊华水厂、济南东区水厂和胜利油田耿井水厂。

典型案例

鹊华水厂工艺改造示范工程于 2010 年 12 月 1 日开工，2011 年 8 月 25 日竣工。新建臭氧接触池、活性炭滤池、臭氧发生器间及低配中心和预处理药剂间及鼓风机房；各单体改新建对应的厂区内管线和道路的改造。鹊华水厂改造后主体工艺为：高密度沉淀池+臭氧活性炭滤池+V 型滤池，处理规模 20 万 m³/d。运行效果表明水厂出水 CODMn、TOC、UV254 分别降至 1.31mg/L，1.556mg/L 和 0.017cm⁻¹，相应去除率分别为 54.36%、40.77%和 63.83%，投加过氧化氢后对溴酸盐生成控制效果明显，出水水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）。鹊华水厂示范工程总投资 1.3 亿元，其中臭氧活性炭单元的投资成本 192 元/m³，运行成本 0.16 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：山东省城市供排水水质监测中心

联系人：贾瑞宝

电话：0531-55589600

地址：济南市市中区纬五路 68 号

邮编：250021

E-mail: jiaruibao68@126.com

2、动态自清洗微过滤技术

适用范围

工业用水、饮用水及污水资源化领域的深度净化等行业。(城市污水处理厂一级 A 提标改造新建或改扩建工程，或需对污水进行再生回用的工程或土地资源紧张的地区。)

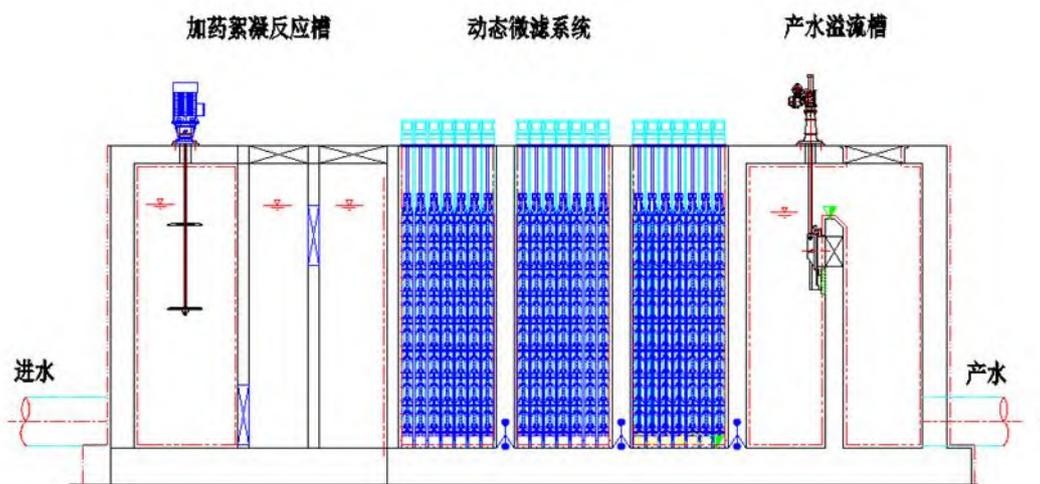
基本原理

动态自清洗微过滤技术的工作原理是：用微细且多束的柔软纤维丝，通过气缸的拉近，使其孔隙变小，水中的悬浮物均被挡住留在过滤纤维丝外，经过滤后得到清洁的处理水。当过滤器内被截留的悬浮污物（杂质）增多，处理水量下降，压力或时间达到设定值时，自动进入反冲洗过程，让过滤器的压榨机具放松，使过滤纤维的孔隙在舒张的状态下，用压缩空气和处理水反冲洗，将污物通过排放管排除，然后又自动进入过滤程序，从而实现去污存清的原理。

工艺流程

过滤时，反洗之后用气缸对纤维丝滤材施以向上提拉，并利用横向挤压装置紧贴到多孔板上开始进水，这时进水通过因压榨空隙变小的纤维丝经多孔板流入过滤水管排出，悬浮物被截留在纤维丝中。随着过滤的持续进行，纤维丝间空隙因杂质的集聚越来越小，使过滤的水流阻力不断增大，当过滤器的水位上升到设定值 30cm 时，自动进入反冲洗工程。

反冲洗时，关闭进水阀门，气缸及横向挤压装置处于舒张状态下，利用反洗空气上升水流施以激烈扰动进行冲洗，纤维滤料多次舒张和压榨反复进行，去除滤网内部及滤料之间残留悬浮物，使纤维丝上截留的 SS 脱落下来，并随反冲洗管道排出。



关键技术或设计特征

世界上唯一的无反洗泵自清洗微滤技术；

巧妙的多层板式和圆柱过滤结构设计，充分利用空间，实现单位体积过滤面积大化。同等占地面积，DMFG 有效过滤面积是常规过滤技术的 20 倍以上，是转盘过滤技术的 2 倍以上。DMFG 有效过滤面积是常规过滤技术的 3 倍以上；

纤维滤元排列层叠有序，结构优化，纤维滤层厚度小，反洗时，纤维丝可以充分打开放松不会产生缠绕打结现象，同时气动机构带动滤元自主抖动，增大纤维丝之间的孔隙，滤层孔隙增大 130 倍以上，这样反洗时纤维之间截留的悬浮物很容易冲出来。

反冲洗采用高强度、短时间、脉冲式气-水-固主动自洗技术，反冲洗过程每次只需 2min，且由于滤池容积的最小化，因此反冲洗自耗水量极低；反洗时，采用底部进气，有两个目的：一是空气擦洗；二是利用空气上升的动力使纤维丝抖动，纤维丝之间产生摩擦；这样沾附纤维滤元表面的固体很容易去掉。

过滤效率高：设计成多层结构，增大过滤面积和单位处理量；

自动反洗：根据压差(DMF-P)，水位差(DMF-G)进行间歇或持续性反洗工作；

保养简便：更换滤料容易/无需停车；

经济性高：低运行压力和无需反洗泵实现了能耗小化，滤料使用寿命(10年)长，不存在因滤料流失需要补充情况。

推广情况

在济阳县污水处理厂（设计处理规模 2 万 m³/d）、济南市洪山溪污水处理厂（设计处理规模 2 万 m³/d），江苏丹阳沃特污水处理厂（设计处理规模 2 万 m³/d）得到推广应用。

2016 年 6 月 17 日，淄博市科技局组织了“动态自洗微过滤技术”的科技成果鉴定会议，以工程院彭永臻院士领衔的鉴定委员会专家团队一致认为：项目研究成果技术水平达到了国际领先水平。该项目的推广应用，将推动我国水处理行业走向一个新的高度，逐渐得到国内国际市场的认可。

典型案例

（一）项目概况

济阳县污水处理厂动态自清洗微过滤技术项目，设计日处理水量 2 万 m³/d，污水来源于济阳县城的生活污水及少量工业废水。该工程于 2012 年 6 月开工建设，于 2012 年 8 月完成调试并投入运行。

（二）技术指标

济阳县污水处理厂组织验收确认，项目采用的动态自清洗微过滤装置技术指标达到签订的项目技术协议要求，即设计进水 SS \leq 30，经动态自清洗微过滤装置过滤后出水 SS \leq 10 的要求。

（三）投资费用

该项目总投资约 220 万元。主体设备寿命 \geq 20 年。

（四）运行费用

根据 2012 年 8 月-2016 年 8 月实际运行情况，年运行费用 6.655 万元，吨水运行费用为 0.009 元。

联系方式

技术信息咨询单位：山东铭创环境工程有限公司

联系人：曹成

电话：0533-3585035

地址：淄博市高新区金晶大道 267 号颐和大厦 B 座 703 室

邮编：255000

E-mail: mingchuangwater@163.com

3、微藻治理富营养化水污染技术

适用范围

适用于人工湖泊、人工河道及景观水池等富营养化景观水体。

基本原理

富营养化的防治过程，实际上就是通过调节诱发富营养化发生的主要控制性条件，抑制富营养化发生。如果采用化学物质处理，杀死微藻，必然导致更为严重的化学物质污染，使水体污染由无毒害污染变成有毒害污染。因此，建议生物处理法，通过食物链和生态平衡法则，将污染去除，并形成新的旅游景观，同时避免造成再次污染。生物调控法是治理人工湖等景观水体富营养化的最佳措施。首先采用高效无毒害藻类或光合细菌充分吸收水体中的氮、磷及其它营养无机盐；然后通过接种轮虫等有益浮游生物，将水体中高密度的微藻和各种致病菌吃掉，消化分解。微藻被吃光以后，轮虫饵料不足时，生殖方式由无性孤雌生殖自动改为有性生殖，产生休眠卵，沉入水底，在食物再次丰富时孵化出新的轮虫，形成波浪式自然生态平衡循环。轮虫本身透明无色，无论在水中游动时，还时死亡后沉在水底，都不会影响水的颜色。而且轮虫体内不饱和脂肪酸含量很高，是鱼类和虾类的优秀饵料，如果同时投放鱼苗和虾苗，则不用投饵，鱼虾捕食轮虫生长，轮虫及其它微生物成为鱼类的最佳饵料，其含量和密度由饲养的鱼类的数量和重量来控制。

工艺流程

首先采用高效无毒害藻类或光合细菌充分吸收水体中的氮、磷及其它营养无机盐；然后通过接种轮虫等有益浮游生物，将水体中高密度的微藻和各种致病菌吃掉，消化分解。最后轮虫及其它微生物成为鱼类的最佳饵料，其含量和密度由饲养的鱼类的数

量和重量来控制。

营养无机盐 → 微藻或光合细菌 → 轮虫 → 鱼虾 → 水清，
鱼肥。

关键技术或设计特征

遵循食物链和生态平衡法则的生物处理法。

推广情况

承接多项景观污水处理项目，项目名称如下：

- 1、《国家环保总局北京培训基地中水生物治理项目》
- 2、《北京十八里店乡政府排水沟污水生态化治理项目》
- 3、《烟台北方温州城景观污水生物生态处理项目》
- 4、《烟台套子湾污水处理厂水体重金属微藻吸附处理项目》

典型案例

（一）项目概况

国家环保总局北京培训基地中水生物治理项目位于北京市西郊，经过处理的中水水体体积为 1000 方左右，每天循环 2 小时，约 100 方。治理前池塘中的水，每年春季水体呈绿色后变成棕色，夏、秋两季水体变臭，水面有微藻成团漂浮。治理后水体中形成生态平衡，春季五月份左右水体出现藻色，随着气温升高，轮虫开始繁衍，吃藻，很快水体变清，全年水体没有臭味。

（二）技术指标

应用该技术，经过两年多的治理，该水体水质状况有了极大的改善。除了 5-6 月份水体有颜色，但不变浑以外，一年里其它的月份，水澄清，无臭味，浅水区清澈见底。

- 1) 轮虫密度保持在 200 个/L 以上。
- 2) 单细胞微藻保持在 10 万/mL 以下。
- 3) 湖水透明度保持在 25 公分以上。

4) 湖水 pH 保持在 6-8 之间。

5) $SS \leq 30\text{mg/L}$ 。

(三) 投资费用

该项目总投资约 10 万元，其中仪器设备及材料 3 万，生理测试与生化分析 2 万，差旅费、运输费 2 万，生产与生物培养费 2 万，劳务费、协作费 1 万。

(四) 运行费用

无需运行费用。

联系方式

技术信息咨询单位：烟台大境生态环境科技股份有限公司

联系人：修元松

电话：0535-6029588

地址：山东省烟台市莱山区盛泉广场南路 2 号

邮编：264003

E-mail: xiuys668@sina.com

4、城镇污泥厌氧产乙酸发酵资源化利用的工艺及关键装置

适用范围

城镇污水处理厂产生大量的污泥减量领域以及污水处理厂总氮总磷出水不能正常稳定达标需要补加碳源的领域的治理技术。

基本原理

污泥厌氧发酵过程中会产生很多有机酸，如乙酸、丁酸、乳酸等，它们可作为将其用于调节污水 pH 值或作为污水处理过程中的反硝化外加碳源。因此，污泥预处理-厌氧发酵产酸的原理，即在第一阶段，通过物化强化处理，将污泥中的大分子有机物降解为更有利于微生物利用的小分子物质，特别是污泥细胞壁的破裂，促进细胞内物质的释放与溶解，提高污泥最终的厌氧发酵产酸效率。第二阶段，将污泥厌氧消化过程控制在产酸阶段，利用混合厌氧微生物菌群，使污泥中的有机物定向转化为乙酸、丁酸、乳酸等少数几种挥发性脂肪酸（VFA）产品，实现污泥的减量化和资源化。第三阶段，将污泥发酵所得的有机酸应用于污水处理工艺的脱氮除磷外加碳源，提高污水处理系统脱氮除磷效果和污泥的效率，保证污水处理厂的稳定达标，特别是在冬季寒冷季节的总氮、总磷指标的达标问题。

工艺流程

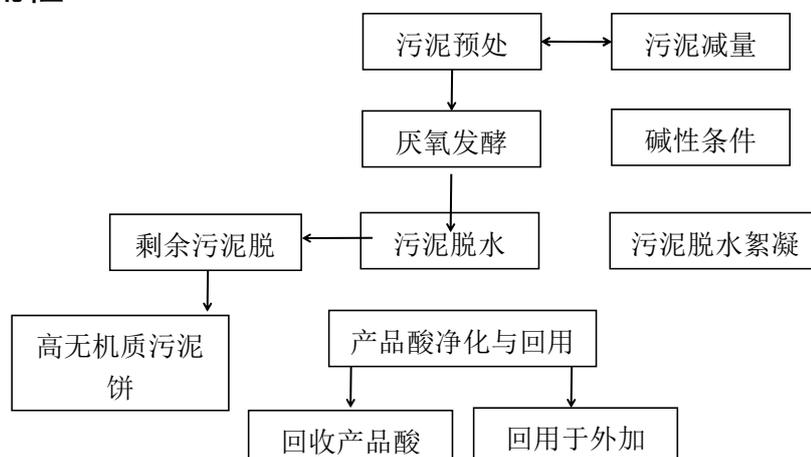


图 1 研发路线示意图

本项目的工艺路线如图 1 所示，整个工艺主要分为四个阶段：

预处理阶段：通过强化物化处理，使污泥细胞破裂，最大限度地释放污泥有机碳，进而大大提高污泥的发酵效率，促进污泥减量化程度。

发酵产酸阶段：采用碱性厌氧发酵产酸，碱性条件可以显著提高污泥的产酸效率，并维持稳定的酸产量；还避免了污泥热碱预处理后调整 pH。

污泥脱水阶段：通过采用高效的污泥脱水技术，并配合污泥脱水絮凝剂的使用，实现污泥脱水。

产品酸净化与回用：A.采用除磷剂回收产品酸磷源；B.将产品酸回用于污水脱氮除磷所需的外加碳源。

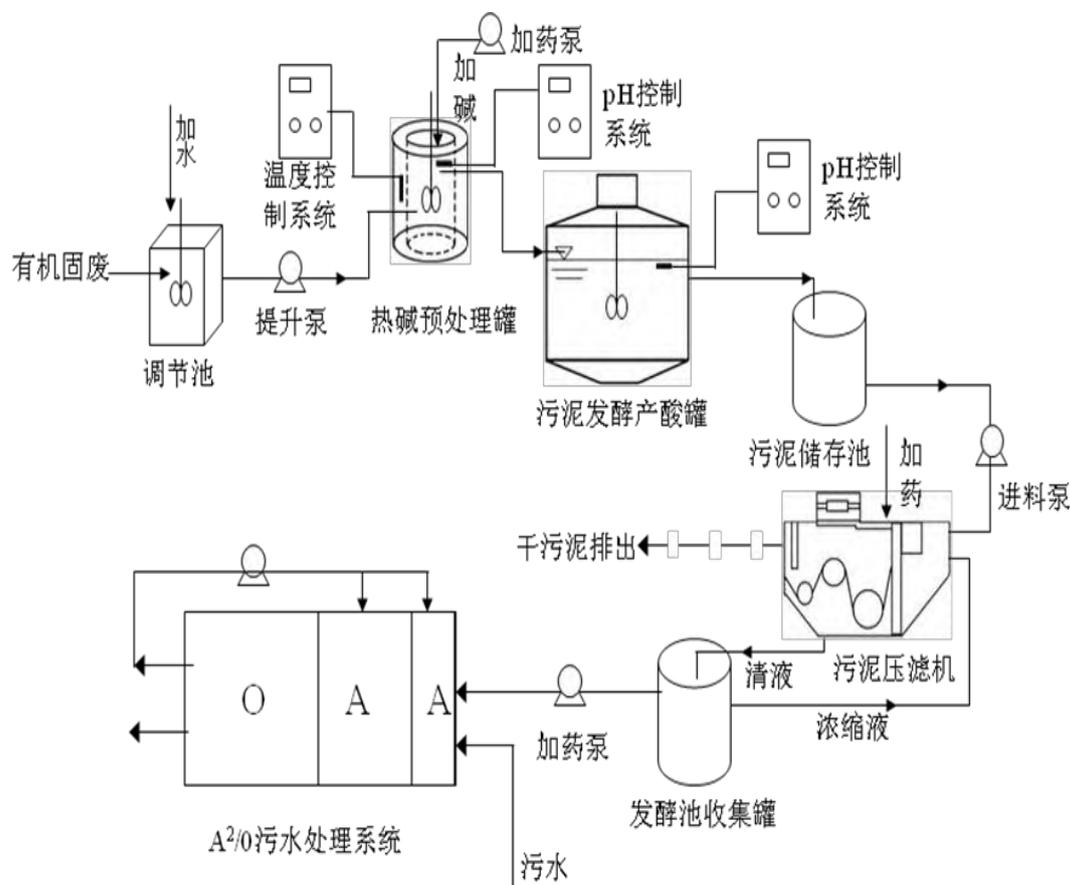


图 2 项目工艺流程

该技术通过控制条件，对污泥进行两阶段发酵，在第一阶段，控制污泥厌氧消化过程停留在产酸阶段，利用混合厌氧微生物菌群将污泥中的有机物厌氧发酵定向酸化转化为乙酸、丁酸、乳酸等少数几种挥发性脂肪酸（VFA）产品，实现污泥的粗加工过程；第二阶段，利用有机酸这种相对单一的可溶性碳源，采用筛选得到的高产菌株以有机酸为底物，发酵生产得到生物活性产品，实现污泥的精加工过程；另外，可以通过提取工艺，得到高浓度有机酸产品，可作为调整 pH 用的酸，使废水 pH 值达到处理工艺要求，也可作为污水处理厂有机碳源，强化脱氮除磷。项目工艺流程如图 2 所示。

关键技术或设计特征

本项目及其产品为规模化处理装置，每天处理量为 10 万吨/天污水处理厂产生的污泥，经过浓缩、破壁、厌氧产酸发酵、污泥脱水，将污泥中的有机质转发为乙酸溶液，作为碳源补加到生化处理系统，提高污水厂生化系统的脱氮除磷效率。脱水后的污泥先经过压缩脱水，实现污泥减量。

通过本项目中的污泥浓缩设备、污泥碱化破壁设备、污泥厌氧产乙酸设备、氮磷沉淀回收设备、污泥脱水设备五项关键设备实现了污泥浓缩破壁产乙酸，污泥中氮磷回收利用，乙酸溶液做碳源提高生化系统的脱氮除磷效率，剩余污泥的脱水减量。

开发了节能型常温破壁解决方案。浓缩污泥的破壁效果是决定厌氧产酸效率的重要因素，破壁技术的成本又决定了今后的工程应用可行性，因此，本项目的污泥常温破壁技术研发，可有效降低了污泥产酸成本，本项目研发降低耗电量的超声预处理解决方案。0.11-0.22W/mL 的超声波处理可以破坏菌胶团的结构，使其中的内部水排出，同时保持污泥较大的颗粒，从而提高污泥的

沉降性能。超声波和污泥调理剂及污泥混凝剂的结合，实现对污泥间隙水及胞间聚合物的高效分离，实现了常温浓缩污泥的高效破壁效果。

采用阳离子改性木质素表面活性剂为主的调理剂定量投加装置，都能显著提高污泥的破壁效果，改善后期污泥的脱水效果和性能，其原材料成本低，符合实际运行需求，同时污泥破壁改性过程没有增加有毒有害成分，为后期污泥厌氧产酸提供便利条件。

厌氧产酸后的剩余污泥并通过机械压榨一次性脱水至含水率 50%以下。脱水后的污泥具有极强的疏水性，遇水不化不会还原。

推广情况

本公司在 2015 年至 2016 年期间，在无锡城北污水处理厂、河北栾城污水处理厂、赵县污水处理厂的工程应用中，因为污泥产乙酸做为碳源进行了大量的推广应用，获得了满意的效果；同时对污泥脱水设备进行了外观、环境和和能量衡算，节能效果明显。

典型案例

（一）项目概况

无锡城北污水处理厂污泥减量及补充碳源提高脱氮除磷效率出水稳定达标项目。项目由江南大学与我公司联合设计、实现城镇污水厂污泥的减量、资源化利用处置。项目于 2015 年 11 月 1 建设，2016 年 5 月 1 日前完成验收。

（二）技术指标

表 1 项目技术指标

项目	指标
有机质降解率	>60%
有机酸构成比	
乙酸	71-86%
丁酸	86.6%
有机酸产率	
乙酸	0.32-0.46g/gVS
丁酸	0.36-0.45g/gVS

(三) 投资费用

该项目处理污泥量为 100 吨/天（含水率 80%），厌氧产乙酸反应器为 1 台 1000 立方，整体总投资约 500 万元，其中设备投资 350 万元，土建基础设施费用 50 万元，其他费用投资 100 万元，主体设备寿命 10 年。

(四) 运行费用

为了核算城市污泥产酸发酵工艺的经济效益，将本项目得到的关键参数如有机酸转化率、水耗、电耗以及药剂消耗等进行综合分析。假定某一污泥发酵产酸工程日处理污泥量为 100 吨（含水率 80%），项目的总体性能指标如表 2 所示：

表 2 污泥发酵产酸项目性能指标分析

项目	工程放大 (100m ³ /d)
收益	
产酸转化率 (g VFAs/g VSS)	0.311
VFAs 产量 (kg)	1989.2
有机酸收益 (元/m ³)	129.7
政府补贴 (元/ m ³)	250.0
小计	374.8
成本	
药剂消耗 (元/ m ³)	45.8
电耗 (元/ m ³)	9.3
水耗 (元/ m ³)	0.2
人员工资 (元/ m ³)	2.6
设备折旧 (元/ m ³)	110.0
污泥处置 (元/ m ³)	125.0
小计	292.9
合计 (元/ m ³)	81.9

在以上计算中, 100m³ 80%含水率的污泥含有干泥 20000kg, VSS 含量按 60%计, 则含有机质 12000kg。根据本研究结果, 污泥厌氧发酵有机质的降解率按 53.3%, VSS 产酸转化率按 0.311 g VFAs/g VSS 计, 则 100m³ 污泥可产 VFAs 1989.2kg。由于发酵液中有机酸浓度高, 不需要提取, 可直接回流至污水处理池中作为补充碳源, 因此不需要考虑提取成本。VFAs 的市场价格按 6520 元/吨计, 则每 m³ 吨泥的收益为 129.7 元。本项目实际运行过程

中工业烧碱和 PAM 的消耗分别为 0.190 kg/kg TSS 和 1.5 g/kg TSS。那么，1m³ 污泥消耗烧碱和 PAM 的量分别是 38 kg 和 0.3 kg，工业烧碱和 PAM 的市场价格分别按 1000 元/吨和 26000 元/吨，则 1m³ 污泥消耗的药剂费为 45.8 元。配备两个工作人员，每人 4000 元/月。设备折旧按固定资产投资 4000 万，10 年折旧期，则 1m³ 污泥每天的设备折旧费为 110.0 元。污泥经过高干脱水含水率从 80%降低到 60%，体积减半，处置费用减半为 125 元/m³。综合上述，每 m³ 污泥通过厌氧发酵产酸的净收益为 81.9 元，本项目每年的净收益为 298.9 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：山东通持环保技术有限公司

联系人：杨云军

电话：18866979866

地址：山东省临沂市高新区创新大厦 A307

邮编：276000

E-mail: shandongtongchi@163.com

5、中小城镇生活污水低能耗、无人值守处理集成设备

适用范围

水利、环境和公共设施管理等行业。

基本原理

该技术通过采用采用新型工艺、节能新设备，电解除磷设备及污水紫外线消毒设备，占地面积小，能耗低，运行费用少且无需人工配药操作，在公司和环保部门就可以远程监控现场我们公司新设备运行状态。

工艺流程

多级厌氧滤池

多级厌氧滤池内填充了大量的**高效生物填料**，污水经过厌氧滤池后，慢慢的在悬浮填料上生长出很多的**厌氧微生物**，通过填料上的微生物作用，将污水中的较大分子的有机污染物分解为较小的有机污染物，提高后续生物处理效果，同时本池嗜磷菌将体内的磷排放处理，使污水中**P**的含量升高，溶解性有机物被微生物细胞吸收而使污水中的**BOD₅**浓度下降，另外**NH₃-N**因细胞的合成而被去除一部分，使污水中的**NH₃-N**浓度下降，但含量没有变化。

填料流动池

在填料流动池中，填充大量的**高效生物填料**，有机物被微生物生化降解而继续降低，污水经过电解除磷设备处理后，在线监测总磷，总氮含量，确保出水水质达标。

处理水池

作用：**(1)**对填料流动池出水中悬浮微生物絮凝体进行沉淀与水分离，并使废水得到净化、澄清；**(2)**对沉淀的污泥起到一定的浓缩作用，为填料流动池提供回流污泥。

消毒池

储存一定量的清水，经过紫外线消毒设备进行消毒。

关键技术或设计特征

关键技术：①微动力，低能耗，生物填料采用新型填料，多级厌氧区，能源更低。②采用专利电解除磷设备，无需人工操作投加药剂。③实现无人值守，配置远程监控系统，在公司和环保部门就可以远程监控现场我们公司新设备运行状态。

创新点：采用新型工艺、节能新设备，电解除磷设备及污水紫外线消毒设备，降低能耗和无需人工配药操作等，在公司和环保部门就可以远程监控现场我们公司新设备运行状态。

推广情况

共承接农村连片整治及小城镇新型社区污水处理项目 190 项，中水处理工程 200 项，共售出污水处理设备 500 套。

典型案例

（一）项目概况

临清市农村环境连片整治示范工程项目。项目采用地埋式污水处理设备，采用厌氧-好氧生物脱氮除磷工艺，日处理量 500 立方米，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级 B 类标准，2015 年 5 月建成并完成验收，工程质量达到国家有关工程建设验收规范“优良”标准。

（二）技术指标

项目采用地埋式污水处理设备，厌氧-好氧生物脱氮除磷工艺，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级 B 类标准。

（三）投资运行费用

项目投资 258 万元，用于项目设计、采购、施工及污水处理设备

安装。年运行费用为 2.3 万元，吨水运行费用为 0.005 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：山东国辰实业集团有限公司

联系人：郝连杰

电话：0531-87257966

地址：济南市长清区五峰山旅游度假区

邮编：250300

E-mail: guochenhuanjing@163.com

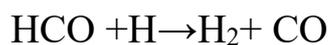
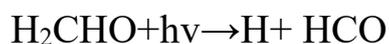
6、“微生物+光量子”组合式污水净化处理系统

适用范围

适用于城镇、景区、学校、部队、三所一狱（戒毒所、看守所、拘留所、监狱）海岛、高速路服务区、汽车度假区服务中心生活污水处理、缺水地区污水二次回收利用、黑臭水体生态修复、湿地建设等。

基本原理

生活污水经过过滤沉淀后，进入一套包含一个外胆和一个内胆的污水净化系统，该净化系统内部利用微生物分解方式，分解细菌主要包括硝化细菌（自养型细菌）、反硝化细菌（异养型细菌）、聚磷菌（摄磷菌、除磷菌）等传统活性污泥、生活污水、污物处理中工艺较为特殊的细菌。外胆内腔顶部设有支架，支架上设一低功率电机与外设程控电路链接，内胆下部开口，开口锥面布满凸起、凹槽构成的齿形通道，该各凸起表面接触外胆内壁形成支撑，各凹槽将内胆与外胆之间的沉淀区与内胆内部的生物氧化区沟通，净化后的污水经过上述处理后进入光量子装置利用光量子处理，利用高功率低压 UV 放电管所发的光量子波段为 253.7nm 及 184.9nm，其能量分别为 472KJ/mol 和 647KJ/mo，这种高能量光量子能切断大多数的有机分子结构键，然后氧化，分解成 CO₂ 和 H₂O 等物质，比如甲醛（H-CHO）的离解：



光量子渠除了能分解有机物外还有很强的杀菌特点，无需添加化学药品，只要通过高能量波段 UV 254 185 就能对污水进行杀菌、除味。

生活污水中的细菌、病毒、藻类等微生物受到一定剂量的光量子照射后，对其细胞 DNA 和 RNA 结构进行破坏，细胞再生能力无法进行，通过微生物分解及光量子渠的处理后，生活污水中的有害物质得到分解，除味，从而达到水的消毒和净化的目的。

工艺流程

生活污水—一个外胆和一个内胆的容器（外胆内腔顶部设有支架，支架上设一低功率电机与外设程控电路链接，内胆下部开口开口锥面布满凸起、凹槽构成的齿形通道，该各凸起表面接触外胆内壁形成支撑，各凹槽将内胆与外胆之间的沉淀区与内胆内部的生物氧化区沟通）净化微生物分解光量子装置分解氧化有机分子的结构键，生成 CO_2 和 H_2O 等物质，达到水质消毒和净化的目的。

关键技术或设计特征

主要部件是由一个外胆和一个内胆构成，该两组件可以实现可拆卸的分体组合结构，该结构两个胆体结合处的通道结构使污水进入均匀，进一步提高净化处理污水的效率，安装、维修操作简单，生产作业成本显著降低。

利用微生物分解的方式，使得污水中的有机质等有害物质最大限度的分解，净化。

光量子处理污水技术的使用，使得污水可以利用光量子来处理，利用高功率低压 UV 放电管所发的光量子波段为 253.7nm 及 184.9nm，其能量分别为 472KJ/mol 和 647KJ/mo，这种高能量光量子能切断大多数的有机分子结构键，然后氧化，分解成 CO_2 和 H_2O 等物质。生活污水中的细菌、病毒、藻类等微生物受到一定剂量的光量子照射后，对其细胞 DNA 和 RNA 结构进行破坏，细胞再生能力无法进行，从而达到水的消毒和净化的目的。

推广情况

共承接污水处理工程 50 余项，已经售出并安装污水处理系统 150 余套，100 套正在施工中，承接保护区内生活区项目 5 个，高速路生活区项目 4 个，景区多项，武警部队驻边远地区污水处理项目 2 项，合计完成销售额 4.5 亿元，2016 年完成销售额 3000 万元，2017 年预计完成销售额 1.5 亿元。

典型案例

→项目名称：天境昆崙-中国院子小区污水处理项目（昆崙山国家 4A 级森林景区内）

建设单位：烟台云海置业责任有限公司

建筑面积：约 16 万平米，总户数约 1000 户，

设备安装数量：3 套

项目设计目标：处理水 100%回用

主要用途：绿化灌溉、景观河道补充用水、有机果园灌溉

开工日期：2016-4-11

竣工日期：2016-4-20

（二）技术指标

使用普霖公司自行研发、设计、制造、施工的“微生物+光量子”组合式污水净化处理系统，该设备改变了传统的污水处理模式，它占地小（埋于地下，顶部可绿化、做景观等设计）、管理易（无需专人管理）、能耗低（处理费用：0.3 元/吨），该处理工艺采用纯生物处理，不添加任何化学制剂，不加膜，不会二次破坏环境，处理后的水用于绿化、洗车、道路冲洗等用途，降低物业管理成本，减轻市政污水处理厂的污水处理压力，节能、降耗、环保。

经处理过的水质 $COD < 30mg/L$ ， $BOD < 2mg/L$ ，氨氮 $<$

0.1mg/L，总磷<0.05mg/L，SS<6mg/L，PH值7.47，总氮<2.0mg/L，动植物油<0.05mg/L，粪大肠菌群<60个/L，阴离子表面活性剂<0.05mg/L，矿物油<0.02mg/L等，所有数值符合GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》要求。

(三) 投资费用 (单套)

该项目总投资约230万元，其中设备(设备+光量子)投资200万元，基建投资24万元，其他投资6万元，主体设备寿命20年，吨水运行费用0.3元。

(四) 运行费用 (单套)

根据2016年4月-2016年12月实际运行情况，折算年处理水6.5万吨，年运行费用1.8万元，吨水运行费用为0.3元；年回用水6万吨，实际每吨自来水价值7元，年节水总节约费用为42万元，节约化学肥料使用费用为11万元，除去运行费用，项目实际年净收益为52.2万元。

联系方式

技术信息咨询单位：普霖环境科技有限公司

联系人：孔帆海

电话：18153503715 (办公室电话)

地址：烟台高新区经八路17号内4号中俄科技园

邮编：2640010

E-mail: zhifukfh@163.com

7、选择性截留油水分离技术

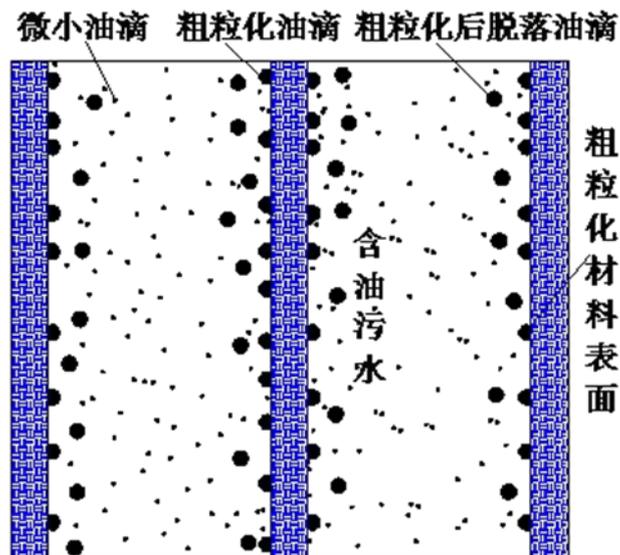
适用范围

产生含油污水的各个行业，油田、石化、油库、港口、码头、船舶压舱水和舱底水。冶金、机械厂、部分化工厂及其它能够产生含油污水的企业和地区。

基本原理

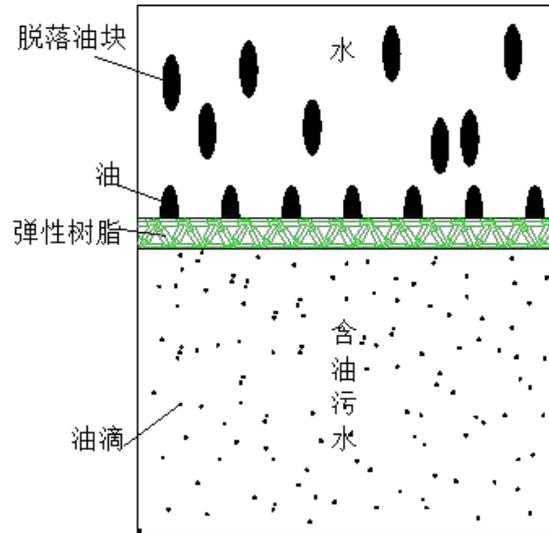
选择性截留油水分离技术，设有三级处理单元。第一、二级采用聚结技术使油水分离；第三级采用了新型的选择性截留材料，这种材料的特性是对通过它的水和油呈现出不同的阻力，这种材料对油的阻力远远高于对水的阻力，当含油污水通过它时，油被选择性地截留，使油水得到分离。

第一级：聚结技术。该材料由两种成分构成：①亲油物质、②斥油物质。含油污水进入该处理单元，油水液滴的物理分离（分层）就发生在这个内部粗粒化介质层面上，随着液滴直径的急剧变化而发生迅速的破乳和聚集作用。依据斯托克斯定律，油滴上升的速度与其平方直径成正比（其它参数不变），使油水混合物中油滴直径迅速增加而达到油水分离的目的。工作原理图如下：

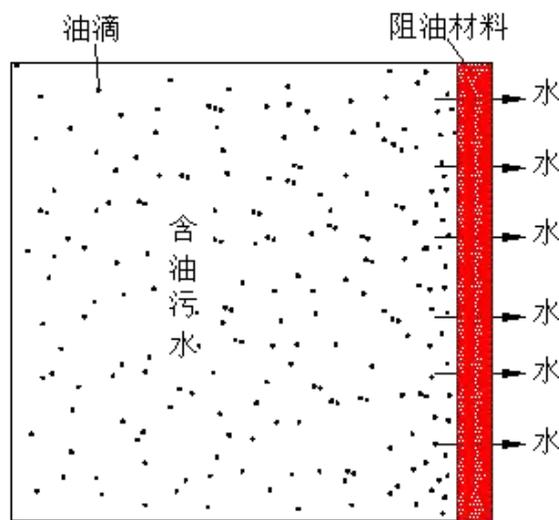


第二级：强化聚结技术。该材料为高弹性高密度特种树脂，这种树脂材料具有良好的吸附解吸能力，对含油污水中的微小油

滴具有良好的去除能力，由于其高弹性的特点，在处理含油污水时产生微动，从而使其处理活性能够长期有效的得到保持。工作原理图如下：



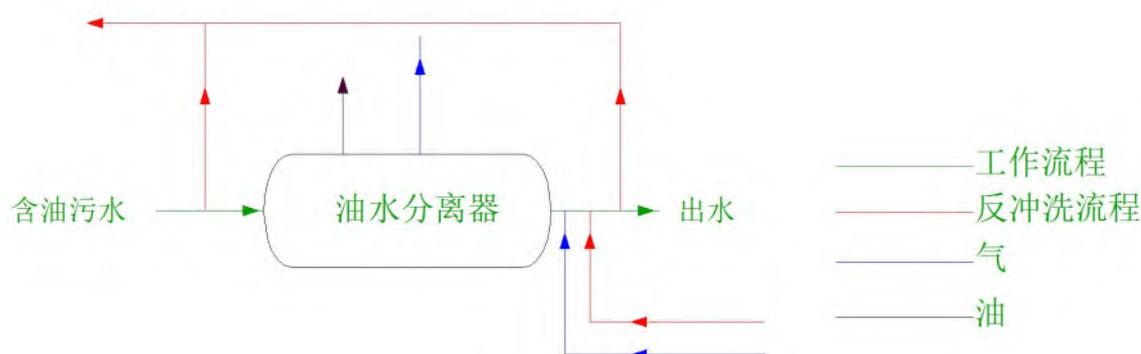
第三级：选择性截留技术。该材料是我公司独有的无机-有机复合材料，这种材料的特性是对通过它的流体根据性质不同而呈现出不同的阻力，这种材料的对油阻力是对水阻力的 50 万倍以上，因而，当含油污水通过它时，油成分被选择性地截留，使油水得到分离。工作原理图如下：



工艺流程

工艺流程包括缓冲罐-油水分离。含油，污水中油含量超过

3000mg/L 时，需前置缓冲罐，低于 3000mg/L 时，无需缓冲罐。污水首先进入缓冲罐，去除大颗粒浮油，进入油水分离器，在油水分离器内经过三级油水分离，达到出水含油量 $\leq 10\text{mg/L}$ 的指标。工艺流程图



关键技术或设计特征

通过我公司独有的无机-有机复合选择性截留材料，这种材料的对油阻力是对水阻力的 50 万倍以上，因而，当含油污水通过它时，油成分被选择性地截留，使油水得到分离。

该材料的性质决定了出水含油量与进水含油量无相关性。

典型规模

适用于各种水量的含油污水处理工程。

推广情况

大庆油田聚驱含油污水除油；大庆油田洗井车；胜利油田回注污水除油；青岛石油化工有限公司电脱盐污水专项治理。

典型案例

（一）项目概况

青岛石油化工有限公司电脱盐污水专项治理，设计日处理水量 $240\text{m}^3/\text{d}$ ，实际日处理水量 $600\text{m}^3/\text{d}$ ，污水来源为电脱盐

工艺排水，改水含油量为 40-200000mg/L，乳化严重，含盐量很高。于 2014 年 12 月完成调试并投入运行。

(二) 技术指标

青岛石油化工股份有限公司电脱盐污水，中石化标准要求含油量 $\leq 150\text{mg/L}$ ，合同要求 $\leq 20\text{mg/L}$ 。

从 2014 年 12 月到 2015 年 5 月的运行监测数据如下：

项目内容	参数	单位	备注
设计流量	10	m ³ /h	
进口污水含油量	≤ 200000	mg/L	
出口污水含油量	≤ 20	mg/L	
实际流量波动范围	20~28	m ³ /h	
进口水中油的最 高浓度	200000	mg/L	
出口水中油的最 高浓度	24	mg/L	
平均排油量	2.33	t/d	
高峰排油量	7.0	t/d	
平均含油量	4854.2	mg/L	
平均出水含油量	15.3	mg/L	
油平均回收率	99.7	%	经分离后
总功率	0.5	KW	0.05/t（按设计处理量）
最低反冲水温度	65	°C	
加热蒸汽耗量	0	kg	kg/吨水
反冲气体总量	0.008	m ³ (0.4MP)	m ³ /吨水（按设计处

		a)	理量)
反冲总水量	0.006	m ³	m ³ /吨水 (按设计处理量)
设备总占地面积	85.0	m ²	
运行成本	0.064	元	按设计处理量计算

(三) 投资费用

工程总投资 134 万元，其中工程直接费用 87 万元，吨水投资为 5583 元。

(四) 运行费用

吨水运行能耗 0.05kWh/m³，吨水运行成本 (不计折旧) 约为 0.064 元/m³ (按设计处理量计算)。

联系方式

技术信息咨询单位：青岛科力源环境科技有限公司

联系人：刘同雷电话：13906489152

地址：山东省青岛市山河路 702 号 58 号楼 2 单元 502 室

邮编：266104

E-mail: qdklyhb@163.com

8、等离子体原位生成纳米铁深度处理含重金属 (砷) 废水技术适用范围

工业含重金属（砷）废水的深度处理，解决化学法无法提标的困境，应用于被重金属污染的土壤、地下水及农田耕地的重金属稳定化。

基本原理

纳米零价铁颗粒粒径为 1-100nm，随着粒子粒径减小，表面原子数占总原子数的比例急剧增加，表面积和表面能迅速增大，因此纳米铁粒子具备优于普通零价铁的新性能，可有效降解多种环境污染物，纳米铁对废水中重金属（砷）的去除作用及效果已得到国际权威机构认可，由于纳米铁制备成本居高不下，且活性高不易运输、贮存，限制了纳米铁的实际应用，等离子体纳米铁原位生成技术攻克了纳米铁生产成本瓶颈，原位生成，避免了贮存、运输带来的不稳定问题，应用于工业重金属（砷）废水的深度处理及被污染地下水和土壤的修复领域有得天独厚的优势。

深度处理工业含重金属（砷）废水，排放标准达到 0.1mg/L 以下，可根据国家排放标准的进一步严格，排放标准进一步提高，产生的重金属单质可回收利用，无二次污染。

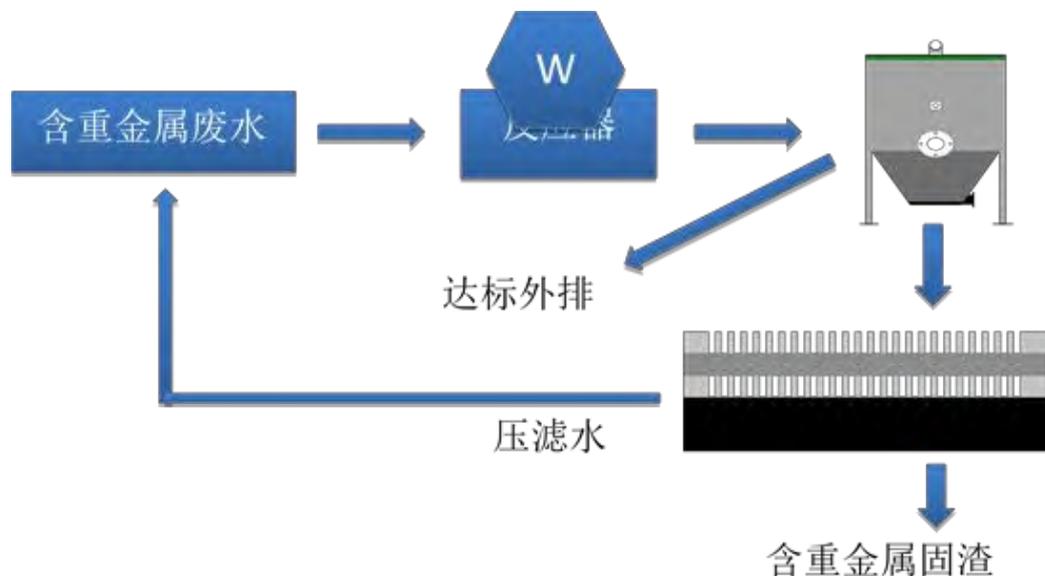
工艺流程

工艺流程包括工业重金属废水预处理-PH 调整-WR 反应器-沉淀-达标水外排或回用。污水首先进行预处理去除废水中 SS，重金属含量过高可通过化学法去除大部分重金属离子，预处理后的废水进入 WR 反应器，反应器在废水中直接产生纳米铁与废水中重金属离子瞬间反应，此时的纳米铁活性最强，重金属离子在纳米铁作用下形成金属单质和不溶性氧化物，通过沉淀系统完成固液分离，固渣主要为重金属单质和氧化物，收集后可进一步提取重金属达到资源化利用的目的，由于纳米铁极强的还原性和吸附性，可将废水中重金属残留轻易降至 0.1mg/L 以下的浓度，符

合环保部门对重金属废水的提标要求（原标准 0.5mg/L）。

工艺流程图

关键技术或设计特征



等离子体高频高压脉冲电源及 WR 反应器为本技术的核心装备，单质铁在等离子体作用下形成纳米级铁粒子与废水中重金属离子充分反应，将重金属离子以固体单质或不溶性氧化物的形态留存在高密度沉淀器内，处理后废水重金属离子残留量可利用纳米铁粒子控制到痕量级。

等离子体纳米铁原位生成系统为模块化设计，单机模块设计处理量为 120 吨/天和 500 吨/天，组合设计适用于日处理千吨规模的重金属（砷）废水深度处理工程。

推广情况

在云锡集团红河砷业（设计处理规模 120m³/d）。

典型案例

（一）项目概况

云锡集团红河砷业含砷废水深度处理示范工程，设计日处理水量 120m³/d，污水来源于砷厂生产减压蒸馏后废水，砷含量 120-150mg/L，化学法处理产生大量含重金属固渣，需送到有相

应危废处理资质的单位高价处理，处理费用 4000-5000 元/吨，企业废水排放新标准出台后，砷排放标准由原标准 0.5mg/L，提标至 0.1mg/L，化学法处理遭遇处理瓶颈，含砷废水深度处理示范工程于 2016 年 12 月开工建设，2017 年 4 月完成安装并调试运行。

（二）技术指标

从 2017 年 1 月至 2017 年 3 月的运行监测数据表明，示范工程出水砷浓度平均 $0.05\pm 0.03\text{mg/L}$ ，所有检测数据均低于 0.1mg/L，满足回用要求和《锡、锑、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014）的最新排放限值。该工艺较化学法占地节省 60%，避免了大量固渣带来的二次污染。

（三）投资费用

工程总投资 140 万元，其中工程直接费用 120 万元，人工及其它费用 20 万元。

（四）运行费用

吨废水处理运行能耗 0.3kWh/m³，原材料成本 0.8 元/m³，吨水直接运行成本（不含设备折旧、人工）约为 1.0-1.2 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：山东省科学院激光研究所

联系人：翟瑞占

电话：0537-2338357

地址：山东省济宁市高新区产学研基地 A3B 栋

邮编：272000

E-mail: zhairuizhan@163.com

9、抗板结粒状陶制铁碳微电解填料处理高浓度难降解有机废水技术

适用范围

高浓度难降解有机废水（如化工、制药和三硝基甲苯等生产废水）的处理。

基本原理

该抗板结粒状陶制铁碳微电解填料以污泥、废铁屑和赤泥等固体废弃物为主要原料生产，生产成本比采用铁粉和碳粉降低80%左右；材料具有表面粗糙、强度适中、质轻、吸水率小和比表面积大等特点，在处理废水过程中表面的单质铁随着微电解反应的进行而逐渐被消耗，表层逐渐脱落而不断得到更新，从而有效避免其钝化失效，延长使用周期，解决了常规微电解填料易板结和沟流的技术难题,对高浓度难降解有机废水的处理效果显著。

典型规模

适用于任何规模的高浓度难降解有机废水处理工程。

推广情况

在化工、制药和三硝基甲苯等生产废水处理中得到推广应用。

技术指标

固体颗粒状产品。

联系方式

技术信息咨询单位：山东大学环境科学与工程学院

联系人：岳钦艳

电话：0531-88365258

地址：山东省济南市山大南路27号

邮编：250100

E-mail: qyyue@sdu.edu.cn

10、臭氧氧化+PACT—SBR+催化氧化处理纯工业废水

适用范围

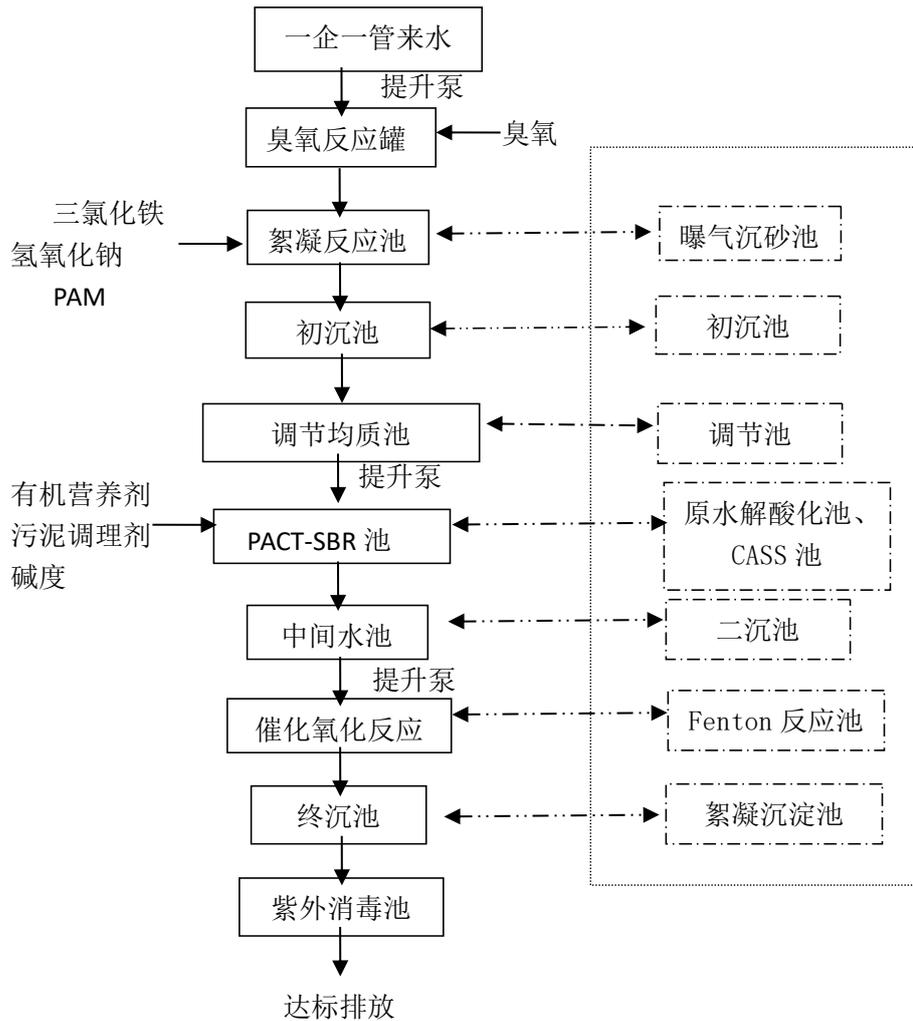
适用于石油、石化、化工、火电、冶炼、印染、制药等行业

基本原理

通过臭氧氧化增加废水的可生化性，经过预处理后对废水进行絮凝沉淀，固液分离后的废水进入 PACT—SBR 池，通过活性炭的强吸附性能，通过投加的特殊菌制剂、有机微生物对废水有机物进行高效率的分解氧化及去除，最后由催化氧化流程对废水进行彻底的分解氧化，催化氧化通过对反应条件的精确控制（反应 pH、ORP、时间、加药种类、加药量、加药次序等），模拟过氧化氢酶的降解功能，控制生成的羟基自由基“适度氧化”废水中的有机污染物分子，使其分子羧基化，羧基化的污染物分子与催化反应产生的铁离子等发生络合反应，生成分子量较大的羧酸铁络合物，其水溶性降低，继而通过固液分离手段，实现废水净化。

整个工艺流程完全由 PLC 系统进行控制，包括污水的预处理加药、PACT—SBR 池阶段性处理废水时间及水量、催化氧化由进水量确定加药量等步骤，完全由 PLC 系统智能调节，整个过程周密细致。

工艺流程



注：为原建筑物

关键技术或设计特征

臭氧氧化+PACT—SBR+催化氧化处理纯工业废水的合理搭配利用，然后由 PLC 系统进行精确的智能控制，能够完成对大部分化工废水的有效处理。

典型案例

（一）项目概况

对无棣县新海污水处理厂进行工艺升级改造，项目设计单位为山东省环科院环境科技有限公司。项目于 2016 年 6 月开始施工建设，2016 年 7 月下旬项目完成并实现单机调试进水。

（二）技术指标

该项目自运行以来，实现稳定运行，污水 COD \leq 60mg/l，氨氮 \leq 10mg/l，完全达标。

（三）投资费用

项目总投资 1200 万元，其中臭氧氧化投资 300 万元，PACT—SBR 投资 800 万元，催化氧化投资 100 万元。

（四）运行费用

吨水处理费用 17.6 元。

联系方式

技术信息咨询单位：无棣县新海污水处理厂

联系人：陈金卫

电话：13061005908

地址：无棣县柳堡镇新海工业园污水处理厂

邮编：251906

E-mail: xinhaiwushuichang@163.com

11、高盐废水生化处理工艺

适用范围

适用于石化、化工、制药等行业。

基本原理

高盐废水因高盐浓度会对微生物产生抑制和毒害作用，使传统的生物法污水处理工艺效果大幅度降低，增加了高盐废水的处理难度。耐盐微生物因其独特的生物学特性，为高盐废水的高效处理开辟了新的方法。在自然界中筛选出嗜（耐）盐菌株，利用菌株采用逐步提高盐度的方法驯化，培养出耐盐活性污泥。耐盐活性污泥对废水中 COD 的去除率远远大于普通活性污泥。时间的增加以及盐浓度的提高，种群多样性经历了一个先减少，可通过生物增效技术增多种群多样性，保证活性污泥的处理能力。

工艺流程

筛选出嗜（耐）盐菌株：对筛选出的菌株进行鉴定，测定其生长的盐度范围，初步研究菌株对降解高盐废水中污染物的能力。

培养耐盐活性污泥：采用 SBR 法模拟高盐废水处理，利用筛选出的嗜（耐）盐菌株，逐步提高盐度驯化耐盐活性污泥，对污泥驯化不同时期的出水水质做全面监测分析，并收集和监测系统运行参数。根据需要对耐盐活性污泥进行扩大发酵培养，投入工程中使用。

常见工艺流程：

一级处理:通过机械处理，如格栅、沉淀或气浮，去除污水中所含的石块、砂石和脂肪、油脂等。

二级处理:通过 SBR、氧化沟、接触氧化、生物滤池等技术污水中的污染物在耐盐微生物的作用下被降解和转化为污泥。

三级处理是污水的深度处理，通过加氯、紫外辐射或臭氧技

术对污水进行消毒。可能根据处理的目标和水质的不同，有的污水处理过程并不是包含上述所有过程。

关键技术或设计特征

筛选适用于高盐废水处理的嗜（耐）盐菌株，并经过驯化培养为可有效分解处理污染物的耐盐活性污泥。

污水处理装置运行过程中调节合适的温度、PH、营养盐比例、回流比、污泥浓度等。

推广情况

目前该技术已应用于多家产生高盐废水的化工企业。

典型案例

（一）项目概况

滨化集团股份有限公司污水处理厂，由滨化集团自行设计、建设使用和运行管理。污水处理共建设高盐废水处理套装 3 套。装置均采用鼓风曝气+接触氧化的两级生物处理工艺，应用了经过筛选和培养的高效耐盐活性污泥和耐盐生物膜进行生物处理。总设计处理能力为：6.96 万 m³/天。

（二）技术指标

滨化集团股份有限公司污水处理厂主要处理生产环氧丙烷过程中产生的废水，进水水质全盐量为 40000 mg/L 以上，氯离子浓度 25000mg/L 以上，COD 浓度为 1100 mg/L。目前日处理量为 40000m³/天。经处理后出水水质满足 COD≤60mg/L 氨氮≤10mg/L 悬浮物≤30mg/L 的要求。

（三）投资费用

污水处理厂总投资约 3.1 亿元。

（四）运行费用

根据 2016 年实际运行情况，处理每立方米废水运行费用为

3.02 元。

联系方式

技术信息咨询单位：滨化集团股份有限公司

联系人：高孝虎

电话：0543-2117827

地址：山东省滨州市黄河五路 869 号

邮编：257400

E-mail: gaoxiaohu_007@163.com

12、AMOXF 技术

适用范围

生化性好的高氨氮废水、高氨氮低 C/N 比废水

基本原理

AMOXF 工艺通过调控 DO 浓度，使废水中一部分 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 氧化为 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ，再使残留的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 反应形成 N_2 ，工艺的运行过程中不需单独供给 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ，低 DO 下即可运行，对厌氧条件要求不高。

工艺流程

本工艺段分为三个部分，分别是第一单元、第二单元和第三单元。进水与回流污泥进入第一单元，出水通过过水洞进入下一级的第二单元，第二单元出水经过过水洞进入第三单元。在第一单元内，水中的氨氮在好氧氨氧化细菌及相关细菌的作用下被氧化成亚硝酸氮，然后由厌氧氨氧化细菌以氨氮为电子供体，对产生的亚硝酸氮进行还原，生成无污染的氮气排出水体。在第二单元内，第一单元反应后剩余的亚硝酸根、反应产生的少量副产物硝酸根和好氧段形成的硝酸根，被异养反硝化细菌利用，转化为无污染的氮气排出水体。在第三单元内，水中极少量的氨氮和少量亚硝酸氮在硝酸菌的作用下，转化为硝态氮；好氧过程中产生的硝态氮，部分回流到第二单元进行反硝化。

关键技术或设计特征

由于厌氧氨氧化菌是自养菌，反硝化过程中直接以氨作为电子供体，因此反应无需外加有机碳源，既节省了运行成本，又可防止二次污染；亚硝酸盐氮是厌氧氨氧化的关键性电子受体，硝化阶段只需将 NH_4^+ 氧化为 NO_2^- ，这样可减少 62.5% 的耗氧量，供氧能耗大幅下降；厌氧氨氧化的产酸量大为降低，产碱量更降至零，

能够节约大量的中和试剂；AMOXF 工艺的污泥产量少，仅为传统生物脱氮工艺污泥产量的 8%左右，无形中减少了污泥后续处理和处置的费用及环境压力；本工艺在较高 COD 去除率的前提下，实现了高效的脱氮能力，与传统工艺相比，显示了巨大的优越性。

推广情况

45 万吨玉米深加工项目 10000m³/d 污水处理系统改造开发项目

典型案例

（一）项目概况

宁夏伊品生物科技股份有限公司污水处理项目的污水主要为淀粉、味精、苏氨酸及赖氨酸等生产过程中排放的污水，设计处理水量 10000m³/d，2010 年底建成，2011 年运行至今。

（二）技术指标

示范工程进水水量 10000 m³/d，水质情况如下：COD：3850mg/L，NH₃-N：653mg/L，SO₄²⁻：1000mg/L；经过处理后，COD_{Cr}≤100mg/L，BOD₅≤20mg/L，NH₃-N≤20mg/L，总氮≤40mg/L。

（三）投资费用

示范工程总投资为 331.2 万元（基建部分由甲方完成），吨水投资费用为 331.2 元。主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

根据 2012 年 7 月至 2013 年 7 月实际运行情况，处理废水 350 万吨，吨水处理费用约 1.34 元。

联系方式

技术信息咨询单位：山东美泉环保科技有限公司

联系人：杨永和

电话：13708925957

地址：山东省济南市高新区舜泰广场 1 号楼 16 层

邮编：250101

E-mail: mqhb@china-meiquan.com

13. 扩散渗析膜法处理酸碱性废水技术

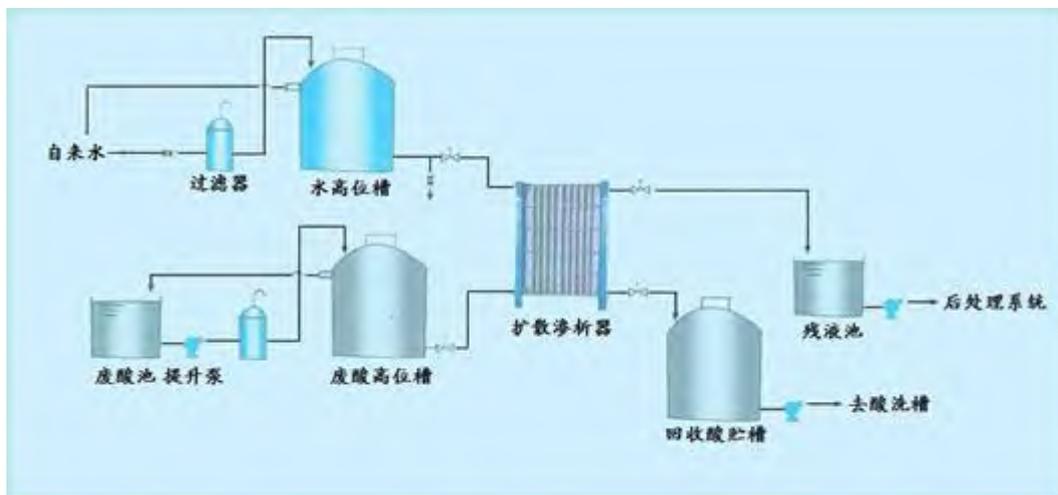
适用范围

适用于钢铁酸洗、化成箔、湿法冶金、电镀、铝型材、石墨、氧化铝、化纤等行业酸/碱性废水资源化回收利用。

基本原理

膜法回收废酸（碱）采用的是渗析原理，是以浓差做推动力的。在扩散渗析阴（阳）膜的两侧分别通入废酸（碱）液及接受液-纯水时，废酸（碱）液侧的酸（碱）盐的浓度远高于水的一侧，由于浓度原因酸（碱）及盐有向水侧扩散的趋势，但渗析阴膜骨架本身带正（负）电荷基团，由于电荷相互作用，其只允许带负电酸根离子（带正电金属离子）和半径小电荷少的 $H^+(OH^-)$ 通过，而阻碍带正电的金属离子（带负电的酸根离子）通过，从而实现了酸（碱）跟盐的分离。

工艺流程



工艺流程图

扩散渗析法酸（碱）回收工艺流程：将经过过滤处理的水和废酸（碱）液泵入高位槽；调节流量阀，控制水和废酸（碱）液按比例进入扩散渗析器；在扩散渗析器内，废酸（碱）液中的酸（碱）透过扩散渗析膜，进入水侧形成回收酸（碱），盐被膜截

留仍留在废液中形成残液；回收酸（碱）收集后返回生产工艺循环使用，残液收集后进入后处理系统。

关键技术或设计特征

该技术以水作为接收液，以浓差做推动力，实现酸（碱）性废水中酸（碱）与盐的分离回收，操作简单、维护方便、无二次污染，易实现全自动化，尤其是分离过程不需要电源而大大节省了能耗，回收的酸（碱）经过提浓后可循环使用，既实现了废酸（碱）的资源化回收再利用，又降低了后续处理难度和污染物的排放量。

推广情况

该技术产品已应用于钢铁酸洗、化成箔、有色金属加工、钢铁酸洗、蓄电池、石墨加工、电子电镀等行业 100 多家企业，用于含硫酸、盐酸、硝酸、磷酸、氢氟酸或氢氧化钠等酸碱性废水的处理。

典型案例

（一）项目概况

以国内某大型化成箔企业为例，设计建造扩散渗析废酸处理系统总规模 120m³/d，该项目于 2008 年底建成，运行至今。

（二）技术指标

表 1 化成箔酸腐蚀废水处理前后水质情况

项目	废酸	回收酸	残液
H ⁺ /(mol/L)	6-7	5.5-6	<0.5
Al ³⁺ /(g/L)	10-12	<0.5	10-11

（三）投资费用

该项目总投资约 600 万元，其中设备投资约 500 万元，基建投资 20 万元，其他投资 80 万元，扩散渗析膜使用寿命 3-5 年，

主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

根据 2009 年至 2016 年实际运行情况，年均运行成本约 160 万元（含换膜成本），可处理废酸液约 4 万方，年回收相当于 1 万吨 98%的浓度硫酸，硫酸按照 500 元/吨计算，可节约原料成本约 500 万元/年，减少中和处理开支约 100 万元/年，总收益约 440 万元/年。

联系方式

技术信息咨询单位：山东天维膜技术有限公司

联系人：李志刚

电话：0536-8867639 13963649934

地址：山东省潍坊高新区玉清东街 13173 号

邮编：261061

E-mail: lzg@sdtianwei.com

14. 工业污水芬顿流化床深度处理技术

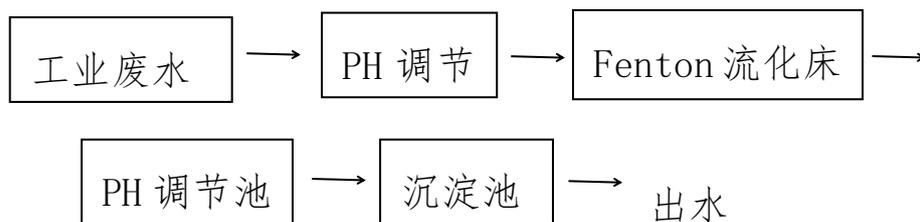
适用范围

造纸、化工、制药、发酵、印染等行业废水深度处理。

基本原理

芬顿流化床技术是一项结合了同相化学氧化（Fenton 法）、异相化学氧化（ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{FeOOH}$ ）、流化床结晶及 FeOOH 的还原溶解等功能的新技术。其反应机制包括三部分：（1） FeOOH 的溶解还原： FeOOH 与有机物形成络合物前驱体，通过电子转移，释放出有机基和 Fe^{2+} ；（2） FeOOH 的形成： Fe^{2+} 催化分解 H_2O_2 产生 $\text{OH}\cdot$ 和 Fe^{3+} ， Fe^{3+} 在载体表面结晶形成 FeOOH ；（3）有机物的降解：包括非均相催化和均相催化氧化降解。

工艺流程



关键技术或设计特征

该技术核心为集同相化学氧化、异相化学氧化、流化床结晶及 FeOOH 还原溶解等功能于一体的新型 FBR-Fenton 技术。

负载氧化铁作为非均相反应催化剂，在反应过程中拓宽了反应酸碱范围，减少了酸碱投加；减少了铁盐的投加量，减少运行成本的同时降低了出水的盐度。

由膨胀态替代了原有的流化床体系，减少了催化剂颗粒间剧烈的相互摩擦，减少了催化剂表面金属离子的溶出，延长了催化剂寿命。

典型规模

该技术在山东隆华化工科技有限公司开展了工程化示范，实

现了年处理 110 万吨工业废水处理技术示范的稳定运行。

推广情况

该技术已在福建天骄化学材料有限公司进行了应用和示范。

典型案例

（一）项目概况

福建天骄化学材料有限公司污水处理站设计日处理水量 300 m³/d, 污水来源于该企业产生的工业废水, 2016 年 1 月开工建设, 于 2016 年 12 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据福建省科技厅出具的项目验收意见, 项目出水水质满足《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2005) 排放标准要求。以平均进水 COD 为 10000mg/L, 该污水厂每年消减 COD 排放 1095t。

（三）投资费用

工程总投资为 270 万元 (不含基建费用), 吨水投资费用为 1816 元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

根据 2016 年 1 月-2016 年 12 月实际运行情况, 年处理污水 108 万吨。

联系方式

技术信息咨询单位: 山东美陵中联环境工程有限公司

联系人: 曹国强

电话: 0533-7081179

地址: 山东省淄博市临淄区临淄大道 998 号

邮编: 255400

E-mail: 13589572526@139.com

15. 高盐有机废水综合处理技术

适用范围

适用于油田行业，主要处理油田废水达到国家排放标准。工艺技术不受地域、规模、环境等因素的限制。

基本原理

原理：高盐有机废水综合处理技术研发出旋流微气泡气浮-PTFE 荷电膜高效除油和悬浮物组合工艺，形成适于油田采出污水、钻井及酸化压裂废液的处理回用技术；筛选驯化出耐盐嗜热土著菌种与 RH-4 工程菌种经培养构建出工程菌群，耐温 70°C，耐盐 20%，能够有效降低污水的 COD；应用浅池理论、表面化学及混（絮）凝沉降原理，采用高级氧化曝气调节、旋流气浮深度过滤和生化等技术，形成适合油田高盐污水生化处理工艺技术。

工艺流程

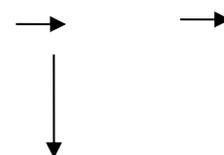
迄今为止，生物接触氧化工艺已大量应用在污水处理当中，取得了良好的处理效果，而且其应用规模在不断扩大。生物接触氧化工艺特别适合于中小型污水处理站，操作管理简单，不易发生污泥膨胀，出水水质稳定。

经调节池均质均量处理后，污水提升至一体化污水处理设备，经旋流气浮处理后，在微生物新陈代谢的作用下，污水中的污染物得到充分降解，出水经沉淀后达标排放。设备产生污泥在污泥区好氧消化，消化后的污泥定期外运。

工艺流程为

污水 → 旋流气浮 → 厌氧池 → 接触氧化池 → 沉淀池 → 外排

污泥定期外排



关键技术或设计特征

1. 培养驯化出 RH-4 工程菌与耐盐土著菌构建高效 COD 降解

菌群。

2.关键设备：旋流气浮、PTFE 荷电膜过滤器、生化一体化设备。

3.可根据用户需求满足外排、回用用水要求。

典型规模

处理含盐污水矿化度达到 80000-130000 mg/L，含油污水 COD500-1000mg/L 处理后污水达到外排要求。每天 200 方设备已正常运行 1 年，2017 年 4 月日处理 1000 方设备将正式投产使用。

推广情况

工程名称:红浅氧化塘污水外排达标处理项目

所在地：新疆克拉玛依油田分公司（采油一厂）

工程规模：日处理污水200方

处理效果：处理后的污水满足国家排放标准要求。

典型案例

（一）项目概况

目前红浅稠油处理站和 10000 m³/d 软化水处理站产生的高低含盐水排放到红浅生物氧化塘,高低含盐水排放总量约为 2700 m³/d。对站内高低含盐水进行取样分析,水质分析结果表明生产排放水中 COD、含油、挥发酚等指标超标,不能满足国家标准《污水综合排放标准》GB8978 中二级标准。目前共治理不达标污水 6 万余吨。污水经深度处理后可满足配药剂要求,目前工业用水在 4.5 元左右;处理后的污水也可满足回注要求。

（二）技术指标

处理后出水水质可以回用或达标排放：PH=6-9 ,SS≤30mg/l, BOD5≤30mg/l, CODcr≤100mg/l,石油类≤5mg/l,挥发酚≤0.5mg/l, 硫化物≤1.0mg/l

（三）投资费用

设备投资 200 万元。

（四）运行费用

吨水运行能耗 0.7kWh/m³，吨水运行成本约为 2.0-4.0 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：中国石油大学（华东）

联系人：蔺爱国、丁兴华

电话：0546-8391778 0546-8391523

地址：山东省东营市北一路 739 号

邮编：257061

E-mail: dingxinghuaa@qq.com

16. 高盐高 COD 难生化工业废水强化除 COD 脱氮除磷技术

适用范围

高含盐难生化工业废水，如制药废水、农化废水、炼油碱渣废水、焦化含酚废水等。

基本原理

该技术核心在于强化催化氧化模块，在高温高压条件下，氧化剂在催化剂作用下与有机化合物发生自由基链式反应，有机物分子结构发生氧化开环、断链，最终大部分有机物被氧化成二氧化碳、氮气、水等无机小分子化合物，达到削减 COD 的目的（削减比例约为 80-95%，具体视有机物分子结构氧化的难易程度有所差异）。该技术无需调节 pH，不像其他高级氧化工艺那样需要加入诸多化学药剂，因而无二次污染。

工艺流程

按先后顺序来说，该技术工艺由膜浓缩、强化催化氧化、蒸发、生化等技术模块组成。

膜浓缩模块目的是对原水进行浓缩减量，使催化氧化模块进水的 COD 在最优范围内，降低吨水处理成本。

强化催化氧化模块是核心模块，主要作用是，在高含盐前提下削减废水中 80-95% 的 COD、氨氮等污染物。

经过强化催化氧化后，由于有机物大分子被打断成小分子，COD 大大降低，废水的蒸发温升、能耗等参数都得到了优化，水中盐分很容易蒸发结晶出来，蒸发成本降低，而且色泽白净，完全达到工业盐的标准，这样就实现了危废资源化，最直接的是将企业危废委外处置方面的巨大投入节省下来。

蒸发模块的冷凝水中仍含有一定浓度的 COD、氨氮，但含盐量已经很低，进入最后的生化模块，处理达标排放或者回用。

关键技术或设计特征

运用膜分离技术，实现了原水的浓缩减量，并将催化氧化模块进水的 COD 调节在最优范围内，降低吨水处理成本。

强化催化氧化模块是核心，在高含盐情况下削减废水中绝大部分 COD、氨氮等污染物，对后续蒸发模块的低成本高效运行意义重大。

蒸发模块冷凝水处理采用普通的生化工艺，成本低廉。

典型规模

适用于高含盐难处理工业废水，一般这类水量都不是很大，主要有 120 吨/天、300 吨/天的成套设备，分普通式、撬装式两大类，若水量大于成套设备处理量，可采用多套并联的方式处理。

推广情况

(1) 已运行项目：福华通达农药科技有限公司（一、二期原水设计处理规模均为 1500 m³/d）、英德广农康盛化工有限公司（一期设计处理规模 300 m³/d）；

(2) 在建、将建项目：山东新华制药公司（一期设计处理规模 300 m³/d，在建），滨海石化（一期设计处理规模 120 m³/d，将建）。

典型案例

（一）项目概况

福华通达农药科技有限公司处理的是草甘膦结晶后的碱性母液，pH 值约为 10，含 12% 的 NaCl，主要污染物为含磷、氮有机化合物（草甘膦和增甘膦为主），COD 值约为 40000 mg/L，总磷含量约 20000 mg/L，总氮 6000 mg/L 左右。一、二期原水设计处理规模均为 1500 m³/d。一期 2012 年开车，二期 2016 年开车。

（二）技术指标

这是一种集高盐度、高 COD、高磷、高氨氮含量为一体的有机废水，处理难度非常大，环保部 2010 年曾经下文对草甘膦母液处理进行专项环保核查。经过技术攻关，创制出一条草甘膦母液资源化利用的技术路线。经膜浓缩、强化催化氧化、结晶、反应转化等模块，将草甘膦母液中大量废磷资源变成了商品级的三聚磷酸钠，产能达到约 30000 吨/年，市场价值约 1.6 亿元；水质处理指标达到回用标准，一方面节省了污水外排产生的大量排污费，另一方面节省了与回用水等量的补水购买费用。整套技术路线经济效益和环保效益俱佳。

（三）投资费用

工程总投资约 9000 万元，其中工程直接费用约 7500 万元。

（四）运行费用

吨水运行能耗约 40 kWh/m³，吨水运行成本约为 30 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：山东理工大学

联系人：张曙光

电话：13864330981

地址：山东省淄博市新村西路 266 号

邮编：255049

E-mail: zhangsg04@aliyun.com

17、3D 打印纳米线多功能膜水处理系统

适用范围

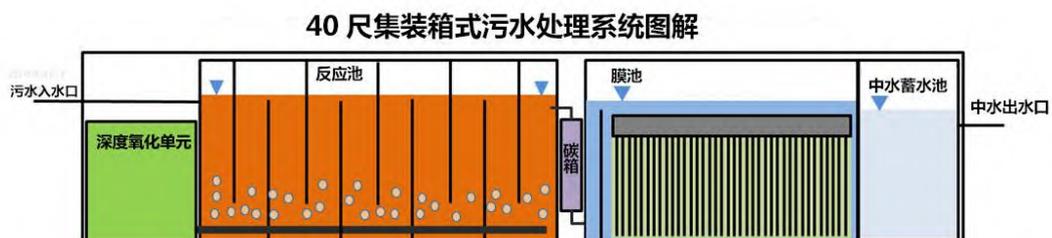
印染污水处理厂、城市污水处理厂、或需要对污水进行再生回用或土地资源紧张的地区。

基本原理

该技术由预处理、深度氧化单元及膜池构成，利用高效氧化对有机物进行深度氧化，氧化后的水再由无机平板膜就行过滤，将污染物高效截留。无机平板膜由 3D 打印机将二氧化钛粉末打印成型，相比传统工艺不适用化学试剂，不会产生污染，且较传统工艺，生产成本更低，另外二氧化钛可将截留在过滤膜上的污染物分解掉，这样就可以大大降低膜的污染，增加膜的使用寿命。

工艺流程

工艺流程包括预处理、深度氧化池、膜池，并将以上模块化单元整合到一个或数个集装箱内。污水首先由污水处理厂处理后，进入预处理单元，在该单元进行污水预处理，截留掉较大颗粒的污染物；之后进入深度氧化单元，强氧化剂可以将污水中的有机物分解为小分子；之后进入膜池，二氧化钛无机膜首先将污染物截留，之后二氧化钛在水中强氧化剂的作用下将膜上的污染物分解掉；最后过滤后的中水进入产水池。



工艺流程图

关键技术或设计特征

通过强氧化剂将污染物大分子氧化分解为小分子。

3D 打印膜相比传统膜制备技术成本更低。

由于膜的截留作用，使污染物截留下来。

由于新型二氧化钛无机膜的发明，可以将污染物分解消化掉，而不是单纯截留下来，这样就减少了浓污水的量，同时增长膜的使用寿命。

由于膜的平板结构设计可以减小空间的使用，降低成本，增加使用范围。

新型膜结构的发明，可以增大膜通量，降低单位产水成本。

典型规模

污水处理规模可量身定制，更适用于中小型规模污水处理。

推广情况

在青岛华金苑污水处理厂已投入运行 1000 吨/天印染污水处理中水回用项目。

典型案例

（一）项目概况

华金苑污水处理厂为印染企业排放的污水进行处理，达到国家排放标准后排放，于 2015 年末，在华金苑投入运行一台 1000 吨/天的该系统设备，设备调试完成后，出水已达到印染厂生产用指标，且印染效果良好。

（二）技术指标

从 2015 年 11 月到 2017 年 3 月的运行监测数据表明，示范工程出水 COD、色度、总氮、氨氮和总磷的出水水质稳定满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 和《城市污水再生利用-景观环境用水水质》标准。与传统工艺相比，该工艺占地节省小，剩余污泥产量少，成本低。

（三）投资费用

工程总投资 230 万元，其中工程直接费用 1 万元，吨水投资为 2300 元。

（四）运行费用

吨水运行能耗 0.1kWh/m³，吨水运行成本约为 1.6-2.5 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：中商纳阳环保科技有限公司

联系人：张旭

电话：0532-55675096

地址：山东省青岛市高新区松园路路 17 号

邮编：266114

E-mail: zsnny11@163.com

18、菌-藻共生系统用于含盐水处理和营养回收

适用范围

沿海地区海水冲厕废水（海水黑水）的直接处理，海水代用污水处理和一般富营养含盐水处理。符合 2015 年科技部发布的《节水治污水生态修复先进适用技术指导目录》中 78.高含盐废水综合治理技术。

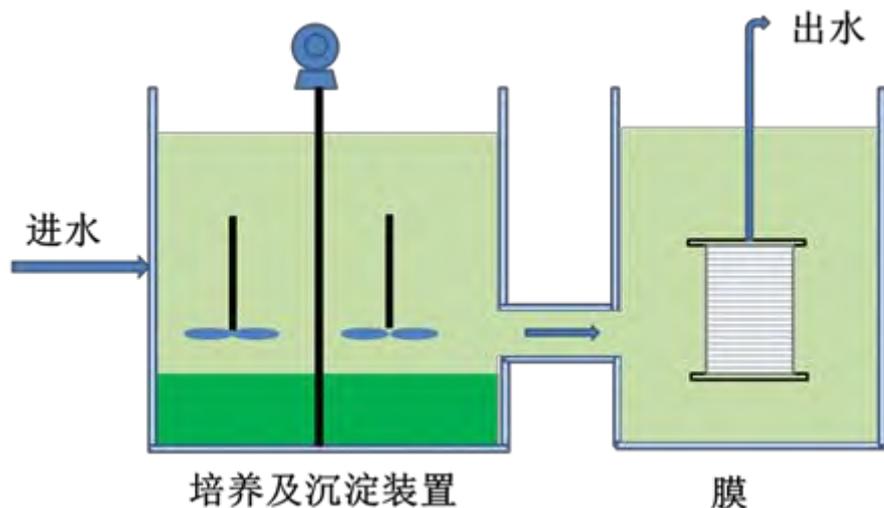
基本原理

该技术由单级光照反应器-膜池构成，海洋菌和耐盐藻共生系统对海水冲厕废水中高浓度有机物和氮磷高效去除，并利用膜对菌，藻高效截留实现营养物的有效回收；海洋菌对氨氮高耐受和同化能力能够促进该系统对高浓度氨氮去除和回收；微藻表面碱性环境促进体系中磷以化学沉淀形式去除；藻的兼性异养特性弥补了菌处理黑水碳源不足导致的氮磷低效去除；有机物和氮磷去除效果明显高于现有含盐水处理技术。

工艺流程

工艺流程包括单级光照反应池-膜池。先通过批次实验和统计分析,以模拟海水冲厕废水（海水黑水）为目标废水，优化有机物和营养物同时去除最佳时的菌,藻接种量,从而建立海洋菌和耐盐藻的菌藻共生系统。菌，藻接入废水初期，由于废水中氨氮浓度过高，对藻的生长和营养物的摄取有一定的抑制作用，此时海洋菌对高浓度氨氮的耐受和同化能力使体系运行初期氨氮就有大幅度下降；于此同时，缺氮生长的藻过量摄取磷作为营养物质用于储存能量，且藻体表面微域内碱性环境促进部分磷以化学沉淀形式去除；随着体系中氨氮浓度的降低，藻生物量的增加，藻对营养物质的同化能力得到充分发挥。并且，在整个过程中，该海洋菌对有机物的高效去除和藻兼性异养能力，使体系中

COD 深度去除且一直处于较低水平。进入膜池以后，膜对同化了大量营养物质的菌，藻同时截留并回收再利用，在保证稳定出水水质的同时，回收高油脂高蛋白质的生物量可后续再利用。



工艺流程图

关键技术或设计特征

海洋菌和耐盐藻用于海水冲厕废水等富营养含盐水处理，有效克服了传统生物法深度处理时由于盐度导致的反硝化细菌和聚磷菌失效。

菌-藻共生系统，藻光合作用释放的氧气与纯好氧高效脱氮除磷菌的有效结合，实现了低能耗营养物去除。

由于该株海洋菌对氮磷去除的机理与藻类相似，将营养物同化为高蛋白和高油脂的经济生物量，能够污染物去除的同时营养物的有效回收。

通过膜分离和生物处理单元的有机耦合，膜的截留作用，使高营养生物量有效回收用于后续再利用。

典型规模

适用于沿海城市海水冲厕废水小规模，分散型处理和海水代用等船舶废水有机物和营养物去除。

推广情况

无

典型案例

（一）项目概况

无

（二）技术指标

从实验室光照培养箱批次实验检测数据表明总氮去除率 85.5% (初始 200 mg/L); 总磷去除率 91.0% (初始 40 mg/L); COD 去除率高达 98.7% (初始 1600 mg/L)并生成含油脂 16.3%, 蛋白 62.6%的生物量。与传统含盐水生物脱氮除磷工艺相比, 该工艺实现低能耗条件下, 有机物和氮磷的同时去除, 回收高营养生物量干重 4.28g/L 可进一步用于生物肥料或者牲畜饲料。

（三）投资费用

该项目设备投资 200 万元 (基建部分由甲方建成), 吨水投资费用为 300 元。主体设备寿命 5 年以上。

（四）运行费用

年处理污水 146 万吨, 年运行费用 11.68 万元, 吨水运行费用为 0.08 元。

联系方式

技术信息咨询单位: 山东大学环境科学与工程学院

联系人: 周维芝

电话: 18678781106

地址: 山东省济南市山大南路 27 号

邮编: 250100

E-mail: wzzhou@sdu.edu.cn

19、内循环 BAF 工艺技术

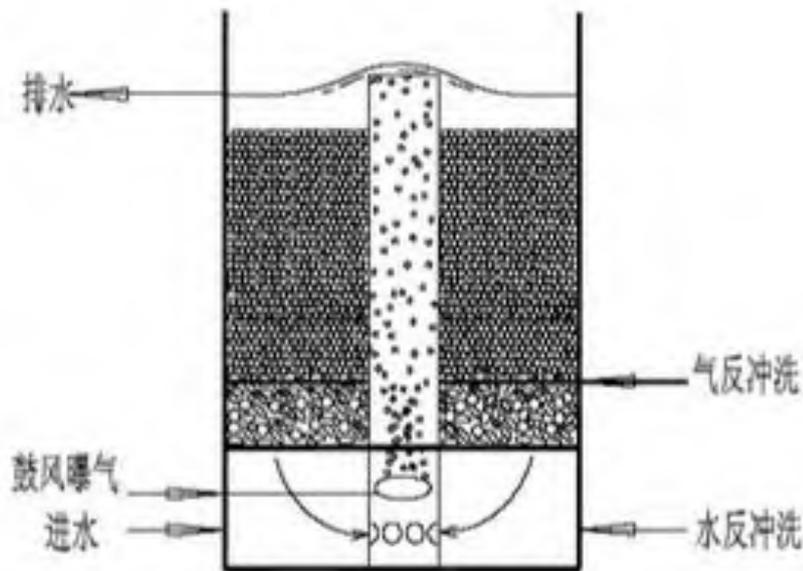
适用范围

炼油废水处理。

基本原理

内循环 BAF 技术是在改进传统 BAF 技术的过程中发展而来，它克服了原有 BAF 技术中的各瓶颈因素，实施新型曝气技术，克服了原 BAF 气水膜三相分布不均衡的问题，从而提高了 BAF 的填料利用率。

工艺流程



工艺流程图

关键技术或设计特征

①避免了传统曝气方式对滤料的冲刷，能够特别有效地防止硫细菌、硝化菌等世代周期长的微生物的流失，保持系统的净化能力。防止填料区的曝气沟流等情况出现，提高了填料利用率。

②由于填料床内水体呈内循环模式，每小时可以循环 10-20 次，实际滤速为普通滤池的 30 倍，增加了滤料内水流速度，增强了污水与生物体之间介质的交换，提高了反应器的处理效能。

③由于反应器水体形成循环，具有完全混合式反应器的特点，进入反应器的污水水质得到稀释，因此提高了反应器耐有毒物质的能力和抗冲击能力，使用范围更广泛，运行更稳定。

推广情况

序号	项目名称	主要参数	合同总价	合同日期
1	广饶科力达石化科技有限公司	生物曝气滤池	560 万	2014 年 5 月
2	东营市海科新源化工有限责任公司	300T/D 污水处理装置改造及污水 VOC 气体收集总包	61.5 万	2016 年 7 月
3	广饶县白云水处理有限公司	污水改造工程总包	660 万	2016 年 11 月

典型案例

（一）项目概况

白云水处理厂

广饶县白云水处理有限公司位于省级经济开发区——山东大王经济开发区，是大王镇综合污水处理的环保设施，项目于 2011 年 8 月由济南城建院总承包设计和建设施工。2016 年 10 月由我公司设计总包进行提标改造，2017 年 3 月底改造完成。采用 A/O 工艺，主要负责处理附近生活污水及化工废水，原设计处理量为 20000m³/d，改造提标后处理量为 30000m³/d，出水 COD 稳定在 40mg/L 以下，处理达标后排至阳河。

（二）技术指标



(三) 投资费用

工程总投资 660 万元，其中工程直接费用 460 万元，吨水投资为 230 元。

(四) 运行费用

吨水运行能耗约 0.6kWh/m³，吨水运行成本（不计设备折旧）约为 0.8-1.0 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：山东智博格瑞环保科技有限公司

联系人：高会锋

电话：18505383391

地址：山东省新泰市开发区鳌山路 36 号

邮编：271200

E-mail: sdzbg@126.com

20、大蒜加工废水深度处理及资源化综合利用技术

适用范围

适用于大蒜加工废水处理。

基本原理

大蒜加工废水中含有抑菌性的大蒜素，大蒜素难溶于水，呈油状液体，增加了废水生化处理的难度。该技术首先通过气浮法、水解酸化、一级厌氧去除大蒜素，提高后续生化处理的效果。COD、氨氮、总磷通过厌氧内循环反应池（IC 反应池）和序批式活性污泥法（SBR）处理后，出水达标排放。大蒜加工期间（6-10月）气温较高，保证了废水处理效果。

工艺流程

工艺流程包括废水预处理、废水生化处理、污泥处置。具体工艺流程如下所示：

车间废水→初沉池（去除泥沙颗粒、生物大颗粒）→格栅过滤（去除悬浮式生物大颗粒）→气浮（在重力作用下疏水性的大蒜素、固体颗粒、液体颗粒等上浮至液面，刮除浮渣层，去除部分大蒜素和小颗粒生物悬浮物）→水解酸化（将大分子物质水解为小分子物质，并进一步生成小分子脂肪酸等；同时在酸性环境下将部分大蒜素分解为小分子物质）→一级厌氧（通过挥发、厌氧菌代谢作用进一步去除大蒜素）→IC 反应池（通过两级厌氧处理，分解代谢 COD）→SBR 反应池（进一步降低 COD 并脱氮除磷）→二级沉淀→吸附过滤塔（通过陶粒、活性炭吸附作用进一步提高出水水质）→在线监控→出水→中水回用（利用尾水对农产品进行初步清洗，提高水资源利用率）。二沉池污泥中富含有机质，无其它化学物质及重金属元素，经厌氧堆肥发酵后，作为农田饲料。

关键技术或设计特征

大蒜废水的主要特点是含有高浓度的 COD 及抑菌性的大蒜素，该工艺的主要特点是在生化处理前有效去除大蒜素，即通过气浮、水解酸化、一级厌氧去除大蒜素。后续生化处理方法包括厌氧 IC 和 SBR，去除高浓度 COD 及脱氮除磷。

推广情况

在临沂市河东区八湖镇农产品加工企业推广 62 家，污水处理量 1.5 万吨/天。

典型案例

（一）项目概况

临沂园源食品有限公司位于临沂市河东区八湖镇邵八湖村西南 1000 米处，年产 3000 吨 AD 蔬菜（调味品）深加工项目，在大蒜加工期间（6-10 月）废水排放量 600 立方/天。采用该工艺路线对废水处理进行再提高，出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。项目于 2013 年 6 月开工建设，2014 年 8 月实施环保验收监测并通过临沂市河东区环保分局的验收。

（二）技术指标

大蒜加工废水 COD_{Cr} 高达 10000 mg/L，氨氮 170 mg/L 左右，总磷 8 mg/L 左右。临沂园源食品有限公司采用该技术处理大蒜加工废水，出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。年削减 COD_{Cr} 约 600 吨，氨氮约 10 吨，总磷约 0.8 吨。年中水回用约 4 万吨，中水回用率 30%。年排放污泥约 370 吨，污泥经厌氧堆肥发酵后全部回用于农田。

（三）投资费用

该项目总投资约 500 万元，其中土建投资 300 万元，设备购

置费 150 万元，其它费用 50 万元。主体设备寿命 10 年。

(四) 运行费用

根据 2016 年 6 月-2016 年 10 月实际运行情况，工程污水处理成本约 2.1 元/立方（未含设备折旧），其中电耗 1.1 元/立方，人工费 0.1 元/立方，药剂费 0.9 元/立方。

联系方式

技术信息咨询单位：临沂园源食品有限公司

联系人：杨建宏

电话：13905398446

地址：临沂市河东区八湖镇邵八湖村西南 1000 米处

邮编：276031

E-mail: yuanyuanfood@vip.163.com

21、3D-RBC 立体结构生物转盘技术

适用范围

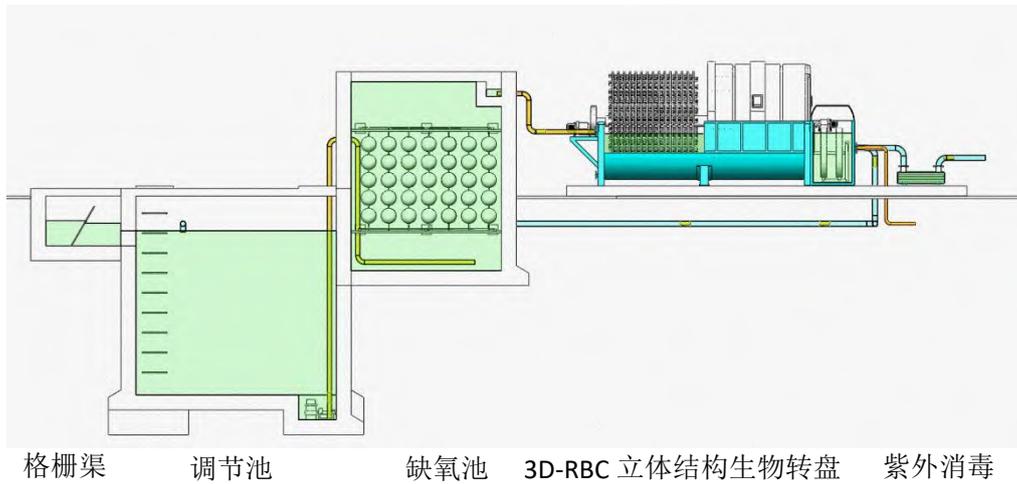
远离城市污水管网且可生化性较强的分散式污水处理，如临建工程污水处理；公共服务区污水处理；企业生活污水处理；村镇生活污水处理；社区生活污水处理；水源地保护区污水处理；医院医疗废水；学校生活污水处理；畜禽养殖废水处理等。

基本原理

该技术主要由预处理单元、生物处理单元及深度处理单元构成，其中生物处理单元主体为 3D-RBC 立体结构生物转盘，设备高度集成，通过在转盘盘片的结构和材质方面的创新提高微生物的附着生长量，微生物生物相丰富，沿程分级，可完成对不同有机物以及氨氮的去除，处理效率高，占地小，与常规工艺相比，占地可节省 70%；生物转盘出水硝化液回流至前端缺氧池，实现对总氮的去除；污水中的磷以生物除磷和化学加药除磷结合去除；污泥产量低，性能稳定、脱水性好；整个运行过程无噪音、恶臭等二次污染，环境融合度高。

工艺流程

工艺流程包括预处理单元、生物处理单元及深度处理单元。污水首先进入预处理单元，调节水质水量，去除污水中的泥沙及悬浮物等，缓解后续处理单元的压力；之后进入生物处理单元，去除有机物、氨氮等主要污染物；生物处理单元出水一部分回流至前端缺氧池，反硝化菌利用进水中的碳源对原水以及回流硝化液中的硝态氮进行反硝化脱氮，同时部分聚磷菌群进行厌氧释磷；生物处理单元另一部分出水进入深度处理单元，通过定盘过滤设备对老化生物膜等悬浮物进行有效分离，保证稳定的出水水质。定盘过滤设备出水经消毒处理达标后外排。



工艺流程图

关键技术或设计特征

生物转盘盘片主体材质为改性工程塑料，质轻、耐腐蚀、易挂膜、不变形；呈新型立体空间结构，大大增加了盘片的比表面积，减少了设备体积，增强了空气的流通性，供氧能力强，同时布水均匀，有利于污染物质的传质；附着的生物沿程分级，在一个生物转盘中便可完成对不同有机物的去除，**BOD** 负荷高，抗冲击能力强，大量的生物量和高活性的微生物保证了污水的处理效率。

典型规模

适用于日处理 10~5000 吨级规模的分散式污水处理

推广情况

3D-RBC 立体结构生物转盘技术目前推广情况见下表

主要项目信息统计 (20170323 更新)						
序号	项目名称	所归属 地级 市名	应用领域	技术工艺	排放标准	合计规模 (吨/日)

		称				
1	湖北省秭归县泄滩乡 污水处理项目 1# (中 学附近) 污水处理站	宜昌 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	50
2	湖北省秭归县泄滩乡 污水处理项目 2# (卫 生院附近) 污水处 理站	宜昌 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	100
3	湖北省秭归县泄滩乡 污水处理项目 3# (行 政服务中心附近) 污 水处理站	宜昌 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	100
4	湖北省秭归县磨坪集 镇污水处理项目	宜昌 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	800
5	贵州省紫云县水塘镇 污水处理项目	安顺 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	500
6	山东省荆泉水源地上 游污水处理项目	滕州 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	600

7	四川省遂宁市桂花镇 污水处理项目	遂宁 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	800
8	四川省大英县金元乡 污水处理项目	遂宁 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	600
9	四川省大英县通仙乡 污水处理项目	遂宁 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	400
10	四川省大英县古井村 污水处理项目	遂宁 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	200
11	四川省遂宁复桥镇污 水处理项目	遂宁 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	200
12	四川省遂宁市河沙镇 污水处理项目	遂宁 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	200
13	四川省遂宁市桂花镇 污水处理项目	遂宁 市	村镇污水处 理	3D-RBC 立体结构	一级 B	400

				生物转盘 技术		
14	河北省邯郸市磁县农村污水整治项目9个处理点	邯郸市	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	800
15	宁夏泾源县泾河源镇农村污水处理项目	泾源县	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	200
16	贵州省新蒲新区三渡镇污水处理项目	遵义市	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	400
17	贵州省新蒲新区喇叭镇污水处理项目	遵义市	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	500
18	贵州省新蒲新区永乐镇污水处理项目	遵义市	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	600
19	广西马山县金钗镇污水处理项目	马山县	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	1000

20	广西马山县古寨瑶族乡污水处理项目	马山县	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	500
21	遂宁市安居区保石镇污水处理项目	遂宁市	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	300
22	遂宁市射洪县新建污水处理设施项目	遂宁市	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	600
23	浙江金华市金东区澧浦镇污水处理项目	金华市	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	100
24	浙江金华市金东区污水处理项目	金华市	村镇污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	50
25	青岛市蓼兰镇污水处理项目	青岛市	黑臭水体治理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	300
26	云南大理双廊镇污水处理项目	大理	旅游度假区 污水处理	3D-RBC 立体结构	一级 A	25

				生物转盘 技术		
27	云南大理右所镇下 山口污水处理项目	大理	旅游度假区 污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	50
28	青岛新机场污水处 理项目	青 岛 市	临建工程污 水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	1000
29	厦门 TDK 污水处 理项目	厦 门 市	企业生活污 水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	900
30	广东省惠州市高新 工业园工业污水处 理项目	广 州 市	企业生活污 水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 B	100
31	武夷高铁站污水处 理项目	武 夷 山 市	公共服务区 污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	550
32	贵阳龙洞堡国际机 场污水处理项目	贵 阳 市	社区污水处 理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	一级 A	600

33	天津宁河畜禽养殖废水处理项目	天津市	畜禽养殖污水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	《畜禽养殖业污染物排放标准》	50
34	山东科技大学校医院医疗废水处理项目	青岛市	医疗废水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	山东省地方标准 《医疗污染物排放标准》三级标准	35
35	青岛辛安医院医疗废水处理项目	青岛市	医疗废水处理	3D-RBC 立体结构 生物转盘 技术	山东省地方标准 《医疗污染物排放标准》三级标准	80

典型案例

（一）项目概况

青岛平度蓼兰镇污水处理项目，位于山东省省青岛市蓼兰镇，主要处理周边居民产生的生活污水。项目主体采用 3D-RBC 立体结构生物转盘设备，设计处理规模分别为 300m³/d。应业主方要求，该项目出水水质达到《GB18918-2002 城镇污水处理厂污染物排放标准》表 1 中一级 B 标准，极大改善了周边的水体环境。

（二）技术指标

运行监测数据表明，示范工程出水 COD、BOD、SS、氨氮、总氮和总磷的平均浓度分别为 48.0±2.3mg/L、16.7±1.1mg/L、

15.2±0.9、5.9±0.5mg/L、16.4±1.8mg/L、0.8±0.1mg/L，其中 70% 的出水 COD_{Cr} 浓度低于 60mg/L，80% 的出水 BOD 浓度低于 20mg/L，90% 的出水 SS 浓度低于 20mg/L，80% 的出水氨氮浓度低于 8mg/L，85% 的出水总氮浓度低于 20mg/L，75% 的出水总磷浓度低于 1.0mg/L。在进水水质波动较大的条件下，出水水质稳定，满足业主方要求的《GB18918-2002 城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准。与传统生物脱氮除磷工艺相比，该工艺占地节省约 30%，污泥产量仅为常规工艺的 30%-50%。

（三）投资费用

工程总投资 110 万元，其中工程直接费用 94 万元，吨水投资为 3150 元。

（四）运行费用

吨水运行能耗 0.25kW·h/m³，吨水运行成本约为 0.20 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：青岛欧仁环境科技有限公司

联系人：卢军

电话：0532-82972726

地址：山东省青岛市市南区太平路 51 号山东国际贸易大厦

3401

邮编：266001

E-mail: ouren@qdouren.co

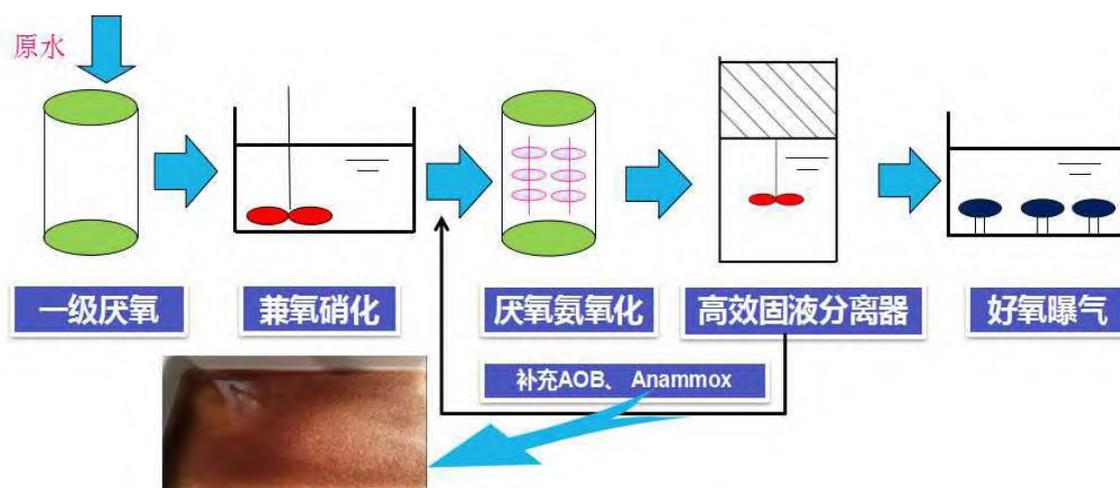
22、基于厌氧氨氧化技术的高氨氮污水处理设备

适用范围

适用于高氨氮有机废水厌氧处理工程

基本原理

以厌氧氨氧化技术为关键技术，与其他好氧、厌氧工艺相结合，开发不同的适合客户需求的污水一体化处理设备，针对高有机物、高氨氮废水进行有效处理。在厌氧条件下，厌氧氨氧化菌直接以 NH_4^+ 做电子供体，以 NO_2^- 为电子受体，将 NH_4^+ 或 NO_2^- 转变成 N_2 。不需要氧气参与硝化反应，节省大量氧气量（硝消化 1mol 氨氮需氧量与氧化 4mol COD 相当）。该技术把厌氧氨氧化过程与一个前置的短程硝化过程结合在一起，这样硝化过程只需要在缺氧状态下将 NH_4^+ 氧化为亚硝氮而不是硝态氮，这样的短程硝化可比全程硝化节省约 60% 左右的供氧量和 50% 的耗碱量。可以为企业节约 60-70% 的运行成本，实现低能耗污水处理的目标，推动企业积极进行污水处理，有利于控制区域环境污染加剧，实现环境可持续发展。



工艺流程

原水进一级厌氧，去除 COD 使得二级厌氧进水 C: N < 3，为二级厌氧提供形成厌氧氨氧化反应的条件，厌氧氨氧化反应为主要

反应。之后进入兼氧硝化过程，将部分 NH_4^+ 氧化为 $\text{NO}_2\text{--N}$ ，这样的短程硝化可比全程硝化节省 62.5% 的供氧量和 50% 的耗碱量。二级厌氧中增加填料，有效截留厌氧氨氧化细菌，有效的发生氨氧化反应。出水接一个高效固液分离器，用于厌氧氨氧化菌的回收和富集。最后进入好氧曝气系统，进一步去除 COD、氨氮等。

关键技术或设计特征

厌氧氨氧化高氨氮废水处理设备以厌氧氨氧化技术为支撑，通过厌氧氨氧化细菌的作用，实现废水中氨氮的去除使废水的达标排放。厌氧氨氧化菌属于浮霉菌门，“红菌”是业内对厌氧氨氧化菌的俗称，通过生物化学反应，它们可以将污水中所含有的氨氮转化为氮气去除。它们可以在缺氧环境中，将铵离子(NH_4^+)用亚硝酸根(NO_2^-)氧化为氮气：



在厌氧条件下，厌氧氨氧化菌直接以 NH_4^+ 做电子供体，以 NO_2^- 为电子受体，将 NH_4^+ 或 NO_2^- 转变成 N_2 。由于厌氧氨氧化过程是自养的，因此不需要另加 COD 来支持反硝化作用，与常规脱氮工艺相比可节约 100% 的碳源。而且，如果把厌氧氨氧化过程与一个前置的硝化过程结合在一起，那么硝化过程只需要将部分 NH_4^+ 氧化为 $\text{NO}_2\text{--N}$ ，这样的短程硝化可比全程硝化节省 62.5% 的供氧量和 50% 的耗碱量。

推广情况

目前该设备已在烟台福祖畜牧养殖有限公司、烟台华能牧业有限公司成功运行。

典型案例

(一) 项目概况

烟台福祖养殖有限公司莱阳养殖场养猪废水综合治理与沼

气发电项目。项目由烟台和盛康洁环保科技有限公司设计、安装、调试运行。

规模：日处理 10 万头规模养殖厂粪污水处理项目，日处理粪污水 1000m³

地点：莱阳市谭格庄镇

工艺：固液分离+厌氧氨氧化工艺+活性污泥法+混凝沉淀法+人工湿地+氧化塘



排放标准：山东省半岛流域水污染物综合排放标准

（二）技术指标

烟台福祖畜牧养殖有限公司组织验收确认，项目采固液分离+厌氧氨氧化工艺+活性污泥法+混凝沉淀法+人工湿地+氧化塘工艺，其排放指标达到《山东省半岛流域水污染物综合排放标准》及双方签订的项目技术协议要求。经统计，处理费用可节省 0.6 元/m³，每天节省电量 770.4 度，每年节省电量 28.12 万度，合计 33.7 万元，处理成本节约 60%。

联系方式

技术信息咨询单位：烟台和盛康洁环保科技有限公司

联系人：徐晴伟

电话：0535-3452770

地址：烟台高新区航天路 101 号

邮编：264670

E-mail: hshb@hskjee.com

23、复合循环生化式膜中水一体化设备 适用范围

生活住宅小区、风景名胜区、高速公路服务区、农村污水处理等离市政排污管网较远的分散式污水的处理以及城镇生活污水的处理。

基本原理

复合循环生化式膜中水处理设备由膜分离区和生化区组成。膜分离装置区和好氧隔离筒内为好氧区，外围为厌氧区，两者结合部位形成兼氧区。污水的循环动力由进水的推进动力、自吸泵形成的吸力和膜分离区空气提升泵的回流形成。混合液在膜分离区经空气提升泵返回好氧区，空气由下而上运动，回流混合液由上而下运动，二者形成了交错流的同时和厌氧区交错，提高了氧利用率，增加了好氧区溶解氧浓度，减少了动力消耗。厌氧、好氧、兼氧交替的生化过程均在一个反应器内完成。该生化反应装置在高容积负荷、长泥龄下运行，有效地去除了 COD、BOD、氨氮等污染物。通过系统内部结构的特殊设计，改良了传统的进水和曝气方式、优化了内部流态，使生化过程往复循环。控制系统根据监测参数自动调整曝气时间和方式，控制 DO 浓度，同时在同一个反应器内创造出好氧、厌氧和兼氧并存的环境。由于膜的强制截留作用，使得自养型硝化菌和异养型反硝化菌能够在 MBR 反应器内并存，通过对系统中流态的控制，生化过程往复循环连续进行硝化反硝化，使 COD、BOD 以及氨氮等污染物得到有效去除。由于反应器内存在厌氧环境，有机或无机磷的化合物在厌氧菌的生物还原作用下向气态磷化氢转化，水中大部分磷得到去除。通过采取控制 DO 浓度、流态等措施，提高了污水处理效果，污泥产量接近零排放，降低污泥处理费用，避免污泥带来的二次污染。

工艺流程

污水流经格栅渠去除大粒径杂质，汇入流量调节池，经过流量调节池均和水质水量后进入一体化设备，在设备内进行厌氧好氧兼氧处理。在生物处理后污水中的绝大部分污染物得到去除，通过微滤膜过滤后排出，出水可达到中水标准。

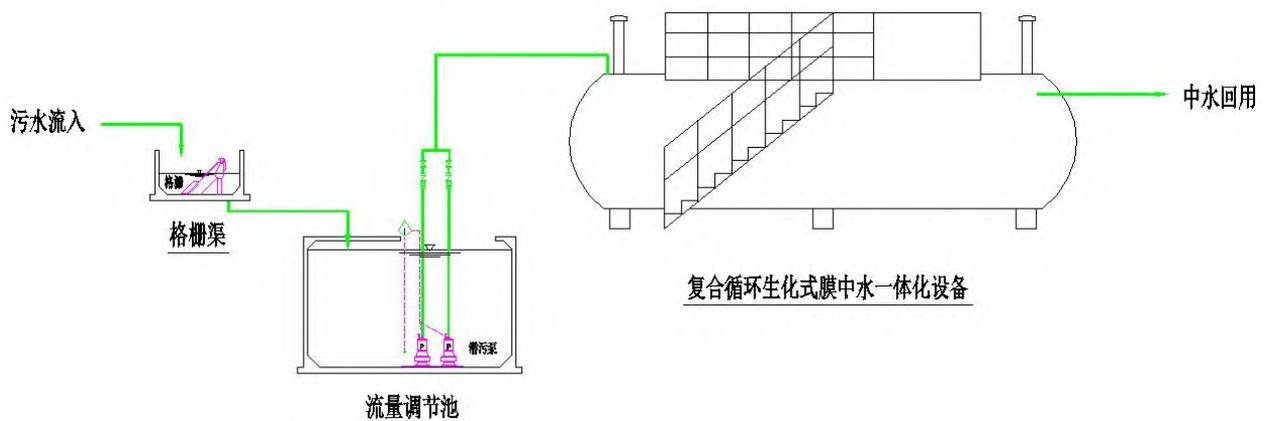
关键技术或设计特征

(1) 极少产生污泥

该设备通过强化有机污泥在系统中的自身消化与水中溶解氧量的控制，实现了有机污泥在系统中的大幅度减量。同时系统通过不排泥方式和在 MBR 的截留下长泥龄运行，污泥自身消化与繁殖速率达到平衡，反应器内维持了与进水水质相匹配的高浓度活性污泥，极少产生有机剩余污泥。

(2) 脱氮除磷效率高

该工艺通过提高选择性优势微生物在生化系统中的比例，强化了脱氮除磷效果，突破了传统排放剩余泥除磷和硝化反硝化之间大回流比脱氮的方法。通过控制污水流态，优化反应器内部结构，控制曝气强度，强化了工艺的脱氮除磷效果，实现了反应器在去除 COD、BOD 的同时高效脱氮除磷，达到国内污水处理工



艺先进水平。

(3) 膜组件结构优化调整，处理效果好

改进了膜组件由上部和下部进水的方式，采用由下到上多段

平行进水的方式，解决了膜表面堵塞严重，使用寿命短的难题。由于组件结构的优化以及膜的高效截留作用，反应器内活性污泥浓度大，污染物去除效率高，节省了反应器的占地面积，出水达到并优于《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)标准，可实现污水直接回用。

(4) 设备内布局合理，能耗减少

混合液从膜分离区返回好氧区后，与好氧筒内曝气装置混合，空气由下而上运动，回流混合液由上而下运动，二者形成了交错流的同时和厌氧区交错，提高了氧利用率，增加了好氧区溶解氧浓度。通过水中溶解氧浓度合理控制曝气强度及曝气结构，减少了动力消耗并形成以兼氧为主，好氧、厌氧为辅的反应器内部生化反应环境，与常规的好氧 MBR 只能实现硝化及好氧去除 COD、BOD 的生化反应相比，实现了低能耗去除 COD、BOD 的同时脱氮除磷。

推广情况

该技术已转化为产品并投入市场已在威海中航船厂污水处理站、威海新元化工污水处理站、菏泽天美集团污水处理站、羊亭朱家圈污水集中收集处理站、肥城市东尚里社区污水处理站等多个水处理工程中得到应用。

典型案例

(一) 项目概况

山东新船重工有限公司污水处理站设计日处理水量 500m³/d，污水来源于山东新船重工有限公司生活污水，2014 年 5 月开工建设，于 2014 年 8 月完成调试并建成投产。

(二) 技术指标

根据山东新船重工有限公司出具的工程交接单显示，项目出

水达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)要求。该技术主要污染物的去除率为:COD_{Cr} 平均去除率为 98%; BOD₅ 平均去除率为 99%; SS 平均去除率为 95%; NH₃-N 平均去除率为 92%。以平均进水为 TN 为 35mg/L, TP≤4mg/L 计, 该污水处理站每年消减总氮排放 6.4 吨, 减少总磷排放 0.73 吨。

(三) 投资费用

本项目总投资约 115 万元, 其中设备投资 105 万元, 基建投资 10 万元, 吨水投资费用为 2300 元。主体设备寿命 30 年, 投资回收年限 2.5 年。

(四) 运行费用

根据 2014 年 8 月-2015 年 8 月实际运行情况, 年处理污水 18.25 万吨, 年运行费用 5.4 万元, 吨水运行费用为 0.28 元。该技术有明显的节能效果吨水耗电量下降 66%, 每年节省电费 14.45 万元。

联系方式

技术信息咨询单位: 威海格润环保科技有限公司

联系人: 高铁岭

电话: 0631-5229986

地址: 山东省威海市羊亭镇凤凰山路 985 号

邮编: 264204

E-mail: whgr@whgrhb.com

24、微生物修复石油污染技术

适用范围

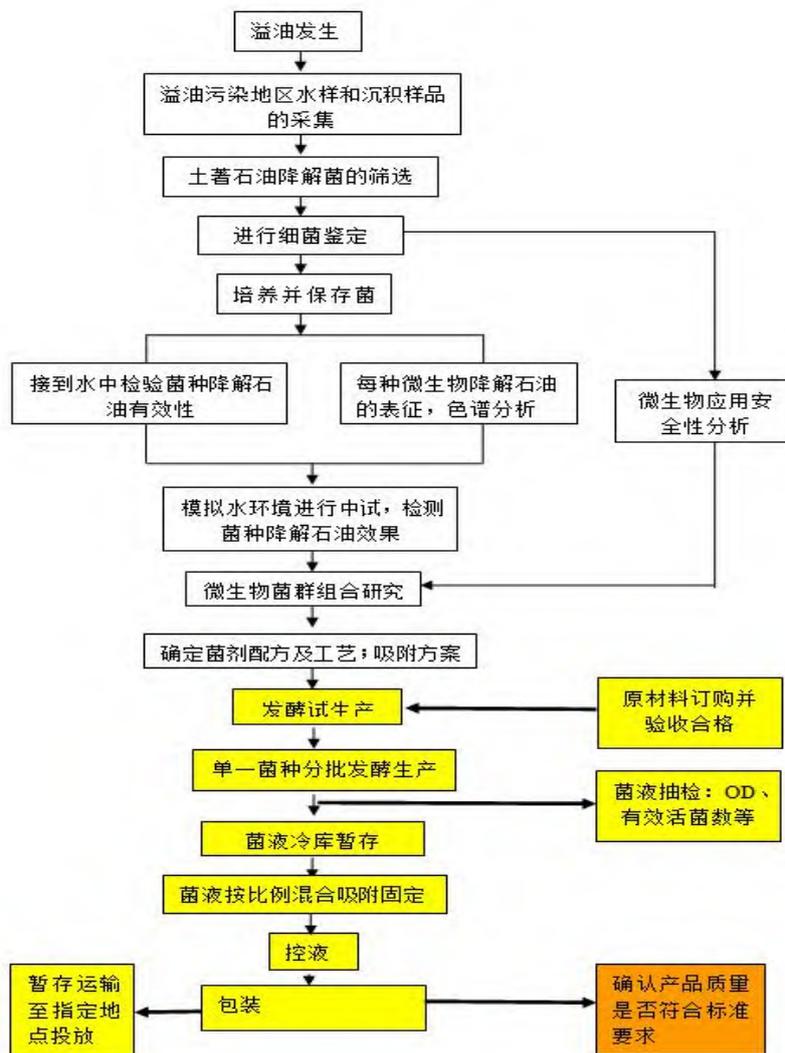
适用于水环境石油污染治理修复

基本原理

微生物修复技术：指通过利用微生物将环境中的污染物降解或转化为其他无害物质的技术。

水环境石油污染治理：将水体中石油污染物及衍生物等吸附固定、或降解转化成无害物质的修复过程。

工艺流程



关键技术或设计特征

土著功能菌株的筛选、鉴定等：是所有工作进行的前提和关键所在；

微生物菌剂制备运输投放：产品开发设计总成，每一步都要

缜密细致，对于菌剂形态、产品气味、包装、运输、投放等所有工序进行参数设计验证；

效果评价：菌剂在一定时间内对环境石油污染物的去除转化降解等作用，对生态环境修复效果的评价。

推广情况

成功案例：渤海中部公共海域沉积物现场微生物修复项目工程部分，项目总投资 800 万，其中菌剂生产运输投放等过程费用 600 多万元。修复目标水域面积 0.67km²，恢复污染区域生态环境。

典型案例

（一）项目概况

国家海洋局北海分局渤海中部公共海域沉积物现场微生物修复项目。项目工程部分由烟台大境生态环境科技股份有限公司负责，包括菌剂制备、运输和投放等。项目目标：选取蓬莱 19-3 石油平台海域 0.67km² 的修复区进行沉积物微生物现场修复工作。项目工程部分于 2015 年 7 月开始，2016 年 2 月前完成验收。

（二）技术指标

国家海洋局北海分局组织验收确认，项目要求达到签订的项目技术协议要求：菌剂有效活菌数大于等于 1 亿 CFU/g，投放菌剂达到至少 0.3kg/m²，修复海域面积 0.67km²。菌剂制备、评价、验收、投放设备制造和现场投放等必要的过程全程照相摄像记录，投放航迹资料保存完整。

（三）投资费用

该项目工程部分总投资 800 万，其中菌剂生产运输投放等过程费用 600 多万元。

（四）运行费用

根据实际运行情况，生产转运投放 360 吨菌剂人工费、管理

费等各项费用 140 多万元，再加上过程费用 600 多万元，盈利在 60 万元左右。产生的生态价值无可估量，对人类长远经济发展、子孙后代都非常有益。

联系方式

技术信息咨询单位：烟台大境生态环境科技股份有限公司

联系人：修元松

电话：0535-6029588

地址：山东省烟台市莱山区盛泉广场南路 2 号

邮编：264003

E-mail: xiuys668@sina.com

25、一种新型可持续强化运行的人工湿地技术

适用范围

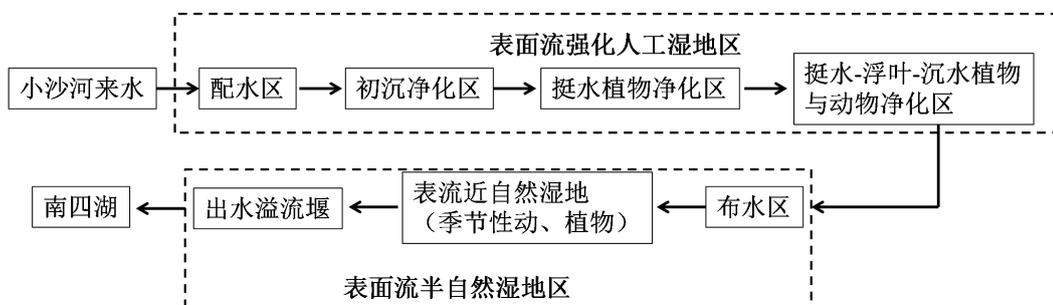
适用于处理农村分散性生活污水、污染河水、城市污水处理厂达标排放的尾水、农业面源污染径流以及河、湖生态修复等。

基本原理

以提升人工湿地污染物去除效率并保证长效稳定运行状态为目标，通过间歇投配和分段进水等人工湿地碳氧联合调控技术，显著改善系统内溶解氧环境的同时，高效利用进水中的有机碳源，实现了系统内总氮的高效去除；构建了喜温、耐寒植物混合配置的人工湿地系统，综合发挥人工湿地内部抗污耐寒植物生态位互补特性，利用底栖动物与肠道微生物、植物间相互作用原理，充分发挥底栖动物的生物扰动作用，大大强化冬季低温下的脱氮除磷效果，为确保常年稳定运行，实现出水水质全年稳定优于地表水 VI 类标准提供了经济有效的技术手段。

工艺流程

以薛城小沙河人工湿地水质净化工程为例，上游来水经橡胶坝、引水渠进入表面流强化人工湿地区进行水质净化。其中，在初沉净化区设置间歇曝气单元和浮叶沉水植物单元（ $HRT > 4\text{ d}$ ），种植睡莲、菹草等耐寒性植物保证冬季运行效果。初步净化后污水进入挺水植物净化区（ $HRT = 6\text{ d}$ ），通过环形流动增强水质净化效果，减少湿地短流的发生。随后进入挺水-浮叶净化区（ $HRT > 9\text{ d}$ ），通过合理配置不同的季节性湿地生物，利用动、植物耐寒特性保证小沙河人工湿地水质净化工程的冬季净化效果和系统的稳定运行。出水通过表面流经自然湿地（ $HRT > 113\text{ d}$ ）被进一步净化后，排入南四湖，确保入湖水质达标。





小沙河人工湿地工程工艺流程图及平面布置图

关键技术或设计特征

该工艺采用环流等人工湿地结构优化配置技术，显著提高了抗冲击负荷能力，有效减少了湿地短流。与传统表面流人工湿地相比，结构优化配置后人工湿地 COD_{Cr} 、氨氮、总氮、总磷去除率分别提高约 17%、34%、28%和 5%。

该工艺采用湿地植物混合配置冬季强化技术，搭配种植菹草、苦草等耐寒植物和水蚯蚓、螺等底栖动物，突破北方地区人工湿地冬季稳定运行的技术瓶颈。相比常规湿地，冬季 COD_{Cr} 、氨氮、总氮和总磷去除率分别提高 36%、44%、23%和 11.7%，可稳定达到地表水 III 类水质标准。

推广情况

该技术在淮河、海河等流域污染治理中大规模应用并取得显著成效，建成包括污水处理厂人工湿地、河道走廊人工湿地、河口人工湿地等生态水质净化工程 8 万余亩，支撑建成 3 个国家级湿地公园，实现年削减氨氮污染负荷 70 余万公斤，为南水北调东线治污目标的顺利实现及淮河、海河等流域的水质改善和生态恢复做出了重要贡献。

典型案例

（一）项目概况

薛城小沙河人工湿地水质净化工程建设规模为 5370 亩，污水处理规模为 $6.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (3-10 月)、 $3.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (1-2 月、11-12 月)，污水来源于枣庄市薛城区污水处理厂的尾水。该工程于 2011 年建成，目前运行良好。

(二) 技术指标

根据枣庄市环境监测站出具的测试报告，项目出水 COD_{Cr} 、氨氮和总磷可达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类标准要求。以平均进水 COD_{Cr} 为 40 mg/L，氨氮为 2 mg/L，总磷 0.95 mg/L 计，该人工湿地项目每年可削减 COD_{Cr} 排放量 348.6t，氨氮 17.43t，有效改善小沙河的地表水污染状况，减轻了淮河流域水体污染。

(三) 投资费用

该项目总投资约 2884.98 万元，其中基建投资 2246.70 万元，其他投资 280.02 万元，环保投资 31.67 万元，水土保持投资 20.88 万元，迁地补偿投资 170.45 万元。吨水投资费用为 565.7 元。

(四) 运行费用

根据实际运行情况，工程年处理污水总量 1436.2 万 m^3 ，年运行费用 122.25 万元，其中经营成本 35.76 万元；该工程运行过程中几乎不耗电，吨水运行费用低至 0.085 元，其中经营成本 0.025 元，相比常规污水处理厂，处理成本大幅下降，经济效益显著。

联系方式

技术信息咨询单位：山东大学

联系人：梁爽，张建

电话：0531-88361712

地址：济南市山大南路 27 号山东大学环境科学与工程学院

邮编：250100

E-mail: 985057189@qq.com

26、城市河道水生态系统建设技术

适用范围

利用全城污水处理厂一级 A 中水为资源，以城市河道为载体，置入水生态系统，通过城市河道物业化管理，达到地表水

V→IV→III 类应用于，城市工业用水，雾霾治理，近海治理与湿地旅游。本系统适用于江北缺水少雨地区，使城市河道常年不干涸。

基本原理

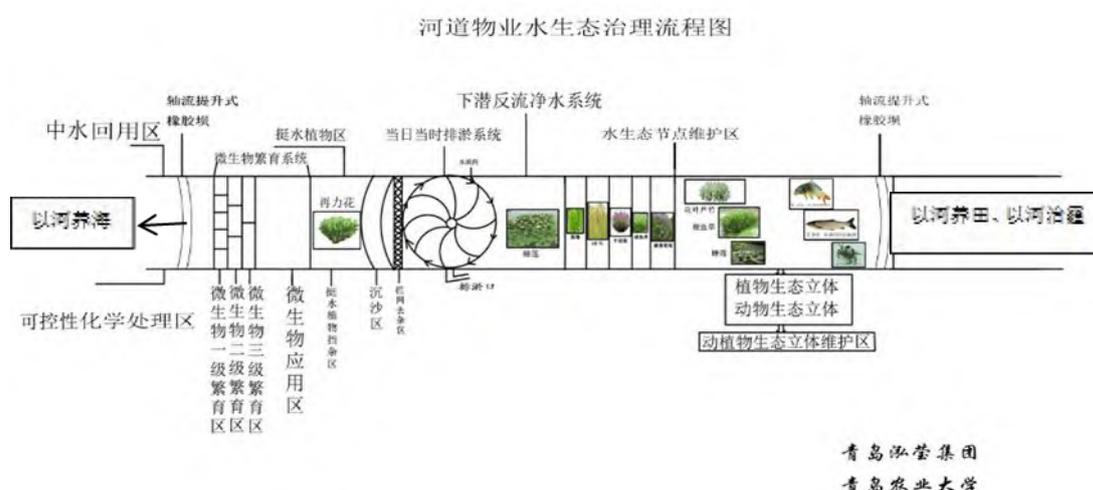
根据物质不灭定律。变废为宝形成河道潜在产业。

a、该系统在 15°以上时主要通过水生态系统吸附、移除、应用河道污染载体。

b、在水温 15°一下时，利用当日排淤，潜流表流物理处理；可控性化学处理吸附、螯合、移除河道污染载体。

c、通过城市河道物业化管理控制寒旱冲淹风险，维护水生态系统节点，确保水生态系统的持续性。

工艺流程



工艺流程复制黄岛小辛河河道物业化管理工程。

城市污水再应用技术→城市河道常年不干枯→置入综合性水生态系统→河道物业化管理→维护生态节点→控制寒旱冲淹风险→利用河道污染物→移除河道污染载体→常年地表水 III-IV 类达标排放→日产日清河道垃圾→发掘河道潜在功能→拓展河道潜在产业→以河养河→以河养海→以河养田→以河治霾

关键技术或设计特征

接受城市污水处理厂一级 A 排放标准所有污水，以河道橡胶坝为基础逐级提升；以泓莹水生态系统为核心技术，从中水一级 A 标准逐步提升到地表水劣 V-IV-III 类；不但结束城市河道污染，而且可以把 III-IV 类地表水应用到城市工农业生产中。典型规模

典型规模

黄岛小辛河全长 11 公里，按照设计规模，在 100 毫米大雨以内全部达标排放。

推广情况

2013 年海阳亚沙水生植物园，海阳市政府对面，2000 亩的经营权管理权应用权，合同期限 50 年，目前已经根据合同正常运营中。

2014 年胶州三里河河道物业化管理项目，胶州市政府对面，规模 10 万 m²，合同管理期限 20 年，项目正常运营。

黄岛小辛河河道物业化管理项目，2015 年 12 月中标，合同期限 20 年，2016 年 5 月份开工，同年 9 月地表水 V 类达标排放，项目运行正常。

典型案例

（一）项目概况

黄岛小辛河河道物业化管理项目，2015 年 12 月中标，合同期限 20 年，2016 年 5 月份开工，同年 9 月地表水 V 类达标排放，项目运行正常。

（二）技术指标

从 2015 年 10 月到 2016 年 10 月通过黄岛区聘用第三方检测机构，对小辛河水质检测全部超额达标。（检测报告注入附件）

（三）投资费用

企业 BOOT 模式（投资-拥有-运营-转让）全额投资水生态系统建设工程总额 1500 万人民币，政府财政每年支付河道物业管理费 150 万人民币合同期限 20 年。

（四）运行费用

1、黄岛小辛河全长 11 公里，政府财政支付河道物业管理费 150 万/年。

2、企业通过经营管理应用权 20 年合同获取利润。

联系方式

技术信息咨询单位：青岛泓莹河道物业有限公司

联系人：赵友先

电话：13808981363

地址：山东省青岛市黄岛区小辛河河道物业管理处

邮编：266400

E-mail: 13808981363@163.com

27、滨海黑臭河道原位修复技术

适用范围

海岸带水污染防治，滨海黑臭河道综合治理，或滨海城市水生态修复及水体景观构建。

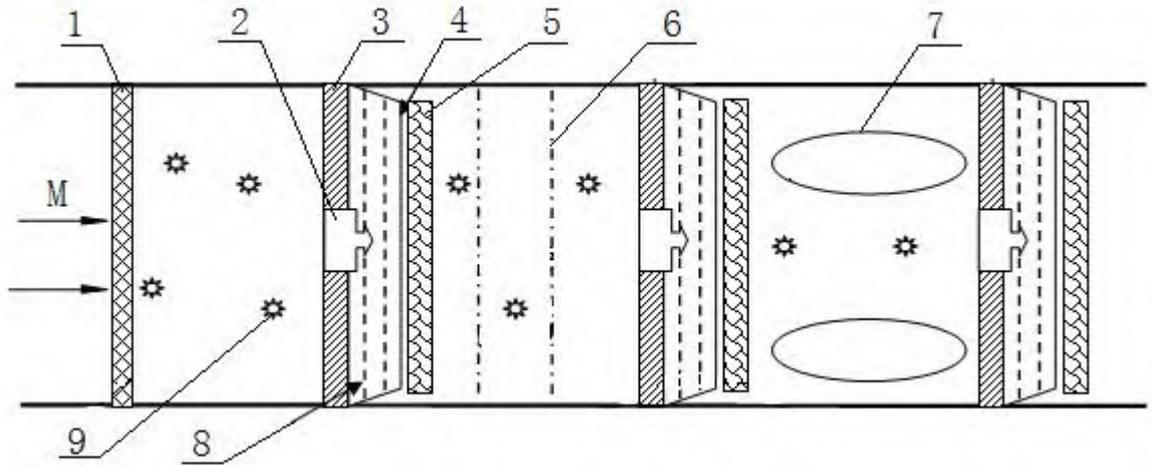
基本原理

该技术由土著微生物促生、底质改良、高效增氧除臭、曝气生物滤池、藻相改善、浮动式人工湿地、潮汐防控等技术单元构成，利用土著微生物增加水体自净能力，投放地质改良剂防治内源污染及底泥再悬浮，采用高效增氧除臭技术提高水体溶氧；采用改进曝气生物滤池去除污染物，利用藻相改善技术调控水体感官，利用潮汐控制及生态浮床营造水体景观。

工艺流程

针对重污染滨海河道，分别采取以下措施进行河道水质原位修复（主要构件详见工艺流程图）：

- 1) 在修复河段设置格栅 1 与多道蓄水堤坝 3；
- 2) 向裸露河床投放石灰与赤泥复合物，在河道蓄水堤坝 3 的出水坡面 4 上设置多级锥块 8,用尼龙网盛装的直径为 10 cm 的炉渣结块（由当地电厂锅炉废渣直接分选、分装）放置于上述多级锥块 8 的下方（采用人工翻转的方式进行反冲洗防治滤料堵塞与饱和）；
- 3) 将堤坝 3 间蓄水后，在水面设置生态浮床 7（主要为当地水生植物，香蒲、睡莲等），在水面布设人工生物膜 6（采用厚度为 2mm 的无纺布布条），安装增氧机 9，视水质情况适度投放各类生化药剂（包括选育培养的微生物制剂）；
- 4) 定期河面保洁，清理河面漂浮物；
- 5) 日常管理与维护。



工艺流程图

(M: 水流方向; 1: 格栅; 2: 闸门; 3 堤坝; 4: 坡面; 5: 滤料; 6: 工生物膜; 7: 生态浮床; 8: 多级锥块; 9: 增氧机)

关键技术或设计特征

土著微生物促生、底质改良、高效增氧除臭、曝气生物滤池、藻相改善、浮动式人工湿地、潮汐防控。适用于不同污染特征的滨海黑臭河道综合治理。

推广情况

在山东潍坊昌邑堤河、烟台莱山逛荡河及烟台牟平鱼鸟河、烟台牟平沁水东河等进行了成功应用，均取得了显著的社会效益。

典型案例

(一) 项目概况

烟台牟平鱼鸟河为当地典型重污染滨海河道，由于长期接纳沿岸各类排污，河道水体黑臭不堪。而且，由于河水直接排入养马岛海域，造成河口及其相邻海域水质恶化严重。因此，该河道不但影响周边居民的生活质量（恶臭），而且影响旅游景区（养马岛—北方海岸带）的形象。2013年在山东省科技惠民项目（项目编号：2013kjhm060308）的支持下，项目组采用该技术对上述黑臭河道进行了原位综合治理。经过为期约3个月的持续治理，

河道水质明显好转，完全消除了黑臭现象，河道中逐渐出现了洄游鱼类，河道入海口处的滨海大桥由原来的人迹罕至演变为垂钓者云集，河口外围也出现了“赶海”现象，使得鱼鸟河由黑臭河演变为真正的有鱼有鸟的河。

（二）技术指标

经上述工程操作并运行约一个月后，河道水体中的化学需氧量（COD）、氨氮、悬浮物、硫化物、总溶解性磷等的去除率均达到 70%左右，水体散发的恶臭气味已完全去除，河道水质修复取得了满意的效果。

（三）投资费用

对于长度为 10 公里左右、宽度为 50 米左右，日均径流量 1 万方左右的城区中小型滨海黑臭河道（COD、氨氮等常规水质指标均为劣V类），工程总投资约 1000 万元，包括水体与沉积物的同步原位修复。

（四）运行费用

对于长度为 10 公里左右的城区中小型滨海河道，每年运行维护费用约 50 万元/条（不包括河面漂浮物打捞等费用）。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院烟台海岸带研究所

联系人：盛彦清

电话：0535-2109265

地址：山东省烟台市莱山区春晖路路 17 号

邮编：264003

E-mail: yqsheng@yic.ac.cn

28、村镇河道水环境综合整治技术体系与规范

适用范围

村镇河道综合整治

基本原理

本项目以改善村镇水环境和构建生态景观为目标，针对村镇河道污染特点，在水系沟通的基础上，通过生态水文/水利调控、生态修复型河道底泥疏浚与资源化利用、半自然或近自然生态护坡、河岸生态景观配置与构建等相关技术的集成与优化，最终构建一整套村镇污染河道综合整治技术体系和技术规范。通过示范工程应用，彻底解决示范河段黑臭淤浅、引排不畅、水环境差和河流生态功能退化等问题，并使岸边生态景观和整体面貌得到明显改观，为人居环境的提升和生态农业的可持续发展提供保障。

工艺流程

（1）村镇河道生态水文、水利综合调控技术研究

研究示范河段典型生境的生态水文、水力学特征，分析水文情势变化与河流生态系统响应关系，开发人工生态水文调度对防洪与生态功能影响的评估技术，研发维持示范河段生态完整性的生态水文水动力过程调控关键技术。

（2）底泥生态疏浚、基质改造与食物网结构重建相结合的近自然河道生境恢复关键技术与示范

开展村镇级河道污染底泥的生态疏浚，并应用植石治理法、废弃物料埋植法等进行底质改造技术研究；结合当地河道综合特点，应用食物链/食物网重建、土著种群原位恢复等手段，构建多层次食物能级，实现水生生态系统多维复育，形成河道近自然生境，结合物理净化及水生生物的食物链净化的协同机制，使河道水质得到改善。

(3) 废弃材料稳固河岸技术与土壤生物工程技术相结合的河岸景观生态护坡关键技术与示范

以“自然”、“生态”、“亲水”为原则，以生态修复和河岸侵蚀控制为目标，采用近自然护坡复育技术、土著种群原位恢复技术、生态系统多维复育技术、生态组合式挡墙构建技术，综合利用当地现有或废弃材料，考虑行洪与抗防坍塌，开展适合的生态护坡类型、植物配置优化等技术研究。

(4) 村镇河道生态景观优化配置与构建技术与示范

结合环境和交通基础设施的需求，重点结合河岸缓冲带的构建，通过生态系统多维复育技术、景观型阶梯式生态护岸技术将不同类型园林植物的进行优化配置，开展河道两岸道路绿化及其水景相融的桥梁建设关键技术与示范研究。结合河道疏浚、水生构建一道集生态景观、面源污染物生态截留与河水水质改善为一体的河流生态景观廊道。

关键技术或设计特征

- (1) 村镇河道生态水文调控与生态完整性维护关键技术；
- (2) 基于生态修复的河道底泥疏浚与基底改造组合技术；
- (3) 基于土壤生物工程的低成本废弃材料护岸技术。

典型规模

主要针对村镇河道的生态修复，规模可大可小。

推广情况

项目技术内容在上海市崇明岛瀛东村村镇河道综合整治项目中进行了示范应用。

典型案例

(一) 项目概况

崇明岛是典型农业岛屿，岛内河网交错，经过近几年的综合

整治，崇明岛市级和县级河道水质和水生态得到明显改善，但是由于目前村镇经济的快速发展，村镇河道普遍存黑臭淤浅、引排不畅、水环境差等问题，给当地村民身体健康、经济发展、特别是农家乐旅游业的发展带来非常不利的影响。瀛东村位于崇明东部，是崇明县首批生态村，自然、地理环境和农业资源优越，但是和其他村镇一样，瀛东村很多河道淤积严重、水质恶化，河道两岸违章搭建、杂乱无章。因此，对崇明岛村镇河道进行综合整治，改善农村水环境迫在眉睫，这对于改善村镇人居环境，促进新农村经济可持续发展将具有重要意义。

通过该项目的实施，构建了一套完整的崇明村镇河道综合整治技术体系与技术规范，解决示范河段黑臭淤浅、引排不畅、水环境差和河流生态功能退化等问题，并使岸边生态景观和整体面貌得到明显改观，为瀛东村人居环境的提升和生态农业与生态旅游的可持续发展提供保障。同时，通过实验室功能建设与村镇级综合治理河流运行监管之间的互动，提升崇明水环境实验室的服务功能，为崇明岛村镇河道综合整治和崇明岛“万河整治行动”提供连续高效的技术支持。

（二）技术指标

构建 2.3km 长的村镇河道综合整治示范工程其中景观工程，其中整治河长 1.1 公里，自然生态保育段河长约 1.2 公里；构建基于崇明岛村镇河道特点的综合整治技术体系。

联系方式

技术信息咨询单位：烟台大学同济大学

联系人：张劲

电话：0535-6902606

地址：山东省烟台市莱山区清泉路 30 号

邮编：264005

E-mail: zhangjin513@outlook.com

29、快速改善水质的化学氧化辅助仿生-生物净化（BGSO）技术适用范围

黑臭水体、劣 V 类水体快速水质改善。

基本原理

当前我国自然水体普遍受到污染，国家《水污染防治行动计划》（水十条）对水体治理提出了明确的路线图和时间表。其中，2020 年前消除建成区黑臭水体、全面实现地表水功能区达标的目标给地方政府提出了紧迫而又具体的任务。受污染自然水体在面积、水量、流动性、污染程度、主要污染物等特征上存在巨大差异，因而，不存在任何一种水污染防治技术能解决所有的自然水体污染问题。

化学氧化辅助仿生-生物净化技术(Bionic grass synergized by oxidation, BGSO)是综合了高级氧化技术、生物膜技术、人工湿地技术、仿生学等多种技术原理的基础上发展起来的具有较好适应性的自然水体水质净化技术。

BGSO 技术的主要原理是：利用优选的复合试剂对水体中的有机污染物和氨氮进行原位氧化，并持续提高水中溶解氧含量；利用改性水草表面附着的微生物膜进行持久的水质改善。该技术为专有技术。

工艺流程

（1）氧化型净水剂施用（净水剂 A）：采用中国海洋大学研发的氧化型净水剂，在较短时间内降低 COD。按照 15kg/ha 的施用量，每 24h 在治理区施用一次。一般黑臭水体连续施用 10 次，劣 V 类水体施用 5 次。

（2）辅助型净水剂施用（净水剂 B）：起辅助净水剂 A 高效去除 COD 的作用，按照 2kg/ha 用量施用。在净水剂 A 撒下 1 小

时后施用。

(3) 微生物促进剂（净水剂 C）施用：净水剂 C 按照 100g 装入无纺布袋并掺入适量沙后，系紧袋口，坠入改性仿生水草底部，起固定物的作用。每棵仿生水草底部坠 1 袋。

(4) 改性仿生水草配置：采用中国海洋大学自主研发的改性仿生水草，根据水深选择不同长度的水草，根据水质不同，一般按照 1~4 棵/m² 的密度定植。底部以净水剂 C 为固定物，在水流湍急处，可增加砖块为固定物。

关键技术和设计特征

化学氧化辅助仿生-生物净化技术，综合了高级氧化技术、生物膜技术、人工湿地技术、仿生学等多种技术原理，利用优选的复合试剂对水体中的有机污染物和氨氮进行原位氧化，并持续提高水中溶解氧含量；利用改性水草表面附着的微生物膜进行持久的水质改善。

一般黑臭水体 15 日左右初步消除黑臭，改性仿生水草可持续起作用 3 年以上。

操作方便，不需要大规模土建工程。

景观效果较好，生态危害小，无二次污染。

典型规模

该技术可应用于黑臭水体治理或者水体提标，适用的 COD 范围为 30~300mg/L。

推广情况

在无锡蒋巷浜黑臭水体治理、山东莱阳五龙河劣 V 类水体达标治理工程得到应用。

近期在山东省境内推广计划

(1) 东营市广利河水水质改善工程

(2) 广饶县阳河水质改善工程

(3) 博兴县支脉河水质改善工程

典型案例

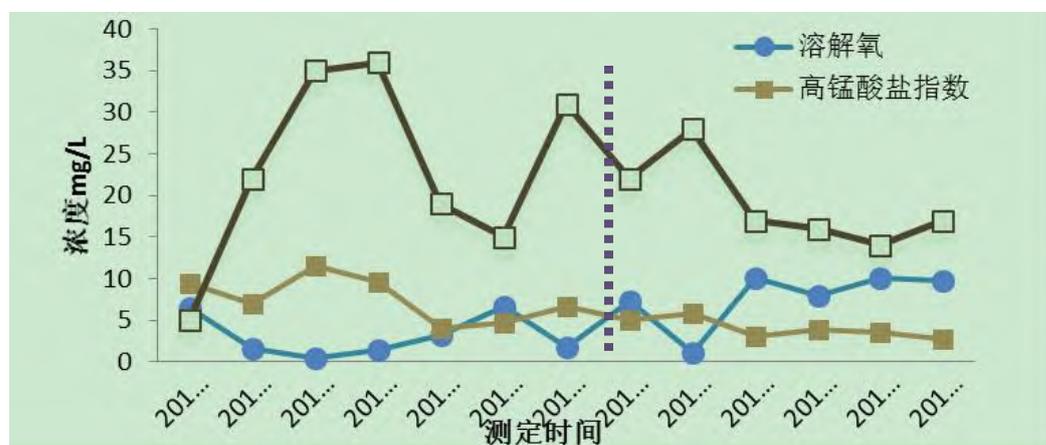
1、无锡蒋巷浜轻度黑臭治理工程

(一) 项目概况

蒋巷浜位于滨湖区青祁路东，住友家园小区，住友路至梁溪河之间。蒋巷浜长 90 米，宽 11 米，水深 2-3 米。根据 2016 年 7 月至 2017 年 2 月的水质监测数据，蒋巷浜水质为劣 V 类，主要污染指标是氨氮、总磷和 COD，溶解氧含量偏低。工程于 2017 年 2 月 23 日起实施，工程实施开始，每 3 天监测一次水质。试点工程实施后第 7 天起，主要水质指标均有显著改善。

(二) 技术指标

(1) 溶解氧和好氧有机物



工程实施前后溶解氧 CODMn 和 COD 浓度变化

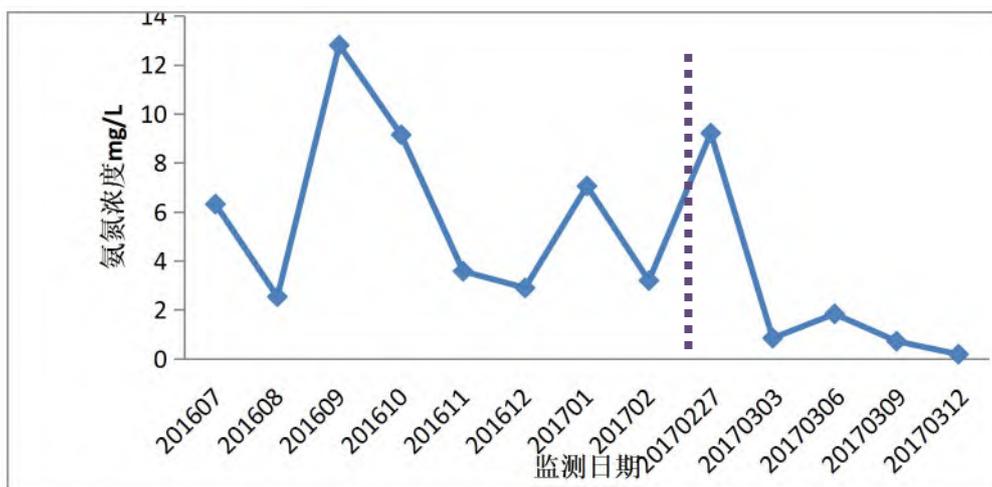
试点前,2016 年 7 月至 2017 年 2 月连续 8 个月的监测表明,溶解氧浓度为 1-6.6mg/L, 平均为 3.33mg/L, 最低为 1.08mg/L。达到轻度黑臭标准 ($DO < 2.0\text{mg/L}$) 的时段占 50% (4/8)。工程实施 6 天后, 连续 4 次监测表明, 溶解氧浓度为 8-10mg/L, 平均浓度为 9.5mg/L, 基本达到饱和状态, 达到 I 类水质标准。

试点前，高锰酸盐指数为 4.1-11.5mg/L，平均为 7.1mg/L，处于 IV 水质。试点工程实施后，自第 7 天起，下降为 2.7-3.8mg/L 间，平均为 3.28mg/L，已达到 II 类水质标准。高锰酸盐指数去除率为 53.8%。

试点前，化学需氧量为 5-36mg/L，平均为 23.6mg/L，处于 IV 或 V 水质。试点工程实施后，自第 7 天起，下降为 14-17mg/L 间，平均为 16mg/L，已稳定达到 III 类水质标准。

(2)氨氮

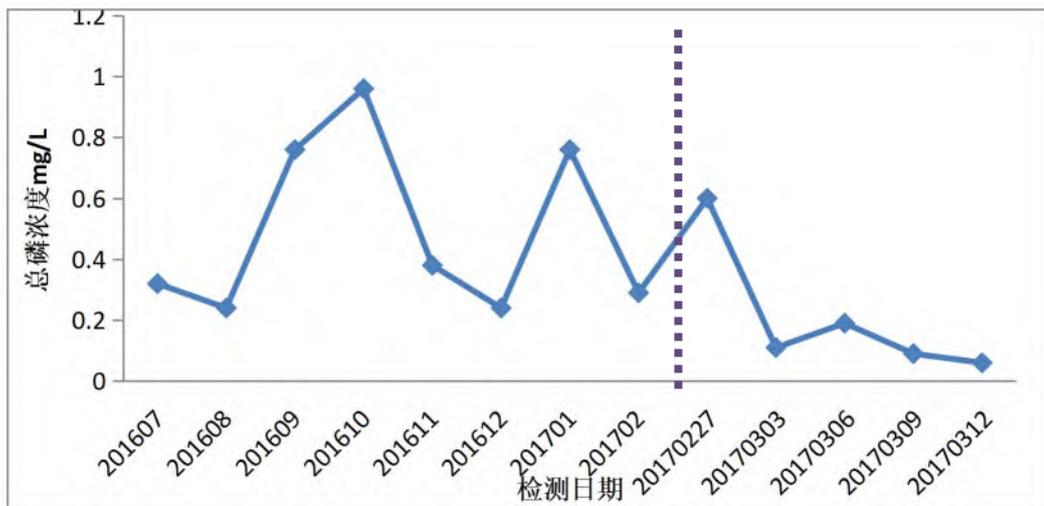
试点前，氨氮浓度为 3-13mg/L，平均为 6.3mg/L，属于劣 V 水质，是 V 类水质标准的 315%。试点工程实施后，自第 7 天起，下降为 0.18-1.8mg/L 间，平均为 0.89mg/L，已达到 III 类水质标准。工程实施后，氨氮去除率达到 85.9%。



工程实施前后氨氮浓度变化

(3)总磷

试点前，总磷浓度为 0.24-0.96mg/L，平均为 0.51mg/L，属于劣 V 类水质。试点工程实施后，自第 7 天起，下降为 0.06-0.19mg/L 间，平均为 0.11mg/L，已稳定达到 III 类水质标准。工程实施后，总磷去除率达到 78%。



工程实施前后总磷浓度变化

经过试点工程的实施，表明 BGSO 技术能在短时间内（实施开始 15 日内）显著改善水质，劣 V 类水体的主要指标（COD、氨氮、总磷）能改善到 III 水质标准，部分指标（DO、CODMn）甚至达到 II 类水水质。

（三）投资费用

工程总投资 70 万元。

（四）运行费用

工程完成后，只需一位管理人员看护，费用约 8 万元/年。

2、山东五龙河水水质提标工程

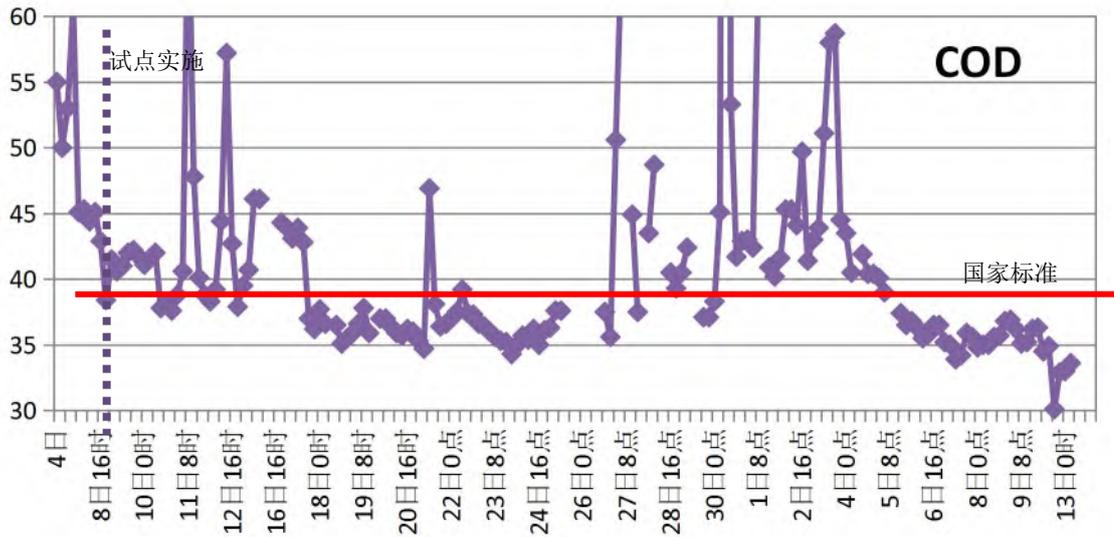
（一）项目概况

五龙河受面源污染影响，2017 年上半年水质为劣 V 类，主要超标指标是 COD 和氨氮。采用 BGSO 工艺，施用净水剂，配置仿生水草，仿生水草以净水袋为固定物。工程实施后，河流水质达到 V 类水标准。

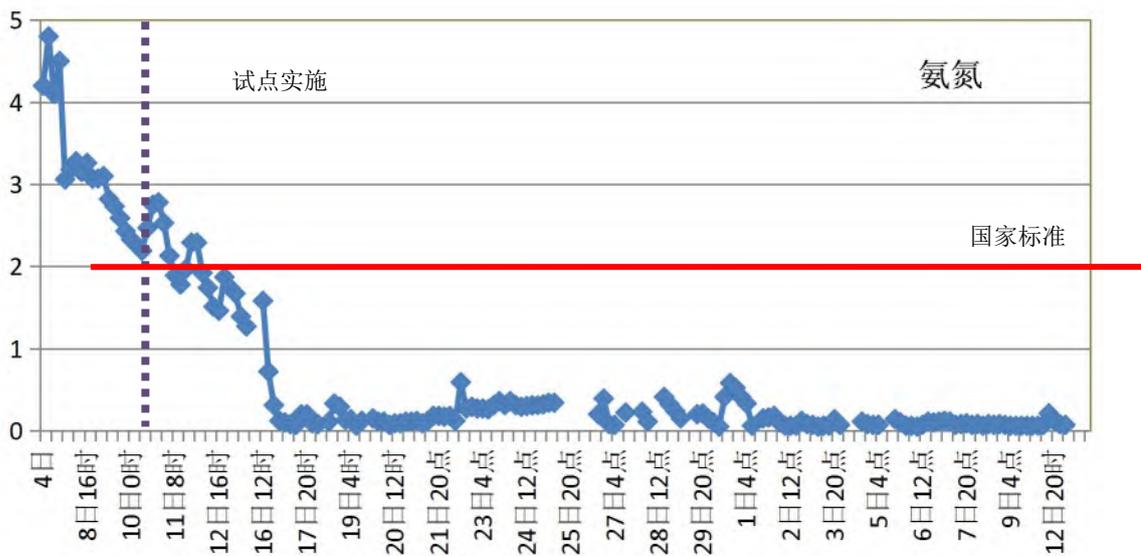
（二）技术指标

工程实施后，COD 从 50mg/L 以上降低到 40mg/L 以下，达到 V 类水标准。氨氮从 4mg/L 降低到国家标准以下（2mg/L），

甚至降低到 0.2mg/L 以下，稳定达到国家标准。



莱阳五龙河 BGSO 技术实施后 COD 持续下降



莱阳五龙河 BGSO 技术实施后氨氮达到 V 类标准

(三) 投资费用

工程总投资 170 万元。

(四) 运行费用

工程完成后，只需一位管理人员看护，费用约 5 万元/年。

联系方式

技术信息咨询单位：中国海洋大学

联系人：李锋民

电话：15954200011

地址：山东省青岛市松岭路 238 号

邮编：266100

E-mail: lifengmin@ouc.edu.cn

30、基于水质综合污染指数法的湖库型水源水质评价方法

适用范围

湖泊、水库等饮用水源的水质评价及污染预警。

基本原理

本技术采用《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 29 项中的 26 项参数, 将其分为四大类: 毒理学指标、污染性指标、常规指标和特征性指标, 其中特征性指标为附加指标, 在水体出现明显特征污染物或有突发水质状况时考虑纳入模型计算。该模型将水质评价从单项指数、分类指数和综合水质指数 3 个层次上开展。根据各参数的实测浓度计算其单项指数, 将单项指数较高的参数列为主要污染物/优先控制污染物, 通过模型计算获得 4 类指标的分类指数, 进行综合计算后得到综合水质指数, 对水源水质进行优~极差的综合评价, 掌握水质的污染程度。该湖库型水源水质评价方法能够充分考虑湖库型水源水质的特殊情况, 更好地对湖库型水源水质进行评价。

工艺流程

该模型将水质评价从单项指数、分类指数和综合水质指数 3 个层次上开展。表 1 展示了该评价模型中各评价项目的分类、评分标准及分级指数。

表 1 评价项目分类、评分标准及分级指数

分类	参数	评价标准				
		I	II	III	IV	V
		$I_{i,k}=20$	$I_{i,k}=0$	$I_{i,k}=60$	$I_{i,k}=80$	$I_{i,k}=100$
毒理学 指标	$As/mg L^{-1} \leq$	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
	$Hg/mg L^{-1} \leq$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001

		005	005	01	1	
	Cd/mg L-1 ≤	0.00 1	0.00 5	0.00 5	0.00 5	0.01
	Cr (VI) /mg L-1 ≤	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
	Pb/mg L-1 ≤	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1
	Se/mg L-1 ≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
	氰化物 /mg L-1 ≤	0.00 5	0.05	0.2	0.2	0.2
污染性 指标	粪大肠菌群 (个/L)	200	2000	1000 0	2000 0	4000 0
	DO/mg L-1 ≥	7.5	6	5	3	2
	CODMn/mg L-1 ≤	2	4	6	10	15
	BOD5/mg L-1 ≤	3	3	4	6	10
	NH4+/mg L-1 ≤	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
	pH	6-9				
	TP/mg L-1 ≤	0.01	0.02 5	0.05	0.1	0.2
常规指 标	F/mg L-1 ≤	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
	TN/mg L-1 ≤	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
	Cu/mg L-1 ≤	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0
	Zn/mg L-1 ≤	0.05	1.0	1.0	2.0	2.0
	挥发酚 /mg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.1

	L-1 ≤	2	2	5		
	石油类 /mg L-1 ≤	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
特征性 指标	叶绿素 a/μg L-1	3.0	10	26	64	160
	Cl/mg L-1 ≤	250				
	SO4/mg L-1 ≤	250				
	NO3-/mg L-1 ≤	10				
	Fe/mg L-1 ≤	0.3				
	Mn/mg L-1 ≤	0.1				

(1) 单项指数 I_i

进行评价时,先将各项目的监测结果与 GB 3838-2002《地表水环境质量标准》中“地表水环境质量标准基本项目标准限值表”相比较,当实测值 $C_{i,k} < C_i < C_{i,k+1}$ 时,根据以下公式计算出每个项目的单项指数 I_i :

式中: C_i 为 i 项评价项目的实测结果; $C_{i,k}$ 为 i 项评价项目的 K 级标准浓度; $C_{i,k+1}$ 为 i 项评价项目的 $K+1$ 级标准浓度; n 为标准中两分级值或多分级值相同标准的个数; $C_{i,k+n}$ 为标准中两分级值或多分级值相同时 $K+n$ 级标准浓度; n 为相同标准值的个数(当无相同时, $n=1$); $I_{i,k}$ 为 i 项评价项目的 k 级指数值。

(2) 分类指数 (CI)

对于第一类评价项目: $CI(I)=\max(I_i)$

对于第二、第三和第四类评价项目:

; ;

(3) 水质指数 (WQI)

$$WQI = \max(CI(I, II, III,))$$

(4)特殊参数的处理

关于附加参数，是针对在地表水源水出现明显特征污染物或有突发水质问题时，考虑将其纳入评估范围，计算公式同 CI(II).

对于土臭素、二甲基异戊醇、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- -N、Fe 及 Mn 只有一个标准限值，其计算公式为：

$$CI = C_i / C_i,360$$

对于 pH，当 $6 \leq pH \leq 9$ 时， $I=0$ ；否则， $I=100$ 。未检出值项目的指数以 0 计。

根据 WQI 值按表 2 评价水源地水质。

表 2 WQI 值及相应水质状况

WQI	≤ 20	21~40	41~60	61~80	81~100	>100
评价结果	优	良	尚好	较差	差	极差

关键技术或设计特征

湖库型水源水质易受到光照、气温、营养盐的影响，水体多会出现季节性特征污染物或突发水质状况，因此，湖库型水源水质的评价易受到参数和分类方法的限制，目前的水质综合指数评价法不能很好地针对湖库型水源水质进行评价。针对上述典型的湖库饮用水源污染特征，在原有 3 类指标的基础上，增加了湖库水源的特征性污染指标，包括叶绿素 a、氯化物、硫酸盐、硝酸盐氮、铁和锰 6 项参数，并对包含 4 类指标的综合水质指数计算进行了优化，从而达到科学合理的评价湖库饮用水源水质污染情况的目的，以有效掌握地表饮用水源的污染成因及污染程度。

推广情况

对本技术提供的基于综合水质指数法的湖库型水源水质评价方法在南水北调东线山东受水区 11 地市的湖库水源进行推广

应用，并与《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）的评价结果进行对比，取得较好的评价效果。

典型案例

2016年1月在南水北调东线调蓄水源-A水库、B水库和C湖泊进行了推广应用：

确定水质评价指标的种类，根据各评价指标的污染特性，将各评价指标分为毒理学指标、污染性指标、常规指标和特征性指标4类，对A水库、B水库和C湖泊中的水源进行实际检测，得到各评价指标的实测浓度。经过计算获得各水质评价指标的单项指数（表3），发现总氮、总磷分别是A、B水库水质的主要问题，并引起了藻类快速繁殖；在B水库，汞的污染风险较大。在湖泊C中，藻类是主要的水质问题。

表3 A水库、B水库及C湖泊各水质评价指标的单项指数 I_i

分类	参数	I_i		
		A 水库	B 水库	C 湖泊
毒理学指标	As	0.6	1.7	/
	Hg	32.0	58.0	40.0
	Cd	10.0	10.0	10.0
	Cr (VI)	8.0	/	8.0
	Pb	1.0	1.0	1.0
	Se	/	0.0	/
	氰化物	8.0	8.0	8.0
污染性指标	粪大肠菌群	/	33.3	0.0
	DO	/	/	/
	CODMn	19.	23.0	18.0

		0		
	BOD5	26.7	26.7	26.7
	NH4+	28.6	10.7	13.3
常规指标	pH	0.0	0.0	/
	TP	61.6	61.6	36.0
	F	12.6	42.6	42.0
	TN	100.0	100.0	/
	Cu	/	2.4	23.2
	Zn	20.0	20.0	20.0
	挥发酚	/	20.0	20.0
	石油类	36.0	36.0	36.0
特征性指标	叶绿素 a	63.4	20.3	59.4
	Cl	/	21.8	21.8
	SO4	22.6	37.0	36.5
	NO3-	13.9	19.0	12.2
	Fe	/	3.0	/
	Mn	30.0	3.0	/

“/”表示该评价指标无数据；

将 4 类分类指数 CI 进行比较，CI 值越大，表明该类评价指标污染程度越高，以此判断得出水体的污染成因：3 处水体的主要污染物分别为常规指标、毒理学指标和毒理学指标，可将这些指标作为水体优先控制污染物。

综合水质指数法评价结果如下：A 水库、B 水库和 C 湖泊的 WQI 值分别为 38.4、58.0、40.0，A 水库、B 水库和 C 湖泊的污

染程度分别为良、尚好和良。

联系方式

单位名称：山东省城市供排水水质监测中心

联系人：贾瑞宝

电话：0531-55589600

地址：济南市纬五路

E-mail: jiaruibao68@126.com

31、城镇供水水质安全保障及优化调度一体化云集控平台关键技术与应用

适用范围

城市水源保护、城市供水安全监测、水厂自控、污水处理厂自控、流域湖泊水质监控等工程。

基本原理

采用 MVC 设计模式进行开放式设计，构建了基于 GIS 技术的城镇供水安全优化调度、事故预警及应急处理预案等信息分析处理决策系统和供水信息综合管理平台，适用于多操作系统，建立了异地异构数据同步共享模型，实现了对多种通信接口、通信协议及信息平台等多元化数据进行分析处理和自动收集，针对城镇供水水源和污染物种类多、监测指标多、水质差异大的特点，构建了以 15 项监测指标为核心的城镇供水多水源污染物在线监控技术指标体系，提高了应对供水水质污染事件的预警响应时间。

工艺流程

通过建立一个全局水质、水资源信息库，实现对所有监控站点的数据进行统一管理，提高了对水源水质、供水水质、水资源管理的快速响应能力。

采用 GIS 空间查询技术，开发寻找一个点到曲线最短距离点的算法，实现了对在线对象进行动态切割并增加缓冲区技术，对水源地、泵站、水厂、管网安全监测站和水质安全监测站的空间属性和属性数据查询和统计，具有与供水调度系统保持一致的报警功能；同时，采用污染预演算法，根据水流速度和预期时期对水污染灾害进行推演，具有对供水水污染事故进行灾害预演的功能。

关键技术或设计特征

筛选了 15 项城镇供水多水源污染物在线监控技术指标，提高了应对城镇供水水质污染事件的预警响应时间。建立了异地异构数据同步共享模型，减少了软硬件设备投入，节省了传输时间和投资。

采用 MVC 设计模式进行开放式设计，使得平台高效、快捷，易维护，便于数据的综合分析利用，节省了运行成本和网络资源。

系统减少了数据传输量，具有延时少、投资省、可扩展性好、可用性好、可靠性高等特点。

典型规模

适用于城镇供水管理集团的日常供排水监控系统工程和流域水质、水资源自动监控系统工程等。

推广情况

本成果是互联网+环保/供水的应用新模式，已在北京、新疆、广东、海南等我国 16 个省份城镇供水行业广泛应用。

2017 年 3 月武城水利局实施高效节水项目，2017 年 4 月在徐州铜山区自来水公司应用加压供水及水质监控项目，计划在 2017 年 10 月份沂水县水务公司云集控平台的上线试用。

典型案例

北京燕龙水务集团山 2005 年以来采用‘城镇供水优化调度及水质安全保障关键技术研发与应用’项目，经过多年的建设应用达到最初建设要求和目标，系统运行稳定可靠，取得了较好的应用效果。该项目主要应用于燕龙水务集团负责卫星城周边水厂的制水供水自控及远控系统，在 2008 北京奥运应急水源远控系统建设中也发挥了应有的作用。该项目建成改善了人员操作环境，减轻了劳动强度，采取相关措施更为准确、迅速，通过监控系统实时监测，保障了供水水质安全及供水设施、设备的运行安全，

给供水系统提供安全的生产环境,对于供水资源调度过程中出现的紧急情况可以快速准确的处理,保障供水水资源调度安全,有利于供水资源的保护利用。

联系方式

技术信息咨询单位:山东省计算中心(国家超级计算济南中心)

联系人:马耿

电话:0531-82605533

地址:山东省济南市历下区科院路19号

邮编:250014

E-mail: mag@sdas.org