

(以下附錄節錄自中華人民共和國生態環境部的網站，全文可參閱
http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202001/t20200113_758933.html)

附錄

关于发布 2019 年《国家先进污染防治技术目录（水污染防治领域）》的公告
公告 2020 年 第 2 号

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》，推动水污染防治领域技术进步，满足污染治理对先进技术的需求，我部组织征集并筛选了一批水污染控制先进技术，编制形成 2019 年《国家先进污染防治技术目录（水污染防治领域）》（见附件），现予发布。

附件：2019 年《国家先进污染防治技术目录（水污染防治领域）》

生态环境部
2020 年 1 月 7 日

生态环境部办公厅 2020 年 1 月 7 日印发

附件

2019 年《国家先进污染防治技术目录（水污染防治领域）》

| 序号 | 技术名称 | 工艺路线 | 主要技术指标 | 技术特点 | 适用范围 | 技术类别 |
|----|-----------------------|---|--|---|---------------------------------|------|
| 1 | 城市污水生物膜强化脱氮多级 A/O 工艺 | 在各级缺氧区和好氧区分别投加填料强化脱氮，原水分别进入各级缺氧区，污泥回流到系统首端，无内回流设施。第一级缺氧区利用原水碳源对回流污泥的硝酸盐氮进行反硝化，同时进行短程反硝化实现深度脱氮，然后，污水流入第一级好氧区进行硝化。以后各级以此类推。出水经二沉池后达标排放。 | 进水 TN45mg/L~60mg/L，氨氮 35mg/L~50mg/L，COD130mg/L~250mg/L；出水 TN≤15mg/L，氨氮≤8mg/L，COD≤50mg/L。 | 过程优化控制有效利用污水中的碳源，采用短程反硝化产生亚硝酸盐，为部分厌氧氨氧化创造条件，实现深度脱氮。 | 城市污水处理厂及采用活性污泥法的工业废水处理厂的新建与升级改造 | 示范技术 |
| 2 | 城镇污水序批式活性污泥法脱氮与优化调控技术 | 采用综合调控提高序批式活性污泥法（SBR）系统的污水脱氮效率：调控进水方式、搅拌时段等提高负荷；增加主反应区末端至预反应区的污泥回流系统，充分利用原水有机碳源；投加悬浮填料强化硝化菌和反硝化菌的有效富集，提高工艺脱氮效率。 | 进水 TN25mg/L~35mg/L、氨氮 15mg/L~25mg/L、COD150mg/L~200mg/L；出水 TN<10mg/L、氨氮<1mg/L、COD<30mg/L。 | 采取沉淀与滗水阶段持续进水、曝气阶段不进水的间歇进水模式，在搅拌和曝气阶段开启回流系统，投加悬浮填料等综合措施提高 SBR 脱氮效率。 | 采用 SBR 及其变型工艺的城镇污水处理厂新建与升级改造 | 示范技术 |

| 序号 | 技术名称 | 工艺路线 | 主要技术指标 | 技术特点 | 适用范围 | 技术类别 |
|----|--------------------------|---|--|---|------------------|------|
| 3 | 兼氧膜生物反应器技术 | 生活污水经预处理后进入兼氧膜生物反应器(兼氧 MBR), 污水中碳、氮等污染物经设备内培养的高浓度兼性复合菌群分解代谢去除后, 再经膜分离后达标排放。 | 进水 COD \leq 250mg/L, BOD ₅ \leq 150mg/L, SS \leq 150mg/L, TN \leq 40mg/L, 氨氮 \leq 25mg/L, TP \leq 4mg/L; 出水 COD \leq 50mg/L, BOD ₅ \leq 10mg/L, SS \leq 10mg/L, TN \leq 15mg/L, 氨氮 \leq 5mg/L, TP \leq 0.5mg/L。 | 在单一反应器中利用特殊菌群实现碳、氮同步去除, 剩余污泥少, 过程智能控制。 | 村镇生活污水处理 | 推广技术 |
| 4 | MBR 集成脱氮除磷污水处理技术 | 污水经格栅和调节池后, 依次流经缺氧池、好氧池、MBR 膜池和脱氮及除磷滤罐处理。污水在缺氧池与膜池回流液混合进行脱氮, 在好氧池降解有机物, 随后进入膜池实现泥水分离, 清水进入脱氮及除磷滤罐进一步去除 TN 和 TP 后达标排放。 | 进水 COD \leq 350mg/L, BOD ₅ \leq 180mg/L, SS \leq 200mg/L, 氨氮 \leq 35mg/L, TN \leq 50mg/L, TP \leq 6mg/L; 出水 COD \leq 30mg/L, BOD ₅ \leq 6mg/L, SS \leq 5mg/L, 氨氮 \leq 1.5mg/L, TN \leq 15mg/L, TP \leq 0.3mg/L。 | 针对 MBR 出水利用高效专性无机化能自养型细菌强化脱氮, 利用特殊材料, 吸附去除水中磷酸盐, 脱氮除磷效果好。 | 生活污水处理 | 推广技术 |
| 5 | 厌氧-缺氧-好氧-纤维束膜生物一体化污水处理技术 | 污水经格栅和调节池后, 经厌氧折流板 (ABR)、缺氧、好氧移动床生物反应器 (MBBR)、沉淀、纤维束膜生化反应区处理, 实现有机污染物和氮、磷、SS 的去除。出水经消毒后部分用于纤维束膜反冲洗, 其余达标排放。 | 对于典型村镇生活污水, BOD ₅ 去除率 \geq 90%, COD 去除率 \geq 90%左右, 氨氮去除率 \geq 90%, 除磷率 \geq 80%, SS 去除率 \geq 90%。 | 以 MBBR、ABR 为核心生化处理工艺, 辅以生物纤维束膜的过滤和生物降解的双重作用, 污水处理效果好。 | 村镇生活污水及低浓度有机废水处理 | 推广技术 |
| 6 | 聚乙烯固定床组合式生物膜污水处理技术 | 污水经格栅、调节池后进行水解酸化, 然后自流至基于生物接触氧化的高/低负荷两级反应舱, 通过间歇性曝气, 实现好氧厌氧环境交替, 达到脱氮目的, 再通过定期排泥除磷, 出水达标排放。 | 进水 COD \leq 500mg/L, BOD ₅ \leq 250mg/L, 氨氮 \leq 40mg/L, TN \leq 50mg/L, TP \leq 5mg/L, SS \leq 200mg/L; 出水 COD \leq 50mg/L, BOD ₅ \leq 10mg/L, 氨氮 \leq 5mg/L, TN \leq 15mg/L, TP \leq 0.5mg/L, SS \leq 10mg/L。 | 采用聚乙烯罐体、聚烯烃类立体网格填料、高/低负荷两级反应舱提高生物脱氮效率。 | 村镇生活污水处理 | 推广技术 |

| 序号 | 技术名称 | 工艺路线 | 主要技术指标 | 技术特点 | 适用范围 | 技术类别 |
|----|------------------------|---|--|---|------------------|------|
| 7 | 生态型下沉式再生水厂集约构建与资源化利用技术 | 污水依次经过预处理单元、多级AO生物膜工艺、矩形二沉池、高效沉淀池等工段达标排放。系统中包含污泥低温干化、水源热泵、自然采光等节能技术。 | 进水 COD \leq 300mg/L, BOD ₅ \leq 150mg/L, SS \leq 250mg/L, 氨氮 \leq 30mg/L, TN \leq 45mg/L, TP \leq 5mg/L; 出水 COD \leq 30mg/L, BOD ₅ \leq 10mg/L, SS \leq 10mg/L, 氨氮 \leq 5mg/L, TN \leq 15mg/L, TP \leq 0.5mg/L。 | 采用组合模式建设下沉式的污水处理厂, 实现污水处理和资源回收, 融合构建生态综合体。 | 新建和改扩建的下沉式再生水厂 | 推广技术 |
| 8 | 富藻水磁捕处理技术 | 富藻水与磁捕剂、助凝剂形成磁性蓝藻聚集体, 进行藻/水分离。磁种经回收器分离后回用, 藻泥经脱水减容后处理处置。 | 藻细胞去除率 \geq 85%, COD去除率 \geq 60%, SS去除率 \geq 90%, TP去除率 \geq 90%, 磁种回收率 \geq 75%。 | 该技术基于藻华胶体动力学与磁学原理, 可实现富藻水的快速处理, 应用机动灵活, 磁种可重复使用。 | 富藻水处理 | 示范技术 |
| 9 | 污水处理厂精确曝气与智能加药节能降耗控制技术 | 该技术将“前馈-反馈”曝气控制系统与提升泵、加药等单元控制系统进行集成, 形成了覆盖主要工艺单元的全流程控制系统, 实现节能降耗。系统采用模块化设计, 可根据实际项目进行选择组合。 | 出水 TN $<$ 15mg/L、氨氮 $<$ 5mg/L, TP $<$ 0.5mg/L。降低曝气量10%~15%, 降低加药量15%~20%。 | 建立了污水处理厂运行离散控制模型, 形成了包括泵站优化编组、精确曝气、除磷加药和反硝化碳源投加的全套自动控制技术。 | 污水处理厂的优化运行和节能降耗 | 推广技术 |
| 10 | 污水生物处理精细化运行管理技术 | 测试设备(污水处理智慧工作站)从生物处理单元(一般为曝气池末端)采集一定量污泥, 对污泥中微生物代谢特征进行分析、判断污泥系统运行状态并将结果传送到云端专家系统诊断, 再将运行方案推送给用户, 指导用户进行精细化运行操作。 | 辅助污水处理厂出水达标排放。 | 建立活性污泥运行状态的量化表征方法及云端专家诊断系统, 实现准确、快速、定量判定活性污泥系统的运行状态。 | 各类采用活性污泥法的污水处理系统 | 推广技术 |

| 序号 | 技术名称 | 工艺路线 | 主要技术指标 | 技术特点 | 适用范围 | 技术类别 |
|----|--------------------------------|---|--|--|----------------------|------|
| 11 | 高浓度有机废水内循环厌氧处理技术 | 高浓度有机废水、颗粒污泥及回流泥水在反应器底部混合后进入第一反应室实现有机物降解；泥水混合物则回流至底部混合区实现内循环；出水经三相分离器后进入第二反应室实现固液分离，上清液外排，污泥返回第二反应室污泥床；沼气从反应器上部导出，经脱硫、脱水处理后可用于发电。 | COD 去除率 $\geq 85\%$ ，BOD ₅ 去除率 $\geq 90\%$ 。 | 二级三相分离器组合提高了反应器内污泥浓度；倒V型三相分离器设计有利于污泥快速沉淀到反应区，使反应区保持较高污泥浓度。 | 酒精、食品、酿造等行业高浓度有机废水处理 | 推广技术 |
| 12 | 高浓度有机废水处理与资源化技术 | 高浓度有机废水先进入外循环高效厌氧反应器处理，出水进入低溶氧大回流好氧反应器进一步处理，厌氧处理产生的沼气经脱硫、脱水处理后可用于发电。 | 进水 COD $\leq 17000\text{mg/L}$ ，出水 COD $< 500\text{mg/L}$ 。沼气甲烷含量 $> 60\%$ 。 | 结合外循环颗粒污泥厌氧技术和大回流低溶氧好氧技术，提高了处理负荷和效果。 | 食品、酒精等行业高浓度有机废水处理 | 示范技术 |
| 13 | 难降解有机废水弱电介入强化水解酸化处理技术 | 难降解有机废水通过物化预处理后进入施加有外电场的生物水解处理单元提高水解酸化出水可生化性。 | 废水可生化性提高 30%以上。电场工作电压 0.5V~1.0V，工作电流 5A~20A。 | 通过施加外电场，提高了水解酸化处理效率，降低了废水毒性，改善了难降解有机废水的可生化性。 | 难降解有机废水处理 | 示范技术 |
| 14 | 臭氧多相催化氧化-强化曝气生物滤池难降解有机废水深度处理技术 | 催化氧化池内废水中有机物在催化剂作用下被臭氧氧化分解为小分子有机物或矿化，出水在稳定池中通过静置或吹脱脱出残余臭氧后，进入曝气生物滤池进行生物处理，进一步降解废水中小分子有机物和微量氨氮。稳定池逸出臭氧经收集后采用尾气破坏装置治理。 | 进水 B/C < 0.2 、COD $\leq 200\text{mg/L}$ 时，出水 COD $\leq 60\text{mg/L}$ 。 | 采用催化剂提高臭氧氧化效率、废水可生化性，采用曝气生物滤池深度降解臭氧氧化产生的小分子有机物。 | 石化行业等废水二级生化出水深度处理 | 推广技术 |

| 序号 | 技术名称 | 工艺路线 | 主要技术指标 | 技术特点 | 适用范围 | 技术类别 |
|----|--------------------------|---|--|---|----------------------------------|------|
| 15 | 基于纳滤-高压膜浓缩-蒸发-结晶高盐废水处理技术 | 高盐废水经化学软化、超滤、反渗透处理，反渗透产水回用，反渗透浓液经高级氧化、树脂软化、纳滤处理；纳滤产水经高压膜、蒸发浓缩，结晶产出氯化钠和少量杂盐；纳滤浓液经高压膜浓缩、高级氧化、蒸发浓缩、结晶产出硫酸钠，母液冷冻结晶产出十水硫酸钠；冷冻结晶母液蒸发结晶得到杂盐。 | 进水 TDS \leq 10000mg/L，COD \leq 80mg/L 时；回用水 TDS \leq 800mg/L，COD \leq 50mg/L。结晶盐氯化钠纯度 \geq 97.5%，硫酸钠纯度 \geq 97.5%。 | 采用纳滤实现一二价离子分离，采用高压平板膜提高浓缩倍数和抗污染能力，采用冷热结晶提高硫酸钠品质与产量。 | 煤化工行业高盐废水深度处理及回用 | 示范技术 |
| 16 | 高盐难降解废水中有机物树脂吸附回收技术 | 废水经预处理去除悬浮物和油状物后进行多柱串联树脂吸附，吸附出水进一步处理达标排放；吸附饱和树脂脱附回收有机物，树脂再生利用。 | 水杨酸、没食子酸等特征有机物的选择性吸附效率 \geq 95%，回收率 85%~95%。 | 采用耐盐型特种树脂和多柱串联吸附/再生设备，实现了高盐废水中水杨酸、没食子酸等有机物的回收。 | 化工、医药、农药等行业高盐有机废水中水杨酸、没食子酸等有机物回收 | 示范技术 |
| 17 | 树脂基纳米复合吸附剂处理痕量重金属废水技术 | 利用可再生的负载纳米级水合氧化铁和水合氧化锰颗粒的树脂吸附废水中重金属，吸附剂在酸性或碱性条件下再生，含重金属的脱附液进行进一步处理。 | 铅、镉、砷、铋和铊可达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 中 III 类标准值。进水 pH 值控制在 3~12，进水温度低于 80℃。 | 复合吸附剂稳定性好、吸附容量大、选择性好、吸附速度快，吸附剂可再生回用，重金属吸附效果好、可回收。 | 电镀、矿冶等行业含痕量重金属废水深度处理 | 推广技术 |
| 18 | 含胍废水处理及胍回收技术 | 利用二级 MVR 蒸发器将含胍废水蒸发浓缩分离回收氯化钠晶体；含胍蒸汽冷凝后经反渗透膜系统浓缩，浓液返回生产线利用；反渗透产水经次氯酸钠氧化、吹脱和生化处理后达标排放；吹脱的含胍尾气进行酸回收。 | 进水 pH 值 14，COD8000mg/L~12000mg/L，氨氮 5500mg/L~9000mg/L，胍 5000mg/L~9000mg/L；出水 pH 值 6~9，COD $<$ 100mg/L，氨氮 $<$ 15mg/L，胍 $<$ 0.5mg/L。胍回收率 \geq 65%。 | 通过废水蒸发浓缩、氧化、吹脱和生化处理提高了含胍废水处理效率，同时实现了胍的回收。 | 含胍废水处理 | 示范技术 |

| 序号 | 技术名称 | 工艺路线 | 主要技术指标 | 技术特点 | 适用范围 | 技术类别 |
|----|------------------------|--|--|--|------------------|------|
| 19 | 焦化废水处理与资源化回用技术 | 煤气经真空碳酸钾法脱硫净化产生的废液经脱硫脱氰处理后与精馏蒸氨后的废水混合，经过生物氧化、强化脱氮、混凝沉淀后，再经臭氧催化氧化、膜法脱盐处理，实现废水资源化回用。 | 进水 COD \leq 7000mg/L，氨氮 \leq 2500mg/L，氰化物 \leq 250mg/L，苯并芘 \leq 5ug/L； 出水 COD \leq 50mg/L，氨氮 \leq 8mg/L，氰化物 \leq 0.2mg/L，苯并芘 \leq 0.03ug/L。膜法脱盐产水率 \geq 75%。 | 采用精馏脱氨、生物法去除有机物和 TN、臭氧催化氧化、膜法脱盐实现焦化废水达标处理及资源化利用。 | 焦化行业废水处理 | 推广技术 |
| 20 | 一体化反硝化滤池处理含硝氮废水技术 | 含硝氮废水经沉砂池去除粗砂、初沉池去除 SS 后进入反硝化滤池，通过控制 pH 值、碳源及营养盐比例等因素实现反硝化脱氮。 | 硝态氮去除率 \geq 90%，TN 去除率 \geq 85%。进水要求 pH 值 6.5~9、DO $<$ 2mg/L、C/N 为 3~5。 | 通过滤料改性、优化设计改善了布水均匀性，实现了装备一体化，提高了运行稳定性。 | 生物毒性较小的含硝氮工业废水处理 | 推广技术 |
| 21 | 膜分离浓缩液浸没燃烧蒸发处理技术 | 对膜分离处理垃圾渗滤液的浓缩液进行二段式浸没燃烧、蒸发、浓缩、结晶处理，蒸发尾气冷凝回用，不凝气达标排放。 | 进水 COD \leq 4000mg/L，BOD ₅ \leq 2000mg/L，氨氮 \leq 2000mg/L，SS \leq 1000mg/L； 冷凝水 COD \leq 100mg/L，BOD ₅ \leq 30mg/L，氨氮 \leq 25mg/L，SS \leq 30mg/L。 | 浸没燃烧蒸发、浓缩、结晶系统可以减少系统污堵。 | 膜分离处理垃圾渗滤液的浓缩液处理 | 示范技术 |
| 22 | 污泥低温真空脱水干化一体化技术 | 在线投加絮凝剂，利用隔膜压滤实现污泥浓缩脱水，在滤板中通入热水加热腔室中的滤饼，同时开启真空泵形成负压，使滤饼水分深度脱离，实现污泥减量。真空泵抽出的汽水混合物经冷凝器、缓冲罐汽水分离后，液态水和尾气处理后达标排放。 | 含水率 90%~99%的污泥经处理后含水率可降至 30%~60%。循环热水温度 70℃~95℃。 | 通过热水加热和负压蒸发，泥饼含水率低、可调节范围大，处理能耗较低。 | 市政污泥脱水干化 | 推广技术 |
| 23 | 污泥热水解-厌氧消化及林地应用资源化处置技术 | 污泥在一定条件下热水解，热水解产物厌氧消化，消化沼液通过厌氧氨氧化使氨氮直接与亚硝酸盐反应生成氮气，然后进入污水处理厂处理达标排放，产生的沼气用于发电或其他利用，沼渣脱水后可用于林地土壤改良。 | 产气率可达 0.3m ³ /kg 干污泥。湿污泥减量率可达到 60%，有机物降解率 \geq 40%，板框脱水后沼渣含固率可达到 40%。 | 采用热水解预处理提高污泥厌氧消化效率，沼渣林地应用和沼气资源化利用，实现了污泥资源化。 | 市政污泥处理处置 | 推广技术 |

| 序号 | 技术名称 | 工艺路线 | 主要技术指标 | 技术特点 | 适用范围 | 技术类别 |
|----|---------------------|--|---|---|---|------|
| 24 | 污泥碱热水解蛋白提取技术 | 将浓缩污泥送入预热釜中与碱性复合药剂混合，加水调配、升温后进入水解反应釜完成污泥中蛋白质热碱水解，水解后物料进入闪蒸器内释放压力并降温后进入储罐，然后送入板框压滤机进行固液分离，得到蛋白提取液和污泥滤饼。 | 处理后污泥含水率 $\leq 50\%$ ，蛋白提取液中蛋白含量 $> 25\%$ ，药剂加入量 $1\% \sim 6\%$ 。水解温度 $120^{\circ}\text{C} \sim 130^{\circ}\text{C}$ 。 | 可从污泥中获得蛋白提取液。 | 市政污泥处理与资源化 | 示范技术 |
| 25 | 排口污染通量动态移动监测及扩散预估技术 | 利用水面移动机器人搭载小型化移动水质监测仪器、流量测量仪器和无人船水下暗管探测技术，在同一时间对特定的水域范围各参数进行监测，并通过计算和数据分析，实现排口及周边水域污染通量的动态监测核定和趋势预估。 | COD监测时间间隔最大 2s ，氨氮、TN、TP监测数据时间间隔最大 150s ，温度、pH值、电导率、溶解氧监测时间间隔最大 5s ，监测数据实时回传。 | 将水面机器人和无人船水下暗管探测产品应用于环境监测，扩大了监测范围，并可实现区域性污染成因分析和水质预警，为应急决策提供依据。 | 污（废）水排放口及周边水域污染通量监测和管理、水质污染分析、污染扩散预估，排放总量控制 | 推广技术 |
| 26 | 流域面源氮污染物补排识别及综合管控技术 | 采用氮污染运移模拟模型对流域地表-地下水氮源补排时空分布特征及其通量过程进行分析，对地下水氮污染脆弱性进行评价，提出优控目标及综合防控策略。在此基础上，采用氮污染地表水与地下水一体化污染控制技术，具体包括：从源头控制农田氮肥用量，通过硝化抑制等拦截土壤硝态氮下渗，应用零价铁和有机碳源渗透式反应墙减少地下径流氮通量。 | 污染识别技术模型检验相对误差小于 15% ，决定系数大于 0.75 ；在作物不减产情况下，浅层地下水硝酸盐进水浓度 $30\text{mg/L} \sim 60\text{mg/L}$ ，出水浓度小于 20mg/L 。 | 污染评价、识别、防控策略制定及多技术路线并举阻控氮污染。 | 流域尺度农业面源地表-地下水氮污染识别与控制 | 示范技术 |

备注：

1. 示范技术具有创新性，技术指标先进、治理效果好，基本达到实际工程应用水平，具有工程示范价值；推广技术是经工程实践证明了的成熟技术，治理效果稳定、经济合理可行，鼓励推广应用
2. 本目录基于 2019 年公开征集所得技术编制；本目录所列技术的典型应用案例见中国环境保护产业协会网站（<http://www.caepi.net.cn>）“服务中心→先进技术及案例”栏目