

团 体 标 准

T/EERT XXXX—2024

低污染水体的绿色低碳生态修复技术规范

Technical Specification for Green and Low-Carbon Ecological Restoration of Slightly Polluted
Water Bodies

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

浙江省生态与环境修复技术协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	1
5 氨氮超标水体的生态修复技术	2
6 总磷超标水体的生态修复技术	4
7 化学需氧量超标水体的生态修复技术	5
8 应急状态下的修复技术	5
9 生态修复效果评估	6
10 运行管理	6
附录 A（资料性） 典型绿色低碳生态修复技术特点及适用范围	8
参考文献	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件中的某些内容可能涉及专利，文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由浙江省生态与环境修复技术协会提出。

本文件由浙江省生态与环境修复技术协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：xxx、xxx、xxx。

本文件主要起草人：xxx、xxx、xxx。

本文件为首次发布。

低污染水体的绿色低碳生态修复技术规范

1 范围

本文件规定了低污染水体的绿色低碳生态修复技术的术语和定义，总体要求，氨氮超标、总磷超标和化学需氧量超标及应急状态下的水体生态修复技术，生态修复效果评估、运行管理等内容。

本文件适用于浙江省河流、雨水径流、农业径流（农田排灌水、农田退水）等低污染水体的生态修复工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3838 地表水环境质量标准
- GB 50707 河道整治设计规范
- SL 709 河湖生态保护与修复规划导则
- DB33/T 614 浙江省河道建设规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低污染水体 low-polluted water

指主要污染物（如化学需氧量、氨氮、总磷）浓度值大于GB 3838中规定的III类水质标准限值，同时小于GB 3838中规定的V类水质标准限值的水体。如污染河水、雨水径流、农业径流（农田排灌水、农田退水）、达标排放的污水处理厂/设施出水及类似性质的水体。

3.2

绿色低碳生态修复技术 green and low-carbon ecological restoration technology

指在生态修复过程中，采用低碳、环保的技术手段和方法，减少对环境的负面影响并促进生态系统可持续恢复的生态修复技术。

4 总体要求

4.1 一般规定

4.1.1 绿色低碳生态修复技术应符合国家规定的防洪、通航等标准以及其他有关技术要求，注重河道水生态系统的保护、恢复。

4.1.2 绿色低碳生态修复技术应在对河道有关资料分析的基础上，对水质监测的各项指标进行综合分析，制定综合性的治理工程措施。

4.1.3 绿色低碳生态修复技术选址应考虑地理位置、地形、自然水位等因素，宜利用地势高差，尽量减少动力成本。

4.1.4 根据不同的河流小流域类型确定修复单元。山区、丘陵区宜以面积 $5\text{ km}^2\sim 50\text{ km}^2$ 的集水区为单元进行修复，平原地区宜以自然或人工河渠为依托的行政区划为单元进行修复，滨海区河流宜以面积 $3\text{ km}^2\sim 50\text{ km}^2$ 的集水区为单元进行修复。小流域分类见表1。

4.2 工艺设计

4.2.1 各处理构筑物造型应简洁美观，并使构筑物群体的效果与周围环境协调。

4.2.2 绿色低碳生态修复技术的工艺流程、竖向设计宜充分利用地形，符合排水通畅、降低能耗的要

求。

表 1 河流小流域分类

序号	类型	特点	范围
1	山区型	通常具有较大的坡度，水流湍急，河床由粗颗粒床沙组成	浙西南山地区，包括瓯江流域、飞云江流域、椒江流域、鳌江流域，涉及丽水、台州、温州地区
2	平原型	河谷宽广，分布着广阔的河漫滩，平面形态具有一定规律	浙北河网平原区主要包括苕溪流域、运河流域、钱塘江流域、甬江流域，涉及杭州、湖州、嘉兴、绍兴、宁波地区
3	山地丘陵区	最终注入内陆湖泊或沼泽，或因渗透、蒸发而消失于荒漠中	浙西山地区丘陵区主要包括钱塘江流域，涉及杭州、衢州、金华地区
4	滨海区	最终注入海洋的河流，一般处在气候比较湿润、降水丰富、蒸发量较小、离海较近的大陆边缘地区	浙东滨海平原区主要包括甬江流域、椒江流域，涉及宁波、台州地区

4.2.3 应在实现外源污染物控制的前提下，开展河道水质强化净化修复。

4.2.4 应根据河道的污染程度、尺度大小、主体功能和重要度等因素合理选择强化净化工艺技术，不影响河道行洪排涝、通航、生态景观等功能需求。

4.2.5 应结合现状环境敏感点，确定强化净化措施应采取的环境保护对策及措施。

4.2.6 应优先选用节能低耗、绿色生态的工艺技术，设计可参照 SL 709 和《城市黑臭水体整治工作指南》（建城[2015]130 号）执行。工艺设计、施工与验收、运行与维护相关要求应符合 GB 50707、DB33/T 614 的相关规定。

4.3 设计水质

设计水质要求见表2。

表 2 设计水质要求

序号	污染因子	浓度（C）要求，mg/L
1	氨氮	$1 < C_{\text{氨氮}} \leq 2$
2	总磷	$0.2 < C_{\text{总磷}} \leq 0.4$
3	化学需氧量	$20 < C_{\text{化学需氧量}} \leq 40$

5 氨氮超标水体的生态修复技术

5.1 技术选择

常用技术包括曝气增氧、可悬浮式脱氮碳水生态处理、复合式生态浮岛、生物基净化、氧环境连续切换植物滤床、河道复合生态功能脱氮固碳床、生态滤墙、复合腐殖填料生物滤池。具体适用范围见附录A。

5.2 曝气增氧技术

5.2.1 可根据河道主体功能、污染程度、水体流动性、施工条件等因素选择曝气方式。曝气方式包括鼓风曝气、微纳米曝气、喷泉曝气、推流曝气及射流曝气。不同曝气方式的适用范围和特点见表3。

5.2.2 电能的供应除采用常规取电方式外，还可以考虑新能源供电方式（如太阳能）。

表 3 常见曝气方式比较

曝气方式	曝气位置	曝气量	氧利用率	动力效率	适用范围
鼓风曝气	底部曝气	较高	较高	较高	静止或缓流水域，水深≤3 m
微纳米曝气	中下部曝气	高	高	高	水深≥0.5 m
喷泉曝气	表面曝气	少	低	低	静止水体，有景观需求，水深≥1.5 m
推流曝气	表层曝气	较少	一般	较低	水深≥1 m
射流曝气	表面曝气	一般	较高	一般	水深≥1 m

5.3 可悬浮式脱氮固碳水生态处理技术

- 5.3.1 根据水体受污染特点以及地理环境特点，结合功能动植物的生长习性，确定功能动植物种类及配比，构建高效脱氮固碳动植物复合体系。
- 5.3.2 植物宜选用沉水植物，如苦草、菹草等；动物宜选用滤食性底栖动物，如河蚌。
- 5.3.3 根据待修复水域的气候条件、水体沿岸及底部地形特点，利用深度调节装置和柔性导流结构，营造动植物适应的生存环境。
- 5.3.4 深度调节装置由空气压缩机、气囊、水管组成。柔性导流结构由由多个气囊、倾斜板以及多根连接气囊和导流装置的牵引绳组成。

5.4 复合式生态浮岛技术

5.4.1 太阳能驱动微孔曝气一体化生态浮岛技术

太阳能驱动微孔曝气一体化生态浮岛由水生植物、填料、浮床、太阳能驱动的微孔曝气装置组成。具体设计参数如下：

- 单个生态浮岛的规模宜为 2.4 m×2.4 m×0.15 m，浮床框体宜以无规共聚聚丙烯管(PPR 管)为骨架，浮床载体宜采用 HDPE 材料；
- 填料宜选用生物填料，填料组成为 20% 的生物陶粒、20% 的火山岩、40% 的沸石和 20% 的复合珊瑚结构；
- 浮床植物选取若干种适合当地气候条件、净化效能高、存活性强的植物混合搭配，例如黄菖蒲、美人蕉、千屈菜等。

5.4.2 模块化生态浮床技术

模块生态浮床技术由纤维质硝化单元、铁基自养反硝化单元以及太阳能微孔曝气单元组成，可高效去除河道中的氮磷污染物。具体参数如下：

- 浮床框体以 304 不锈钢圆管为框架，悬浮在水中，其上挂载纤维辫带式填料经微生物挂膜后构建纤维质硝化系统；
- 纤维质硝化系统采用悬挂于不锈钢框架上涤纶材料制作辫带式挂膜生物填料，微生物挂膜前比表面积 6000m²/m³，安装距离 100 cm~150 cm；
- 铁基自养反硝化选用 70% 的活性铁滤料、30% 的多孔矿物滤料分层配置；
- 曝气装置为微孔橡胶软管配 304 不锈钢支架，宜采用太阳能发电装置；
- 单个生态浮岛的尺寸为 2.0 m×6.0 m×1.0 m。

5.5 生物基净化处理技术

- 5.5.1 生物填料选择应考虑比表面积、生物亲和性和生产成本等因素。
- 5.5.2 生物基净化带长度应考虑河道宽度，设计密度应考虑河道受污染的程度。

5.6 氧环境连续切换植物滤床技术

- 5.6.1 氧环境连续切换植物滤床严格区分好氧与缺氧段，好氧段种植水生景观植物、水生蔬菜，例如千屈菜、水葱、芦苇、香蒲、茭白等。缺氧段不种植水生植物，用塑料薄膜将基质覆盖。
- 5.6.2 植物滤床以好氧—缺氧—好氧—缺氧—好氧的形式沿床内流向串联布置，埋深 0.8 m，露出地面 2 cm，材质宜为膜压玻璃钢板一体化设备。
- 5.6.3 单个植物滤床设计规格宜为 1.4 m×1.0 m×1.0 m；每个植物滤床分为五格单元格，每个单元格中填充 5 mm~8 mm 粒径陶粒。

5.7 河道复合生态功能脱氮固碳床技术

- 5.7.1 河道复合生态功能脱氮固碳床技术包括生物固定床、生态增殖放流系统和复氧脱氮系统。
- 5.7.2 生物固定床由生态浮岛及下方支撑骨架承载的生态填料组成，生物填料宜选择由火山岩、陶粒、石灰石按照 1:1:1 比例混合配置的固载填料。
- 5.7.3 生态增殖放流系统由环境友好型微生物、滤食性底栖动物、浮游动物、鱼类组成。
- 5.7.4 复氧脱氮系统由氧气发生装置和微纳米气泡扩散装置组成，其中氧气发生装置包括微纳米充氧装置及微纳米气泡发生装置。

5.7.5 单套尺寸 1 m×2 m×1 m，6 套成一组，服务面积为 200 m²/组。

5.8 生态滤墙技术

5.8.1 滤墙结构宜选择“钢管桩+石笼”支撑墩坝结构，抗冲击能力强。

5.8.2 滤墙填料的选择包括但不限于沸石、牡蛎壳、除磷滤料、火山岩。

5.8.3 植物配置不宜选用浮叶植物，应以本土沉水、挺水、护坡植物为主。

5.9 复合腐殖填料生物滤池技术

5.9.1 复合腐殖填料生物滤池技术宜采用模块化设计，可根据应用场景设计不同的模块设备。

5.9.2 复合腐殖填料生物滤池宜设计为方形，总高宜为 2.5 m，池内填料采用碎石填料和复合腐殖填料交替铺设。

5.9.3 复合腐殖填料采用由矿化腐熟的生活垃圾 60 mm 筛下物加工而成的腐殖生物颗粒填料，共有 4 层，每层厚度宜为 400 mm。

5.9.4 碎石填料共 5 层，碎石规格有直径 10 mm~15 mm、20 mm~40 mm、40 mm~60 mm 三种，每层堆放厚度由上至下分别为 200 mm—150 mm—150 mm—150 mm—250 mm。

5.9.5 进水表面负荷为 0.5 m³/(m²·d)~0.75 m³/(m²·d)。

6 总磷超标水体的生态修复技术

6.1 技术选择

常用技术包括立体水生群落恢复、生物填料强化净化、生态滤墙、秸秆基生物质炭原位覆盖、梯级漫流湿地、复合腐殖填料生物滤池。具体适用范围见附录 A。

6.2 立体水生群落恢复技术

6.2.1 立体水生群落恢复系统由柔性生态保护层、生态活性介质层、微生物床、反滤层及植被生态系统组成。其具体设计要求为：

——柔性生态保护层由高分子植物纤维组成，厚度宜为 1 cm~2 cm；

——生态活性介质层由复合钙基、铁基等功能性物质组成，厚度宜为 1 cm~3 cm，孔隙率>60%；

——微生物层由生态活性介质层表面形成的巨大生物膜组成；

——反滤层采用纳米级光催化材料，表面固定有多孔筛网，通透率>90%；

——植被生态系统由经过筛选，吸附效率高的沉水植物组成。

6.2.2 单个立体水生群落恢复系统尺寸宜为 1 m×2 m×0.04 m，沉水植物种植密度建议 5 株/孔~8 株/孔，36 孔/m²。

6.2.3 立体水生群落恢复系统设计最大抗冲刷流速宜为 3 m/s；抗拉强度(kN/m)：纵向宜为 1.0~1.3，横向宜为 1.0~1.3。

6.3 生物填料强化净化技术

6.3.1 生物填料可选用新型微孔除磷滤料、沸石、火山岩，生物填料堆积厚度宜为 20 cm~50 cm。

6.3.2 除磷吸附速率宜>0.08 mg/(g·D)，磷吸附容量宜>6.5 mg/g。

6.3.3 宜与曝气增氧技术组合使用，缺氧河段中增加曝气增氧，可提高生物填料的污染净化效率。

6.4 生态滤墙技术

6.4.1 滤墙结构设计应考虑抗冲击能力，宜选用“钢管桩+石笼”形式的支撑墩坝结构。

6.4.2 滤墙填料的选择包括但不限于沸石、牡蛎壳、除磷滤料、火山岩。

6.4.3 植物配置不宜选用浮叶植物，应以本土沉水、挺水、护坡植物为主。

6.5 秸秆基生物质炭原位覆盖技术

6.5.1 宜在河道水土界面覆盖 30 目~50 目生物炭，覆盖厚度宜为 10 cm。

6.5.2 如所选河段流速较大，可采用沙子与生物炭混合覆盖，避免河流对底部冲刷作用导致的生物炭流失。

6.6 梯级漫流湿地技术

- 6.6.1 可用松木桩、仿木桩或石笼沿一侧河岸构建旁路净化系统。
- 6.6.2 底部铺设生态填料，填料厚度根据河道治理的设计要求确定，生态填料的选择包括但不限于沸石、火山岩、除磷滤料。
- 6.6.3 填料上层可种植快速生长的挺水植物，如再力花、黄菖蒲、美人蕉。

6.7 复合腐殖填料生物滤池技术

具体要求见 5.9。

7 化学需氧量超标水体的生态修复技术

7.1 技术选择

常用技术包括基于风光协同增氧的多级滤床生态修复、水下森林构建、生物操纵。具体适用范围见附录A。

7.2 基于风光协同增氧的多级滤床生态修复技术

- 7.2.1 本技术工艺为“调蓄提升水池——多级滤床”组合，宜靠近污染点位安装使用。
- 7.2.2 调蓄提升水池宜采用预制式钢筋混凝土池体，进水口安装过滤筛网，池体内部安装提升水泵与输送管道，连接至多级滤床布水管道。
- 7.2.3 多级滤床可结合实际场地条件在岸坡现场建设，或在合适位置安装成套化装置。
- 7.2.4 多级滤床滤料采用火山岩 10%~20%、陶粒 50%~60%和改性矿物纤维材料 30%~40%的组合，装填深度不宜小于 1.5 m。
- 7.2.5 多级滤床表面水力负荷的取值范围宜为 $0.6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$ ~ $1.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$ 。
- 7.2.6 每台风光协同增氧风机服务面积不宜小于 5 m^2 ，安装高度宜高出滤床表面至少 0.5 m，宜安装在接受阳光条件较好的位置，利用太阳能或风力能源作为风机供电电源。

7.3 水下森林构建

- 7.3.1 应根据河道水深、水流、基底、水体透明度等生境条件选择水下植物。
- 7.3.2 水下植物的选择应在确保生境适宜和无生态风险的前提下，选择净水型沉水植物（如黑藻、苦草、马来眼子菜、刺苦草及金鱼藻等）。
- 7.3.3 不应栽种恶性入侵类水生植物（如水盾草），严格控制外来植物（如绿狐尾藻、香菇草、伊乐藻等）的种植规模，对易扩散蔓延的乡土植物（如菹草等）应进行根控处理。
- 7.3.4 沉水植物的种植密度建议考虑 $180 \text{ 株}/\text{m}^2$ ~ $280 \text{ 株}/\text{m}^2$ 。

7.4 生物操纵技术

- 7.4.1.1 水生动物群落恢复应遵循从低等向高等的进化缩影修复原则。
- 7.4.1.2 应根据当地水生动物物种的配置结构，利用肉食性鱼类——滤食性鱼类——浮游动物——藻类——营养物质的食物链关系所产生的生态学效应，设计水生动物的放养模式，确定放养水生动物的种类、数量、雌雄比、个体大小、放养季节、放养顺序。
- 7.4.1.3 沉水植物生态修复和多样性恢复后，可优先投加水生昆虫、螺类、贝类、杂食性虾类和小型杂食性蟹类，并开展水系现存物种调查。
- 7.4.1.4 投放的水生生物应以各地土著种类为主，不应投放入侵水生动物。
- 7.4.1.5 应减少投放或清除草食性鱼类对水生植被牧食破坏，减少杂食性鱼类的牧食行为生活习性导致沉积物的再悬浮。
- 7.4.1.6 在拟投放区域均匀投放，并设置拦截网。
- 7.4.1.7 宜在水体溶氧含量 $>3 \text{ mg/L}$ 时放养水生动物。
- 7.4.1.8 底栖动物投放量宜按 $10 \text{ g}/\text{m}^3$ ~ $15 \text{ g}/\text{m}^3$ 计算，鱼类投放量宜按 $8 \text{ g}/\text{m}^3$ ~ $12 \text{ g}/\text{m}^3$ 计算。

8 应急状态下的修复技术

8.1 技术选择

可采用磁微滤生物膜技术、投加水质改良剂技术。具体适用范围见附录A。

8.2 磁微滤生物膜技术

8.2.1 磁微滤生物膜技术由生物膜单元和磁微滤单元组成。

8.2.2 设备可根据水量进行模块化设计。设计参数如下：

- a) 生物膜单元的填料应具有亲水性好、内部粗糙、填料孔隙率大、比表面积高的特点，可采用聚氨酯材质填料或改性高分子材质填料。其中填料孔隙率宜 $>95\%$ ，比表面积宜 $>10000\text{ m}^2/\text{m}^3$ ，填料的填充比宜 $>90\%$ ；
- b) 生物膜单元的 COD 负荷宜为 $6\text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，硝化负荷宜为 $0.2\text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim 0.3\text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ；设计停留时间为 $0.5\text{ h}\sim 2\text{ h}$ ；
- c) 磁微滤系统的混凝反应时间宜为 $5\text{ min}\sim 7\text{ min}$ ；磁环磁场强度宜为 4500 Gs 。

8.3 投加水质改良剂

水质改良剂投加量如下：

- a) 增氧剂宜为 $3\text{ g}/\text{m}^3\sim 5\text{ g}/\text{m}^3$ ；
- b) PAC 宜为 $60\text{ ppm}\sim 200\text{ ppm}$ ；
- c) 微生物靶向剂菌种宜为 $20\text{ ppm}\sim 60\text{ ppm}$ ；
- d) 除藻剂宜为 $80\text{ ppm}\sim 160\text{ ppm}$ 。

9 生态修复效果评估

9.1 通过现场调查、遥感监测、文献资料查阅的方式，收集生态修复前后的基础数据。

9.2 根据评估目标，构建科学合理的评估指标体系，评估指标包括但不限于生物多样性、生态系统服务、环境质量、社会经济影响。

9.3 评估内容包括工程施工前后对照评估、工程实施目标实现程度评估和趋势分析评估三部分。

9.4 邀请相关领域的专家对评估方案、数据及结果进行咨询和评审，提高评估的专业性和准确性。

9.5 根据评估的结果，对工程设计方案、管理措施进行调整。

10 运行管理

10.1 设备管理

10.1.1 应制定设备定期维护与保养计划，内容包括但不限于清洁、检查、更换易损件。确保设备处于良好运行状态。

10.1.2 应建立设备故障应急处理机制，及时发现并解决设备故障。

10.1.3 应制定设备操作规程，明确设备操作人员的职责和操作流程，确保设备安全、高效运行。

10.1.4 应定期对操作人员进行技术培训和安全教育，提高操作人员的设备操作技能和安全意识。

10.2 水生植物养护管理

10.2.1 应定期施肥、修剪，促进植物生长和恢复。

10.2.2 应监测植物病虫害情况，及时采取防治措施，防止病虫害扩散。

10.2.3 应对植物生长情况进行监测和评估，根据评估结果调整养护管理措施。

10.3 水生动物养护管理

10.3.1 根据水生动物的生态习性和需求，科学规划和布局栖息地，确保栖息地的适宜性和多样性。

10.3.2 加强对水生动物栖息地的保护，禁止非法捕捞、破坏栖息地等行为。

10.3.3 设立水生动物监测点，定期监测水生动物的种类、数量、分布及活动情况。

10.3.4 加强水生动物疾病的监测和预警工作，及时发现并控制疾病的发生和传播。

10.3.5 制定水生动物应急处理预案，明确应急响应流程和处置措施。

10.3.6 在发生水生动物疾病、自然灾害等突发事件时，迅速启动应急预案并有效处置。

附录 A
(资料性)

典型绿色低碳生态修复技术特点及适用范围

典型绿色低碳生态修复技术特点及适用范围见表A.1。

表 A.1 典型绿色低碳生态修复技术及适用范围

序号	生态修复技术名称	主要特点	适用范围
1	曝气增氧技术	利用曝气机将空气注入水中，以增加水中氧气含量	河网平原区和滨海平原区等氨氮超标的平原河网等缓流河道
2	可悬浮式脱氮固碳水生生态处理技术	利用高效生态功能组团构建的深水域（水深2 m~6 m）脱氮固碳装置，通过营造生物栖息地，恢复由“微生物-水生软体动物-水生植物”组团构成的生境，增加生物多样性，在去除富营养化污染物的同时，强化修复水生生态系统	水深2 m~6 m、氨氮超标的平原型河网、滨海区等河道
3	复合式生态浮岛技术	综合了传统生态浮床和潜流湿地系统的双重水质净化功效，通过植物在生长过程中对水体中N、P等植物必需元素的吸收利用及植物根系和浮床基质等对水体中悬浮物的吸附作用，富集水体中的有害物质	流速缓慢的河网平原区和滨海平原区
4	生物基净化处理技术	污水流经时进行接触氧化，水流与生物绳相接触，使微生物附着在生物绳上形成生物膜，使污水中的有机物逐渐被分解氧化；周边的厌氧状态，使微生物消耗掉水中的硝态氮类，达到脱氮的效果，从而使水质净化	有外域污染物进入的河网平原区和滨海平原区
5	河道复合生态功能脱氮固碳床技术	一种基于生态学原理的河道水质净化与生态修复技术。通过构建包含水生植物、微生物群落、基质填料等在内的复合生态系统，利用植物吸收、微生物降解、基质吸附等机制，实现水体中氮元素的去除和碳元素的固定或减少	富营养化水体爆发、水质状况不佳的平原河网、山地丘陵区及滨海区河网等
6	复合腐殖填料生物滤池	本技术集新型复合腐殖填料与生物滤池工艺于一体，宜靠近污染点位安装使用。通过全系统再生材料应用、创新的方形拼装结构和工艺系统的集约优化提高工效、新型颗粒腐殖填料和低能耗充氧关键技术等系统创新技术，实现脱氮除磷和减碳的协同目标	①有外域污染物进入的河网平原区和滨海平原区 ②雨污分流不充分的入河排放口处
7	氧环境连续切换植物滤床技术	采用“调蓄池+氧环境连续切换植物滤床”的处理模式，植物滤床采用好氧-缺氧循环布置，脱氮效率高	有外域污染物进入的河网平原区和滨海平原区
8	立体水生群落恢复系统	该技术由柔性生态保护层、生态活性介质层、微生物床、反滤层及植被生态系统组成，可快速实现复杂底质的沉水植物种植和水下森林构建，且复合高效吸附氮磷污染物的功能基质，能加速实现水体生态系统建立及功能的恢复	沙质、硬质、淤泥等各种底质，水深不超过3 m（最佳深度为1 m~2 m）的平原河网、山地丘陵区及滨海区河网等
9	生物填料强化净化	生物填料强化净化技术是指利用特制的生物填料作为微生物的附着载体，通过微生物在填料表面的生长和代谢活动，对水体或废气中的污染物进行吸附、降解和转化，从而达到净化环境的目的	①河网平原区和滨海平原区的雨污分流不充分河段的入河排放口处； ②弃流雨水较为集中的河段污染
10	生态滤墙技术	在河道中建立生态滤墙，利用滤墙内的多孔滤料对水体中的氨氮、总磷等污染物质进行分解。顶部配置水生植物，利用植物根部的有氧环境加快对污染物的降解	山地丘陵区无行航需求的小流域河道，尤其适用于农田退水和村落生活污染比较严重、具有建坝引水灌溉需求的乡村地区河道。
11	梯级漫流湿地技术	在河道开阔处建立梯级区，适当抬高梯区的河床，形成漫流系统，利用湿地系统的净化能力对水质进行改善	宽阔水域（河宽>10 m）、水深较浅（1m~3 m）的河网平原区和滨海平原区
12	秸秆基生物质炭原位覆盖技术	在污染底泥中添加生物炭，一方面能改善底泥生境，改变微生物群落结构，强化功能菌群优势度，同时也能促进植物的根系形态优化，增加沉水植物泌氧和光合作用强	水体流速较小、流动性较差、底泥污染较为严重且水体水质状况不佳的河网平原区

序号	生态修复技术名称	主要特点	适用范围
		度，在水土系统生态系统的重建中发挥着重要作用	
13	基于风光协同增氧的多级滤床生态修复工艺	结合传统AAO和人工湿地等技术的优点，充分发挥滤床内部填料的物理截留与滤床内部微生物对污染物的吸收能力，并且加入风光协同增氧系统，利用风力和太阳能风机增氧设备为滤床提供氧气，维持滤床内部好氧或兼性厌氧交替的状态，提高去除污染物的能力	山区型、平原型及滨海型类型河流COD、氨氮、总氮、TP和悬浮物等污染物去除
14	水下森林构建	以沉水植物为优势建群种，发挥吸收营养物质、增加水体溶氧和富集悬浮物的作用，同时其茎叶为微生物提供附着场所的水生态修复技术	流速缓慢、水深不超过3 m（最佳深度为 0.8 m~1.5 m）的河段
15	生物操纵技术	通过一系列对生物及其生境进行操纵的水体生物群落管理来减少藻类（特别是蓝藻）生物量的方式	山区型、平原型、山地丘陵区及滨海区河流
16	磁微滤生物膜技术	磁微滤生物膜技术采用生化+物化的形式进行处理。原水从通过提升系统（格栅过滤大颗粒悬浮物）后进入改良接触氧化好氧反应系统，在系统内进行硝化反应，系统内微生物参与反应消耗氨氮及COD后进入混凝反应系统。通过混凝反应后形成磁性絮团后分离，污水分离出水中的污染物后达标外排	①城镇河段沿岸存在集中排污口，未经处理的污水直接排入河流，造成突发污染事件； ②河道过量纳污导致水体导致供氧和耗氧失衡，氨氮浓度快速升高
17	投加水质改良剂	水质改良剂可快速降解水体中的污染物，增加水体溶解氧；可以高效激发微生物生长代谢能力；抑制有害藻类的繁殖，有利于沉水植物的生长	未经处理的污水直接排入河流，造成突发污染事件

参 考 文 献

- [1] GB/T 18921 城市污水再生利用 景观环境用水水质
 - [2] GB 55020 建筑给水排水与节水通用规范
 - [3] HJ/T 91 地表水和污水监测技术要求规范
 - [4] HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范
 - [5] SL/Z 712 河湖生态环境需水计算规范
 - [6] DB33/ 973 浙江省农村生活污水处理设施水污染物排放标准
 - [7] DB33/T 2329 农田面源污染控制氮磷生态拦截沟渠系统建设规范
-