

T/SDEPI

团 体 标 准

T/SDEPI 029—2022

高负荷潜流人工湿地水质净化工程技术规范

Technical Specification of High Load Subsurface Flow Constructed Wetlands for
Water Purification

(报批稿)

2022 - 09 - 26 发布

2022 - 09 - 26 实施

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 工程设计.....	2
5 施工管理.....	5
6 运行管理.....	5

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。

本文件由山东省环境保护产业协会提出并归口。

本文件起草单位：山东华特环保科技有限公司、香山红叶集团有限公司、青岛科亮生物工程有限公司、山东正圣环保科技有限公司、山东省生态环境规划研究院、明洋（山东）环境科技有限公司。

本文件主要起草人：戴振国，邓徐帧，姜延鹏，郭锋，胡伟，张琰苹，宋瑞平，耿书东，李依韩、宋圣才、李敏、许长庆、李绘，徐丹彤、韩延镇。

高负荷潜流人工湿地水质净化工程技术规范

1 范围

本文件规定了高负荷潜流人工湿地设计、施工及运行管理要求。
本文件适用于高负荷潜流人工湿地进水为轻污染水体的深度净化工程。

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。

GB3838	地表水环境质量标准
GB18918	城镇污水处理厂污水排放标准
DB37/T 3394	人工湿地水质净化工程技术指南
DB13/T 5184	人工湿地水质净化工程技术规范
HJ 2005	人工湿地污水处理工程技术规范
GB20287-2006	农用微生物菌剂
NY/T883-2004	农用微生物菌剂生产技术规程
HJ/T415-2008	环保用微生物菌剂环境安全评价导则
	人工湿地水质净化技术指南（2021，生态环境部）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 高负荷潜流人工湿地 High load subsurface flow constructed wetland

与传统设计水力负荷相比，在较小占地面积和水力停留时间下实现相同处理效率的潜流人工湿地。
修改

3.2 微生物净化技术 Microbial purification technology

利用微生物的代谢反应过程和生物合成产物(包括酶)去除受污水体中污染物，使水体得到净化的技术。净化方法分为好氧净化和厌氧净化。

3.3 轻污染水体 Slightly-polluted water

指水体中主要污染物指标差于GB3838中Ⅲ类标准，且优于GB18918中三级标准的一类水体。

3.4 孔隙率 Porosity

人工湿地填料层中，存在于填料间的孔隙体积占全部体积的百分比，%。

3.5 表面水力负荷 Hydraulic surface loading

单位面积人工湿地单位时间内所能接纳的污水体积，m/d。

3.6 表面污染负荷 Organic surface loading

单位面积单位时间内人工湿地去除或降解的污染物的质量，g/(m² d)。

3.7 微生物发生器 Microbial generator

以实现营养基和复合微生物菌剂缓释功能为主体，并能长期维持微生物功能和活性的装置。

4 工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 工程设计应包括潜流人工湿地类型选择、池体结构选择、微生物发生系统设计、平面布置设计、集配水系统设计、填料选择、植物配置、防渗设计和附属设施设计。

4.1.2 高负荷潜流人工湿地的表面积设计应考虑最大污染负荷和水力负荷，可按 COD_{Cr} 表面负荷、TN 表面负荷、 NH_3-N 表面负荷、TP 表面负荷或水力负荷计算，应取设计计算结果中的最大值，并校核水力停留时间是否满足设计要求。

4.1.3 高负荷潜流人工湿地中与排水相关的水力设计符合 GB50014 中的有关规定。

4.1.4 高负荷潜流人工湿地类型应根据进水水质、处理水量和出水水质要求，人工湿地特点、工程用地及经济技术等因素确定。构筑物间距应紧凑、合理，宜做到土方平衡，减少土方运输量。

4.1.5 工程选址符合当地总体规划和专项规划要求，综合考虑水文水利、再生水回用、地形地貌、土地权属及利用现状等因素，宜优先选择盐碱地、贫瘠地、塌陷地、沼泽、滩涂、废弃河道等经济价值低、便于利用的土地。

4.1.6 高负荷潜流人工湿地系统由单一或多个类型人工湿地采用并联式、串联式等组合方式组成。当人工湿地进水中悬浮物浓度较高时，潜流人工湿地前端宜设置生态滞留塘。

4.2 设计进出水水质要求

4.2.1 进水水质要求

为保证人工湿地水质净化功能和可持续运行，人工湿地进水水质需考虑水生态环境目标要求、当地水污染物排放标准、社会经济情况、用户需求、湿地处理能力等因素综合确定。湿地进水中COD、BOD、氨氮、总磷、总氮及SS污染物指标应达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）三级标准对应值，若水质指标高于上述数值，则需采用一定的技术措施进行预处理。

4.2.2 出水水质要求

人工湿地出水水质原则上应达到受纳水体水生态环境保护目标要求。当有再生水回用需求时，出水水质需满足再生水回用用途要求的相关标准。

4.3 参数确定和公式

村镇生活污水、污水处理厂出水或具有类似性质的污水，经过一级处理和二级处理后可直接采用高负荷潜流人工湿地进行处理，运行参数可通过试验或按相似条件下运行经验确定。在无上述资料时，不同类型的高负荷潜流人工湿地主要设计参数可参考表1和表2确定。

4.3.1 高负荷水平潜流人工湿地主要设计参数

高负荷水平潜流人工湿地其主要设计参数如表1所示。

表1 高负荷水平潜流人工湿地主要设计参数

设计参数	高负荷水平潜流人工湿地
COD 表面负荷 N_{COD}	$\leq 25g/m^2 d$
TN 表面负荷 N_{TN}	$1.5-12g/m^2 d$
NH_4^+-N 表面负荷 N_{NH}	$0.5-10g/m^2 d$
TP 表面负荷 N_{TP}	$0.1-0.5 g/m^2 d$
水力负荷 N_q	$\leq 1500L/m^2 d$
停留时间 T	$\geq 0.5d$
池底坡度 i	$\geq 0.3\%$
填料深度 h	500-1600mm

4.3.2 高负荷垂直潜流人工湿地主要设计参数

高负荷垂直潜流人工湿地其主要设计参数如表2所示。

表2 高负荷垂直流人工湿地主要设计参数

设计参数	二级处理
COD 表面负荷 N_A	$\leq 30\text{g/m}^2 \text{ d}$
水力负荷 N_q	$\leq 1200\text{L/m}^2 \text{ d}$
TN 表面负荷 N_{TN}	$2\text{-}15\text{g/m}^2 \text{ d}$
$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 表面负荷 N_{NH}	$0.5\text{-}12\text{g/m}^2 \text{ d}$
TP 表面负荷 N_{TP}	$0.1\text{-}0.6 \text{ g/m}^2 \text{ d}$
停留时间 T	$\geq 0.4\text{d}$
池底坡度 i	$\geq 0.3\%$
填料深度 h	800~1800mm

4.4 设计公式

工艺计算所用公式参照《人工湿地水质净化工程技术指南》（DB37/T 3394-2018）。

4.5 微生物发生器设计

4.5.1 微生物发生器构造

微生物发生器是由微孔陶瓷管、培养基、复合微生物菌种及封口件组成。其中，微孔陶瓷管管径在8cm左右均可，管壁厚度为1-1.5cm，管壁孔径为20-200 μm 之间；培养基为糠或麸皮；封口采用沥青、混凝土或密封胶泥。

4.5.2 微生物菌种类和制备

微生物发生器内配置的微生物菌剂共152种菌种，使用频率大的微生物菌种类有：酵母菌、乳酸菌、纳豆芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、光合菌、硝化菌、蛭弧菌、放线菌、反硝化细菌、沼泽红假单胞菌、环境微生物及多种生物酶。

将需要的菌种分别接入到液体种子活化培养基进行活化，然后分别接入到扩增培养基进行一级培养，再分别将一级培养所得菌液接入到另外的扩增培养基进行二级培养，二级培养所得各菌液按比例混合混匀，然后接入含5%糖蜜的无机盐培养基中，微好氧发酵7天，得到微生物菌剂。根据高负荷潜流人工湿地的进水的水源、水质、污染物种类和浓度、周边环境等因素综合考虑，选择微生物菌种组成功能性复合微生物菌种。

复合微生物菌种数量要求：功能菌含量 ≥ 10 亿/mL。

4.5.3 微生物发生器装配

将微孔陶瓷管切割成所需要的长度，先将管的一端封堵后，将所选菌剂和培养基混合均匀后填充到微孔陶瓷管中至管口5cm处，最后采用封口件进行封口备用。

4.5.4 微生物发生器的布置

微生物发生器在高负荷潜流湿地中的布置根据进出水水质、污染物浓度和降解难以程度等条件，确定微生物发生器布置密度为：1根/(1-5) m^2 ，具体安装密度根据进出水水质要求选取。采用竖向安装的方式，布置在离填料层底部以上30-50cm处。

4.6 填料设计

4.6.1 人工湿地填料应选择具有一定机械强度、比表面积较大、稳定性良好、并具有合适的孔隙率及表面粗糙度的填充物。

4.6.2 高负荷潜流人工湿地填料应能为植物和微生物提供良好的生长环境，并具有良好的透水性。填料安装后湿地孔隙率宜在0.35-0.50。

4.6.3 高负荷潜流人工湿地常用的填料有石灰石、矿渣、蛭石、沸石、砂石、高炉渣、页岩等，碎砖

瓦、混凝土块经过加工、筛选后也可作为填料使用，并按照设计确定的级配要求充填。

4.6.4 为提高高负荷潜流人工湿地对磷的去除率，可在湿地进口、出口等适当位置布置具有吸磷功能的填料，强化除磷。

4.6.5 在水平潜流人工湿地的进水区，人工湿地填料层的结构设置，应沿着水流方向铺设粒径从大到小的填料，颗粒粒径宜为 30~80mm，在出水区，应沿着水流方向铺设粒径从小到大的填料，颗粒粒径宜为 20-100mm。

4.6.6 人工湿地填料层的结构设置，垂直流人工湿地一般从上到下分为滤料层、过渡层和排水层，滤料层一般由粒径为 3~10mm 之间的级配填料构成，厚度为 300~650mm 左右；过渡层由 10~25mm 的填料构成，厚度为 200-600mm 左右；排水层一般由粒径为 25~40mm 的填料构成，厚度为 300~500mm 左右。

4.6.7 为避免布水对滤料层的冲蚀，可在布水系统喷流范围内局部铺设 50mm 的覆盖层，粒径范围为 8~16mm 的砾石。

4.7 结构设计

4.7.1 潜流人工湿地池体可采用混凝土、砖、毛石或黏土结构，采用混凝土和砖砌结构时池底需要设置不低于 100mm 厚的 C15 混凝土垫层，采用黏土结构时，防渗要求需要符合 4.8.2 规定。

4.7.2 水平潜流人工湿地的单元长宽比宜控制在 2:1-6:1 之间，垂直流人工湿地长宽比宜控制在 1:1-3:1 之间。对于长宽比小于 1 或不规则的潜流人工湿地，应考虑人工湿地均匀布水和集水的问题。

4.7.3 潜流人工湿地设计中如采用多个人工湿地单元时，水平潜流人工湿地单元面积宜小于 800m²，垂直潜流湿地单元面积宜小于 1500m²。多个人工湿地并联时，根据各单元面积分布水量，保证配水均匀。

4.7.4 在设计人工湿地时，应考虑雨季暴雨径流带来的超高水位，此时淹没的最大深度应保证大部分植物能够生存并发挥功能，淹没深度宜控制在 200mm 以下。

4.7.5 在安装布置微生物发生时，微生物发生器最上端应位于种植土以下，同时确保微生物发生器牢固性以及安全性。

4.7.6 人工湿地防堵塞设计时，应综合考虑污水的悬浮物浓度、有机负荷、投配方式、基质粒径、植物、微生物、运行周期等因素。可采用以下方法降低堵塞的几率：

- a) 可对污水进行预曝气，提高人工湿地基质中的溶解氧，更好地发挥微生物的分解作用，防止填料中胞外聚合物的蓄积。
- b) 选择合适的基质粒径及级配，基质粒径及级配的选择应综合考虑净化效果和防止堵塞因素。

4.7.7 潜流人工湿地，水位控制应保证其接纳最大设计流量时，进水端不能出现雍水现象，防止发生表面流。

4.7.8 潜流人工湿地出水排放应按照当地有关部门要求设置排放口，排放口应采取防冲刷、消能、加固等措施。

4.8 防渗设计

4.8.1 人工湿地建设时，应在底部和侧面进行防渗处理。

4.8.2 当原有土层渗透系数大于 10⁻⁸m/s 时，应构建防渗层，一般采取下列措施：

- a) 水泥砂浆或混凝土防渗：砖砌或毛石砌底面和侧壁用防水水泥砂浆防渗处理，或采用混凝土底面和侧壁，按相应的建筑工程施工要求进行建造。
- b) 塑料薄膜防渗：薄膜厚度宜大于 1.0mm，两边衬垫土工布，以降低植物根系和紫外线对薄膜的影响。宜优选 PE 膜，敷设要求应满足《聚乙烯（PE）土工膜防渗工程技术规范》等专业规范要求。
- c) 黏土防渗：采用黏土防渗时，黏土厚度应不小于 60cm，并进行分层压实。亦可采取将黏土与膨润土相混合制成混合材料，敷设不小于 60cm 的防渗层，以改善原有土层的防渗能力。

4.8.3 对于渗透系数小于 10⁻⁸m/s，且有厚度大于 60cm 的土壤或致密岩层时，可不需采取其他防渗措施。工程建设中，应对湿地底部和侧壁 60cm 厚度范围进行渗透性测定。

4.9 植物选配

4.9.1 高负荷潜流人工湿地植物的选择宜符合下列要求：

- (1) 根系发达，输氧能力强；
- (2) 适合当地气候环境，优先选择本土植物；
- (3) 耐污能力强、去污效果好；
- (4) 具有抗冻、抗病害能力；
- (5) 具有一定经济价值；
- (6) 容易管理；
- (7) 有一定的景观效应。

4.9.2 高负荷潜流人工湿地常用的植物有芦苇、千屈菜、茭白、香蒲、菖蒲、鸢尾、美人蕉等。

4.9.3 植物种植时间宜选择在春季。

4.9.4 植物种植密度可根据植物种类与工程的要求调整，挺水植物的种植密度宜为 9 株/m²~25 株/m²。

4.9.5 植物种植时，应保持池内一定水深，植物种植完成后，逐步增大水力负荷使其驯化适应处理水质；

4.9.6 同一批种植的植物植株大小 应均匀，不宜选用苗龄过小的植物。

5 施工管理

本技术规范的施工管理遵照《山东省人工湿地水质净化工程技术指南》（DB37/T3394-2018）中第 5 部分执行。

6 运行管理

本技术规范的运行管理遵照《山东省人工湿地水质净化工程技术指南》（DB37/T3394-2018）中第 6 部分执行。