ICS 13.020
CCS Z 00/09

# 团　　体　　标　　准

T/CSES 30—2021

# 污水处理厂尾水人工湿地深度净化技术指南

Technical guide for constructed wetland for deep purification of tail water from wastewater treatment plant

2021－07－15 发布　　2021－07－15 实施

中国环境科学学会　　发 布

全国团体标准信息平台

# 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　设计水量和设计水质 ..... 3
5　总体要求 ..... 4
6　尾水人工湿地深度净化系统 ..... 4
7　附属建（构）筑物 ..... 8
8　施工与验收 ..... 8
9　运行管理 ..... 9
附录 A（资料性）尾水人工湿地深度净化系统推荐工艺流程中人工湿地单元设计参数 ..... 12
附录 B（资料性）尾水人工湿地深度净化系统推荐的湿地植物 ..... 13

全国团体标准信息平台

# 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由南京大学提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：南京大学、博域环保技术研究院（南京）有限公司、南京市市政设计研究院有限公司、江苏省环境科学研究院、常州环保科技开发推广中心、无锡市环境科学研究所。

本文件主要起草人：杨柳燕、高燕、孔宇、钱新、王国红、喻学敏、花铭、周立万、潘瑞松、汪锋。

全国团体标准信息平台

# 污水处理厂尾水人工湿地深度净化技术指南

## 1 范围

本文件规定了污水处理厂尾水人工湿地深度净化技术设计水量和设计水质、总体要求、尾水人工湿地深度净化系统、附属建（构）筑物、施工与验收和运行管理等技术要求。

本文件适用于污水处理厂尾水人工湿地深度净化，可作为污水处理厂尾水人工湿地深度净化技术的选择、设计、施工、验收及其建成后运行管理的技术依据。

## 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 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 14554 恶臭污染物排放标准
GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
GB 34330 固体废物鉴别标准 通则
GB/T 37655 光伏与建筑一体化发电系统验收规范
GB 50014 室外排水设计规范
GB 50052 供配电系统设计规范
GB 50054 低压配电设计规范
GB 50069 给排水工程构筑物结构设计规范
GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范
GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范
GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
GB 50334 城市污水处理厂工程质量验收规范
CJJ/T 54 污水自然处理工程技术规范
HJ 588 农业固体废物污染控制技术导则
HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范
JGJ 79 建筑地基处理技术规范
RISN-TG 006 人工湿地污水处理技术导则
建设项目竣工环境保护验收暂行办法 国环规环评[2017]4号
环境监测管理办法 国家环境保护总局令第39号

## 3 术语和定义

下述术语和定义适用于本文件。

3.1

**尾水 tail water**

经污水处理厂处理后达标排放的出水。

3.2

**人工湿地 constructed wetland**

人工建造和长期管理的具有湿地性质的生态处理系统，利用湿地床体中物理、化学和生物的三重协同作用净化污水。按照进出水和布水方式的不同，人工湿地主要分为表面流人工湿地、水平潜流人工湿地和垂直潜流人工湿地。

3.3

**电解-水平潜流人工湿地 electrolysis-horizontal subsurface flow constructed wetland**

在水平潜流人工湿地基质层内合理布置铁等不同类型的电极，通过电极连接光伏电池或电网联合供电进行湿地床体内的电化学反应，实现污水中氨氮、硝态氮、磷酸盐、有机物、重金属等污染物质的去除。

3.4

**铁碳微电解人工湿地 iron carbon micro-electrolysis constructed wetland**

通过在人工湿地基质中添加一定数量的铁粉和活性炭，构成铁碳微电解反应体系，有效削减污水中氮、磷和有机物等污染物。

3.5

**稳定塘 stabilization pond**

一种天然的或经过一定人工构筑的污水净化系统。污水在塘内经较长时间的停留、储存，通过微生物（细菌、真菌、藻类、原生动物等）的代谢活动，以及相伴随的物理的、化学的、物理化学的过程，使污水中的有机污染物、营养元素和其他污染物质进行多级转换、降解和去除，从而实现污水的无害化、资源化与再利用。

3.6

**基质 substrate**

提供人工湿地植物与微生物生长并对污染物起过滤和吸附作用的填充材料，包括土壤、砂、砾石、沸石、石灰石、页岩、火山岩、塑料、生物质炭、生物陶粒、其它可去除特定污染物的新型环保材料等。

3.7

**湿地植物厌氧发酵液补碳 carbon supplied by anaerobic fermentation liquid from wetland plant**

将一些湿地植物初步粉碎处理，进行厌氧发酵后形成含有各种有机酸等的发酵液，有效控制其中碳、氮和磷含量的比值。当尾水中缺乏碳源导致潜流人工湿地脱氮效率下降时，在潜流人工湿地前端可填加湿地植物厌氧发酵液补碳，提高人工湿地系统的反硝化脱氮能力。

3.8

**生物残体** biological residue

人工湿地和稳定塘等生态净化系统产生的生物体、收割物、废弃物、老化的生物膜和生物污泥等物质。

3.9

**电解-生态滤床** electrolysis-biofilter

电解-生态滤床吸收处理含致臭物质的尾气，基质由生物质炭、生物陶粒、石子和沸石等组成，基质层内垂直布置铁阳极和铁阴极等电极，在光伏电池或电网联合供电进行电解反应，当发酵池或发酵罐恶臭气体流经电解-生态滤床时，发生铁离子和硫化物的沉淀反应、氨氧化作用等，有效去除发酵池或发酵罐的恶臭气体等污染物质，特别是致臭物质。

## 4 设计水量和设计水质

### 4.1 污水处理厂尾水收集要求

4.1.1 污水处理厂尾水可根据当地的地形、地貌和经济水平等条件通过沟渠或管道进行收集。
4.1.2 当污水处理厂处于环境敏感区域或受纳水体对水质要求较高时，管道或沟渠需进行必要的防渗设计。

### 4.2 污水处理厂尾水收集水量和水质

4.2.1 人工湿地净化系统收集的进水为污水处理厂处理后排放的尾水。
4.2.2 尾水中氨氮、总氮、总磷和化学需氧量等污染物浓度应达到 GB 18918 一级 B 标准，部分一类污染物最高允许排放浓度（日均值）可参考 GB 18918 中表 2 的标准值执行；如重点流域对排放尾水水质有特别要求时，应同时执行相关规定。
4.2.3 对于接纳工业废水为主的污水处理厂尾水，其选择的控制项目宜由地方生态环境主管部门根据污水处理厂接纳的工业污染物的类别和区域水环境质量要求规定，参考 GB 18918 标准执行。

### 4.3 尾水水质现状调查与分析

4.3.1 尾水人工湿地与污水处理厂同步设计施工时，按照污水处理厂尾水排放污染物指标浓度最高值作为尾水人工湿地的进水设计指标值；对于已经运行的污水处理厂，应收集近三年内尾水水质数据，不足三年时应以运行期内水质数据为准。污水处理厂近三年处理水量变化较大时，应同步收集尾水水量数据。
4.3.2 尾水水质按照 HJ 91.1 进行分析与调查。
4.3.3 污水处理厂尾水人工湿地净化后排放出水水质评价符合 GB 3838 的规定。

### 4.4 净化目标

4.4.1 尾水人工湿地深度净化之后排放水的水质应满足受纳水体要求，主要水质指标和部分一类污染物指标（GB 18918 中表 2）应符合 GB 3838 的规定。

4.4.2 尾水人工湿地深度净化处理效率一般建议化学需氧量去除率达到 20%，氨氮去除率达到 50%~75%，总氮去除率达到 50%~80%，总磷去除率达到 60%~80%。

## 5 总体要求

### 5.1 建设规模

5.1.1 小型人工湿地深度净化系统工程的日处理能力宜＜10000 $m^3$/d。
5.1.2 中型人工湿地深度净化系统工程的日处理能力宜为 10000 $m^3$/d ~50000 $m^3$/d。
5.1.3 大型人工湿地深度净化系统工程的日处理能力宜为≥50000 $m^3$/d。

### 5.2 场址选择

5.2.1 应符合当地总体发展规划和生态环境保护规划的要求，综合考虑交通、土地权属、土地利用现状、发展扩建和再生水回用等因素。
5.2.2 应考虑自然背景条件，包括土地面积、地形、气象、水文以及动植物生态因素等，满足工程地质和水文地质等方面的要求。
5.2.3 应考虑防洪排涝，符合该地区防洪标准的规定，不受洪水、潮水或内涝的威胁，且不影响行洪安全。
5.2.4 应符合城镇、居住区或厂区总体规划及环境影响评价的要求，避让基本农田和规划林地。
5.2.5 宜建在城镇夏季主导风向的下风侧，应与建筑物保持一定距离，并用绿化带与建筑物隔开。
5.2.6 宜选择自然坡度为 0%~3%的洼地或塘，以及未利用土地。
5.2.7 宜靠近污水处理厂尾水的排放点、监控点或处理后回用的地点。

### 5.3 总体布置

5.3.1 应充分利用自然环境的有利条件，按建（构）筑物使用功能和流程要求，结合地形、气候和地质条件，便于工程施工、运行维护和日常管理等因素，合理安排，紧凑布置。
5.3.2 生产管理建筑物和生活设施宜集中布置，其位置和朝向应力求合理，并与尾水人工湿地净化单元保持一定距离。
5.3.3 尾水人工湿地净化单元应设置通向各建（构）筑物和附属建筑物的必要通道。
5.3.4 多单元人工湿地净化系统高程设计应尽量结合自然坡度，内部水体流动宜采用重力流形式，水位需提升时，宜一次提升。高程计算时，以最终出水设计标高为基准从后向前推算。
5.3.5 对并联运行的人工湿地应设均匀配水装置及配套构筑物，各人工湿地单元间宜设可切换的连通管渠或超越管渠。
5.3.6 尾水人工湿地出水的设计标高应高于受纳水体最高洪水位，防止受纳水体的倒灌，必要时采取适宜的防洪措施。

## 6 尾水人工湿地深度净化系统

### 6.1 工艺流程

6.1.1 尾水人工湿地深度净化工艺流程应在综合比选表面流人工湿地、潜流人工湿地、电解-水平潜流人工湿地、铁碳微电解人工湿地和稳定塘的基础上进行集成与组合，宜采取模块化组合方法，以达到高效净化尾水污染物的目的。
6.1.2 以去除尾水中氨氮为主要目标污染物时，宜采用下向垂直潜流人工湿地和稳定塘组合工艺。为提高溶解氧含量宜在下向垂直潜流人工湿地中设置曝气措施。

6.1.3 以去除尾水中硝态氮为主要目标污染物时，宜采用上向垂直潜流人工湿地。为提高硝态氮去除率可适当补充湿地植物厌氧发酵液或其他碳源。

6.1.4 以去除尾水中总磷为主要目标污染物时，宜采用电解-水平潜流人工湿地，或在人工湿地中添加具有除磷能力的基质。

6.1.5 以去除尾水中难降解有机污染物为主要目标污染物时，宜采用电解-水平潜流人工湿地或铁碳微电解人工湿地。

6.1.6 以去除尾水中重金属离子为主要目标污染物时，宜采用上向垂直潜流人工湿地，配合电解-水平潜流人工湿地强化去除重金属离子，后段结合稳定塘，在稳定塘中种植吸收重金属离子能力强的水生高等植物，富集重金属离子的水生高等植物应进行安全处置。

6.1.7 人工湿地进水污染物浓度较高且可利用土地面积受限时，宜采用垂直潜流人工湿地、电解-水平潜流人工湿地等人工湿地类型，可增加出水回流措施，同时注意潜流人工湿地堵塞问题。

6.1.8 当人工湿地接纳生活污水占总处理污水量≥60%或接纳工业废水占总处理污水量＜40%的污水处理厂尾水时，可采用的工艺流程 A（图 1）。

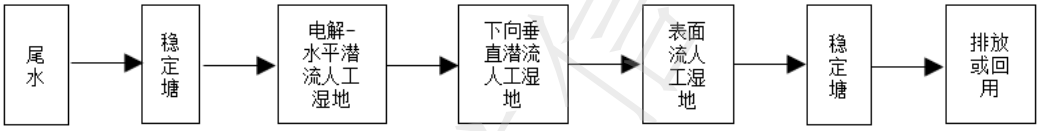


图 1 工艺流程 A

6.1.9 当人工湿地接纳工业废水占总处理污水量≥60%的污水处理厂尾水时，可采用的工艺流程 B（图 2）。

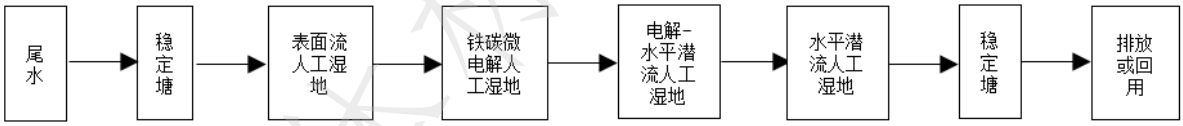


图 2 工艺流程 B

6.1.10 当人工湿地接纳以处理含重金属废水为主的污水处理厂尾水时，可采用的工艺流程 C（图 3）。

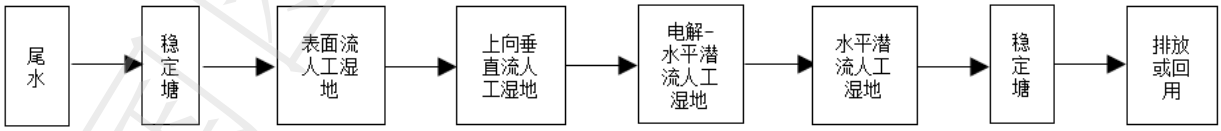


图 3 工艺流程 C

## 6.2 工艺设计要求

### 6.2.1 设计参数

6.2.1.1 净化尾水的人工湿地面积应按总氮、总磷、化学需氧量和重金属等进水负荷和去除效率进行确定，应取其设计计算结果中的最大值，同时应满足水力负荷的要求。

6.2.1.2 人工湿地深度净化系统设计尾水进水水量可调节，应具备 10%~20%的超负荷运行能力；同时应设置暴雨、洪水等极端情况下的应急直排通道，避免造成极端水力负荷对人工湿地的冲击。

6.2.1.3 人工湿地和稳定塘涉及的主要设计参数宜根据试验资料确定；无试验资料时，可参考相似条件下人工湿地和稳定塘的运行经验数据或是根据表 A.1 的数据进行酌情取值。可参照 CJJ/T 54、HJ 2005 和 RISN-TG 006 标准中的相关规定。

### 6.2.2 表面流人工湿地应符合下列要求

a) 表面流人工湿地单元的长宽比宜控制在 3:1~5:1；

b)表面流人工湿地的水力坡度宜小于 0.5%。

### 6.2.3 潜流人工湿地应符合下列要求

a) 水平潜流和垂直潜流人工湿地的单元面积宜小于 3000 $m^2$；

b) 潜流人工湿地单元沿水流方向的长宽比宜控制在 3:1 以下；

c) 潜流人工湿地单元宜采用规则的几何形状，长度宜小于 60 m；采用不规则形状的潜流人工湿地单元，应特别考虑均匀布水和集水系统；

d) 潜流人工湿地的水力坡度宜小于 1%；

e) 潜流人工湿地底部宜设置排泥设施，定期启动排泥。

### 6.2.4 电解-水平潜流人工湿地应符合下列要求

a) 电解-水平潜流人工湿地中供电解反应的光伏电池直流电压宜为 24 V~35 V，电极间距宜为 50 cm~80 cm。可搭配蓄电池或电网实现持续供电。其配电系统应符合 GB 50052 和 GB 50054 的相关规定；

b) 电解-水平潜流人工湿地基质的深度宜为 1.0 m~0.5 m；

c) 电解-水平潜流人工湿地铁电极的更换周期为 6~8 个月；

d) 电解-水平潜流人工湿地的水力坡度宜小于 1%。

### 6.2.5 稳定塘应符合下列要求

a) 稳定塘宜利用自然地形的高差进行进水和出水布置。进水口和出水口处应设置单独的闸门，并宜采用对角线布置；

b) 稳定塘宜采用溢流形式进水，并应设置浮渣挡板；

c) 稳定塘与稳定塘之间的过水方式宜采用溢流坝、堰、涵洞或管道，多个塘之间宜采用廊道型的布置方式，进水口宜采用扩散或多点进水方式，出水坝、堰、涵洞或管道应有调整塘内水深的功能。

## 6.3 基质选择

6.3.1 基质选择应本着就近取材的原则；根据基质的机械强度、比表面积、稳定性、孔隙率及表面粗糙度等因素确定基质种类和规格，所选基质应达到设计要求的粒径范围。

6.3.2 潜流人工湿地基质层的初始孔隙率宜控制在 35%~50%。潜流人工湿地基质层的厚度应有利于水生高等植物生长。

6.3.3 尾水人工湿地常用的基质有细砂、砾石、灰渣、火山岩、生物陶粒、沸石、砂石、页岩、高炉渣、褐铁矿、石灰石、硫磺和硫铁矿等。

6.3.4 尾水人工湿地基质的选择种类、粒径大小、铺设方式以及级配比例等，应兼顾尾水净化效果及防治堵塞，潜流人工湿地的基质应定期进行更换或反冲洗。

6.3.5 基质可根据污染物处理不同要求，选择使用功能性基质。对尾水中氮磷去除要求较高时，可提高含钙、镁、铁和铝金属元素较为丰富的高炉渣、铁镁改性生物质炭、石灰石、膨润土、页岩、粉煤灰、高炉渣和生物陶粒等基质的比例，实现尾水氮磷的强化去除。

6.3.6 电解-水平潜流人工湿地基质宜选择生物质炭、砾石、生物陶粒和沸石等，基质层内可垂直布置进行电解反应的铁阴极和铁阳极。

### 6.4 水生高等植物选择

6.4.1 尾水人工湿地宜选用耐污能力强、根系发达、去污效果好、具有抗冻及抗病虫害能力、有一定经济价值、容易管理的本土水生高等植物。

6.4.2 尾水人工湿地净化后出水直接排入河流、湖泊时，应谨慎选择凤眼莲等外来入侵物种。

6.4.3 人工湿地可选择一种或多种水生高等植物作为优势种搭配栽种，增加水生高等植物的多样性并提升景观效果。

6.4.4 应根据我国南北方地域不同特点选择与种植人工湿地植物，实现人工湿地一年四季的稳定运行，保障尾水生态净化效果。

### 6.5 集、配水及出水

6.5.1 尾水人工湿地单元宜采用穿孔管、配（集）水管、配（集）水堰、配水井、配水槽等设施来实现集配水的均匀布置。

6.5.2 穿孔管、配（集）水管、配（集）水堰等设施应选择不易变形的材质，耐腐蚀，抗老化；穿孔管的长度应与人工湿地单元的宽度大致相等。管孔密度应均匀，管孔的尺寸和间距取决于尾水流量和进出水的水力条件，管孔间距不宜大于人工湿地单元宽度的 10%。

6.5.3 穿孔管周围宜选用粒径较大的基质，其粒径应大于管孔孔径。

6.5.4 在寒冷地区，人工湿地集、配水及进出水管的设置应考虑防冻措施。

6.5.5 根据地形地势、尾水排放管、排水去向、排水规划等条件合理规划设置尾水管网收集系统，并根据收集规模、设计坡度、设计充满度等确定沟渠及管道规格，一般应按重力流方式进行排水沟渠及管道规划设计。尾水人工湿地出水可采用沟排、管排和井排等方式，并设溢流堰、可调管道及闸门等具有水位调节功能的设施。

6.5.6 尾水人工湿地出水量较大且跌落较高时，应设置消能设施。

6.5.7 尾水人工湿地应设置排空阀等排空设施。

6.5.8 排水管材选取应遵循性能可靠、工程造价合理、便于施工和维护的原则，并充分考虑管道沿线的地质条件。

6.5.9 中小型尾水人工湿地深度净化系统的收集管道宜采用排水塑料管（包括 UPVC 管、PVC 管、HDPE 管和 PE 管等）。

6.5.10 大型尾水人工湿地深度净化系统的收集管道宜采用 HDPE 管或钢管。

6.5.11 管道设计最大充满度、最小管径和最小设计坡度可按 GB 50014 取值。

6.5.12 管道坡度不能满足设计要求时，可酌情减小，但应有防淤和清淤措施。

6.5.13 垂直潜流人工湿地内可设置通气管，应根据排水管排水能力及管道长度确定，一般不宜小于排水管管径的 1/2。

### 6.6 湿地植物厌氧发酵液补碳

6.6.1 当尾水中碳源缺乏和冬季脱氮微生物活性低导致人工湿地脱氮效率下降时，可添加湿地植物厌氧发酵液提高尾水人工湿地的脱氮效果。

6.6.2 人工湿地植物收割并粉碎后，以一定的体积比加入尾水，并接种适量污水处理厂的厌氧污泥，厌氧发酵后制成湿地植物厌氧发酵液。

6.6.3 宜选择菹草、苦草等沉水植物作为发酵产酸的湿地植物，也可以采用挺水植物等水生高等植物进行厌氧发酵。

6.6.4 分析湿地植物厌氧发酵液中总有机碳、有机酸、氮和磷含量，碳:氮:磷的含量比宜为 200~300:5:1。

6.6.5 添加湿地植物厌氧发酵液使尾水中碳氮比达到 3~5:1 为宜。

### 6.7 二次污染的防治

6.7.1 定期对表面流人工湿地和稳定塘进行清淤排泥。污泥的处理与处置应符合 GB 50014 的要求。尾水人工湿地深度净化系统应采取措施防止恶臭、噪声的产生，减少固废的生产量，日常运行过程中应加强人工湿地深度净化系统水生高等植物的病虫害防治。
6.7.2 在湿地植物厌氧发酵液制备过程中，应防止发酵池或发酵罐恶臭气体的产生，可采用电解-生态滤床进行处理。恶臭气体排放应符合 GB 14554 中的有关规定。
6.7.3 尾水人工湿地深度净化系统采用的鼓风机、曝气机、水泵等应选择低噪声设备，必要时应采取隔声、消声、绿化等降低噪音的措施。厂界噪声应达到 GB 12348 中有关规定。
6.7.4 尾水人工湿地和稳定塘等产生的收割物和废弃物等生物残体应进行资源化利用或妥善处理，符合 GB 50014 中的有关规定。
6.7.5 生物填料和基质等需定期更换后的废弃物应按 GB 34330、GB 18599 和 HJ 588 进行处理和处置。
6.7.6 尾水人工湿地深度净化系统应设置雨水溢流口和排洪沟渠等排洪设施。
6.7.7 尾水人工湿地深度净化系统应设置超越管和溢流井等分流设施。

## 7 附属建（构）筑物

### 7.1 泵站

在收集接纳尾水确实需要进行提升时，设置尾水提升泵站，泵站设置宜参照 GB 50014 相关标准执行。

### 7.2 检查井

检查井的位置，应设在管道交汇处、转弯处、管径或坡度改变处、跌水处以及直线管段上每隔一定距离处。检查井在直线管段的最大间距根据疏通方法等具体情况确定，并参考 GB 50069 相关标准取值。

### 7.3 出水口

排水管渠出水口位置、型式及出口流速，应根据受纳水体的水质要求、水体的流量、水位变化幅度、水流方向、水土流失、波浪状况、自净能力、地形变迁和气候特征等因素确定。其余辅助设施按照 GB 50014 及相关标准执行。

## 8 施工与验收

### 8.1 一般规定

8.1.1 施工单位应具有国家相应的施工资质，除遵循相关的施工技术规范之外，还应遵循国家有关部门颁发的劳动安全及卫生、消防等强制性标准。
8.1.2 施工中使用的设备、材料和器件等应符合相关标准，并应取得供货商的产品合格证后方可使用。
8.1.3 施工单位应严格按设计文件和施工组织设计施工，工程变更应在取得主管部门对设计变更的批复后进行。
8.1.4 施工单位应做好文明施工，遵守有关环境保护的法律、法规，采取有效措施控制施工现场的各种粉尘、废气、废弃物以及噪声、振动等对环境造成的污染和危害。
8.1.5 构筑物的施工和验收应符合 GB 50141 的有关规定；混凝土结构工程的施工和验收应符合 GB 50204 的有关规定；设备安装和验收应符合 GB 50231 的有关规定；管道工程的施工和验收应符合 GB 50268 的有关规定；光伏电池的验收应符合 GB/T 37655 的有关规定。

## 8.2 工程施工

8.2.1 施工前期的准备工作主要是清除和平整场地。清除工程应包括运走场地内的垃圾以及其他障碍物等。

8.2.2 开挖人工湿地基坑时，按一定的角度放坡，采用机械开挖与人工修整相结合的施工技术方法，基坑上平面周边布设草坪稳定基坑周边土方。

8.2.3 潜流人工湿地周边护坡宜采用夯实的土壤，坡度宜为 4:1~2:1。夯实应满足 JGJ 79 相关要求。

8.2.4 人工湿地应做好地下水防渗工作，确保底板、侧壁及其连接处不渗漏。人工湿地防渗材料采用聚乙烯膜时，应由专业人员用专业设备进行焊接，焊接结束后，需进行渗透试验。

8.2.5 基质铺设过程中应从选料、洗料、堆放和撒料四个方面加以控制，对基质进行级配、清洁，保证填筑材料的含泥（砂）量和基质粉末含量小于设计要求值。

8.2.6 人工湿地植物宜从专门的水生高等植物基地采购，种植时应有专业人员指导，保持人工湿地内一定水位利于植物生长。人工湿地植物种植的时间应根据当地气候特点和植物的生长特性来确定，宜为春季或初夏。

8.2.7 同批次种植的水生高等植物植株大小应尽量均匀，不宜选用苗龄过小或过大的植物；在表面流人工湿地进行沉水植物种植时应保持一定的水深，之后逐步提高水位，确保沉水植物的存活率。

8.2.8 人工湿地植物种植密度可根据植物种类与工程的要求调整，具体密度依据水生高等植物品种确定。

8.2.9 人工湿地高程、底坡、管道的管底标高应满足设计要求，进行高程校核后方可进行下一步施工。

8.2.10 人工湿地排水管管道安装后，须做闭水试验。

8.2.11 采用穿孔管进行集配水时，在施工中应注意对穿孔管的保护，不应损坏穿孔管。

## 8.3 工程验收

8.3.1 工程的环境保护验收应按 GB 50334、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等相关规定进行。隐蔽工程应进行分步验收。

8.3.2 人工湿地工程相关专业验收的程序和内容应符合 GB 50093、GB 50141、GB 50204、GB 50231、GB 50254 和 GB 50268 等标准的规定。

8.3.3 经竣工环境保护验收合格后，工程方可正式投入使用运行。

8.3.4 人工湿地净化工程办理单体验收手续后，建设单位应组织通水试运行，试运行期限为一年，施工单位应在试运行期间内对工程质量承担保修责任。试运行一年后，建设单位应组织竣工验收。

# 9 运行管理

## 9.1 一般规定

9.1.1 人工湿地深度净化系统宜委托具有相关资质和管理经验的第三方运营公司运行管理，或由当地污水处理厂专职人员维护管理，相关管理人员均应经技术培训合格后方可上岗。

9.1.2 运行管理人员应定期对相关设备进行检查和清扫保养，预防设备发生故障，保证人工湿地出水水质达标。

9.1.3 应制定相应的事故应急预案，并报请当地生态环境主管部门批准备案。

## 9.2 运行与维护

### 9.2.1 水生高等植物的管理

a)根据水生高等植物不同生长期进行管理，补种缺苗、勤除杂草、合理施肥；

b)提高人工湿地水位，优化人工湿地水生高等植物的处理负荷，保障人工湿地净化系统水生高等植物正常生长；

c)对人工湿地水生高等植物进行合理收割，及时清理枯枝败叶，挺水植物收割次数宜为每年 1~2 次，并注意收割季节和收割植物的留存量，不得影响水生高等植物的正常生长和安全越冬。收割宜在生长后期，可以提高氮和磷去除率；

d)冬季宜采取减少湿地进水量、延长水力停留时间、湿地植物覆盖、冰层覆盖法、增加基质层厚度等保温方法，防止水生高等植物冻害；

e)加强人工湿地水生高等植物的病虫害防治，不宜大规模使用杀虫剂，防止引入新的污染物；

f)夏季水生高等植物移栽期间，可加大人工湿地的水力负荷，防止温度过高导致植物灼伤；

j)水生高等植物残体污染物含量不超过有关规定，可作为肥料或饲料，也可作为生物质能源燃料，或作为编织物、造纸、调制香水等原料，可厌氧发酵生产有机酸，制备生物质炭等。

### 9.2.2 设施的运行管理

a)进出水设施的维护管理，人工湿地单元进水后，应检查配水效果，配水应均匀，不得有侵蚀和短流现象；

b)结合日常监测数据，观察人工湿地进水的处理效率，严格控制进水中悬浮物浓度，避免人工湿地基质床堵塞，必要时局部更换人工湿地基质或排空轮休等；

c)人工湿地进水量应控制在设计允许范围内，不得长时间断流；

d)优化控制人工湿地的运行水位，促进水生高等植物生长。对于表面流人工湿地，启动期间，应逐步提高人工湿地水位；正常运行后，可在春季适当降低水位，促进新芽生长。对于潜流人工湿地，可间歇性放空人工湿地，改善人工湿地处理性能；

e)对尾水输送管道、沟渠、集水和排水设施进行定期清淤维护与处理单元堤坝的维修；

f)人工湿地的服务年限一般为 10~15 年，人工湿地运行所需的水泵、鼓风机、管道、阀门和闸门等设备及器材应经常维护，定期保养，保证开启正常，若发现异常情况，应及时更换或使用备用设备。

### 9.2.3 低温运行管理

a)采取强化措施，如预处理、人工曝气、添加厌氧发酵液、延长水力停留时间等，提高冬季湿地运行效果；

b)冬季低温运行时，应对进、出水管采取防冻保温措施。应防止布水、通气管道冻结或破裂；

c)通过人工湿地水生高等植物的优选、基质优化，增强冬季人工湿地的净化效果；

d)可采取植物覆盖、冰雪覆盖、塑料温室大棚、塑料薄膜覆盖等等保温措施。

## 9.3 运行监测

9.3.1 水质监测系统。应加强系统各单元的进水、出水水质监测，按照《环境监测管理办法》等规定，建立监测制度，制定监测方案，保存原始监测记录。

9.3.2 监测项目主要包括水位、pH 值、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷、大肠菌群等，选择性检测悬浮物、叶绿素 a、电导率等，监测频次宜为每周一次。有条件的大规模尾水人工湿地深度净化系统出水可设置在线监测系统。

9.3.3 对于采用潜流人工湿地的建设项目，应加大悬浮物的监测频次，宜选择每月一次。

9.3.4 当接纳以工业废水为主的污水处理厂排放的尾水时，应加大人工湿地出水中 pH 和电导率等项目的监测频次。

9.3.5 在日常进、出水水质管理检测的基础上进行委托监测，可委托当地专业环境检测机构定期（以季度或月为单位）或不定期进行水样监测，并据此评估人工湿地深度净化处理系统的处理效果。

全国团体标准信息平台

# 附 录 A
（资料性）
## 尾水人工湿地深度净化系统推荐工艺流程中人工湿地单元设计参数

表 A.1 给出了尾水人工湿地单元相关设计参数。

表 A.1 尾水人工湿地单元相关设计参数

| 人工湿地类型 | 化学需氧量负荷（g/（$m^2$ d）） | 总氮负荷（g/（$m^2$ d）） | 总磷负荷（g/（$m^2$ d）） | 水力负荷（$m^3$/（$m^2$ d）） | 水力停留时间（d） | 湿地有效深度（m） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 表面流人工湿地 | 2.5~5.0 | 1.0~2.0 | 0.05~0.1 | 0.05~0.1 | 1.0~2.0 | 0.3~0.6 |
| 水平潜流人工湿地 | 5~25 | 2~10 | 0.1~0.5 | 0.1~0.5 | 1.0~2.0 | 1.0~1.6 |
| 垂直潜流人工湿地 | 10~40 | 4~16 | 0.2~0.8 | 0.2~0.8 | 1.0~2.0 | 1.0~3.0 |
| 电解-水平潜流人工湿地 | 25~50 | 10~20 | 0.5~1.0 | 0.5~1.0 | 0.5~1.0 | 1.0~1.5 |
| 铁碳微电解人工湿地 | 20~40 | 8~16 | 0.4~0.8 | 0.4~0.8 | 1.0 | 0.8~1.0 |
| 稳定塘 | 10~25 | 4~10 | 0.2~0.5 | 0.2~0.5 | 1.0~2.0 | 1.0~1.6 |

# 附 录 B
（资料性）
## 尾水人工湿地深度净化系统推荐的湿地植物

表B.1给出了尾水人工湿地深度净化系统推荐的湿地植物类型和种类。

**表 B.1 尾水人工湿地净化系统推荐的湿地植物类型和种类**

| 人工湿地类型 | 水生植物类型 | 适宜水生植物 | 拉丁名 |
|---|---|---|---|
| 表面流人工湿地 | 挺水植物 | 菖蒲 | *Acorus calamus* L. |
| | | 灯芯草 | *Juncus effuses* L. |
| | | 芦苇 | *Phragmites communis* (Cav.) Trin. Ex Steud. |
| | | 美人蕉 | *Canna indica* L. |
| | | 泽泻 | *Alisma plantago-aquatica* L. |
| | | 芦竹 | *Arundo donax* L. |
| | | 蒲苇 | *Cortaderia selloana* |
| | | 湿生苔草 | *Carex limosa* L. |
| | | 梭鱼草 | *Pontederia cordata* L. |
| | | 再力花 | *Thalia dealbata* Fraser |
| | | 水柳 | *Homonoia riparia* Lour. |
| | 浮叶植物 | 睡莲 | *Nymphaea tetragona* Georgi |
| | | 水鳖 | *Hydrocharis morsusrange* L. |
| | | 莼菜 | *Brasenia schreberi* J.F.Gmel. |
| | | 菱角 | *Trapa bispinosa* Roxb. |
| | | 芡实 | *Euryale ferox* Salisb. ex Konig et Sims |
| | | 荇菜 | *Nymphoides peltatum* (Gmel.) O. Kuntze |
| | 漂浮植物 | 槐叶萍 | *Salvinia natans* (L.) All. |
| | | 水鳖 | *Hydrocharis dubia* (Bl.) Backer |
| | | 满江红 | *Azolla imbricata* (Roxb.) Nakai |
| | | 睡莲 | *Nymphaea tetragona* Georgi |
| | 沉水植物 | 菹草 | *Potamogeton crispus* L. |
| | | 苦草 | *Vallisneria natans* (Lour.) Hara |
| | | 大茨藻 | *Najas filifolia* Linn. var. *marina* |
| | | 金鱼藻 | *Ceratophyllum demersum* L. |
| | | 狐尾藻 | *Myriophyllum verticillatum* L. |
| | | 黑藻 | *Hydrilla verticillate* (Linn. f.) Royle var. *verticillata* |
| | | 水盾草 | *Cabomba caroliniana* A.Gray |

表 B.1 尾水人工湿地净化系统推荐的湿地植物类型和种类

| 人工湿地类型 | 水生植物类型 | 适宜水生植物 | 拉丁名 |
|---|---|---|---|
| 潜流人工湿地（包括水平潜流和垂直潜流湿地） | 挺水植物 | 芦苇 | *Phragmites communis* (Cav.) Trin. ex Steud. |
| | | 蒲草 | *Lepi-ironia articulate* (Retz.) Domin |
| | | 水葱 | *Scirpus validus* Vahl |
| | | 香蒲 | *Typha orientalis* Presl |
| | | 千屈菜 | *Lythrum salicaria* L. |
| | | 菖蒲 | *Acorus calamus* L. |
| | | 水麦冬 | *Triglochin palustre* L. |
| | | 风车草 | *Cyperus alternifolius Linn. subsp. flabelliformis* (Rottb.) Kukenth. |
| | | 美人蕉 | *Canna indica* L. |
| | | 铜钱草 | *Hydrocotyle chinensis* (Dunn) Craib |
| | | 香根草 | *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Vach |
| | | 灯芯草 | *Juncus effuses* L. |
| 电解-潜流人工湿地和铁碳微电解人工湿地 | 挺水植物 | 芦苇 | *Phragmites communis* (Cav.) Trin. ex Steud. |
| | | 香蒲 | *Typha orientalis* Presl |
| | | 蒲苇 | *Cortaderia selloana* |
| | | 菖蒲 | *Acorus calamus* L. |
| | | 千屈菜 | *Lythrum salicaria* L. |
| | | 铜钱草 | *Hydrocotyle chinensis* (Dunn) Craib |
| | | 西伯利亚鸢尾 | *Iris sibirica* L. |
| | | 旱伞草 | *Cyperus alternifolius* L. subsp. *flabelliformis* (Rottb.) KüKenth. |