ICS 号 13.020

中国标准文献分类号 Z00/09

1 ··

团　体　标　准

T/CSES-XX-XXXX

污水处理厂尾水人工湿地净化技术指南

Technical guide for constructed wetland treatment of effluent from wastewater treatment plant

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布　　202X-XX-XX 实施

中国环境科学学会 发布

目　　次

前言.....II
1　适用范围.....1
2　规范性引用文件.....1
3　术语和定义.....2
4　尾水收集.....3
5　总体要求.....4
6　尾水人工湿地净化系统.....4
7　附属建（构）筑物.....9
8　施工与验收.....9
9　长效运行管理.....10

前　　言

为了贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》等法律法规，规范污水处理厂尾水人工湿地净化技术，保护和改善地表水环境，制定本文件。

本文件规定了污水处理厂尾水人工湿地净化技术总体要求、尾水人工湿地净化系统、附属建（构）筑物、施工和验收、二次污染的防治和长效运行管理技术的要求。

人工湿地净化技术的设计、施工、验收和运行管理除应符合本指南外，还应符合国家和地方现行有关标准的规定。

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准工作导则 第1部分：标注的结构和编写》给出的规则起草。

本文件为首次发布。

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、喻学敏、花铭、周立万、潘瑞松、汪锋。

本文件由中国环境科学学会2020年□□月□□日批准。

本文件自2020年□□月□□日起实施。

本文件由中国环境科学学会负责管理，由起草单位负责具体技术内容的解释。在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送至中国环境科学学会标准管理部门（北京市×××，邮编×××）。

本文件的某些内容可能涉及相关专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

污水处理厂尾水人工湿地净化技术指南

1 适用范围

本文件规定了污水处理厂尾水人工湿地净化技术总体要求、尾水人工湿地净化系统、施工和验收、二次污染防治和长效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净化系统，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

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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、处置场污染控制标准
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 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
GB 50335 城镇污水再生利用工程设计规范
GB/T 18921 城市污水再生利用景观环境用水水质
GB/T 37655 光伏与建筑一体化发电系统验收规范
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
HJ 91.1-2019 污水监测技术规范
RISN-TG 006 人工湿地污水处理技术导则
《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办〔2011〕22号）

《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国规环评〔2017〕4号）

3 术语和定义

下述术语和定义适用于本文件。

3.1

尾水 effluent

经污水处理厂处理后排放的出水。

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尾水生态处理系统，主要通过湿地床层中物理、化学和生物的组合作用净化尾水。人工湿地一般由透水的基质、水生植物、微生物及水体等部分组成，各部分相互协作，构成一个复杂的生态系统，通过过滤、吸附、沉淀、植物吸收和微生物降解等途径高效分解与净化污染物。

3.3

表面流人工湿地 surface flow constructed wetland

表面流人工湿地属于人工湿地的一种，基质滤料位于下层，尾水自由流过基质层表面，从进水端水平流向出水端，依靠表层介质、植物根系及其上生物膜的物理、化学及生物作用，使尾水得以净化的人工湿地。

3.4

水平潜流人工湿地 horizontal subsurface flow constructed wetland

水平潜流人工湿地属于潜流湿地的一种，基质滤料填满床层，尾水水平流经基质滤料层，通过基质滤料的过滤和截留去除污水中污染物，并在人工湿地基质好氧和缺氧环境中，利用附着在基质滤料上的微生物去除有机物和氮磷等污染物。

3.5

垂直潜流人工湿地 vertical subsurface flow constructed wetland

垂直潜流人工湿地属于潜流湿地一种。当采用尾水垂直下向流时，进水可通过间歇布水与空气直接接触并得到高效复氧，然后进入滤床与基质滤料上的微生物接触，发生硝化和有机物降解作用；当采用垂直上向流时，进水与基质滤料上的微生物接触，发生反硝化和有机物降解作用。

3.6

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

电解-水平潜流人工湿地属于强化型人工湿地的一种，基质由生物质炭、砾石、生物陶粒和沸石等组成，基质层内垂直布置铁阴极、铁阳极电极，在光伏电池或电网联合供电下进行电解反应，同时基质中生长大型水生植物，当尾水流经电解-水平潜流人工湿地时，发生有机物氧化、脱氮除磷和重金属沉淀去除的作用。

3.7

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

在潜流人工湿地的基质滤料中添加一定数量的纳米铁颗粒和活性炭，形成铁碳微电解人工湿地，有效削减有机污染，同时实现脱氮除磷。

3.8

稳定塘 stabilization pond

稳定塘是一种尾水的生态处理措施，又称氧化塘、生物塘。稳定塘净化尾水的原理与自然水域的自净机理十分相似，尾水在塘内滞留的过程中，水中有机物通过好氧微生物氧化分解或厌氧微生物的分解而得到去除。好氧微生物代谢所需的溶解氧由塘表面大气复氧或菌藻类微生物光合作用提供。

3.9

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、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、陶粒和其它可去除特定污染物的新型环保材料等。

3.10

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发酵液，当尾水中缺乏碳源导致脱氮效率下降时，在潜流人工湿地前端可外加湿地植物厌氧发酵液，提高人工湿地系统的反硝化脱氮能力。

3.11

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，以及老化的生物膜和生物污泥等物质。

3.12

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，属于强化生态滤床的一种，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，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 尾水收集

4.1 污水处理厂尾水收集要求

4.1.1 人工湿地净化的尾水为污水处理厂处理后排放的出水。

4.1.2 尾水的总氮、总磷和 COD 等污染物浓度必须达到 GB 18918 一级 A 或一级 B 标准，如果重点流域对尾水排放指标有要求时，需要同时执行相关规定。

4.2 污水处理厂尾水收集原则

4.2.1 污水处理厂尾水可根据当地的自然、地形、地貌和经济水平等条件通过沟渠或管道进行收集。

4.2.2 污水处理厂尾水按照沟渠优先、管道为辅原则进行收集。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，沟渠需进行必要的防渗设计。

4.3 污水处理厂尾水收集水量和水质

4.3.1 污水处理厂尾水收集水量由人工湿地实际处理规模决定。

进入人工湿地的尾水进水水质主要指标宜优于 GB18918 一级 B 标准，包括 pH 6~9，化学需氧量（COD_{Cr}）≤50 mg/L，生化需氧量（BOD_5）≤20 mg/L，悬浮物（SS）≤20 mg/L，氨氮（NH_3-N）≤8.0 mg/L，总磷（TP）≤1 mg/L，总氮（TN）≤20 mg/L。冬季水温≤12℃时，氨氮（NH_3-N）≤15 mg/L。部分一类污染物最高允许排放浓度（日均值）按照 GB 18918 标准执行。

4.3.2 对于接纳工业废水的污水处理厂尾水，其选择的控制项目由地方环境保护行政主管部门根据城镇污水处理厂接纳的工业污染物的类别和水环境质量要求决定，可参考 GB 18918 标准执行。

4.4 尾水水质现状分析与调查

4.4.1 尾水人工湿地与污水处理厂同步设计施工的，按照污水处理厂尾水排放浓度最高的污染物指标作为尾水人工湿地的进水设计指标；对于已经运行的污水处理厂，应收集近三年内尾水水质检测资料，检测数据不足三年时应以近期水质检测数据为准。污水处理厂近三年水量变化较大的，应同步收集尾水水量的数据。

4.4.2 尾水水质按照 HJ 91.1 进行分析与调查，采样点数量、布设和采样频率应根据具体情况增减。

4.4.3 污水处理厂尾水水质评价，采用《地表水环境质量评价办法（试行）》评价水质。

5 总体要求

5.1 尾水人工湿地净化系统实施流程

尾水人工湿地净化工艺实施流程一般包括：

——尾水水质现状调查

——问题分析诊断

——净化目标确定

——方案比选与设计

——工程施工与验收

——长效运行管理

5.2 净化目标

5.2.1 人工湿地净化之后排放水的主要水质指标包括：pH 6~9，COD_{Cr}≤40 mg/L，NH_3-N≤2.0 mg/L，TN≤2.0 mg/L，TP≤0.4 mg/L，DO≥2 mg/L。部分一类污染物按照地表水环境质量标注 V 类水要求执行。

5.2.2 尾水人工湿地净化处理效率要求 COD_{Cr} 去除率不低于 20%，NH_3-N 去除率不低于 75%，TN 去除率不低于 90%，TP 去除率不低于 60%。

5.2.3 各地可根据尾水处理之后受纳水体功能的需求制订严于或宽于上述人工湿地净化后出水排放限值或处理效率的标准。

5.3 基本原则

5.3.1 尾水人工湿地净化系统应因地制宜地选择费用投入省、运行成本低、处理效果好、操作简便易行和维护管理方便的人工湿地技术。

5.3.2 以生态安全、节能减排、资源化和景观化为基本原则，实现保护环境、节约土地、经济合理和运行稳定可靠的有机统一。

5.4 建设规模

5.4.1 小型人工湿地工程的日处理能力＜3000 m^3/d；

5.4.2 中型人工湿地工程的日处理能力 3000 m^3/d ~10000 m^3/d；

5.4.3 大型人工湿地工程的日处理能力≥10000 m^3/d。

5.5 场址选择

5.5.1 应符合当地总体发展规划和环保规划的要求，以及综合考虑交通、土地权属、土地利用现状、发展扩建和再生水回用等因素。

5.5.2 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，并进行工程地质和水文地质等方面的勘察。避免人工湿地池体裂损、淹没、河、湖库水倒灌、排水不畅等情况发生。

5.5.3 尾水人工湿地尾水处理设施位置的选择，应符合居住区、城镇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。

5.5.4 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。

5.5.5 尾水人工湿地净化系统宜建在城镇夏季主导风向的下风侧，应与建筑保持一定距离，并用绿化带与建筑物隔开。

5.5.6 宜选择自然坡度为 0%~3%的洼地或塘，以及未利用土地。

5.5.7 场址应考虑防洪排涝，不宜设计布置在洪水淹没区，必要时采取适宜的防洪措施，人工湿地应符合该地区防洪保准的规定，不受洪水、潮水或内涝的威胁，且不影响行洪安全。

5.5.8 尾水人工湿地出水标高应高于收纳水体常水位，减少受纳水体的回灌。

5.6 总体布置

5.6.1 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。尾水人工湿地净化应设置通向各建（构）筑物和附属建筑物的必要通道。

5.6.2　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，并应与人工湿地保持一定距离。
5.6.3　对并行运行的人工湿地应设均匀配水装置及配套构筑物，各人工湿地系统间宜设可切换的连通管渠或超越管渠。
5.6.4　多单元人工湿地净化系统高程设计应尽量结合自然坡度，采用重力流形式，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。
5.6.5　应综合考虑不同类型人工湿地单元的搭配、水生植物的配置、污染物的去除和景观效果，使工程达到污染物去除效果的同时实现景观质量的提升。
5.6.6　人工湿地净化系统最终出水的设计高程一般高于最高洪水位，以免受洪水的顶托。

6　尾水人工湿地净化系统

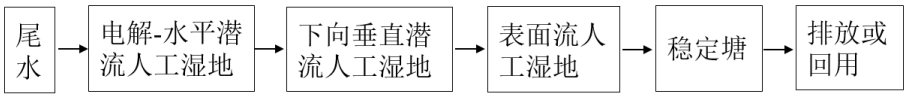
6.1　一般规定

6.1.1　尾水人工湿地净化系统工艺设计应综合考虑处理尾水水量、尾水水质、净化目标、占地面积、建设投资、运行成本、排放标准和稳定性，以及不同地区的气候条件、植被类型和地理条件等因素，并应通过技术经济可行性比选确定适宜的方案。
6.1.2　尾水人工湿地净化系统由多个相同类型或不同类型的人工湿地净化单元构成时，可分为并联式、串联式、复合式等组合方式。
6.1.3　尾水人工湿地净化工程的景观建设应遵循和谐、自然、均衡的原则，并考虑人工湿地净化系统、植物的高度与工程各工艺单元的景观协调。

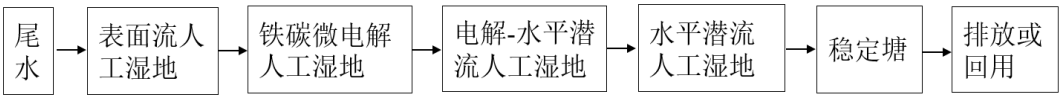
6.2　工艺流程

6.2.1　尾水人工湿地净化系统工艺应根据处理尾水种类、进出水水质要求、处理水量、气候条件、场地条件、景观要求、建设投资和运行成本等多种因素确定人工湿地净化系统的类型。
6.2.2　尾水人工湿地净化工艺流程应在综合比选各种人工湿地净化技术的基础上进行集成、组合，宜采取模块化组合方法，建议在尾水人工湿地净化系统中添加强化脱氮除磷单元及设施，以达到高效净化尾水的目的。
6.2.3　尾水人工湿地净化系统可由一个处理单元构成，也可由多个同类处理单元并联、串联或不同类型人工湿地和稳定塘串联构成。
6.2.4　用于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，当溶解氧不足时，宜在下向垂直潜流人工湿地中设置曝气措施。
6.2.5　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。如果对硝态氮去除率要求高可补充碳源（湿地植物厌氧发酵液碳源或其他碳源）。
6.2.6　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，或添加具有除磷能力的基质。
6.2.7　以去除尾水中难降解的有机污染物如持久性有机污染物为主要目标污染物时，宜采用铁碳微电解人工湿地或电解-水平潜流人工湿地。
6.2.8　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-水平潜流人工湿地进行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大型水生植物，富集重金属的大型水生植物应进行焚烧减容之后安全处置。
6.2.9　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，同时宜增加出水回流措施。

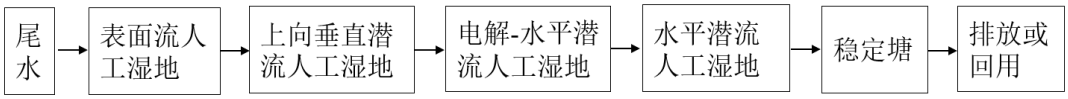
6.2.10　当人工湿地接纳生活污水占总处理污水量≥80%或接纳工业废水占总处理污水量＜20%的污水处理厂尾水时，推荐的基本工艺流程 A 为：



6.2.11　当人工湿地接纳工业废水占总处理污水量≥80%的污水处理厂尾水时，推荐的基本工艺流程 B 为：



6.2.12　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，推荐的基本工艺流程 C 为：



6.3　设计参数

6.3.1　净化尾水的人工湿地面积应按表面 COD_{Cr} 负荷确定，同时应满足水力负荷的要求。

6.3.2　人工湿地净化系统设计尾水进水水量必须考虑各种极限情况，如暴雨、洪水、干旱等，同时应具备 10%~20%的超负荷能力，进水量应可调节。

6.3.3　以去除尾水中氮、磷等污染物为主的人工湿地面积宜根据氨态氮、硝态氮、总氮或总磷负荷进行校核；以去除有机污染为主的人工湿地净化系统面积宜按 COD_{Cr} 负荷和水力负荷进行计算，并应取其设计计算结果中的最大值，同时应满足水力停留时间的要求。

6.3.4　人工湿地涉及的主要设计参数，宜根据试验资料确定；无试验资料时，可参考经验数据或是根据表 1 的数据进行酌情取值。

6.3.5　人工湿地和稳定塘主要设计参数应通过试验或按相似条件下人工湿地和稳定塘的运行经验确定。建议参照 CJJ/T 54、HJ 2005 和 RISN-TG 006 标准中的相关规定。

表1　尾水人工湿地净化系统推荐工艺流程相关设计参数

人工湿地类型	COD_{Cr} 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	30~90	1.0~1.5	1.0	1.0~1.5
水平潜流人工湿地	30~180	1.0~3.0	0.5~1.0	1.0~1.5
垂直潜流人工湿地	90~180	1.5~3.0	0.5~1.0	1.5
电解-水平潜流人工湿地	120~180	2.0~3.0	0.5	1.0~1.5
铁碳微电解人工湿地	60~90	1.5~1.5	1.0	1.0~1.5
稳定塘	90~300	1.5~5.0	1.0~2.0	1.5~2.5

6.4　工艺要求

6.4.1　潜流人工湿地应符合下列要求：

6.4.1.1 水平潜流人工湿地单元面积宜小于 2000 m^2；垂直潜流人工湿地面积宜小于 3000 m^2。
6.4.1.2 潜流人工湿地单元沿水流方向的长宽比宜控制在 2:1~3:1 以下。
6.4.1.3 潜流人工湿地单元宜采用规则的几何形状，长度宜为 50 m ~100 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。
6.4.1.4 潜流人工湿地的水力坡度宜为 0.5%~1%。

6.4.2 表面流人工湿地应符合下列要求：

6.4.2.1 表面流人工湿地单元的长宽比宜控制在 3:1~5:1。
6.4.2.3 表面流人工湿地的水力坡度宜小于 0.5%。

6.4.3 电解-水平潜流人工湿地应符合下列要求：

6.4.3.1 电解-水平潜流人工湿地基质由生物质炭、砾石、生物陶粒和沸石等组成，填料层内设有铁阴极和铁阳极电极。
6.4.3.2 电解-水平潜流人工湿地中供电解反应的光伏电池电压宜为 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。
6.4.3.3 电解-水平潜流人工湿地填料的深度宜为 1.1 m ~1.6 m。
6.4.3.4 电解-水平潜流人工湿地铁电极的更换时间为 6~8 个月。
6.4.3.5 电解-水平潜流人工湿地的水力坡度宜小于 1%。

6.4.4 稳定塘应符合下列要求：

6.4.4.1 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。
6.4.4.2 稳定塘总进水口处，应采用溢流形式进水，并应设置浮渣挡板。
6.4.4.3 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。进水口宜采用扩散或多点进水方式，出水口应有调整塘内水深的功能。

6.5 基质选择

6.5.1 基质选择应本着就近取材的原则，并且所选基质应达到设计要求的粒径范围；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。
6.5.2 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植物生长。
6.5.3 人工湿地常用的基质有土壤、细砂、砾石、灰渣、火山岩、陶粒、沸石、砂石、页岩、高炉渣和褐铁矿等。
6.5.4 人工湿地基质可根据污染物处理要求的不同，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、铝矾土、页岩、粉煤灰、高炉渣和陶粒等基质的比例，实现尾水氮磷的强化去除。
6.5.5 电解-水平潜流人工湿地基质宜选择生物质炭、砾石、陶粒和沸石等，填料层内可垂直布置电解反应的铁阴极和铁阳极。

6.6 大型水生植物选择

6.6.1 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、容易管理的本土大型水生植物。
6.6.2 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。

6.6.3　人工湿地可选择一种或多种大型水生植物作为优势种搭配栽种，增加大型水生植物的多样性并提升景观效果。
6.6.4　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，维持尾水生态净化效果的长期稳定。
6.6.5　应根据我国南北方地域不同特点选择适宜电解-水平潜流人工湿地的挺水植物，如芦苇、香蒲、蒲苇、菖蒲、千屈菜、西伯利亚鸢尾和旱伞草等。
6.6.6　潜流人工湿地可选择芦苇、蒲草、水葱、香蒲、千屈菜、菖蒲、水麦冬、风车草和灯芯草等挺水植物。
6.6.7　表面流人工湿地可选择菖蒲、灯芯草等挺水植物，睡莲等浮叶植物，以及菹草、苦草、茨藻、金鱼藻、狐尾藻和黑藻等沉水植物。

6.7　集、配水及出水

6.7.1　人工湿地单元宜采用穿孔管、配（集）水管、配（集）水堰、配水井、槽等装置来实现集配水的均匀。
6.7.2　穿孔管、配（集）水管、配（集）水堰等装置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污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%。
6.7.3　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。
6.7.4　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。
6.7.5　根据地形地势、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。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。
6.7.6　人工湿地出水量较大且跌落较高时，应设置消能设施。
6.7.7　人工湿地出水应设置排空阀等排空设施。
6.7.8　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。
6.7.9　中小型尾水人工湿地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）。
6.7.10　大型尾水人工湿地净化工程的收集管道宜采用 HDPE 管、钢筋混凝土管或钢管。
6.7.11　管道的最大设计充满度、最小管径和最小设计坡度可按 GB 50014 取值。
6.7.12　管道坡度不能满足设计要求时，可酌情减小，但应有防淤、清淤措施。
6.7.13　垂直潜流人工湿地内可设置通气管，同人工湿地底部的排水管相连接，并且与排水管管径相同。

6.8　湿地植物厌氧发酵液补碳

6.8.1　当尾水中碳源缺乏和冬季脱氮微生物活性低导致脱氮效率下降时，在人工湿地中添加湿地植物厌氧发酵液提高人工湿地的脱氮效果。
6.8.2　湿地植物厌氧发酵液的制作流程是将人工湿地植物收割并粉碎后，以一定的体积比引入尾水并接种适量污水处理厂的厌氧污泥，厌氧发酵后制得。
6.8.3　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大型水生植物。
6.8.4　分析人工湿地植物厌氧发酵液中的总有机碳、有机酸、氮和磷含量，碳:氮:磷的含量比宜为 200~300:5:1。
6.8.5　添加湿地植物厌氧发酵液使尾水中碳:氮比达到 3~5 为宜。

6.9 后处理

6.9.1 尾水人工湿地净化后出水作为再生水回用时，应符合 GB 50335、GB/T 18921 中的相关规定。

6.10 二次污染的防治

6.10.1 定期对表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。
6.10.2 人工湿地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净化系统大型水生植物的病虫害防治。
6.10.3 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-生态滤床吸收处理。恶臭气体排放应符合 GB 14554 中的有关规定。
6.10.4 人工湿地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。
6.10.5 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。
6.10.6 生物填料和基质等需定期更换的废弃物应按 GB 34330、GB 18599 和 HJ 588 进行处理和处置。
6.10.7 人工湿地系统应设置雨水溢流口和排洪沟渠等排洪设施。
6.10.8 人工湿地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处，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、型式和出口流速，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、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。安装光伏电池验收应符合 GB/T 37655 的有关规定。

8.2 工程施工

8.2.1 施工前期准备的主要任务是清除和平整场地。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。夯实过程应满足 JGJ 79 相关要求。

8.2.4 人工湿地应做好地下防渗工作，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 填料铺设过程中应从选料、洗料、堆放和撒料四个方面加以控制，对填料进行级配、清洁，保证填筑材料的含泥（砂）量和填料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大型水生植物基地采购，种植时应有专业人员指导，保持人工湿地内的一定水位。人工湿地大型水生植物种植的时间应根据当地气候特点和大型水生植物的生长特性来确定，宜为春季或初夏。

8.2.7 同批次种植的大型水生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，提高沉水植物的存活率。

8.2.8 人工湿地大型水生植物种植密度可根据植物种类与工程的要求调整，具体密度依据大型水生植物品种确定。

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一般采用包括 UPVC 管、PVC 管、HDPE 管和 PE 管等。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》等相关专业验收的规定进行。

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。

9 长效运行管理

9.1 运行管理

9.1.1 人工湿地处理项目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，预防设备发生功能障碍和故障，保证人工湿地出水水质达标。

9.2 长期运行保障机制

9.2.1 运行经费保障

9.2.1.1 污水处理厂尾水人工湿地净化工程应由相应单位提供资金支持。

9.2.1.2 人工湿地净化系统宜从当地污水处理费用中拨付运行费用以满足运行需要。

9.2.1.3 人工湿地净化系统应充分考虑湿地大型水生植物的资源化利用，条件许可时可栽种具有一定经济价值的大型水生植物，以补偿湿地维护管理费用。

9.2.2 人工湿地大型水生植物的管理

9.2.2.1 根据大型水生植物不同生长期进行田间管理，补种缺苗、勤除杂草。

9.2.2.2 调节人工湿地水位，优化人工湿地大型水生植物的处理负荷，保障人工湿地系统大型水生植物的健康生长。

9.2.2.3 对人工湿地大型水生植物植物进行合理收割，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，不得影响大型水生植物的正常生长和安全越冬。收割宜在生长后期，可以提高氮和磷的去除率。

9.2.2.4 冬季宜采取大型水生植物覆盖、空气加冰层、增加滤层厚度、提高人工湿地池体超高等方法，防止大型水生植物冻伤。

9.2.2.5 加强人工湿地大型水生植物的病虫害防治，不宜大规模使用杀虫剂，防止引入新的污染物。

9.2.2.6 夏季大型水生植物移栽期间，可加大人工湿地的水力负荷，防止温度过高的危害。

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

9.2.3 人工湿地设施的运行管理

9.2.3.1 进出水装置的维护管理，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。

9.2.3.2 结合日常监测数据，注意观察人工湿地进水的处理情况，严格控制进水的悬浮物浓度，避免人工湿地填料床堵塞，必要时局部更换人工湿地基质或排空轮休等。

9.2.3.3 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。

9.2.3.4 优化控制人工湿地的运行水位，促进大型水生植物生长。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。

9.2.3.5 对尾水输送管道、沟渠、集水和排水装置进行定期清淤维护与处理单元堤坝的维修。

9.2.3.6 冬季应防止布水、通气管道冻结或破裂。

9.2.3.7 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，应及时更换使用备用设备。

9.3 运行监测

9.3.1 水质应急监测系统。应加强对系统各单元的进水、出水水质进行监测，监测项目主要包括水位、pH、悬浮物、COD_{Cr}、氨氮、总氮、总磷、透明度、叶绿素 a、电导率和大肠菌群等，监测频次宜为每周一次。有条件的可设置在线监测系统。

9.3.2 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，不宜低于每周一次。

9.3.3 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 pH 值和电导率等项目的监测频次。

9.3.4 在日常进、出水水质管理的基础上采取例行监测制度，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，并据此评估处理设施的处理效果。

9.4 持续改进

9.4.1 应对尾水人工湿地净化系统长期运行管理过程中逐渐显露的问题采取持续改进措施，以保障其出水水质稳定达标。