ICS 13.020.01
CCS P 00/09

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 4883—2024

人工湿地工程技术标准

Technical standards of constructed wetland

2024-10-28 发布　　2025-05-01 实施

江苏省市场监督管理局
江苏省住房和城乡建设厅　发布
中 国 标 准 出 版 社　出版

目　　次

前言 ……Ⅲ
1　范围 ……1
2　规范性引用文件 ……1
3　术语和定义 ……2
4　现状调查 ……3
4.1　一般规定 ……3
4.2　资料收集 ……3
4.3　现场调研 ……4
5　总体设计 ……4
5.1　设计水量与水质 ……4
5.2　选址与总体布置 ……6
5.3　工艺流程 ……6
6　工艺设计 ……7
6.1　预处理 ……7
6.2　潜流人工湿地 ……7
6.3　表面流人工湿地 ……9
6.4　水生生物塘 ……10
6.5　植物选择 ……10
6.6　工程强化措施 ……11
6.7　防渗设计 ……11
6.8　消毒及回用 ……11
7　生态构建设计 ……12
7.1　一般规定 ……12
7.2　湿地水文水系设计 ……12
7.3　动植物生境设计 ……12
7.4　湿地动植物设计 ……13
8　辅助工程设计 ……13
8.1　景观工程 ……13
8.2　道路工程 ……14
8.3　电气工程 ……14
8.4　建筑与结构 ……14
8.5　给水、排水和消防 ……14

8.6 其他辅助工程 ……14
9 工程施工……15
9.1 一般规定 ……15
9.2 防渗层 ……15
9.3 填料充填 ……15
9.4 植物栽种 ……16
10 工程验收 ……16
10.1 一般规定 ……16
10.2 质量验收 ……16
10.3 竣工环境保护验收 ……17
10.4 竣工验收 ……17
11 运行维护 ……17
11.1 一般规定 ……17
11.2 调试期和试运行期 ……17
11.3 日常运行维护 ……18
11.4 人工湿地防堵 ……18
11.5 低温运行 ……19
11.6 运行监测与记录 ……19
11.7 运行安全 ……19
附录A(规范性) 人工湿地基础资料收集调查清单 ……20
附录B(资料性) 水生植物配置参考表 ……21
附录C(规范性) 人工湿地工程单位、分部、分项工程的划分 ……23
附录D(规范性) 人工湿地常见运行异常情况及建议措施 ……24

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。

本文件由江苏省住房和城乡建设厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：南京市市政设计研究院有限责任公司、东南大学、南大（常熟）研究院有限公司、江苏和合水环境有限公司、安徽普氏生态环境有限公司、江苏河马井股份有限公司。

本文件主要起草人：孔宇、杨小丽、聂泽宇、汪丽、成昌艮、陈浩、陈小峰、杨棠武、张宁迁、周敏伟、高广灿、岳志轩、梁文伯、顾澄。

人工湿地工程技术标准

1 范围

本文件规定了人工湿地工程的现状调查、总体设计、工艺设计、生态构建设计、辅助工程设计、工程施工、工程验收和运行维护。

本文件适用于达标排放的污水处理厂(站)尾水、微污染河水、初期雨水及类似性质低污染水的人工湿地水质净化工程,可作为人工湿地水质净化工程设计、施工、验收和运维的技术依据。

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/T 14685 建设用卵石、碎石

GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则

GB 50003 砌体结构设计规范

GB/T 50010 混凝土结构设计标准

GB/T 50011 建筑抗震设计标准

GB 50013 室外给水设计标准

GB 50014 室外排水设计标准

GB 50015 建筑给水排水设计标准

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50034 建筑照明设计标准

GB 50052 供配电系统设计规范

GB 50053 20 kV 及以下变电所设计规范

GB 50054 低压配电设计规范

GB 50069 给水排水工程构筑物结构设计规范

GB 50140 建筑灭火器配置设计规范

GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范

GB 50201 防洪标准

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准

GB 50203 砌体结构工程施工质量验收规范

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/T 50252 工业安装工程施工质量验收统一标准

GB 50265 泵站设计标准

GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范

GB 50334 城镇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 55007　砌体结构通用规范
GB 55008　混凝土结构通用规范
GB 55026　城市给水工程项目规范
GB 55027　城乡排水工程项目规范
GB 55036　消防设施通用规范
CJ/T 43　水处理用滤料
CJJ 60　城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程
CJJ 82　园林绿化工程施工及验收规范
CJJ 113　生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范
CJJ/T 285　一体化预制泵站工程技术标准
HJ/T 91　地表水和污水监测技术规范
HJ 91.1　污水监测技术规范
HJ 353　水污染源在线监测系统(CODCr、NH_3-N 等)安装技术规范
HJ 355　水污染源在线监测系统(COD、NH_3-N 等)运行技术规范
HJ 493　水质采样　样品的保存和管理技术规定
HJ 494　水质采样技术指导
JGJ 79　建筑地基处理技术规范
SC/T 9401　水生生物增殖放流技术规程
SL 18　渠道防渗工程技术规范
SL/T 712　河湖生态环境需水计算规范
DB32/T 3405　生态修复型人工湿地中植物配置技术规程

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

人工湿地　constructed wetland

模拟天然湿地的结构与功能,利用填料与水生植物、动物和微生物,人工设计和建造的具有水质净化和生态安全缓冲功能的工程。

注:本文件所述人工湿地类型包括点源处理型、面源控制型、尾水提升型、河湖净化型和生态恢复型五类。

3.2

人工湿地系统　constructed wetland system

包括预处理工艺、主体工艺单元及相关辅助工程等,人工构建的水处理系统。

3.3

生态安全缓冲功能　ecological security buffer function

生态空间具有的消纳、降解和净化环境污染,抵御、缓解和降低生态影响的效能。

注:常见的生态安全缓冲功能包括涵养水源、维护生物多样性、稳定生态功能与碳中和等。

3.4

微污染河水　micro-polluted river

受到污染,主要水质指标劣于 GB 3838 中Ⅳ类水质标准,但不劣于水污染物排放标准的河水。

3.5

低污染水　low-polluted water

达标排放的污水处理厂出水、微污染河水、面源污染水体等类似性质的水。

3.6

前处理　preprocessing

进水在进入人工湿地系统前所进行的处理。

3.7

预处理　pretreatment

为满足工艺总体要求和人工湿地主体进水水质要求，在人工湿地主体工艺前设置的曝气塘、沉淀塘、生态滞留塘等工艺。

3.8

点源处理型人工湿地　constructed wetland for point source pollution treatment

对经过前处理的点状排放生活污水及类似点状排放的低污染水进行进一步水质净化，兼顾生态构建的人工湿地，规模通常不大于 200 m^3/d。

3.9

面源控制型人工湿地　constructed wetland for non-point source pollution treatment

对以面源形式排放的污染水体进行水质净化，兼顾生态构建的人工湿地。

3.10

尾水提升型人工湿地　constructed wetland for tailwater of sewage treatment plant

对污水处理厂（站）或处理设施排放的达标尾水进行水质改善和生态提质，具有生态安全缓冲功能的人工湿地。

3.11

河湖净化型人工湿地　constructed wetland for polluted rivers and lakes

在有水质改善需求的河流、湖泊、水库、池塘等水域附近建设的，用以提升微污染地表水水质，强化河湖生态安全缓冲带功能的人工湿地。

3.12

生态恢复型人工湿地　constructed wetland for ecological restoration

在水生态系统受破坏的区域或已腾退的污染区块，通过退渔（田）还湿、种植耐污植物等途径，最大程度恢复健康水生态系统，同时对污染物进行降解和消纳的人工湿地。

3.13

水生态系统构建　construction of constructed wetland ecosystem

在人工湿地中优化生境条件，合理配置植物、动物、微生物，以增加生物多样性、构建稳定水生态系统的过程。

4　现状调查

4.1　一般规定

4.1.1　人工湿地类型应根据进水来源、功能要求等特征综合确定。

4.1.2　设计前应收集规划资料、进水流量、进水水质、国土性质、项目所在地土地利用情况、湿地退水水质要求、环境改善需求等资料，并应根据人工湿地类型收集专项资料。人工湿地资料收集调查清单应按附录 A 要求执行。

4.2　资料收集

4.2.1　人工湿地基础资料包括人工湿地进出水要求、政策规划资料、周边河道、退水排放区域现状及项目所在地生态系统现状等。

4.2.2 人工湿地进出水资料应包括进水水质与水量、排口位置、排放时间、排放方式、排放去向、排放规律、排放频率和排放标准等。

4.2.3 政策规划资料应包括项目所在地的国土空间规划、城市总体规划和控制性详细规划等，以及排水、生态环境保护、海绵城市、防洪排涝等专项规划。

4.2.4 项目所在地环境资料应包括：

a） 地形地貌、地质、地下水、气候和水文等信息；

b） 饮用水源地、生态保护红线、自然保护区、重要湿地、风景名胜区及所在区域内基本农田、林地、居民区等环境敏感区分布信息；

c） 受纳水体的水域环境功能和保护目标，及受纳水体的防洪、排涝等方面的要求。

4.2.5 项目所在地生态系统现状资料宜包括生物的生存环境、种类、数量、结构、分布等，重点区域宜收集入侵物种和特色物种种类、分布及影响情况等资料。

4.2.6 点源处理型人工湿地应收集村庄及乡镇规模、区域内常住人口、用水排污习惯、生活用水量及污水量、排水管网及住户分布等资料，同时应收集区域内工业、企业、小作坊的分布、类型及数量等资料。

4.2.7 面源控制型人工湿地应收集汇水面积、下垫面类型、降雨等资料，并应根据面源污染类型收集相关资料。

4.2.8 尾水提升型人工湿地应收集污水处理厂（站）或处理设施的设计水量、处理工艺、排放水质标准、实际排放水质和水量、排口论证报告、设计图纸、运行台账等资料。

4.2.9 河湖净化型人工湿地应收集河湖水污染物的来源、河湖水位、河湖流量与流速、河湖流向、河湖水质、河湖环境容量、闸坝运行调度规则等资料。

4.2.10 生态恢复型人工湿地应收集项目所在地的历史变迁资料、水生态受损事件调查、环境评估报告等资料。

4.3 现场调研

4.3.1 根据人工湿地的项目具体情况和实际调查需求，设计前应开展项目现场调研。

4.3.2 现场调研宜复核前期收集到的资料，并调研现状地形地貌、现有生态系统、管线、河道等情况。

4.3.3 现有生物的现场调研内容宜包括生物种类、数量、分布面积、密度等。

4.3.4 管线的现场调研内容宜包括管线种类、管位、埋深、布局、附属设施等。

4.3.5 河道的现场调研内容宜包括河道流量、河道水质、河道宽度、河道深度、滩地宽度、驳岸形式、水利设施、河道考核断面情况等。

4.3.6 用地现状的现场调研内容宜包括土地实际使用情况、地形地貌、构（建）筑物、周边环境等。

4.3.7 点源处理型人工湿地应调研用地现状、意向选址、现状污水处理情况、污水设施运行现状等现场情况。

4.3.8 面源控制型人工湿地应调研实际用地选址、地表径流流向、面源污染实际排放方式、面源污染实际水质等现场情况，必要时可实测地表径流量、泥沙流失量等数据。

4.3.9 尾水提升型人工湿地应调研实际运行水量、进出水水质、运行工艺、风险状况、尾水排放口位置及标高等现场情况。

4.3.10 河湖净化型人工湿地应调研实际河湖水质、河道周边实际排污现状、进出水设施用地选址、设施规模、河湖水利设施等现场情况。

4.3.11 生态恢复型人工湿地应调研污染情况、水系联通情况、生态系统现状等现场情况。

5 总体设计

5.1 设计水量与水质

5.1.1 人工湿地设计水量应符合下列规定：

a） 点源处理型人工湿地的设计水量可按照生活用水量与排放系数的乘积确定，排放系数应结合本底调查确定，难以调查时可按 60%～80% 计算；生活用水量宜按照现状用水量和规划用水量综合确定，缺乏资料时，可按表 1 确定；

表 1 农村生活日用水量参考值

分类		用水量/[L/(人·d)]
按村庄类型	经济条件很好，有独立淋浴、水冲厕所、洗衣机，旅游区	100～120
	经济条件好，室内卫生设施较齐全	70～100
	经济条件较好，卫生设施较齐全	60～80
	经济条件一般，有简单卫生设施	50～70
按村庄区域	苏南（南京、镇江、常州、无锡、苏州）	70～120
	苏中（南通、扬州、泰州）	60～100
	苏北（徐州、宿迁、连云港、淮安、盐城）	50～80

b） 面源控制型人工湿地的设计水量，应结合实际产水量、污水来源、产生规律、水质改善需求、可利用土地面积、湿地耐冲击负荷能力等因素合理确定；

c） 尾水提升型人工湿地的设计水量宜按照污水处理厂设计规模、建设规划、排放量、回用量等综合确定；

d） 河湖净化型人工湿地的设计水量应考虑处理水体的流量、水质改善需求、可利用土地面积、湿地耐冲击负荷能力等因素合理确定；

e） 生态修复型人工湿地需满足最小生态环境需水量要求，可根据 SL/T 712 计算。

5.1.2 人工湿地进水水质应根据处理对象、监测数据、当地水污染物排放标准、湿地处理能力等因素综合确定，并应符合下列规定：

a） 点源处理型人工湿地进水宜经过前处理，进水水质应根据前处理实测出水水质确定，无法实地监测时，可参照周边相同性质村庄及小城镇的污水水处理设施出水水质确定，缺乏参照资料时，可按照国家和江苏省有关标准确定；

b） 面源控制型人工湿地宜经过预处理，预处理单元进水水质应根据现状调查、实际监测水质及预测水质综合确定；数据获取困难时，宜参照同类污水水质数据确定；

c） 尾水提升型人工湿地进水水质，应按照污水处理厂（站）及处理设施的实际出水水质、国家和当地的水污染物排放标准综合确定；缺乏实际出水水质时，宜按照污水厂设计出水水质确定；

d） 河湖净化型人工湿地进水水质，应根据水体现状调查水质及预测水质综合确定；

e） 生态修复型人工湿地需要引入客水时，引水水质应满足工程实施范围内水环境功能区或水功能区的要求。

5.1.3 点源处理型、面源控制型人工湿地宜设置预处理单元，预处理出水水质指标应符合后续人工湿地主体工艺要求，具体出水水质指标可按表 2 确定。

表 2 预处理系统出水水质指标

指标	人工湿地主体工艺		
	表面流人工湿地	水平潜流人工湿地	垂直潜流人工湿地
COD/(mg/L)	≤80.0	≤100.0	≤100.0
BOD_5/(mg/L)	≤40.0	≤50.0	≤50.0

表 2　预处理系统出水水质指标（续）

指标	人工湿地主体工艺		
	表面流人工湿地	水平潜流人工湿地	垂直潜流人工湿地
SS/(mg/L)	≤50.0	≤30.0	≤20.0
NH_3-N/(mg/L)	≤10.0	≤15.0	≤15.0
TN/(mg/L)	≤15.0	≤20.0	≤20.0
TP/(mg/L)	≤1.0	≤1.0	≤1.2
pH	6.0～9.0		

5.1.4　人工湿地出水水质应根据受纳水体的水功能区划、水环境容量、水污染物排放标准、水生态系统构建、社会经济情况、用户需求等因素综合确定。

5.2　选址与总体布置

5.2.1　人工湿地的选址应符合下列规定：

a）　人工湿地选址应遵循当地城市规划和其他专项规划，并综合考虑用地性质、水文条件、水利设施布局、地形地貌、地下水与土壤、交通、再生水回用等影响因素；

b）　场址选择应符合GB 50201及相关防洪排涝的规定，应不受洪水、潮水或内涝的威胁，且不影响行洪安全；

c）　人工湿地宜优先利用池塘、绿地、贫瘠地、低洼地、沼泽、滩涂、盐碱地和废弃河道等闲置用地进行建设；潜流人工湿地不应设置在蓄滞洪区、易淹没区；

d）　人工湿地宜靠近处理对象、受纳水体或回用地点，兼顾施工、运维和管理需求。

5.2.2　人工湿地总体布置应根据各建(构)筑物的功能和工艺流程要求，结合地形、气象和地质条件，综合考虑进出水位置、成本、施工、运维和已有构筑物的衔接等因素，经技术经济比较后综合确定，并应符合下列规定：

a）　人工湿地系统中建(构)筑物宜集中布置，构筑物间距应紧凑、合理，并应满足各建(构)筑物的施工、设备安装、管道埋设及运维管理的要求；

b）　生产管理建筑物和生活设施宜集中布置，位置和朝向应合理，并应和处理构筑物保持一定距离；

c）　人工湿地竖向设计应符合排水通畅、能耗低和土方平衡的要求；系统内水流宜采用重力流，不具备条件时宜一次提升；

d）　人工湿地宜设置便于后期管理的管护道路、管理用房、在线监测仪表等，可因地制宜设置公众体验、休闲娱乐、科普宣传等配套设施；

e）　人工湿地设施形态和植物种类配置，应在满足处理要求的基础上，与周边自然景观相协调。

5.3　工艺流程

5.3.1　人工湿地工艺单元包括预处理、潜流人工湿地、表面流人工湿地、水生生物塘等。人工湿地工艺流程可采用单一工艺单元，也可采用多个工艺单元形成并联式、串联式、混合式等组合方式。

5.3.2　根据湿地类型不同，人工湿地工艺可按下列规定选取：

a）　点源处理型人工湿地，可选择“预处理＋潜流人工湿地＋表面流人工湿地或水生生物塘”工艺，用地紧张时可不设置表面流人工湿地或水生生物塘；

b）　面源控制型人工湿地根据处理对象不同，可选择“源头控制＋过程拦截＋末端处理”的工艺处

理，末端处理设施宜采用表面流人工湿地或水生生物塘为主体工艺；

c） 尾水提升型人工湿地宜选择“潜流人工湿地＋表面流人工湿地或水生生物塘”或“曝气塘＋表面流人工湿地或水生生物塘”工艺，用地紧张时可只设置潜流人工湿地；

d） 河湖净化型人工湿地宜选择表面流人工湿地或水生生物塘为主的工艺，用地紧张或水质较差，且水质净化目标要求较高时宜选择潜流人工湿地，潜流人工湿地前应设置沉淀单元。

5.3.3 人工湿地处理工艺流程应根据功能定位和分类、进出水水质、建设规模、用地面积、地形特点、气候条件、工程投资、景观要求等因素，通过技术经济比选确定。

5.3.4 人工湿地工艺设计参数的选取应按照本文件的规定，并应符合国家和江苏省有关人工湿地的技术要求。组合式人工湿地综合工艺设计参数宜通过试验或按相似条件下人工湿地的运行经验确定。采用工程强化措施的人工湿地设计参数应经充分论证后确定。

6 工艺设计

6.1 预处理

6.1.1 预处理工艺的选择应综合考虑进水水量水质、人工湿地类型等因素，满足人工湿地主体单元的进水要求。

6.1.2 人工湿地的预处理工艺设计应符合 GB 50335 和 GB 50014 中的有关规定。

6.1.3 点源处理型人工湿地进行预处理时宜采用曝气塘、生物接触氧化法等。

6.1.4 面源控制型人工湿地进行预处理时宜采用沉砂池、沉淀塘等。

6.1.5 尾水提升型人工湿处理的污水厂出水采用加氯消毒工艺时，宜采用曝气塘，对加氯消毒的尾水进行预处理。

6.1.6 河湖净化型人工湿地进行预处理时宜采用格栅、沉淀塘、生态砾石床、生态滞留塘等。

6.1.7 曝气塘、沉淀塘作为预处理的主要工艺，工艺设计参数宜通过试验或按相似条件下的运行经验确定，无上述资料时，曝气塘水深宜为 1.5 m～3.5 m，水力停留时间宜为 0.5 d～1.5 d；沉淀塘水深宜为 2.0 m～3.0 m，水力停留时间宜为 0.5 d～1.0 d。

6.1.8 人工湿地进水如有其他特征污染物时，宜根据特征污染因子的物化性质设置对应的预处理工艺。

6.2 潜流人工湿地

6.2.1 设计参数

6.2.1.1 潜流人工湿地主要设计参数应通过试验或按相似条件下的运行经验确定。无上述资料时，主要设计参数可按表 3 与表 4 的规定确定。

表 3 水平潜流人工湿地主要设计参数表（一）

项目	点源处理型人工湿地	面源控制型人工湿地	尾水提升型人工湿地	河湖净化型人工湿地
水力停留时间/d	1.00～3.00	1.00～2.50	1.00～2.00	1.00～2.00
表面水力负荷/[$m^3/(m^2 \cdot d)$]	0.30～0.50	0.30～0.50	0.50～1.00	0.50～1.00
COD表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	5.00～12.00	3.00～12.00	3.00～9.00	3.00～10.00
NH_3-N表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	2.00～3.00	2.00～3.00	1.50～2.50	1.50～2.50
TN表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	3.00～6.00	2.00～6.00	1.50～4.50	1.50～5.00
TP表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	0.10～0.20	0.10～0.20	0.04～0.15	0.04～0.15

表 4　水平潜流人工湿地主要设计参数表(二)

项目	点源处理型人工湿地	面源控制型人工湿地	尾水提升型人工湿地	河湖净化型人工湿地
水力停留时间/d	1.00～2.50	1.00～2.50	0.80～1.50	0.80～2.00
表面水力负荷/[$m^3/(m^2 \cdot d)$]	0.40～0.80	0.40～1.00	0.60～1.20	0.60～1.20
COD表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	7.00～15.00	5.00～15.00	5.00～12.00	5.00～13.00
NH_3-N表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	3.00～4.00	2.00～4.00	2.00～3.50	2.00～3.50
TN表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	4.00～8.00	2.50～8.00	3.00～8.00	2.50～7.00
TP表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	0.10～0.25	0.15～0.20	0.06～0.20	0.10～0.20

6.2.1.2　水平潜流人工湿地几何尺寸设计,应符合下列要求:

a)　单个单元面积不宜大于2 000 m^2,多个处理单元并联时,其单个单元面积宜平均分配;

b)　处理单元长度宜取20 m～50 m,长宽比宜为3∶1～10∶1,可根据地形、集布水需要和景观设计等确定具体形状;

c)　水平潜流人工湿地的底面坡度、水力坡度宜为0～0.5%;

d)　水深宜为0.6 m～1.6 m,超高宜取0.3 m。

6.2.1.3　垂直潜流人工湿地几何尺寸设计,应符合下列要求:

a)　单个单元面积宜小于1 500 m^2,多个处理单元并联时,其单个单元面积宜平均分配;

b)　处理单元的长宽比宜为1∶1～3∶1,可根据地形、集布水需要和景观设计等确定形状;

c)　水深宜为0.8 m～2.0 m,超高宜取0.3 m。

6.2.2　集、配水及出水

6.2.2.1　人工湿地进水应设置防止水量冲击的溢流或分流设施。

6.2.2.2　潜流人工湿地宜采用穿孔管、配(集)水管、配(集)水堰和穿孔墙等可使进出水均匀的配(集)水形式。进水系统应便于清理,宜设置过滤防护设施。

6.2.2.3　垂直潜流人工湿地采用穿孔管配水时,应符合下列要求:

a)　穿孔管的长度应与人工湿地单元的宽度大致相等,管孔密度均匀,管孔尺寸和间距根据进水流量和进出水水力条件核算,管孔间距不宜大于1 m,且不宜大于人工湿地单元宽度的10%;

b)　穿孔管应均匀布置于滤料层上部或底部,穿孔管内流速宜为1.5 m/s～2.0 m/s,配水孔宜斜向下45°交错布置,孔径宜为5 mm～10 mm,孔口流速宜大于1 m/s;

c)　配水管支管间距宜为1 m～2 m;

d)　穿孔管位于填料层底部时,周围宜选用粒径较大的填料,且粒径应大于穿孔管孔径。

6.2.2.4　人工湿地内宜设置通气管同人工湿地底部的排水管相连接。通气管管径宜与排水管相同,管顶部应设置防止杂物进入的保护罩。

6.2.2.5　人工湿地出水可采用沟排、管排等方式,并设带水位调节功能的溢流堰、闸门、管道等设施。

6.2.2.6　人工湿地处理单元构筑物宜在构筑物的最低处设置放空设施。

6.2.2.7　人工湿地进水、出水有较大跌落时,应设置消能、防冲刷设施;人工湿地出水直接进入地表水体时,应设置防倒灌措施。

6.2.2.8　人工湿地进、出水管道宜具有一定的抗压强度和耐腐蚀性能,优先选用PE管,可选用钢管、UPVC给水管材、HDPE管等,管材应符合国家相关标准规定。

6.2.3 填料

6.2.3.1 人工湿地填料的选择应符合下列要求：

a) 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孔隙率及表面粗糙度的填充物，主要技术指标应符合CJ/T 43及GB/T 14685中的有关规定；

b) 填料应经济易得、处理高效、安全无毒，宜优先筛选对主要污染物去除能力较强的本地材料；

c) 填料初始孔隙率宜控制在35%～50%。

6.2.3.2 人工湿地宜组合配置不同填料，填料的组合、理化性质、填充方式等可按试验结果或按相似条件下的实际工程经验设计。

6.2.3.3 当需要提高人工湿地对氮磷的去除率时，可铺设具有脱氮、吸磷功能的填料，其填充量和级配应通过试验确定，并应符合下列要求：

a) 脱氮要求较高的人工湿地，可选择活性炭、沸石、新型生物填料等，脱氮填料的种类及用量应通过试验确定；

b) 脱氮填料宜选用孔隙度较高、粒径较小、比表面积较大的填料；对于脱氮要求较高的情况，可配合人工曝气、加入特定微生物等方式进一步增强脱氮效果；

c) 吸磷填料宜采用含钙、镁较为丰富的高炉炉渣、钢渣、粉煤灰陶粒、石灰石、多孔混凝土填料等，吸磷填料的种类及用量宜通过试验确定；

d) 吸磷填料宜布置在人工湿地中下层或末端，级配应与主体填料级配基本一致；宜选用孔隙度较高、附着性能良好的吸磷填料，且应便于清理和置换。

6.2.3.4 人工湿地填料的布置应符合下列要求：

a) 水平潜流人工湿地的填料铺设区域分为进水区、主体区和出水区，进水区与出水区长度比宜为1∶1；进水区、出水区填料层粒径宜为20 mm～50 mm，主体区填料层粒径宜为10 mm～20 mm；

b) 垂直潜流人工湿地填料一般可分为主体层、过渡层、排水层，主体层粒径宜为5 mm～10 mm，过渡层粒径宜为10 mm～20 mm，排水层粒径宜为20 mm～50 mm；

c) 宜在管道布水范围内局部铺设厚50 mm的覆盖层，覆盖厚度宜将管道全部覆盖并四周留有余量。

6.3 表面流人工湿地

6.3.1 表面流人工湿地主要设计参数应通过试验或按相似条件下的运行经验确定。无上述资料时，主要设计参数可按表5的规定确定。

表5 表面流人工湿地主要设计参数

项目	点源处理型人工湿地	面源控制型人工湿地	尾水提升型人工湿地	河湖净化型人工湿地
处理单元长宽比	＞3∶1			
水深/m	0.3～2.0			
水力坡度/%	＜0.5			
表面水力负荷/[$m^3/(m^2 \cdot d)$]	0.03～0.10	0.03～0.15	0.05～0.10	0.03～0.20
COD表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	2.50～6.00	2.00～6.00	0.80～5.00	0.80～6.00
NH_3-N表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	0.20～0.80	0.10～0.80	0.04～0.50	0.04～0.80
TN表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	0.20～1.00	0.10～1.00	0.08～1.00	0.10～1.00
TP表面负荷/[$g/(m^2 \cdot d)$]	0.03～0.10	0.03～0.10	0.02～0.08	0.01～0.10

6.3.2 表面流人工湿地几何尺寸设计，应符合下列要求：

a） 单个处理单元面积不宜大于3 000 m^2，可根据实际地形，在避免出现死水区的前提下，因地制宜设计处理单元面积及形状；

b） 水深应与水生植物配置协调，一般为0.3 m～2.0 m，平均水深不宜超过0.6 m，超高应大于风浪爬高，且宜大于0.5 m；

c） 表面流人工湿地宜分区设置，一般分为进水区、处理区和出水区。处理区宜设置一定比例的深水区，宜控制在30％以内，深水区水深宜为1.5 m～2.5 m。

6.3.3 表面流人工湿地可采用单点、多点和溢流堰布水，可采用类似折板的围堰或横向的深水沟进行导流，并通过控制底面平整性及植物密度来优化湿地的布水均匀性。

6.3.4 表面流人工湿地应设置防止大水量冲击时的溢流或分流设施。

6.3.5 进水口和出水口的水流平均速度宜小于0.2 m/s。

6.3.6 表面流人工湿地集、配水及出水应符合6.2.2.5～6.2.2.8的规定。

6.4 水生生物塘

6.4.1 水生生物塘的主要工艺设计参数应通过试验或按相似条件下的运行经验确定，无上述资料时，主要设计参数可按表6的规定确定。

表6 水生生物塘主要设计参数

项目	点源处理型人工湿地	面源控制型人工湿地	尾水提升型人工湿地	河湖净化型人工湿地	生态修复型人工湿地
处理单元长宽比	＞3:1				
水深/m	1.0～2.5				
水力停留时间/d	5.0～10.0	3.0～8.0	1.0～3.0	2.0～8.0	2.0～10.0

6.4.2 水生生物塘进水口与出水口处应设置单独的闸门，宜采用对角线布置。

6.4.3 塘与塘之间的过水方式宜采用溢流坝、堰、涵洞或管道。进水口宜采用扩散式或多点进水式，出水口应有调整塘内水深的功能。

6.4.4 在水生生物塘总出水口处，应采用溢流形式过水，并应设置浮渣挡板。当塘出水口水位与下游排水设施有较大跌落差时，出水口处应设置消能设施。

6.5 植物选择

6.5.1 人工湿地系统中的植物配置可按照DB32/T 3405确定，常见水生植物配置可按附录B执行。

6.5.2 人工湿地系统中的植物宜选用本土植物，不应选用入侵物种，审慎选用外来物种。

6.5.3 点源处理型人工湿地、尾水提升型人工湿地应考虑水生植物对氮磷的去除能力、耐污能力等因素，结合工程区域的水质现状进行合理选择；面源控制型人工湿地应选择适应旱涝环境的水生植物。

6.5.4 人工湿地可选择一种或多种植物作为优势种搭配栽种，增加植物的多样性和景观效果。根据湿地水深合理配植挺水植物、浮水植物和沉水植物，并根据季节合理配植不同生长期的水生植物。

6.5.5 人工湿地中植物种植密度应根据植物种类与工艺类型合理确定，不同种类植物种植密度可按表7的规定确定。在用地受限或进水悬浮物浓度较高时，可采取高密植单元。

表 7　湿地植物类型及植物种植密度

植物类型	植物名称及种植密度
挺水植物	再力花1丛/m^2～2丛/m^2、花叶芦竹12丛/m^2～16丛/m^2、香蒲20丛/m^2～25丛/m^2、慈姑10丛/m^2～16丛/m^2、黄菖蒲20丛/m^2～25丛/m^2、水葱15丛/m^2～20丛/m^2、千屈菜16丛/m^2～25丛/m^2、泽泻16丛/m^2～25丛/m^2、芦苇16丛/m^2～20丛/m^2、野芋16株/m^2
浮水植物	水鳖60株/m^2～80株/m^2、睡莲1头/m^2～2头/m^2、萍蓬草1头/m^2～2头/m^2、荇菜20株/m^2～30株/m^2、莼菜10株/m^2～16株/m^2等
沉水植物	苦草40丛/m^2～50丛/m^2、眼子菜20丛/m^2～30丛/m^2、黑藻25丛/m^2～36丛/m^2、狐尾藻20丛/m^2～30丛/m^2等
湿生植物	斑茅1丛/m^2、蒲苇1丛/m^2、砖子苗20丛/m^2～25丛/m^2、红蓼2株/m^2～4株/m^2、野荞麦6丛/m^2～10丛/m^2等

6.6　工程强化措施

6.6.1　预处理可采用立体浮动湿地、强化型生物接触氧化、高效微生物菌剂、生态净水材料、微纳米曝气等措施强化处理效果。

6.6.2　潜流人工湿地可采取辅助充氧、增加功能性填料、补充缓释碳源等措施强化处理效果。

6.6.3　表面流人工湿地可采取辅助充氧、增加导流设施、功能性填料等工程措施强化处理效果。

6.7　防渗设计

6.7.1　点源处理型人工湿地、尾水提升型人工湿地应采取防渗措施，河湖净化型人工湿地、面源控制型人工湿地，必要时可采取防渗措施，生态修复型人工湿地可不采取防渗措施。

6.7.2　人工湿地防渗措施应根据污水性质和地质情况，并结合施工、经济条件和工期等多方面因素来确定。

6.7.3　采取防渗措施时，应在湿地底部和侧面进行防渗，当人工湿地建设场地的土壤渗透系数小于 1×10^{-6} m/s 且厚度大于 50 cm，可不做专项防渗处理。

6.7.4　人工湿地防渗可采用黏土碾压法、三合土碾压法、土工膜法、塑料薄膜法和混凝土法等方法，并应符合下列规定：

a）　黏土碾压法的黏土碾压厚度应大于0.5 m，有机质含量应小于5%，压实度应控制在90%～94%之间；

b）　三合土碾压法的石灰粉、黏土、砂子或粉煤灰的体积比应为1∶2∶3，厚度可根据地下水位和湿地水位确定，但不应小于0.2 m；

c）　土工膜法应采用两布一膜400 g/m^2～700 g/m^2形式的复合土工膜，膜底部基层应平整，不应有尖硬物，膜的接头应粘接，膜与隔墙和外墙边的接口可设锚固沟，沟深应大于或等于0.6 m，并应采用黏土或素混凝土锚固；

d）　塑料薄膜法的薄膜厚度应大于1.0 mm，宜采用PE、PVC等材料的薄膜，薄膜需现场粘结和锚定时，连接处厚度应大于1.0 mm；

e）　混凝土法的混凝土强度等级应大于C15，厚度宜大于0.15 m。

6.8　消毒及回用

6.8.1　人工湿地出水有回用要求时，宜根据回用水水质要求增加消毒设施，应符合 GB 50014 中的有关规定。

6.8.2 尾水提升型人工湿地的进水应注意消毒方式的选择和消毒剂余量的限值，宜优先采用紫外消毒。当采用氯消毒时，宜控制余氯含量不超过 1.0 mg/L。

6.8.3 人工湿地处理出水宜回用于农田、绿化用地浇灌和自然湿地的补充水，应满足相应的再生水回用要求。

7 生态构建设计

7.1 一般规定

7.1.1 点源处理型、面源控制型、尾水提升型人工湿地在不影响净化效果的前提下，宜在表面流人工湿地、水生生物塘等区域进行生态构建设计；河湖净化型、生态修复型人工湿地应进行生态构建设计。

7.1.2 生态构建设计应遵循自然性、多样性、可行性和系统性原则。

7.1.3 生态构建设计主要包括湿地水文水系设计、动植物生境设计、湿地动植物设计。

7.1.4 生态构建设计应以提高区域生物多样性为目标，优先选用本土物种，不应引入外来入侵物种。

7.2 湿地水文水系设计

7.2.1 湿地水系应保持畅通，不应产生死水区。在人为或自然干扰下形成的孤立区域，应设置水系连通通道；对于淤积严重的区域，应进行清淤疏浚。

7.2.2 湿地可利用水位调控设施，调控不同水位，满足不同时段的湿地动植物栖息需求，可利用泵站等输水设施，保证湿地水量。

7.2.3 湿地生态环境需水量可根据 SL/T 712 计算。

7.3 动植物生境设计

7.3.1 湿地岸坡在确保安全的前提下，宜采用自然缓坡，并应符合下列规定：

a) 湿地岸坡采用自然缓坡的，坡度不宜大于1∶3，岸坡宜采用自然植被护坡；
b) 土壤松散、易受侵蚀等需进行岸带防护的区域，宜优先采用排桩结构、生态砌块、石块或者石笼等生态护坡形式；
c) 现状硬质岸带宜改造为生态岸带，无法改造时，应采用抛石、生态袋、垂直绿化植物进行生态处理。

7.3.2 湿地开阔水面宜设置浅滩生境，并应符合下列规定：

a) 浅滩宜在临近水面起伏不平的开阔地段营造；
b) 浅滩坡度宜在10°～15°之间，宽度不宜小于5 m，常水位下淹水深度宜为10 cm～30 cm；
c) 浅滩地表可设计沼生植被或裸露的沙石滩，砂石滩厚度宜大于50 cm。

7.3.3 湿地连通水域具备条件时，宜设置深水区，并应符合下列规定：

a) 深水区水深应大于2 m，深水区水深宜为1.5 m～2.5 m，一般控制在30％以内；
b) 深水区地形宜以凹形为主，宜营建不同水深的生境系统；
c) 深水区内可增加人工鱼巢、人工鱼礁、水下暗堤等设施。

7.3.4 湿地开阔水面宜设置生境岛，并应符合下列规定：

a) 生境岛在常水位下应露出水面，并与岸上区域隔离，生境岛出露水面高度宜为0.5 m～1.5 m，岸带坡度宜小于1∶3；
b) 生境岛总面积占连通水域面积不宜超过10％；
c) 生境岛宜种植引鸟植物，构造人工鸟巢。

7.4 湿地动植物设计

7.4.1 湿地植物设计应形成“沉水植物、漂浮植物、浮叶植物、挺水植物、湿生植物、草本植物、灌木、乔木”的多级植物缓冲带，不同区域设计应符合下列规定。

a） 水生植物设计，宜根据适宜水深种植沉水植物和浮叶植物，水深1.0 m～2.0 m时，宜设计沉水植物，常用沉水植物包括苦草、黑藻、马来眼子菜等；水深0.5 m～1.0 m时，宜设计浮叶植物带，常用浮叶植物包括睡莲、荇菜、水鳖、萍逢草等。浮叶植物面积不宜超过30%。

b） 生境岛植物设计，宜根据不同鸟类喜好，选取有利于鸟类筑巢、觅食、避险的植物，可选择垂柳、水杉等为鸟类提供筑巢环境的乔木，可选择樱花、枇杷、石榴等为鸟类提供食物的乔木，可选择有利于鸟类避险的芦苇、菖蒲、水葱等水生植物。

c） 浅滩植物设计，宜选配低矮的湿生植物或挺水植物，如芦苇、芦竹、菖蒲、香蒲、千屈菜、再力花、红蓼等。

d） 岸坡植被设计，水面以上宜设置湿生乔灌草组合，湿生乔木可选择垂柳、水杉等，湿生灌木可选择彩叶妃柳、紫穗槐、红叶石楠等，草本植物可选择狗牙根、二月兰等，水面以下宜设置水生植物，可参考浅滩植物设计和水面植物设计。

e） 湿地岸带宜设置植物缓冲带，应根据不同植物种对光的适应差异，形成林下垂直空间上的乔灌草分层格局。

7.4.2 湿地动物设计应符合下列规定：

a） 湿地动物种群修复可采用生境修复、增殖放流、野外放归、食物补充等措施，增殖放流和野外放归应优选本土动物，增殖放流技术应符合SC/T 9401的规定；

b） 水生动物种群修复应在植被修复完成之后进行，宜先引入水生昆虫、螺类、贝类、杂食性虾类和小型杂食性蟹类，待群落稳定后再合理引入滤食性、杂食性、肉食性鱼类；

c） 底栖类动物修复，宜采用增殖放流等方式初期引入，通过生境修复使其自然繁衍。初期投放面积宜占水面的5%～10%，其中昆虫、螺类、贝类一般以10个/m^2～40个/m^2密度投放，杂食性虾类和小型杂食性蟹类以5个/m^2～10个/m^2密度投放；

d） 鱼类种群修复宜以1种～3种鱼类为目标种。修复初期可配置部分滤食性鱼类，不应配置草食性鱼类，而后适时适量地增加腐食性、杂食性、肉食性鱼类，同时宜为鱼类栖息配置部分多孔驳岸；

e） 两栖动物种群可通过保留或者营建浅水区、加强水系连通等措施修复；

f） 鸟类宜采用生境修复和食物补充等方式进行招引，通过构建浅滩、敞水面、疏林草地等适宜生境，引入小型鱼虾、底栖动物、浆果类植物等所需食物实现。

8 辅助工程设计

8.1 景观工程

8.1.1 建筑物、构筑物、道路两侧及其他空闲地应进行绿化。绿化植物宜优先选择抗污染能力强、景观效果好、易于管理的植物，宜采用灌木、乔木与花草相结合。合理配置常绿和落叶、速生和慢生植被，结合植物品种的外观形态展现不同的季相景观。

8.1.2 在保持人工湿地安全性和处理效果的基础上，宜划定一定区域，提升人工湿地的科普、游憩功能，完善满足相关功能的园路、栈道、科普展示等设施。

8.1.3 人工湿地的硬质化部分应进行柔性点缀与提升，整体景观应保持近自然化和生态化。

8.1.4 人工湿地宜设置标识牌，并应满足下列要求：

a） 简明易懂，兼顾趣味性和本土特色元素，位置醒目且无视觉遮挡，与周边环境相协调；
b） 材料应节能环保、经久耐用、经济适用，动植物名称应标明拉丁学名。

8.2 道路工程

8.2.1 工程范围内的道路，应按照运输、检修维护和运行管理时，车辆和人员通行的需要来设置，同时应与建设区内的景观工程相协调。
8.2.2 人工湿地导流堤可兼做运维道路，宜满足运输动植物废弃物的车辆行驶要求。单车行道的宽度宜为 4.0 m，双车道宜为 6.0 m～7.0 m，人行道的宽度宜为 1.5 m～2.0 m。
8.2.3 现场道路应结合湿地布局设置，保证湿地的完整性。可在水质较好的湿地边缘，设置亲水栈道及平台。
8.2.4 道路设计宜考虑建立生态过渡区，在道路和湿地之间建设缓冲带。

8.3 电气工程

8.3.1 供配电设计应符合 GB 50052 和 GB 50053 相关要求。
8.3.2 低压配电设计应符合 GB 50054 相关要求。
8.3.3 照明设计应符合 GB 50034 相关要求。
8.3.4 供电方式应根据用电要求，与当地电力部门协商确定。
8.3.5 湿地宜设置智慧监测系统，宜在适当位置布置水质、水文、流量、雨量、地面沉降、视频等监测设备。

8.4 建筑与结构

8.4.1 建筑的造型应简洁、新颖，并与周围环境相协调。建筑物的平面布置和空间布局应满足工艺设备布置要求，同时应考虑以后生产发展和技术改造的可能性。
8.4.2 建（构）筑物结构设计应符合 GB 50003、GB/T 50010、GB 50069、GB 55007、GB 55008 等相关要求。建筑物抗震等设计应符合 GB/T 50011 相关要求。
8.4.3 人工湿地围护宜选用土堤，可采用钢筋混凝土挡墙或砌筑挡墙结构。人工湿地池体采用原土结构时应根据土质确定放坡坡度，且不应大于 45°。
8.4.4 潜流人工湿地主体构筑物宜采用现浇钢筋混凝土结构，小型潜流人工湿地亦可采用砌体结构，生态滞留塘、表面流人工湿地主体构筑物宜采用塘体结构。
8.4.5 人工湿地地基承载力应满足要求，遇软弱土，地基承载力不大于 60 kPa 时，可采用碎石垫层换填、抛石挤淤、松木桩等地基处理措施。

8.5 给水、排水和消防

8.5.1 人工湿地应有可靠的供水水源和完善的供水设施，给排水设计应符合 GB 50013、GB 50014、GB 50015、GB 55026、GB 55027 的有关规定。
8.5.2 人工湿地管理区消防设施设计应符合 GB 50016、GB 50140、GB 55036 的有关规定。

8.6 其他辅助工程

8.6.1 人工湿地工程应根据实际需要建设管理用房，管理用房应包括管理人员办公休息场所、设备存放间等。
8.6.2 湿地宜根据水域面积，合理设置涉水作业小码头，码头宜毗邻水面和养护道路，具体应符合国家和江苏省有关标准的规定。
8.6.3 人工湿地系统内水流确实需要进行提升时，应设置提升泵站，泵站设置应符合 GB 50265、

CJJ/T 285的有关规定。

8.6.4 点源处理型、尾水提升型等水质净化型人工湿地，宜增加水质在线监测装置，在线仪器仪表的选择与安装应符合 HJ 353 的有关规定。

8.6.5 人工湿地工程宜在处理系统总进水口和总出水口设置水量计量装置，可采用流量计、巴氏计量槽、计量堰等。

9 工程施工

9.1 一般规定

9.1.1 施工前建设单位应组织设计交底，施工单位应根据设计资料及相关要求编制施工方案，并经批准后方可实施。

9.1.2 施工单位应对施工全过程实行质量控制，并采取有效的污染控制及安全技术措施。

9.1.3 施工中使用的设备、材料、器件的质量标准应按相关国家标准执行，并应取得产品合格证，设备与器材在安装前应进行完好性和完整性检验。

9.1.4 表面流人工湿地施工工序应为：地基与基础工程—引排水工程、湿地构筑物—植物栽种—辅助工程及配套设施；潜流人工湿地施工工序应为：地基与基础工程—引排水工程、湿地构筑物—防渗层—填料充填—植物栽种—辅助工程及配套设施。

9.1.5 地基与基础处理应符合 JGJ 79 和 GB 50141 的有关规定。

9.1.6 管道、混凝土结构、砌体结构、构筑物等工程的施工应分别符合 GB 50268、GB 50204、GB 50203、GB 50141 的有关规定。

9.1.7 设备安装工程施工应符合 GB/T 50252、GB 50231 和 GB 50334 的有关规定。

9.1.8 人工湿地质保期不宜低于 2 年，建设合同另有规定的，应按合同规定执行，施工单位应在质保期内对工程质量承担保修责任。

9.2 防渗层

9.2.1 防渗层下方的基础层应平整、压实、无裂缝、无松土，表面应无积水、石块、树根和尖锐杂物。

9.2.2 采用混凝土的防渗层施工时应符合下列规定：

a） 运输与浇筑过程中不应加水；

b） 分块浇筑，缝间应填充柔性防水材料；

c） 应及时进行保湿养护，养护期不应少于 14 d。

9.2.3 采用防渗膜的防渗层施工应符合下列规定：

a） 防渗膜施工应避免防渗膜受风力等影响而损坏；

b） 防渗膜铺设时应预留尺寸变化量；

c） 防渗膜铺设应一次展开到位，不宜展开后再拖动；

d） 防渗膜铺展开后应及时焊接和缝合，防渗膜的铺展、搭接宽度的设定、焊接缝合的施工均应符合 CJJ 113 的有关规定；

e） 防渗膜与填料接触面之间应视情况设置黏土或砂保护层。

9.2.4 采用三合土的防渗层施工应符合 SL 18 的有关规定。

9.3 填料充填

9.3.1 人工湿地填料应按设计要求配置，填料铺设过程中应从选料、洗料、堆放、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）量和填料粉末含量符合设计要求。

9.3.2 填料充填区应按横向不同种类或不同规格填料的设计分区设置临时分界线。

9.3.3 人工湿地填料宜采用卷扬机、输送机等机械卸入场地，填料摊铺可采用小型机械，并人工找平。小型机械摊铺填料和人工找平前，均应在填料表面铺设行走钢板或木板，不应在填料表面直接碾压和踩踏。

9.3.4 填料充填前，宜以同种同规格填料 50 m^2～100 m^2 划定单元摊铺面，每个单元摊铺面设置 5 处～10 处高程控制点，摊铺至设计高程后，方可进行下一个单元摊铺面充填。

9.3.5 填料充填时，应注意对配水、集水系统的保护。

9.4 植物栽种

9.4.1 工程施工单位宜单独编制植物栽种施工方案。

9.4.2 植物栽种工程应在湿地主体构筑物、辅助工程完成后进行。

9.4.3 水生植物种植应符合下列规定：

a） 种植时间应根据植物生长特性确定，应保证成活率；

b） 种植宜以裸根幼苗移植为主，芦苇、香蒲等可采用根茎移植；

c） 种植前应对植物种苗分散整理，选用生长状态良好、茎叶壮硕的植株，同一批次植株宜大小均匀；

d） 种植时宜对有分界控制需求的植株采取根系生长控制措施；

e） 种植时应保持填料湿润，种植后湿地内应及时充水并保持一定水位，视植物根系生长情况逐渐恢复正常运行水位；

f） 种植密度应符合设计要求，种植方式宜采取等间距错行种植；

g） 植物生长初期应加强管理，及时清除杂草，枯死、空缺部位应及时补种。

9.4.4 非水生植物种植应符合 CJJ 82 中的有关规定。

9.4.5 人工湿地施工时应充分保护工程区域内现有湿地植物，减少对湿地生态环境的扰动。

10 工程验收

10.1 一般规定

10.1.1 人工湿地工程验收应按质量验收、竣工环境保护验收、竣工验收的程序进行。

10.1.2 人工湿地工程的单位、分部、分项工程的划分应符合附录 C 的规定。

10.1.3 设计时兼顾生态构建的人工湿地，应在质量验收时对湿地水文水系设计、动植物生境设计、湿地动植物设计的情况进行验收。

10.2 质量验收

10.2.1 质量验收应在施工完成后按土建工程质量验收、设备安装工程单机及联动试运转验收、植物栽种验收的程序进行。

10.2.2 土建工程质量验收应符合下列规定：

a） 地基与基础工程验收应符合 JGJ 79、GB 50202 及其相关专业规范的有关规定；

b） 管道、混凝土结构、砌体结构、构筑物等工程的验收应分别符合 GB 50268、GB 50204、GB 50203、GB 50141 的有关规定；

c） 防渗层验收应符合 CJJ 113 的有关规定。

10.2.3 设备安装工程单机及联动试运转验收应符合 GB/T 50252、GB 50231 和 GB 50334 的有关规定。

10.2.4 植物栽种验收应填写植物生长状况表，包括植物种类、规格、栽种量、栽种密度、生长情况和养护

情况等，并应符合 CJJ 82 中的有关规定。

10.3 竣工环境保护验收

10.3.1 试运行期稳定达标运行 3 个月以上且处理水量达到设计水量的 75% 以上时，可进行竣工环保验收，验收期限最长不超过 12 个月。

10.3.2 验收范围应与环境影响评价文件的评价范围一致；当工程实际建设内容发生变更或环境影响评价文件未能全面反映项目建设的实际生态影响或其他环境影响时，应根据工程实际变更和实际环境影响情况，结合现场踏勘对调查范围进行适当调整。

10.3.3 验收调查工作分为准备阶段、验收阶段和编制验收调查文件阶段。

10.3.4 验收阶段应进行环境敏感目标调查、工程概况及变更调查、污染防治措施调查及验收监测，可进行生态影响调查、环境管理调查及公众意见调查。

10.4 竣工验收

10.4.1 在各单项验收后，应由建设单位负责组织实施工程竣工验收，参与工程建设的勘察、设计、施工、监理等单位共同参与。

10.4.2 人工湿地工程应在通过工程验收后投入正式使用，建设单位应在规定期限内，将项目前期、勘察、设计、竣工验收报告和有关技术资料文件立卷归档。

10.4.3 工程竣工验收合格后，施工单位应向运行管理单位提供运行维护说明书。

11 运行维护

11.1 一般规定

11.1.1 人工湿地运行周期应包括调试期、试运行期和成熟运行期，应加强调试期和试运行期内湿地的跟踪评估和优化工作。

11.1.2 人工湿地运行维护单位在接收运维前，应仔细核实工艺设计参数，检查人工湿地池体质量、设备运行情况、植物生长、湿地基质过水和进出水指标达标等情况。

11.1.3 人工湿地运行维护单位应制定相应的管理制度、运营维护手册、事故应急预案、岗位操作规程、技术操作规程、安全操作规程及设施、设备维护保养手册等，并定期修订。

11.1.4 运行人员、技术人员及管理人员应掌握处理工艺和设施、设备的运行、维护要求及技术指标，应接受相关法律法规、专业技术、安全防护、应急处理等理论知识和操作技能的培训。

11.2 调试期和试运行期

11.2.1 人工湿地系统应按照单体调试、局部联合调试与系统联合试运转的顺序逐步调试，系统联合试运转应以实际进水为介质。

11.2.2 系统联合调试通过后，进入试运行期，试运行期不应少于 6 个月，进入成熟运行期的标志应为出水 3 个月以上稳定达标。

11.2.3 潜流人工湿地运行初期应定期调控运行水位，跟踪监测植物根系，并应符合下列要求：

a） 初次运行水位宜保持在人工湿地填料表层以上 10 cm～20 cm，不宜超过 30 cm，不应淹没整株挺水植物；

b） 植物良性生长后，宜采用潮汐流方式运行，运行水位不宜低于人工湿地填料表层以下 30 cm。

11.2.4 生态滞留塘和表面流人工湿地运行初期应低水位运行，宜满足下列要求：

a） 挺水植物种植区域水深宜大于 10 cm，不宜超过 30 cm；

b） 浮水植物和沉水植物种植区域水深不应超过水体透明度，不宜超过50 cm。

11.2.5 人工湿地建设初期易滋生水绵，应及时进行人工打捞。

11.2.6 试运行期可适当添加安全性有保障的微生物菌剂，微生物菌剂包含的微生物种类宜以硝化和反硝化细菌为主。

11.3 日常运行维护

11.3.1 人工湿地日常运行维护内容包括日常养护、巡查、维修。

11.3.2 人工湿地运行期间应定期巡视并维护沉砂池等预处理设施，运行及维护应符合CJJ 60及国家有关标准的规定。

11.3.3 人工湿地运行期间应进行日常检查，控制人工湿地水位。遇到暴雨、洪水等特殊情况时，宜根据应急预案进行水位调节。

11.3.4 人工湿地水生植物的维护应符合下列规定：

a） 定期进行植物长势检查，频次不宜低于每月1次；

b） 根据植物生长情况，进行分苗、缺苗补种、修剪、杂草清除等管理；

c） 湿地植物病虫害防治应采取预防为主、治疗为辅的方针，不宜使用除草剂、杀虫剂等易破坏生态系统的药剂；

d） 定期对植物进行收割，植物收割时间宜为5月—6月或9月—11月，一年至少收割一次，收割后的植物应妥善处理。

11.3.5 人工湿地除水生植物外，其余生物的维护应符合下列规定：

a） 对浮游藻类及附着藻类进行定期检测控制；

b） 宜采用种植驱虫草、安装驱蚊灯或捕蝇网等物理、生物的防治方式对蚊蝇进行控制；

c） 控制水生动物的数量，确保生物链结构稳定；

d） 保护鸟类自然和人工巢穴，不应破坏鸟类栖息、繁殖和迁徙场所及通道；

e） 对湿地范围内的陆生植物进行养护；

f） 及时对外来入侵物种进行检疫，采取人工捕捞、生物防治、生态防治、低污染化学防治、物理防治等措施。

11.3.6 人工湿地运行期间每季度应检查潜流人工湿地填料层沉降现象，必要时应及时补充填料至设计高程，确保人工湿地正常运转。

11.3.7 人工湿地运行期间应定期巡视并维护引排水系统、集配水系统、曝气设施等配套设施。

11.3.8 人工湿地运行与维护过程中产生的废弃物宜优先采用资源化方式处置。

11.3.9 人工湿地运行异常时应及时处理，处理措施应符合附录D规定。

11.4 人工湿地防堵

11.4.1 人工湿地防堵运维应符合下列规定：

a） 定期检查进水管（渠）布水均匀度，及时清理管（渠）的污泥淤积、堵塞等；

b） 及时清除填料表面杂物或淤泥，秋冬季宜提高清理频次；

c） 运行模式宜根据实际运行情况进行相应调整，宜在春、夏、秋季采用轮休方式放空调整，不具备轮休条件的，可采用定期快速排水、反冲洗等；

d） 应对预处理设施定期清淤。

11.4.2 表面流、水平潜流人工湿地淤积时，可减小进水水力负荷，查验进出水节点是否淤堵，及时清除淤堵杂物。

11.4.3 垂直潜流人工湿地淤积时，应调整湿地运行方式，必要时翻动、清洗或更换部分填料。

11.5 低温运行

11.5.1 人工湿地低温运行时应密切关注池内水温变化，宜采取人工曝气、多点进水、降低表面水力负荷、延长水力停留时间、适当抬高水位等工艺强化措施提高低温运行效率。

11.5.2 人工湿地应做好管道、水渠、阀门等设施设备的保温措施，设施设备应保持连续运行。

11.5.3 人工湿地宜采取植物防寒保温措施，将枯萎的植物收割后均匀覆盖在人工湿地表面，待气温回升后，再清运植物残体。

11.5.4 极寒天气时，人工湿地可通过调节湿地水位，在冰层和水面间形成空气隔绝层。

11.6 运行监测与记录

11.6.1 人工湿地的进出水水量与水质应定期监测和分析，试运行期和运行工况发生较大变化时，应加大监测频次。

11.6.2 监测方式宜采取人工监测和在线监测结合的方式，监测点位宜在湿地进水、出水端。

11.6.3 人工湿地的人工监测指标及频率宜符合表 8 的规定。

表 8 人工湿地运行维护监测指标及频率参照表

监测指标	监测频率
水位、水温、DO	每周1次
悬浮物、COD、NH_3-N、TN、TP	每月1次
浮游动植物种类、密度等生态指标	自行设置

11.6.4 人工湿地的在线监测应符合 HJ 355 的有关规定。

11.6.5 水样的采集、运输、检测应分别符合 HJ 494、HJ 493、HJ/T 91 及 HJ 91.1 的有关规定。

11.6.6 监测的水量、水质数据应按周、月、年进行分析整理，指导人工湿地持续稳定运行。

11.6.7 人工湿地进出水水质波动或恶化时，应对人工湿地系统各运行单元开展水质监测分析，可根据需要适当增加监测指标、监测点位和监测频率。

11.6.8 人工湿地进出水水量波动时，应注意各单元过水情况和水位高度变化，及时调节管道阀门和堰板等。

11.7 运行安全

11.7.1 人工湿地管理应按照 GB/T 29639 的有关规定编制应急预案，定期开展应急预演。

11.7.2 人工湿地存在溺水、跌倒、坠落、触电、火灾等较大危险因素的场所及设备设施处，应设置明显的安全警示标志，并配备救生圈等现场救援器材。

11.7.3 雷雨天气，操作人员在室外巡视或操作时应注意防雷电。冰雪天气，应及时清除走道上的积水或冰雪，操作人员巡视或操作时，应注意防滑。

11.7.4 安全及消防器材的设置应符合相关部门有关法规和标准的规定，并按相关规定的要求定期检查、更新，保持完好有效。

附 录 A
（规范性）
人工湿地基础资料收集调查清单

人工湿地基础资料收集调查清单见表A.1。

表 A.1 人工湿地基础资料收集调查清单

调查内容		基本资料	提升资料	补充资料	备注
水质水量资料	来水水源	√			根据4.1.1确定人工湿地类型
	进、出水资料	√			有实测资料时，资料收集应符合4.2.2的规定；缺乏资料时，可结合人工湿地类型专项调查，按5.1的规定进行确定
	出水要求	√			出水有回用要求时设计应考虑强化措施
	受纳水体基本情况	√			应符合4.2.4的规定
政策规划资料	所在地规划文件及建设计划	√			应符合4.2.3的规定
	特殊政策要求			√	
其他工程资料	工程范围内地形图	√			应符合4.2.4的规定
	人工湿地用地红线图	√			应符合4.2.4的规定
	人工湿地用地现状情况	√			应符合4.2.4的规定
	周边环境资料	√			应符合4.2.4的规定
	生物多样性资料		√		应符合4.2.5的规定
	人工湿地投资			√	
不同类型人工湿地专项调查		√			应符合4.2.6～4.2.10的规定

附 录 B
（资料性）
水生植物配置参考表

水生植物配置参考表见表B.1。

表 B.1 水生植物配置参考表

类型	品种	适宜水深及栽植密度	花果期	生态功能
挺水植物	芦苇	水深0.2 m～0.4 m，15株/m^2～25 株/m^2	花期8月—12月，圆锥花序	去除TP、有机氮、悬浮物、吸收富集重金属
	菖蒲	水深0.2 m～0.8 m，静水区域，27株/m^2～45株/m^2	花期6月—9月，黄绿色花，果期8月—10月浆果红色	去除NH_3-N、大肠杆菌，吸收富集重金属镉
	再力花	水深不大于0.5 m，3株/m^2～6株/m^2	花期7月—10月，复总状花序，花小，紫堇色	去除TN、TP，吸收富集重金属铅
	美人蕉	沿岸种植，不耐水深，16株/m^2～20株/m^2	花期3月—12月，花色粉、红、黄多种，色彩艳丽	去除TP、吸收富集重金属
	水葱	水深0.2 m～0.5 m，4株/m^2～7株/m^2	花期6月—9月，长侧枝聚伞花序	降解BOD_5、COD
	香蒲	水深0.6 m，25株/m^2～30株/m^2	花期5月—8月，雌雄花序紧密连接	降低BOD_5、吸收富集重金属
	鸢尾	沿岸浅水区种植，60株/m^2～80株/m^2	花期4月—6月，花蓝紫色	多年生草本，吸收水体污染物
	荷花	种植水深0.8 m～1.7 m，喜静水环境，1株/m^2～3 株/m^2	花期6月—9月，花色有红、粉红、白、紫等	降解BOD_5、COD，去除TN
	水烛	多年水生或 沼生植物，水深0 m～0.5 m，25株/m^2～30 株/m^2	花期5月—8月，雄花序轴褐色偏柔毛，雌花先端黄褐色，具褐色斑点	广生于湖泊、河流、池塘浅水处
	黑三棱	多年生水生或沼生草本植物，水深0 m～0.3 m，25株/m^2～30株/m^2	花果期5月—10月，雌花、雄花均为褐色	用于水景绿化，降低水体富营养化程度
浮叶植物	睡莲	种植在水深 1 m 以内的浅水区域，喜静水环境，1头/m^2～2头/m^2	花期6月—8月，期间不断开花，每朵花开放3 d～5 d	降解BOD_5、COD，去除TN
	菱	水深0.3 m～1.5 m宜栽培浅水菱品种，水深 2 m～4 m 宜栽培深水菱品种，3株/m^2～5株/m^2	花期4月—8月，果期7月—9月	降解BOD_5、COD，去除TN
	荇菜	种植在水深1 m 以内的浅水区域，20株/m^2～30株/m^2	花期5月—10月	降解BOD_5、COD，去除TN

表 B.1　水生植物配置参考表（续）

类型	品种	适宜水深及栽植密度	花果期	生态功能
浮叶植物	芡实	水深0.3 m～0.9 m，适宜在水面不宽，水流动性小，水源充足水体。1株/4 m^2～1株/6 m^2	花期7月—8月，果期8月—9月	净化水质，观赏植物
沉水植物	穗花狐尾藻	种植水深0.5 m～1.0 m，静水、流水环境均适应，生长速度较快，耐污，密度6株/m^2～9株/m^2	6月—8月开花结果，10月后衰退死亡	去除TN、TP，降解BOD_5、COD
	苦草	种植水深0.5 m～0.8 m，适应性强，静水、流水环境均能适应，分株和种子繁殖，密度16株/m^2～25株/m^2	6月—8月开花结果，可分株和种子繁殖	去除TN、TP、吸收富集重金属
	篦齿眼子菜	种植水深0.5 m～1.0 m，喜生湖泊等静水水体，可形成优势群落，密度20株/m^2	花果期5月—10月，花小，淡绿色。果实倒卵形，分株或种子繁殖	降解BOD_5、COD、吸收重金属
	黑藻	种植水深0.5 m～1.5 m，光照充足的环境，喜温暖，耐寒冷，密度20株/m^2	花果期5月—10月，多年生水生草本	黑藻能促进底质中磷向可利用态转化
	小茨藻	可生于数米深的水底，密度15株/m^2～30株/m^2	花果期6月—10月，花小，单性，单生于叶腋，浅黄绿色，椭圆形长0.5 mm～1.5 mm	能较快地除去水体中的氮、磷元素，净化水体较强
	金鱼藻	种植水深0.5 m～1.0 m，密度10株/m^2～20株/m^2	花期6月—7月，果期8月—10月	吸氮能力极强
	马来眼子菜	水深控制在1 m左右，密度5株/m^2～10株/m^2	花果期6月—10月	对水体氮磷的去除率高

附 录 C
（规范性）
人工湿地工程单位、分部、分项工程的划分

C.1 把人工湿地工程项目土建部分为表面流人工湿地池、潜流人工湿地池、水生生物塘等单位工程，其分部、分项工程划分应符合表C.1的要求。

表 C.1 人工湿地构筑物工程的分部、分项工程划分表

分部工程	分项工程
地基与基础工程	地基、基础工程、地下水控制、土方等
主体工程	现浇混凝土结构、塘体结构、砌体结构、填料充填、植物种植、土建和设备安装连接部位、附属结构等

C.2 把人工湿地工程项目中安装工程部分分为表面流人工湿地池、潜流人工湿地池、曝气池、水生生物塘等单位工程，其分部、分项工程划分应符合表C.2的要求。

表 C.2 人工湿地安装工程的分部、分项工程划分表

分部工程	分项工程
设备安装工程	格栅、水泵、鼓风机等
管线工程	进水管线、排水管线、电力管线、放空管线等
电器装置工程	电机，成套柜及二次回路接线、接地装置等
自动化仪表	检测系统安装调试、调节系统安装调试、仪表盘（箱）、仪表防护等
功能性检验	管道水压试验、设备单机试车、运行、联动试车等

附 录 D
（规范性）
人工湿地常见运行异常情况及建议措施

人工湿地常见运行异常情况及建议措施见表D.1。

表 D.1 人工湿地常见运行异常情况及建议措施

序号	分类	异常情况	建议措施
1	水质变化	进水水质异常	当进水水质突发恶化时，应立即停止进水，联系上游查明原因，经检测水质达到进水水质标准后方可进水
2		出水COD异常	表面流人工湿地可增加表面曝气系统曝气量，或延长曝气时间； 潜流人工湿地可在预处理环节增加人工曝气或间歇运行
3		出水氨氮异常	表面流人工湿地可增加表面曝气系统曝气量，延长曝气时间； 潜流人工湿地可在预处理环节增加人工曝气或间歇运行，也可更换氨氮吸附性好的填料
4		出水TN异常	可增加缓释碳源，投加量不宜过多
5		出水TP异常	可增加或更换对磷吸附性能好的填料
6		出水悬浮物异常	表面流人工湿地可视情况在出水区增加过滤材料； 潜流人工湿地可更换出水区附近填料
7		出水浊度异常	检查是否存在外源污染、雨水或地表径流影响等问题，排除原因后重复测量；若仍异常可更换出水区填料或加装滤膜设备
8		出水溶解氧异常	表面流人工湿地可增加表面曝气系统曝气量，或延长曝气时间； 潜流人工湿地可在预处理环节增加人工曝气或间歇运行
9		出水余氯异常	在尾水湿地出水前投加二氧化硫或亚硫酸盐，也可使用活性炭脱氯
10		局部恶臭	查找臭味来源，及时清理腐败植物残体、垃圾等
11	水量变化	进水量骤减	检查进水口及管道等设施，如遇堵塞、损坏等应及时清理、修复
12		出水量骤减	在进水量不变情况下，出水量骤减，应逐步检查湿地主体构筑物，如出现被破坏、渗漏等应及时修复
13		布水不均匀	查验布水渠或管道是否堵塞，布水口是否淤堵，及时清理淤泥、腐败植物或其他杂物；查验布水管孔口是否错位，及时矫正，以防堵塞
14		进水量骤增	雨雪天气等原因造成湿地进水量骤增，应及时清理漂入湿地的垃圾、枯枝败叶，检查湿地设施运转情况，并及时修复受损设施
15	其他	湿地内出现水葫芦、水花生、浮萍、槐叶萍等	应每日检查，及时清理，建议采用专业机械设备进行清理
16		表面流人工湿地出现丝状藻	采取人工打捞结合补种睡莲、荷花、铜钱草等浮叶植物进行适度遮光

表 D.1　人工湿地常见运行异常情况及建议措施（续）

序号	分类	异常情况	建议措施
17	其他	主体构筑物损坏	湿地构筑物损坏一般为裂缝、沉降、漏水和腐蚀等情况，应及时修复。根据构筑物破损情况，修复措施主要有：表面修补法、灌浆嵌缝封堵法和结构加固法。修复后构筑物检修应符合GB 50141的相关规定
18		管道漏水	查明原因，及时修补或更换
19		填料局部沉降	宜补填填料直至达到设计高程