

人工湿地水质净化技术指南

二〇二一年四月

目 录

第一章 总 则	1
1.1 编制目的	1
1.2 适用范围	1
1.3 规范性引用文件	1
1.4 术语和定义	2
1.5 基本原则	4
1.6 组织编制单位	4
第二章 人工湿地水质净化设计	5
2.1 总体设计	5
2.1.1 气候分区	5
2.1.2 进出水水质	6
2.1.3 场址选择	6
2.1.4 总体布置	7
2.2 工艺设计	7
2.2.1 一般规定	7
2.2.2 工艺选型	7
2.2.3 预处理	9
2.2.4 工艺设计要求	9
2.2.5 强化措施	16
2.2.6 二次污染控制措施	17
2.3 辅助工程	17
第三章 施工与验收	18
3.1 基本规定	18
3.2 地基与基础工程	19
3.3 引排水工程	19
3.4 主体构筑物	20
3.5 防渗层	21
3.6 填料充填	21
3.7 植物种植	22
3.8 辅助工程及配套设施	22
3.9 竣工环境保护验收	23
第四章 运行维护	25
4.1 基本规定	25
4.2 生产调试	25
4.3 日常运行与养护	26
4.4 安全生产	29
4.5 应急管理	30
4.6 监测与记录	30
4.7 常见问题及建议措施清单	31
附录A（规范性附录）人工湿地水质净化工程验收划分	33
附录B（规范性附录）人工湿地水质净化工程验收调查表	35
附录C（规范性附录）人工湿地水质净化工程监测记录表	39
附录D（规范性附录）人工湿地水质净化工程运行记录表	41

人工湿地水质净化技术指南

第一章 总 则

1.1 编制目的

为进一步加强水生态环境保护修复，促进区域再生水循环利用，指导各地做好人工湿地水质净化相关工作，编制了《人工湿地水质净化技术指南》（以下简称指南）。

1.2 适用范围

本指南规定了人工湿地水质净化的设计、施工与验收和运行维护的技术要求。

本指南适用于达标排放的污水处理厂出水、微污染河水、农田退水及类似性质的低污染水的人工湿地水质净化过程，可作为人工湿地水质净化设计、施工与验收和运行维护的技术依据。

1.3 规范性引用文件

本指南引用了下列文件或其中的条款。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本适用于本指南。

GB 3838	地表水环境质量标准
GB 5084	农田灌溉水质标准
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 26164.1	电业安全工作规程 第1部分：热力和机械
GB 50014	室外排水设计规范
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50040	动力机器基础设计标准
GB 50069	给水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 50164	混凝土质量控制标准
GB 50201	防洪标准
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 50268	给水排水管道工程施工及验收规范
GB 50300	建筑工程施工质量验收统一标准
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 50575	1kV及以下配线工程施工与验收规范
GB 50601	建筑物防雷工程施工与质量验收规范
GB 50617	建筑电气照明装置施工与验收规范

GB/T 13663.2	给水用聚乙烯（PE）管道系统 第2部分：管材
GB/T 14685	建设用卵石、碎石
GB/T 18920	城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 18921	城市污水再生利用 景观环境用水水质
GB/T 19923	城市污水再生利用 工业用水水质
GB/T 29639	生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则
GB/T 50085	喷灌工程技术规范
GB/T 50087	工业企业噪声控制设计规范
GB/T 50252	工业安装工程施工质量验收统一标准
HJ 91.1	污水监测技术规范
HJ 164	地下水环境监测技术规范
HJ 354	水污染源在线监测系统（COD _{Cr} 、NH ₃ -N等）验收技术规范
HJ 493	水质 样品的保存和管理技术规定
HJ 494	水质 采样技术指导
HJ 495	水质 采样方案设计技术规定
HJ 2005	人工湿地污水处理工程技术规范
HJ/T 55	大气污染物无组织排放监测技术导则
HJ/T 91	地表水和污水监测技术规范
HJ/T 166	土壤环境监测技术规范
CJJ 1	城镇道路工程施工与质量验收规范
CJJ 6	城镇排水管道维护安全技术规程
CJJ 60	城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程
CJJ 68	城镇排水管渠与泵站运行、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 287	园林绿化养护标准
CJ/T 43	水处理用滤料
CJ/T 3008	城市排水流量堰槽测量标准
JGJ 79	建筑地基处理技术规范
JGJ/T 212	地下工程渗漏治理技术规程
SL 18	渠道防渗工程技术规范
CECS 162	给水排水仪表自动化控制工程施工及验收规程
DL 409	电业安全工作规程
《生产安全事故应急条例》 中华人民共和国国务院令 第708号	

1.4 术语和定义

人工湿地：指模拟自然湿地的结构和功能，人为地将低污染水投配到由填料（含土壤）与水生植物、动物和微生物构成的独特生态系统中，通过物理、化学和生物等协同作用使水质得以改善的工程。或利用河滩地、洼地和绿化用地等，通过优化集布水等强化措施改造的近自然系统，实现水质净化功能提升和生态提质。

人工湿地按照填料和水的位置关系，分为表面流人工湿地和潜流人工湿地，潜流人工湿地按照水流方向，分为水平潜流人工湿地和垂直潜流人工湿地。

表面流人工湿地：指水面在土壤表面以上，水从进水端流向出水端的人工湿地。

潜流人工湿地：指水面在填料表面以下，水从进水端水平或垂直流向出水端的人工湿

地。

水平潜流人工湿地：指水面在填料表面以下，水从进水端水平流向出水端的人工湿地。

垂直潜流人工湿地：指水垂直流过填料层的人工湿地。按水流方向不同，又可分为下行垂直流人工湿地和上行垂直流人工湿地。

高密植单元：指将植物种植在垂直放置的穿孔管内，穿孔管形成生物支架替代传统湿地系统中的填料，以提高植物种植密度的处理单元。相比HJ 2005中规定的挺水植物的种植密度（9株/m²~25株/m²），高密植单元中植物种植密度为其3倍以上。

填料：指为人工湿地植物与微生物提供生长环境并对污染物起过滤、阻截和吸附等作用的填充材料，包括砂砾、沸石、石灰石、页岩、陶粒、火山岩及对生态环境安全的合成材料等。

微污染河水：指受到污染，主要水质指标差于GB 3838中IV类水质标准，但不差于水污染物排放标准的河水。

低污染水：指达标排放的污水处理厂出水、微污染河水、农田退水等类似性质的水。

预处理：指为满足工艺总体要求和人工湿地进水水质要求，在人工湿地前设置的生态滞留塘、生态砾石床、沉砂池、沉淀池及过滤池等处理工艺。

后处理：指根据接纳水体功能或用户需求，在人工湿地系统出水后设置的消毒、增氧、膜处理等工艺。

水力停留时间：指湿地进水从进入人工湿地到流出人工湿地的时间差的平均值。

污染物削减负荷：指单位面积人工湿地在单位时间内去除的污染物质量，污染物指标包括化学需氧量（重铬酸钾法）、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、悬浮物、氨氮、总氮和总磷等。

表面水力负荷：指单位面积人工湿地在单位时间内所能接纳的待处理水量。

水力坡度：指水在人工湿地内沿水流方向单位渗流路程长度上的水位下降值。

孔隙率：指人工湿地填料间的孔隙总体积占人工湿地总体积的百分比。

渗透系数：指人工湿地填料中，单位水力梯度下的单位流量。

再生水：指受到一定程度污染的水经适当处理后，达到一定的水质指标，满足某种使用要求，可进行有益使用的水。

填料有效粒径比例：指填料经筛分后，处于要求粒径范围内的填料重量与总重量之比。

湿地主体构筑物：指潜流人工湿地、表面流人工湿地的主体构筑物。潜流人工湿地主体构筑物一般为钢筋混凝土或砌体结构，表面流人工湿地主体构筑物一般为以土坝为围护的塘体结构。

围堰：指在施工期间围护基坑，挡住河（江、海、湖）水，避免湿地主体构筑物直接在水体中施工的导流挡水设施。

施工降排水：指在进行土方开挖或构筑物施工时，为保持基坑或沟槽内在无水影响的环境下施工，而进行的降排水作业。常用方式有明排水和井点降排水。

生态滞留塘：指以塘为主要构筑物，主要依靠水域自然生态系统净化进水的处理设施。当进水较浑浊时，内部可设置生态砾石床，降低进水悬浮物浓度，防止潜流人工湿地堵塞。

1.5 基本原则

a) 准确定位。人工湿地水质净化工程只承担达标排放的污水处理厂出水等低污染水的水质改善任务，不应作为直接处理生产生活污水的治污设施。

b) 生态优先。人工湿地水质净化工程应当优先利用自然或近自然的生态方式，通过湿地生态系统中物理、化学、生物等协同作用提升水的生态品质，不宜采用投加药剂等强化措施净化水质。应当坚持选择本土物种，避免外来物种入侵。

c) 因地制宜。根据当地气温、降雨、地形地貌、土地资源等实际情况选择人工湿地水质净化工程的场址、布局、工艺、参数、植被等。鼓励利用坑塘、洼地、荒地等便于利用的土地和城镇绿化带、边角地等开展人工湿地建设。

d) 绩效明确。作为污染治理设施，人工湿地水质净化工程应当加强进出水监管，明确污染物削减要求。坚持建管并重，健全运行维护机制，保障运行维护经费，实现长效运行。

1.6 组织编制单位

本指南由生态环境部水生态环境司组织，中国环境科学研究院、山东省环境保护科学研究设计院有限公司、山东大学等单位起草编制。

第二章 人工湿地水质净化设计

2.1 总体设计

2.1.1 气候分区

根据各省市1月、7月平均气温，并辅助考虑年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 与 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的天数，将全国分为严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区、温和地区等五个区。全国气候分区及其行政区划范围见表1。

表1 全国气候分区及其行政区划范围

区代号	分区名称	气候主要指标	辅助指标	各区辖行政区范围
I	严寒地区	1月平均气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 7月平均气温 $\leq 25^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $\geq 145\text{d}$	黑龙江、吉林、西藏全境；辽宁（沈阳市、抚顺市、本溪市、辽阳市、阜新市、铁岭市、丹东市）；内蒙古大部（巴彦淖尔市除外）；山西（朔州市、大同市）；河北（张家口市、承德市）；青海（海西州、玉树州、海南州、果洛州、黄南州）；甘肃（酒泉市、嘉峪关市、甘南州）；新疆（阿勒泰地区、塔城地区、北屯市、铁门关市、双河市、可克达拉市、胡杨河市、克拉玛依市、伊犁州、石河子市、博尔塔拉州、乌鲁木齐市、五家渠市、昌吉州、哈密市、吐鲁番市）
II	寒冷地区	1月平均气温 $-10^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 7月平均气温 $18^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的日数 $< 80\text{d}$ 年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $90\text{d}\sim 145\text{d}$	天津、宁夏、北京全境；山东大部（日照市除外）；陕西（榆林市、宝鸡市、咸阳市、铜川市、延安市）；辽宁（朝阳市、葫芦岛市、锦州市、盘锦市、大连市、营口市、鞍山市）；河北大部（张家口市、承德市除外）；甘肃大部（酒泉市、嘉峪关市、甘南州除外）；河南（安阳市、鹤壁市、濮阳市）；山西大部（朔州市、大同市除外）；新疆（阿克苏地区、阿拉尔市、图木舒克市、巴州、克孜州、喀什地区、和田地区、昆玉市）；青海（海东市、西宁市、海北州）；内蒙古（巴彦淖尔市）
III	夏热冬冷地区	1月平均气温 $0^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 7月平均气温 $25^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的日数 $40\text{d}\sim 110\text{d}$ 年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $0\text{d}\sim 90\text{d}$	上海、浙江、江苏、重庆、安徽、湖北、江西全境；湖南大部（衡阳市、郴州市除外）；四川（成都市、德阳市、绵阳市、乐山市、眉山市、自贡市、内江市、资阳市、泸州市、广元市、遂宁市、宜宾市、南充市、广安市、达州市、巴中市）；陕西（西安市、渭南市、汉中市、安康市、商洛市）；河南大部（安阳市、鹤壁市、濮阳市除外）；贵州（遵义市、铜仁市、黔东南州）；福建（龙岩市、宁德市、南平市、三明市）；甘肃（陇南市）；山东（日照市）
IV	夏热冬暖地区	1月平均气温 $> 10^{\circ}\text{C}$ 7月平均气温 $25^{\circ}\text{C}\sim 29^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的日数 $100\text{d}\sim 200\text{d}$	广东、广西、海南、台湾、香港、澳门全境；福建（厦门市、泉州市、福州市、莆田市、漳州市）；云南（玉溪市）
V	温和地区	1月平均气温 $0^{\circ}\text{C}\sim 13^{\circ}\text{C}$ 7月平均气温 $18^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $0\text{d}\sim 90\text{d}$	贵州大部（遵义市、铜仁市、黔东南州除外）；湖南（衡阳市、郴州市）；云南大部（玉溪市除外）；四川（雅安市、攀枝花市、凉山州、阿坝州、甘孜州）

注：a) 如下两类区域，原则上不宜建设人工湿地工程，确有需求时，应充分考虑冬季低温气候条件，需设置必要的保温措施：1) 年均温度0℃以下时长6个月的区域，例如黑龙江的大兴安岭地区（加格达奇区）、西藏的山南市（泽当街道）、那曲市；2) 年均温度0℃以下时长5个月的区域，例如黑龙江的哈尔滨市、齐齐哈尔市、大庆市、黑河市、伊春市、佳木斯市、鸡西市、鹤岗市、牡丹江市、双鸭山市、七台河市，吉林的长春市、吉林市、辽源市、白山市、松原市、白城市、延吉市，辽宁的铁岭市，内蒙古的呼伦贝尔市（海拉尔区）、乌兰察布市（集宁区）、锡林郭勒盟（锡林浩特市），青海的海北州、果洛州、玉树州，西藏的阿里地区（噶尔县）。b) 部分城市的部分区域可能属于其它气候分区，可根据实际情况自行判断。

2.1.2 进出水水质

2.1.2.1 进水水质

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。当处理对象为集中式污水处理厂出水时，进水应达到当地水污染物排放标准。当处理对象为河湖水、农田退水时，进水应优于当地水污染物排放标准。

2.1.2.2 出水水质

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，详见表2。

表2 人工湿地出水回用相关水质标准

回用用途	标准
生活杂用水（冲厕、绿化、洗车、扫除）	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920）
景观娱乐用水	《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T 18921）
生态补水	根据受纳水体水（环境）功能区划，达到《地表水环境质量标准》（GB 3838）相应水质类别
工业回用水	《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923）
农田灌溉水	《农田灌溉水质标准》（GB 5084）

2.1.2.3 设计水量

当处理对象为污水处理厂出水时，设计水量需与污水处理厂出水量相匹配；当处理对象为河湖水、农田退水时，设计水量应考虑受纳水体水质改善需求、可利用土地面积、湿地耐冲击负荷能力等因素合理确定。

2.1.3 场址选择

2.1.3.1 场址选择应因地制宜，优先选择坑塘、洼地和荒地等便于利用的土地。

2.1.3.2 场址选择需妥善考虑地形、高程等因素，便于湿地进水及处理后的出水排放或回用。

2.1.3.3 场址选择应符合《防洪标准》GB 50201及相关防洪排涝的规定，不宜布置在洪水淹没区。

2.1.3.4 场址可根据实际需求选择以下区域：

- a) 污水处理厂等重点排污单位出水口下游；
- b) 河流支流入干流处、河流入湖（库）口、重点湖（库）滨带、河道两侧河滩地；
- c) 大中型灌区农田退水口下游；

- d) 蓄滞洪区、采煤塌陷地及闲置洼地；
- e) 城镇绿化带、边角地等。

2.1.3.5 用地规模应根据人工湿地处理对象和处理级别等因素确定。

2.1.4 总体布置

2.1.4.1 人工湿地水质净化工程总体布置应充分利用自然环境的有利条件，工艺流程紧凑、合理，满足土建施工、设备安装、湿地维护和日常管理的要求，满足水质改善目标。工程总体布置应充分考虑与已有构筑物的衔接。

2.1.4.2 人工湿地水质净化工程应符合排水通畅、能耗较低和土方平衡的要求。系统内水流应尽量采用重力流，当需要提升时，宜一次提升。

2.1.4.3 可设置管理设施、道路、围挡与在线监测设备，便于后期运行管理。

2.1.4.4 应结合城市景观建设，综合考虑人工湿地水质净化工程的总体布置、不同类型人工湿地单元的搭配、水生植物的配置，建设与城市景观相结合的人工湿地生态设施。

2.2 工艺设计

2.2.1 一般规定

2.2.1.1 工艺设计应综合考虑处理水量、进水水质、占地面积、建设投资、运行成本、出水水质要求和稳定性，以及不同地区的气候条件、植被类型和地理条件等因素，通过技术经济比较确定适宜的方案。

2.2.1.2 工艺设计主要包括总平面及竖向设计（如面积、水力停留时间、构筑物高度、水深、填料厚度、形状与构造等），引排水、集布水、填料配置、植物配植和防渗防堵塞等设计。

2.2.1.3 预处理、后处理、污泥处理和恶臭处理等系统设计应符合《室外排水设计规范》GB 50014及市政等相关行业标准中的有关规定。

2.2.1.4 人工湿地出水标高应高于接纳水体常水位，同时采取必要的防倒灌（回灌）措施。

2.2.1.5 在盐碱地、海水倒灌区域建设人工湿地或湿地进水含盐量较高时，宜采用排盐等处理措施，如增设排盐管等，防止地质因素、进水盐度影响人工湿地植物生长和出水水质。

2.2.1.6 设计单位应具有相应环境工程专项设计资质，设计过程应满足国家有关标准要求。

2.2.1.7 人工湿地设计寿命不应低于10年。

2.2.2 工艺选型

2.2.2.1 人工湿地类型可选用表面流人工湿地和潜流人工湿地，人工湿地剖面示意图如图1~图3所示，人工湿地工艺特征见表3。

2.2.2.2 基于因地制宜原则，人工湿地建设可主要考虑以下工艺：

a) 在污水处理厂等重点排污单位出水口下游，宜选择潜流人工湿地或潜流表流结合型人工湿地，用地紧张时选择潜流人工湿地；

b) 在河流支流入干流处、河流入湖（库）口、重点湖（库）滨带、河道两侧的河滩地等，宜选择表面流人工湿地，但用地紧张或河湖水质较差且水生态环境目标要求较高时可考虑建设潜流人工湿地；

c) 在大中型灌区农田退水口下游，可选择以表面流人工湿地为主建设人工湿地群；

d) 在蓄滞洪区、采煤塌陷地及闲置洼地，可因地制宜建设旁路或原位表面流人工湿地；

e) 在城镇绿化带, 可考虑建设潜流人工湿地; 在城镇边角地等地形受限处, 可建设与地形相适应的表面流人工湿地。

2.2.2.3 人工湿地系统由多个湿地单元构成时, 可采取并联、串联、混合等组合方式。

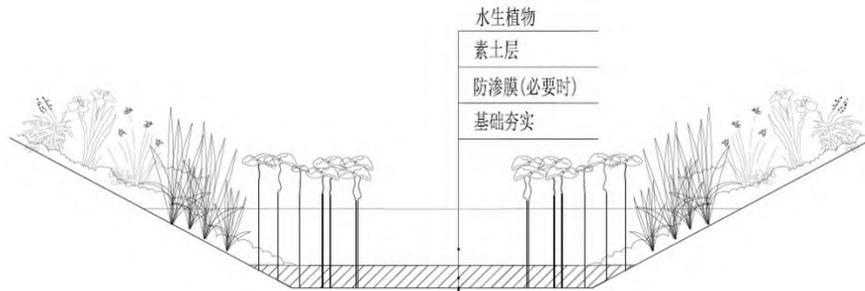


图1 表面流人工湿地剖面示意图

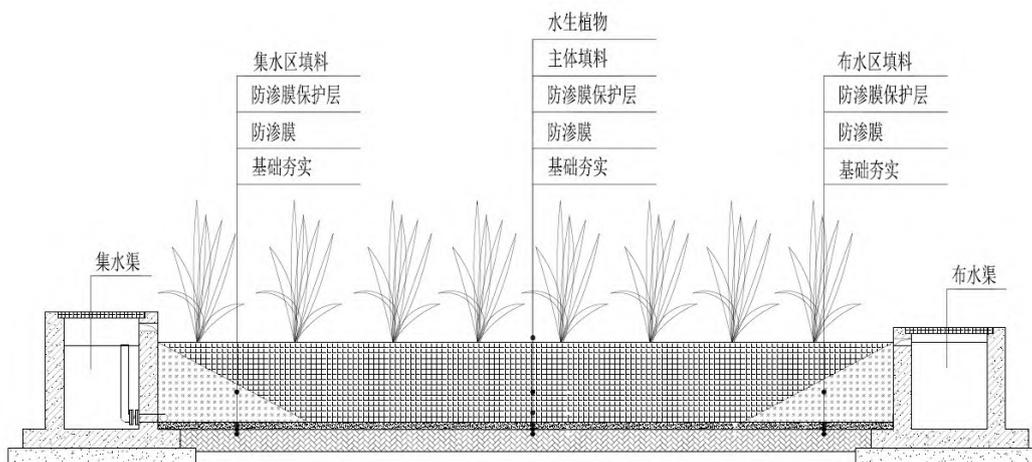


图2 水平潜流人工湿地剖面示意图

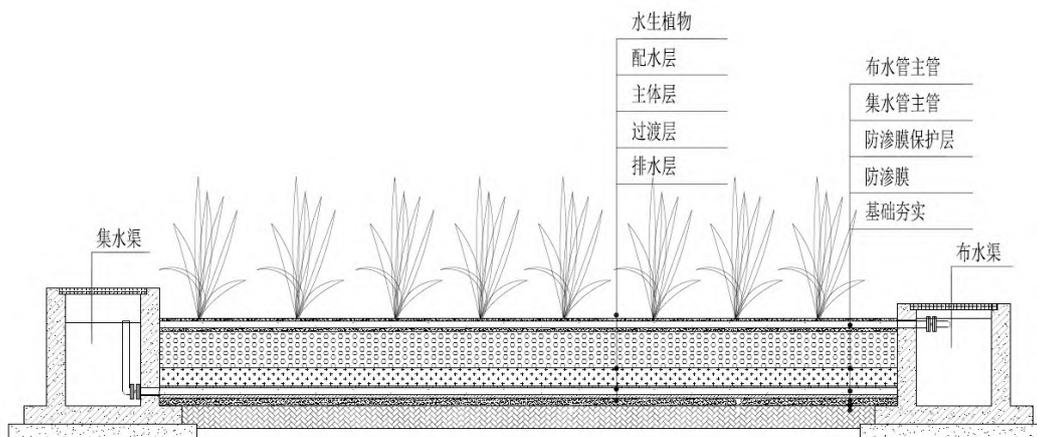


图3 垂直潜流人工湿地剖面示意图

表 3 人工湿地工艺比选表

指标	人工湿地类型			
	表面流人工湿地	水平潜流人工湿地	上行垂直流人工湿地	下行垂直流人工湿地
水流方式	表面漫流	水平潜流	上行垂直流	下行垂直流
水力与污染物削减负荷	低	较高	高	高
占地面积	大	一般	较小	较小
有机物去除能力	一般	强	强	强
硝化能力	较强	较强	一般	强
反硝化能力	弱	强	较强	一般
除磷能力	一般	较强	较强	较强
堵塞情况	不易堵塞	有轻微堵塞	易堵塞	易堵塞
季节气候影响	大	一般	一般	一般
工程建设费用	低	较高	高	高
构造与管理	简单	一般	复杂	复杂

2.2.3 预处理

当湿地进水的水量波动大、泥沙含量多或悬浮物浓度高（如潜流湿地进水悬浮物浓度高于20 mg/L）时，宜设生态滞留塘、生态砾石床、沉砂池、沉淀池或过滤池等；当进水中存在漂浮物时，宜设置格栅。

人工湿地的预处理工艺设计应符合《城镇污水再生利用工程设计规范》GB 50335和《室外排水设计规范》GB 50014中的有关规定。

2.2.4 工艺设计要求

2.2.4.1 设计参数

人工湿地主要设计参数应基于气候分区，通过试验或按相似条件下人工湿地的运行经验确定。在无上述资料时，各分区主要设计参数可参考表4~表8确定。

表 4 人工湿地主要设计参数（I 区）

设计参数	湿地类型	表面流	水平潜流	垂直潜流
		人工湿地	人工湿地	人工湿地
水力停留时间, d		3.0~20.0	2.0~5.0	1.5~4.0
表面水力负荷, $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.01~0.1	0.2~0.5	0.3~0.8
化学需氧量削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.1~5.0	1.0~10.0	1.5~12.0
氨氮削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.01~0.20	0.5~2.0	0.8~3.0
总氮削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.02~2.0	0.4~5.0	0.6~6.0
总磷削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.005~0.05	0.02~0.2	0.03~0.2

表 5 人工湿地主要设计参数（II 区）

设计参数	湿地类型	表面流	水平潜流	垂直潜流
		人工湿地	人工湿地	人工湿地
水力停留时间, d		2.0~12.0	1.0~4.0	0.8~2.5
表面水力负荷, $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.02~0.2	0.2~1.0	0.4~1.2
化学需氧量削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.5~5.0	2.0~12.0	3.0~15.0
氨氮削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.02~0.3	1.0~2.0	1.5~4.0
总氮削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.05~0.5	0.8~6.0	1.2~8.0
总磷削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$		0.008~0.05	0.03~0.1	0.05~0.12

表 6 人工湿地主要设计参数 (III区)

设计参数	湿地类型	表面流	水平潜流	垂直潜流
		人工湿地	人工湿地	人工湿地
水力停留时间, d		2.0~10.0	1.0~3.0	0.8~2.5
表面水力负荷, m ³ /(m ² ·d)		0.03~0.2	0.3~1.0	0.4~1.2
化学需氧量削减负荷, g/(m ² ·d)		0.8~6.0	3.0~12.0	5.0~15.0
氨氮削减负荷, g/(m ² ·d)		0.04~0.5	1.5~3.0	2.0~4.0
总氮削减负荷, g/(m ² ·d)		0.08~1.0	1.2~6.0	1.5~8.0
总磷削减负荷, g/(m ² ·d)		0.01~0.1	0.04~0.2	0.06~0.25

表 7 人工湿地主要设计参数 (IV区)

设计参数	湿地类型	表面流	水平潜流	垂直潜流
		人工湿地	人工湿地	人工湿地
水力停留时间, d		1.2~5.0	1.0~3.0	0.6~2.5
表面水力负荷, m ³ /(m ² ·d)		0.1~0.5	0.3~1.0	0.4~1.5
化学需氧量削减负荷, g/(m ² ·d)		1.2~6.0	5.0~12.0	6.0~15.0
氨氮削减负荷, g/(m ² ·d)		0.08~0.5	2.0~3.5	2.5~4.5
总氮削减负荷, g/(m ² ·d)		0.1~1.5	2.0~6.0	2.0~8.0
总磷削减负荷, g/(m ² ·d)		0.012~0.1	0.05~0.2	0.07~0.25

表 8 人工湿地主要设计参数 (V 区)

设计参数	湿地类型	表面流	水平潜流	垂直潜流
		人工湿地	人工湿地	人工湿地
水力停留时间, d		1.2~6.0	1.0~0.3	0.6~2.5
表面水力负荷, m ³ /(m ² ·d)		0.1~0.4	0.3~1.0	0.4~1.5
化学需氧量削减负荷, g/(m ² ·d)		1.2~5.0	5.0~10.0	6.0~12.0
氨氮削减负荷, g/(m ² ·d)		0.1~0.5	2.0~3.0	2.5~4.0
总氮削减负荷, g/(m ² ·d)		0.15~1.5	2.0~5.0	2.0~7.0
总磷削减负荷, g/(m ² ·d)		0.015~0.1	0.05~0.2	0.06~0.2

人工湿地的表面积可根据化学需氧量、氨氮、总氮和总磷等主要污染物削减负荷和表面水力负荷计算, 并取上述计算结果的最大值, 同时应满足水力停留时间要求。

a) 采用污染物削减负荷 (N_A) 计算湿地面积:

$$A = \frac{Q(S_0 - S_1)}{N_A} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- A——表面积, m²;
- N_A——污染物削减负荷 (以化学需氧量、氨氮、总氮和总磷计), g/(m²·d);
- Q——设计流量, m³/d;
- S₀——进水污染物浓度, g/m³;
- S₁——出水污染物浓度, g/m³;

b) 采用表面水力负荷 (q) 计算人工湿地面积:

$$A = \frac{Q}{q} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- q——表面水力负荷, m³/(m²·d);

c) 校核水力停留时间 (T)

$$T = \frac{V \times n}{Q} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- T——水力停留时间, d;
- V——有效容积, m³;
- n——填料孔隙率, %, 表面流人工湿地 n=1。

2.2.4.2 几何尺寸

不同类型人工湿地几何尺寸设计应符合以下要求:

a) 水平潜流人工湿地几何尺寸设计, 应符合下列要求:

1) 单个单元面积不宜大于2000 m², 多个处理单元并联时, 其单个单元面积宜平均分配;

2) 长宽比宜小于3:1, 长度宜取20 m~50 m;

3) 水深宜为0.6 m~1.6 m, 超高宜取0.3 m, 池体宜高出地面0.2 m~0.3 m;

4) 水力坡度宜选取0~0.5%。

b) 垂直潜流人工湿地几何尺寸设计, 应符合下列要求:

1) 单个单元面积宜小于1500 m², 多个处理单元并联时, 其单个单元面积宜平均分配;

2) 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;

3) 水深宜为0.8 m~2.0 m。

c) 表面流人工湿地几何尺寸设计, 应符合下列要求:

1) 单个处理单元面积不宜大于3000 m², 由天然湖泊、河流和坑塘等水系改造而成的表面流人工湿地可根据实际地形, 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;

2) 长宽比宜大于3:1;

3) 水深应与水生植物配植相匹配, 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。

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。处理区需设置一定比例的深水区, 深水区水深宜为1.5 m~2.0 m, 一般控制在30%以内。对形状不规则的人工湿地, 应设置防止短流、滞留的导流设施, 保证水力分配均匀。

2.2.4.3 集布水系统设计

人工湿地处理单元的进出水系统设计, 应保证布水和集水的均匀性和可调性。人工湿地应设置防止水量冲击的溢流或分流设施:

a) 分区设计时, 应考虑分水井、分水闸门、溢流堰等分流设施;

b) 水量冲击时, 应考虑水量调节或溢流设施;

c) 为保证湿地水位可调性, 出水处应设置可调节水位的弯管、阀门等;

d) 为防止短流、集布水不均, 集布水布置可考虑如下几种方法:

1) 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;

2) 水平潜流人工湿地应采用多点布水, 可采用穿孔管或穿孔墙方式布水;

3) 垂直潜流人工湿地布水和集水系统均应采用穿孔管;

4) 湿地单元间宜设可切换的连通管渠;

5) 湿地系统宜设置排空设施、拦水及超越管渠, 防范雨水径流甚至洪水对湿地带来的短期冲击;

6) 湿地出水量较大且出水与受纳水体的水位差较大时, 应设置消能、防冲刷设施;

7) 湿地总排水管进入地表水体时, 应采取防倒灌措施。

潜流人工湿地采用穿孔管配水时应符合以下要求:

a) 穿孔管应均匀布置于滤料层上部或底部, 穿孔管流速宜为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, 孔口流速不小于1 m/s;

b) 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%;

- c) 垂直流人工湿地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。

2.2.4.4 填料

填料的选择与铺设应符合以下要求:

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《水处理用滤料》CJ/T 43 及《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 中的有关规定;

b) 填料选择在保证处理效果前提下, 应兼顾当地资源状况, 选用土壤、砾石、碎石、卵石、沸石、火山岩、陶粒、石灰石、矿渣、炉渣、蛭石、高炉渣、页岩或钢渣等材料, 也可采用经过加工和筛选的碎砖瓦、混凝土块材料或对生态环境安全的合成材料。填料选择及布置应符合以下要求:

- 1) 填料层可采用单一填料或组合填料, 填料粒径可采用单一规格或多种规格搭配;
- 2) 填料应预先清洗干净, 按照设计级配要求充填, 填料有效粒径比例不宜小于95%;
- 3) 填料充填应平整, 且保持不低于35%的孔隙率, 初始孔隙率宜控制在35%~50%;
- 4) 填料层厚度应大于植物根系所能达到的最深处;
- 5) 采用矿渣、钢渣等作为填料时, 应考虑其会引起锌、砷、铅等重金属物质溶出, 在满足出水水质要求的情况下使用; 同时钢渣、矿渣可能会引起水中pH值升高, 建议与其它填料组合使用, 并设计防范措施。

c) 水平潜流人工湿地的填料铺设区域可分为进水区、主体区和出水区;

d) 垂直潜流人工湿地填料宜同区域垂直布置, 从进水到出水依次为配水层、主体层、过渡层和排水层;

e) 对磷或氨氮有较高去除要求时, 可铺设对磷或氨氮去除能力较强的填料, 其填充量和级配应通过试验确定, 磷或氨氮的填料吸附区应便于清理或置换;

f) 在保证净化效果的前提下, 水平潜流人工湿地填料宜采用粒径相对较大的填料, 进水端填料的布设应便于清淤;

g) 人工湿地填料层的填料粒径、填料厚度和装填后的孔隙率, 可按试验结果或按相似条件下实际工程经验设计, 也可参照表9取值。

表9 潜流人工湿地填料层主要设计参数

湿地类型 设计参数	水平潜流人工湿地			垂直潜流人工湿地			
	进水区	主体区	出水区	配水层	主体层	过渡层	排水层
填料粒径 (mm)	50~80	10~50	50~80	10~30	2~6	5~10	10~30
填料厚度 (m)	0.6~1.6	0.6~1.6	0.6~1.6	0.2~0.3	0.4~1.4	0.2~0.3	0.2~0.3
填料装填后孔隙率 (%)	40~50	35~40	40~50	45~50	30~35	35~45	45~50

注: 气候分区 I 区或 II 区应结合当地工程区冻土深度适当增加填料厚度。

2.2.4.5 湿地植物选择与种植

人工湿地植物的选择和种植应符合以下要求：

a) 人工湿地植物的选择应遵循以下原则：

1) 宜选择适应当地自然条件、收割与管理容易、经济价值高、景观效果好的本土植物；

2) 宜选择成活率高、耐污能力强、根系发达、茎叶茂密、输氧能力强和水质净化效果好等综合特性良好的水生植物；

3) 宜选择抗冻、耐盐、耐热及抗病虫害等较强抗逆性的水生植物；

4) 禁止选择水葫芦、空心莲子草、大米草、互花米草等外来入侵物种。

b) 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；

c) 应根据人工湿地类型、水深、区域划分选择植物种类，不同气候分区可选择的植物种类如表 10 所示；

表 10 各气候分区人工湿地水质净化工程推荐种植的植物种类

气候分区 代号	挺水植物	浮水植物		沉水植物
		浮叶植物	漂浮植物	
全国大部分区域	芦苇、香蒲、菖蒲等	睡莲等	槐叶萍等	狐尾藻等
I	水葱、千屈菜、莲、蒿草、苔草等	菱等	-	眼子菜、菹草、杉叶藻、水毛茛、龙须眼子菜、轮叶黑藻等
II	黄菖蒲、水葱、千屈菜、蔗草、马蹄莲、梭鱼草、荻、水蓼、芋、水仙等	菱、芡实等	水鳖等	菹草、苦草、黑藻、金鱼藻等
III	美人蕉、水葱、灯芯草、风车草、再力花、水芹、千屈菜、黄菖蒲、麦冬、芦竹、水莎草等	菱、芡实、荇菜、莼菜、萍蓬草等	水鳖等	菹草、苦草、黑藻、金鱼藻、水车前、竹叶眼子菜等
IV	水芹、风车草、美人蕉、马蹄莲、慈菇、菱草、莲等	荇菜、萍蓬草等	-	眼子菜、黑藻、菹草、狐尾藻等
V	美人蕉、风车草、再力花、香根草、花叶芦荻等	荇菜、睡莲等	-	竹叶眼子菜、苦草、穗花狐尾藻、黑藻、龙舌草等

注：湿地岸边带依据水位波动、初期雨水径流污染控制需求等选择适宜的本土植物。

d) 人工湿地植物种植应符合以下要求：

1) 植物栽种以植株移栽为主，同一批种植的植物植株应大小均匀，部分沉水植物如菹草或地被花卉等亦可通过播种方式种植；

2) 种植时间应根据植物生长特性确定，一般在春季或初夏，必要时也可在夏季、秋季种植，但应采取保证成活率的措施；

3) 应根据植物种类与工艺类型合理确定种植密度，挺水植物宜为9株/m²~25株/m²，浮水植物宜为1株/m²~9株/m²，沉水植物宜为16株/m²~36株/m²。在用地受限或进水悬浮物浓度较高时，可采取高密植单元以节约用地空间、降低进水负荷，种植密度宜为前述密度最大值的3倍以上。

e) 人工湿地可选择多种植物分区搭配种植, 增加植物的多样性及景观效果, 但应避免后期植物生长串混或侵占。

2.2.4.6 防渗层

防渗层的设计应符合以下要求:

a) 人工湿地建设时, 应进行防渗处理, 防渗措施应根据当地土壤性质和工程区地质情况, 并结合施工、经济与工期等多方面因素确定;

b) 防渗层下方基础层应平整、压实、无裂缝或松土, 表面应无积水、石块、树根和尖锐杂物, 人工湿地开挖时应保持原土层, 并在其上采取防渗措施;

c) 人工湿地防渗可采用粘土碾压法、三合土碾压法、土工膜法、塑料薄膜法和混凝土法等方法, 并应符合下列要求:

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

2) 三合土碾压法: 石灰粉、粘土、沙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, 但不得小于0.2 m;

3) 土工膜法: 采用二布一膜(400 g/m²~700 g/m²)形式, 膜底部基层应平整, 不得有尖硬物, 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, 并应采用粘土或素混凝土锚固; 膜与填料接触面可视填料状况确定是否设粘土或砂保护层;

4) 混凝土法: 混凝土强度应大于C15, 厚度宜大于0.1 m; 防渗层面积较大时应分块浇筑, 施工缝应大于15 mm, 缝间应填充沥青防水。

d) 表面流人工湿地应根据进水水质和土壤渗透系数, 采取必要的防渗设计;

e) 潜流人工湿地防渗设计应符合以下要求:

1) 应在湿地底部和侧面进行防渗, 防渗层渗透系数应不大于10⁻⁶ m/s; 当黏土层渗透系数不大于10⁻⁶ m/s, 且厚度大于500 mm时, 可不另做防渗;

2) 防渗层应足够坚固, 防止植物根系穿透破坏;

3) 防渗材料采用聚乙烯膜时, 应由专业人员用专用设备焊接;

4) 防渗层完工后应进行渗透实验。

f) 人工湿地内穿墙管、穿孔墙等部位应做局部防渗处理。

2.2.4.7 管材及闸阀

管材及闸阀应满足以下要求:

a) 所选管材宜具有一定抗压强度和耐腐蚀性能, 优先选用 PE 管, 亦可选用 UPVC 给水管材、UPVC 波纹管、HDPE 管等;

b) 阀门应满足耐腐蚀性强、密封性好和操作灵活等要求;

c) 管材选用 PE 管时, 应按《给水用聚乙烯(PE)管道系统 第2部分: 管材》GB/T 13663.2 规定执行;

d) 水位控制闸板、可调堰等装置采用非标设计时, 应考虑材质、控制方式、防腐及耐用等因素。

2.2.5 强化措施

2.2.5.1 潜流人工湿地可采取辅助充氧、增加填料厚度和补充投加碳源等工程措施强化处理效果。

a) 当进水氨氮、化学需氧量浓度较高时, 可采用跌水曝气、机械曝气或潮汐水位运行等工程措施进行辅助充氧, 辅助充氧应符合2.2.5.3的要求;

b) 当对磷或氨氮有较高去除要求时, 宜增设对磷或氨氮去除能力较强的填料, 如陶粒、沸石或火山岩等, 应根据湿地处理单元对水中氮磷去除要求与填料的吸附性能, 确定相应填料层厚度和面积;

c) 当对总氮去除有较高要求时, 可选择补充投加碳源、合理设置好氧—厌氧区间等措施, 补充碳源的类型包括固体碳源、液体碳源等。

2.2.5.2 表面流人工湿地可采取辅助充氧、强化生物调控等工程措施强化处理效果。

a) 当进水氨氮、化学需氧量浓度较高时, 可采用跌水曝气、陡坡充氧和机械曝气等工程措施进行辅助充氧, 辅助充氧应符合2.2.5.3的要求;

b) 当对脱氮除磷有要求时, 可采用生物调控措施, 如将区域内沉水植物盖度提升至大于70%, 并合理配置鱼类、底栖生物等, 强化处理效果。

2.2.5.3 采取辅助充氧措施应符合下列要求:

a) 两个人工湿地处理单元水位差大于或等于0.5 m时, 宜采用单级或多级陡坡充氧、跌水充氧等自然充氧形式。采用陡坡充氧时, 坡度宜为1:4~1:2; 采用跌水充氧时, 应防止水流对构筑物的冲刷;

b) 机械充氧应依据人工湿地处理单元对水中溶解氧含量的要求, 确定充氧时间及充氧设备功率等;

c) 充氧位置宜设置在人工湿地的进水端和中间段。

2.2.6 二次污染控制措施

2.2.6.1 污泥处理与处置

湿地系统应根据淤积存情况、运行要求及对环境的影响等定期清淤排泥。污泥处理与处置应符合《室外排水设计规范》GB 50014中的有关规定, 满足环境影响评价报告书(表)及其批复的要求。

2.2.6.2 恶臭处理

根据进水水质及工艺设计, 对于可能散发恶臭并对周边环境造成不利影响的工艺环节, 应采取相应措施除臭。恶臭气体排放浓度应符合《恶臭污染物排放标准》GB 14554的有关规定, 满足环境影响评价报告书(表)及其批复的要求。

2.2.6.3 消毒

人工湿地水质净化工程的出水作为再生水利用时, 应符合《城镇污水再生利用工程设计规范》GB 50335中的有关规定。

2.2.6.4 噪声和振动防治

应采取隔声、消声、绿化等措施降低噪声, 厂界噪声应符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348中的有关规定。设备间、鼓风机房等机械设备的噪声和振动控制的设计应符合《动力机器基础设计标准》GB 50040和《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087中的有关规定, 满足环境影响评价报告书(表)及其批复的要求。

2.3 辅助工程

为保障人工湿地功能而配套的电气、给排水、建筑结构等辅助工程的设计和建设, 需满足国家、行业、地方等有关标准的规定。条件允许时, 可采用新通信技术满足信息化管理需求。

第三章 施工与验收

3.1 基本规定

3.1.1 人工湿地类型及其工序

不同类型人工湿地的主要施工工序见表 11。

表 11 人工湿地类型及其主要施工工序

湿地类型	主要施工工序
水平潜流人工湿地	地基与基础工程—引排水工程、湿地构筑物—防渗层—填料充填—植物种植—辅助工程及配套设施
垂直潜流人工湿地	地基与基础工程—引排水工程、湿地构筑物—防渗层—填料充填—植物种植—辅助工程及配套设施
表面流人工湿地	地基与基础工程—引排水工程、湿地构筑物—植物种植—辅助工程及配套设施

3.1.2 施工基本规定

3.1.2.1 原材料、半成品或成品的质量标准，本指南有规定的，可参照执行；无规定的，应按现行国家有关标准执行。

3.1.2.2 施工过程中除参照本指南外，施工单位的资质、施工技术、劳动安全、卫生、消防和水利等应符合国家现行标准的有关规定。

3.1.2.3 施工过程应满足以下要求：

a) 土建工程施工应按《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268和《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141及其它相关标准进行；

b) 设备安装工程施工应按《工业安装工程施工质量验收统一标准》GB/T 50252、《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231和《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334及其它相关标准进行。

3.1.3 验收基本规定

3.1.3.1 验收分为质量验收和竣工环境保护验收。

3.1.3.2 验收过程中除参照本指南外，还应符合劳动安全、卫生、消防和水利等国家现行标准的有关规定。

3.1.3.3 质量验收应按土建工程质量验收、设备安装工程质量验收、植物栽种验收、竣工验收等程序进行。单位（子单位）工程、分部（子分部）工程、分项工程（验收批）的划分可按本指南附录A确定，质量验收记录应按《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268及其它相关标准填写。

3.1.3.4 土建工程质量应按《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141及其它相关标准进行验收。

3.1.3.5 设备安装工程单机及联动试运转应按《工业安装工程施工质量验收统一标准》GB/T 50252、《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231、《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334及其它相关标准进行验收。

3.2 地基与基础工程

3.2.1 一般规定

在进行人工湿地的地基与基础工程之前，应根据围堰或围护结构的类型、工程水文地质条件、施工工艺和地面荷载等因素制定施工方案，经审批后方可施工。

3.2.2 施工降排水

人工湿地施工降排水应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的有关规定。

3.2.3 基坑开挖与回填

人工湿地基坑开挖与回填应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的有关规定。

3.2.4 质量验收标准

人工湿地地基与基础工程验收应符合《建筑地基处理技术规范》JGJ 79及其相关专业规范的有关规定。

3.3 引排水工程

3.3.1 一般规定

3.3.1.1 人工湿地引排水工程主要包括提升泵站、引排水管道（渠道）及出水口。

3.3.1.2 人工湿地水质净化工程中提升泵站的施工应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的有关规定。

3.3.1.3 人工湿地水质净化工程中引排水管道的施工应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268的有关规定。

3.3.1.4 人工湿地水质净化工程中引排水渠道、出水口的施工应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的有关规定。

3.3.2 质量验收标准

引排水构筑物质量验收应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《砌

体结构工程施工质量验收规范》GB 50203、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141和《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268等的有关规定。

3.4 主体结构构筑物

3.4.1 一般规定

潜流人工湿地主体结构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结构构筑物宜采用塘体结构。

3.4.2 混凝土结构构筑物

3.4.2.1 混凝土结构构筑物施工应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204和《混凝土质量控制标准》GB 50164的有关规定。

3.4.2.2 钢筋保护层厚度应符合《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069的相关规定。

3.4.2.3 混凝土结构构筑物止水带材料的材质、性能应符合设计文件和《地下工程渗漏治理技术规程》JGJ/T 212的有关规定。

3.4.3 砌体结构构筑物

砌体结构的砌筑施工应符合《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203的有关规定。

3.4.4 塘体结构构筑物

塘体结构构筑物施工应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的有关规定。

3.4.5 土建与设备连接部位

土建与设备连接部位施工应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334的有关规定。

3.4.6 附属结构

3.4.6.1 配水堰口、配水管与集水管等附属结构施工应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334的有关规定。

3.4.6.2 生态砾石床中砾石规格应符合设计要求，不得有泥土残渣及其它杂物；石笼装填封口后应紧密错缝垒放。

3.4.6.3 生态砾石床的砾石宜采用人工堆放，砾石表面铺设行走钢板或木板，尽量避免在砾石表面直接行走，禁止机械碾压。施工完成后，砾石床透水性应满足设计要求。

3.4.7 质量验收标准

人工湿地主体结构构筑物验收应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203和《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141等标准的有关规定。

3.5 防渗层

3.5.1 一般规定

遇到管道、集水坑与立柱等特殊构筑物时，防渗层应做特殊处理，并保证水流通畅。

3.5.2 防渗膜

3.5.2.1 防渗膜铺设应一次展开到位，不宜展开后再拖动。

3.5.2.2 铺设时应为材料自身热胀冷缩、填料充填及通水后承载产生的拉伸预留出尺寸变化量。

3.5.2.3 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《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》CJJ 113的有关规定。

3.5.2.4 防渗膜与潜流湿地床体基础处的粘接强度不应低于防渗膜焊接缝合的抗拉强度，潜流湿地床体基础处的搭接宽度应与基础宽度一致，且搭接宽度范围内的重叠部分应全部粘接。

3.5.2.5 施工完成后应采取有效保护措施，避免已铺设的防渗膜受风力等影响而损坏。

3.5.3 三合土

采用三合土的防渗层施工应符合《渠道防渗工程技术规范》SL 18的有关规定。

3.5.4 质量验收标准

防渗层验收应符合《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》CJJ 113的有关规定。

3.6 填料充填

3.6.1 一般规定

潜流人工湿地选料、洗料、堆料与撒料等过程应保证填料清洁。

3.6.2 保护层

填料层最底部保护层的填料规格和充填高程应严格执行设计要求，充填后应保证平整度，不得出现填料丘。

3.6.3 主体填料

3.6.3.1 主体填料宜采用卷扬机、输送机等方式输入床内，床内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，不得在填料表面直接碾压和踩踏。

3.6.3.2 填料充填前，宜以同种同规格填料 $50\text{ m}^2\sim 100\text{ m}^2$ 为一个单元摊铺面，每个单元摊铺面设置5~10处高程控制点。不同种类或不同规格的填料应分层充填，摊铺至设计高程后，方可进行下一个单元摊铺面充填。

3.6.3.3 填料充填区应按横向不同种类（或规格）填料的设计分区设置临时分界线。

3.6.3.4 充填填料时，应避免损坏潜流湿地床体的配水、集水系统，严禁直接将填料倾倒至

配水、集水管件上。集水系统底部的填料应采用人工充填，严禁管道底部出现悬空。

3.6.4 质量验收标准

填料检验及验收方法应符合《水处理用滤料》CJ/T 43、《建设用卵石、碎石》GB/T 14685的有关规定。

3.7 植物种植

3.7.1 一般规定

植物种植工程应在湿地主体构筑物、辅助工程完成且湿地通水后进行。植物种植工程施工前，施工单位有义务提出施工最佳时间建议。

3.7.2 水生植物种植

3.7.2.1 应合理安排起苗时间和栽种时间，水生植物自起苗开始暴露时间不宜超过8 h，起苗数量不宜超过当日能完成的种植量。

3.7.2.2 水生植物可直接采用裸根（少量泥土）种植，种植前宜清洗种苗，灭杀有害生物，防止外来入侵种。

3.7.2.3 水生植物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。植物运输过程需做保湿处理。

3.7.2.4 水生植物种植前，应合理修剪植株茎叶，修剪后的茎高不宜低于20 cm。

3.7.2.5 水生植物种植时，应保持填料湿润。种植密度应符合设计要求，种植方式应采取等间距错行种植。

3.7.2.6 水生植物种植后，应及时提升并保持一定水位，水面宜高出填料表面10 cm~15 cm。潜流人工湿地可视植物根系生长状况，逐渐恢复正常运行水位。

3.7.2.7 水生植物成活后，湿地进水负荷应逐步增加。

3.7.3 非水生植物种植

非水生植物种植应符合《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82中的有关规定。

3.7.4 质量验收标准

植物种植的验收应符合《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82中的有关规定。

3.8 辅助工程及配套设施

3.8.1 喷灌系统

喷灌系统施工及质量验收应符合设计文件的要求和《喷灌工程技术规范》GB/T 50085的有关规定。

3.8.2 生产路

生产路施工及质量验收应符合设计文件的要求和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的有关规定。

3.8.3 电气设备附属工程

电气设备附属工程施工及质量验收应符合设计文件的要求和《1kV及以下配线工程施工与验收规范》GB 50575、《建筑电气照明装置施工与验收规范》GB 50617和《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601的有关规定。

3.8.4 自动控制及监控系统工程

自动控制及监控系统工程施工及质量验收应符合设计文件的要求和《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB 50093的有关规定。

3.8.5 水量计量设施

水量计量装置的施工及质量验收应符合设计文件的要求和《城市排水流量堰槽测量标准》CJ/T 3008的相关规定。流量计的施工及质量验收应符合设计文件的要求和《给水排水仪表自动化控制工程施工及验收规程》CECS 162的有关规定。

3.8.6 水质监测系统

条件允许的人工湿地，可建设在线监测系统以满足信息化管理需求。在线监测系统的施工及质量验收应符合设计文件的要求和《水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-N等）验收技术规范》HJ 354的有关规定。

3.9 竣工环境保护验收

3.9.1 验收工况

当人工湿地主体工程及附属设施竣工，出水稳定达标运行3个月以上（位于严寒、寒冷地区的人工湿地宜跨冬季）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。

3.9.2 验收调查时段和验收范围

3.9.2.1 验收调查时段分为工程前期、施工期和运行期。

3.9.2.2 验收范围原则上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它环境影响时，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。验收范围主要包括：

- a) 人工湿地工程主体及其全部附属设施；
- b) 环境影响评价报告书（表）和设计文件规定应采取的各项环境保护措施；
- c) 施工期发生重大变更（如湿地处理规模、主体工艺、施工位置等发生变化），应重新申请环评审查，并按审查通过的环评批复文件要求进行验收。

3.9.3 验收阶段技术要求

3.9.3.1 环境敏感目标调查

根据建设项目环境影响评价有关文件要求，调查工程范围内环境敏感目标的地理位置、规模、与工程的相对位置关系、主要保护内容与环境影响评价文件中的变化等，编制

敏感目标清单，格式参见附录B.1。

3.9.3.2 工程概况及变更调查

a) 调查工程设计标准、总投资及环保专项资金使用等相关情况，实际建设内容与环评内容不一致的，重点调查其变更内容；

b) 将工程设计及批复、环评及批复、建设规模、开工建设及竣工时间和现场初步调查时工程实际建设情况等列入“工程建设情况一览表”，格式详见附录B.2；

c) 将工程主体、附属设施及其变更情况列入“建设项目环境保护验收/变更内容一览表”、附属配套设施一览表，格式详见附录B.3和B.4；

d) 调查人工湿地采用的工艺方案和工艺流程，重点包括人工湿地各处理单元高程设置、进出水水量、设计水深、水力坡度、污染物削减负荷和水力负荷等参数。此外，可根据河道水量和人工湿地实际处理水量情况，开展人工湿地对河道水量变化影响的调查。

3.9.3.3 污染防治措施调查

a) 调查施工阶段和运行阶段对噪声、大气、水和固体废物等采取的治理措施及措施落实情况；

b) 调查建设项目环境保护“三同时”落实情况，列表说明是否落实“三同时”要求，格式详见附录B.5。

3.9.3.4 验收监测

a) 监测内容包括人工湿地进出水水质和水量、噪声和大气环境质量（人口密集区）、水生植物生长状态、集布水系统及附属设施运行情况等；

b) 水质监测点位应包括人工湿地进水口、各处理单元进水口和总出水口。人工湿地出水水质应满足设计要求；

c) 监测因子为环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定中确定的污染物，监测频次一般不少于2 d，每天不少于4次；采样要求、质量控制及数据整理应符合《大气污染物无组织排放监测技术导则》HJ/T 55、《水质 样品的保存和管理技术规定》HJ 493、《水质 采样技术指导》HJ 494和《水质 采样方案设计技术规定》HJ 495、《地表水和污水监测技术规范》HJ/T 91、《污水监测技术规范》HJ 91.1、《地下水环境监测技术规范》HJ 164及《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166的有关要求。

第四章 运行维护

4.1 基本规定

4.1.1 人工湿地运行维护单位应依据本指南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。

4.1.2 人工湿地运行人员、技术人员及管理人员必须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，运行人员应具备国家有关环境污染治理设施运营岗位合格证书。人工湿地运行维护单位应对运行人员、技术人员及管理人员进行定期考核。

4.1.3 人工湿地运行维护单位应有对应的工艺流程图、平面布置图和电气自控系统图等。

4.1.4 人工湿地能源和材料的消耗应准确计量，并应做好各项生产指标的统计，进行成本核算。

4.1.5 人工湿地内供水、排水、水处理、自控及电气等设施的运行、维护及管理工作必须符合国家有关标准的规定。

4.2 生产调试

4.2.1 生产调试准备工作

4.2.1.1 岗位设置与人员培训

人工湿地运行前应建立运行维护机制，包含工艺技术、机电、安保、环卫和监测等方面，或引入专业机构开展运维。

人工湿地初次运行前应完成对全体员工的岗位培训和安全培训，其中运行管理、操作和维护人员应掌握人工湿地系统的工艺流程和设施、设备的运行维护要求及有关技术参数。

4.2.1.2 运行与调试

运行与调试应符合以下要求：

- a) 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步骤逐步调试，具备条件时，系统联合试运转应以实际进水为介质；
- b) 具备单体运行的单元如工艺水池、工艺设备、辅助设备及闸阀等应进行单体运行检验，检验标准参考《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334的有关规定；
- c) 单体调试、局部联合调试完成后，进行系统联合试运转，应采取高水位运行，进水水力负荷应达到最大设计负荷，联合试运转不少于72 h；
- d) 系统联合试运转通过后，进入试运行阶段，试运行期不应少于6个月，需保证3个月以上稳定运行期，并检测出水水质；
- e) 出水稳定达标是人工湿地生态系统建立的主要标志，出水稳定达标后，即可投入正常运行。

4.2.1.3 移交

人工湿地移交应符合以下要求：

a) 由建设单位、监理单位、施工单位与运行维护单位共同进行单体调试、局部联合调试与系统联合试运转，并出具运转调试报告，报告应包含设施名称、规格型号、调试内容、调试时间、参与人员及调试结果等；

b) 由建设单位、监理单位、施工单位与运行维护单位共同清点与确认人工湿地的设备、设施、植物等的规格和数量，签署工程移交书，并附设施设备移交清单、人工湿地系统资料清单、备品备件清单和验收不合格清单（如有）等；

c) 签署工程移交书后由运行维护单位负责人工湿地系统的日常运行与维护。

4.2.2 人工湿地植物初期维护

4.2.2.1 初期水生植物维护应逐步加大水力负荷，每次加大幅度应视污染物去除率、植物和微生物生长情况等确定，直至达到设计要求，实现稳定运行。

4.2.2.2 潜流人工湿地运行初期应定期调控运行水位，并跟踪监测植物根系，应满足下列要求：

a) 初次运行宜保持高水位以保证植物成活率，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，不得淹没整株挺水植物；

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

4.2.2.3 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大于10 cm，不超过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，一般不超过50 cm。

4.2.2.4 人工湿地植物初期运行维护时间应视温度和季节确定，但不应少于30 d。

4.2.2.5 人工湿地系统运转初期，可适当添加安全性有保障的微生物菌剂，辅助人工湿地系统快速形成微生物群落，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。

4.2.2.6 人工湿地建设初期易滋生水绵，需及时进行人工打捞。

4.3 日常运行与养护

4.3.1 预处理系统

4.3.1.1 生态滞留塘的运行与维护应符合以下要求：

a) 每日巡视生态滞留塘，及时清除表面漂浮杂物及腐败植物等，保持水面整洁；

b) 每季度检查生态滞留塘沉积物淤积情况，一般淤积深度超过50 cm时应及时清淤，污泥处理与处置应符合《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60中的有关规定。

4.3.1.2 生态砾石床的运行与维护应符合以下要求：

a) 每日巡视砾石床，及时清除两侧杂物，防止砾石床堵塞；

b) 当砾石床进出水水位差超过设计值30 cm，应清洗砾石床，清洗前应降低砾石床进出水水位；可选用高压水枪冲洗，冲洗效果不佳时，应翻洗砾石床，翻洗水回流至湿地预处理系统处理；翻洗后应及时修整砾石床，维持砾石床原有结构，保证砾石床正常运行；

c) 每年检查砾石床是否存在沉降、坍塌现象，发现问题后，及时排查原因，补充砾石，确保砾石床正常运行。

4.3.1.3 定期巡视并维护沉砂池、沉淀池、过滤池等预处理设施，运行及维护应符合《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60及国家有关标准的规定。

4.3.2 人工湿地主体

4.3.2.1 引排水系统的运行维护宜采用周期性分区方式巡视，每周不少于1次，巡视应包括下列内容：

a) 检查管道沿线的明漏或地面塌陷情况，对不能满足输水要求和存在安全隐患的管道，应有计划地进行修复和更新改造，管道的维护应符合《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6的相关规定；

b) 检查渠道沿线的明漏或地面塌陷情况，渠道的维护应符合《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68的相关规定；

c) 检查井盖、标志装置等管网附件的缺损情况，及时更换与维修；

d) 检查各类阀门、设施井等的损坏和堆压情况，出现损坏及时更换与维修，出现堆压及时清理；

e) 检查管道周围环境变化情况和影响管网及其附属设施安全的活动。

4.3.2.2 集布水及排空系统的运行与维护应符合以下要求：

a) 每日巡视集布水系统，采用人工或机械清理系统内的杂物和积泥，保持填料表面平整，保证集布水系统正常运行和布水均匀；

b) 每周检查集布水系统内的管道、渠道等破损、腐蚀情况，确保管道通畅，阀门、闸门运行正常，做好管道、阀门除锈、除垢、润滑及防腐工作，避免出现漏水现象；

c) 检查或清理集布水系统时宜减少或暂停进水，清理前做好充分的人力、物力、照明、通风及安全措施准备，尽量缩短停水时间，确保安全；

d) 潜流人工湿地每月至少排空一次，及时排出脱落的生物膜及淤泥。宜采用分区依次排空，排空的淤泥处理与处置应符合《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60中的有关规定。潜流人工湿地排空前先抬高水位运行再排空，排空时间不小于12 h。

4.3.2.3 填料的维护应符合以下要求：

a) 每日巡视表面流人工湿地及生态滞留塘、砾石床等情况，并采取以下淤积预防措施：

1) 控制进入人工湿地系统水体的悬浮物浓度；

2) 定期察看人工湿地是否存在缓流、淤积等现象；

3) 定期对人工湿地前端生态滞留塘或生态砾石床进行清淤处理。

b) 每日巡视潜流人工湿地填料表面情况，如出现漫流现象，应分析原因，及时处理：

1) 当潜流人工湿地出现漫流且面积比不超过10%时，应调整湿地运行方式，加大进水流量，分区间歇排空，干湿交替运行；

2) 当漫流面积比超过10%但未超过30%时，应监测湿地堵塞情况，翻松堵塞区域的填料层，清理填料附着物后复原；

3) 当漫流面积比超过30%、出现严重堵塞时，需换填堵塞区域填料；换填填料前，应排空堵塞单元格，换填填料应与原填料级配相同。施工中宜采用人工挖掘，转运时宜采用轻型转运机械（满负荷小于1吨），被更换的填料优先考虑资源回收公司处置或按照一般固废处理。

c) 每季度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。

4.3.2.4 人工湿地植物的管护应符合以下要求：

a) 宜每月巡视人工湿地植物长势，并做好记录与分析，监测与记录人工湿地主体内水生植物的种类、密度、株高以及植物的根系长度、宽幅等，为人工湿地运行和维护提供参考依据，记录参考附录C.1；

b) 应根据植物的不同生长期进行管理, 如果湿地植物出现死亡缺株, 应及时补植, 达到设计要求;

c) 湿地植物病虫害防治应采取预防为主、治疗为辅的方针, 应优先采用物理、生物方法防治病虫害, 尽量少用化学农药;

d) 湿地运行期间应及时清理人工湿地内杂草和枯枝落叶, 防止腐烂; 可通过抬高湿地水位、人工拔除等方式抑制杂草生长; 秋冬季节, 对植物做好防冻措施或及时收割, 并且加强消防措施;

e) 湿地如出现水绵泛滥, 应及时清理;

f) 湿地植物应及时修剪或收割, 并满足以下条件:

1) 应定期收割植物, 气候分区 I 区~II 区可每年收割1次, III区~V 区可每年收割2次~3次, 植物的收割宜在生长后期, 可以提高氮和磷去除率; 收割时不得破坏填料表面;

2) 潜流湿地水生植物收割前应降低水位, 收割时应采取措施, 防止破坏填料, 收割时应保留10 cm~20 cm长的植物茎体;

3) 表面流人工湿地、生态滞留塘具备降水条件时应先降低水位, 待表层干燥后再收割, 避免工人操作时破坏人工湿地土壤; 不具备降水条件时可采用工具船或人工收割;

4) 沉水植物、浮水植物密度过大时, 应适时进行人工或机械收割, 达到设计密度要求, 沉水植物收割至水面下10 cm~20 cm为宜;

5) 应及时修剪枯黄、枯死和倒伏水生植物, 疏除弱枝弱株, 达到通风透光, 保证植物生长质量;

6) 收割植物应妥善处置, 宜交由再生资源回收公司进行处理和利用, 严禁在人工湿地内焚烧植物。

g) 植物养护标准参照《园林绿化养护标准》CJJ/T 287中的有关规定。

4.3.2.5 湿地主体构筑物的检查与维护应符合以下要求:

a) 每季度定期对人工湿地主体构筑物进行检查, 如出现裂缝、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《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的相关规定;

b) 每年应定期对人工湿地围护结构和跌水堰等进行检查, 如发现坑洞或坍塌情况及时修整。

4.3.3 低温环境运行

4.3.3.1 做好人工湿地保温措施, 床内水温应保证不低于4 ℃。可采取植物覆盖、抬高水位形成冰雪覆盖、覆盖塑料薄膜或搭建塑料温室大棚等保温措施:

a) 在保证消防安全、水质不恶化的前提下, 植物收割后可采用将收割的植物就地覆盖方式对湿地表面保温;

b) 将潜流湿地水位提升5 cm~10 cm, 待人工湿地表层结冰后, 降低运行水位至常水位, 利用表面冰层对湿地保温。植物收割时可保留20 cm~30 cm直立残茎, 以支持冰层;

c) 适当抬高表面流人工湿地水位, 延长水力停留时间; 极寒天气时, 应降低运行水位, 在冰层和水面间形成空气隔绝层, 达到保温效果;

d) 低温运行时应对进出水管(渠)采取防冻保温措施;

e) 植物收割应预留表面覆盖空间和设施。

4.3.3.2 人工湿地低温运行期间可适当降低水力负荷, 并维持稳定的进水流量。当人工湿地采取潮汐流方式运行时, 两次潮汐时间不宜超过24 h, 避免湿地在低温时段处于落干状态。

4.3.3.3 可采取强化措施，如预处理、人工曝气和延长水力停留时间等，提高冬季湿地运行效果。

4.3.4 强化处理措施

4.3.4.1 曝气设备的运行管理应符合以下要求：

- a) 每日巡视曝气设备运行情况，及时清理曝气机周围漂浮物和垃圾，确保设备正常运转；
- b) 每年维护曝气设备，及时去除水垢和锈斑，更换润滑油，做好设备防腐。

4.3.4.2 高密植单元的管护应符合以下要求：

- a) 每周巡视高密植物单元状况，及时清理周围的杂物或垃圾，修补或更换破损的单体，对缺失植物进行补植；
- b) 高密植单元应及时养护，依据需要定期收割，植物生长旺期每2周收割1次，枯萎之前收割1次。

4.3.5 辅助工程及配套设施

4.3.5.1 辅助工程及配套设施的检查巡视应符合以下要求：

- a) 每日巡视提升泵站，根据设定的巡视路线、巡视项目和巡视周期对泵站设备进行全面巡视，检查工具、保险装置和信号装置等安全设施的可靠性、灵敏性和安全性；
- b) 每日巡视电气自控设备，检查机电设备、自控系统的可靠性、灵敏性和安全性；
- c) 不定期巡视其它附属设施，如大门、围挡、护栏、木栈道、展板和道路照明等。

4.3.5.2 辅助工程及配套设施的维护应符合以下要求：

- a) 维护泵站设施时，必须先对有毒、有害和易燃易爆气体进行检测并采取防护措施，泵站和水泵机组及配套设施的维护应符合《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68的相关规定；
- b) 高、低压变配电装置的清扫、检修工作必须符合《电业安全工作规程 第1部分：热力和机械》GB 26164.1和《电业安全工作规程》DL 409的有关规定，机电设备的维护应符合《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60的相关规定；
- c) 自控系统应设置用户权限，采取有效措施避免病毒和非法软件的侵入，PLC机站、计算机房应保持适宜设备正常工作的温度和湿度并保持清洁，自控设备维护应符合《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60的相关规定；
- d) 管理用房等其它附属设施，应进行定期检查和维修。

4.4 安全生产

4.4.1 湿地主体工程、辅助工程及配套设施等的安装、使用、检修、检测等应符合国家现行有关标准规定。

4.4.2 湿地主体工程、辅助工程及配套设施等的防火应严格按照《建筑设计防火规范》GB 50016等相关规范执行。

4.4.3 消防器材的设置应符合消防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。

4.4.4 水较深的区域应设置防护栏、标识牌等，禁止行人下水游泳或长时间逗留。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。

4.5 应急管理

4.5.1 运营维护单位应按照《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T 29639、生产安全事故应急条例（国令第708号）的有关规定编制应急预案。

4.5.2 进水水质突发恶化时，应立即停止进水，经检测水质达到进水水质标准方可进水。

4.5.3 出水水质恶化时，应对湿地进水及各处理单元的水质进行检测，分析水质恶化原因，通过调节进出水水量、延长水力停留时间等措施，确保出水水质达标。

4.5.4 强降雨及强泄洪后，应控制进水水量，及时打开旁通或排空管道排涝，使人工湿地系统水力负荷满足设计要求。

4.5.5 湿地出现福寿螺时，优先采取人工打捞、水位控制等方式去除；效果不理想时，可考虑使用低残留药剂。

4.5.6 关于安全生产的应急问题，按相关安全规范执行。

4.6 监测与记录

4.6.1 水质监测

4.6.1.1 应监测和分析人工湿地进出水的水量与水质，包括流量、水位、水温、溶解氧、pH值、悬浮物、五日生化需氧量、化学需氧量、高锰酸盐指数、氨氮、总氮和总磷等，以评价湿地水质净化效果；对于盐湖、滨海区域，宜补充监测进出水的全盐量；记录参考附录C.2。

4.6.1.2 具有在线监测设备的应每日记录监测数据。委托有资质单位监测的，每月监测次数不少于2次，监测报告存档备案。

4.6.1.3 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。

4.6.1.4 应根据水质指标的监测和分析，及时调整人工湿地运行方式及管理措施。

4.6.1.5 人工湿地运行维护监测指标、方式、点位及频率见表12。

表 12 人工湿地运行维护监测指标、方式、点位及频率参照表

监测指标	监测方式	监测点位	监测频率
流量	在线监测	人工湿地进水、出水	每日
水位	水位标尺	水渠、人工湿地各单元	
悬浮物、五日生化需氧量、化学需氧量、高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷	在线监测、委托监测	人工湿地各单元的进水、出水	在线监测每日监测、委托监测每月不少于两次
水温、溶解氧、pH值	便携式检测仪	人工湿地各单元	每日

4.6.2 运行记录及报表

4.6.2.1 每日填写生产运行记录，记录内容参考附录D，并满足以下要求：

- a) 生产运行记录应如实反映人工湿地设备、设施、工艺及生产运行情况；
- b) 生产运行记录应真实、准确、字迹清晰且用碳素墨水笔填写，并由责任人签字；
- c) 生产运行记录应由相关人员审核无误并签名确认后按月归档。

4.6.2.2 人工湿地运行维护宜执行计划报表、统计报表和分析报告制度，并满足以下要求：

- a) 计划报表应根据人工湿地正常运行的需要，全面反映进出水水量与水质、植物维护、能源材料消耗量、维护维修项目和资金预算等运营指标；
- b) 统计报表应依据生产运行及维护、维修记录，全面反映人工湿地运行情况；
- c) 分析报告应包含生产运营计划执行情况、安全生产、设施和设备大修及更新、财务年度预算和决算等；
- d) 计划报表、统计报表和分析报告宜按月、年完成。

4.6.2.3 运行管理中宜建立健全电气、仪表和机械设备的台帐。维护、维修记录应包括电气、仪表、机械设备累计运行台时、维修及保养记录等内容。

4.6.2.4 人工湿地运行维护应执行交接班制度，交接班双方必须对规定内容逐项交接，双方均确认无误后方可签字。交班人员应做好巡视维护、工艺及机组运行、责任区卫生及随班各种工具使用情况等记录。接班人员应对交班情况做接班意见记录。如遇异常，应在交接班记录中详细记录。

4.7 常见问题及建议措施清单

人工湿地常见问题及建议措施清单见表 13。

表 13 湿地运行维护主要问题及建议措施清单表

序号	分类	主要问题	建议措施
1	水质变化	进出水水质恶化	a) 当进水水质突发恶化时，应立即停止进水，经检测水质达到进水水质标准方可进水。 b) 当出水水质恶化时，对湿地进水及各处理单元的水质进行检测，分析水质恶化原因，通过调节进出水水量、延长水力停留时间等措施，确保出水水质达标。
2		局部恶臭	查找臭味来源，及时清理腐败植物残体、垃圾等。
3	湿地淤堵	生态砾石床堵塞	当砾石床进出水水位差超过设计值30 cm，应清洗砾石床，清洗前应降低砾石床进出水水位。可选用高压水枪冲洗，若冲洗效果不佳时，应翻洗砾石床，翻洗水回流至湿地预处理系统处理。翻洗后应及时修整砾石床，维持砾石床原有结构，保证砾石床正常运行。
4		表面流人工湿地淤积	察看人工湿地缓流、淤积的位置，分析原因，采取相应措施： a) 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； b) 如建有生态滞留塘或生态砾石床，需定期清淤； c) 必要时应对表面流人工湿地进行清淤。
5		潜流人工湿地漫流	a) 当潜流人工湿地出现漫流且面积比不超过10%时，应调整湿地的运行方式，加大进水流量，分区间歇排空，干湿交替运行； b) 当漫流面积比超过10%但未超过30%时，应监测湿地堵塞情况，翻松堵塞区域的填料层，清理填料附着物后复原； c) 当漫流面积比超过30%、出现严重堵塞时，需换填堵塞区域填料；换填填料前，应排空堵塞单元格，换填填料应与原填料级配相同；施工中宜采用人工挖掘，转运时宜采用轻型转运机械（满负荷小于1吨），被更换的填料优先考虑资源回收公司处置或按照一般固废处理。
6	湿地植物	病虫害	依照预防为主、治疗为辅的方针，应优先采用物理、生物方法防治病虫害，尽量少用化学农药。
7		倒伏	扶正倒伏水生植物，如水生植物倒伏严重应及时进行收割。
8		长势较差	可适当控制水位至人工湿地填料表层以上10 cm ~20 cm，保持水位直至植物良性生长。

序号	分类	主要问题	建议措施
9		杂草疯长	可采用人工拔除结合水位控制去除杂草。
10	水量变化	进水量骤减	检查进水口、进水管道、沉淀池等设施，如遇堵塞、损坏等应及时清理、修复。
11		出水量骤减	在进水量不变情况下，出水量骤减，应逐步检查人工湿地主体构筑物，如出现被破坏、渗漏等应及时修复。
12		布水不均匀	a) 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、腐败植物或其它杂物。 b) 查验布水管孔口是否错位，及时矫正，以防孔口堵塞。
13		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。
14	其它异常情况	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。
15		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遮光。
16		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。
17		管道漏水	查明原因，及时修补或更换。
18		填料局部沉降	宜补填填料直至达到设计高程。

附录 A
(规范性附录)
人工湿地水质净化工程验收划分

A.1 人工湿地主体构筑物工程的单位（子单位）、分部（子分部）、分项工程和检验批的划分应符合表A.1和表A.2的规定。

表 A.1 人工湿地主体构筑物工程单位（子单位）、分部（子分部）、分项工程和检验批的划分

单位（子单位）工程	分部（子分部）工程		分项工程	检验批
单体构筑物	地基与基础	地基	素土地基、灰土地基、砂和砂石地基、土工合成材料地基、软基处理桩地基、复合地基等	检验批根据施工质量控制及验收需要进行划分
		基础工程	扩展基础、筏形和箱形基础桩基础、沉井与沉箱基础等	
		地下水控制	降水与排水、回灌等	
		土方	土方开挖、土方回填、场地平整等	
	主体工程	现浇混凝土结构	钢筋、模板、混凝土、预应力、变形缝、表面层等	
		塘体结构	基底、护坡、防渗等	
		砌体结构	砌砖、砌石、预制砌体、变形缝、表面层等	
		填料充填	保护层、主体填料等	
		植物种植	挺水植物、浮水植物、沉水植物等	
		土建和设备安装连接部位	土建和设备安装连接部位及预留孔、预埋件等	
		附属结构	计量槽、配水井、排水口、扶梯、防护栏、平台、集水槽、堰板、导流槽、支架、闸槽等	
<p>注1：单体构筑物包括泵房、水平潜流人工湿地、垂直潜流人工湿地、表面流人工湿地等。</p> <p>注2：构筑物功能性试验为人工湿地工程质量验收的重要组成部分，是验收的手段之一，在单位、分部、分项工程划分中不体现。</p> <p>注3：按照单独作为成本核算的方式划分单位工程的，由业主和施工单位协商划定。</p>				

表 A.2 人工湿地安装工程单位（子单位）、分部（子分部）、分项工程和检验批划分

单位（子单位）工程	分部（子分部）工程	分项工程	检验批
泵房设备、配电室设备、分水井设备、阀门（闸门）井设备、在线监测房设备等	机械设备安装工程	泵类设备、闸、阀门设备、巴氏计量槽等	设备安装部分不设检验批
	电气设备安装工程	开关柜、电缆线路、电缆终端头、电缆接头制作、电气配管、电气配线、电气照明、接地装置、防雷设施及等电位联结等	
	自动控制仪表安装工程	流量、分析仪表、仪表用电气线路敷设、仪表用管路敷设、监控设备等	
管线安装工程	土方工程	地基处理、沟槽开挖、沟槽支撑、沟槽回填、基坑开挖、基坑支护、基坑回填	检验批可按施工长度或井段划分
	主体工程	管道基础、管道铺设、管道浇筑、管渠砌筑、管道接口连接、管道防腐层等	
	附属工程	井室（现浇混凝土结构、砖砌结构、预制拼装结构）、雨水口及支连管、支墩	
注1：管线主要指工艺管线，包括引水管线、排水管线等。 注2：设备调试和功能性试验为人工湿地工程质量验收的重要组成部分，是验收的手段之一，在单位、分部、分项工程划分中不体现。			

A.2 在线监测房、配电室、管理房、传达室等建筑工程划分应符合《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的有关规定。

A.3 厂区道路应按《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的有关规定划分，厂区排水应按《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268的有关规定划分，厂区绿化应按《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82的有关规定划分。

附录 B
 (规范性附录)
 人工湿地水质净化工程验收调查表

B.1 人工湿地水质净化工程影响区域环境敏感目标一览表

表 B.1 人工湿地水质净化工程影响区域环境敏感目标一览表

环境要素		环境保护对象	方位(经纬度)	距离(m)	环境功能
环境空气		***村			
		***村			
				
水环境	地表水	***湖			
		***河			
				
	地下水	***水源保护区			
				
声环境		***村			

B.2 人工湿地水质净化工程建设情况一览表

表 B.2 人工湿地水质净化工程建设情况一览表

项目名称					
建设单位			通讯地址		
法人代表			联系人		
联系电话		传真		邮政编码	
建设地点					
建设性质			行业类别		
建设规模					
工程建设内容					
动工时间		竣工时间		试运行时间	
环评报告书/表名称					
环评报告单位					
环评报告审批部门					
设计单位					
设计审批部门					
现场初步调查时工程实际建设情况					
.....					

B.3 建设项目环境保护验收/变更内容一览表

表 B.3 建设项目环境保护验收/变更内容一览表

项目名称				
建设单位				
项目负责人			参与人员	
验收日期			项目承建日期	
建设地点				
建设性质			行业类别	
建设规模				
工程建设内容				
类别/分项		无变更/变更/重大变更	设计、环评批复项目内容	实际建设/变更情况
主体工程				
			
辅助工程				
			

B.4 人工湿地水质净化工程附属配套设施一览表

表 B.4 人工湿地水质净化工程附属配套设施一览表

序号	配套设施	规格	占地面积 (m ²)	备注
1	综合管理房			
2	水质在线监测站			
3				
.....				

B.5 人工湿地水质净化工程“三同时”执行情况一览表

表 B.5 人工湿地水质净化工程“三同时”执行情况一览表

基本情况	项目名称				建设地点	
	建设单位				法人代表	
	行业情况		联系人		联系电话	
	建设项目情况	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造				
	工程总投资（万元）		环保投资（万元）		水 <input type="checkbox"/> 气 <input type="checkbox"/> 固废 <input type="checkbox"/> 其它 <input type="checkbox"/>	
	环评单位		批复文号、日期		<input type="checkbox"/> 报告书 <input type="checkbox"/> 报告表 <input type="checkbox"/> 登记表	
设计阶段	环保措施落实情况 检查人： 日期： 年 月 日					
施工建设阶段	开工日期		施工单位			
		年 月 日 到 年 月 日				
	环保措施落实情况 检查人： 日期： 年 月 日					
试运行阶段	生态环境部门确认试运行日期			试运行日期		
	环保措施落实情况 检查人： 日期： 年 月 日					
验收单位意见	是否同意申请验收 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 审核人： 日期： （公章）					

附录 C
(规范性附录)
人工湿地水质净化工程监测记录表

C.1 人工湿地水质净化工程植物监测记录表

表C.1 人工湿地水质净化工程植物监测记录表

监测时间： 天气： 气温：

种类	样号	株高 (cm)	蓬径 (cm)	密度 (株/m ²)	根系长度 (cm)	根系宽幅 (cm)	备注(是否有病虫害、花果等)
千屈菜	1						
	2						
	3						
芦苇	1						
	2						
	3						
黄花鸢尾	1						
	2						
	3						
再力花	1						
	2						
	3						
水葱	1						
	2						
	3						
.....	1						
	2						
	3						
.....	1						
	2						
	3						

记录人：

C.2 人工湿地水质净化工程监测记录表

表C.2 人工湿地水质净化工程监测记录表

监测时间： 天气： 气温：

单元名称	样点名称	流量 (m ³ /d)	水位 (cm)	悬浮物 (mg/L)	五日生化 需氧量 (mg/L)	化学需氧 量 (mg/L)	高锰酸盐 指数 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	水温 (℃)	溶解氧 (mg/L)	pH值
单元1	进水口													
	出水口													
单元2	进水口													
	出水口													
单元3	进水口													
	出水口													
.....	进水口													
	出水口													
.....	进水口													
	出水口													

记录人：

附录 D
 (规范性附录)
 人工湿地水质净化工程运行记录表

D.1 人工湿地水质净化工程运行记录表

表D.1 人工湿地水质净化工程运行记录表

年 月 日

	项目	是否合格
生态 滞留 塘	1.进水是否正常	
	2.水面是否整洁	
	3.植物是否有病害	
	
.....	
	
	
运行 维护 主要 工作 及 问题 等		
	责任人:	