

ICS
N

团 体 标 准

T/CWEC 2020-xxx

T/CAQI 2020-xxx

内陆自然型湿地修复与重建技术导则

Technical guidelines for ecological restoration and creation of inland

natural wetlands

(征求意见稿)

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

2021-xx-xx 发布

2021-xx-xx 实施

中国水利企业协会

中国质量检验协会

发布

目 次

目 次	I
前 言	1
1 总则	2
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 总体要求	6
4.1 一般规定	6
4.2 湿地类型选择	6
4.3 湿地功能定位	6
4.4 湿地布局	7
5 湿地调查	8
5.1 一般规定	8
5.2 调查任务	8
5.3 调查类型	8
5.4 调查内容	8
6 湿地设计	10
6.1 一般规定	10
6.2 水力条件	10
6.3 湿地地形构建	10
6.4 植被群落修复设计	11
6.5 湿地动物群落修复设计	12
6.6 湿地配套设施	12
7 湿地施工	14
7.1 一般规定	14
7.2 湿地地形整理	14
7.3 植被栽种	14
7.4 栖息地营造	14
7.5 配套设施	14
7.6 预处理设施	15
7.7 湿地施工验收	15
8 运行管理	16
8.1 一般规定	16
8.2 监测评估	16
8.3 管理与维护	16
附录 A 湿地工程有关参数计算方法	18
标准用词说明	23

前 言

本标准按 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》的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国水利企业协会与中国质量检验协会提出并归口。

本标准起草单位：中国水利水电科学研究院、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、珠江水利委员会珠江水利科学研究院、青岛中质脱盐质量检测有限公司、河北省水利科学研究院雄安分院、海河水利委员会科技咨询中心、首都经济贸易大学、中国雄安集团生态建设投资有限公司、中国建筑设计研究院有限公司、东盛生态科技股份有限公司、沈阳环境科学研究院、北京中质国研环境科技研究有限公司、中国科学院亚热带农业生态研究所、天津绿茵景观生态建设股份有限公司、江南大学、北京华宇辉煌生态环保科技股份有限公司、金埔园林股份有限公司、北京市首发天人生态景观有限公司、深圳中绿环境集团有限公司、山东鸿林工程技术技术有限公司。

本标准起草人：

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国水利企业协会与中国质量检验协会标准化办公室。

本标准为首次发布。

1 总则

1.0.1 为规范内陆自然型湿地修复与重建技术的布局、设计、施工、运行管理等技术要求，特制订此技术导则。

1.0.2 本技术导则主要适用于内陆自然型湿地修复与重建工程，可作为新建、改建和扩建自然型湿地工程的设计、施工、运行管理的技术依据。

1.0.3 本技术导则中的湿地主要是指位于陆地与水域交汇处，水位接近或处于地表面，或有浅层积水的内陆湿地，根据与河湖水域位置关系，包括岸坡湿地、河漫滩湿地、河口湿地和坑塘湿地。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB3838 地表水环境质量标准

GB18918 城镇污水处理厂污染物排放标准

GB50201 防洪标准

GB5084 农田灌溉水质标准

GB50286 堤防工程设计规范

HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范

HJ 623 区域生物多样性评价标准

JGJ 79 建筑地基处理技术规范

CJJ 60 城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程

SL18 渠道防渗工程技术规范

SL 265 水闸设计规范

LY/T 1755 国家湿地公园建设规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 内陆自然型湿地 inland natural wetland

湿地位于陆地与水域交汇处，水位接近或处于地表面，或有浅层积水，具备以下一至几个特征：（1）至少周期性地以水生植物为植物优势种；（2）底层土主要是湿土；（3）在每年的生长季节，底层有时被水淹没；（4）一般水深不超过 2 m。

3.2 内陆自然型湿地功能 function of inland natural wetland

具备以下一至几个功能：（1）水源涵养；（2）水质净化；（3）生境提供；（4）景观休闲；（5）洪水调蓄；（6）气候调节。

3.3 湿地修复 wetland restoration

是指将湿地由人类活动干扰或改变的状态，恢复到原有曾经存在的状态。

3.4 湿地重建 wetland construction

是指人工将原来的河滨高地或没水区改造成湿地。湿地重建既是对历史上湿地损失的补偿，也是对工程项目不可避免导致湿地损失的补偿，相关管理办法规定了因工程项目导致湿地损失的补偿办法，以实现所谓“占补平衡”。补偿政策的关键是新建湿地与原有湿地的面积比，即所谓替换率，替换率是湿地补偿的定量控制。为补偿目的而重建的湿地，也称“替代湿地”。

3.5 湿地景观格局 wetland landscape pattern

是指大小和形状不一的湿地景观斑块在空间上的排列，是各种生态过程在不同尺度上综合作用的结果，具有显著的景观异质性，对景观的功能和过程有着重要的影响。

3.6 空间异质性 spatial heterogeneity

是指某种生态学变量在空间分布上的不均匀性及其复杂程度。空间异质性是空间斑块性 (patchiness) 和空间梯度 (gradient) 的综合反映。

3.7 水生土 hydric soil

自然型湿地土壤称为水生土，水生土处于生物、水体和气体的界面，在水分、营养物质、沉淀物、污染物和温室气体的运移过程中具有独特作用。水生土长期处于过湿状态，生物残体难以充分分解，使得土壤中积累了大量养分，尤其是泥炭土，其有机质养分含量很高。水生土是储存和提供营养物质的“营养库”。多年形成的水生土，足以支持湿地植被和整个生态系统。

3.8 岸坡湿地 bank slope wetland

岸坡型湿地指建造在河岸边坡上的拟自然型湿地，即极大利用河岸边坡有限土地面积建造的湿地。湿地内部具有一定的坡度，同时具有一定的滞留或消纳污染物作用的湿地。

3.9 河漫滩湿地 flood plain wetland

河漫滩是指河流洪水期淹没的河床以外的谷底部分，主要由河流的横向迁移和洪水漫堤的沉积作用形成，由于横向环流作用，V字形河谷展宽，冲积物组成浅滩，浅滩加宽，枯水期大片露出水面成为雏形河漫滩，之后洪水携带的物质不断沉积，形成河漫滩。

利用河漫滩的微地貌特征，通过构建和改造不同深度、水位和形状的湿地，并利用渗透坝等措施加强湿地与湿地之间以及湿地与河道之间的水力联系，既可提高河漫滩湿地的水文连通性，增强河流系统行洪能力，拦截洪水中的悬浮、漂浮物；也可以增加对水中可溶性物质的吸收，提高湿地系统水质；同时，还可根据湿地修复工程要求选择适宜的湿地植被，具有较好的景观效果。

3.10 河口湿地 estuary wetland

河口湿地处于入湖（海）河流与湖泊（海洋）之间的过渡区域，是河流与湖泊（海洋）能量流动与物质循环过程强烈的区域，是生物多样性富集的地方，由于受化学、物理和生物等多种因素的强烈影响，成为一个生态多样性较高的生态边缘区。通过对河口湿地的修复与重建，恢复入湖河口湿地生物多样性和湿地植被，从而构建结构稳定、功能良好的湿地生态系统。

3.11 坑塘湿地 pit wetland

坑塘型湿地可用于储存雨洪以控制洪峰、防止洪水，并运用各种设施提高雨水质量。同时，坑塘型湿地还兼具作为审美和游憩设施，补充地下水，提供一般饮用水和为野生生物提供新的栖息地的一系列其他功能。

4 总体要求

4.1 一般规定

4.1.1 明确自然型湿地修复与重建的功能定位，设计目标，湿地类型及布局等。

4.1.2 湿地修复设计原则应遵循以下几条：（1）遵循生态系统自设计、自组织原则（2）设计自然化，避免人工化；（3）重点恢复湿地生态功能；（4）最低工程成本和最低维护成本；（5）多尺度景观下的规划设计。

4.2 湿地类型选择

合理设定自然型湿地修复与重建的目标，确定自然型湿地的功能定位，结合河流上下游与周边环境联通关系，选择相应类型的自然型湿地，主要包括岸坡型湿地、河漫滩型湿地、河口型湿地和坑塘型湿地。

4.3 湿地功能定位

4.3.1 水源涵养 湿地土壤依靠孔隙而发挥水源涵养功能，广义的湿地土壤水源涵养功能是指湿地土壤内多个水文过程及其水文效应的综合表现，而狭义的湿地土壤水源涵养功能仅指湿地土壤蓄水。土壤涵养水源是由于水分能在土壤孔隙中的存储、持留和运转。水分主要依赖于吸附力、毛管力和重力作用而持留。

4.3.2 水质净化 湿地的功能之一是削减各类污染物质，湿地植物枝叶根系及填料的阻挡过滤，减缓通过湿地水流的速度，使水中泥砂、悬浮物得以沉积，水中各种有机和无机污染物物经过植物、土壤及填料中生物降解等一系列物理、化学及生物作用，许多有毒有害物被分解转化为无害甚至有用的物质，从而使污水得到净化。

4.3.3 生境提供 湿地繁密多样的水生植物及填料提供了庞大的栖息表面积，抚育出高密度的浮游动物、底栖动物和微生物，为它们提供了稳定、安全的栖息、繁衍环境。因此，湿地中的水生植被具有创造环境多样性，保护生物多样性的生态功能。

4.3.4 景观休闲 湿地水生植被类似陆地上的森林植被，同样具有鲜花绿叶、鸟语花香，同样具备美化环块的功能。因此，水生植物的存在是对湖滨湿地的一种美的点缀，水生植被的恢复及科学的布局符合人们视觉美学的需要，并有利于湖滨带环境的改善和景观的美化。

4.3.5 洪水调蓄 湿地对河川径流影响主要表现在两个方面：一是产流少，减少一次降水对河川径流补给量，使汇流时间延长；二是降低洪峰，使当年来水不能在当年完全流出。洪水被储存于湿地土壤中或以地表水形式滞留在湿地中，减缓了洪水流速和下游洪水压力，起到缓洪、削峰的作用。

4.3.6 气候调节 湿地属于陆地与水体的过渡地带。气温升高，湿地水分蒸发，通过液-气转换，吸收热量，降低大气温度，当空气中的湿度达到一定程度，水汽结合空气中的微小颗粒物，形成降水，补充河流水、湿地水。即调节局部小气候来保持当地的湿度和降雨量，从而达到调节气候的作用。

4.4 湿地布局

4.4.1 结合公园城市、海绵城市、城市双修等生态环保理念，从山水林田湖草生命共同体、生态安全格局、城市发展的角度出发，统筹自然型湿地的实施布局。

4.4.2 水动力条件 湿地布局的核心问题是解决湿地与地表水和地下水的交互作用，也就是湿地的补水和排水问题。根据湿地补水的水动力条件，湿地布局可有以下几种模式：（1）自流补水湿地模式；（2）有闸门的自流补水湿地模式；（3）水泵补水湿地模式；（4）地下水截流湿地模式。根据湿地排水水动力条件，湿地排水有以下几种模式：（1）明沟排水；（2）暗管排水；（3）竖井排水；（4）生物排水。

4.4.3 生态需水 自然型湿地生态需水需根据湿地类型特征进行计算，其计算主要采用以下几种方法：（1）蒙大拿法；（2）栖息地-流量法；（3）整体生态系统法；（4）分区法；（5）综合法。并依据《河湖生态环境需水计算规范》（SL/Z 712-2014）进行计算。

4.4.4 基质选择 自然型湿地基质以水生土为主，一般来说，水生土中已经建立了湿地植物的种子库，成为湿地的重要生物资源，在湿地恢复、重建或扩大过程中，要充分利用当地的水生土。湿地其他基质的选择应具有：（1）良好的透水性，基质填充后湿地孔隙率宜为30%~40%；（2）基质的选取应考虑本地优先；（3）适当加入含钙、镁、铁较为丰富的固磷基质。

4.4.5 植被选择 植被修复一般分为自然方法和人工引进若干植物物种法，利用当地乡土物种是植物修复的首选策略。应选择具有发达的根系，能迅速扩繁；具有良好的通气组织，能有效输送氧到根际的植物，且乡土种优先选择，配置应以深根系植物与浅根系植物搭配、丛生型植物与散生型植物搭配、吸收氮多的植物与吸收磷多的植物搭配、常绿植物与季节性植物搭配。

5 湿地调查

5.1 一般规定

5.1.1 湿地概况调查包括湿地类型；海拔、经纬度；集水面积（地表水集水面积）；周边土地利用情况；对外交通等。湿地调查范围主要包括湿地区域范围和湿地场地范围两个层面，其中湿地区域范围主要关注自然型湿地所在区域尺度生态环境背景及湿地资源禀赋、鸟类栖息地功能等特征，湿地场地范围重点关注与湿地修复与重建密切直接相关的环境要素特征。

5.1.2 在调查环节中收集的相关信息和数据，如涉及环境敏感区域的，信息收集、使用单位必须依照国家保密法律法规的有关规定，认真贯彻执行保密工作责任制。

5.2 调查任务

5.2.1 水文水质调查 水文调查包括降水、蒸散发、高水位、常水位、洪水淹没情况、地表水和地下水交互作用情况等。水质调查包括水质评价、污染源调查、病原微生物、水功能区达标率等。

5.2.2 土壤调查 调查包括土壤的发生演变、分类分布、肥力变化和利用改良状况等。

5.2.3 生物调查 湿地植物群落的格局是对水文条件变化的响应，依据植物的与水位关系，调查可以分为陆生植物、湿生植物、挺水植物、浮水植物、沉水植物和漂浮植物等几种类型。

5.2.4 气象调查 湿地气候环境的改变和动植物的生长受到气象因素的影响，调查因素主要包括风向、风速、压力、温度、湿度和太阳照射强度等。

5.2.5 湿地退化因子调查 迷糊层次分析法、灰色关联度分析法和历史资料汇总等方法，对陆域自然型湿地水域面积的变化情况与影响湿地退化的社会经济因子和自然因子。

5.3 调查类型

5.3.1 根据自然型湿地的构建基础条件不同进行划分 包括：生态自然型湿地强化利用型、生态自然型湿地修复利用型、人工湿地自然改造利用型、场地重建湿地补充利用型等。

5.3.2 根据自然型湿地的分布区域不同进行划分 包括：城镇坑塘湿地、河漫滩地湿地、岸坡改造湿地、河口淤积湿地等。

5.3.3 根据自然型湿地的水体水源类型进行划分 包括：污水厂尾水深度处理型、河道水体旁路净化型、湖库汇流末端净化型、海绵城市滞蓄净化型。

5.4 调查内容

针对多功能自然型湿地区域相关环境及其相关联自然要素特征，包括：湿地区域自然特征、湿地区域社会特征、湿地场地综合特征、湿地处理水源特征、湿地处理出水接纳水体特征等。

5.4.1 湿地区域自然特征：气候气温、气象水文、乡土湿地植物、湿地动物等；

5.4.2 湿地区域社会特征：湿地服务对象诉求、湿地保护观念、利益相关者分析等；

5.4.3 湿地场地综合特征：地形分布、水系分布、土壤基质、植被分布、敏感目标、特征洪水位等；

5.4.4 湿地生态系统特征：湿地食物链组成结构、生物群落组成、生物多样性、生境形态异质性等；

5.4.5 湿地水源水体特征：微污染水体水量、水质、泥沙含量、排放规律、特征指标污染物；

5.4.6 湿地接纳水体特征：功能区划、保护对象、敏感区分布等。

6 湿地设计

6.1 一般规定

6.1.1 湿地类型应根据水文地貌条件、污水特征、区域环境、出水水质要求等因素进行确定。设计内容应包括生态系统设计、补水方式设计、湿地结构设计、填料和物种选择、预处理系统设计等。

6.1.2 湿地设计应遵循自然化原则，明确湿地在流域或区域中的空间景观定位，保持湿地景观与河流廊道景观的有机融合，形成既有联系有各具特色的自然景观格局。

6.2 水力条件

6.2.1 湿地设计应确定稳定可靠的水源，并创造和维持适宜的水力条件。

6.2.2 湿地常用进水方式主要有推流式、回流式、阶梯进水式和综合式。

6.2.3 湿地生态需水量计算，应建立河流-湿地水文情势关系，并建立湿地水文变化-生物响应关系模型，根据保护目标确定湿地生态需水。也可采用湿地水量平衡计算公式简单计算。

6.2.4 应确定湿地项目的补水保证率。为提高补水保证率而增加的各项抽水、蓄水、引调水工程应进行经济合理性论证。

6.2.5 河道外侧河滨带开挖形成的湿地，应布设穿堤引水渠及启闭设施。中小规模湿地的启闭设施应尽可能小型灵活、结构简单、易于操作。启闭设施可采用竖管式、叠梁插板式、组合式或翻板式。

6.2.6 进入湿地处理系统的污水应符合主要污染物浓度可以超过 GB 3838 中 IV 类水质标准限值，但不高于 GB18918 中二级标准限值的水体水质标准，并满足 $BOD_5/COD > 0.5$ 和 $TOC/BOD < 0.8$ 的要求。

6.2.7 对进入种植有农作物的湿地系统的污水，污水水质应满足 GB5084 中的相关规定。

6.3 湿地地形构建

6.3.1 湿地地形构建应根据原有场地基底进行改造，地形地貌改造可参考自然湿地形态。应拆除鱼塘、房屋等场地侵占物，平整不合理的沟谷、凸脊、坑塘，清理植被重建区地表植物。

6.3.2 基质是湿地生态系统发育和存在的载体，基质应能为植物和微生物提供良好的生长环境，并具有良好的抗冲蚀能力与透水性。自然型湿地基质主要以水生土为主，搭配填料组成。

6.3.3 水生土应选择有机土、泥炭地或者沼泽地土壤等通常具有较高蓄水能力并且有机质含量多的土壤。

6.3.4 填料选择应遵循环保性、经济性与可循环利用性原则。

6.3.5 应合理利用自然地形坡度形成的水利梯度，降低泵站运行费用。对于有坡面的场地，应使湿地长边与地面等高线平行，最小化整坡工程。

6.3.6 应利用或营造起伏多变的地形，构建敞水区、湖心岛、水生植物区、灌木湿地、林木区、持久暴露湿地、沼泽湿地多种地貌单元。

6.3.7 恢复、重建或扩大湿地，应充分利用当地水生土。新建湿地应尽量选择在水生土上构筑，原有湿地规模扩大时，宜用挖方的水生土构筑堤岸。

6.3.8 自然型河湖湿地设计应营造蜿蜒曲折的滨水岸线。边坡较高、坡度较大的地形，可增加戗台以便于植物栽植。

6.3.9 湿地单元内部隔堤建议边坡缓于 1:3 并有 0.6 m 以上超高，单元外围堰顶宽宜不小于 3 m。

6.3.10 连接湿地地貌单元之间的河道，应具蜿蜒性特征，形成深潭-浅滩序列，并采用自然型护岸技术。

6.3.11 湿地内游禽栖息地构建，应营造深 0.8-1.2 m 深水区域，其中近水游禽，不低于 20 cm，不高于 1 m；潜水游禽，水深不低于 1 m。堤岸为缓坡，栽植芦苇和灌木丛，并保留一部分裸露滩涂。水面中心可设安全岛，并保留滩涂和种植水生植物。

6.3.12 湿地内涉禽栖息地构建，须营造浅水区，栽植荷花、菱角和芡实等水生植物，其中小型涉禽要求不高于 20 cm，中型涉禽要求不高于 50-70 cm。在湿水域一侧尽量不种植高达乔木，以满足飞翔空间和起降距离要求。

6.4 植被群落修复设计

6.4.1 湿地植被群落修复设计要结合湿地功能定位合理确定植被群落修复范围。

6.4.2 湿地植被群落修复包括湿地陆域湿生植被和水域水生植物，其中以湿地水域水生植被修复为重点关注内容。

6.4.3 湿地植被群落修复设计目标是提高湿地水生植物群落多样性，进一步丰富湿地异质生境，提高多功能湿地水质净化功能，同时提高湿地生物多样性。

6.4.4 湿地植物选择应综合考虑湿地区域气候特征、不同组成区域、和不同功能需求和工程综合经济价值，优先选择适宜的乡土植物品种，同时应考虑不同植物的生长周期特点，加强季节性管养工作，避免植物残体影响水质。

6.4.5 湿地陆域湿生植物主要包括池杉、落羽杉、水蒲桃、水翁、水松、红千层、水柳、梔子、银合欢、铺地黍等。陆域湿地植物能够显著提高湿地系统生物多样性，营造更丰富的湿地景观，同时削减湿地周边降雨径流面源污染负荷。

6.4.6 湿地水域水生植物主要由沉水植物、挺水植物、浮叶植物、漂浮植物等组成。其中沉水植物适宜水深范围 1.0-1.5 m，挺水植物适宜水深范围 0-0.5 m，浮叶植物适宜水深 0.5-1.0 m，漂浮植物对水深没有特殊要求。

6.4.7 水质净化功能需求植物应具有较强的污染吸收特性，适应性强，生产迅速且不易腐烂的特征，包括：芦苇、芦竹、再力花、水葱、旱伞草、矮生苦草、马来眼子菜、黑藻等。

6.4.8 生境营造功能需求植物应具有满足湿地动物繁育、休憩、觅食等活动需要，包括：

T/CWEC XXX-XXXX

T/CAQI XXX-XXXX

芦苇、旱伞草、水葱、矮生苦草、垂柳等。

6.4.9 景观打造功能需求植物应具有观赏效果且与周边环境融合，优先选择观赏特征突出、株型美观、花期相对较长、景观效果明显的特征，包括：鸢尾系列、美人蕉系列、荷花、睡莲系列等

6.4.10 植物种植区域应根据不同湿地植物适宜水深以及对应功能需求进行确定。

6.4.11 植物种植方式应充分考虑湿地植物自然生长方式，其中挺水植物和湿生植物宜按照成丛方式种植，不宜按行间距均匀种植，沉水植物、浮叶植物和漂浮植物可按照随机方式种子播撒种植或者植株扦插种植。

6.4.12 植物种植密度应结合不同功能需求、植物分蘖、分枝特性、植物株型特征合理选定植物种植密度，适当考虑植物养护期自然生长潜力优化种植施工密度。

6.4.13 湿地种植搭配应考虑不同群落、种类综合搭配，形成相对稳定和协同作用的湿地植物组群，提高湿地植被系统的稳定性，发挥湿地植物对不同污染物的综合去污能力。

6.5 湿地动物群落修复设计

6.5.1 湿地动物群落修复设计主要以水生动物群落为主，丰富湿地食物链组成，构建健康稳定的水生动物系统。

6.5.2 湿地动物种类选择应结合湿地调查结果，针对不同生境区域和食物链层级进行相适宜的配置。

6.5.3 湿地动物生境区域主要包括底栖类、浮游类等，湿地动物食物链层级主要包括原生动物、滤食鱼类、捕食鱼类和鸟类。

6.5.4 湿地动物投放应选用本地原生品种，切忌引入外来入侵种，投放动物宜选用中等大小或生命力强的幼苗。

6.5.5 湿地动物投放宜选用区域点位确定应根据湿地生境特征进行合理确定。

6.5.6 湿地动物投放方式推荐采用组合配置、按一定比例、分批次投放。

6.5.7 湿地动物投放过程中应加强对湿地动物群落组成的监测和评价，及时对下一批次投放的动物品种配置和比例进行调整，逐步构建稳定水生动物系统。

6.5.8 对于有鸟类保护要求的湿地，底栖动物和鱼类投放需考虑保护鸟类食性。

6.6 湿地配套设施

6.6.1 湿地配套设施主要为满足自然型湿地管理和湿地服务等需求。

6.6.2 湿地管理设施主要为满足湿地日常的管理维护、监测和安全保障，包括：管理用房、试验中心、管护通道、监控监测、警示标识、观鸟屋等。

6.6.3 湿地服务设施主要为游人游憩、湿地科普提供基本的服务条件，包括：游客中心、慢行系统、亲水节点、休憩设施、公厕、停车场、公益活动等，以及导行标识、科普标识、坐凳、垃圾桶等设施。

6.6.4 湿地服务设施设置区域及布置严格避让自然型湿地生境修复和生物多样性保育区

域。

7 湿地施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 湿地材料选择应遵循经济性、环保性、本土性、可循环利用性原则。
- 7.1.2 湿地施工时应综合考虑地形、植被、配套设施、预处理设施等各个因素的要求。
- 7.1.3 湿地竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工和验收文件归档。

7.2 湿地地形整理

- 7.2.1 湿地地形应尊重原始地貌，以利用保护为主。
- 7.2.2 湿地土方应用中应当注重土砂分离，表层留有至少 0.5m 厚的腐殖种植土。以确保其涵养水源，净化水土和养护动植物的作用。
- 7.2.3 湿地中植物坡度要考虑到植物群落垂直分布，在满足坡降比时，也要满足动植物的生存栖息地。
- 7.2.4 为弥补湿地地形低洼平坦，竖向变化小的先天不足，可利用湿地挖方填筑堤岸，也可以用于增加部分场地标高。利用原洪泛区场地，土壤一般为水生土，也有利于生态系统修复。
- 7.2.5 湿地岸坡营造应根据原有场地基底进行必要的改造，地形地貌改造以自然型湿地形态为参考。地貌修复与改造的主要任务包括：拆除侵占物、地形平整及基底重建。

7.3 植被栽种

- 7.3.1 湿地植物种植初期主要是保证其成活率，湿地植物栽种宜在春秋季节，如在夏季栽种应做好遮阳防晒，冬季应做好防冻措施。
- 7.3.2 湿地植物种植初期可通过控制湿地水位促进植物扎根。

7.4 栖息地营造

- 7.4.1 游禽栖息地。营造深水区域，平均深度 0.8~1.2m，供游禽类栖息。堤岸为缓坡，栽植芦苇和灌木丛，另保留一部分裸露滩涂。水面中心可设置安全岛，提供隐蔽的繁殖与栖息场所。安全岛保留滩涂和种植水生植物。
- 7.4.2 涉禽栖息地。营造浅水区，栽植荷花、菱角和芡实等水生植物，吸引涉禽类在此栖息。
- 7.4.3 候鸟栖息地。营造水杉、池杉、柏树、女贞、冬青、榆树、乌桕等候鸟喜栖的植物，尽量不种植高大乔木，保证鸟类的飞翔空间和大型鸟类的起降距离。

7.5 配套设施

- 7.5.1 配套设施包括：给排水、微孔曝气系统、生态护坡等配套设施。
- 7.5.2 生态护坡可采用块石和植物纤维垫结合技术，下方采用块石护坡，上方铺设植物纤维垫，块石压住植物纤维垫末端。
- 7.5.3 块石护坡采用粒径为 30-50 cm 的块石，间隙可用土壤填实，扦插活枝条。
- 7.5.4 纤维垫由椰壳、棕、黄麻、木棉、小麦、玉米秸秆等天然植物纤维制成，厚度为

2-8 mm，用活木桩固定。

7.5.5 活枝条长度约 0.5-0.6 m、直径 10-25 mm；活木桩长度约 0.5-0.6 m，直径 50-60 mm。

7.6 预处理设施

7.6.1 预处理设施包括：格栅、预处理塘、缓冲塘等设施。

7.6.2 预处理实施具有去除悬浮物，漂浮物、降解有机物与水量平衡的能力。

7.6.3 预处理设施进水口应设置格栅对来水中的漂浮物进行拦截。

7.7 湿地施工验收

7.7.1 湿地工程验收程序应按下列规定划分：

- (1) 工程的主要部位工程质量验收；
- (2) 设备安装工程试运行验收；
- (3) 通水试运行验收；
- (4) 人工湿地工程竣工验收。

7.7.2 工程的性能验收包括：功能试验、技术性能试验、设备和材料试验。其中，技术性能试验至少应包括以下内容：

- (1) 实际处理水量；
- (2) 出水水质达到设计要求；
- (3) 设备能耗。

8 运行管理

8.1 一般规定

8.1.1 湿地设计单位应向运行管理单位提供运行维护详细说明书。

8.1.2 工程的运行应符合《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ60-2011 和《人工湿地污水处理工程技术规范》HJ2005-2010 中的有关规定，同时还应符合国家有关标准的规定。

8.1.3 在运行前应明确自然型湿地运行管理原则，运行规则，管理目标。同时，还应制定设备台帐、运行记录、定期巡视、交接班、安全检查、应急预案等管理制度。

8.1.4 湿地运行管理原则应遵循原则如下：（1）科学规范，精细化管理；（2）专人专岗，专业化培训；（3）系统多元，稳定化运营；（4）节能节约，经济化维护。

8.2 监测评估

8.2.1 水质跟踪监测评估 主要包括流量、水位、水温、DO、pH 值、SS、BOD₅、COD_{Cr}、NH₃-N、硝酸盐、总磷等，监测指标应按国家相关标准和规定执行。调查频率应为每年 1 次以上，同时应在枯水期和丰水期加强水质监测。生长关键期宜按春、夏、秋、冬 4 个季节开展调查评估。

8.2.2 水生土跟踪监测评估 主要包括降雨量、湿地水位、土壤厚度、透水性或渗透系数、土壤有机质含量等，湿地水位检测频率应为每天 1 次，土壤厚度、透水性或透水率、土壤有机质含量等应为每年 1 次以上，生长关键期宜按春、夏、秋、冬 4 个季节开展调查评估。

8.2.3 湿地植物跟踪监测评估 主要包括植物种类、典型植物群系、本土植物恢复、植物根系、植被株密度，调查频率应为每年 1 次以上，生长关键期宜按春、夏、秋、冬 4 个季节开展调查评估。

8.2.4 湿地微生物跟踪监测评估 主要包括水体微生物、根际微生物、水生土微生物等，调查频率应为每年 1 次以上，生长关键期宜按春、夏、秋、冬 4 个季节开展监测评估。

8.2.5 湿地生物多样性监测评估 主要包括浮游植物、浮游动物、大型底栖无脊椎、湿地鸟类等，调查频率应为每年 1 次以上，生长关键期宜按春、夏、秋、冬 4 个季节开展监测评估。

8.3 管理与维护

8.3.1 植被收割与处理 应对湿地植被长势、杂草、垃圾杂物等进行日常巡检，以周、旬、月或季度为周期制定相应巡检计划，并做好日常巡检记录，在植物高速生长期过后应及时对植物进行收割以减少腐殖质对水体的污染；暴雨、台风等极端天气前后，应及时排除积水，检查湿地植物生长情况，及时清理垃圾、淤泥，如有冲走应及时补充。

8.3.2 填料更换 应依据水生土、湿地微生物菌群变化，及时更换湿地填料。水生土渗透系数宜为 0.025-0.35 cm/h。

8.3.3 水文设施检修维护 应对湿地雨水溢流口、排洪沟渠等排洪设施，超越管、溢流井等分流设施按周、旬、月或季度进行定期检修维护，并填好设施台账、巡检记录、维修记录等。

8.3.4 景观设施的维护 应对水生植物长势不良情况，给予必要的人工干预措施，应及时修剪或清除；应对人为或不可抗力导致的湿地植物稀疏、倒伏、枯死等情况，及时采取补苗、修剪和清理等措施，并填好巡检记录、维修记录等。

8.3.5 湿地日常保护和管理 应制定湿地日常保护和管理计划，明确运行人员、技术人员及管理人员相应岗位职责和责任人，建立责任清单；应定期或不定期对湿地进行巡查和督导，并填好巡检记录、问题整改清单等。

附录 A

(资料性)

湿地工程有关参数计算方法

(1) 湿地水量平衡公式

湿地水量平衡关系是一个湿地水体输入与输出平衡关系式,湿地至少应每月或每个季度进行详细的水平衡分析:

$$\frac{dV_w}{dt} = Q_o + Q_c + Q_{sm} - Q_b - Q_e + (P - ET - I)A_w$$

式中: V_w ——湿地中的水量或贮藏量, L^3

T ——时间, T

Q_o ——污水进水量, L^3/T

Q_c ——集水区径流量, L^3/T

Q_{sm} ——融雪量, L^3/T

Q_b ——隔堤损失量, L^3/T

Q_e ——为湿地出水量, L^3/T

P ——降水量, L/T

ET ——蒸散发速率, L/T

I ——地下水渗透, L/T

A_w ——湿地水面面积, L^2

说明:污水进水量 Q_o 。污水的日进水量 Q_o 是进入表流人工湿地的主要入水。当表流人工湿地系统位于现有污水处理厂之后,则污水流量是可以测定的。如果污水流量是未知的,可以用传统工程水文学方法估计。

(3)降雨 P 、融雪 Q_{sm} 及集水区径流 Q_c 。进入湿地的降雨量包括在湿地表面区域的直接降雨 P 和湿地集水区的径流 Q_c 。融雪水 Q_{sm} 是湿地集水区的融雪,成为输入湿地水量的一部分。降雨量对湿地水平衡的影响是显著的,而融雪的影响是季节性的,至于 Q_c 只在一些环境中才会成为重要影响因素。

(4)污水出水量 Q_e 。污水出水量 Q_e 相当于在指定的时间周期内处理过的污水流出湿地的水量。污水出水量反映了湿地的进水量、其他水增减量以及贮水变化量之间的平衡关系。

(5)蒸散发速率 ET 。湿地的蒸散发速率 ET 是由于水面蒸发和湿地植物蒸腾造成的联合水损失。蒸散发的作用是浓缩某些污染物浓度,可提高去除率。在湿地中要精确地测量 ET 速率是很困难的,因此常取蒸发皿蒸发速率的某个百分数的数值作为湿地的 ET 。考虑湿地敞水区和长满植物区域 ET 值存在一定差别,因此采用平均 ET 更为实际。

(6)地下水渗透 I 和隔堤损失量 Q_b 。地下水渗透量 I 和隔堤损失量 Q_b 分别是湿地通过底部土壤和隔堤产生的水量损失。渗透会减少出水量,但能提高水力滞留时间,提高污染物去除

率。由于土壤孔隙逐渐堵塞,渗透量将随着时间逐渐减少。

(7)湿地水深。湿地容积 V_w 或贮水量直接影响污水流过湿地所需时间。提高湿地容积或贮水量可以消减季节性降水或蒸散发的影响。

(2) 湿地面积 A_w 和水力滞留时间 HRT 计算

湿地面积 A_w 按下列公式计算:

$$A_w = \frac{Q \times 1000 \times C_0}{ALR \times 10^6}$$

式中: A_w ——湿地的总面积, hm^2

Q ——流量, m^3/d

C_0 ——进水浓度, mg/L

ALR ——面积负荷率, $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$

计算理论水力滞留时间 t 可用:

$$t = V_w \cdot E / Q_{ave}$$

或

$$t = V_w \cdot \frac{E}{Q_{ave}} = \frac{A_w \cdot h_{ave} \cdot E \times 10000}{Q_{ave}}$$

式中: t ——理论水力滞留时间

V_w ——湿地可用水体积

h_{ave} ——平均水深

Q_{ave} ——平均流量

E ——湿地间隙率。在表流人工湿地中,植物、沉降固体、落叶和苔藓占据一部分空间,从而减少了蓄水可用空间。湿地的间隙率 E ,是指水可以通过这些间隙流动的空间占总体积的比例。美国环境保护署(USEPA)技术指南推荐,设计湿地长满植物区域间隙率 $E=0.65\sim 0.75$;植物密度较高的区域采用较低的数值。湿地敞水区 $E=1.0$ 。

面积负荷率 ALR 与流量 Q 、进水浓度 C_0 以及湿地面积 A_w 的关系为

$$ALR = (Q \cdot C_0) / A_w$$

式中: ALR ——面积负荷率

Q ——流量

C_0 ——进水浓度

A_w ——湿地面积。

面积负荷率是指湿地中某种污染物单位面积负荷率 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$]。在计算湿地面积时,常采用面积负荷率法。美国环境保护署(USEPA)根据若干湿地数据库的统计数据,建立了面积负荷率与出水浓度(mg/L)之间的对应关系。比如已知面积 BOD 负荷率,就可以估计出预期的 BOD 出水浓度。或者依据设计对于出水浓度要求,就可以估计某种污染物最大限度面积负荷

率。有了单位面积最大限度负荷率,就能计算湿地面积

(3) 湿地各单元面积计算

计算出的湿地总面积数值 A_w 要分解到敞水区和长满植物区各单元。可先计算第 2 单元(敞水区)面积 A_2

$$A_2 = \frac{t_2 \cdot Q_{max}}{h_2 \cdot E \times 10000}$$

式中: t_2 ——第 2 单元水力滞留时间

Q_{max} ——最大流量

h_2 ——敞水区水深

对于由 3 个单元组成的表流湿地,第 1、3 单元面积 A_1 和 A_3 相等:

$$A_1 = A_3 = (A_w - A_2)/2$$

(4) 湿地水力分析计算

湿地容积 V_w 。湿地的容积 V_w 是湿地中可能蓄水量(忽略植物、落叶、苔藓等),可按下式计算:

$$V_w = A_w \cdot h$$

污水平均流量 Q_{ave} 包括了进出水量及降雨、蒸散发和渗透的影响,可按下式计算:

$$Q_{ave} = (Q_o + Q_e)/2$$

名义水力滞留时间 HRT:

$$HRT = V_w / Q_{ave}$$

式中:HRT——名义水力滞留时间

Q_{ave} ——污水平均流量

(5) 湿地景观分析计算:

1. 景观斑块指数

(1) 斑块密度 PD。斑块密度指单位公顷面积上的斑块数量,用于描绘景观类型的多样性程度。PD 越大,空间异质性程度也越高。当所有景观类型的总面积保持不变时,斑块密度可视为异质性指数。因为一种景观类型的斑块密度大,显然意味着其具有较高的空间异质性。

$$PD = n_i / A$$

式中: n_i ——第 i 类景观类型的斑块数量或研究区域斑块总数

A ——研究区域总面积。

(2) 类型最大斑块指数 LPI。类型最大斑块指数用来测定类型最大斑块面积在类型总面积中所占的比例。

$$LPI = \frac{\max_{j=1}^n(a_{ij})}{A}$$

式中: a_{ij} ——第 i 类景观类型第 j 个斑块面积

A ——第 i 类景观类型总面积。

2.景观形状指数

(1)边缘密度 ED。景观中单位面积的边缘长度,反映景观的形状复杂程度,边缘密度的大小直接影响边缘效应及物种组成。

$$ED = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij}$$

式中: m ——研究范围内某一空间分辨率上景观要素类型总数

P_{ij} ——景观中第 i 类景观斑块与相邻第 j 类景观要素斑块间的边界长度

A ——区域总面积。

(2)景观形状指数 LSI。该指数表示景观空间的聚集程度,也可以表示景观形状的复杂程度。

$$LSI = e_i / \min(e_i)$$

式中: e_i ——景观中类型 i 的总边缘长度

$\min(e_i)$ ——景观类型 i 在总面积一定的情况下,聚集成一个简单紧凑的景观斑块后其最小的边缘长度。

如果景观形状指数大,表明景观空间分布离散,景观形状不规则;如果景观形状指数小,则表明景观由几个简单大斑块聚集而成,景观形状规则。

3.景观多样性指数

(1)景观蔓延度指数 CONTAG。CONTAG 指标描述的是景观里不同拼块类型的团聚程度或延展趋势。由于该指标包含空间信息,是描述景观格局的最重要的指数之一。一般来说,高蔓延度值说明景观中的某种优势拼块类型形成了良好的连接性;反之,则表明景观是具有多种要素的密集格局。

$$CONTAG = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left[\left(P_i \frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right] \left[(\ln P_i) \frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right]}{2 \ln m} \right] / 100$$

式中: m ——斑块类型总数

P_i ——斑块类型 i 所占景观面积的比例

g_{ik} ——斑块类型 i 和 k 之间相邻的格网单元数。

(2)Shannon 景观多样性指数 SHDI($SHDI \geq 0$)。SHDI 是一种基于信息理论的测量指数,在生态学中应用很广泛。该指标能反映景观异质性,特别对景观中各景观类型非均衡分布状况较为敏感,即强调稀有景观类型对信息的贡献,这也是与其他多样性指数不同之处。在比较

和分析不同景观或同一景观不同时期的多样性与异质性变化时，SHDI 也是一个敏感指标。如在一个景观系统中，栖息地类型越丰富，其不定性的信息含量也越大，计算出的 SHDI 值也就越高。景观生态学中的多样性与生态学中的物种多样性有紧密的联系，但并不是简单的正比关系，研究发现在同一景观中二者的关系一般呈正态分布。

$$SHEI = \sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)$$

式中： p_i ——景观类型 i 在景观中的面积比例

m ——景观类型总数。

(3)Shannon 景观均匀度指数 SHEI($0 \leq SHEI \leq 1$)。SHEI 是比较不同景观或同一景观不同时期多样性变化的重要指标。SHEI=0 表明景观仅由一种拼块组成，无多样性；SHEI=1 表明各拼块类型均匀分布，有最大多样性。

$$SHEI = - \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i / \ln m$$

式中： p_i ——景观类型 i 在景观中的面积比例

m ——景观类型总数。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有.....才允许	要求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允许
不必	不需要、不要求	