

ICS
CCS

团 体 标 准

T/ACEF 000—202X

人工湿地水质处理效率评估技术指南

Technical guide for evaluation of water treatment efficiency
of constructed wetland

(征求意见稿)

2000-00-00发布

2000-00-00实施

中华环保联合会 发布

目 次

前 言	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总则.....	3
5 人工湿地处理效率评估的分区体系.....	4
6 人工湿地水质处理效率评估体系.....	5
7 人工湿地水质处理效率调查监测.....	8
8 人工湿地水质处理效率优化.....	9
附录A（资料表）人工湿地水质净化工程监测与运行记录表	11

前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《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。

本文件为首次发布。

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。

本文件由中国水利水电科学研究院提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：中国水利水电科学研究院、

本文件主要起草人：

人工湿地水质处理效率评估技术指南

1 范围

本文件规定了人工湿地作为污水处理厂出水等低污染水的水质改善效率评估的原则、评估技术体系、分区体系、效果监测、效果优化等技术要求。

本文件适用于人工湿地验收和运行维护管理。

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 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
 - HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范
 - HJ 354 水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-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/T 91 地表水和污水监测技术规范
 - HJ/T 353 水污染源在线监测系统安装技术规范
 - HJ/T 354 水污染源在线监测系统验收技术规范
- 《人工湿地水质净化技术指南》（环办水体函〔2021〕173号）

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 wetlands

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。

3.2

表面流人工湿地 surface flow constructed wetland

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。

3.3

潜流人工湿地 underflow constructed wetland

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。

3.4

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

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。

3.5

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

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。

3.6

高密植单元 high density plant unit

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。

3.7

水力停留时间 hydraulic detention time

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。

3.8

污染物削减负荷 pollution reduction

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、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、悬浮物、氨氮、总氮和总磷等。

3.9

表面水力负荷 hydraulic surface loading

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。

3.10

水力坡度 hydraulic slope

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。

3.11

再生水 renovated water

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。

3.12

生态滞留塘 ecological detention pond

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。

4 总则

4.1 基本原则

4.1.1因地制宜。人工湿地的效果评估应根据当地气温、降雨、地形地貌、土地资源等实际情况开展分区的效果评估。

4.1.2可操作性。人工湿地水质处理效率评估应充分结合相关标准及导则，相关评价指标为与人工湿地处理目标紧密集合。

4.1.3 标本兼顾。作为污染治理设施，人工湿地水质处理效率应注重水质监管，并综合考虑人工湿地面积，造价，处理效果等多种因素，对于评估效果较差的人工湿地需要进行优化改造。

4.2 进水水质及出水水质要求

4.2.1 进水水质

为保证人工湿地处理效率评估的准确性，当处理对象为集中式污水处理厂出水时，人工湿地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，人工湿地进水应满足HJ 2005的相关要求。

4.2.2 出水水质

人工湿地出水水质原则上应满足人工湿地设计参数，如人工湿地设计时设置了出水水质目标，出水水质应满足设计要求，如不满则人工湿地处理效率评价结果为0分。

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，见表4.1。

表 4.1 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/T18920)
景观娱乐用水	《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921)
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》(GB3838)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/T19923)
农田灌溉水	《农田灌溉水质标准》(GB5084)

5 人工湿地处理效率评估的分区体系

针对不同区域气候条件差异大的特点，在人工湿地处理效率评估时，应针对不同区域气候特征分区开展评估，不同区域的评估标准根据实际情况进行设置。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5.1。同时人工湿地处理效率评估时应充分考虑气温对人工湿地处理效果的影响，对于严寒地区及

寒冷地区，月均气温小于0℃不宜开展人工湿地处理效率评估。

表 5.1 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区	严寒地区	1月平均气温 ≤-10℃ 7月平均气温 ≤25℃	年日平均气温 ≤5℃的日 数≥145d	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区	寒冷地区	1月平均气温 -10℃~0℃ 7月平均气温 18℃~28℃	年日平均气温 ≥25℃的 日数<80d 年日平均气温 ≤5℃的日 数 90d~145d	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、克孜勒苏、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区	夏热冬冷地区	1月平均气温 0℃~10℃ 7月平均气温 25℃~30℃	年日平均气温 ≥25℃的 日数 40d~140d 年日平均气温 ≤5℃的日 数 0d~90d	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区	夏热冬暖地区	1月平均气温 >10℃ 7月平均气温 25℃~29℃	年日平均气温 ≥25℃的 日数 100d~200d	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区	温和地区	1月平均气温 0℃~13℃ 7月平均气温 18℃~25℃	年日平均气温 ≤5℃的日 数 0d~90d	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，人工湿地处理效率评估时应充分考虑冬季低温气候条件，主要针对运行期进行评估：1）月均温度 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）月均温度 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。

6 人工湿地水质处理效率评估体系

人工湿地处理效率应综合考虑湿地的处理效率及其水力学参数，具体评估指标体系见表6.1。

表 6.1 人工湿地水质处理效率评估指标体系

目标层	指标层
处理效率	表面水力负荷, $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
	化学需氧量削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
	氨氮削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
	总氮削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
	总磷削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$

人工湿地处理效率计算方法见公示（6-1）。

$$E = \sum_{i=1}^n (w_i * r_i) \quad (6-1)$$

式中：

E为湿地处理效率值

w_i 为评估指标（ $i=1, 2, \dots, 5$ ）的权重；

r_i 为评估指标（ $i=1, 2, \dots, 5$ ）的标准值；

其中表面水力负荷 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 、化学需氧量削减负荷 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 、氨氮削减负荷 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 、总氮削减负荷 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 、总磷削减负荷 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 的标准值计算方法见（6-2）。

$$r_i = \frac{s_i - s_{\text{低}}}{s_{\text{高}} - s_{\text{低}}} \quad (6-2)$$

其中 s_i 为实测值， s 为不同区域人工湿地参数范围值，见表6.2至表6.6。

如 s_i 小于 $s_{\text{低}}$ 则该项指标的标准值为0。

表 6.2 人工湿地主要设计参数(I区)

设计参数 湿地类型	表面流人工湿地	水平潜流人工湿地	垂直潜流人工湿地
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 6.3 人工湿地主要设计参数 (II区)

设计参数 湿地类型	表面流人工湿地	水平潜流人工湿地	垂直潜流人工湿地
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 6.4 人工湿地主要设计参数 (III区)

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

表 6.5 人工湿地主要设计参数 (IV区)

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

表 6.6 人工湿地主要设计参数 (V区)

设计参数 湿地类型	表面流人工湿地	水平潜流人工湿地	垂直潜流人工湿地
表面水力负荷, $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	0.1~0.4	0.3~1.0	0.4~1.5
化学需氧量削减负荷, $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	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

各指标权重 w_i 可根据当地实际情况及人工湿地建设的主要目标进行设置,本指南建议上述指标权重均为0.1667。

如该人工湿地处理系统存在多个处理单元的,计算公式如下:

$$E = \frac{\sum_1^n (E_i * S_i)}{\sum_1^n S_i} \quad (6-4)$$

E为人工湿地处理系统处理效率值;

E_i 为单一湿地处理单元的处理效率值;

S_i 为单一湿地处理单元的面积。

通过处理效率计算可以得出人工湿地处理效率等级,具体见表6.7。

表 6.7 人工湿地水质处理效率等级划分

处理效率指数 E	处理效率等级 C	等级描述
(0.80,1]	优	人工湿地处理效果优秀,水质处理效率较好,水力学参数合理。
(0.60,0.80]	良	人工湿地处理效果良,尚有改进余地。
(0.40,0.60]	中	人工湿地处理效果适中,需要对人工湿地进行调整,增加湿地处理效果。
(0.20,0.40]	差	人工湿地处理效果较差,需要对人工湿地进行调整,增加湿地处理效果。
[0,0.20]	劣	人工湿地处理效果较差,需要对人工湿地进行重新设计或增加相关措施提高处理效率。

7 人工湿地水质处理效率监测

7.1 人工湿地监测

a) 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,以评估湿地水质处理效率;对于盐湖、滨海区域,宜补充监测进出水的全盐量;相关监测应按国家相关标准和规定执行。记录参考附录A.1。

b) 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。

c) 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。

d) 人工湿地系统的监测还应包括降雨量、湿地水位、植株密度等，监测频率宜为降雨量、湿地水位每天1次，植株密度每年生长旺盛季节1次。同时应监测人工湿地分单元基本情况，为人工湿地水质处理效率优化，提供支撑。

e) 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。

7.2 水质在线监测设备

a) 大、中型人工湿地进出水口，应安装水质在线监测设备；小型人工湿地出水口，可根据实际需要，安装水质在线监测设备。

b) 安装在线监测设备应符合HJ/T 353、HJ/T 354、HJ/T 355相关要求。

c) 监测仪器应符合HJ/T 15、HJ/T 96、HJ/T 101、HJ/T 103、HJ/T 377相关要求。

d) 应定期检查并校核在线监测设备，保证设备运行正常且监测数据有效。

8 人工湿地水质处理效率优化

对于水质处理效率较差的人工湿地系统可以进行优化处理，其中优化包括定期开展湿地的维护与保养，增加预处理系统，优化湿地处理单元及湿地结构等方法。

8.1 湿地维护与保养

a) 定期检查填料是否存在沉降、坍塌现象，发现问题后，及时排查原因，补充填料，确保湿地正常运行。

b) 湿地运行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。

c) 潜流人工湿地运行应定期调控运行水位，并跟踪监测植物根系。

8.2 增加污水预处理

a) 预处理的程度和方式应综合考虑污水水质、人工湿地类型及出水水质要求等因素，可选择格栅、沉砂、初沉、均质等一级处理工艺，物化强化法、AB法前段、水解酸化、浮

动生物床等一级强化处理工艺，如来水水质较差或波动较大情况下，可以考虑SBR、氧化沟、A/O、生物接触氧化等二级处理工艺。

- b) 污水的悬浮物SS含量大于100mg/L时，宜设沉淀池。
- c) 污水中含油量大于50mg/L，宜设除油设备。
- d) 污水的溶解氧DO小于1.0mg/L时，宜设曝气装置。

8.3 优化湿地处理单元及湿地结构

——对于定期开展维护和保养的人工湿地通过预处理设施后处理效果仍然较差的人工湿地系统，应该通过优化部分湿地处理单元，如：优化人工湿地基质，增加人工湿地处理单元水力停留时间，改变人工湿地处理单元湿地类型等手段增加人工湿地处理效果。

——优化后人工湿地需要进行人工湿地处理效果二次评估，评估满足要求后可正常运行，如不满足要求需要进一步开展优化工作。

附录

表A.1 人工湿地水质净化工程监测记录表

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 (°C)	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													

监测时间： 天气： 气温：

记录人：

表A.2 人工湿地水质净化工程运行记录表

年 月 日

项目		是否合格
单元1	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:	