

团 体 标 准

T/ACEF ×××—20××

农用地灌溉水重金属和有机污染物生态沟渠 拦截净化技术指南

Technical guidelines for ecological ditch interception and purification of heavy
metals and organic pollutants in irrigation water for agricultural land

(征求意见稿)

20××-×-×发布

20××-×-×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 总体要求和流程	2
5 系统设计	3
6 系统施工与验收	5
7 系统维护和管理	5
附录 A（资料性）生态沟渠植物推荐清单	7
参考文献	9

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。

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。

本文件由浙江大学提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：浙江大学、浙江卓锦环保科技股份有限公司、中国科学院南京土壤研究所、北京工业大学、温岭市植保耕肥能源总站。

农用地灌溉水重金属和有机污染物 生态沟渠拦截净化技术指南

1 范围

本文件规定了农用地灌溉水重金属和有机污染物生态沟渠拦截净化系统的设计、施工、验收、维护等要求。

本文件适用于农用地的灌溉水中重金属和有机污染物的生态沟渠拦截净化。

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，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 5084	农田灌溉水质标准
GB 15618	土壤环境质量标准 农用地土壤污染风险管控标准
GB 50288	灌溉与排水工程设计规范
GB/T 16453.4	水土保持综合治理技术规范 小型蓄排引水工程
GB/T 42627	机械安全 围栏防护系统 安全要求
NY/T 396	农用水源环境质量监测技术规范
SL 4	农田排水工程技术规范
SL 18	渠道防渗工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

灌溉水 irrigation water

为满足农作物生长需要，经人为输送，直接或通过渠道、管道供给农田的水。

3.2

生态沟渠 ecological ditch

依据生态学原理，在农田系统中构建的沟渠。在沟渠中配置多种植物，并在沟渠中设置透水坝、拦截坝等辅助性工程设施，对沟渠水体中重金属和有机污染物等物质进行拦截、吸附，从而净化水质。

3.3

颗粒物沉淀池 particulate sedimentation tank

一种用于沉淀并聚集灌溉水中携带的颗粒物等杂质的构筑物。

3.4

生态浮岛 ecological floating island

运用无土栽培技术，以高分子材料为载体和基质，采用现代农艺和生态工程措施建立的人工生态系统，用以削减水体中的污染物。

3.5

拦截网箱 intercept cages

一种内置多孔材料的网箱，可用于拦截漂浮物和较大颗粒的杂质。

4 总体要求和流程

4.1 总体要求

4.1.1 生态沟渠的建设应综合考虑区域气象特征、水文条件、地形地貌、土壤质地、地下水埋深、种植结构等实际情况。宜利用已有灌排水沟渠进行改造。

4.1.2 生态沟渠设计应与区域农田灌溉水系统相结合，综合考虑供水保障、拦截净化、景观协调等因素。

4.1.3 应统筹考虑设计、施工、验收、管理、滤料安全处置等环节的衔接。

4.1.4 生态沟渠应由主干沟、拦截净化设施、植物拦截带等部分组成。

4.1.5 灌溉水质应符合 GB 5084 规定。

4.2 总体流程

生态沟渠设计、施工、验收与维护管理总体流程如图 1 所示。

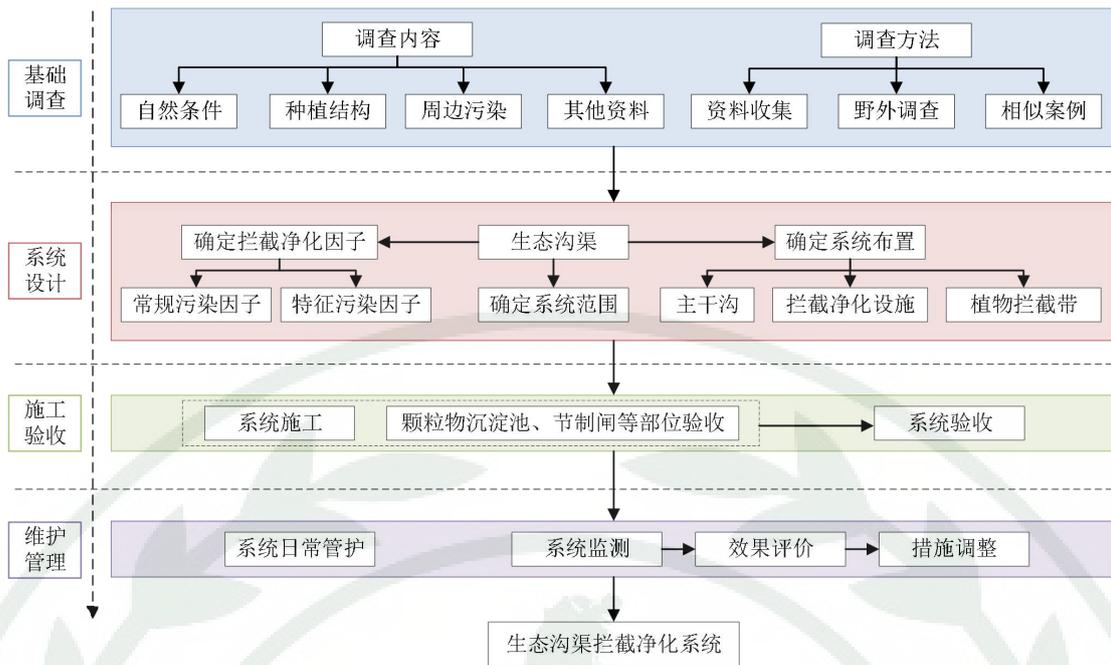


图 1 农用地灌溉水生态沟渠拦截净化系统设计施工总体流程图

5 系统设计

5.1 一般规定

5.1.1 沟渠拦截净化系统进出水利用自然地地势高度差。

5.1.2 宜在系统附近配置生态塘，主要承担农业蓄水、净水功能，同时也可用于农田生态恢复和田园景观营建。

5.1.3 宜在沟末端、沟与沟连接处等关键节点设置节制闸等水位控制设施，沟渠系统内水位不宜低于 1/3 渠深。降雨量大时应保障沟道畅通。

5.2 系统布置

农用地灌溉水生态沟渠拦截净化系统布置示意图如图 2 所示。

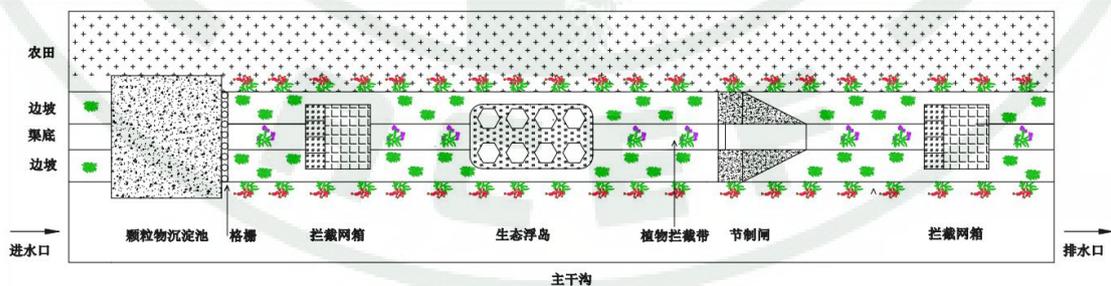


图 2 农用地灌溉水生态沟渠拦截净化系统示意图

5.3 主干沟设计

5.3.1 主干沟长度不应小于 30m。

5.3.2 主干沟设计应符合 GB50288 的规定，流量设计还应考虑拦截净化设施和植物拦截带对流量的影响。

5.3.3 主干沟沟壁可采取衬砌或建不透水护面，并应满足以下要求：

a) 设计流量 $3 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下的渠道根据具体情况实施衬砌，宜采用生态护砌材料，如多孔混凝土，衬砌厚度一般为 $6 \text{ cm} \sim 8 \text{ cm}$ ；

b) 设计流量 $3 \text{ m}^3/\text{s}$ 及以上的渠道宜采用不透水护面，坡体设置护坡植物培植区。

5.4 拦截净化设施设计

5.4.1 拦截净化设施的设计应综合考虑污染净化、生态链恢复、植物季相、景观优化等因素确定。可根据实际情况选择颗粒物沉淀池、拦截网箱、生态浮岛中的一种或多种组合。

5.4.2 颗粒物沉淀池设计应符合以下规定：

a) 颗粒物沉淀池宜设置在靠近灌溉水源的沟渠上游位置；

b) 数量可根据流量、灌溉面积等综合确定；

c) 颗粒物沉淀池尺寸应符合 GB/T 16453.4 规定。深度宜取 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$ ，宽度宜取沟渠底宽 2 倍左右，长度与宽度之比宜大于 2:1；

d) 颗粒物沉淀池出口可设置可卸式格栅或拦截网箱，其中可种植湿地植物、填充过滤吸附基质；

e) 颗粒物沉淀池周边应设置安全围栏，设计验收应符合 GB/T 42627 规定。

5.4.3 拦截网箱的设计应符合以下规定：

a) 拦截网箱高度宜取 $30 \sim 50 \text{ cm}$ ，且不宜超过沟渠深度的 $1/2$ ；

b) 拦截网箱内置填料宜采用粒径 $10 \sim 20 \text{ mm}$ 的炉渣、沸石、汽块砖、陶粒等多孔材料，并定期更换。

5.4.4 生态浮岛的设计应符合以下规定：

a) 生态浮岛宜设置在主干沟最宽位置；

b) 生态浮岛的植物选择应综合考虑当地灌溉水质、气象条件、自然生态条件等，植物种类选择参见附录 A；

c) 应确保灌溉期时，生态浮岛的植物处于生长旺盛期。

5.5 植物拦截带设计

5.5.1 植物拦截带包括沟底植物拦截带和护坡植物拦截带。

5.5.2 沟底植物应综合考虑污染净化目标与景观生态功能需求确定，宜选择根系发达、生物量大、耐污能力强、具有重金属和有机污染物去除能力的挺水、沉水和浮水植物，可选择一种或几种搭配栽种。

5.5.3 护坡植物宜选择以草本植物为主，也可搭配灌木植物。植物种类选择参见附录 A。

6 系统施工与验收

- 6.1 沟渠系统施工与验收应符合 SL 4 规定。
- 6.2 沟渠防渗应符合 SL 18 规定，宜采用天然材料进行防渗，如黏土等。
- 6.3 颗粒物沉淀池、节制闸等部位应在单项工程施工完成后进行验收。

7 系统维护和管理

7.1 一般规定

7.1.1 生态沟渠维护与管理应按照 SL 4 的相关规定执行，应落实管护责任，管理组织应制定并严格执行运行维护管理规章制度。

7.1.2 生态沟渠宜分区分段管理，对分区分段进行统一编号，并在各区或段内醒目位置设立标识牌，标识牌内容应包括区或段内设施名称、设施简图、管护责任主体、联系电话、注意或禁止事项等。

7.1.3 生态沟渠的管理应包括日常管护和监测措施。

7.2 日常管护措施

7.2.1 灌溉期应每周定期检查沟渠系统损坏和堵塞情况，及时进行维修，定期清理秸秆、树枝、塑料袋、农药瓶等杂物。

7.2.2 应定期对设施内淤泥进行清淤，颗粒物沉淀池宜每 2 个月清理底泥 1 次，拦截网箱的滤料宜每半年更换 1 次。

7.2.3 植物应适时整枝摘叶，及时清除杂草、枯枝落叶，适时补植，每年频次不少于 1 次。

7.2.4 每年汛期前，应对沟渠系统进行全面检查，保证给排水畅通；汛期后，对易受冲刷沟段应重点检查和维修。

7.2.5 日常管护过程中产生的固体废物、危险废物等应按照其环境管理属性分类收集并妥善处理。

7.3 监测措施

7.3.1 监测位置应包括沟渠系统的主干沟进口和末端出口。

7.3.2 监测指标应包括水量、污染物浓度，污染物指标视当地实际污染特征而定。

7.3.3 监测频次宜每月一次。

7.4 效果评价与措施调整

7.4.1 灌溉水断面处污染物年通量按下式计算。

$$Q_{i,a} = \sum_{j=1}^n (C_{i,j,a} \times W_j \div 10) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$Q_{i,a}$ —灌溉水断面 a 污染物 i 的年通量 (g/hm²/yr)；

$C_{i,j,a}$ —作物 j 的灌溉水在断面 a 处所取样品中污染物 i 的浓度 (μg/L)；

N 一作物种类数量；

W_j 一作物 j 的单位面积的年灌溉水量 ($m^3/m^2/yr$)。数据可通过咨询当地农业部门或调研访谈获取，也可参照区域或所在省（区、市）水资源公报等资料中统计的亩均灌溉用水量。

7.4.2 沟渠系统对灌溉水中污染物的年拦截通量按下式计算。

$$Q_i = Q_{i,e} - Q_{i,o} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Q_i 一沟渠系统对灌溉水中污染物 i 的年拦截通量 ($g/hm^2/yr$)；

$Q_{i,e}$ 一灌溉水在主干沟进口断面污染物 i 的年通量 ($g/hm^2/yr$)；

$Q_{i,o}$ 一灌溉水在主干沟末端出口断面污染物 i 的年通量 ($g/hm^2/yr$)。

7.4.3 灌溉水采样方法参照 NY/T 396 进行，可分别采集上清液和悬浮液。采集悬浮液时，必须边摇动采样器边向样品容器灌装样品。

7.4.4 经生态沟渠拦截净化的农田灌溉水，污染物的年拦截通量不宜小于主干沟进口断面污染物年通量的 30%。

7.4.5 拦截净化效果小于 30%的情况下，应采取调整拦截净化设施种类、数量等措施，或其他有效措施，并重新进行评估。

附录 A
(资料性)
生态沟渠植物推荐清单

生态沟渠植物推荐清单见表 A.1。

表 A.1 生态沟渠植物推荐清单

序号	植物名称	去除污染物	参考文献
1	菖蒲 (<i>Acorus calamus</i>)	Cu、Zn、Cd、Pb、Cr	[1][2][3]
2	茼蒿 (<i>Artemisia selemgensis</i>)	Cd	[4]
3	芦竹 (<i>Arundo donax</i>)	Cu、Zn、Pb、Cd	[5]
4	海三棱藨草 (<i>Bolboschoenoplectus mariqueter</i>)	Cu、Zn、Pb、Cd	[6]
5	美人蕉 (<i>Canna indica</i>)	PAEs、PCBs	[7]
		COD、SS、TN、TP	[8]
		Cd、Pb、As	[9]
		毒死蜱	[10]
		扑草净	[11]
6	薏苡 (<i>Coix lacryma-jobi</i>)	Cd	[12]
7	风车草 (<i>Cyperus involucratus</i>)	毒死蜱	[10]
		有机磷酸酯杀虫剂	[13]
8	稗 (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	Cu、Zn、Cd、Ni、Pb、Cr	[14]
9	水葫芦 (<i>Eichhornia crassipe</i>)	乙硫磷	[15]
10	小莎草 (<i>Eleocharis acicularis</i>)	Zn	[16]
11	黄菖蒲 (<i>Iris pseudacorus</i>)	毒死蜱	[10]
		Pb、Cd、Cu、Zn	[17]
12	黄花鸢尾 (<i>Iris wilsonii</i>)	Cr、Fe、Zn	[18]
		有机磷酸酯杀虫剂	[19]
13	灯心草 (<i>Juncus effusus</i>)	Cu、Zn、Pb、Cd	[5]
		甲基对硫磷	[20]
14	蓉草 (<i>Leersia oryzoides</i>)	二嗪农	[21]
15	黑麦草 (<i>Lolium perenne</i>)	Cd、Cr、Cu、Ni、Pb、Zn	[24]
16	千屈菜 (<i>Lythrum salicaria</i>)	Cr、Fe、Zn	[18]
		Cd、Zn	[2]

序号	植物名称	去除污染物	参考文献
17	玉带草(<i>Phalaris arundinacea</i>)	乐果	[25]
18	芦苇(<i>Phragmites australis</i>)	三氯生	[23]
		Cd、Cr、Cu、Ni、Pb、Fe、Zn	[1][2][3][5][18][24]
		PPCPs	[26]
		草甘膦	[27]
19	蜈蚣草(<i>Pteris vittata</i>)	Cr、As	[28]
20	虎杖草(<i>Reynoutria japonica</i>)	有机磷酸酯杀虫剂	[29]
21	水葱(<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>)	Pb、Zn、Cr、Cd	[3]
22	白鹤芋(<i>Spathiphyllum kochii</i>)	Cd、Zn	[2]
23	碱蓬(<i>Suaeda glauca</i>)	Cd、Mo、Cu、Zn、As	[30]
24	水烛香蒲(<i>Typha angustifolia</i>)	As	[31]
25	宽叶香蒲(<i>Typha latifolia</i>)	二嗪农	[21]
		Fe、Co、Ni	[22]
26	香蒲(<i>Typha orientalis</i>)	Cd、Cr、Cu、Ni、Pb、Zn	[2][9][24]
		三氯生	[23]
27	苦草(<i>Vallisneria natans</i>)	三氯生	[23]
28	菰草(<i>Zizania caduciflora</i>)	三氯生	[23]

参 考 文 献

- [1] 马道天,梁仁君,邱继彩等. 纳污湿地植物对底泥重金属吸收特性研究[J].环境科学与技术,2016,39(01):165-170.
- [2] 奉小忧. 人工湿地植物的筛选及其治污效果试验研究[D].湖南农业大学,2010.
- [3] 杨倩. 三种湿地植物对污染水体中重金属离子的积累能力研究[D].兰州交通大学,2009.
- [4] 董萌. 南洞庭湖湿地土壤镉(Cd)污染与菱蒿植物修复研究[D].湖南农业大学,2011.
- [5] 李瑞玲,李倦生,姚运先等. 3种挺水湿地植物对重金属的抗性及其吸收累积研究[J].湖南农业科学,2010(17):60-63.
- [6] 蒋艳敏. 海三棱蔗草根际沉积物常见重金属环境化学行为研究[D].宁波大学,2009.
- [7] 张键. 人工湿地处理源水中两种典型 POPs 物质的效果研究[D].扬州大学,2010.
- [8] 杨春辉. 美人蕉与黑麦草作为水培和人工湿地栽培作物处理城市污水研究[D].西安建筑科技大学,2012.
- [9] 李莹,张洲,杨高明等. 湿地植物根系泌氧能力和根表铁膜与根系吸收重金属的关系[J].生态环境学报,2022,31(08):1657-1666.
- [10] 唐小燕. 回流人工湿地对毒死蜱等农药去除途径和生物降解机制研究[D].暨南大学,2017.
- [11] Sun S X, Li Y M, Zheng Y, et al. Uptake of 2, 4-bis (Isopropylamino)-6-methylthio-s-triazine by vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* L.) from hydroponic media[J]. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 2016, 96: 550-555..
- [12] 安芮辰. 生活污水灌溉条件下铬污染人工湿地植物薹苳细根分解与铬释放规律研究[D].广西大学,2017.
- [13] Tang X, Yang Y, Tao R, et al. Fate of mixed pesticides in an integrated recirculating constructed wetland (IRCW)[J]. Science of the Total Environment, 2016, 571: 935-942.
- [14] 李光辉,杨霞,徐加宽等. 不同湿地植物的根系酸化作用与重金属吸收[J].生态环境学报,2009,18(01):97-100.
- [15] Xia H, Ma X. Phytoremediation of ethion by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) from water[J]. Bioresource Technology, 2006, 97(8): 1050-1054.
- [16] Sakakibara M, Ohmori Y, Ha N T H, et al. Phytoremediation of heavy metal - contaminated water and sediment by *Eleocharis acicularis*[J]. CLEAN - Soil, Air, Water, 2011, 39(8): 735-741.
- [17] 马欢欢. 酒糟对人工湿地植物根表铁膜去除重金属的影响机理[D].中国农业科学院,2021.
- [18] 张晓斌. 植物修复在水环境污染治理中的研究[D].浙江师范大学,2007.
- [19] Wang C, Liu B, Xu D, et al. Mitigation of Wastewater-Borne Chlordane in Constructed Wetlands: an Ecological Suitability Assessment by Macrophyte and Microbial Responses[J]. Polish Journal of Environmental Studies, 2017, 26(3): 1279-1287.
- [20] Schulz R, Moore M T, Bennett E R, et al. Methyl parathion toxicity in vegetated and nonvegetated wetland mesocosms[J]. Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal, 2003, 22(6): 1262-1268.
- [21] Moore M T, Tyler H L, Locke M A. Aqueous pesticide mitigation efficiency of *Typha latifolia* (L.), *Leersia oryzoides* (L.) Sw., and *Sparganium americanum* Nutt[J]. Chemosphere, 2013, 92(10): 1307-1313.
- [22] Ye Z H, Whiting S N, Lin Z Q, et al. Removal and distribution of iron, manganese, cobalt, and nickel within a Pennsylvania constructed wetland treating coal combustion by-product leachate[J]. Journal of Environmental Quality, 2001, 30(4): 1464-1473.
- [23] 赵聪聪. 人工湿地系统有机氯类污染物的去除及生物优化机制研究[D].山东大学,2015.

[24] 黄淑萍,陈爱侠,常亚飞等. 皂河湿地植物对多种重金属污染湿地的修复研究[J].环境工程,2016,34(06):177-181+154.

[25] Elsaesser D, Blankenberg A G B, Geist A, et al. Assessing the influence of vegetation on reduction of pesticide concentration in experimental surface flow constructed wetlands: Application of the toxic units approach[J]. Ecological Engineering, 2011, 37(6): 955-962.

[26] Li Y, Zhu G, Ng W J, et al. A review on removing pharmaceutical contaminants from wastewater by constructed wetlands: design, performance and mechanism[J]. Science of the Total Environment, 2014, 468: 908-932.

[27] Bois P, Huguenot D, Jézéquel K, et al. Herbicide mitigation in microcosms simulating stormwater basins subject to polluted water inputs[J]. Water research, 2013, 47(3): 1123-1135.

[28] Kalve S, Sarangi B K, Pandey R A, et al. Arsenic and chromium hyperaccumulation by an ecotype of *Pteris vittata*—prospective for phytoextraction from contaminated water and soil[J]. Current Science, 2011: 888-894.

[29] Souza T D, Borges A C, Matos A T, et al. Removal of chlorpyrifos insecticide in constructed wetlands with different plant species[J]. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2017, 21: 878-883.

[30] 张乐添. 碱蓬对土壤中重金属的富集作用及在湿地污染修复中的应用研究[D].青岛科技大学,2019.

[31] 杨桂英. 大型湿地植物香蒲 (*Typha angustifolia*) 在砷污染条件下对磷的吸收分配及其生态机制[D].云南大学,2020.