

团 体 标 准

T/ACEF 126—2023

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 farmland irrigation water

2023-12-26 发布

2023-12-31 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 基础调查	3
6 系统设计	3
7 系统施工与验收	5
8 系统维护和管理	5
附录 A（资料性）生态沟渠植物推荐清单	8
参考文献	10

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。

本文件主要起草人：沈超峰、潘乾斌、杜耀、王荣荣、羊嘉文、黄燕、朱于红、田平、陈靖文、汪海珍、陈睿、梁新强、吴玉锋、滕应。

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灌溉水中重金属和有机污染物生态沟渠拦截净化。

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 5084	农田灌溉水质标准
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
GB 50288	灌溉与排水工程设计标准
NY/T 396	农用水源环境质量监测技术规范
SL/T 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文件。

3.1

农用地灌溉水 farmland 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。

[来源：GB5084-2021，3.1]

3.2

生态沟渠 ecological ditch

依据生态学原理，在农田系统中构建的，具有多种植物配置，设有颗粒物沉淀池、拦截网箱或生态浮岛等工程设施，对沟渠水体中重金属和有机污染物等物质具有拦截、吸附、去除作用的沟渠。

[来源：DB32/T 2518-2013，3.2，有修改]

3.3

颗粒物沉淀池 particulate sedimentation tank

用于沉淀并聚集灌溉水所携带颗粒物的构筑物。

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，用以削减水体中污染物的人工生态系统。

[来源：DB42/T 1417-2018，3.1，有修改]

3.5

拦截网箱 intercept cages

内置多孔材料可用于拦截漂浮物和较大颗粒杂质的网箱。

4 总体要求

4.1 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。宜利用已有灌溉沟渠进行改造。

4.2 生态沟渠建设一般适用于监测数据表明农田灌溉水为主要输入的污染源、周边有疑似污染源、灌溉水中重金属和有机污染物等主要以颗粒态存在等情况，当地无灌溉沟渠或采用暗渠灌溉、无条件建设颗粒物沉淀池、灌溉水流速大于 3m/s、山地区等不适用生态沟渠建设。

4.3 生态沟渠宜与生态塘联合使用。

4.4 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。

4.5 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。

4.6 生态沟渠应建设颗粒物沉淀池，可根据实际情况选择拦截网箱、生态浮岛、格栅、节制闸、植物拦截带中的一种或多种组合。可根据实际情况增加拦截设施数量或其他必要的水利设施。

4.7 生态沟渠进水水质应符合 GB5084 规定。

4.8 生态沟渠设计、施工、验收与维护管理总体流程如图 1 所示。

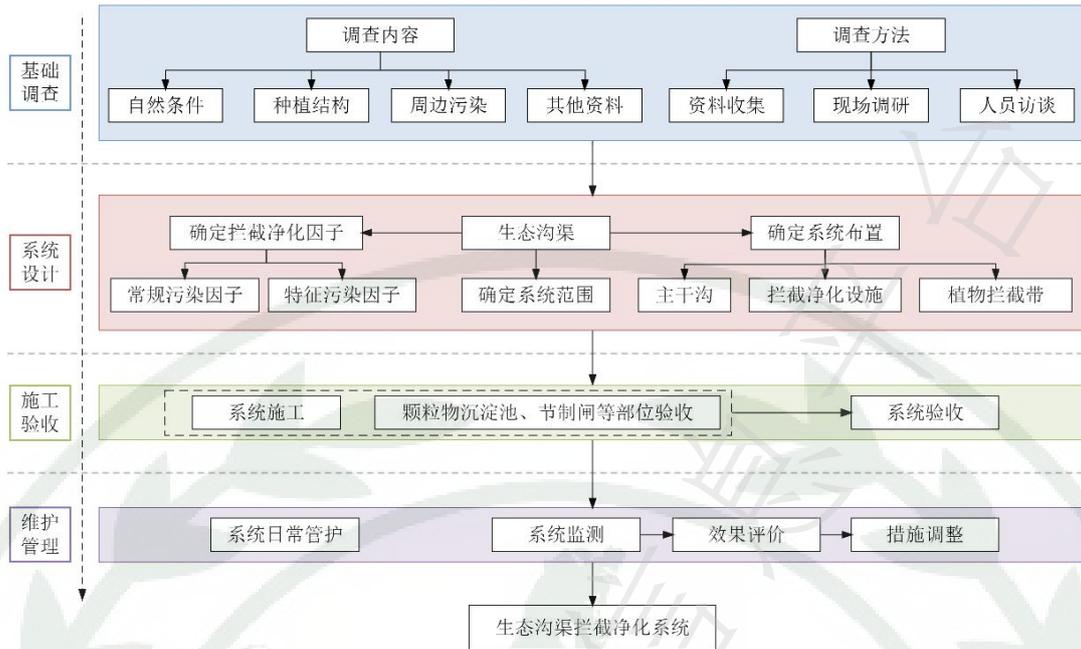


图 1 农用地灌溉水生态沟渠拦截净化系统设计、施工、验收与维护管理总体流程图

5 基础调查

5.1 调查内容

5.1.1 调查内容包括但不限于自然条件、种植结构、周边污染源、其他有必要调查的资料等，并宜符合以下规定：

- 自然条件包括气象资料、地理位置、地形、地貌、土壤、底泥、水文、水质等；
- 种植结构包括区域农作物种植种类、种植面积、季节变化等；
- 周边污染源包括在产或退役工业场地、化学品或废弃物的储存和处置设施、污水排放口、其他可能对灌溉水产生影响的污染源。

5.1.2 调查资料要真实可靠、数据完整，野外实测数据应明确时间、地点、单位及人员。

5.2 调查范围

调查范围应为整个灌溉区域，周边污染源、土壤、底泥、水质等的调查范围不宜小于灌溉区域边界外 500 m。

5.3 调查方法

调查方法包括资料收集、现场调研、人员访谈等。

6 系统设计

6.1 一般规定

6.1.1 沟渠拦截净化系统进出水宜利用自然地势高度差，采取重力流方式。

6.1.2 应在沟末端、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。

6.2 系统布置

6.2.1 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。

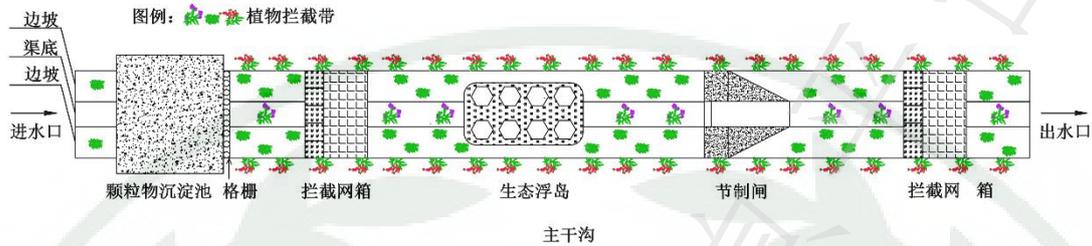


图 2 农用地灌溉水生态沟渠拦截净化系统主体示意图

6.2.2 生态拦截设施布置一般顺序为颗粒物沉淀池、格栅、拦截网箱、生态浮岛，拦截网箱或生态浮岛可根据拦截效果评估结果适当增加数量，可不同设施交替或同一设施连续布置。

6.2.3 颗粒物沉淀池、格栅、拦截网箱一般适用于固态颗粒污染物，生态浮岛、植物拦截带一般适用于溶解态污染物。

6.2.4 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。

6.3 主干沟设计

6.3.1 主干沟长度不应小于 80 m。

6.3.2 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。

6.3.3 主干沟沟壁可采取衬砌或建透水护面，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 cm~8 cm；

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

6.4 拦截净化设施设计

6.4.1 颗粒物沉淀池设计宜符合以下规定：

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；灌溉水流量大时可采用并联设置，污染物浓度较高时可采用串联设置；

c) 颗粒物沉淀池尺寸应符合 GB/T 16453.4 规定。深度宜取 0.5 m~1.0 m，宽度宜取沟渠底部宽 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。

6.4.2 拦截网箱的设计应符合以下规定：

a) 拦截网箱高度宜取 30 cm~50 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 mm~20 mm 的沸石、陶粒等不产生二次污染的多孔材料，并定期更换。

6.4.3 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。

6.5 植物拦截带设计

6.5.1 植物拦截带包括沟底植物拦截带和护坡植物拦截带。

6.5.2 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。

6.5.3 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。

7 系统施工与验收

7.1 沟渠系统施工与验收应符合 SL/T 4 规定。

7.2 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。

7.3 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。

8 系统维护和管理

8.1 一般规定

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

8.1.2 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。

8.1.3 生态沟渠的管理应包括日常管护和监测措施。

8.2 日常管护措施

8.2.1 定期清理沟渠区域内秸秆、树枝、塑料袋、农药瓶等杂物；灌溉期应每周定期检查沟渠系统损坏和堵塞情况，及时进行维修与清理。

8.2.2 应定期对设施内淤泥进行清理，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年更换1次，沟渠底泥宜每2年清淤1次。

8.2.3 植物应适时修剪，及时清除杂草、枯枝落叶，适时补植。

8.2.4 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。

8.2.5 日常管护过程中产生的淤泥、更换的滤料等固体废物应按照其环境管理属性分类收集并妥善处理处置。

8.3 监测措施

8.3.1 监测位置应包括沟渠系统的主干沟进口和末端出口。

8.3.2 监测指标应包括水量、水体和底泥中的污染物浓度，污染物指标视当地实际污染特征而定。

8.3.3 监测频次根据实际灌溉情况确定，灌溉期宜每月1次。

8.3.4 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。

8.3.5 水样分析方法参照 GB 5084 或相应国家、行业或地方标准执行。

8.4 效果评价与措施调整

8.4.1 灌溉水断面处污染物年通量按公式（1）计算。

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

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 的年均浓度，如果监测数据稳定，可采用单次监测数据，否则，采用多次监测数据计算平均值，mg/L；

n—作物种类数量；

W_j —作物 j 的单位面积的年灌溉水量，m³/hm²/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每公顷平均灌溉用水量。

8.4.2 沟渠系统对灌溉水中污染物的年拦截通量公式（2）计算。

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

式中：

Q_i —沟渠系统对灌溉水中污染物 i 的年拦截通量，g/hm²/y；

$Q_{i,e}$ —灌溉水在主干沟进口断面污染物 i 的年通量，g/hm²/yr；

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

8.4.3 评价的污染物主要为经调查确定的特征污染物。

8.4.4 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%。

8.4.5 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, 或采取其他有效措施, 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、Pb、Cd、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]
		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、Pb、Cd、Cr、Ni	[14]
9	小莎草 (<i>Eleocharis acicularis</i>)	Zn	[15]
10	黄菖蒲 (<i>Iris pseudacorus</i>)	毒死蜱	[10]
		Cu、Zn、Pb、Cd	[16]
11	黄花鸢尾 (<i>Iris wilsonii</i>)	Zn、Cr、Fe	[17]
		有机磷酸酯杀虫剂	[18]
12	灯心草 (<i>Juncus effusus</i>)	Cu、Zn、Pb、Cd	[5]
		甲基对硫磷	[19]
13	蓉草 (<i>Leersia oryzoides</i>)	二嗪农	[20]
14	千屈菜 (<i>Lythrum salicaria</i>)	Zn、Cr、Fe	[17]
		Zn、Cd	[2]
15	玉带草 (<i>Phalaris arundinacea</i>)	乐果	[23]
16	芦苇 (<i>Phragmites australis</i>)	三氯生	[22]
		Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Ni、Fe	[1][2][3][5][17]
		PPCPs	[24]
		草甘膦	[25]
17	虎杖草 (<i>Reynoutria japonica</i>)	有机磷酸酯杀虫剂	[26]

序号	植物名称	去除污染物	参考文献
18	水葱 (<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>)	Zn、Pb、Cd、Cr	[3]
19	白鹤芋 (<i>Spathiphyllum kochii</i>)	Zn、Cd	[2]
20	碱蓬 (<i>Suaeda glauca</i>)	Cu、Zn、Cd、As、Mo	[27]
21	水烛香蒲 (<i>Typha angustifolia</i>)	As	[28]
22	宽叶香蒲 (<i>Typha latifolia</i>)	二嗪农	[20]
		Ni、Fe、Co	[21]
23	香蒲 (<i>Typha orientalis</i>)	Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Ni、	[2][9]
		三氯生	[22]
24	苦草 (<i>Vallisneria natans</i>)	三氯生	[22]
25	菰草 (<i>Zizania caduciflora</i>)	三氯生	[22]

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] 奉小忱. 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)污染与蒺藜植物修复研究[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. 海三棱藨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薏苡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] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] Wang C, Liu B, Xu D, et al. Mitigation of Wastewater-Borne Chorypyrifos in Constructed Wetlands: an Ecological Suitability Assessment by Macrophyte and Microbial Responses[J]. Polish Journal of Environmental Studies, 2017, 26(3): 1279-1287.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.

- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 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.
-