

# 基于生态理念的农田排水沟渠优化设计与实践研究

柴弘<sup>1</sup> 曾贤锋<sup>2</sup>

1.内蒙古河套灌区水利发展中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

2.巴彦淖尔市水利事业服务中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

**【摘要】**：农业面源污染日趋严重，农田水利生态化转型需求紧迫，传统沟渠布局单一、生态结构脆弱、田渠融合不足，制约水土保持能力与水质净化效能，本文以生态理念为核心，从空间布局、生态组分、田渠融合三个维度搭建优化框架，运用功能分区、植被重构、水系连通等技术手段推进改造，改造后沟渠排水稳定性提升，氮磷拦截效率增强，农田与沟渠生态系统的协同性明显改善，为农田水利绿色升级与面源污染治理提供理论依据与实践范式。

**【关键词】**：农田排水沟渠；生态理念；优化设计；面源污染；生态融合

DOI:10.12417/3041-0630.26.07.090

## 引言

生态文明建设与高标准农田持续深入，农田水利设施的生态功能愈发关键，传统排水沟渠侧重排水效率却轻视生态保护，空间布局、内部结构及田渠衔接存在明显短板，难以满足现代农业绿色发展需求，立足生态优先、系统治理理念，聚焦沟渠空间、生态组分、田间融合三大维度，构建科学优化体系并推动落地，以此破解传统沟渠功能失衡难题，助力农田水土环境改善与区域生态质量提升，为同类地区沟渠生态化改造提供创新思路与实践参考。

## 1 生态理念下农田排水沟渠研究基础与地域概况

生态理念下农田排水沟渠优化设计以生态学原理为支撑，兼顾排水安全、水质净化与生态保育，契合现代农业对水利设施多功能性的需求，农田排水沟渠作为农业生态系统的关键组成，承担排涝降渍、调控地下水位、改善水土环境等基础功能，同时充当农田与水体间的物质交换通道，对氮磷污染物截留消减、维持区域生态平衡具有重要作用<sup>[1]</sup>。我国农业区沟渠多为土质明沟，结构简单功能单一，长期受水流冲刷与自然侵蚀影响，易出现边坡失稳、沟道淤积；传统硬化改造虽解决结构隐患，却破坏水土交换与生物栖息环境，削弱沟渠生态净化能力，这些现实情况为生态化优化设计提供了研究切入点与理论依据。

## 2 农田排水沟渠生态构造现存不足

### 2.1 沟渠整体空间布局缺乏生态考量

农田排水沟渠多采取平直化、规则化的线性布局，整体设计以满足排水效率为单一目标，未能纳入生态保护与物质循环的系统思维。沟渠走向多半与田块边界简单平行或垂直，形态笔直且断面规整，缺少自然蜿蜒的曲线变化，也没有设置深潭、浅滩等多样化微地形结构。这种布局缩短了水体在沟渠内的滞

留时间，氮磷等污染物来不及充分降解便快速汇入下游水体，同时破坏了水文连通的天然节奏，难以形成稳定的水流梯度与水力停留环境。各级沟渠之间衔接生硬，干、支、斗、农四级沟道仅满足排水输送功能，并未构建梯度化、网络化的生态缓冲空间，结果造成沟渠系统生态功能薄弱，无法充分发挥对污染物的截留、沉降与净化作用。

### 2.2 沟渠内部生态组成设置较为单一

农田排水沟渠内部生态构建普遍简单粗放，缺少完整的生物群落配置与生态结构设计。边坡多为裸露土质或单一硬质护砌，仅少量沟渠简单种植草本植物，植被类型单一层次匮乏，以浅根草本为主，缺少水生、湿生、中生植物的梯度搭配，难以形成稳定植被覆盖层<sup>[2]</sup>。沟底多为平整土质或硬化底板，没有碎石、陶粒等多孔基质铺设，微生物附着载体匮乏，水体自净能力受限。沟渠内水生生物近乎缺失，未合理配置浮游生物、底栖动物等，无法搭建植物—微生物—动物协同净化的生态链。这种单一生态组成导致沟渠抗干扰能力偏弱，对氮磷污染物的吸收与转化效率低下，生态系统稳定性及自我修复能力不足。

### 2.3 沟渠与田间生态环境融合度不高

农田排水沟渠与周边田间生态系统相互割裂，未能形成有机衔接、协同共生的整体格局。沟渠与农田之间缺乏生态缓冲过渡带，田块边缘直接与沟渠边坡相连，农田地表径流携带的化肥、农药残留未经缓冲过滤便冲刷进入沟渠，加剧水体污染。沟渠岸线与田间植被界限清晰，没有构建草本、灌木梯度过渡的植被带，无法实现水土保持、径流拦截与生物栖息的多重功能。田间水系与沟渠连通性不足，零散积水区、小型塘堰未与沟渠形成生态廊道，水文循环不畅，水资源调蓄能力偏弱。这种割裂状态阻断了农田与沟渠间的物质交换、能量流动与生物迁移，削弱整个农业生态系统的整体性，制约生态功能的协同

发挥。

### 3 生态导向下农田排水沟渠优化设计思路

#### 3.1 统筹沟渠空间生态布局规划

(1) 合理划分沟渠功能区段：基于农田排水的水量波动、污染负荷差异及生态净化需求，对沟渠实行梯度化、差异化的功能区段划分，构建集排水、调蓄、净化于一体的复合型沟渠系统，兼顾水文调控与生态功能协同。上游区段紧邻农田，以快速汇水与初步净化为核心，控制断面宽度及坡度以降低流速、延长径流停留时间，借助浅水区与缓流带沉淀泥沙并拦截悬浮污染物，减少氮磷等营养盐向下游迁移。中游区段作为生态净化核心区，适度拓宽断面并增加水深，设置深潭与浅滩交替结构以营造多样化水力环境，强化微生物降解及植物吸收作用、提升污染物消减效率。下游区段侧重稳定输水与生态缓冲，衔接骨干水系并优化水力条件以保障排水安全，同时构建生态过渡带降低沟渠出水对下游水体的冲击，达成排水安全与生态净化的协同统一。如图1。

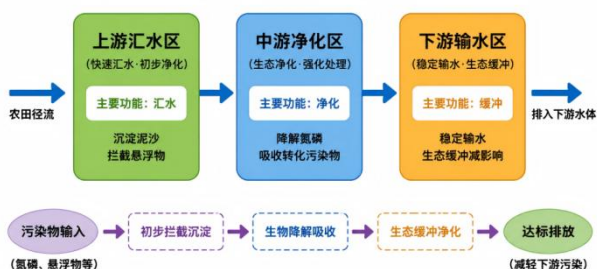


图1 农田排水沟渠功能区段梯度净化流程图

(2) 适配农田地貌布设走向：以尊重自然地貌、顺应水文规律为原则，摒弃传统笔直化与规则化的布设模式，依据农田地形起伏、坡度变化及水系分布特征，科学规划沟渠走向与形态。地势平坦区域避免沟渠直线贯通，采用自然蜿蜒的曲线走向以适度增加沟渠长度、延长水体滞留路径并提升污染物自然降解时间，弯曲形态还可形成多样化水流，为水生动植物提供差异化栖息环境。地势起伏较大区域则沿等高线顺势布设沟渠，控制纵向坡度在合理范围以防止水流过快引发边坡冲刷与沟道淤积，结合田块高低差合理设置跌水、缓坡等结构用以减缓水流冲击、保护边坡稳定。沟渠走向与田块、道路、林带有机衔接，避开生态敏感区域并顺应地表径流自然流向，减少土方开挖与地貌破坏，最终达成沟渠布设与农田地貌、水文特征的深度融合。

#### 3.2 完善沟渠多元生态组成架构

(1) 优化沟渠边坡植被类型：沟渠边坡植被优化以固坡稳土、净化水质、提升生物多样性为目标，摒弃单一草本模式并构建梯度化、复合型的植被配置体系。边坡上部靠近农田区

域，选择耐旱、根系发达的中生草本以形成致密覆盖层，用以拦截地表径流、减少水土流失并降低化肥农药直接入沟的风险。边坡中部干湿交替带，搭配耐涝耐淹的湿生草本与低矮灌木，此举可增强边坡抗冲刷能力，同时利用根系吸附作用吸收水体氮磷，构成第一道生态净化屏障<sup>[3]</sup>。边坡下部临近水面区域，种植挺水植物以适应水位波动、稳固坡脚并减缓水流冲击，其根系能为微生物附着提供载体，进而强化污染物降解效率。植被选择兼顾乡土物种优先原则以减少外来物种入侵风险，通过草本、灌木、挺水植物的分层配置形成稳定群落结构，最终实现边坡防护与生态净化功能的双重提升。

(2) 丰富沟渠水体生态群落：沟渠水体生态群落构建围绕植物、微生物、水生动物协同共生，打破单一水体环境限制并打造结构完整、功能稳定的水生态系统。水体表层布置生态浮岛，选用轻质多孔基质种植水生花卉，发达根系深入水体后吸附悬浮颗粒物、吸收氮磷营养盐，根系表面形成生物膜以富集微生物，强化有机污染物分解转化效率。水体中层投放沉水植物覆盖沟底一定面积，净化底层水体、抑制藻类滋生，同时为小型水生动物提供栖息场所。水体底层铺设砾石、陶粒等多孔滤料以构建微生物附着床，提升水体自净能力。合理投放螺类、底栖昆虫等水生动物摄食藻类与有机碎屑，完善食物链并增强生态系统稳定性。通过植物、微生物、水生动物的有机组合形成完整生态链，显著提升沟渠水体净化能力与生态健康水平。

#### 3.3 推进沟渠与田间生态环境相融

(1) 构建田渠生态缓冲地带：以阻断农田污染物直排、强化径流过滤为核心，在农田与沟渠之间设置宽度适宜且结构分层的生态缓冲带，实现水土过渡与污染拦截双重功能，进而构建多层次、递进式的净化体系。缓冲带靠近农田一侧配置密植草本群落以形成第一道拦截屏障，有效减缓地表径流流速、沉淀泥沙颗粒并初步吸附径流中携带的化肥与农药残留。中间区段采用草本与低矮灌木混生模式，依靠深根系植物进一步吸收氮磷营养盐、增强土壤渗透性能，促使部分地表径流转化为地下潜流从而延长污染物在土壤层的滞留降解时间。临近沟渠一侧种植湿生植物以衔接沟渠边坡植被，形成水土交融的过渡界面，防止岸线侵蚀并对入沟径流进行深度净化。缓冲带宽度控制在3至8米，依据农田污染负荷与沟渠等级灵活调整，最终实现农田与沟渠生态系统的平稳衔接。

(2) 打通田间水系生态廊道：以水系连通、物质循环与生物迁徙为目标，整合田间零散水系资源并构建沟渠—塘堰—田间积水区相互贯通的网络化生态廊道体系。梳理田间原有小型排水沟、低洼积水带及塘堰，通过拓宽、疏浚、连通等措施，消除水系断点，保障水体在田间与沟渠间顺畅流动，由此形成循环流动的水文网络。廊道内合理设置浅沟、洼塘、小型跌水

等微地形以营造多样化水力环境,促进水体交换与自净能力提升,同时为水生生物提供迁徙通道及栖息空间<sup>[4]</sup>。廊道两岸种植乡土水生与湿生植物以形成连续植被带,此举可增强水土保持能力、减少岸线坍塌,并作为生物迁徙的绿色通道提升区域生物多样性。通过水系连通与生态化改造打破田间水系孤立格局,促进水文循环稳定并强化生态系统韧性,最终实现水资源调蓄、污染净化与生态保育的协同增效。

## 4 农田排水沟渠生态优化实施与综合表现

### 4.1 沟渠空间布局改造落地实施

按照功能分区与地貌适配原则推进沟渠空间布局改造,优先对原有平直沟渠进行形态优化,结合田块边界与地形走向,调整沟渠平面线形以增加自然弯曲段,将直线段比例控制在合理范围从而延长水体滞留路径。依据汇水面积与排水等级划分上游汇水区、中游净化区及下游输水区,上游缩小断面并放缓坡度以增强汇水与沉淀效果,中游适度拓宽断面并设置深潭浅滩交替结构用以营造多样化水力环境,下游衔接骨干沟渠以保障排水通畅。施工中遵循少扰动与低硬化原则,减少大规模土方开挖并保留原有地形肌理,采用分段实施、逐段成型的方式避免一次性改造对农田排水造成影响,同步完善小型控制设施实现水位与流速的灵活调控,确保改造后排水安全与生态功能同步达标。

### 4.2 沟渠生态组成体系建设落地

以植被优化、基质铺设与生物配置为核心推进沟渠生态组成体系建设,边坡按照上中下分层模式实施植被重构,上部种植耐旱草本,中部搭配湿生草本与低矮灌木,下部临近水面栽植挺水植物以形成梯度化植被群落,从而增强固坡与净化能力。沟底平整后铺设厚度15至20厘米的砾石与陶粒混合滤料,构建微生物附着载体以提升水体自净效率。水面适度布设生态

浮岛,选用轻质基质种植水生植物用以强化氮磷吸收及生物膜降解作用。同步投放螺类、底栖昆虫等水生动物以完善水体食物链并增强生态系统稳定性。施工过程严格遵循生态保护要求,优先选用乡土物种并严控外来物种引入,分层分步实施植被种植与生物投放以避免生态结构失衡,保障生态组成体系稳定成型且持续发挥净化功能。

### 4.3 沟渠田间生态融合效果呈现

通过生态缓冲带构建与水系廊道连通实现沟渠与田间生态系统的有机融合,农田与沟渠之间形成连续的植被过渡界面,地表径流经多层植被过滤与土壤渗透后再进入沟渠,径流中氮磷拦截率提升并有效降低农田面源污染输入。田间零散积水区及小型塘堰与沟渠共同构成贯通水系网络,水体流动性增强,水位可根据降雨与灌溉需求灵活调蓄,水资源利用效率随之提高<sup>[5]</sup>。廊道两岸连续植被带为鸟类和昆虫提供栖息环境,水生生物迁徙通道畅通,区域生物多样性因此增加。沟渠岸线稳定性提升,边坡坍塌与沟道淤积问题得到有效缓解,日常维护工作量减少,整体形成田—水—渠共生格局,农田水土环境持续改善,沟渠排水安全与生态净化功能协同发挥,推动农业生态系统健康可持续发展。

## 5 结语

生态理念下农田排水沟渠优化设计立足排水安全与生态保护双重目标,针对空间布局、生态组成与田渠融合等短板构建系统性改造路径。通过功能区段划分、植被梯度配置及水系廊道连通等措施实现沟渠结构重塑与功能升级,优化后沟渠兼具排涝降渍、水质净化与生物栖息功能,能有效缓解农业面源污染并提升水土资源利用效率。研究成果契合现代农业绿色发展需求,为农田水利生态化建设提供可借鉴的实践模式与技术支撑。

## 参考文献:

- [1] 闫建文,邢益恺,史海滨,等.农田排水沟除草护坡及生态净化研究综述[J].节水灌溉,2024,(10):77-85.
- [2] 张友德,田文凤,张甜甜,等.不同植物配置的生态沟渠对农田排水中氮磷的去除效果[J].安徽农业科学,2023,51(10):43-45.
- [3] 王君.多孔生态混凝土在农田排水沟渠护砌中的应用研究[J].水利技术监督,2022,(08):194-197.
- [4] 杨继伟,张辉,曹秀清,等.农田排水沟渠生态化建设与管理[J].治淮,2022,(03):68-70.
- [5] 徐清,陈伟,沈则军,等.农田生态硬化型排水沟渠研究[J].农业工程技术,2022,42(08):35-36.