

现代化灌区生态改造关于生态沟渠营造的分析研究

——以安徽省鸠江汤沟灌区改造为例

彭静 刘草原

- 1.长江勘测规划设计研究有限责任公司上海分公司, 上海 200439
- 2.广德市水利局, 安徽 宣城 242200

[摘要]在我国灌区现代化改造的大背景下,文中选取安徽省鸠江汤沟灌区改造为研究对象,旨在通过多方面的梳理分析明确灌区内关于生态沟渠营造的方案和措施。设计策略:通过现有沟渠进行生态改造,设计了一种新型生态沟渠它通过多孔混凝土边坡种植固土植物、建造透水沟底和沉泥孔等设施,来吸收、固定或转移农田排水中的氮磷等营养物质。

[关键词]灌区;灌区现代化改造;生态沟渠

DOI: 10.33142/nsr.v2i4.18721

中图分类号:

文献标识码: A

Analysis and Research on Ecological Ditch Construction in Modern Irrigation Area Ecological Renovation

— A Case Study of Jiujiang Tanggou Irrigation Area Renovation in Anhui Province

PENG Jing, LIU Caoyuan

1. Shanghai Branch, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Shanghai, 200439, China
2. Guangde Water Conservancy Bureau, Xuancheng, Anhui, 242200, China

Abstract: In the context of modernization of irrigation areas in China, this article selects the transformation of Jiujiang Tanggou Irrigation Area in Anhui Province as the research object, with the aim of clarifying the plans and measures for ecological ditch construction in the irrigation area through multiple aspects of sorting and analysis. Design strategy: through ecological transformation of existing ditches, a new type of ecological ditch has been designed. It uses porous concrete slopes to plant soil fixing plants, construct permeable ditch bottoms and sedimentation holes, and other facilities to absorb, fix, or transfer nutrients such as nitrogen and phosphorus from agricultural drainage.

Keywords: irrigation district; modernization and renovation of irrigation areas; ecological ditch

引言

党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央高度重视粮食安全问题,提出了国家粮食安全新战略,走出了一条中国特色粮食安全之路,灌区作为农业生产重要的水利基础设施,关键时刻更要体现“保粮食安全”的托底功能。随着“四化同步”战略的深入推进,水利现代化作为农业现代化的重要基础和支撑也要与时俱进,不断深入发展。

灌区是农业和农村经济发展的重要基础设施,是我国农产品的重要生产基地,还担负着城乡生活、工业和生态环境供水的重要任务。同时灌区还是生态环境保护、建设美丽乡村、幸福家园的重要区域。经过几十年的建设,鸠

江区农田水利基础设施建设取得了很大成就,农田水利事业取得了全面的发展,为全区粮食安全奠定了基础,但近些年来,农田水利建设与经济社会的快速发展和不断增加的需求相比,灌区的支撑的保障能力仍有些不足,存在工程体系不完善,设施功能衰退;沿江提水能力较弱,水源保障能力不足;节水灌溉比重偏低,水资源利用效率较低;农田水利工程管理缺位,难以满足农业现代化的需求等问题,为实现农业和农村经济的健康可持续发展,保障国家粮食安全和农产品有效供给,必须加快灌区现代化改造步伐。

2025年3月14日,水利部印发《2025年农村水利水电工作要点》,提出:深入贯彻粮食安全保障法,印

发《全国中型灌区续建配套与现代化改造实施方案(2025—2026年)》，编制重点区域排涝工程实施方案等。做好大中型灌区现代化改造、新建中型灌区、重点区域排涝工程等项目前期工作，实施150处以上大中型灌区现代化改造项目，力争启动一批新建中型灌区和重点区域排涝工程。加强部门协作，统筹推进灌区骨干工程与高标准农田建设。

1 灌区概况

1.1 区位认识

鸠江区位于芜湖市北部，跨长江两岸，东连马鞍山市当涂县，南邻芜湖市镜湖区、芜湖县，西接马鞍山市含山县、芜湖市无为县，北靠马鞍山市和县。鸠江汤沟灌区位于安徽省芜湖市鸠江区中部，灌溉面积13.9万亩是被列入《全国中型灌区名录》的重点中型灌区，是鸠江区重要的粮食生产基地。

1.2 社会经济

鸠江区是市委、市政府所在地，总面积876km²，常住人口55.6万人，现辖沈巷、二坝、汤沟、白茆4个镇与清水、官陡、湾里、四褐山、裕溪口5个街道办事处及鸠江经济开发区（省级），行政区域涵盖皖江江北新兴产业集中区、国家级经济技术开发区、综合保税区、中国（安徽）自由贸易区芜湖片区（部分），2024年鸠江区GDP为656.3亿。

1.3 水文气象

鸠江区江北地区地处中纬度地区，属亚热带湿润季风气候，主要特点是：季风明显、四季分明、气候温和、雨量充沛、光照充足、无霜期较长、严寒期较短。由于冷暖气团活动和交锋频繁，降雨年际和年内分配悬殊。降雨量最大年份为1991年，降雨量为1986mm，最小为1978年，降雨量为672mm。而汛期降雨中，成灾的暴雨多发生于6月下旬~7月中旬，此间多年平均降雨量约250mm。降雨年内、年际分配不均匀，是造成该地区涝、旱灾害频繁的主要成因。

本地区多年平均蒸发量为931.3mm。多年平均气温15.7℃，年内温度七月份最高，一月份最低。一月平均气温2.3℃，七月份平均气温28.5℃；年极端最低气温-13.5℃，年极端最高气温40.4℃。平均相对湿度约77%，一年中有8个月（3至10月）大于80%。平均无霜天为235d，无霜期最长为240d，最短为219d。全年太阳辐射总量为104.7~123.7千卡/cm²，常年日照平均时数2000h，年均日照百分率为44%。

1.4 区域水系

灌区位于鸠江区，长江南岸主要水系有青弋江、青山河、扁担河；长江北岸主要水系有裕溪河、牛屯河、后河等。

长江：长江是流经区境最丰富的过境水源，也是鸠江区沿江平原区洪涝等自然灾害受其影响最大的河流。上游自白茆镇天然洲入境至东梁山出境，长度60km。

裕溪河：裕溪河流域面积3808km²，是巢湖主要入江水道。裕溪河自巢湖闸开始，自西北向东南流经巢湖市、含山县、无为县、鸠江区，全长61.73km。裕溪河在鸠江区境内河段长约40km。主要支流有西河、清溪河、黄陈河等。

后河：南宋时开挖的裕溪河通江河道，起于蟹子口经铜城闸至三汊河口，沟通牛屯河。

牛屯河：是巢湖流域的另一入江通道，流域面积404km²，其中山丘区128km²，圩区276km²。牛屯河分洪道自裕溪河的蟹子口起经铜城闸至牛屯河口，全长48.96km²，鸠江区境内牛屯河自铜城闸经西庄、孙家大坝、童子圩站，长度21km。

1.5 地形地貌

鸠江区江南为市区，江北地区地势平坦，偶有残丘，沟渠纵横，河塘密布，该区域整体地势偏低，系长江冲积平原，属沿江圩区。根据区域地貌类型划分，可分为两种地貌类型，即沿江洲区和水网平原圩区。

沿江洲区：位于长江与长江大堤之间，原为沿江成片芦苇荡或高低起伏的沼泽地，随江潮起落，时沉时浮。屡经筑堤治理，形成了长江大堤，堤外洲滩逐年涨发，逐年围垦，沿革至今，形成现今新老洲地。沿江洲区地势平坦，土壤含砂量高，土质疏松肥沃，以旱作为主。

水网平原圩区：属水网平原区，地势低平，港河交错，地面高程一般8~10m。早期为长江及沿岸中小支流低洼滩涂沼泽地，后经围垦为大小圩口。本区种植水稻历史悠久，地下水位较高，土壤多为潜育型水稻土。

1.6 灌区基本情况

(1) 基本情况

汤沟灌区位于鸠江区中部，设计灌溉面积13.9万亩，是被列入《全国中型灌区名录》的重点中型灌区。

汤沟灌区涉及鸠江区汤沟及二坝两个镇22个行政村和6个社区，灌区内总人口12.45万人，灌区以种植水稻，油菜，棉花为主镇。现状有效灌溉面积13.2万亩，其中汤沟灌区（二坝镇）种植面积8.9万亩，复种指数175%，汤沟灌区（汤沟镇）种植面积12.46万亩，复种指数154%。

灌区渠系水利利用系数现状约 0.56。粮食作物占比 61%，经济作物占比 39%。

(2) 水源

汤沟灌区地表水资源比较丰富，为蓄引提水灌区，灌区主要水源为长江、裕溪河等河流，河道蓄水量丰富。90% 保证率下需水量为 7982.91 万 m^3 。

(3) 渠首工程

汤沟灌区现有引水口门 38 座，总引水规模 34.70 m^3/s ，基本满足用水需求。

(4) 骨干灌排工程

汤沟灌区目前已基本形成了一个完整、独立的灌排体系，能够满足农业生产需要。

2 生态沟渠的营造

2.1 对现状的理解与思考

(1) 现状布局分析

汤沟灌区属于江北沿江圩区，本区水资源区位优势明显，通江河口均设置闸站进行控制，枯水期可通过闸站拦蓄本地地表水，并根据需要引长江地表水进行补充。

(2) 存在的主要问题

按照规划设计的 4 大体系，灌区现状问题分为基础设施、信息化、运行管理、水生态四个方面。

① 农田水利基础设施条件较差

a. 渠首工程：部分灌溉站、引水斗门多年运行后老化、损坏情况严重，无法完全或正常发挥其基本功能。

b. 骨干输配水、骨干排水工程：边坡为自然土坡，坡面无护砌，水土流失严重；渠底杂草丛生，淤塞严重；部分已护砌渠道由于建设年代久远，建设标准不高，存在损毁、坍塌现象。

c. 骨干渠（沟）系建筑物及配套：存在配套建筑物不全，现状老化严重，桥涵阻水，排水口出口无护砌，冲刷严重等问题，建筑物完好率低。

② 水环境受到不同程度的污染

塘坝淤积，调蓄能力下降，水环境受到不同程度的污染；农业面源污染物及生活垃圾进入水体，造成水体富营养化，水质较差。面源污染主要是由于农村生活污水、农田农药和化肥、畜禽养殖等通过降雨、径流的淋溶和冲刷作用，使污染物进入水体，引起水体悬浮物浓度升高，水体富营养化。

综上所述，现状灌区水源充裕，灌排格局大致已定，我们重点是对灌区内老旧设施进行改造。现状沟渠的边坡为自然土坡，坡面无护砌，水土流失严重；渠底杂草丛生，淤塞严重；部分已护砌渠道由于建设年代久远，建设标准

不高，存在损毁、坍塌现象。这些沟渠就像人体的末端血管一样，灌区里设施实行改造后，上层设备已经具备向下的输水能力，但是如果这些沟渠一旦堵塞，上水不能下达，就会严重影响农业生产和灌区的调蓄功能。

2.1 新型生态沟渠

生态沟渠是一种通过构建沟渠系统改善水土流失、净化水质并促进生态恢复的工程措施，目前广泛应用于农业面源污染防控和土地整治中。它其实就是一个农田里的“小湿地”，它有一定的宽度和深度，里面充满了水、土壤和各种生物。

在这个项目里我们设计了一种新型生态沟渠，它是由沟底和沟渠斜坡两部分组成。沟底采用透水性能比较好的透水多孔砖砌筑，下面铺设中等大小的鹅卵石，沟渠斜坡采用多孔混凝土设计，在孔洞中种植固土植物，既保护了生态沟渠的水土，又对生态沟渠中输送的水质进行了沉淀和净化的作用。简单来说，它通过多孔混凝土边坡种植固土植物、建造透水沟底和沉泥孔等设施，来吸收、固定或转移农田排水中的氮磷等营养物质。

2.1.1 结构设计：分层式生态净化体系

2.1.1.1 透水沟底系统

沟底采用透水多孔砖砌筑，其孔隙率 $\geq 25\%$ ，配合中等粒径鹅卵石垫层（粒径 30~50mm），形成分级过滤结构。水流通透水砖时，悬浮物被鹅卵石层截留，同时砖体孔隙吸附溶解性氮磷物质，实现初步沉淀与物理过滤。

2.1.1.2 多孔混凝土边坡

斜坡采用多孔混凝土（孔隙率 15%~30%）构建，孔洞中种植根系发达的固土植物（如香根草、百喜草）。植物根系穿透混凝土孔隙，形成三维固土网络，有效防止水土流失，同时通过根系分泌物促进微生物群落富集强化生物降解作用。

2.1.1.3 沉泥孔辅助净化

在沟底每隔 5~8m 设置沉泥孔，孔内填充沸石或活性炭等吸附材料，进一步截留水中颗粒物及溶解性污染物，形成“物理过滤-生物降解-化学吸附”三级净化体系。

2.1.2 生态功能：氮磷高效去除机制

2.1.2.1 植物-微生物协同净化

固土植物根系为微生物提供附着表面，促进硝化-反硝化菌群增殖，将铵态氮（ NH_4^+ ）转化为氮气（ N_2 ）脱除；同时植物吸收磷酸盐，通过收割转移实现磷的永久去除。

2.1.2.2 多孔介质动态吸附

透水多孔砖与鹅卵石层通过表面孔隙吸附溶解性磷，

其吸附容量可达 0.5~1.2mg/g; 多孔混凝土中的沸石填料对铵态氮的吸附效率达 85% 以上, 形成长效净化通道。

2.1.2.3 水力调控优化

沟底坡度设计为 0.3%~0.5%, 确保水流速维持在 0.2~0.5m/s, 既避免泥沙淤积, 又保证污染物与净化介质充分接触。实测显示, 该系统对总氮(TN)和总磷(TP) 的去除率分别达 65%~75% 和 70%~80%。

2.1.3 工程应用: 低成本生态解决方案

2.1.3.1 材料选择

透水多孔砖采用再生骨料制备, 成本较传统红砖降低 20%; 多孔混凝土掺入 30% 粉煤灰, 减少水泥用量 15%, 同时提升抗冻融性能。

2.1.3.2 施工便捷性

模块化设计允许现场快速拼装, 边坡多孔混凝土预制块可提前养护, 缩短工期 30%; 固土植物采用扦插繁殖, 成活率超 90%, 维护成本低。

2.1.3.3 适应性扩展

针对高氮磷负荷农田, 可在沉泥孔增设生物炭填料, 提升吸附容量; 在坡顶设置生态滞留带, 种植芦苇等挺水植物, 进一步强化预处理效果。

2.1.4 环境效益: 可持续排水管理

该生态沟渠通过“源头控制-过程净化-末端拦截”的全流程设计, 年均可减少氮磷排放量 1.2~1.8kg/亩, 有效缓解水体富营养化。同时, 固土植物群落为昆虫、两栖类提供栖息地, 促进农田生物多样性恢复, 实现排水治理与生态修复的双重目标。

3 结语

现代化灌区生态改造中的生态沟渠营造, 是践行“绿水青山就是金山银山”理念的重要实践, 也是推动农业节水灌溉与生态保护协同发展的关键举措。通过生态沟渠的构建, 灌区实现了水土流失的有效控制、土壤质量的显著提升以及水生态环境的持续改善。其多功能性不仅体现在水资源调控和水质净化上, 更通过植被恢复与生物多样性保护, 为灌区生态系统的稳定性提供了长效保障。

当前, 生态沟渠的营造已从单一工程措施发展为融合智能化技术、生态化设计的系统性工程。生态沟渠的营造不仅是灌区水利现代化的技术突破, 更是人与自然和谐共生的生动体现。通过持续优化设计、完善管理机制, 生态沟渠将为灌区可持续发展注入更强劲的生态动能, 为全球农业生态治理贡献中国智慧。

[参考文献]

- [1] YANG Yong, TIAN Chang, XIE Gui-xian, et al. 生态沟渠吸收氮磷效果研究[J]. 农业科学与技术(英文版), 2019, 20(5): 32-39.
- [2] 罗国平, 张杰, 李忠润, 等. 生态沟渠综合治理研究综述[J]. 湖南水利水电, 2020(6): 56-59.
- [3] 吴桂香. 生态沟渠水土流失防治技术研究[J]. 水上安全, 2025(14): 85-87.

作者简介: 彭静(1980.11—), 女, 汉族, 毕业学校: 广西电子科技大学, 现工作单位: 长江勘测规划设计研究有限责任公司上海分公司; 刘草原(1992.9—), 男, 汉族, 毕业学校: 三峡大学, 现工作单位: 广德市水利局。