

《水利工程土地复垦土体构型营造技术规范》

（征求意见稿）

编制说明

中国科学院南京土壤研究所

2026年3月15日

目 次

- 一、工作简况：包括任务来源、协作单位、主要工作过程、起草组成员及其所做的主要工作等；
- 二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据；标准修订项目还应当列出新、旧标准水平的对比；
- 三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果；
- 四、标准涉及的相关知识产权说明；
- 五、采用国际标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系；
- 六、重大意见分歧的处理经过和依据；
- 七、其他应予说明的事项。

一、工作简况

（一）任务来源

本标准编制任务来源于国家重点研发计划课题“新整治耕地立地空间快速调查检测与评价技术研发”（2024YFD1500501）、大型弃土（渣）场复垦技术研究技术服务（一标段：土壤重构研究）项目（23-012）、山南雅江流域荒漠化防治对策研究项目（GZFCG2024-18036）。

（二）协作单位

（1）牵头单位

中国科学院南京土壤研究所，组织实施标准起草工作及各起草单位之间的协调工作。

（2）参加单位

安徽省水利水电勘测设计研究总院股份有限公司，河南城建学院，中向旭曜科技有限公司，河南省地质局生态环境地质服务中心，江苏省农业科学院，山东农业大学，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所参与标准起草工作。

（三）主要工作过程

1、调研、资料收集

2025年4至7月，中国科学院南京土壤研究所联合中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所等单位，针对东北黑土区土地复垦土体构型营造问题开展多轮实地调研，系统剖析了区域土体构型的主要障碍特征，通过土壤样品采集与测试分析，形成并明确了东北黑土区土地复垦土体构型营造技术方案。

2023年3月中国科学院南京土壤研究所联合安徽省水利水电勘测设计研究总院股份有限公司等单位，对水利工程土地复垦土体构型营造开展了多次调研工作，在水利工程土地复垦区调研了土体构型障碍特征、采集了土壤样品，明确了水利工程土地复垦土体构型营造技术方案。

2、开展系列研究工作

2025年4月至7月，在黑龙江省大庆市、绥化市黑土地复垦区域开展背景调查，系统完成土壤样品采集与测试分析，同步开展土体构型重构技术试验研究与示范推广。研究深入剖析了区域土体构型障碍因子的发生特征与演变规律，提出并完善了黑土区土地复垦土体构型营造技术方案。经田间试验优化与示范区应用验证，各项技术指标均达到预期效果，形成了可推广的共性技术成果，为黑土地复垦与质量提升提供了有力技术支撑，相关研究成果已申报国家发明专利。

2023-2025年在安徽省合肥市肥西、庐江县等3个水利工程土地复垦区域进行了大量的土壤样品采集工作，并开展了土体构型重构技术试验与示范，剖析了水利工程土地复垦土体构型障碍因子发生特点，提出了水利工程土地复垦土体构型营造技术方案。之后针对水利工程土地复垦土体构型障碍问题，进行了田间土体构型营造技术试验，然后在水利工程土地复垦区域进行了技术示范验证，均取得了良好的试验效果。2023-2025年开展了水利工程土地复垦土体构型的田间示范和区域推广应用，形成了水利工程土地复垦土体构型

营造技术，申报了国家发明专利。

3、标准起草与立项

2025年11月—12月，根据大田试验结果，结合相关文献资料及国内外相关标准调研结果，编制组经多次讨论和修改，完成了标准草案。

2026年1月提交草案至中国土壤学会开展标准立项函评。经函评专家评审论证，同意立项，中国土壤学会于2026年1月21日发布立项公告。

4、征求意见阶段

标准立项公示结束后，编制组根据立项函评专家意见进一步修改完善标准草案，完成征求意见初稿撰写工作。2026年2月，编制组向20家单位22位专家进行意见征集，共收集专家反馈意见149条；其中，采纳133条，部分采纳7条，未采纳9条。2026年3月，编制组根据征集意见对标准文本进行了修订；此外，因标准技术内容完善需求，经协调，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所郑飞翔加入编制组，共同参与后续内容的修订工作。征求意见稿及编制说明撰写工作完成后，于2026年3月16日提交中国土壤学会。

（四）起草组成员及分工

张佳宝 中国科学院南京土壤研究所 负责标准整体结构的设计和技术内容的确定，指导标准起草工作。

李涛 刘伟 李勇 李泽青 李志军 刘四中 吴永生 安徽省水利水电勘测设计研究总院股份有限公司 参与标准起草工作，并协调标准

编制过程中各起草单位之间的工作。

张丛志 中国科学院南京土壤研究所 负责标准技术与关键技术参数的确定，组织工作组及专家团队开展标准起草工作。

杨文亮 徐基胜 朱安宁 赵炳梓 潘喜才 王丽萍 陈卓 杨庆君 中国科学院南京土壤研究所 负责标准技术内容试验、数据资料收集、技术方案论证工作。

赵占辉 河南城建学院 负责标准起草与文本撰写工作。

潘慧 罗梅利 中向旭曜科技有限公司 调度起草组成员推荐标准制定程序和进度，组织协调标准制定所需资源。

赵金花 河南省地质局生态环境地质服务中心 负责资料收集、文献检索、样品采集与分析、标准编写等工作。

吴其聪 山东农业大学 负责资料收集，数据归纳整理，参与标准起草和标准论证工作。

张辉 江苏省农业科学院 参与标准起草和标准论证，协助组织专家评审及意见修改工作。

郑飞翔，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所，负责资料收集、样品采集与分析、标准文本起草和修订工作。

二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据

（一）标准编制原则

1、规范性原则

本标准严格遵循 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则》的要求，结

构完整、术语统一、逻辑清晰。涵盖范围、规范性引用文件、术语定义、总则、方案编制、技术实施、验收评价及附录，形成闭环技术管理体系。对“水利工程土地复垦”“土体构型”“土体重构”等核心术语进行了科学界定，避免歧义。引用了 GB、LY、TD 等系列标准，涵盖土壤环境、灌溉排水、土地复垦等多个领域，确保标准内容的协调性和可操作性。

2、科学性原则

本标准针对水利工程土地复垦需要重构土体构型的核心需求，以适生肥沃土壤为参照，提出了稻田、旱地、生态恢复土地的分层厚度要求，规定了各土层容重、导水率、压实度等核心指标范围，遵循“先下后上”原则，明确了分层营造技术参数、机械选择及完整工作流程，体现了个性化、精准化的科学调控理念。

3、适用性和可操作性原则

适用范围明确：适用于水利工程建设占用或挖损或压占土地复垦为耕地（包括取土区、弃土（渣）区、排泥区等复垦为耕地的情景）及生态恢复土地的土体构型营造工程，也可用于指导土地复垦工程的平整、回填等工作。

因地制宜设计：强调以复垦区临近适生肥沃土体构型特点为依据，制定土体构型营造工程化参数，体现了对不同区域土壤特征和复垦目标的适应性。同时，鼓励结合当地土体构型特点等条件，制定本地化实施方案。

施工流程清晰：从资料收集、现场调查、方案编制到施工工序、

验收评价，流程完整，便于工程实施和管理。技术实施部分明确了土体构型营造工作流程、勘测与调查要求、土体构型营造工艺等环节的具体要求，具有较强的工程指导性。

检验评价机制合理：设定剖面、小区抽样数量和检测频次，确保工程质量可追溯、可评价。

4、先进性原则

理念创新：突破传统土地复垦“重平整、轻质量”“重形式、轻实效”的局限，立足水利工程土体损毁特点，以临近自然沃土为依据，融入“近自然修复”核心思想，克服了传统土体构型营造困难、工程化作业指导依据缺乏等难题，提出了水利工程土体构型营造技术规范，有利于推动水利工程土地高质量复垦工作，填补国内关于土体构型营造技术的空白。

技术集成与量化管理：通过整合现场取样、导水率等核心指标检测，借鉴不同深度土壤层结构特点、生态功能及其改土技术思路，结合水利工程复垦特点优化应用，明确各类型土体构型的核心指标阈值，包括不同土层的容重、饱和导水率、压实度、砾石含量等，细化勘测样点布设密度、采样深度、检测频次等要求，将复垦质量标准转化为可量化、可检测、可验证的具体指标，避免模糊化要求。同时，明确第三方检测的样点布设、指标检测、结果评价等量化要求，确保复垦质量可控、可追溯，契合标准化工作“精准规范、有据可依”的核心原则。

可持续性管理：立足土地复垦的长期效益，兼顾生态可持续、生

产可持续和管理可持续，确保复垦土地能够长期稳定发挥功能，实现“复垦一片、稳定一片、受益一片”的目标，契合土地复垦“提高土地利用的社会效益、经济效益和生态效益”的核心宗旨。通过优化土层结构、控制土壤压实度、改良土壤导水性能，提升复垦土地的抗侵蚀能力、保水保肥能力，减少水土流失和地下水污染，保护周边水系和生态环境。通过科学构建耕作层、犁底层、保水层等功能土层，优化土壤理化性质，确保复垦耕地能够满足作物生长需求，生态恢复土地能够支撑植被生长，实现土地生产能力和生态功能的长期稳定。

（二）确定标准主要内容的论据

本标准针对水利工程建设过程中因占用或挖损或压占等致使土地的适生土体构型受损/不良/缺失，提出了一套科学、系统、可操作的水利工程土地复垦土体构型营造技术体系。其核心内容包括土体构型营造工作流程、勘测与调查要求、实施方案、验收评价等环节。以下为主要内容的编制依据和论据：

1、关于标准适用范围

本文件适用于水利工程建设占用或挖损或压占土地复垦为耕地（包括取土区、弃土（渣）区、排泥区等复垦为耕地的情景）及生态恢复土地的土体构型营造工程，也可用于指导土地复垦工程的平整、回填等工作。本标准明确适用于上述工程建设后复垦为旱地、水田及生态恢复用地的土体构型营造工作，具有广泛的适用性和针对性。

2、关于技术路径的设定

为解决复垦区水养库容及保持能力差的问题，技术路径以土体构型改良为核心，结合表土属性障碍源物质改良及后续种植管理，实现复垦区土壤快速改性提质，具体设定如下：一是构建理想土体构型，根据复垦区土壤饱和导水率差异采取差异化措施，当饱和导水率高于 400mm/d 时，在作物主要根系以下 30-40cm 深度施加高粘粒基质构建减渗层，兼顾水分储存与导水防侵蚀需求；当饱和导水率低于 400mm/d 时，从经济和工程化角度无需采用下层防渗水肥保持技术。二是开展表土属性障碍源物质改良，根据饱和导水率和土壤砂粒含量判断是否实施，当饱和导水率高于 100mm/d 或砂粒含量高于 60%时，在表土施加高粘粒基质，降低水肥流失、促进水肥固持；当饱和导水率低于 100mm/d 且砂粒含量低于 60%时，无需实施该改良技术。三是明确种植及使用要求，工程化土壤重构完成后按当地常规模式种植，严格做好种植期间的局部下沉塌陷处理、水土流失防控及优质耕作层修复工作。

3、土体构型营造技术的科学性

土体构型营造工艺的科学性贯穿勘测、营造、检验评价及标准衔接全流程，具体体现为：一是勘测环节科学规范，覆盖地形、水文、地质等多维度调查，采用网格布点法布设勘测剖面，结合地块面积确定样点密度，通过取土钻、环刀法等专业方法测定土层厚度、容重、导水率等关键指标，并参考周边成熟耕地构型设定标准，为工艺实施奠定坚实基础。二是营造过程标准有序，明确稻田、旱地、生态恢复土地的分层厚度要求，界定各土层容重、导水

率、压实度等核心指标范围，遵循“先下后上”原则，明确分层营造技术参数与完整工作流程，保障营造质量。三是检验评价体系完善，确立土体构型营造效果的评价方法及主要指标，明确短期与长期监测频次，实现对营造效果的全程跟踪与精准把控。四是标准衔接规范严谨，衔接多项国家标准、行业标准及国际标准，配套附录明确关键土壤指标的具体检测方法，为全流程技术实施与质量管控提供完整、权威的支撑，确保工艺科学性与规范性统一。

4、关于标准的实用性与推广性

本标准在编制过程中充分考虑了不同区域、不同土壤类型、不同工程条件的差异，提供了灵活性较强的技术路径和工艺方法，同时强调与现有土地整治、灌溉排水、耕地质量评定等标准体系的衔接（如 GB/T 30600、TD/T 1036、NY/T 1634 等），具备良好的兼容性和推广基础。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果；

（1）技术试验背景

水利工程的大型弃土场存在复垦涉及面广、工程建设过程中对土壤结构破坏严重、复垦困难大等复杂技术难题。本试验主要解决弃土场土地复垦土体构型重构技术问题。鉴于弃土场土壤重构、弃土场土地利用模式的技术问题涉及土壤、法律、工程等多学科，专业跨度大、技术性强。

本次拟选取安徽省内现有水利工程大型弃土场作为研究对象，拟

选取正在实施的引江济淮工程肥西、庐江县（CZHX-QT-6#、CZHX-QT-9#、JHGT-QT-4#）三处弃土作为土壤地力修复研究对象，开展 3 个试点试验，每个试点拟选出 15 亩左右试验地开展相关试验研究。

（2）主要针对的问题

土体构型不良：水利工程开发后植被和土体结构遭到破坏，植被恢复需要创建适应当地气候和植被生长的土体构造和水管理模式。排弃土场土体结构差，土壤质地大部分为砂粒，渗漏过多，蒸发过快，导致植物生长缺水。

因土体构型差致使作物产量难以保证及持续提升时间过长：复垦区在回归常规农业生产模式后，前期复垦区土地裸露，因土体缺乏合理的构型结构致使水土易于流失，养分难以保持，持续风化和贫瘠化，用于常规农业恢复的往往需要多年（一般是 5 年以上）。

（3）试验内容

针对水利工程土地复垦区域合理土体构型缺失，致使有效土层土壤结构破坏严重、土壤保水保肥功能缺失，无法满足作物耕种要求，需要开展科学研究，对现有土壤进行整治，研究快速营造合理土体构型技术，使其较快恢复土壤生产力，达到耕种要求。

（4）技术思路

针对复垦区存在的主要问题提出的大型弃土场复垦区土壤重构集成技术，其原理是在植被主要根区下方构建适宜的防渗层防止水分养分渗漏和保存耕层土壤水养分，添加高粘粒基质改良障碍性源物质（砂粒），辅以适宜的耕作搅拌和松土，配套适宜的作物进行种植和

栽培技术。各技术工程化无缝衔接作业，一次性快速营造复垦区合理土体构型结构，促进农业生产快速恢复。主要包括以下技术内容：

①土体构型营造

本部分研究内容针对复垦区水养库容及保持能力差，对复垦区进行土体构型改良，达到快速改性提质的目的。

理想土体构型构建：土体构型是指各土壤发生层有规律的组合、有序的排列状况，也称为土壤剖面构型，是土壤剖面最重要特征。复垦区开发后土体结构遭到严重破坏，尤其是排弃土场，由于土构型构建过程中缺乏科学的土壤改良技术，存在较多土壤原始母质（如沙子、岩石）的堆积，科学性不够，其土体构型较差，如有的土体整体为沙土构成，有的为未风化（或风化不完全）岩石构成。而农业生产恢复需要创建适应当地气候和作物生长的土体构造和水管理模式。土体既应有足够导水性，可吸收储存降水，防止径流损失和土壤侵蚀，且根区范围也应有一定持水性，避免渗漏过多，蒸发过快，植物无水可用。①在当饱和导水率高于 400 mm/d 时，土壤难以保持水分，且养分易于随着水分流失。因此，此时需在作物主要根系以下（30-40cm 深度）构建减渗层。在 30-40cm 深度施加 5~8% 左右（约 10 吨/亩）的高粘粒基质，利用其高膨胀性质（体积膨胀可达数倍至 30 倍）和高保水性质（可吸附 8~15 倍于自身体积的水量），在植被主要根系以下构建一层减渗层，既能在干旱季节防止水分渗漏过快，吸收储存降水，提升土壤水养库容，又能在暴雨时保证土体有足够的导水性，防止径流损失和土壤侵蚀。②当复垦区土壤在饱和导水率低于 400

cm/d 时，从经济和工程化构建角度来看，可不采用下层防渗水肥保持技术。

表土属性障碍源物质改良：①当饱和导水率低于 100 mm/d 和土壤砂粒含量低于 60%时，无需采用属性障碍源物质改良技术。②饱和导水率高于 100 mm/d 或土壤砂粒含量高于 60%时，土壤疏松、水肥保持能力差、通气透水性强、植被恢复困难。此时需采用表土属性障碍源物质改良技术。其模式为在表土中根据土壤质地组成施加高粘粒基质对其进行改性。在饱和导水率高于 100 mm/d 和砂粒含量高于 60%的复垦区土地中施加 2 吨/亩高粘粒基质，由于高粘粒基质保水（可吸附 8~15 倍于自身体积的水量）和膨胀性质（体积膨胀可达数倍至 30 倍），施加后在对复垦区沙质土地改性的同时，起到降低水肥流失、促进水肥固持的作用。

②种植及使用要求

在工程化土壤重构完成后即可种植作物，种植模式与当地常规模式相同，应严格管理，具体包括：种植阶段如遇局部下沉或塌陷，应以客土填平，避免移动周边表土；防止水土流失对表土的侵蚀；损坏的优质耕作层要及时修复。

2023 年 5 月 9 日项目组成员进场，进行了实地勘察，并采集土样。



图 1 试验前现场考察影像资料

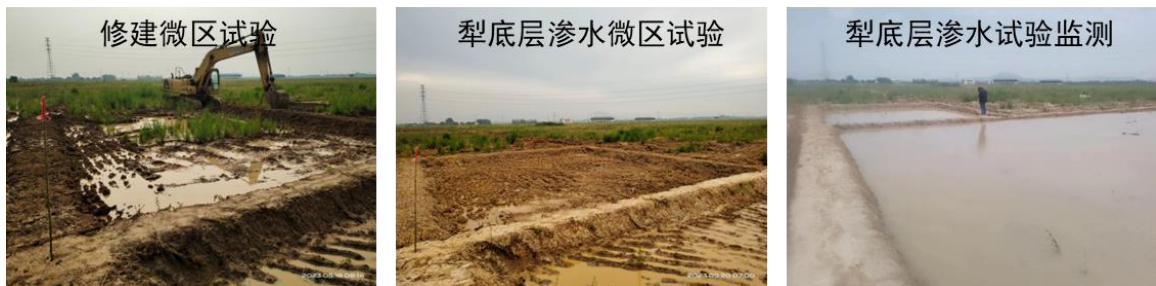


图 2 土体渗水特征微区试验建设过程影像





图 3 典型地块 0-2m 深土体剖面调查取样现场图



图 4 内分析与预实验、初步试验数据过程影像



图 5 剖面土样粒径分析

2023 年 5 月 10 日-31 日期间，根据初步勘测结果，确定了本项目试验地块，并设计了施工图、施工方案、试验方案等，与工程实

施工单位进行了技术资料交底，并开始施工，共计调配大型挖机 2 台、小型挖机 1 台、拖拉机 2 台、板车与箱货 2 台、测绘技术员 2 人、测绘设备 1 套、日均施工人员 12 人次，施工过程如下所示：



图 6 工程实施现场图



图 7 试验前修建进、排水设施现场图



图 8 试验点格田与进排水工程完工效果图

2023年5月20日-30日期间，根据土体重构方案，调配了试验用改良材料并开展试验实地实施工作。



图9 土体重构物料调配与撒施场景图

截止2023年6月初，本项目区已经完成了前期工程作业、物料撒施、土体重构工作，并育植30余亩秧苗，如下图所示：



图10 土体重构全流程场景及项目进度图

(6) 试验效果及评价

通过三个试验点试验验证与示范，基本验证了土体构型营造技术

试验效果，土体构型障碍基本消除，营造了适生、合理的土体构型，疏通了粘闭土体有效孔隙，优化了导水性过高（主要是漏水、漏肥问题）孔隙分布，为肥沃耕层构建奠定了土体结构物质基础。经过试验，农作物基本恢复种植，保水保肥能力增强，如耕层土壤有机质稳定在10g/kg 以上、土壤氮磷钾养分也到明显提升，水稻产量增幅37%~40.5%，小麦产量增幅21%~114%，其中技术模式处理土壤有机质含量增幅分别为82%~83%（增量约1.93~2.65g/kg），101%~222%（增量约2.37~7.09g/kg），128%~259%（增量约3~8.3g/kg）。综合对比土壤性质与产量的提升效果，经过土体构型营造技术试验，配合耕作层有机培肥措施，能同时满足土壤有机质含量提升20%、产量10%的农业生产需求。

四、标准涉及的相关知识产权说明

无

五、采用国际标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系

国内现有 GB/T 31230《土地复垦质量控制标准》聚焦土地复垦整体质量管控，以通用性要求为主，未针对水利工程土地挖损压占特点及土体构型营造专项技术细化指标；GB/T 50123《土工试验方法标准》侧重土工指标检测方法，缺乏复垦场景下构型营造工艺的指导；水利行业 SL 系列复垦相关标准多关注工程整体流程，对土体分层构型、功能适配性技术要求覆盖不足。

本标准紧密衔接上述同类标准，弥补其在水利工程复垦土体构型专项领域的空白，形成本底勘查、土体构型营造工程、质量检测的闭环技术规范，与同类标准互补协同，完善水利工程土地复垦领域标准体系。

六、重大意见分歧的处理经过和依据；

无

七、其他应予说明的事项。

2026年3月因标准技术内容完善需求，经协调，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所郑飞翔加入编制组，共同参与后续内容的修订工作。