

ICS 13.080.01

CCS B 10

T/SSSC

中国土壤学会团体标准

T/SSSC 036—2026

水利工程土地复垦耕作层快速熟化
技术规范

Technical Specifications for Rapid Maturation of Plough Layer in Land
Reclamation of Hydraulic Engineering

2026-07-01 发布

2026-07-01 实施

中国土壤学会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	3
5 方案编制	3
6 技术实施	4
7 施工质量检查与效果评价	4
附录 A	6
附录 B	8

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—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。

本文件由中国科学院南京土壤研究所提出，中国土壤学会归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所，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，郎溪县农村饮水安全管理中心，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所。

本文件主要起草人：张佳宝，张丛志，李涛，刘伟，赵占辉，潘慧，赵金花，李勇，杨文亮，李泽青，叶磊，徐基胜，吴其聪，刘四中，吴永生，朱安宁，赵炳梓，张辉，罗梅利，郑飞翔，陆芸萱，王丽萍，陈卓，杨庆君，杨鹏。

水利工程土地复垦耕作层快速熟化技术规范

1 范围

本文件确立了水利工程土地复垦耕作层快速熟化的程序，包括方案编制、技术实施、实施效果评价。

本文件适用于水利工程（含防洪工程、农田水利工程、水力发电工程、航道与港口工程、供排水工程、水土保持工程、水生态修复工程）建设占用、挖损、压占土地导致耕作层破坏、地力低下、亟需耕作层快速熟化的复垦旱地、水田及生态恢复用地。

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，凡不注日期的引用文件，其有效版本适用于本文件。

- GB 5084 农田灌溉水质标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 38400 肥料中有毒有害物质的限量要求
- GB 50288 灌溉与排水工程设计标准
- GB/T 19524.1 肥料中粪大肠菌群的测定
- GB/T 19524.2 肥料中蛔虫卵死亡率的测定
- GB/T 23349 肥料中砷、镉、铬、铅、汞含量的测定
- GB/T 30600 高标准农田建设通则
- GB/T 33469 耕地质量等级
- GB/T 50509 灌区规划规范
- NY 884 生物有机肥
- NY/T 525 有机肥料
- NY/T 1634 耕地地力调查与质量评价技术规程
- NY/T 1867 土壤腐殖质组成的测定焦磷酸钠-氢氧化钠提取重铬酸钾氧化容量法
- NY/T 2321 微生物肥料产品检验规程
- TD/T 1036 土地复垦质量控制标准
- TD/T 1044 生产项目土地复垦验收规程
- TD/T 1045 土地整治工程建设标准编写规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 水利工程 Hydraulic Engineering

为控制、调配、利用和保护自然界的地表水和地下水，以达到除害兴利目的而修建的各项工程设施及其配套的管理、监测、运行系统的总称。水利工程通常包括防洪工程、农田水利工程、水力发电工程、航道与港口工程、供排水工程、水土保持工程、水生态修复工程。

3.2 水利工程土地复垦 Land Reclamation of Hydraulic Engineering

在水利工程建设过程中占用、挖损、压占的各类土地，采取整治措施，使其达到可供利用状态的活动。

3.3 土地占用 Land Take

因水利工程建设，征收征用土地，或非水利建设项目压覆、穿越水利工程及其管理范围，从而依法临时性占用土地，占用期满后，占用方必须负责恢复水利工程原貌，并经水行政主管部门验收合格进行补偿、功能恢复或权属变更的行为。

3.4 土地挖损 Land Excavation

因取土、挖沙等生产建设活动致使原地表形态、土壤结构、地表生物等摧毁，土地原有功能退化或丧失的过程。

3.5 土地压占 Land Squeeze

因堆放剥离物、废石、表土、施工材料等，造成土地原有功能丧失的过程。

3.6 耕作层 Plough Layer

自然土壤经长期耕作形成的表土层，通常具有良好结构和较高肥力。

[来源：GB/T 33469—2016，3.18，有修改]

3.7 耕作层快速熟化 Rapid Maturation of Plough Layer

通过一系列农业技术措施或工程化措施，如深耕、增施有机肥、种植绿肥、施用有机物料，快速增加土壤有机质（尤其是稳定性有机质）含量、改善土壤团聚体结构、提升土壤微生物量等指标，代替冗长的农学培育过程，使其在1~2年内达到农田破坏前或周边未破坏同等地力农田的水平的过程。

3.8 生态恢复土地 Ecologically Restored Land

通过人工措施介入，使受损土地恢复为生态用地，并使其生产生态系统结构与功能得到恢复或改善的土地。

3.9 稳定性天然腐殖质材料 Stable Natural Humus Material

以天然有机矿物为来源，经自然腐解形成，以胡敏酸、胡敏素为主要成分的稳定性腐殖质为核心活性组分，可在土壤中长期留存，能长期补充土壤稳定性有机质、改善土壤团聚体结构，且重金属等污染物指标符合国家相关标准要求的土壤改良物料；施用后可提升土壤保肥保水能力，为土壤微生物提供稳定生存环境。

3.10 活性生物质材料 Active Biomass Material

以自然生物质为原料，经堆沤腐熟等发酵工艺制成，富含易矿化有机质与速效养分的有机物料；可快速补充土壤活性有机质、短期提升土壤养分有效性，能与稳定性天然腐殖质材料配合调节土壤有机质组分比例，适配不同质地土壤的耕作层快速熟化需求。

3.11 生物激发剂 Biostimulant

又称生物刺激素、生物激发调理剂，以纯生物材料或天然有机材料的提取、降解产物为原料制备而成的生物激发剂，主要成分为功能性微生物菌株、植物源提取物、矿物源活性物质等，不含对土壤、作物及生态环境有害的成分；可激活土壤土著微生物代谢活性、促进土壤酶合成、提升土壤养分转化效率，辅助强化稳定性天然腐殖质材料和活性生物质材料的耕作层熟化效果，适用于不同气候、土壤类型下水利工程复垦耕地的耕作层熟化。

4 总则

- 4.1 本文件适用于水利工程（含水库、堤防、灌排工程）建设占用、挖损、压占土地导致耕作层破坏、地力低下、亟需耕作层快速熟化的复垦旱地、水田及生态恢复用地。
- 4.2 在水利工程可行性研究阶段、初步设计阶段与复垦方案编制阶段宜纳入本文件相关技术要求，具体实施可在田块整治工程、灌溉与排水工程、田间道路工程完成后单独实施或融合实施。
- 4.3 耕作层快速熟化工作内容包括：方案编制、技术实施、实施效果评价。
- 4.4 耕作层快速熟化施工技术要求：耕作层快速熟化技术方案是通过施加稳定性天然腐殖质材料、活性生物物质材料、生物激发剂，实现土壤有机质-团聚体-微生物协同提升；具体实施过程中根据不同类型土壤中不同活性有机质组分比例不同，设置不同有机物料施用比例，上述材料的技术指标应符合附录 A 规定，具体施用比例及用量应按附录 B 的方法计算。
- 4.5 环境风险防控：耕作层快速熟化过程中所用物料的重金属、持久性有机污染物含量需符合 GB 38400 肥料中有毒有害物质的限量要求 要求；对于盐碱化风险区域，熟化后土壤含盐量需符合 GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行） 要求。

5 方案编制

5.1 资料收集

5.1.1 土地复垦规划及基础设施资料

按需收集项目区土地利用规划资料、土地利用现状、农田基础设施条件。

5.1.2 土壤相关资料

收集指标：土壤类型、土壤质地、有效土层厚度、容重、pH 值、有机质含量、重金属含量；

按需收集指标：含盐量、土壤养分、土壤侵蚀类型/程度；

同时按需收集土地利用形式（历史）、成土母质，以及影响土壤利用的障碍因子资料；重点收集复垦区及临近区域高产农田的土壤相关基础数据（土壤有机质、团聚体、微生物生物量、质地、容重、养分含量、pH 值、含盐量）。

5.1.3 水源及灌溉相关资料

复垦区域的水源状况（包括水源类型、水量、水质）、灌溉保证率及灌溉系统现状（如灌溉设施分布、完好程度）相关资料。涉及农田灌溉的水质评价与要求，应符合 GB 5084《农田灌溉水质标准》的规定。

5.1.4 复垦区域多年气候数据

包括降雨量、蒸发量、平均气温、最高和最低气温、相对湿度、日照时数、有效积温、无霜期、冰冻期、冻土层深度、主风向、风速、最大风力特征值数据。相关数据系列年限参照 GB/T 50509 灌区规划规范、GB 50288 灌溉与排水工程设计标准 执行。

5.1.5 复垦区域主要种植与培肥相关资料

包括复垦区域的主要种植制度、主要作物类型及作物产量水平，以及秸秆产生量、秸秆还田方式、秸秆还田量，区域绿肥种植情况，作物间套作模式，有机肥源及有机肥施用情况，主要作物的需肥特性（氮、磷、钾及中微量元素需求比例）、关键生育期的养分吸收规律资料。

5.2 现场调查

5.2.1 勘测核定快速熟化工程项目区边界点，确定快速熟化工程项目区施工作业面积。

5.2.2 调查快速熟化工程项目区土地平整度、耕作层厚度、复垦工程建设过程中生活垃圾、建筑垃圾残留状况。

5.2.3 资料核实，重点核实土壤有机质，土壤团聚体，土壤微生物量碳和氮，土壤环境相关土壤指标资料。如现有资料不能满足耕作层快速熟化技术要求，应补充相关调查和分析测试。土壤调查方法

可参照 GB/T 33469 耕地质量等级、NY/T 1634 耕地地力调查与质量评价技术规程 要求执行。

5.2.4 关注并避免快速熟化工程项目区的坡面失稳与水土流失风险。

5.3 综合评价

5.3.1 评价基础设施条件及现场施工的限制因素。

5.3.2 评价复垦区域土壤肥力状况。

5.3.3 评价耕作层快速熟化技术实施的技术成本，包含前期准备费（资料收集、现场调查、方案制定）、施工实施费（材料采购、运输、机械作业）、后期监测费（熟化过程中指标检测），各项费用占比可参考当地相关工程投资预算定额确定；成本核算应综合考虑土壤本底值、熟化技术投入、经济效益因素。

5.3.4 依据收集的资料及现场调查情况，制定复垦耕地快速熟化实施方案。方案制定可参考 GB/T 30600 高标准农田建设通则、TD/T 1036 土地复垦质量控制标准、TD/T 1045 土地整治工程建设标准编写规程 要求执行。

6 技术实施

6.1 施工前准备

6.1.1 项目区堆场选择

材料堆场符合就近原则，施工项目区到堆场有机动车道路相通，堆放场地开阔、地势较高，避免积水；配套相应防护措施，避免雨淋、日晒。

6.1.2 材料准备

按附录 B 的方法计算项目区所需不同有机物料用量，提前将各种物料运到项目区指定区域。

6.1.3 施工机械配制要求

施工机械配置能保证各施工环节和施工进度要求。施工机械应精确控制稳定性天然腐殖质材料、活性生物质材料、生物激发剂撒施量，撒施材料能均匀覆盖作业区域，抛撒均匀度>80%。确保快速熟化材料与 15~20cm 厚度的耕作层土壤均匀混合。施工作业流程用到的机械有铧式犁、旋耕机、激光平地机、专用匀撒机、装载机、短途运输车，依据项目进度要求和工作效率，合理配置施工机械。

6.2 施工工序

6.2.1 清障作业：作业区耕作层土壤回填完成后，快速熟化作业施工前应清除作业区内与复垦无关的杂物，保证作业区域的清洁。

6.2.2 地面精平：整治后的土地用激光平地机精平，达到田面高差设计要求。

6.2.3 匀撒材料：均匀撒施不同有机物料，施用量根据项目要求用量或按附录 B 的方法计算。

6.2.4 旋耕混匀：撒施完成后及时混入耕作层，采用深旋耕机旋耕作业 2 遍，深度应为 15~20cm，使快速熟化材料与耕作层土壤混合均匀。上述工序完成后即可按照旱地、水田的农艺措施正常耕种。后续农田管理应与其他科学的长期农艺措施（如秸秆还田、绿肥种植、合理轮作、精准施肥）相结合，以确保土壤有机质水平稳中有升。

7 施工质量检查与效果评价

施工完成后开展施工质量检查与效果评价工作，内容包括工程施工质量检查和耕作层快速熟化效果评价，评价标准为本规范或批复的复垦方案，应符合 TD/T 1044 生产项目土地复垦验收规程 规定。

7.1 工程施工质量检查

7.1.1 施工资料核查：核查施工方案、物料质量检测报告（应符合附录 A 指标要求）、施工日志资料。

7.1.2 物料使用核查：核查稳定性天然腐殖质材料、活性生物质材料、生物激发剂的实际使用量是否与技术方案一致。

7.1.3 工程检查抽样要求：施工现场实行抽样检测，抽样地块应覆盖整个项目区。抽样数量根据项目区总面积确定，具体如下。

项目区面积	抽样个数
< 5 hm ²	≥3
5~30 hm ²	≥5
30~50 hm ²	≥7
> 50 hm ²	≥10

7.2 耕作层快速熟化效果评价

开展耕作层快速熟化效果评价，主要通过检测土壤理化及生物指标，评价标准为达到复垦方案设计的指标水平，具体要求如下：

7.2.1 检测指标：必测指标为土壤有机质、土壤团聚体、土壤微生物生物量碳/氮、土壤环境（按 GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行） 执行）；可选指标根据技术方案要求确定，包括土壤容重、pH 值、含盐量、氮磷钾速效养分，盐碱化风险区域须测土壤含盐量。

7.2.2 采样检测时间与采样数量要求：分阶段开展抽样检测，分别在工程施工结束后、第一季、第二季、第三季作物收获后，各完成 1 次土壤采样检测，跟踪熟化效果的稳定性。采样数量参照 7.1.5 执行。

7.2.3 效果评价：每次检测后出具质量效果检测报告，评价是否达到复垦方案设计目标。

附录 A

(资料性附录)

水利工程土地复垦土壤耕作层快速熟化物料指标要求

指标	稳定性天然腐殖质材料	活性生物质材料	生物激发剂	检测方法
	技术要求	技术要求	技术要求	
有机质(以烘干基计), %	≥75	≥30	≥20	NY/T 525 外加热-重铬酸钾容量法
腐殖质(以烘干基计), %	≥40	—	—	NY/T 1867 焦磷酸钠-氢氧化钠提取重铬酸钾氧化容量法
酸碱度(pH值)	3.0~8.5	5.5~8.5	5.5~8.5	NY/T 525 酸度计法
总养分(N+P ₂ O ₅ +K ₂ O) (以烘干基计), %	—	≥4	8.0~25.0	NY/T 525 硫酸-过氧化氢消解: 凯氏定氮法(N)、钒钼黄比色法(P ₂ O ₅)、火焰光度法(K ₂ O)
有效活菌数(CFU), 亿/g(如适用)	—	—	≥0.2 (仅适用于含活菌产品)	NY 884 NY/T 2321 平板计数法
镉(Cd)(以烘干基计), mg/kg	≤1.2	≤3	≤3	GB/T 23349 原子吸收光谱法或电感耦合等离子体质谱法
汞(Hg)(以烘干基计), mg/kg	≤1.0	≤2	≤2	GB/T 23349 原子荧光光谱法或冷原子吸收法
砷(As)(以烘干基计), mg/kg	≤15	≤15	≤15	GB/T 23349 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法或原子荧光光谱法
铅(Pb)(以烘干基计), mg/kg	≤25	≤50	≤50	GB/T 23349 原子吸收光谱法或电感耦合等离子体质谱法
铬(Cr)(以烘干基计), mg/kg	≤15	≤150	≤150	GB/T 23349 原子吸收光谱法或电感耦合等离子体质谱法
铊(Tl)(以烘干基计),	≤2.5	≤2.5	≤2.5	GB 38400

mg/kg				电感耦合等离子体 质谱法
粪大肠菌群数, 个/g(mL)	≤100	≤100	≤100	GB/T 19524.1 多管发酵法
蛔虫卵死亡率, %	≥95	≥95	≥95	GB/T 19524.2 显微镜检查法

附录 B

(资料性附录)

水利工程土地复垦耕作层快速熟化技术模式物料计算

根据项目土地复垦目标要求土壤有机质提升量或提升目标值，结合复垦区土壤有机质组分含量，测算稳定性天然腐殖质材料、活性生物质材料、生物激发剂材料用量，具体测算依据如下：

1、稳定性天然腐殖质材料用量计算依据：用于提升土壤中的难分解有机质部分，主要采用天然腐殖质材料实现，首先测定实施区域周边经过长期耕作培育形成的肥沃耕作层的同等类型土壤的难分解有机质系数，同时检测需熟化的复垦土地的耕作层土壤有机质含量，结合复垦目标要求土壤有机质含量计算物料用量。

计算公式如下：

$$X = \text{SOM}_a \times w \times \rho \times 0.2 \times 10000 / \alpha$$

$$\text{或 } X = (\text{SOM}_b - \text{SOM}_c) \times w \times \rho \times 0.2 \times 10000 / \alpha$$

式中 X 为稳定性天然腐殖质材料公顷用量 (kg)； SOM_a 为复垦区土壤有机质提升量 (g/kg)； SOM_b 为复垦区土壤有机质提升目标值 (g/kg)； SOM_c 为需进行耕作层熟化的复垦土壤有机质含量 (g/kg)； w 为实施区域经过长期耕作培育形成的肥沃耕作层的同等类型土壤的难分解有机质系数 (即难分解有机质占总有机质的比例，难分解有机质含量为土壤有机质含量与活性有机质含量差值)； ρ 为 0.2 米耕作层土壤容重 (kg/m³)；0.2 表示耕作层土壤 0.2 m 土壤深度；10000 表示一公顷地为 10000 m²； α 为天然腐殖质材料有机质含量 (g/kg)。

2、活性生物质材料用量计算依据：活性生物质材料用于替代土壤中的易分解有机质部分，主要采用作物秸秆来代替，首先测定实施区域周边经过长期耕作培育形成的肥沃耕作层的同等类型土壤的活性有机质系数，同时检测需熟化的复垦土地的耕作层土壤有机质含量，结合复垦目标要求土壤有机质含量计算物料用量。

计算公式如下：

$$Y = \text{SOM}_a \times z \times \rho \times 0.2 \times 10000 / \beta$$

$$\text{或 } Y = (\text{SOM}_b - \text{SOM}_c) \times z \times \rho \times 0.2 \times 10000 / \beta$$

式中 Y 为活性生物质材料公顷用量 (kg)； z 为实施区域经过长期耕作培育形成的肥沃耕作层的同等类型土壤的活性有机质系数 (即活性有机质占总有机质的比例，活性有机质含量以土壤中易氧化有机质含量代表，采用 KMnO_4 氧化法测定)； β 为活性生物质材料有机质含量 (g/kg)；其他同上。以秸秆作为活性生物质材料，其适宜用量为 1.5 吨/公顷~15 吨/公顷；如秸秆用量超过 15 吨/公顷，建议以腐熟有机肥替代。

3、生物激发剂用量计算依据：生物激发剂主要用于激发土壤微生物活性，促进外源有机物料的快速转化，生物激发剂适宜用量为 1.5 吨/公顷~3 吨/公顷。