《西北旱区农田土壤地膜源微塑料防控技术方案》

编制说明

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

1.1 任务来源

本标准任务来源于国家重点研发计划项目“区域农田地膜残留与土壤微塑料污染现状调查”的研究成果，并响应国家关于塑料污染治理和农业绿色发展的政策要求。具体任务来源包括以下方面：

政策法规依据。本标准的编制依据《中华人民共和国土壤污染防治法》、《农用地土壤污染风险管控与修复技术规范》、《农业农村污染治理攻坚战行动方案（2021—2025年）》、《西北干旱半干旱区农业绿色发展规划》、《农业面源污染综合治理实施方案》、《“十四五”塑料污染治理行动方案》等政策法规的要求，旨在为西北旱区农田土壤地膜源微塑料防控提供标准化技术方案。

科研项目支撑。本标准的核心技术内容来源于国家重点研发计划项目“区域农田地膜残留与土壤微塑料污染现状调查”的调查研究成果，以及兰州大学熊友才团队在西北旱区开展的多年田间试验研究积累。相关研究成果已在Agricultural Water Management、Journal of Hazardous Materials、Resources, Conservation & Recycling、Field Crops Research、Water Research、Ecotoxicology and Environmental Safety、Environment International、Waste Management、Science of the Total Environment等国际学术期刊发表多篇论文，为本标准的编制提供了坚实的科学基础。

标准化工作要求。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，由中国土壤学会提出并归口，标准编号为T/SSSC 0—2026。本标准的编制旨在填补西北旱区土壤微塑料防控技术标准体系的空白，为区域农田土壤微塑料监测筛查、风险评估和绿色消减提供统一的技术规范。

行业需求驱动。西北旱区是我国地膜覆盖面积最大、使用强度最高的区域之一，长期覆膜导致农田土壤中地膜源微塑料污染日益突出。当前缺乏针对西北旱区典型区域土壤微塑料防控的系统性技术标准，亟需建立涵盖“筛·评·管·控”一体化的技术体系，以指导区域土壤微塑料污染防控工作。

1.2 协作单位

本标准由兰州大学牵头起草，协作单位共7家，涵盖高校、科研院所和生态环境监管部门，具体如下：兰州大学（牵头单位）、西北农林科技大学、石河子大学、华东师范大学、中国科学院南京土壤研究所、生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、南开大学。

1.3 主要工作过程

本标准的编制工作自启动以来，经历了前期调研、框架构建、技术内容编写、内部研讨修改、征求意见等阶段，目前处于草案阶段。主要工作过程如下：

1. 3.1 前期调研与立项阶段

依托国家重点研发计划项目“区域农田地膜残留与土壤微塑料污染现状调查”的研究成果，兰州大学熊友才团队在西北旱区（包括陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆及内蒙古西部）开展了多年的田间试验和调查研究，系统掌握了西北旱区农田土壤地膜残留与微塑料污染现状。团队围绕加厚易回收地膜应用、一膜多年用技术、秸秆和尾菜浅混替代地膜、地膜老化

与微塑料形成机制、残膜回收行为等方向开展了大量田间试验，积累了丰富的第一手数据和研究基础。在此基础上，经中国土壤学会批准立项，正式启动本标准的编制工作。

1.3.2 标准框架构建阶段

标准编制组按照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》的要求，结合西北旱区土壤微塑料防控的实际需求，确定了“筛-评-管-控一体化技术体系”的总体框架。标准框架涵盖以下主要内容：范围、规范性引用文件、术语和定义、土壤微塑料监测筛查与风险评估、土壤微塑料防控技术与效果评价，以及附录A（监测点位布设表）、附录B（风险分级评估标准表）、附录C（残膜回收处置管理台账）等配套表格。

1.3.3 技术内容编写阶段

各起草单位根据分工，分头开展技术内容的编写工作。主要编写内容包括：

①术语和定义部分：明确了旱作农业区、灌溉农业区、地膜源微塑料、微塑料绿色消减、加厚易回收地膜、一膜多年用、地膜绿色替代、微塑料丰度等15个核心术语的定义。

②监测筛查技术体系部分：编写了网格化监测布点（县级、乡镇、村级三级监测网络及背景对照点）、样品采集与预处理、实验室分离与鉴定（密度浮选法、显微成像、FT-IR/μ-Raman鉴定）等技术内容，并参照T/SSSC 016-2025《土壤环境微塑料监测技术规范》确保数据可比性。

③风险分级评估体系部分：建立了三级评估指标体系（污染程度指标、生态风险指标、管控难度指标），划分了I级（安全区）至IV级（重度风险区）四个风险等级，并制定了风险评估综合打分表（附录B）。

④防控技术部分：系统编写了聚乙烯地膜减量技术（一膜多年用，涵盖准备阶段、首年铺膜与播种、田间使用管理、收获后维护、续用条件与续年播种、循环终点与回收处置等全

流程）和聚乙烯地膜替代技术（秸秆和尾菜浅混替代，涵盖技术原理、准备阶段、混土填埋作业流程、播种与苗期管理、生育期管理等），以及技术效果评价指标体系。

⑤分区分类防控技术模式部分：针对黄土丘陵旱作区、绿洲灌溉农业区、风沙旱滩区三个典型区域，分别提出了适用作物、核心痛点和技术组合方案。

⑥全链条监管体系部分：编写了源头准入监管、过程使用监管、回收处置监管、考核监督监管等四个环节的监管要求，以及组织保障、资金保障、技术保障和监督评估保障等实施保障措施。

⑦档案记录管理部分：编写了记录内容（12项）、电子化与动态台账管理、保存期限等要求，并设计了附录A、B、C等配套表格。

1.3.4 内部研讨与修改阶段

标准草案完成后，编制组组织各起草单位进行了多轮内部研讨和修改。重点对以下内容进行了完善：一是术语定义的准确性和规范性；二是监测筛查技术体系的可操作性；三是风险分级评估标准的科学性；四是防控技术参数的合理性（如地膜厚度不低于0.015 mm、地膜回收率不低于90%、微塑料丰度增量消减率不低于30%等）；五是分区分类防控技术模式的针对性。经反复修改完善，形成了标准草案（征求意见稿）。

1.3.5 征求意见阶段

目前本标准已向相关科研院所、高校、农业农村管理部门、生态环境监管部门以及农业生产一线的技术人员和经营主体广泛征求意见。编制组将根据反馈意见进行修改完善，形成送审稿，报中国土壤学会组织审查。

1.4 起草组成员及其所做的主要工作

本标准主要起草人名单将在标准正式发布前确定并填写。根据标准编制过程中的实际贡献，起草组成员及其所做的主要工作如下：

序号	起草组成员	主要工作
1	熊友才、贾汉忠	负责标准编制的总体统筹，确定标准框架和主要技术内容，协调解决编制过程中的重要问题。
2	赵泽瑛、何尔凯、郭学涛、赵岩、腾应	负责相关政策文件及国内外标准的收集与分析，梳理标准编制依据，参与标准适用范围及术语和定义的起草。
3	韩自玉、刘维涛、陶宏艳	负责前期调查研究与实际需求分析，提出主要技术要求，参与相关技术条款的起草。
4	李彦霈、刘鹏、何德富、王鹏洋、祝可成	负责核心技术条款的研究与论证，完善技术要求、实施程序和操作方法。
5	段宏伟、代允超、强丽媛、宋渊	负责技术内容的适用性与可操作性核查，结合实际应用情况提出修改建议。
6	王一博、王艳华、涂晨、汪磊	负责征求意见的收集、汇总与分析，提出意见处理建议，参与标准文本的修改完善。
7	熊晓斌、卢晓宇、卢琪、刘颖、李梦莹	负责标准文本的格式、术语及条款一致性核查，参与编制说明和相关附件的编写。 负责编制过程资料的整理与归档，协助完成送审、报批材料的汇总及文本校核。

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

2.1 标准编制的基本原则

本标准针对我国西北旱区农田地膜长期使用过程中存在的残膜累积、微塑料形成与迁移、土壤质量退化及污染防控技术缺乏系统性等问题，立足区域农业生产实际和土壤生态环境保护需求，以减少地膜源微塑料形成、输入、破碎和累积风险为主要目标，构建集监测筛查、风险评估、分类防控和全过程监管于一体的土壤微塑料防控技术体系。标准编制遵循科学性、规范性、区域适应性、系统性和可操作性相结合的基本原则。

①科学性与规范性原则。标准以土壤微塑料污染特征、农用地膜老化破碎规律及农田土壤生态过程为科学基础，结合相关研究成果和农业生产实践，合理设置监测方法、风险评估指标、防控技术参数及效果评价要求。标准文本按照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》的要求编制，并与现行农用地膜质量、土壤环境监测、农业废弃物回收利用等相关标准和技术规范相衔接，确保技术要求具有科学依据和规范性。

②区域适应性原则。西北旱区具有降水不足、蒸发强烈、生态环境脆弱及农业生产对地膜覆盖依赖程度较高等特点，不同区域在土壤类型、种植制度、灌溉条件和农用塑料投入强度方面存在明显差异。因此，标准坚持因地制宜、分类施策，根据旱作农业区、绿洲灌溉农业区和风沙旱滩区的环境特征及农业生产需求，提出差异化防控技术路径，避免单一技术模式在不同区域机械套用。

③源头预防与全过程控制原则。农田土壤微塑料污染具有来源多样、环境持久性强、形成过程复杂和治理难度较大的特点。相较于污染形成后的末端修复，减少地膜投入、抑制

膜体破碎及提高残膜回收效率更有利于降低污染累积风险。因此，标准坚持源头控量、替代减量、过程减碎与规范处置相结合，将地膜使用、田间管理、残膜回收及末端治理纳入统一技术体系，实现从污染预防到风险管控的全过程衔接。

④农业生产与生态保护协同原则。充分考虑西北旱区农田对地膜保墒、增温及稳产功能的现实需求，在降低塑料投入和污染风险的同时，兼顾作物产量、土壤水分利用效率和土壤质量改善，避免因单纯减少地膜使用而造成农业生产效益下降。通过设置地膜消减、作物稳产和土壤质量提升等综合指标，实现农业生产与生态环境保护的协调统一。

⑤可操作性与可评价性原则。优先选取技术原理明确、实施条件相对成熟、能够与现有农业机械和田间管理措施相结合的防控技术，并对适用范围、材料要求、操作流程、关键参数和评价方法作出具体规定。通过建立技术实施台账、监测评价指标及分级管控要求，提高标准在基层农业生产、技术推广和监管过程中的可执行性与可追溯性。

2.2 标准适用范围及技术体系的确定依据

我国西北旱区包括陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆及内蒙古西部等典型干旱、半干旱农业区域。该区域降水时空分布不均、蒸发需求较高，农田生产对地膜覆盖、节水灌溉和保墒栽培技术具有较强依赖性。地膜覆盖在提高土壤水分利用效率、改善作物生长环境及保障粮食生产方面发挥了重要作用，但长期连续使用和回收处置不充分，也增加了地膜残留及其进一步破碎形成微塑料的风险。

在农田耕作、机械作业、紫外辐射及温湿度变化等因素共同作用下，残留聚乙烯地膜逐渐发生物理破碎和老化，形成不同粒径、形态及表面性质的塑料颗粒。这些颗粒能够在耕作层内持续累积，并可能随风蚀、灌溉水流和土壤扰动发生迁移，对土壤结构、微生物活动、养分循环及作物生长产生潜在影响。因此，西北旱区土壤微塑料防控需要同时考虑农业塑料的使用管理、污染现状识别及土壤生态风险控制。

基于上述特点，本标准将适用对象确定为西北旱区及具有相似气候、土壤、灌溉和覆膜生产条件的农业区域，重点覆盖玉米、小麦、棉花、马铃薯、向日葵、蔬菜及杂粮等主要作物，并根据不同作物的收获方式、田间扰动程度和覆盖需求明确技术适用条件。

在技术体系构建方面，标准以“筛-评-管-控”为总体框架，形成监测筛查、风险评估、过程监管和分类防控相互衔接的技术路径。其中，监测筛查用于识别区域土壤微塑料污染水平及空间分布特征；风险评估用于判定污染程度和防控优先级；过程监管用于规范农业塑料投入、使用及回收处置行为；分类防控则通过地膜减量、绿色替代、减少破碎及生物修复等措施降低污染累积风险。

该体系将污染识别与技术干预相结合，兼顾区域尺度风险管理与田间尺度技术实施，有助于提高西北旱区土壤微塑料污染防控的针对性和系统性。

2.3 土壤微塑料监测筛查与风险评估技术的确定依据

2.3.1 监测布点与样品采集要求的确定依据

土壤微塑料污染具有较强的空间异质性，其分布受到覆膜年限、地膜使用强度、土壤质地、耕作制度、灌溉方式及残膜回收水平等因素影响。单一监测点位难以全面反映区域污染状况，因此，本标准按照“县级控面、乡镇控片、村级控点”的原则，建立多层级网格化监测体系。

县级长期监测点主要用于掌握区域污染背景及长期变化趋势，标准提出每县设置3～5个固定监测点，每年开展一次监测；乡镇加密监测点主要用于识别局部高风险区域，按照每500公顷连片农田布设1个监测点的要求开展监测；村级地块监测则重点关注长期覆膜、残膜累积及回收不到位的农田。通过不同尺度监测点位的合理配置，兼顾监测结果的区域代表性与实际工作成本。

考虑到农田地膜残留主要发生在耕作层，同时微塑料可能随耕作扰动、水分运动及土壤生物活动向下迁移，本标准将0～30 cm土层作为重点监测范围，并划分0～15 cm和15～30 cm两个采样层次，以识别表层累积与垂向分布差异。样品采集采用五点混合法，并规定样品质量及采样过程的防污染要求，以降低局部土壤异质性和外源污染对检测结果的影响。

2.3.2 微塑料分离鉴定方法的确定依据

土壤微塑料具有粒径范围广、形态不规则、聚合物组成复杂等特点，其准确识别需要经过样品预处理、颗粒分离、显微观察及聚合物鉴定等环节。

本标准参照T/SSSC 016—2025《土壤环境微塑料监测技术规范》及ISO 24187相关技术原则，提出以密度浮选、显微筛查和光谱鉴定相结合的检测方法。针对西北旱区农田地膜源微塑料以聚乙烯等低密度塑料为主要关注对象的特点，优先采用饱和氯化钠溶液进行分离；当检测目标涉及高密度聚合物时，可采用更高密度的浮选介质，以提高目标颗粒的分离适用性。

在微塑料识别方面，利用显微观察记录颗粒数量、粒径、颜色及形态，再通过傅里叶变换红外光谱或显微拉曼光谱确认聚合物类型，减少天然有机碎屑及其他非塑料颗粒引起的误判。同时，标准对程序空白、试剂空白、平行样和必要的加标回收试验提出要求，并统一采样深度、检测粒径下限及结果表达方式。上述规定主要用于提高不同地区、不同监测年度之间数据的准确性和可比性，为风险评价及技术效果分析提供可靠的数据基础。

2.3.3 风险评估指标与等级划分的确定依据

土壤微塑料生态风险不仅取决于污染物的数量或质量，还受到粒径组成、土壤环境条件、污染迁移能力及生态受体敏感性等因素影响。仅依据微塑料丰度进行风险判断，难以全面反映区域农田的实际污染状况和治理需求。因此，本标准构建包含污染程度、生态风险及

管控难度三个层面的综合评价体系。其中，微塑料丰度和残膜残留量用于表征污染程度；土壤质地、风蚀强度和作物敏感性用于反映区域环境脆弱性及潜在生态影响；微塑料迁移潜力、治理实施难度等因素则用于辅助确定污染防控的优先顺序。

风险分级采用微塑料丰度区间与残膜残留状况相结合的方式，并通过综合评分方法辅助判断治理需求。不同风险等级分别对应常规监测、源头减量、强化回收、局部修复和系统治理等管理措施，体现污染程度与治理强度相匹配的原则。风险分级参数的设置应以区域监测资料、污染分布特征及相关研究成果为依据，并通过典型区域监测数据和应用验证进一步明确不同等级的适用边界。考虑到微塑料检测方法及粒径识别下限可能影响丰度结果，风险分级应用时应确保检测口径一致，避免因检测方法差异造成风险等级误判。

2.4 土壤微塑料防控技术及关键技术参数的确定依据

2.4.1 聚乙烯地膜减量及一膜多年用技术

农用聚乙烯地膜是西北旱区覆膜农田塑料残留的重要来源。传统一年一换的覆膜方式需要持续投入新的塑料材料，同时在揭膜、回收、耕作和田间机械作业过程中容易产生破损碎片，增加残膜及微塑料输入风险。因此，减少单位面积地膜年均投入量、延长符合使用条件的地膜使用周期，是控制地膜源微塑料形成的重要技术途径。

本标准提出采用厚度不低于0.015 mm、具有较好力学性能的加厚易回收地膜，以提高膜体完整性、抗撕裂能力及机械回收适应性。该参数是在兼顾地膜覆盖功能、重复利用要求及回收便利性的基础上确定的技术要求，其合理性应结合相关地膜产品标准、膜体力学性能及田间老化研究成果进行评价。

一膜多年用技术通过减少重复铺膜和揭膜作业，在满足作物生产要求的条件下降低地膜年度投入强度。标准将连续使用周期控制在2～3年，并以膜体完好率、有效覆盖度和滴灌系统运行状况作为是否继续使用的主要判定条件。其中，膜体完好率和有效覆盖度不低于

80%的要求，主要用于保证地膜在重复使用期间仍具有必要的保墒覆盖功能，并降低破损扩大和碎片形成风险。同时，标准对地膜撕裂程度、滴灌带漏水状况及终止使用条件作出规定，避免过度延长使用年限而增加塑料老化破碎风险。在使用周期结束后，要求地膜回收率达到90%以上，滴灌带回收率宜达到95%以上，以强化农用塑料投入减量与残留控制的协同效果。

该技术主要适用于地面较平整、便于机械化管理、收获过程土壤扰动相对较小的覆膜农田；对马铃薯等需要挖掘收获的作物，则不宜直接采用一膜多年用模式。

2.4.2 秸秆与尾菜浅混替代技术

秸秆及蔬菜尾菜是西北旱区农业生产过程中产生的重要生物质资源。合理利用上述材料，不仅有助于减少农用聚乙烯地膜投入，还能够通过有机物料还田影响土壤结构、水分保持及养分循环过程。因此，本标准将秸秆和尾菜浅混土填埋作为地膜绿色替代的重要技术路径。

该技术通过对农业生物质材料进行清理、粉碎和浅层混土处理，改善表层土壤物理环境，减少裸地水分无效蒸发，并通过有机质输入促进土壤结构改善。在技术参数设置方面，综合考虑材料性质、机械作业能力、腐解过程及作物根系生长环境等因素，分别规定不同生物质材料的施用量、粉碎长度及浅混深度。

对于秸秆浅混替代，标准提出施用量为4500～7500 kg/ha（干基），粉碎长度小于10 cm，浅混深度为0～10 cm。该参数组合主要考虑秸秆还田后土壤表层覆盖、机械混合均匀性以及微生物分解过程中可能出现的氮素暂时固定问题。通过控制秸秆长度和浅混深度，有利于提高材料与土壤的接触程度，避免过量集中还田造成种床不均、出苗受阻等问题。

对于尾菜浅混替代，标准提出施用量为20～30 t/ha（鲜重），切段长度为3～5 cm，浅深度为8～15 cm。与秸秆相比，尾菜含水率较高、组织柔软、腐解速度较快，若直接大量集

中施用，可能造成局部缺氧、腐败及有机酸积累。因此，标准要求开展材料分选、预处理和适度腐解，并通过合理控制施用量与埋入深度降低对幼苗生长的不利影响。

在生产效果方面，标准提出浅混处理的土壤覆盖度不低于70%，作物产量原则上不低于当地常规覆膜栽培产量的90%，并以聚乙烯地膜投入消减100%作为完全替代条件下的源头减量目标。需要指出的是，地膜投入完全替代不等同于土壤既有微塑料存量的完全去除，该技术的主要作用在于减少新增聚乙烯地膜输入。

上述技术参数应结合区域田间试验及不同气候年型下的生产表现进行验证，以明确秸秆、尾菜资源条件和土壤水分状况对技术效果的影响。

2.4.3 膜侧种植技术

考虑到西北旱区部分农田难以完全取消地膜覆盖，本标准提出膜侧种植技术，通过减少地膜覆盖面积，在保留必要保墒功能的同时降低塑料投入强度。

该技术采用加厚聚乙烯地膜进行垄面带状覆盖，将作物种植于膜侧裸露土层，利用垄膜发挥集雨、保墒及调节土壤水热环境的作用，同时减少全覆盖方式下的地膜使用面积及机械作业损伤。标准规定膜侧种植采用厚度不低于0.015 mm的加厚地膜，膜边压土深度为5～8 cm，地膜覆盖度控制在45%～65%。其中，加厚地膜和膜边压实要求主要用于提高覆盖稳定性和抗风蚀能力；覆盖度控制则综合考虑区域保墒需求、作物种植空间及地膜减量目标，避免过度降低覆盖面积而削弱地膜的农业生产功能。

在效果要求方面，膜侧种植作物产量应不低于当地常规全覆盖覆膜栽培产量的90%。该指标体现了地膜减量技术在降低塑料投入的同时，应保持基本农业生产能力的原则。实际应用中，应结合当地降水、土壤墒情、作物种类及种植密度，对垄宽、膜宽和膜侧种植带进行合理调整。

2.4.4 末端生物修复技术

针对可生物降解地膜使用后可能形成的残留塑料碎片及相关微塑料，本标准设置末端生物修复技术，探索利用功能微生物及其胞外酶促进目标聚合物转化的技术路径。聚乳酸（PLA）及聚己二酸/对苯二甲酸丁二醇酯（PBAT）等材料含有可发生水解反应的酯键，其降解过程可能受到微生物群落组成、胞外酶活性、温度、水分及土壤环境条件等因素影响。基于该特点，标准提出通过功能菌株筛选、产酶能力评价、菌群构建及菌剂制备，形成适用于目标材料的生物强化处理技术。

在技术验证方面，标准设置人工培养体系、盆栽体系和大田体系三个层次。人工培养体系主要用于评价候选菌剂对目标材料的初步作用；盆栽体系用于考察土壤与植物存在条件下的处理效果及作物生长安全性；大田体系则用于验证自然环境中菌剂的适应性和实际应用效果。

人工培养试验采用28 ℃、180 rpm、60 d等受控条件，盆栽试验采用49 d培养周期，并结合膜片质量变化、扫描电子显微镜观察和傅里叶红外光谱分析等方法评价材料变化情况。这些参数主要用于建立相对统一的试验条件和评价流程，不宜直接作为不同地区实际降解周期的判定依据。需要特别注意，膜片失重、表面侵蚀及官能团变化能够反映材料的物理化学变化或潜在生物转化过程，但不能单独证明聚合物已经实现完全生物矿化。因此，末端生物修复技术的效果评价应区分材料破碎、聚合物转化和最终矿化等不同过程，并根据验证条件审慎解释降解效果。其田间应用范围与实施参数仍需结合菌剂稳定性、生态安全性及长期试验结果进一步确定。

2.5 防控效果评价指标的确定依据

土壤微塑料防控技术的实施效果应同时反映污染输入减少、残留累积控制、农业生产稳定及土壤生态环境改善等方面，不能仅以地膜使用量下降作为唯一评价依据。为此，本标准构建以核心消减指标和生产生态配套指标相结合的综合效果评价体系。

①地膜源微塑料及残膜消减指标。标准提出以当地常规覆膜栽培方式为对照，在0～30 cm耕作层范围内评价地膜源微塑料丰度的年均增加量，设置微塑料增量消减率30%以上、聚乙烯地膜年均投入强度减少30%～60%及土壤残膜年均累积速率降低50%以上等目标。上述指标分别对应微塑料新增污染、塑料源头投入及较大尺寸残膜累积三个环节，能够反映防控技术在不同污染形成阶段的综合作用。

②生态风险消减指标。考虑到微塑料污染可能伴随土壤结构、微生物活动和生态功能变化，标准提出将微塑料丰度、残膜残留量、土壤结构稳定性、微生物生物量和土壤多功能性纳入生态风险综合评价。通过指标标准化处理及生态风险指数计算，比较技术实施前后的风险变化，并提出生态风险消减率宜达到30%以上的目标。评价过程中应统一各指标的赋分方向、权重及标准化方法，保证结果具有可比性。

③农业生产稳定性指标。地膜减量和绿色替代技术必须兼顾西北旱区农业生产的现实需求。本标准提出正常气候年型下作物产量波动幅度宜控制在±5%以内，极端气候年型下产量不低于当地常规覆膜产量的90%。该要求主要用于防止减膜措施因保墒功能不足而造成明显减产，同时允许不同气候条件下存在一定的产量波动。

④土壤质量改善指标。标准选择水稳性大团聚体比例和微生物生物量碳作为土壤质量变化的代表性指标，并提出连续实施3～5年后，水稳性大团聚体比例提高10%以上、微生物生物量碳提高15%以上的技术目标。这两类指标分别反映土壤结构稳定性与微生物活性，可为评价防控措施的长期生态效应提供辅助依据。

上述目标值属于标准草案提出的技术评价要求，其最终合理性需要与相关试验资料、区域监测数据及长期应用结果相结合进行论证。技术效果评价应设置适宜对照，统一监测时间、土层深度、检测方法和指标计算口径，避免因气候年型、土壤基础条件或检测方法差异影响结果判断。

2.6 分区分类防控与全过程监管技术要求的确定依据

西北旱区不同农业生态区域在水资源条件、耕作制度、风蚀强度及残膜污染状况等方面存在明显差异，决定了土壤微塑料防控技术需要采取差异化组合模式。

黄土丘陵旱作区以甘肃中部和陕北等地区为代表，具有降水不足、坡耕地较多及农田机械化回收条件受限等特点。标准提出以加厚地膜、机械化残膜回收、坡耕地风蚀阻控及土壤改良措施相结合的防控路径，重点降低地膜破碎和污染物随风蚀迁移的风险。

绿洲灌溉农业区以河西走廊及新疆南疆等地区为代表，农田地膜和滴灌设施使用强度较高，连续覆膜及农业塑料投入可能造成较大的残留累积压力。因此，标准提出可降解地膜替代、灌溉水过滤拦截、集中回收处置及根际生物修复等技术组合，强调塑料投入控制与灌溉系统管理协同实施。

风沙旱滩区以宁夏中部和内蒙古西部等地区为代表，生态环境脆弱、风沙活动较强，部分地区残膜回收和资源化利用成本较高。标准提出无膜替代、生态防护、轮耕休耕及适宜条件下的生物修复措施，以减少新增塑料输入并降低残留污染物迁移风险。

在监管方面，本标准将农业塑料的生产销售、田间使用、回收处置和实施效果纳入全过程管理，提出源头准入、过程使用、回收处置及考核监督等要求，并通过村级回收点、乡镇中转站和县级处置中心构建分级回收体系。

同时，标准规定建立地块信息、地膜投入、技术实施、残膜回收、微塑料监测及防控效果等档案，并将相关记录保存期限设定为不少于5年。通过纸质与电子台账相结合的方式，

提高区域土壤微塑料防控工作的可追溯性，为后续技术效果核查、动态风险评估及管理措施优化提供基础。

2.7 标准主要技术内容的合理性与适用性

本标准围绕西北旱区农田地膜使用及土壤微塑料污染防控需求，构建了覆盖污染监测、风险评估、源头减量、绿色替代、末端治理和全过程监管的综合技术体系。各项技术内容之间具有明确的逻辑联系：监测筛查为污染识别提供基础数据，风险评估为防控措施选择提供依据，分类防控为减少污染输入和累积提供技术手段，效果评价与全过程监管则为技术实施和持续改进提供保障。

标准选取的加厚地膜、一膜多年用、秸秆及尾菜浅混替代、膜侧种植和功能微生物强化处理等技术，分别对应不同农业生产条件和污染防控环节，体现了源头预防优先、农业生产兼顾及分区分类治理的基本思路。

总体而言，本标准的技术框架与西北旱区农业生产特点及土壤微塑料防控需求具有较好的适应性，能够为典型区域开展农田塑料污染监测、地膜减量应用、残膜回收管理及土壤生态风险控制提供技术指导。对于尚需长期验证的风险分级阈值、生物修复效果和土壤质量提升目标，应在后续标准审查、试验验证和推广应用过程中进一步完善其技术依据，以提高标准的科学性、适用性和可实施性。

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

3.1 试验验证的总体思路和证据基础

本标准围绕西北旱区覆膜农业中地膜老化破碎、残膜回收不充分及土壤微塑料持续输入等问题，构建监测筛查、分级评估、技术防控和效果评价相衔接的技术体系。主要验证内容包括：加厚易回收地膜与一膜多年用的减量减碎效果，秸秆和尾菜浅混替代的保墒稳产效果，膜侧种植的投入减量效果，以及微生物强化处理的适用对象和消减证据。验证同时考察作物生产、土壤环境与投入成本，避免仅以膜体外观变化或当季产量评价技术优劣。

论证依据由已发表的田间研究、现行检测与产品标准，以及本标准拟定的技术指标构成。已发表研究用于说明技术方向及其适用条件；草案中的参数用于确定验证对象与评价目标，具体达标情况应以对应地块的原始监测数据、检测报告和成本台账判定。相关研究成果与本重点研发课题的归属关系，应以任务书、成果标注和课题档案确认，不将全部相关论文一概计为本课题产出。

3.2 主要试验及相关研究的分析综述

3.2.1 长期覆膜调查支持同时控制新增输入与历史残留

Zhao等开展的灌区长期覆膜调查显示，连续19年（2000-2018年）覆膜地块土壤微塑料丰度达到2900±19.5个/kg，微塑料累积与土壤增塑剂浓度呈正相关（$r=0.728$，$p<0.05$）[1]。这一结果说明，地膜使用管理需要同时关注大尺寸残膜、微塑料及相关添加剂。该数值代表特定调查地块和检测口径下的观测结果，不能直接用作区域生态安全阈值；相关关系也不能单独证明污染物之间的因果联系。

该研究随后设置不覆盖、秸秆覆盖、活体三叶草覆盖、聚乙烯地膜覆盖及其组合处理。2019-2020年试验中，有机覆盖与涉及地膜的处理之间生产力差异未达到显著水平；秸秆覆盖较不覆盖的PAEs总浓度降低6.43%，地膜与秸秆组合较单独地膜降低9.61%[1]。上述结果为替代覆盖和有机物料参与污染调控提供依据，但PAEs浓度下降不等同于PE聚合物矿化，也不能代替土壤微塑料增量的实测。

3.2.2 膜厚试验支持提高完整性并提示土壤效应需同步评价

Xiong等在灌溉玉米田比较0.006、0.008、0.010和0.015 mm低密度聚乙烯地膜。老化后，0.006 mm与0.015 mm膜的破损面积比例分别为32.2%和3.5%；对应的PAEs平均释放率分别为38.2%和19.7%[2]。该证据支持通过提高膜厚和保持完整性，减少使用过程中的过度破碎及部分添加剂释放，为草案选用不小于0.015 mm地膜提供研究依据。破损面积属于膜体指标，不能据此直接推算土壤微塑料数量、回收率或矿化率。

另一项原位老化研究同样设置上述四种膜厚，报告0.006 mm和0.015 mm膜的断裂伸长率降幅分别为27.6%和11.2%，并观察到较厚膜处理提高作物生物量，但也可能增加土壤容重、降低大团聚体比例[3]。因此，完整性改善与土壤质量改善不能视为同一结果。加厚膜技术的验证应同时报告回收净膜质量、残膜存量、微塑料组成、土壤结构及产量，不预设所有土壤指标均向有利方向变化。

3.2.3 减量覆膜与旧膜续用具有农艺基础但应核算实际投入

Ren等针对半干旱雨养玉米开展减量覆膜与免耕配套研究，结果支持通过局部覆膜和延长使用等措施降低地膜投入，并维持水分利用效率和土壤健康[4]。该类研究为草案中一膜多年用和减少覆盖面积的技术方向提供依据，但免耕、覆膜比例和续用方式共同影响水热过程，不能将组合处理的效果全部归因于其中一项措施，也不能直接外推为所有灌溉作物的统一作业参数。

Chen等在黄土高原2015-2016年春玉米试验中比较一膜两年用、每年换膜和不覆膜。一膜两年用与每年换膜的产量和水分利用效率未检出显著差异；其经济利润较每年换膜提高21%，论文将其归因于购膜、耕作、铺膜及揭膜费用降低[8]。这一独立研究说明完整周期核算的重要性，不能将21%直接作为本课题的实测增收率，也不能据两年试验认定三年续用必然可行。

对于草案规定的2~3年续用，应按每季膜体有效覆盖、完整性和滴灌系统运行状况决定是否继续使用，并将补膜、维修、提前终止以及终期回收纳入记录。马铃薯等挖掘收获作物不宜套用玉米等低扰动收获体系的续膜流程。膜侧种植还需按实际膜厚、覆膜比例和采购质量核实减量幅度，覆盖面积减少并不必然意味着地膜质量按相同比例下降。

3.2.4 生物质浅混替代应以保墒稳产和原料适配为前提

Zhao等比较浅混有机覆盖、聚乙烯地膜覆盖及二者组合，将作物生长、产量、水分生产力和季节水热变化纳入同一研究框架；其结果支持在所研究的灌溉条件下，浅混有机覆盖获得与地膜覆盖相近的水分生产力和经济效益[5]。结合前述有机覆盖试验[1]，该证据支持将洁净农业生物质作为减少新增PE投入的技术选择，同时要求关注苗期水热条件、腐解进程及养分供应。

草案提出秸秆干基4500~7500 kg/ha、浅混0~10 cm，尾菜鲜重20~30 t/ha、浅混或浅埋8~15 cm等操作范围[13]。秸秆与高含水尾菜的干物质量、碳氮比和腐解速度存在差异，上述参数不能在两类原料之间直接换算。验证应记录原料含水率、干物质量、粉碎程度、混合深度、播种间隔、出苗情况及产量；尾菜应重点检查厌氧腐败、盐分和病害风险。既有秸秆或活体覆盖证据不能直接证明尾菜参数已全部通过验证。

生物质替代地块如不再使用PE地膜，可在地膜采购台账上实现该项新增投入的完全替代；历史残膜及来自灌溉水、有机肥、滴灌带等途径的塑料输入仍可能存在。因此，“PE地膜投入消减100%”应限定为本地块本周期的新增PE地膜投入，不能表述为土壤微塑料清零。秸秆分解引起的氮素调节，应结合原料性质与土壤供氮确定，不将草案增施基氮10%~15%解释为各地普遍需要增加总施氮量。

3.2.5 微塑料形态和微生物响应支持开展综合评价

Wang等开展两年田间培养，比较球状、纤维状、碎片状和粉末状微塑料，以及0.01%、0.1%和1%的添加水平。研究发现，在所设条件下，微塑料形态和界面特征对细菌群落组装具有重要影响，浓度并非唯一解释因素[6]。因此，监测结果应同时保留聚合物类型、粒径和形态组成；单一丰度分级宜用于筛查和管理排序，不宜单独承担生态危害判定。人工添加量试验也不能直接换算为天然农田的丰度风险阈值。

Zhao等通过两年田间研究发现，秸秆和活体三叶草可改变塑料际细菌群落，富集部分潜在污染物降解类群并影响相关代谢潜力[7]。这说明有机资源与微生物过程可参与地膜相关污染物的环境转化，但群落组成、功能预测或潜在降解菌富集，均不能单独证明PE主链已充分矿化。

草案5.4的菌剂强化路线主要针对PLA/PBAT，与普通PE地膜的化学结构和可降解条件不同。透明圈、产酶、膜片失重、SEM表面侵蚀及FT-IR官能团变化可用于筛选或表征，若要论证矿化和净消

减，还应增加与目标材料相适应的CO2释放或碳平衡、不同粒径残留及对照验证。失重可能同时受可溶组分流失、碎片脱落和回收损失影响，不能单独作为矿化证据；PE与PLA/PBAT的验证结果应分别报告。

3.2.6 监测标准为验证数据的可比性提供基础

已发布的T/SSSC 016-2025包含总则、拉曼法和红外法，其中两种仪器方法的适用粒径范围分别为0.001~5 mm和0.005~5 mm[9]。ISO 24187:2023提供环境微塑料分析的通用原则，并不规定本地监测网络的点位数量[10]。GB 13735-2017及GB/T 25413-2010分别用于地膜产品和农田残膜相关评价，其官方平台状态为现行[11-12]。这些文件可支持检测与产品管理，但不直接证明草案所设区域风险阈值或消减目标已通过验证。

土壤微塑料应统一按干土质量报告，并注明经验证的实际粒径下限、聚合物鉴定方法和分析比例。不得将滤膜孔径视为整套方法的实际检出粒径下限；采用2 mm筛时，应保留并处理2~5 mm范围内的疑似塑料，避免漏计。验证前后宜使用同一实验室与方法；更换仪器或方法时应进行平行比对。PE检出本身不足以唯一判定来源，应结合覆膜历史、膜材特征、其他输入调查和背景对照解释。

3.3 验证设计和主要指标的评价方法

3.3.1 现场试验和监测的基本要求

现场验证宜在相同土壤与作物条件下，以当地现行合规常规覆膜方式为对照，明确试验年限、地块面积、处理设置、独立重复及水肥管理。为单独识别某项措施的作用，应控制其他管理因素；评价整套模式时，应完整记录不同管理及其成本。新设比较试验宜采用随机区组设计，每处理不少于3个独立重复，并结合地块异质性和目标差异确定样本量。既有试验按真实设计报告，不将土样平行或同一样品多次测定计为田间重复。

监测应有实施前基线和同期对照，并在各年度一致的农时阶段复测。常规监测按草案0~15 cm、15~30 cm分层进行；0~20 cm专项试验结果应单列，不与0~30 cm结果直接拼接。采用五点混合采样时，应记录地块面积、五点布局、单点采样量、混合和缩分方式。合并两层丰度应按各层干土质量加权；容重发生变化时，宜同时分析单位面积库存，避免将土壤质量差异误判为污染增减。

实验室应设置全程序空白、平行样及具有代表性粒径和聚合物的加标回收试验。T/SSSC 016-2025要求每批不少于3个全程序空白，其红外法部分规定至少10%平行样及相应差异控制[9]。本项目还应通过方法验证确定空白处理、谱图判定、回收率及检出能力的接受条件，保存原始谱图和计数记录；未通过质量控制的数据应查明原因并重新处理，不据此计算达标率。

3.3.2 区分投入减量 累积增量减少和存量下降

地膜投入按单位面积、完整使用周期的年均净膜投入质量核算，包括首年铺膜及后续补膜。地膜投入强度消减率可按式（3-1）计算。地膜厚度、覆盖比例或使用年限不同的处理，应先折算为同一质量和时间基准。

$R_{投入}=[1-M_{技术}/M_{对照}]\times100\%$　　（3-1）

式中，M为评价周期内新增地膜总质量除以该周期年数，单位为kg/(ha·年)。若对照为不覆膜，不能以该式计算相对消减率，应报告绝对投入差。

微塑料年均增量分别由技术区和对照区的期末、期初丰度差除以相同观察年数T计算；当对照增量为正时，再计算增量消减率：

$k_{技术}=(C_{技术,末}-C_{技术,初})/T$；

$k_{对照}=(C_{对照,末}-C_{对照,初})/T$

$R_{增量}=[(k_{对照}-k_{技术})/k_{对照}]\times100\%$　　（3-2）

式中，C为在同一粒径范围和干土基准下测得的丰度，单位为个/kg；k的单位为个/(kg·年)。对照增量小于或等于零时，不计算相对增量消减率，应报告两区净变化与差值；对照增量接近方法不确定度时，应同时说明比值不稳定性。技术区期末丰度仍高于期初时，可表述为累积减缓，不能表述为历史存量已经消除。粒径大于5 mm残膜的年均累积速率，按相同基线与对照原则另行计算，并明确与微塑料的粒径分界。

回收率应以去除土壤、根茬等杂质后的净干膜质量核算，并明确“田间应回收质量”的调查或估算方法。回收当季膜与清理历史残膜应分开记账；村级年度交回量与同期购膜量之比可作为管理统计指标，但不能直接替代单次田间作业回收率。地膜投入、残膜回收和土壤微塑料监测三类结果应相互印证，不能互相代替。

3.3.3 保墒 稳产和生态效果的判定

保墒验证应在技术区与对照区同时进行，限定无有效降水、无灌溉等共同条件，保持监测土层、起止时刻和含水量类型一致。若以土壤含水量θ的下降表征，平均下降速率可写为v=(θ初-θ末)/Δt；采用多时点序列时，宜用同一规则估计下降趋势。对照下降速率小于或等于零时，不宜计算“技术区不高于对照1.2倍”的比值，应改报绝对变化及水分过程。

产量比较应按独立小区统计，统一实际收获面积和籽粒含水率或干物质基准，并报告处理均值、变异及相对对照的差异和置信区间。若拟证明正常年型减产不超过5%或极端年型减产不超过10%，需事先明确非劣效界值及相应检验；普通显著性检验中p＞0.05不足以证明等效或非劣效。仅在所观测的年型和作物范围内作出结论，不以一般年份结果替代极端年份验证。

土壤结构、微生物生物量和多功能性可作为生态协同效果指标。大团聚体比例提高10%应明确为相对提高10%或提高10个百分点，微生物生物量应明确C、N及测定方法。草案综合生态风险指数的权重、标准化边界和方向，应在固定参照框架下确定并验证；不同处理或年度不能分别缩放后直接计算风险消减率。该类综合指数作为辅助评价时，不应替代原始污染指标和明确的生态终点。

3.4 草案关键技术参数的验证结论与适用范围

草案的操作参数、过程控制要求与结果目标具有不同证据要求。膜厚与完整性方向已有研究支持；具体续用阈值、微塑料增量目标和生态风险阈值，仍需由专项验证或明确引用的依据予以支撑。表3-1列明各类参数的论证范围，供编制说明与标准送审稿保持一致。

表 3-1 主要参数及其验证要求

条款	拟定参数或目标	现有论据及判定	专项验证重点
5.1、5.3	地膜厚度≥0.015 mm；拉伸力≥3.6 N	膜厚对完整性的影响有田间证据[2—3]；具体力学限值须对应试验条件。	核对产品标准、试条尺寸、方向、状态调节及使用前后测定；不能仅凭厚度判定可回收性。
5.1、5.5	续用 2～3 年；有效覆盖度和完好率≥80%	续用具有农艺基础[4、8]；80%为草案拟定的过程判据。	分季记录覆盖与破损；说明两个比例的分母；核实裂口和漏水点终止阈值及提前退出情况。
5.1、5.5	地膜回收率≥90%；滴灌带宜≥95%	属于拟定作业质量要求，不能由膜片破损率推得。	净干膜、应回收基准质量、含杂率及历史残膜分项记录；保留称量和交接凭证。
5.2	秸秆 4500～7500 kg/ha 干基；尾菜 20～30 t/ha 鲜重	浅混有机覆盖有研究依据[1、5]；两类原料及参数应分别验证。	原料含水率、洁净度、浅混深度、土壤覆盖的测定方法、苗情、水分及产量。

条款	拟定参数或目标	现有论据及判定	专项验证重点
5.3	膜侧种植覆盖度 45%～65%；产量≥对照 90%	减量覆膜的方向有研究支持[4]；范围和产量界值为拟定要求。	实际膜厚、购膜质量、覆盖比例、作物密度、对照方式及减产风险；独立核算投入。
5.5.1	微塑料年均增量减少≥30%；残膜年均累积速率降低≥50%	属于效果目标，不能由购膜减量比例或短期失重代替。	实施前基线、同期对照、固定粒径和采样土层，按式（3-2）及不确定度评价。
5.5.2	保墒下降速率≤对照 1.2 倍；产量及 3～5 年土壤改善目标	属于配套结果目标；须与 5.2 及表 1 中的产量要求统一。	共同无补水条件、固定检测时段；年型判定；产量区间估计；土壤指标变化的计算基准。
4.3、附录 B	250、800、2500、8000 个/kg 等分级边界	【红色核实：拟定管理分级，尚不能作为通用生态安全阈值。】	统一正文与附录的四级/五级、名称及无重叠区间；补充区域分布和生态响应的验证。
5.4 、5.5.1	菌剂强化矿化；综合生态风险消减宜≥30%	【红色核实：矿化证据、菌剂适用性及指数权重依据应单独核实。】	区分 PE 与 PLA/PBAT；验证矿化、细粒径残留、菌剂安全及稳定性；补齐固定标准化和权重依据。

上述参数在送审时应与征求意见处理结果一致。尤其是草案正文与附录的风险等级及边界重叠问题，应先统一再验证；土壤微塑料丰度不得直接套用未统一的阈值形成“安全”“超标”或法定治理结论。草案规定的0.015 mm技术选膜要求与产品合规要求应分别表述，不将0.012 mm未经核实地解释为全国统一法定界限。

3.5 技术经济论证

3.5.1 核算对象和成本边界

经济论证以1公顷农田、一个完整技术周期为基本核算单元。一膜多年用至少覆盖购膜、连续使用和终期回收全过程；生物质替代与常规覆膜按相同作物、评价年限和产品计价口径比较。成本包括材料采购与运输、整地铺膜或粉碎浅混、人工、补膜维修、灌溉施肥、滴灌系统折旧与维护、回收清运和规范处置。共用设备按合理使用年限及作业面积分摊，终期处置不能因在评价末年发生而遗漏。

秸秆和尾菜即使来自本地，也应计入收集、分选、运输、粉碎、预处理及机会成本；已有还田作业与新增加的浅混作业应分清，防止重复计费。农户直接经营收益与公共监测、技术服务、集中回收设施等推广成本分别列示。补贴可进入农户现金收益口径，但评价社会净效益时不应将内部转移支付再次计作新增收益。微塑料监测费用宜区分研究验证支出与常态监测支出，避免把科研密集采样成本直接外推为所有农户的年度成本。

3.5.2 年均投入质量的可复核测算

在膜材密度、名义厚度和覆盖面积已知时，单位面积单次理论铺膜质量可按式（3-3）估算。实际核算优先采用购膜和补膜净质量台账，理论值用于检查数量级。

$$M=10000\times\rho\times\delta\times f \qquad (3\text{-}3)$$

式中，M为kg/ha；ρ为膜材密度，单位g/cm³；δ为膜厚，单位mm；f为覆膜面积占地块面积的比例。公式未计搭接、埋边和损耗等额外用膜，实际发生量应另计。若评价周期为n年，首年膜量为M初，各年补膜总量为M补，则年均投入为(M初＋M补)/n。

表3-2给出仅用于核算方法的情景测算：设膜材密度为0.92 g/cm³，覆盖比例为60%，基准为0.010 mm地膜每年更换；技术为0.015 mm地膜成功连续使用2年或3年，期间无补膜，且覆盖面积不变。0.92 g/cm³是本情景假设，实际应使用产品数据；0.010 mm仅为草案所列的比较基准，实际对照还应符合实施地区现行要求。表中结果不代表项目实测用膜量或微塑料消减率。

表 3-2 不同使用周期下地膜年均投入的情景测算

情景	单次铺膜量 kg/ha	使用年数	年均投入 kg/(ha·年)	较基准减少
0.010 mm 每年更换	55.2	1	55.2	基准
0.015 mm 连续用 2 年	82.8	2	41.4	25.0%
0.015 mm 连续用 3 年	82.8	3	27.6	50.0%

测算表明，加厚50%的地膜续用两年时，年均投入减少25%，不能直接声称达到草案“30%～60%”目标；成功续用三年时理论减少50%。发生补膜、减少覆盖面积或提前更换后，应逐项重算。若仅比较相同覆盖面积的一次铺膜，加厚膜的质量投入反而较高。因此，本标准宜按具体技术路线及实际周期判定减量，不能把所有一膜多年用地块统一计入同一目标档位。

在同一膜材、相同单位质量价格P元/kg的假设下，上述两年、三年情景仅购膜费的年均节约分别为13.8P和27.6P元/(ha·年)。该表达式不包含铺膜次数减少、维修、滴灌带及回收成本变化；这些项目应在完整成本表中另算。对不同厚度产品，应分别采用真实采购单价。

3.5.3 净收益和盈亏平衡

经营净收益可按“作物销售收入+合法残膜资源化净收入－全部生产与回收处置成本”计算，再比较技术与对照在相同周期内的年均值。采用技术相对对照的年均净收益变化可写为：

$$\Delta B = P_{粮} \times (Y_{技术} - Y_{对照}) + \Delta V_{回收} + (C_{对照} - C_{技术}) \quad （3\text{-}4）$$

式中，$P_{粮}$为统一计价的产品价格，Y为年均单位面积商品产量，$\Delta V_{回收}$为残膜资源化净收入差，C为年均成本。副产品具有真实收入时可另列；回收销售收入不得同时作为成本扣减项重复入账。粮价、膜价和人工费采用同一地区、同一价格年度的实际成交或可核实报价。

若技术区产量下降，只有成本节约与资源化净收入增量之和足以抵消销售收入损失时，直接经营净收益才不降低。允许减产的经济上限为$\Delta Y_{允许} = [C_{对照} - C_{技术} + \Delta V_{回收}]/P_{粮}$，且仅在分子为正时有意义。产量达到常规覆膜的90%不意味着必然获利，特别是在粮价较高、原料运输距离较长或机械维修频繁时，应单独检验盈亏平衡。

一膜多年用的主要经济来源是减少重复购膜、铺膜和部分耕作作业；生物质替代的经济来源是减少地膜采购与相应回收负担，但新增原料处理和运输可能抵消节约；膜侧种植的经济结果取决于实际用膜质量、机具适配及产量。末端菌剂路线还应计入发酵、制剂、储运、施用和效果检测成本，其成本效益须单独验证，不能按成熟减量技术的收益直接估计。

3.5.4 敏感性和推广条件

经济分析至少应考察连续使用年限、产量变化、膜价、人工费、补膜维修及生物质运输距离。宜分别列示成功续用、发生补膜及提前终止三种工况，并进行正常年型与不利年型分析。膜体未能满足续用条件时及时回收，其成本与减量效果应按真实周期重算，不因追求账面经济性而延长已失效膜体的田间滞留。

从现有研究看，重复铺膜与耕作费用的降低能够提供经济空间[8]，但推广结论应落实到具体作物和服务半径。较大规模、机具适配且回收渠道稳定的地块，可重点验证加厚膜续用和机械回收；邻近洁净生物质来源的区域，可重点验证浅混替代。跨区域推广前应重新核算水肥条件、保温需求、收获扰动和物料供应，不以单点利润率代替区域经济论证。

3.6 预期经济和环境效果

在满足续用和稳产条件、并经过全周期核算的地块，一膜多年用预期可通过降低重复购膜和作业频次减少年均成本；就表3-2的限定情景而言，每公顷每年可分别少投入新膜13.8 kg或27.6 kg，经济值按实际膜价与其他成本变化计算。完全采用生物质替代时，可避免该地块对应周期新增PE地膜采购，但其净收益取决于原料和浅混成本。实际示范面积、年均增收额与总效益，应以经核验的项目台账汇总。

环境效果主要体现在减少新膜投入、减少过度破碎、提高规范回收水平，并降低土壤塑料污染的持续累积压力。微塑料年均增量减少30%以上、残膜累积速率降低50%以上、土壤结构和微生物生物量改善等，为草案拟定的评价目标，应分别经同口径监测确认后报告达成情况。地膜采购减少量、回收量和土壤微塑料变化不得相加计为同一“污染消减量”；缺少生命周期清单和排放因子时，也不换算碳减排量。

综合已有证据，加厚易回收地膜、减少覆盖面积、适条件续用及生物质浅混替代具有可论证的技术基础，适合按区域条件开展组合验证；具体消减比例和收益依赖完整周期记录。PLA/PBAT菌剂强化处理应以材料特异性、矿化及田间有效性证据确定应用范围。标准实施效果宜以实测生产和环境指标、可复核成本及规范处置记录共同评价。

3.7 项目专项验证结果及经济数据归档

项目专项验证资料应与本节文献综述建立对应关系，按技术路线、实施地点和年份归档，并保留原始数据、统计结果、检测质控和成本凭证。送审或结项时，以下字段应填写经核验的项目实际信息；独立文献研究的地点、年份和成效不得填入项目示范统计。

3.8 主要参考文献和技术资料

[1] Zhao Z Y, Wang P Y, Xiong X B, et al. Environmental risk of multi-year polythene film mulching and its green solution in arid irrigation region[J]. Journal of Hazardous Materials, 2022, 435: 128981. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.128981.

[2] Xiong X B, Zhao Z Y, Wang P Y, et al. Aging rate, environmental risk and production efficiency of the low-density polyethylene (LDPE) films with contrasting thickness in irrigated region[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2023, 264: 115399. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.115399.

[3] Xiong X B, Zhao Z Y, Wang P Y, et al. In situ degradation of low-density polyethylene film in irrigation

maize field: Thickness-dependent effect[J]. Science of the Total Environment, 2023, 858: 159999. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159999.

[4] Ren A T, Li J Y, Zhao L, et al. Reduced plastic film mulching under zero tillage boosts water use efficiency and soil health in semiarid rainfed maize field[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2023, 190: 106851. DOI: 10.1016/j.resconrec.2022.106851.

[5] Zhao Z Y, Wang P Y, Xiong X B, et al. Can shallow-incorporated organic mulching replace plastic film mulching for irrigated maize production systems in arid environments?[J]. Field Crops Research, 2023, 297: 108931. DOI: 10.1016/j.fcr.2023.108931.

[6] Wang P Y, Zhao Z Y, Xiong X B, et al. Microplastics affect soil bacterial community assembly more by their shapes rather than the concentrations[J]. Water Research, 2023, 245: 120581. DOI: 10.1016/j.watres.2023.120581.

[7] Zhao Z Y, Wang P Y, Xiong X B, et al. Plant biomass mediates the decomposition of polythene film-sourced pollutants in soil through plastisphere bacteria island effect[J]. Environment International, 2023, 178: 108114. DOI: 10.1016/j.envint.2023.108114.

[8] Chen B Q, Yan C R, Garré S, Mei X R, Liu E K. Effects of a ‘one film for 2 years’ system on the grain yield, water use efficiency and cost-benefit balance in dryland spring maize (Zea mays L.) on the Loess Plateau, China[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2018, 64(7): 939–952. DOI: 10.1080/03650340.2017.1393530.

[9] 中国土壤学会. 土壤环境微塑料监测技术规范/标准—激光显微拉曼光谱/傅里叶变换红外光谱-光学显微镜法: T/SSSC 016—2025[S]. 2025.

[10] ISO. Principles for the analysis of microplastics present in the environment: ISO 24187:2023[S]. 2023.

[11] 聚乙烯吹塑农用地面覆盖薄膜: GB 13735—2017[S]. 2017.

[12] 农田地膜残留量限值及测定: GB/T 25413—2010[S]. 2010.

四、标准涉及的相关知识产权说明

经起草组检索（数据库：国家知识产权局专利检索及分析系统、WIPO PATENTSCOPE等；关键词覆盖“地膜源微塑料”、“一膜多年用”、“加厚易回收地膜”、“秸秆/尾菜浅混”、“膜侧种植”、“PLA/PBAT降解菌剂、”“土壤微塑料风险评估”等；检索日期：2026年10月23日可按需要提前日期），并经全部起草单位书面确认（可按需删减），截至检索日，未发现本文件技术条款的实施必须使用某一项标准必要专利。各起草单位未将专利技术作为本文件实施所必不可少的技术特征纳入。

本文件重点核查了以下条款：5.1“一膜多年用”、5.2“秸秆与尾菜浅混土填埋替代”、5.3“膜侧种植”、5.4“末端生物修复技术”及5.5“效果评价指标与公式”。上述条款规定的是技术路径、作业流程、参数范围和评价方法，未指向特定专利产品、专利设备或专利菌株。其中，5.4规定的微生物菌剂技术限定于菌株筛选与活化、产酶能力测定、菌群构建、菌剂制备及降解效果评估的通用方法，未指定特定专利菌株，不涉及生物材料保藏。

本文件未使用特定商品品牌、商标或厂商专有名称；PLA/PBAT、FT-IR、μ-Raman、LB培养基等为材料、技术或培养基通用名称，不涉及商标许可。本文件附录A、附录B、附录C中的监测点位表、风险分级表、回收台账格式，以及5.5中的生态风险指数公式（1）（2），由起草组原创或改编；引用参考文献[1]-[10]及“国家重点研发计划项目区域农田地膜残留与土壤微塑料污染现状调查成果”仅作为技术依据，未复制受著作权保护的图表、照片或数据，相关使用已确认在授权或正常使用范围内。标准文本著作权归属及使用按中国土壤学会团体标准相关规定执行。

本文件前言中“请注意本文件的某些内容可能涉及专利……”为标准化文件通用提示，不表示本文件实际涉及专利。

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；

5.1 采用国际标准的程度

5.1.1 检索与比对情况。

起草组围绕”微塑料”“地膜”“土壤”“监测方法”“风险”等主题词，对国际标准化组织（ISO）、欧洲标准化委员会（CEN）及主要国家标准化机构的标准文献进行了检索。检索结果显示，目前国际上与本文件内容直接相关的文件主要有两类。一类是ISO 24187:2023《环境中微塑料分析原则》（Principles for the analysis of microplastics present in the environment），该文件于2023年9月首次发布，由ISO/TC 61（塑料）下属SC 14（塑料的环境方面）相关工作组制定，定位为环境介质中微塑料分析的原则性、框架性文件，正文按总则、各分析步骤的通用要求、检测方法的选择、水体采样、陆地及半陆地与水下土壤采样等条次编排，其中第8章专门就土壤（含陆地土壤、半陆地土壤和水下土壤）采样提出原则性要求。另一类是CEN ISO/TR 21960:2020《塑料 环境方面 知识现状与方法》，属技术报告性质，主要统一了纳米塑料、微塑料等术语，其中微塑料按1 μm～1 000 μm的粒径区间界定。此外，ISO 17556:2019《塑料 土壤中塑料材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定密闭呼吸计中需氧量或测定释放二氧化碳量的方法》规定了塑料材料在土壤中生物分解能力的测定方法，与我国GB/T 22047—2008的技术路线一致，可作为本文件降解效果评价的方法参照。

5.1.2 判定结论。

本文件的规范对象是西北旱区农田地膜源微塑料的监测筛查、风险分级、防控技术与监管制度的一体化技术路径。上述国际文件均不涉及本文件的适用对象：ISO 24187:2023仅就分析原则作出规定，不含风险分级阈值、防控技术路径和配套管理制度；CEN ISO/TR 21960:2020是术语与知识现状的技术报告，不具有技术要求的属性。据此判定：本文件为自

主制定，未采用国际标准或国外先进标准作为主体技术内容，不属于GB/T 20000.2—2009《标准化工作指南 第2部分：采用国际标准》所界定的等同采用（IDT）、修改采用（MOD）或非等效采用（NEQ）情形，故未在封面及前言中标注一致性程度代号，仅在分析方法环节借鉴并引用了ISO 24187:2023的原则性要求。引用与采用性质不同，前者仅指将国际文件作为本文件的规范性依据使用，不构成对国际标准的转化。

5.1.3 与国际文件的技术接口及处理。

一是术语口径。本文件将地膜源微塑料界定为最大粒径小于5 mm，与T/SSSC 016—2025《土壤环境微塑料监测技术规范/标准—激光显微拉曼光谱/傅里叶变换红外光谱-光学显微镜法》规定的0.001 mm～5 mm测定粒径范围相衔接；与CEN ISO/TR 21960:2020采用的1 μm～1 000 μm口径存在差异。此差异系因农田地膜破碎产物以薄膜状、碎片状为主，上限取5 mm便于与粒径大于5 mm的残膜相区分，亦与国内现行方法标准保持一致。为便于数据比较，本文件4.2.3要求检测结果记录检出粒径下限，4.4规定不同方法所得丰度数据应说明方法差异、避免直接作绝对值横向比较。二是采样与质控原则。本文件关于全程避免塑料器具接触、设置程序空白与试剂空白及平行样、必要时开展加标回收试验等要求，与ISO 24187:2023对采样和全部分析步骤的通用要求方向一致。三是降解效果评价。本文件对降解菌剂的评价采用失重率、扫描电镜形貌观察与红外官能团变化三类指标，与ISO 17556:2019通过矿化率表征生物分解程度的思路目的不同，二者可相互印证，不构成替代关系。

5.2 与国际同类文件的技术水平比较

5.2.1 覆盖环节的完整性。

现有国际文件集中于“分析测定”单一环节，且多限于原则性规定。本文件将监测筛查、风险分级、技术措施、效果评价、监管制度与档案台账纳入同一技术体系，形成“筛—评—管—控”闭环，并配套县级长期监测点、乡镇加密监测点、村级地块监测点与背景对照点的

三级网格布点方案，以及残膜回收处置台账等可执行载体。经检索，国际上尚未见针对农田地膜源微塑料全过程防控的同类技术文件。

5.2.2 区域适配性。

国际文件均为通用性文件，不含气候、土壤与耕作制度的分区要求。本文件依据西北旱区内部差异，划分黄土丘陵旱作区、绿洲灌溉农业区、风沙旱滩区三类区域，分别配置技术组合与主推作物，并将风蚀强度、灌溉水输入、连作年限等区域特征纳入监测加密与风险评估的判定因素，区域针对性明显强于现有国际文件。

5.2.3 指标的可考核性。

本文件设定了地膜源微塑料丰度年均增量消减率不低于30%、聚乙烯地膜投入强度年均消减30%～60%、粒径大于5 mm残膜年均累积速率降低50%以上、微塑料生态风险消减率不低于30%等量化目标，并给出生态风险消减率与生态风险指数的计算式，可供第三方评估与考核使用。国际文件未设置此类可考核指标。

5.2.4 水平的客观定位。

综合判断，本文件在农田地膜源微塑料全过程防控的技术系统性和区域适配性方面处于国内先进水平，填补了西北旱区该领域的技术文件空白；在检测方法层面与现行团体标准、行业标准及国际标准的原则要求保持一致，但不宜表述为“国际领先”。需说明的是，我国尚未建立土壤微塑料的环境质量标准或风险管控标准，本文件附录B的风险分级阈值系依据项目区域调查数据和国内外文献综合确定，属技术指导性阈值，不具强制效力，其科学性有待随监测数据积累进一步验证并适时修订。

5.3 与现行有关法律法规的关系

5.3.1 标准制定权限与合规性。

《中华人民共和国标准化法》确立了团体标准的法律地位，规定国家鼓励社会团体协调相关市场主体共同制定满足市场和创新需要的团体标准，由本团体成员约定采用或者按照本团体的规定供社会自愿采用；同时明确国家鼓励结合国情采用国际标准。《团体标准管理规定》第十一条要求团体标准应当符合相关法律法规的要求、不得与国家有关产业政策相抵触，第十二条要求团体标准的技术要求不得低于强制性标准的相关技术要求，第十三条鼓励制定高于推荐性标准相关技术要求、具有国际领先水平的团体标准，第十九条要求社会团体自我声明其公开的团体标准符合法律法规和强制性标准的要求。本文件由中国土壤学会提出并归口，制定程序、编写规则与封面格式符合上述规定，技术要求不低于强制性标准，符合团体标准的制定要求。

5.3.2 与土壤污染防治法律制度的关系。

《中华人民共和国土壤污染防治法》确立预防为主、保护优先、分类管理、风险管控、污染担责、公众参与的原则，明确土壤污染风险管控标准是强制性标准，并规定国家实行土壤环境监测制度。本文件以源头控量、替代减量、减碎控残、规范处置为主线，以分级风险评估和网格化监测为手段，是对上述原则性规定在农田地膜源微塑料领域的技术化落实；本文件不设定新的土壤污染判定标准，不改变现行农用地土壤污染风险管控标准的适用。

5.3.3 与农业废弃物污染防治法律制度的关系。

《中华人民共和国环境保护法》第四十九条要求各级人民政府及其农业等有关部门和机构指导农业生产经营者科学种植和养殖，科学施用农药、化肥等农业投入品，科学处置农用薄膜、农作物秸秆等农业废弃物，防止农业面源污染。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订）将农业固体废物纳入调整范围，明确产生秸秆、废弃农用薄膜、农药包装废弃物等农业固体废物的单位和其他生产经营者应当采取回收利用和其他防止污染环境的措施。本文件关于残膜回收率不低于90%、滴灌带回收率宜达95%以上、禁止露天

焚烧和就地填埋等要求，与上述规定方向一致，并将其转化为可核查的作业指标与台账记录要求。

5.3.4 与农用薄膜专门管理制度的关系。

《农用薄膜管理办法》（农业农村部、工业和信息化部、生态环境部、市场监管总局2020年第4号令，自2020年9月1日起施行）第六条规定禁止生产、销售、使用国家明令禁止或者不符合强制性国家标准的农用薄膜，鼓励和支持生产、使用全生物降解农用薄膜；第十二条规定使用者应当按照产品标签标注的期限使用农用薄膜，农业生产企业、农民专业合作社等应当建立使用记录；第十三条要求农业农村主管部门开展农用薄膜适宜性覆盖评价，鼓励覆盖替代技术和产品的研发与示范推广；第十五条规定使用者应当在使用期限到期前捡拾田间的非全生物降解农用薄膜废弃物，交至回收网点或回收工作者，不得随意弃置、掩埋或者焚烧；第二十一条建立农用薄膜残留监测制度。本文件的地膜准入要求、绿色替代技术、回收处置要求、残留监测布点与档案记录管理，分别与上述条款对应，属该办法的技术支撑性文件。

5.3.5 与国家政策文件的衔接。

《”十四五”塑料污染治理行动方案》（发改环资〔2021〕1298号）提出到2025年农膜回收率达到85%、全国地膜残留量实现零增长，并明确禁止生产厚度小于0.01毫米的聚乙烯农用地膜；《农业农村污染治理攻坚战行动方案（2021—2025年）》（环土壤〔2022〕8号）将农膜回收利用列为重点领域，明确农膜回收率达到85%的行动目标；《新污染物治理行动方案》（国办发〔2022〕15号）确立遵循全生命周期环境风险管理理念、实施源头禁限与过程减排及末端治理的全过程环境风险管控思路。本文件设定的聚乙烯地膜投入强度消减率、残膜累积速率消减率等指标，与上述政策目标同向衔接，可作为地方落实相关政策的技术工具。

5.3.6 法律边界的说明。

本文件属自愿采用的团体标准，其监管环节条款为推荐性管理措施与技术建议，不创设行政许可、行政处罚、行政强制等事项，不替代法律、法规规定的监督管理职责；涉及残膜回收押金、绩效考核、联合执法等内容，需由地方人民政府及其有关部门依据现行法律法规和政策另行组织实施。本文件与现行法律、行政法规、部门规章及国家有关产业政策不存在抵触。

5.4 与强制性标准的关系

5.4.1 与 GB 13735—2017 的关系。

GB 13735—2017《聚乙烯吹塑农用地面覆盖薄膜》为强制性国家标准，2017年10月14日发布、2018年5月1日实施，现行有效，已列入修订计划；该标准规定地膜厚度不得小于0.010 mm，并对拉伸性能、耐候性能等作出强制要求。本文件将加厚易回收地膜的厚度要求定为不小于0.015 mm，高于强制性国家标准的最低厚度规定，符合《团体标准管理规定》第十三条鼓励制定高于推荐性标准相关技术要求的导向，不构成对强制性标准的突破或降低。凡涉及地膜产品质量合格与否的判定，一律以GB 13735—2017为依据，本文件不另设判定规则；文件中的拉伸力指标应与该标准相应厚度等级的拉伸负荷规定建立明确对应关系，避免出现无法据以判定的表述。

需说明的是，草案5.7.1中“严禁生产、销售、使用厚度＜0.012 mm非标超薄地膜”的表述，与强制性国家标准设定的0.010 mm最低厚度要求不相协调，易将符合强制性国家标准的产品误称为“非标”产品。宜按GB 13735—2017和《农用薄膜管理办法》第六条的表述修改为“禁止生产、销售、使用不符合强制性国家标准的地膜”，并将0.012 mm作为加厚高强度地膜的推广引导值单独表述，其性质不同于强制性国家标准规定的最低厚度要求。上述修改拟在报批稿中完成。

5.4.2 与土壤、水、肥料领域强制性标准的关系。

《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618—2018）、《农田灌溉水质标准》（GB 5084—2021）、《肥料中有毒有害物质的限量要求》（GB 38400—2019）均为强制性标准，前者规定农用地土壤污染的风险筛选值与管制值，后两者分别规定灌溉水质和肥料中有毒有害物质的限值，目前均未设置微塑料控制指标。本文件不涉及上述标准管控项目的限值调整，其风险评估以微塑料丰度、残膜残留量、土壤结构与生物学指标为表征，与上述标准管控的重金属、有机物等项目并行不悖；当监测数据表明相关强制性标准管控项目超标时，应按相应标准及法律法规规定处理，本文件的风险分级不替代、不优先于强制性标准的判定结论。其中，GB 5084—2021已由国家生态环境主管部门批准为国家环境质量标准并具有强制执行效力，自2021年7月1日起实施。

5.4.3 总体结论。

本文件的技术要求未低于现行强制性标准的相关技术要求，不存在与强制性标准相抵触的内容；本文件不替代强制性标准的执行，引用强制性标准时以其现行有效版本的规定为准。

5.5 与相关推荐性标准、行业标准、团体标准的衔接

5.5.1 监测方法标准。

本文件4.2.3规定微塑料检测方法宜参照T/SSSC 016—2025执行。该标准于2025年6月16日发布并实施，含总则、显微拉曼成像光谱法、傅里叶变换红外光谱-光学显微镜法三个部分，测定粒径范围为0.001 mm～5 mm，与本文件术语口径一致，可保证不同区域、不同年度监测数据的可比性。另需注意，GH/T 1378—2022《农田地膜源微塑料残留量的测定》于2022年11月24日发布、2023年1月1日实施，适用于农田土壤中轮廓尺寸0.5 mm～5.0 mm地膜源微塑料残留量的测定，以浓度表示时测定下限为1.00 mg/kg，适用于聚乙烯类地膜源微塑

料，不适用于生物降解农用地膜源微塑料。该标准的适用对象与本文件“地膜源微塑料”的定义高度对应，宜在规范性引用文件中补充列为残留量测定的方法依据，并在正文中明确其与T/SSSC 016—2025在测定对象和结果表达上的分工。

5.5.2 残膜测定与限值标准。

GB/T 25413—2010《农田地膜残留量限值及测定》为现行推荐性国家标准，其第4章规定待播农田耕作层内地膜残留量限值应不大于75.0 kg/hm2，该标准已于2025年8月6日复审，复审结论为修订，修订计划（计划号20254092-T-604）正在审查。本文件的残膜残留量测定应执行该标准规定的方法，风险分级阈值则为本文件自行设定。草案附录B表B.1将“GB/T 25413—2010”标注于I级“残膜残留量＜10 kg/ha”一栏，易被误读为该标准规定了10 kg/ha的限值，与该标准75.0 kg/hm²的规定不符。拟在报批稿中改为以表注形式说明“残膜残留量的测定按GB/T 25413—2010执行，表中所列分级阈值为本文件依据区域调查数据确定，非该标准规定的限值”。

5.5.3 地膜产品标准。

全生物降解地膜的产品要求现行依据为GB/T 35795—2017《全生物降解农用地面覆盖薄膜》。市场监管总局（国家标准委）已于2026年9月修订发布GB/T 35795—2026，自2027年4月1日起实施。本文件涉及全生物降解地膜的条款宜采用不注日期引用方式，以适应标准修订；在GB/T 35795—2026实施前的过渡期内，仍按GB/T 35795—2017执行，并注意新版标准以产品有效使用寿命作为分类依据、强化了生物降解性能标识与高度关注物质限量等要求。

5.5.4 农艺与投入品标准。

本文件引用的GB/T 8321（所有部分）《农药合理使用准则》、NY/T 496《肥料合理使用准则 通则》、NY/T 525《有机肥料》、NY/T 1276《农药安全使用规范 总则》、GB/T 33469

《耕地质量等级》、GB/T 50485《微灌工程技术标准》以及GB/T 1040.1、GB/T 1040.3、GB/T 6672等试验方法标准，均与本文件的技术措施直接相关，引用关系成立。其中NY/T 525已修订为NY/T 525—2021，宜注明版本或采用不注日期引用，并在实施中跟踪其更新。

5.5.5 与国家生态环境标准制定进展的衔接。

生态环境部已立项制定国家生态环境标准《土壤 微塑料的测定 傅立叶变换显微红外光谱法》（项目统一编号2025-6，由中国环境监测总站等单位承担），目前处于征求意见阶段。该标准发布实施后，本文件4.2.3的方法性要求宜及时调整为引用该国家标准，以保证团体标准与国家标准的一致性和监测数据的法定效力。在此之前，本文件引用团体标准和行业标准的方法规定，具有现实必要性和过渡合理性。

5.5.6 关于规范性引用文件的编排。

按GB/T 1.1—2020的规定，“规范性引用文件”一章列出的应为文件中规范性引用的标准文件，法律、法规及政策性文件不属于标准文件，不宜列入该章。草案第2章列入的《中华人民共和国土壤污染防治法》等法律和若干政策文件，拟调整至“参考文献”，其相关要求在正文相应条款中以注的形式说明；同时，正文4.2.3仅以“相关国际技术文件”概括表述，未明确引用ISO 24187:2023，与该文件列于第2章的情形不相匹配，拟在正文中明确引用条次，或将其移入参考文献。T/SSSC 016—2025应按其发布名称完整列出，即《土壤环境微塑料监测技术规范/标准—激光显微拉曼光谱/傅里叶变换红外光谱-光学显微镜法》。此外，草案4.3.2将风险划分为I级至IV级，附录B表B.1、表B.2划分为I级至V级，两者在等级数量与丰度分界上尚不一致，影响分级判定的可执行性，拟在报批稿中统一为五级划分并与综合打分表对应。

5.6 结论

经检索比对，国际上尚无与本文件适用对象相对应的标准文件，本文件为自主制定，未采用国际标准；其分析方法要求与ISO 24187:2023的原则性规定及国内现行方法标准相衔

接，在农田地膜源微塑料全过程防控的技术系统性和区域适配性方面具有创新性，总体达到国内先进水平。本文件符合《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》关于团体标准制定权限、程序和技术水平的要求，与《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《农用薄膜管理办法》等法律法规的规定相一致，技术要求不低于GB 13735—2017等强制性标准的相关规定，与现行推荐性国家标准、行业标准和团体标准在引用关系和内容分工上基本清晰，不存在与现行法律法规和强制性标准相抵触的情形。上述需要衔接的技术事项，将在征求意见处理和报批稿编制中一并落实。

六、重大意见分歧的处理经过和依据

根据《征求意见汇总表》，本标准共汇总兰州大学、西北农林科技大学、石河子大学、宁夏大学、甘肃省地质矿产勘查开发局测绘勘查院、甘肃省科学院生物所、山西农业大学、张掖市农业科学研究院和酒泉市农业技术推广服务中心等12家单位提出的109条意见。意见主要涉及标准适用范围与技术对象、监测方法及质量控制、风险分级与评价方法、防控技术指标、成果验证以及标准编写规范等方面。其中，多家单位共同指出正文与附录风险等级不一致、部分指标缺少计算或测定方法等问题，需要在标准修改过程中重点协调。

现有意见汇总表尚未记载逐条采纳情况和最终处理结论。对涉及技术路线、评价口径和指标依据的实质性意见，拟按照“核对原始条款、明确问题性质、核查技术依据、开展必要验证、形成处理结论”的程序组织处理。对于能够依据现有材料确认的文字、编号和条款衔接问题，拟统一校正；对于涉及阈值、统计口径和技术适用性的意见，拟结合项目研究资料、相关标准及验证结果论证后确定，不以文字调整代替技术论证。主要问题及拟处理意见如下。

6.1 关于标准适用范围与技术对象的一致性

针对标准名称表述较宽，而第1章主要面向农田土壤地膜源微塑料，以及第3.3条将地膜源微塑料限定为聚乙烯地膜来源、第5.4条又涉及PLA/PBAT降解地膜等意见，拟以本标准实际研究对象和已有验证基础为依据，协调标准名称、适用范围、术语定义及各技术路径的适用条件。

具体拟处理方式为：进一步明确本标准以西北旱区农田土壤地膜源微塑料防控为主要对象；对聚乙烯地膜减量、农业生物质替代和PLA/PBAT地膜残留生物修复分别界定材料对象及应用边界，避免将不同聚合物的处理要求和验证结果相互套用。对特色林果、牧草等在分区技术模式中出现、但未在适用范围中明确的对象，拟根据已有试验和应用资料决定是否

补充纳入；对缺少相应技术条款或验证依据的内容，拟调整为推荐性或资料性内容。上述处理主要依据是标准名称、范围、术语和技术要求应相互对应，具体技术措施应具有明确的适用对象和应用条件。

6.2 关于监测方法与结果表达口径的统一

针对采样设计、样品预处理、检测粒径范围、光谱鉴定和质量控制要求不够明确等意见，拟结合草案已引用的T/SSSC 016—2025，逐项核对检测方法的适用条件，并补充影响数据可比性的关键要求。

在采样环节，拟明确监测点数量的调整原则、采样季节、地块代表面积、五点布设方式及单点采样量。在样品处理环节，重点解决使用2 mm筛网可能遗漏2～5 mm疑似塑料的问题，明确相应粒级的保留、分离和鉴定流程；统一干燥方式、浮选液选择、滤膜孔径及光谱鉴定要求。对于空白、平行样和加标回收等质量控制指标，拟依据采用的方法标准及实验室验证结果确定接受条件，不直接增设缺乏依据的数值。

在结果表达方面，拟明确风险分级采用的计数基准、干土质量口径及检测粒径范围。“个/kg干土”、“mg/kg干土”和“个/m²”等指标反映的物理含义不同，应按监测目的分别报告，不直接共用同一分级阈值。涉及面积与质量基准转换时，应具备采样面积、土层厚度、干土质量等必要信息；颗粒数量与塑料质量之间的转换，还需有相应的测定或估算依据。对于常规监测采用0～15 cm、15～30 cm分层采样，而修复试验采用0～20 cm采样的问题，拟明确各自用途及比较条件，避免将不同土层结果直接合并或比较。

6.3 关于风险等级及评价方法的协调

兰州大学、石河子大学和甘肃省科学院生物所均指出，正文第4.3.2条采用四级风险体系，附录B采用五级风险体系，且等级名称不一致。正文III级“800～2500个/kg”与IV级“>2000

个/kg”还存在区间重叠。上述问题直接影响风险判定和管控措施选择，拟作为本次修改的重点技术问题处理。

拟首先核查各等级阈值的原始数据来源、适用区域、检测方法和生态响应依据，在此基础上统一正文与附录的等级数量、名称、边界及对应措施，明确临界值归属，保证各区间互不重叠且完整衔接。不能仅通过将IV级起点由2000调整为2500，或者直接采用附录五级体系，替代对分级依据的论证。

同时，拟明确微塑料丰度分级、附录B综合评分及第5.5.1条生态风险指数的不同用途与相互关系，区分污染筛查、综合风险评价和技术实施效果评价，避免同一对象因采用不同方法而出现无法解释的判定差异。对综合评分指标及生态风险指数，拟补充标准化方法、评分判据、权重来源和适用条件；对尚缺充分验证的评价方法，拟限定为辅助评价或资料性内容。表B.2中“2-35分”等明显疑误，拟核对原始评分设计后更正，并同步检查分值区间的连续性。

6.4 关于残膜回收率定义与统计口径的协调

针对残膜回收率分母确定方法不明确，以及将其修改为“年度回收的地膜质量占同期地膜使用总质量的百分比”的意见，拟区分田间回收作业评价与区域年度回收统计两类用途，分别明确指标名称、核算范围、统计周期和质量基准。

草案现有定义以“田间应回收地膜质量”为分母，主要反映特定地块或作业过程的回收效果；年度回收量与同期使用量之比则主要反映区域年度回收情况。两者在一膜多年用、跨年度回收和历史残膜清理等情形下并不等价，不能直接替换。拟根据实际管理需要分别规定，并补充应回收质量的测定或估算方法、回收物含杂率测定及杂质扣除要求，使回收率计算与台账记录相互对应。草案提出的回收率目标，也应在统计口径明确后核定其适用范围，避免将同一目标值直接用于不同统计指标。

6.5 关于地膜厚度及技术效果指标的适用条件

针对草案同时出现0.010 mm、0.012 mm和0.015 mm三种地膜厚度表述的问题，拟区分产品合规要求、特定技术路径的选膜要求及试验评价对照。产品合规性拟依据现行GB 13735—2017及适用的地方规定核查；一膜多年用等技术所需的加厚地膜要求，则应结合连续使用、力学性能和回收效果另行论证，不宜机械地将三个数值统一，也不宜仅依据草案中的0.012 mm界限将其他产品一概认定为“非标”。技术效果评价拟采用当地现行合规的常规覆膜方式作为对照；引用既有试验资料时，应明确其开展时间、材料规格及适用条件。

针对正常年型产量波动控制在±5%以内、极端年型及部分技术条款要求产量不低于常规覆膜的90%等表述，拟按技术路径、作物、区域和气候年型明确评价条件，并协调正文、表格及统一效果评价条款。具体指标应由验证资料支持，不简单选择更严或更宽的数值作为统一要求。

对于有效覆盖度、膜体完好率、抛撒均匀度、土壤含水量下降速率及续用终止条件等指标，拟重点补充调查范围、测定步骤、计算方法和判定条件。其中，有效覆盖度在草案中已有定义，后续应着重完善现场测定和计算方法，避免重复定义。对地膜投入减量、微塑料增量消减和土壤存量变化，也拟分别表述，防止将停止新增地膜投入理解为已有微塑料已全部消除。

6.6 关于生物修复技术成熟度及分区措施的定位

针对第5.4条包含菌株筛选、产酶检测、菌群构建和发酵工艺优化等研发内容的意见，拟区分研究验证程序与成熟技术的应用要求，依据已有成果确定其在标准中的定位。

对于具备田间验证和安全性依据的技术内容，拟重点规定适用材料、菌剂质量、施用方式、实施条件及效果评价方法；对于尚缺相应验证资料的内容，拟作为储备技术或资料性

内容处理，不直接设置为统一的达标要求。相关效果评价应明确对照设置、采样深度和评价周期，并与常规监测要求衔接。

对分区模式中提出的生物炭修复、滴灌水过滤拦截、根际生物修复等措施，拟逐项核对其与前文技术条款的对应关系。有明确应用条件和验证依据的，补充相应技术要求；尚不具备条件的，调整为推荐性措施，并说明适用限制。

6.7 关于引用文件和标准文本规范性的处理

针对项目调查成果缺少唯一识别信息、阶段性政策文件需要核查有效性等意见，拟逐项核对引用文件的正式名称、编号、版本及实际引用位置。对构成标准必要技术要求的文件，明确其引用关系；对主要用于说明研究背景、政策依据或指标来源的材料，拟移入参考文献或编制说明。尚不能唯一识别的项目成果，应补充成果名称、形成单位、时间和版本等信息。

对政府绩效考核、工作专班和专项资金等内容，拟与具体技术要求分开，调整为实施建议或资料性内容。对目录层级、术语编号、量和单位、范围符号、参考文献格式、错误交叉引用及台账字段等意见，拟在技术内容确定后开展全文一致性校核，确保正文、附录、表格和记录表之间相互衔接。

后续拟在征求意见处理记录中逐条补充采纳情况、处理理由、修改位置及依据；对需补充验证的事项，明确所需资料和确认条件；对未采纳或部分采纳的意见，说明具体技术理由并反馈提出单位。涉及风险阈值、评价方法和技术成熟度的实质性问题，应在完成必要论证并形成明确处理结论后，再据实完善本节的处理经过和结果。

七、其他应予说明的事项

本标准在征求意见及意见处理阶段，根据有关单位关于标准名称应与实际适用对象一致的建议，将名称由《西北旱区典型区域土壤微塑料防控技术方案》修改为《西北旱区农田土壤地膜源微塑料防控技术方案》。原名称中“典型区域土壤”的表述较为宽泛，未明确农田土壤这一适用对象，也未体现微塑料的主要来源。修改后的名称进一步明确了标准的适用范围和防控对象，使标准名称与正文技术内容保持一致。另外，根据各起草人在标准编制、技术论证及修改完善等工作中的实际贡献，对主要起草人排序进行了调整，起草人人员组成未发生变化。