

《人工土壤构建技术规程》编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本文件为中国土壤学会团体标准《人工土壤构建技术规程》的编制说明。标准由北京市农林科学院牵头提出并组织起草，黑龙江省黑土保护利用研究院、农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心、华美亿丰生物技术（北京）有限公司等单位共同参与。标准为首次制定，拟作为人工土壤构建领域的基础性、通用性技术规程，用于规范人工土壤的原料选择、配比设计、构型构建、技术指标、构建流程、采样检验、质量保障和应用管理。

标准制定的直接依据来自人工土壤在作物种植、育苗、设施栽培、农田耕层改良、园林绿化、场地土壤重构和生态修复等场景中的快速应用需求。当前市场上育苗基质、绿化基质、营养土、客土、土壤改良材料等产品名称和功能交叉，原料来源、构建方式、质量控制要求和应用边界差异较大。对于以有机物料和无机物料复配形成的人工土壤，现行标准多覆盖单一用途产品或单类原料，尚缺少从构建过程、土体构型和应用管理角度进行统筹规范的团体标准。

人工土壤构建是缓解优质表土和客土资源约束、促进农林有机废弃物资源化利用、提升栽培介质质量稳定性和支撑生态修复工程质量控制的重要技术方向。本标准的制定有利于推动相关材料由经验性混配向目标功能设计、过程质量控制和场景化应用管理转变。

（二）协作单位

本标准起草单位涵盖科研机构、耕地质量管理与技术服务单位以及企业应用主体，形成“基础研究—技术验证—工程应用—标准化管理”协同编制模式。

北京市农林科学院作为牵头单位，负责标准总体框架设计、技术路线把关、文本统筹和组织协调；

黑龙江省黑土保护利用研究院参与人工土壤构型、耕层改良和质量评价相关内容论证；

农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心参与耕地质量、农田工程和应用管理相关条款校核；

华美亿丰生物工程技术（北京）有限公司参与有机物料、产品化应用和工程化实施相关内容讨论。

（三）主要工作过程

1. 前期研究与资料收集阶段（2025.1-2025.6）。起草组系统整理人工海绵土壤、农林废弃物资源化利用、基质材料复配、人工土壤水分运移、作物适配性和质量综合评价等前期研究成果，梳理相关专利、研究生论文、应用验证材料及现行标准，为标准条款设置提供技术依据。

2. 标准框架形成阶段（2025.7-2026.3）。起草组围绕人工土壤概念界定、有机物料与无机物料分类、单层/两层/三层构型、分层理化指标、安全控制、构建流程、采样检验和应用管理等核心内容形成标准草案，明确本标准为人工土壤构建领域的通用规程，不替代肥料、绿化种植土壤、育苗基质、污染地块修复效果判定、危险废物处置等专门标准。

3. 立项评估与专家论证阶段（2026.3-2026.5）。标准草案形成后，起草组组织立项评估和专家论证。专家意见主要集中在标准定位、范围边界、

术语凝练、原料安全、功能物质加入条件、构型选择、分层指标、采样检验、质量保障以及与现行标准衔接等方面。

4. 文本修改和意见处理阶段（2026.5）。起草组根据专家意见对标准文本和编制说明进行系统修改：按 GB/T 1.1—2020 规范格式；将“技术要求”明确为“构建技术要求”；删除生硬的“不适用于”段落，改为与专门标准的边界衔接说明；统一“电导率”等术语；补充质量保障章节；增加原料风险识别与评估清单；调整附录属性和表格格式。

5. 征求意见稿形成阶段（2026.6）。经多轮讨论和交叉校核后，形成《人工土壤构建技术规程（征求意见稿）》及本编制说明。标准文本共设置范围、规范性引用文件、术语和定义、基本原则、原料要求、人工土壤构型、构建技术要求、构建流程、采样与检验方法、质量保障、标识运输贮存和应用管理等章节，并设置人工土壤构型与应用场景、人工土壤构建记录表、原料风险识别与评估清单等资料性附录。

本次共向 8 家单位征集意见，实际反馈意见单位 8 家，收到反馈意见 43 项，其中采纳 32 项、部分采纳 11 项、未采纳 0 项。专家意见主要涉及标准文本格式与 GB/T 1.1—2020 的协调性、人工土壤概念边界与现行绿化种植土壤和育苗基质等标准的衔接关系、有机和无机原料的风险控制、单层及多层构型的适用条件、分层理化指标的合理性、构建过程的可操作性、批次采样代表性以及长期结构稳定性监测等方面。起草组对反馈意见进行了逐条研究和归并处理，并据此完善了标准名称、范围表述、规范性引用文件、术语定义、原料要求、构建流程、检验方法和质量保障条款。经修改后，标准文本的科学性、适用性、规范性和可操作性进一步增强，未形成影响标准制定方向和核心技术内容的重大分歧意见。

(四) 起草组成员及主要工作

成员	单位	职称	主要工作
魏丹	北京市农林科学院	研究员	标准总体设计、技术路线把关、组织协调、标准文本和编制说明统筹。
李艳	黑龙江省黑土保护利用研究院	高级农艺师	参与人工土壤构型、耕层改良、应用验证和质量控制条款论证。
胡钰	北京市农林科学院	助理研究员	参与资料调研、标准框架起草、原料要求、构建流程、检验方法、意见汇总和文本修订。
丁健莉	北京市农林科学院	副研究员	参与资料调研、标准框架起草、原料要求、构建流程、检验方法、意见汇总和文本修订。
李硕	农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心	助理研究员	参与资料调研、标准框架起草、原料要求、构建流程、检验方法、意见汇总和文本修订。
王雅润	北京市农林科学院	博士研究生	参与资料调研、标准框架起草、原料要求、构建流程、检验方法、意见汇总和文本修订。
马常宝	农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心	正高级农艺师	参与耕地质量、农田工程、应用场景边界和标准衔接内容校核。
张军政	华美亿丰生物工程技术有限公司(北京)有限公司	教授	参与产品化应用、原料供应、构建工艺和工程应用管理内容讨论。
张馨元	北京市农林科学院	硕士研究生	参与人工海绵土壤、水分运移、作物适配性、质量评价等试验数据整理和技术依据支撑。

杨振国	北京市农林科学院	硕士研究生	参与人工海绵土壤、水分运移、作物适配性、质量评价等试验数据整理和技术依据支撑。
丁澳	北京市农林科学院	硕士研究生	参与人工海绵土壤、水分运移、作物适配性、质量评价等试验数据整理和技术依据支撑。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

(一) 标准编制原则

1. 规范性原则。本标准按照 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》编写，标准结构、术语表述、引用文件、表格和附录编排遵循团体标准制修订要求。

2. 科学性原则。标准条款围绕人工土壤的根系固着、肥水供应、通气排水、土体支撑和环境安全等基本功能展开，术语、构型和指标设置来源于土壤学、植物栽培学、基质科学、土壤水分运动和生态修复的基本原理，并结合前期试验验证。

3. 适用性原则。标准定位为通用构建规程，不将某一特定产品、特定配方或特定场景作为唯一适用对象；通过单层、两层、三层构型与不同应用场景对应，兼顾育苗、设施栽培、农田耕层改良、园林绿化、场地重构和生态修复等需求。

4. 安全性原则。原料和建成后的人工土壤不得引入危险废物、工业污染物、污染风险不明材料或影响植物生长和产品安全的有害物质。涉及农作物种植、农田耕层改良和其他可能影响农产品安全的情形时，应符合农用地土壤污染风险管控要求。

5. 可操作性原则。标准将原料验收、配比设计、小试验证、混合或分层构建、养护稳定、采样检验、判定复检和应用管理作为闭环流程，选用现行国家标准、行业标准和成熟检测方法作为检验依据，便于生产、施工、检测和验收。

6. 协调性原则。标准与 GB 15618、GB/T 33891、CJ/T 340、NY/T 525、NY/T 2118、NY/T 3442 及相关检测方法标准衔接，避免与已有强制性要求、产品标准和专项用途标准发生冲突。

（二）确定标准主要内容的论据

1. 标准范围的确定。标准适用于以有机物料和无机物料为主要组成，构建用于作物种植、育苗、设施栽培、农田耕层改良、园林绿化、场地土壤重构和生态修复的人工土壤。上述场景均存在根区土体重构、栽培介质替代、功能性补土或生态基质构建需求，且共同依赖有机物料和无机物料的组合配置。标准同时明确涉及绿化用有机物料、绿化种植土壤、育苗基质、肥料产品、污染地块修复效果判定、危险废物处置、污泥土地利用评价等情形时，应同时符合相应现行标准和管理要求。

2. 术语和定义的确定。人工土壤定义突出“以有机物料和无机物料为主要组成”“按照结构比例和功能需求”“经配比、混合、熟化或分层构建”等工艺特征，以及根系固着、肥水供应、通气排水和土体支撑等功能属性。该定义既区别于天然土壤、普通客土、单一肥料和单一基质产品，又能涵盖商品化人工土壤和现场构建型人工土壤。

3. 基本原则的确定。资源稳定性、安全性、适用性、功能优先、构型适配和追溯检验六项原则，分别对应人工土壤原料来源、环境安全、场景适配、功能实现、构型设计和全过程质量控制要求，形成从原料端到应用端的管理逻辑。

4. 原料要求的确定。有机物料可来源于作物秸秆、菌渣、果蔬残体、畜禽粪便、园林修剪物、农产品加工副产物、草炭和腐殖质类材料等，但应经无害化、腐熟、陈化或稳定化处理。无机物料包括客土、砂、蛭石、珍珠岩、陶粒、沸石、黏土矿物等，主要用于调节容重、孔隙、排水、保水、吸附和支撑性能。对污水处理厂污泥、工业副产品、来源不明客土、高盐或强酸碱材料等高风险原料，标准设置来源核查、风险识别和必要检测要求。

5. 人工土壤构型的确定。构型选择以目标植物根系分布、应用场景、施工厚度、灌排条件和工程基础为依据。单层构建适用于育苗、盆栽、容器栽培和浅层补土；两层构建适用于浅根作物、设施槽式栽培和局部土壤补充；三层构建适用于农田耕层改良、场地土壤重构、园林绿化和生态修复。三层构建宜设置种植层、渗滤层和蓄水层，推荐厚度比例为 3:1:2；该比例来源于前期人工海绵土壤构型研究和专利技术储备，在标准中作为推荐性设计参考，不排除经验证的其他合理构型。

6. 技术指标的确定。人工土壤理化指标围绕植物根区适配和土体功能分异设置，包括容重、总孔隙度、通气孔隙度、pH、电导率、有机质、阳离子交换量、有效磷和速效钾等。种植层指标强调根系生长、养分供给和通气保水，渗滤层指标强调水分迁移和养分缓冲，蓄水层指标强调结构支撑、蓄排水和防止盐分或污染累积。表中指标作为基础构型推荐控制范围，允许专项用途根据目标植物、灌排条件、区域气候和试验验证结果调整。

7. 构建流程、采样检验和质量保障的确定。人工土壤构建宜按“原料选择—原料验收与预处理—有机物料稳定化处理—配比设计与验证—混合或分层构建—养护稳定—检验验收—应用管理”执行。采样按批次和构型分层实施，分层构建应分别采集种植层、渗滤层和蓄水层样品。质量保障覆盖

原料进场、配比记录、构建过程、养护稳定、检验验收和应用后监测，体现可追溯管理要求。

本标准为首次制定项目，故不存在新旧标准水平对比问题。与现有产品标准相比，本标准的差异在于侧重人工土壤的构建过程、土体构型、分层功能、质量控制和应用管理，而不是替代绿化用有机物料、绿化种植土壤、蔬菜育苗基质、有机肥料等单一产品标准。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告、技术经济论证和预期经济效益

（一）主要试验（或验证）的分析

本标准的主要技术依据来自人工海绵土壤构建、农林废弃物基质化利用、人工土壤水分运移、作物适配性和综合质量评价等研究。相关研究从材料组成、功能层构型、水分入渗与蓄持、蒸发过程、养分供应、植物生长和经济性等方面对人工土壤构建进行了系统验证。

1. 人工海绵土壤构型与材料配比试验。前期研究借鉴自然土体构型、雨水花园功能构型和植物生长需求，构建具有保水层、种植层、渗水层和蓄水层的人工海绵土壤体系。功能层筛选结果表明，种植层采用土壤：人工海绵土壤调理剂：珍珠岩：蛭石=3:3:2:2 时，植物根长、根表面积和根体积表现较优；渗水层采用土壤：人工海绵土壤调理剂：砾石=3:1:1 时入渗性能较好，渗水速率达到 0.39 cm/min；蓄水层采用土壤：人工海绵土壤调理剂：火山岩=5:3:2 时最大持水量达到 42%。

2. 整体渗滤调控与植物适配性验证。在保水层和种植层一致条件下，渗水层和蓄水层通过砾石、火山岩和人工海绵土壤调理剂复配后，可提高整体渗滤能力和蓄水能力。栽培验证中，人工海绵土壤最佳配比处理的菊

花株高达到 79 cm，鲜重达到 204.53 g，干重达到 43.22 g，说明合理分层构型能够同时改善水分调节功能和植物生长适配性。

3. 人工土壤水分运移及番茄适配性试验。以田间原土为对照，设置腐熟农林废弃物 15%、30%、45%、60% 替代田间原土处理，结合土柱积水入渗、持水、蒸发和盆栽试验，系统评价人工土壤水力性质和番茄生长响应。结果表明，随腐熟农林废弃物替代量提高，人工土壤砂粒含量、饱和含水量和饱和渗透系数发生显著变化；田间原土：腐熟农林废弃物：珍珠岩：蛭石=25:45:10:20 时，饱和渗透系数达到 $5.35 \times 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

4. 入渗、蒸发和养分供应验证。与田间原土相比，人工土壤处理降低了积水入渗阻力，提高了湿润锋推进速度。在种植层和渗水层中，30% 腐熟农林废弃物替代处理累积入渗量分别达到 19.5 cm 和 25.4 cm；在蓄水层中，60% 替代处理累积入渗量较高。蒸发试验表明，田间原土处理累积蒸发量达到 3.11 mm，高于多数人工土壤处理，说明合理有机/无机复配具有一定持水减蒸潜力。番茄栽培后，45% 和 60% 替代处理有机质含量分别达到 $31.87 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $41.65 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，60% 替代处理植株全磷含量增幅达到 286.8%，表明腐熟农林废弃物能够增强人工土壤养分供应能力。

5. 综合质量评价验证。基于物理、化学和作物生长指标的层次分析结果显示，人工土壤处理的综合表现整体优于田间原土对照。其中，45% 腐熟农林废弃物替代处理的综合评价得分最高，为 0.6261；物理指标单项评价中 60% 替代处理得分较高，化学指标单项评价中 45% 替代处理得分较高，作物生长指标单项评价中 15% 替代处理得分较高。该结果说明人工土壤构建并非有机物料添加量越高越优，而应通过物理结构、养分供给和作物响应的多指标平衡确定适宜配比。

上述试验为本标准确定功能层概念、单层/两层/三层构型、3:1:2 三层推荐比例、分层理化指标、功能物质加入原则、养护稳定和应用后观察要求提供了实证基础。需要说明的是，前期试验用于支撑标准的通用技术框架和指标设置，并不将某一试验配方固化为唯一标准配方；不同地区、不同原料来源、不同作物和不同工程条件仍需开展配方小试、栽培验证或现场验证。

（二）综述报告

从研究进展看，人工土壤相关技术主要来源于栽培基质、绿化种植土、土壤改良材料、工程客土、生态修复基质和有机废弃物资源化等多个领域。已有标准多对单一产品或单类用途提出质量要求，如绿化用有机物料、绿化种植土壤、蔬菜育苗基质、有机肥料和畜禽粪便堆肥等，但对“以有机物料和无机物料为主要组成，通过配比、混合、熟化或分层构建形成，具备根系固着、肥水供应、通气排水和土体支撑功能”的人工土壤尚缺少统一构建规程。

人工土壤构建的核心科学问题是如何在有限土体空间内协调固相支撑、孔隙结构、水分迁移、养分供给、生物稳定性和环境安全。过高的有机物料比例可能增加水分保持和养分供给，但也可能带来盐分、发热、病原、结构塌陷或植物毒性风险；过高的无机粗颗粒比例有利于排水和支撑，但可能降低保肥、保水和根系适配性。因此，本标准采用“功能层构型+推荐控制范围+风险识别+配比验证”的技术路径，较单纯规定固定配方更能适应多场景应用。

（三）技术经济论证和预期经济效果

从资源利用角度，人工土壤标准化构建可促进农林有机废弃物、矿质材料和功能材料的规范利用，降低对天然表土、客土和部分不可再生基质

资源的依赖。前期人工海绵土壤研究显示，以腐熟农林有机废弃物替代部分市售基质后，材料成本较市售基质降低约 50%，说明该技术具有一定资源节约和成本优化潜力。

从产业和工程角度，本标准实施后可减少人工土壤和相关基质产品生产中的经验性、随意性和低水平重复。对生产企业，可建立原料验收、配方设计、成品检验和批次追溯制度；对应用单位，可为现场构建、工程验收、运行维护和效果评估提供依据；对行业管理，可为产品监管、工程质量控制和后续专项标准制定提供基础。

从生态环境角度，本标准强调原料无害化、污染风险识别、分层采样检验和应用后监测，可降低污染风险不明材料进入农用、绿化和生态修复场景的可能性，并减少因盲目调运客土、过量使用草炭或不合格有机物料造成的资源浪费和环境风险。标准本身不直接承诺特定产量、利润或工程收益，其实际效果取决于原料来源、配比设计、目标植物、灌排条件、施工质量和后期运行维护。

四、标准涉及的相关知识产权说明

本标准为人工土壤构建领域的基础性团体标准，主要规定术语定义、原料分类、构型选择、构建技术要求、构建流程、采样检验、质量保障和应用管理等通用内容。标准条款采用开放性、通用性表述，不以特定专利技术作为实施前提，不限定特定企业、特定配方、特定装备或特定工艺路线。

起草单位前期已形成与人工土壤和相关基质材料有关的技术储备，包括“一种腐熟有机物料配置的中性土壤调理剂及其应用”“一种人工海绵土壤及其应用”“一种茄果类蔬菜栽培基质及其制备方法”等专利成果。这些成果

涉及有机物料腐熟、材料复配、仿生构型、蓄水渗滤、栽培基质制备和土壤调理等方向，可作为本标准制定的研究基础和应用验证基础。

上述知识产权不作为本标准实施的必要条件。后续如在征求意见、审查或实施过程中发现相关条款可能涉及标准必要专利，起草组将按照标准化工作中涉及专利的有关要求进行识别、披露和处理，确保标准实施的公开性、公平性和可操作性。

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

（一）采用国际标准的程度与水平

经对比，目前尚未发现与《人工土壤构建技术规程》完全对应的国际标准。国际上与本文件相关的标准多分散于 growing media、soil improvers、compost、manufactured topsoil、soil quality、pollutant testing 等领域，重点关注产品质量、采样、pH、电导率、养分、安全性、标签和检测方法，尚未形成覆盖人工土壤“原料—配比—构型—构建—检验—应用管理”全过程的综合性规程。

本标准未等同采用或修改采用国际标准，而是在借鉴国内外生长基质、土壤改良材料、堆肥产品、土壤质量检测和生态修复材料管理思路的基础上，结合我国农林有机废弃物资源化利用、人工土壤多场景应用和土壤环境风险管控需求自主制定。其技术特点在于将有机/无机物料协同复配、土体功能层构型、分层指标控制、原料风险识别和应用后监测纳入统一技术框架。

（二）与现行法律法规和强制性标准的关系

本标准的编制符合《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等法律法规

的基本要求，与现行强制性标准不存在矛盾。标准不涉及危险废物处置、污染地块修复效果判定、污泥直接土地利用评价等应由专门法规和标准规范的事项。

在强制性标准衔接方面，本标准明确用于农作物种植、农田耕层改良和其他可能影响农产品安全的人工土壤，其污染物限值应符合 GB 15618《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》的规定；用于园林绿化、场地重构和生态修复的人工土壤，不对地表水、地下水、周边土壤和植物生长造成不利影响。

在推荐性标准和行业标准衔接方面，本标准引用或衔接 GB/T 6682、GB/T 8170、GB/T 19524.1、GB/T 19524.2、GB/T 33891、CJ/T 340、LY/T 1237、LY/T 1239、LY/T 1251、NY/T 295、NY/T 525、NY/T 889、NY/T 1121.7、NY/T 1978、NY/T 2118 和 NY/T 3442 等标准。上述文件分别服务于实验用水、数值修约、有机物料、绿化土壤、理化检测、肥料安全、育苗基质和堆肥处理等环节。本标准在人工土壤构建场景下对其进行集成引用，避免重复制定已有检测方法和安全控制要求。

六、重大意见分歧的处理经过和依据

本标准立项评估和文本修改过程中，专家意见主要涉及标准分类号和格式、范围边界、术语定义、原料分类、功能层描述、构型选择、功能物质加入条件、分层指标、采样检验、质量保障、现行标准衔接和附录属性等方面。起草组对意见进行归并后形成意见汇总，共归并反馈意见 43 项，其中采纳 32 项，部分采纳 11 项，未采纳 0 项。

针对“范围中不适用段落表述生硬”的意见，起草组将原排除式表述调整为通用规程与专门标准的边界衔接说明；针对“人工土壤定义偏长、术语不够凝练”的意见，起草组重写人工土壤定义并补充单层和多层功能层组成；

针对“原料安全管控需强化”的意见，起草组增加高风险原料控制、来源核查、风险识别和必要检测要求；针对“分层理化指标缺少场景差异”的意见，起草组将指标表定位为基准构型推荐控制范围，并明确可依据目标植物、灌排条件和设计文件调整；针对“构建流程可操作性不足”的意见，起草组补充混合均匀度、分层厚度、层间连续性、养护稳定和验收监测要求。

截至本编制说明形成时，专家意见均已形成明确处理结果，未出现影响标准制定方向、核心技术路线或主要条款设置的重大分歧。后续征求意见或审查阶段如出现新的重大分歧，起草组将按照中国土壤学会团体标准管理程序进行记录、论证、协调和处理。

七、其他应予说明的事项

无