中国乡村发展协会团体标准

《多尺度农田土壤养分获取技术规范》编制说明

一、项目背景

农田土壤养分是保障粮食安全、支撑农业绿色高质量发展的核心基础资源，土壤全氮、有效磷、速效钾等核心养分指标的精准、快速、常态化监测，是耕地质量动态管控、精准农业实施、农业面源污染防控的关键支撑。

当前国内农田土壤养分监测主要依托大田人工采样、实验室化学测定模式，技术成熟、精度可靠，但存在采样成本高、周期长、点位稀疏、空间代表性不足、无法实现全域动态监测等问题，难以适配规模化、常态化耕地监测需求。随着遥感技术的普及，无人机遥感、卫星遥感逐步应用于土壤养分监测。无人机多/高光谱遥感可实现田块级中尺度精细化监测，时效性强、分辨率高，但对于地面有覆盖物（如作物秸秆、塑料膜残留等）无法准确获取有效波谱信息、无人机因续航影响作业范围，难以支撑大面积信息采集；卫星遥感可实现县域、区域大范围宏观监测，但空间分辨率有限、易受植被、云、气象干扰，小范围田块级精细化反演精度有待提高。

现有国标、行标多针对单一地面检测、单一卫星遥感或单点无人机监测，暂无专门规范星-机-地多尺度融合土壤养分获取全流程的标准，多源数据协同、尺度转换、融合建模等核心技术无统一执行依据。因此，本标准通过构建“卫星宏观全域覆盖、无人机中观田块细化、地面微观真值校准”的三级协同技术体系，弥补单一监测手段的短板，实现大范

围、高精度、高效率的农田土壤养分动态监测。推动多源遥感融合技术从科研试验走向产业化、标准化落地，规范行业作业行为，提升全国农田土壤养分监测的整体规范化水平。

二、工作简况

1.任务来源

本标准项目根据中国乡村发展协会团体标准制修订需求征集的相关要求，由西北农林科技大学牵头提出申请，经中国乡村发展协会组织专家评审后正式批准立项，拟立项项目编号为039-ZGXCFZXH-2026。项目归口管理单位为中国乡村发展协会。

2.主要起草单位及分工

2.1 主要起草单位

本标准起草由西北农林科技大学、黄河水利委员会黄河水利科学研究院、中国农业科学院农业信息研究所、中国农业科学院农田灌溉研究所、聊城市位山灌区管理服务中心、河套灌区水利发展中心、北京城市学院、巴彦淖尔市水利科学研究所、江苏农林职业技术学院、陕西禾目数智农业科技有限责任公司、杨凌科丰农业科技有限公司、隆平开鸿农业科技（北京）有限公司、聊城浩伦农业服务有限公司等共同参与编制。

2.2 起草单位具体分工

1）西北农林科技大学：标准编制总负责，统筹框架设计、技术论证与统稿；

2）黄河水利委员会黄河水利科学研究院：灌区试验田管理技术支持及灌溉相关内容编制；

3）中国农业科学院农业信息研究所：数据平台搭建、信息系统开发及标准信息化内容编制；

4）中国农业科学院农田灌溉研究所：小麦、玉米等作物田间管理内容编制；

5）聊城市位山灌区管理服务中心：华北地区田间试验验证与技术数据采集；

6）河套灌区水利发展中心：西北灌区田间试验验证与技术数据采集；

7）巴彦淖尔市水利科学研究所：西北灌区田间试验验证与技术数据采集；

8）北京城市学院、江苏农林职业技术学院：技术方法咨询、应用示范与培训；

9）陕西禾目数智农业科技有限责任公司、杨凌科丰农业科技有限公司、隆平开鸿农业科技（北京）有限公司、聊城浩伦农业服务有限公司：技术应用示范与标准落地宣贯实施。

3.主要编制过程

第一阶段（2026 年 7 月）：成立标准编制工作组，召开编制启动会，明确任务分工，确定标准编制大纲与技术路线，制定详细工作计划；

第二阶段（2026 年 8 月）：开展华北灌区夏玉米试验田及西北灌区土壤养分采集技术现状调研，收集国内外相关技术资料、标准文献与试验数据，梳理星-机-地多尺度监测技术关键环节与共性难点；

第三阶段（2026 年 9—10 月）：系统开展卫星遥感数据获取与预处理、无人机多光谱/高光谱航测与数据解译、大田土壤网格采样与实验室化学测定、多尺度反演模型构建与迭代优化等全链条试验验证工作。在此基础上编制标准草案及编制说明初稿，明确各技术环节的操作要求、精度指标与质量控制规范；

第四阶段（2026 年 11 月）：组织专家论证，修改完善后形成标准

征求意见稿。

第五阶段（2026 年 12 月）：通过全国团体标准信息平台、中国乡村发展协会官网等广泛征求意见，形成征求意见汇总处理表，修改完善后形成标准送审稿，提交中国乡村发展协会审核。

三、确定标准主要技术内容的论据

本标准主要技术内容的确定，建立在充分调研国内外土壤养分遥感监测技术发展现状、系统梳理各参编单位多年研究成果与田间试验数据的基础上，各项技术指标与要求具有明确的科学依据和实践支撑。

1. 三级协同技术体系的确定依据

星载遥感、无人机遥感和地面实测三种监测手段各有优势与局限。卫星遥感具备大范围覆盖、周期性观测的能力，但空间分辨率有限，受植被和气象条件干扰明显；无人机遥感可获取厘米级至分米级高分辨率影像，但续航能力有限、单架次覆盖面积小；地面实测精度最高，是模型校准的“真值”基准，但成本高、点位稀疏。本标准采用“卫星宏观全域覆盖、无人机中观田块细化、地面微观真值校准”的三级协同架构，充分发挥各尺度技术优势、弥补单一手段短板，理论依据成熟，已在国内外相关研究中得到广泛验证。

2. 星载遥感数据采集技术指标的确定依据

空间分辨率优于 10 米：根据参编单位在华北灌区与西北灌区的试验验证，优于 10 米分辨率的卫星影像可有效识别公顷级及以上农田边界，满足区域土壤养分宏观分级需求。当前国产高分系列卫星（如高分二号、高分六号）、哨兵二号（10 米分辨率）及高分二号、高分六号及 Sentinel-2 的 10 m 波段可满足空间分辨率优于 10 m 的要求；Landsat 系列原始 30 m 分辨率不满足该要求，仅可作为辅助数据源或经融合处理

后满足优于10 m时使用。

作业窗口期与云量控制：农田裸土期或低植被覆盖期（一年一作区播种前7～20天、一年两作轮作区播种前7～20天）是获取土壤真实光谱信息的最佳时段。影像云量占比不大于10%是遥感行业通用质量控制要求，已在NY/T 4376-2023《农业农村遥感监测数据库规范》等相关标准中予以明确。

预处理规范：辐射定标、大气校正、几何精校正、农田掩膜、土壤光谱指数提取等预处理流程是确保卫星遥感数据质量的关键环节。各步骤均采用行业通用算法与标准流程，坐标系统一采用2000国家大地坐标系（CGCS2000），高程基准采用1985国家高程基准。确保数据空间基准统一和可对比性。

3. 无人机遥感数据采集技术指标的确定依据

无人机航飞高度、航向重叠度和旁向重叠度的设定需兼顾影像分辨率和拼接精度。根据参编单位在夏玉米试验田的实测数据，航飞高度依据所需地面分辨率设定，建议50 m～120 m（依据田块大小和所需空间分辨率调整），航向重叠度不低于75%、旁向重叠度不低于65%，可确保影像拼接完整、无漏洞。光照条件要求（晴天、光照均匀、无风、无雾霾）是无人机高光谱/多光谱作业的通用环境约束，起飞前标准白板辐射定标是实现光谱反射率定量反演的必要步骤。

4. 地面土壤数据采集技术指标的确定依据

网格布点原则：结合卫星遥感初步分区与无人机影像纹理特征，采用网格布点法。大田耕地建议按50 m×50 m～100 m×100 m布设基础样点；小型菜地、农田、果园建议按20 m×20 m～50 m×50 m布设；光谱异常区、地形变化区加密布点；每个监测单元（田块）采样点不少于

5 个。采样在无人机飞行完成后 3 d 内进行，避开降雨后 48 h 内时段。

采样深度 0～20cm：该深度为农田耕作层标准采样深度，覆盖绝大多数作物根系活动层，是土壤养分评价的核心层次，与国家土壤环境监测系列标准保持一致。

检测方法：全氮、有效磷、速效钾等核心指标检测严格依据现行国家标准方法（如《土壤全氮测定法》《土壤有效磷测定法》《土壤速效钾测定法》等），确保地面真值数据的准确性和可溯源性。

5. 精度检验指标与阈值的确定依据

本标准统一采用决定系数（R^2）、均方根误差（RMSE）、相对分析误差（RPD）、平均相对误差（MRE）作为核心评价指标，上述指标为遥感反演模型精度评价的国际通用标准。融合后模型要求 $R^2 \geq 0.65$ 或 RPD≥1.4，该阈值依据参编单位多项田间试验数据统计确定：当 R^2 达到 0.65 以上或 RPD 达到 1.4 以上时，模型可满足农田尺度土壤养分空间分布估算的实用精度要求，相关阈值也与国内外同类研究推荐标准基本一致。

6. 成果输出规范的确定依据

成果图件严格遵循 GB/T 41475-2022《1:25 000～1:500 000 土壤养分图用色与图例规范》，确保专题图制图标准化。数据格式、元数据字段、归档年限的统一规范，借鉴了 NY/T 4376-2023《农业农村遥感监测数据库规范》的相关要求，保障成果可复用、可对比、可溯源。

四、采用国际标准和国外先进标准情况

经系统检索与调研，欧美、澳大利亚等农业发达国家较早开展了遥感土壤监测技术研究，在算法模型优化与大数据应用方面形成了较为成熟的技术积累，但截至目前，尚无专门针对“星-机-地”多尺度融合土壤

养分获取全流程的专项国际标准或国外先进标准。

国外技术体系的主要特点为：一是侧重算法模型优化与光谱反演精度迭代，但缺乏作业流程的标准化约束；二是地面土壤检测依托ISO系列国际标准，检测精度统一可靠，但多源遥感数据协同作业尚无统一规范；三是成果应用侧重于科研场景与精准农业商业化场景，缺乏适配大面积农田普查和耕地质量监管的标准化流程，整体呈现体系碎片化特征。

本标准在制定过程中，充分借鉴了国外在遥感反演模型构建、精度评价指标选择等方面的技术经验，同时结合我国农田监测实际需求与现有国标行标体系，制定了覆盖全链条、可工程化落地的多尺度融合技术规程，具有原创性和中国特色。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准严格遵守国家现行法律、法规和强制性国家标准的相关规定，与现有标准体系协调配套，不存在冲突或矛盾。

法律法规层面：本标准依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》等相关法律法规制定，技术内容符合《中华人民共和国土壤污染防治法》关于耕地土壤质量常态化监测、动态评价的要求，与《耕地质量等级》（GB/T 33469）、《农田建设项目管理办法》等政策文件协调一致。

土壤检测标准层面：本标准中地面土壤样品的采集与实验室化学测定方法，严格引用现行土壤养分指标检测国家标准，确保地面真值数据的规范性和准确性。

遥感行业标准层面：本标准充分衔接NY/T 4376-2023《农业农村遥感监测数据库规范》、NY/T 4619-2025《农作物地面样方遥感调查技术规范》等现有农业遥感行业标准，在数据采集、预处理、数据库建设等

方面保持技术一致性。

制图与成果标准层面：本标准成果图件编制严格遵循 GB/T 41475-2022《1:25 000～1:500 000 土壤养分图用色与图例规范》，确保专题图制图规范统一。

定位说明：本标准是对现有单一数据源、单一指标标准的补充与集成提升，填补了“星-机-地”多尺度融合监测标准体系的空白。

六、标准中涉及专利的情况

经系统检索与排查，本标准所有技术内容均为起草单位自主完善与集成，整合了星载遥感、机载无人机遥感、地面采样三类监测技术，核心技术路线为各参编单位多年研究成果的集成创新。标准中未涉及需要披露的必要专利。

七、重大意见分歧的处理过程和依据

在本标准编制过程中，编制工作组通过多次专家论证会、专题研讨会和技术审查会广泛征集各方意见。标准技术内容经各参编单位充分讨论，在标准适用范围、三级尺度技术流程、精度检验指标阈值等核心问题上达成了共识。截至目前，本标准编制过程中未出现重大分歧意见。后续征求意见阶段若收到不同意见，编制工作组将依据科学性原则，结合试验验证数据和行业通用规范，认真研究并妥善处理，确保标准的科学性、规范性和可操作性。

八、其他应予说明的事项

1. **标准性质：**本标准为中国乡村发展协会团体标准，供协会会员单位及社会相关单位自愿采用。

2. **适用区域与作物：**本标准适用于我国规模化农田、高标准农田及粮食主产区，重点覆盖小麦、玉米等主要粮食作物种植区。各地可根据

区域农田特征，在本标准基础上细化本地化作业参数。

3. **技术迭代机制：**本标准建立全流程溯源机制，原始数据、预处理记录、建模文件、检测报告、精度报告全部归档留存，为后续技术迭代优化和标准修订提供数据支撑。

4. **宣贯推广计划：**标准发布后，编制工作组将配合中国乡村发展协会组织开展标准宣贯、技术培训和示范推广工作，以点带面推动标准在农业农村相关部门、农业社会化服务机构和科研单位中的应用落地。

九、其他应说明的事项

无。