

第三次全国土壤普查土壤类型 图编制技术规范 (修订版)

执笔人：赵玉国 刘 峰 张甘霖 孙孝林 陈家赢
王良杰 杨 琳 潘剑君 孙福军 张黎明
郭 龙 徐胜祥 宋效东 吴华勇 孙 正
赵彦锋 杨仁敏 黄 巍 裴久渤 高明杰
袁承程 赵永存 朱阿兴 史 舟 吴克宁
李文西 潘贤章 滕 应 沈仁芳

国务院第三次全国土壤普查领导小组办公室

2023年2月

目 次

1 适用范围	343
2 总则	343
2.1 土壤类型制图目的和原则	343
2.2 土壤类型制图的技术方法	343
2.3 分类、比例尺及坐标系统	343
2.4 总体思路框架	345
2.5 组织实施	346
3 数据准备	346
3.1 基础地理数据	346
3.2 二普土壤图	346
3.3 三普土壤剖面点	346
3.4 二普土壤剖面点	347
3.5 三普土壤表层点/属性图	347
3.6 环境要素数据	347
4 县级土壤类型制图	348
4.1 有土种图的做法	348
4.2 无土种图的做法	353
5 地市级土壤类型制图	354
6 省级土壤类型制图	355
6.1 土壤发生分类土属制图	355
6.2 土壤系统分类土族制图	356
7 国家级土壤类型制图	357
7.1 土壤发生分类亚类制图	357
7.2 土壤系统分类亚类制图	358
8 图件设计制作	359
8.1 基础地理要素	359
8.2 制图单元	360
8.3 色标使用原则	360
8.4 注记	360
8.5 图例制作	361
8.6 图面配置	361
9 验证评价与质量控制	361
9.1 验证评价	361
9.2 质量控制	362
附件 A 土壤图编制技术报告提纲	364
附件 B 土壤图编制成果汇交清单	366

1 适用范围

本规范明确了土壤类型制图的原则、要求和技术方法，适用于第三次全国土壤普查（以下简称“土壤三普”），主要面向有一定土壤调查制图理论与实践基础的人员。

2 总则

2.1 土壤类型制图目的和原则

土壤类型制图的目的是反映土壤发生、发育、演变及其空间分布规律，表征土壤资源的数量和质量，为我国土壤资源可持续利用、保护、管理和相关决策提供科学依据。

土壤类型制图遵循科学性原则。一方面，应在研究土壤及其与成土环境因素之间发生学关系的基础上确定土壤类型分布，相应获得的土壤类型分布也要反映这种发生学关系。另一方面，应反映土壤科学的发展认识成果。近40年，土壤发生从主要关注自然环境因素到更加强调自然因素和人为活动的共同作用对土壤发育和演变的影响，土壤分类从定性走向定量化，土壤制图也从依赖专家经验和手工勾绘走向定量模型和数字化。

土壤类型制图也遵循实用性原则。一方面，制图比例尺的设置要满足不同层次或尺度的应用，但同时考虑成本效益，不盲目追求过大的比例尺。另一方面，制图要面向实际的生产、管理和应用，包括农田管理、种植结构调整、农业生态区划和政策制定等。

2.2 土壤类型制图的技术方法

传统调查制图技术是土壤制图的基本方法。它依据土壤发生学理论，依赖大量的调查样本和调查者个人经验知识，手工勾绘土壤边界，编制土壤图。美国等国家土壤普查与我国全国第二次土壤普查（以下简称“二普”）均采用这种技术，需要的人力多、成本高、耗时长。

数字土壤调查制图技术是新兴的现代土壤制图方法，仍然依据土壤发生学理论，利用遥感和地理信息系统等现代地理信息技术对成土环境进行定量表征，结合土壤调查采样和数据分析，建立土壤类型及与成土环境之间关系的定量模型，融合土壤调查分类专家的知识，在计算机辅助下进行土壤推测制图，生成土壤类型分布图。

2.3 分类、比例尺及坐标系统

2.3.1 土壤分类系统

本次普查采用中国土壤发生分类和中国土壤系统分类两套分类系统进行土壤制图。表1-1列出了采用的土壤分类系统和原则上使用的分类级别。对于中国土壤发生分类，开展县级、地市级、省级和国家级土壤制图。县级土壤制图，分类级别原则上到土种，地市级土壤制图，分类级别原则上也到土种；省级土壤制图，分类级别原则上到土属；国家级土壤制图，分类级别原则上到亚类。对于中国土壤系统分类，仅开展省级和国家级土壤制图，分类级别原则上分别到土族和亚类。

中国土壤发生分类，依据《第三次全国土壤普查暂行土壤分类系统（试行）》。现有国标《中国土壤分类与代码》（GB/T 17296—2009），仅收入了部分土种，存在不完善问题。在普查前期，将组织土壤分类专家对二普全国县级土种进行全面梳理归并和标准化，对同名异土、同土异名等分类问题进行校核修订，得到统一的完备的土壤分类清单，形成《第三次全国土壤普查暂行土壤分类系统（试行）》。

中国土壤系统分类主要依据《中国土壤系统分类检索》（第三版）。

表 1 土壤分类系统和类型级别

级别	土壤发生分类	土壤系统分类
县级	(原则上) 土种	
地市级	(原则上) 土种	
省级	(原则上) 土属	(原则上) 土族
国家	(原则上) 亚类	(原则上) 亚类

2.3.2 制图比例尺与空间分辨率

表 2 列出了本次普查县级、地市级、省级和国家级土壤类型制图采用的制图比例尺和空间分辨率。对面积大的县域和省域可根据实际情况采用较小的比例尺和较粗的空间分辨率。县级土壤制图, 原则要求成图比例尺为 1:5 万, 面积超过 4 000 km² 的县可依据面积大小制作 1:10 万~1:20 万土壤类型图。

表 2 制图比例尺及空间分辨率

级别	制图比例尺	空间分辨率/m
县级土壤图	(原则上) 1:5 万	≈ 30
地市级土壤图	(原则上) 1:20 万	≈ 90
省级土壤图	(原则上) 1:50 万	≈ 250
国家土壤图	(原则上) 1:100 万	≈ 1 000

2.3.3 地理坐标与投影系统

本次普查统一采用 2000 国家大地坐标系。二普土壤图的坐标系是 1954 年北京坐标系, 成土环境因素数据大多用的是 WGS-84 坐标系, 二者需转为 2000 国家大地坐标系。

本次普查制图最大比例尺是 1:5 万, 对于这个比例尺, WGS-84 坐标系与 2000 国家大地坐标系近似等同, 可直接把 WGS-84 坐标系信息替换为 2000 国家大地坐标系即可, 不需要做地理坐标系数学转换。

1954 年北京坐标系的椭球体与 2000 国家大地坐标系有较大差异, 需进行地理坐标系数学转换。方法是, 从省级以上测绘局获取基准点信息, 利用基准点, 通过仿射变换求解四参数或七参数, 进行地理坐标系之间的转换。

县级 1:5 万、地市级 1:25 万和省级 1:50 万土壤图, 一般采用等角横切椭圆柱投影, 即高斯-克吕格投影, 经度 6 度分带。国家土壤图, 采用正轴双标准纬线割圆锥投影, 即阿尔伯斯 (Albers) 投影 (表 3)。

表 3 国家土壤制图采用的地图投影参数

项目	数值
投影名称	Albers
中央经线	东经 105°
原点纬度	0°
南标准纬线	北纬 25°
北标准纬线	北纬 47°
假东	0 m

(续表)

项目	数值
假北	0 m
单位	m

2.4 总体思路框架

本次普查土壤类型图编制的总体思路：以二普土壤图为基础，结合本次新的土壤调查资料、二普土壤图校核和数字高程模型、遥感影像等成土环境因素图层数据，开展制图与更新，继承和发展二普成果，形成本次普查的各级土壤类型图。

二普土壤图，无疑是宝贵的历史财富，代表了20世纪80年代我国土壤科学和技术发展的最高水平。然而，对于现阶段社会经济建设对土壤信息的应用需求而言，二普土壤图存在5个主要问题亟待解决（图1）：第一，约有200个县缺失县级土种图；第二，40年来许多区域的土壤类型已发生了变化，各种自然和人为因素都可能引起土壤类型的变化，如农田治理工程、土地利用变化、复垦、气候或区域水分条件变化等；第三，二普土壤图某些图斑土壤类型存在错误；第四，同土异名、异土同名和分类标准不一致；第五，图斑边界勾绘偏差和接边偏差。

对于缺失土种图的问题，主要采用数字土壤制图方法解决；对于土壤类型发生改变的问题，主要采用专家知识与土壤图野外路线校核相结合的方法解决；对于分类不一致的问题，通过土壤分类专家对全国县级土种进行梳理和标准化解决；对于土壤类型错误和土壤边界偏差的问题，主要采用土壤图室内、野外校核和数字土壤制图相结合的方法解决。由此，通过纠错、纠偏、补漏、更新和标准化，实现县级土壤图编制。然后，采用制图综合技术和数字土壤制图技术，再生成地市级、省级和国家级土壤图（图1）。

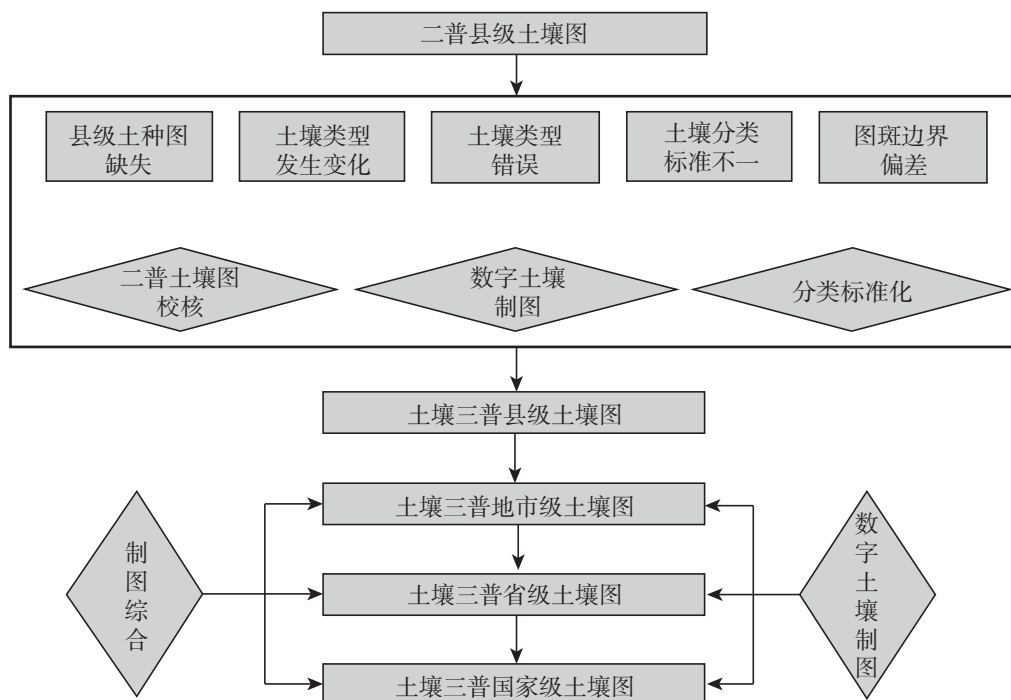


图1 总体思路

2.5 组织实施

土壤类型制图工作涉及的外业与内业流程复杂、专业性和综合性强。在国家层面，全国土壤普查办外业工作组会同外业技术组 and 平台技术组，分区指导省级土壤普查办组织土壤类型鉴定与土壤图编制工作，组织审核土壤类型鉴定和土壤图编制成果。外业技术组负责牵头，主要从第三次全国土壤普查专家技术指导组成员中，遴选实质参加过二普土壤制图的专家和土壤调查制图领域骨干，负责指导、监督和审核验收各省土壤类型图编制工作，组织解决土壤制图中遇到的专业技术问题。

在省级层面，省级土壤普查办组织建立省级专业队伍，负责省级、地市级和县级土壤图编制工作，组织开展基础数据准备、土壤类型鉴定、土壤类型图编制和验收等。县级土壤普查办和土肥等农业相关部门积极配合，包括组织力量收集整理近 40 年土地利用变化、土壤改良、土地平整、新增耕地等农田建设方面的数据资料等。对于部分缺少土壤调查与制图方面专业技术人员的省级区域（尤其是西部），可由省级土壤普查办向全国土壤普查办提出申请，协调东部和中部技术力量进行对口支援。

国家级和省级专家都应接受统一的《第三次全国土壤普查土壤类型图编制技术规范》培训。经过系统培训和实操学习后，在统一规范下完成各级土壤类型图编制工作。

土壤类型制图更新工作，与剖面布点、外业调查、土壤分类校准等密切相关和衔接。在组织实施中，一定要坚持剖面布点、外业调查、土壤分类校准与土壤类型制图各项工作全链条统筹考虑，一体实施，防止脱节。

3 数据准备

3.1 基础地理数据

基础地理数据包括行政区、居民点、道路、水系等，来源于国土三调数据。

3.2 二普土壤图

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、扬州市耕地质量保护站、中国科学院南京土壤研究所以及各省市农业部门等单位，对二普 1:5 万县级土种图、1:50 万省级土属图和 1:100 万国家级亚类图等已做了系统的收集整理和数字化建库工作，为土壤类型制图更新工作提供了图件资料基础。

二普土壤图需要做两个重要的预处理：一是坐标系转换，即对 1954 年北京坐标系的二普土壤图进行地理坐标系数学转换变换，统一采用 2000 国家大地坐标系和 1985 国家高程基准；二是土壤分类校准，即依据《第三次全国土壤普查暂行土壤分类系统（试行）》，对二普土壤图的土壤类型名称进行分类修正，对土壤类型名称相同的相邻图斑进行归并处理。经过坐标系转换和分类修正，形成工作底图，由全国土壤普查办统一发放各省级土壤普查办确认和使用。

3.3 三普土壤剖面点

土壤三普剖面调查数据包括每个剖面样点的坐标位置、成土环境和土壤类型分类信息。土壤类型的鉴定，由各省级土壤普查办组织土壤分类专家，对辖区内各县的调查剖面进行土壤类型鉴定，主要基于野外剖面调查获得的成土环境因素条件描述、剖面性状描述以及发生层次的实验室理化分析数据，分别依据土壤发生分类和土壤系统分类的诊断层和诊断特性标准，进行土壤类型的检索判别。表 4 列出了每个土壤剖面的数据信息。

表 4 土壤剖面的调查数据信息

坐标位置	成土环境	土壤类型	
经度、纬度、采集地点（省、市、县、乡镇、建制村）等	气候、母岩母质、地形地貌、侵蚀状况、土地利用类型、植被类型、种植制度、施肥管理、农田建设情况等	土壤发生分类：土纲、亚纲、土类、亚类、土属、土种的类型名称	土壤系统分类：土纲、亚纲、土类、亚类、土族的类型名称

3.4 二普土壤剖面点

二普完成了大量的土壤剖面调查，在土壤三普中，要把二普土壤剖面样点信息挖掘利用好。许多省份相关单位都整理了本省范围的二普土壤剖面调查点数据。二普土壤剖面点的土壤类型名称，存在同土异名、同名异土等分类问题，须依据《第三次全国土壤普查暂行土壤分类系统（试行）》进行标准化处理。二普土壤剖面点当时还没有使用 GPS 定位，其原始位置描述通常是行政区划（县、乡、村）和方位距离等粗略位置信息；在二普土壤剖面点整理中，往往结合环境因素数据如地形地貌、母质和土地利用等，在影像或地图上大致定义位置，生成二普土壤剖面点的地理坐标，存在位置不确定性。因此，在国家下发样点校核阶段或土壤图野外校核时，土壤调查专家实地检查每个二普土壤剖面点的土壤类型，经过实地检查的二普土壤剖面点，可用于本次土壤图编制。对于可达性较差的山地丘陵等自然林地草地等区域的二普土壤剖面点，熟悉区域土壤景观的土壤调查专家可通过专家经验对剖面点土壤类型进行判别，不需实地检查。二普土壤剖面点数据信息，同表 4。

3.5 三普土壤表层点/属性图

表层土壤属性在部分情况下一定程度上可辅助区分某些土壤类型，可以利用与土壤分类相关的表层调查数据。土壤三普表层调查数据包括每个表层样点的坐标位置、土壤有机质含量、砾石体积含量、碳酸钙含量、pH、砂粒、粉粒、黏粒含量、质地类型、盐分、碱化度等指标数据，推荐直接使用表层土壤属性数字制图成果。在二普土壤图野外校核中，这些表层土壤属性分布图在一定程度上可辅助区分某些土壤类型；在数字土壤制图中，可作为环境协同变量。

3.6 环境要素数据

环境变量的选取原则：基于土壤发生学理论，考虑制图区域的土壤景观特点和成土环境条件，选取与土壤类型形成与演变相关或协同的环境因素变量。成土环境要素数据主要包括气候、母岩母质、地形及成因地貌类型、土地利用现状及变更、土地整理与复垦、土壤改良、植被、水文地质、遥感影像等。省级土壤普查办组织开展相关数据资料的协调调度。土壤类型制图专业队伍，开展数据资料的规范化、标准化整理制备。省级土壤普查办组织市县收集水文地质、近 40 年土地利用变化类型（例如水改旱、旱改水、水改园等）及变化年限、土壤改良、土地平整，以及通过覆土、填埋方式建成的新增耕地的空间分布数据资料。

表 5 列出了环境因素变量和数据来源。对土壤发生分类的制图，仅制备县级土壤类型制图更新需要的 30 m 分辨率的环境变量图层数据，采用 GeoTIFF 数据格式；在图层制备时，应在空间范围上比实际制图范围（县域行政边界）外扩 5 个像元的距离（即外扩 150 m），防止矢栅转换处理后的土壤类型图与实际制图区矢量边界（县域边界）之间有缝隙。对于土壤系统分类的制图，仅制备省级土壤类型制图更新需要的 250 m 分辨率的环境变量图层数据，采用 GeoTIFF 数据格式；在图层制备时，应在空间范围上比实际制图范围（省域行政边界）外扩 5 个像元的距离（即外扩 1 250 m），防止矢栅转换处理后的土壤类型图与实际制图区矢量边界（省域边界）之间有缝隙。

表 5 环境因素变量数据

名称	数据描述	来源
气候	近 30 年的年均气温、年降水量、太阳辐射量、蒸散量、相对湿度、 ≥ 10 °C 积温等，1 km 分辨率	WorldClim v2 数据；中国气象数据网
母质岩性	1：20 万地质图，矢量图层	全国地质资料馆网
地貌	地貌单元，包括基本地貌类型、形态和成因类型，矢量图层	中国科学院地理科学与资源研究所 1：100 万中国地貌图
地形	高程、坡度、坡向、剖面曲率、平面曲率、地形湿度指数、地形部位等	国家基础地理信息中心 1：25 万、1：5 万数字高程模型（DEM）；SRTM DEM 90 m；ASTER GDEM 30 m；ALOS DEM 12 m
植被	植被类型、归一化植被指数、比值植被指数、增强植被指数，近 10 年	中国科学院植物研究所 1：100 万中国植被类型图；MODIS 250 m、TM/ETM/OLI 30 m、Sentinel-2 10 m/20 m 的植被指数
地下水	地下水埋深、矿化度，1：25 万比例尺，矢量图层	地矿部门
土地利用	国土二调（2009 年）和国土三调地类（2019 年），矢量图层	自然资源部门
土地平整	土地平整的空间分布，矢量图层	自然资源部门
新增耕地	2000 年以后，复垦、填埋等新增耕地，矢量图层	自然资源部门
高分影像	最新，栅格图层， ≤ 4 m 分辨率	高分系列遥感数据
时序影像	1980—2020 年，多光谱（可见光、近红外、热红外）波段及衍生指数，栅格图层，10~30 m 分辨率	TM 和 Sentinel 系列等遥感数据
地表动态反馈变量	对平缓地区，推荐基于时序遥感影像计算的反映土壤水热行为、轮作方式等的环境协同变量	MODIS 和 Sentinel 系列等遥感数据

对于地形平缓地区，除了高分辨率数字高程模型之外，还应更多地考虑使用母质和地下水及与其相关的因素变量信息，地貌类型图、地质图、遥感动态观测、与水体距离等环境协同变量。

4 县级土壤类型制图

制图之前，制图者应根据县土种志、土壤图、农业生产和农田建设等资料，了解制图区自然地理和耕作历史与现状，理解主要成土过程、成土因素及其与土壤类型分布之间的发生关系，熟悉土种的分类诊断指标。

4.1 有土种图的做法

基本思路：在有二普县级土种图时，主要针对除了县级土种图缺失之外的其他 4 个问题（土壤分类混乱、土壤边界偏差、土壤类型错误和土壤类型发生改变），通过土壤类型与环境因素空间分析、二普土壤图室内校核、土壤类型改变区提取、二普土壤图野外校核、数字土壤制图等技术方法，从不同的角度或方面，室内与野外工作相结合，实现二普县级土壤图的制图更新，技术框架如图 2 所示。

根据技术框架，二普土壤图坐标系转换，是从空间参考系统上对二普土壤图进行了更新；二普土壤图分类校准，解决了土壤分类的历史遗留问题，从土壤分类系统上对二普土壤图进行了更新。这两

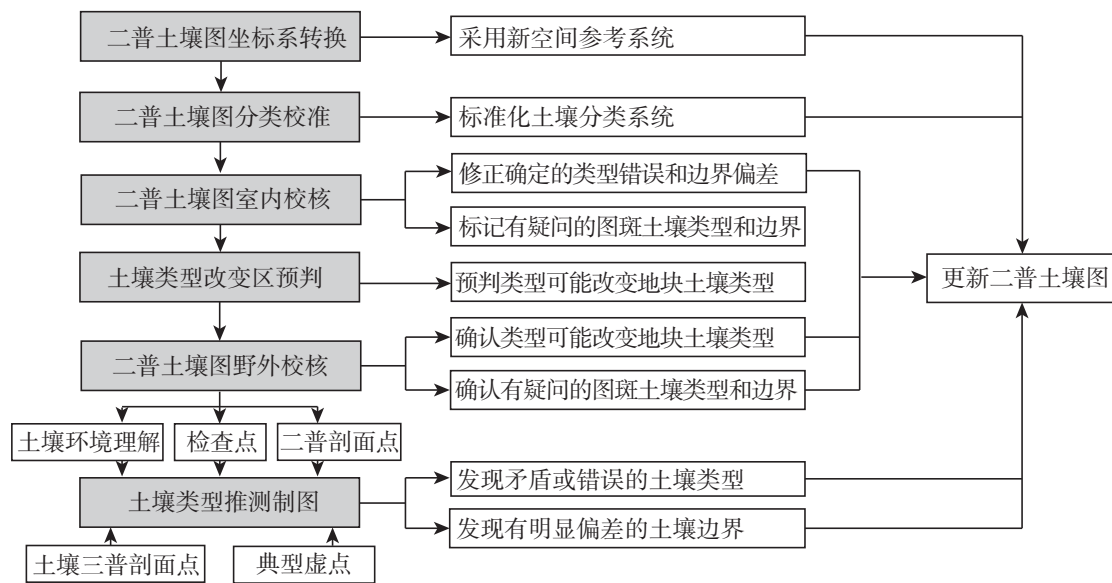


图2 有县级土种图时土壤类型制图更新的技术框架

个步骤都是国家层面处理完成的，由全国土壤普查办统一发放给各省已经过这两步处理的二普土壤图。因此，接下来分别对二普土壤图室内校核、土壤类型改变区提取、二普土壤图野外校核、土壤类型推测制图4个步骤进行介绍。

4.1.1 二普土壤图室内校核

以全国土壤普查办下发的经坐标系转换和分类校准后的二普县级土壤图为基础，由土壤制图、土壤调查分类和地理信息技术专家配合，室内对二普土壤图中图斑土壤类型错误和土壤边界偏差两个方面进行检查校准。这些错误或偏差主要来源于二普制图所用基础资料粗略、制图人员专业水平差异、二普分类系统未反馈更新、纸质图局部变形、纸质图数字化错误等。

校核的原则：只对比较肯定是错误的图斑类型和明显的边界偏差进行纠正，而对不确定的尚需野外核查的图斑类型和土壤边界可进行标记。

校核的方法：将土壤图斑边界叠加在新的高分影像（空间分辨率 $\leq 4\text{ m}$ ）、国土三调土地利用现状图、数字高程模型（DEM，空间分辨率 $\leq 10\text{ m}$ ）、母质图上，由土壤调查专家和GIS操作员配合，运用土壤类型与成土环境因素的发生学关系原理，进行错误和偏差的判别及图斑修正。

经过室内校核之后，二普土壤图的图斑土壤类型无明显错误，图斑边界无显著偏差或错位，同时标记了不确定的尚需野外核查的图斑类型和土壤边界。

4.1.1.1 图斑类型室内校核

检查图斑土壤类型名称与成土环境因素（母质、海拔、坡度、地形部位、土地利用等）的一致性，发现并纠正明显错误的土壤类型名称。注意：对于土地利用变化等造成的图斑土壤类型名称与土地利用现状不吻合的情况，例如坡梯田退耕还林、林地开垦为耕地，不属于本步骤室内校核的范围，但可对图斑进行标记。对自然土壤可在土属级别进行检查校核，对农业土壤可在亚类级别进行检查校核。对于常见错误列出检查清单，室内校核者可对照检查清单逐项检查，对错误的图斑土壤类型，可参照区域土壤类型分布规律和附近环境条件相似图斑的土壤类型进行纠正。重点检查如下内容。

(1) 土壤类型与母质岩性是否吻合，例如冲积母质上是地带性土壤图斑，很可能错了，再如有些区域母质岩性是关键因素，空间叠加母质岩性图就很容易检查土壤类型是否正确。

(2) 土壤类型与地形是否吻合，例如淹育、渗育、潴育、潜育水稻土发育在不同的地形部位及水文条件上。

(3) 对同一土种的所有图斑，检查成土母质是否一致，景观特征、地形部位、水热条件是否相近或相似。

(4) 检查土壤类型与土壤属性分布是否吻合,有些土种名称直接表达了土壤有机质含量的高低(例如,油×土/田、乌×土/田;灰×土/田;瘦×土、瘠×土、薄×土)、土壤盐分的相对高低(例如,轻盐×土;中盐×土;重盐×土)或者土壤质地(例如,砂质×土;壤质×土;黏质×土),利用表层样点理化性质可以对这些土种进行检查。

4.1.1.2 图斑边界室内校核

地形地貌、母质、植被、土地利用等在景观上的明显变异点是确定土壤边界的依据。例如,地形控制着地表水热条件的再分配,影响土壤形成过程,不同土壤类型界线,常随地形的变化而变化。水田的边界通常就是水稻土与其他土壤类型的边界,但是土地利用方式之间边界并不一定是土壤类型边界。列出图斑边界室内校核的检查清单,室内校核者可对照检查清单逐项检查,对偏差的土壤边界进行修正。图斑边界的检查主要有:图斑边界在局部地区明显的空间错位;在地形起伏较大的山地丘陵区,土壤边界线与地形地貌的明显变异处是否基本吻合;土壤边界线与母质在景观上的变异是否基本吻合等。

4.1.2 土壤类型可能改变区提取

土壤类型发生改变的原因很多,各种自然和人为成土因素的变化都可能引起土壤类型的变化。其中,最主要的是土地利用根本性改变,例如旱改水、水改旱、退耕还林还草、林草沼泽等自然利用类型改为旱地或水田等,以及农田建设措施,如土壤改良、矿区复垦、坑塘填埋等。其次是气候变化、地下水位下降或自然的土壤发生过程造成关键诊断指标的根本性改变,例如腐殖质积累、脱盐、石灰性等。

以室内校核之后的二普土壤图为基础,结合国土三调土地利用类型图,对第二次土壤普查以来成土环境尤其是土地利用状况发生明显变化导致土壤类型可能改变区域地块(面积50亩以上)进行提取,然后在国家下发的表层或剖面样点的现场校核阶段,通过乡镇和村组支持配合,调查获取各地块的变更年限、种植作物等关键信息,为下一步在二普土壤图野外校核中设计校核路线、判别这些区域的土壤类型改变提供基础。

4.1.2.1 可能引起土壤类型改变的主要情形

根据县域实际,分析县域内可能引起土壤类型改变的主要情形。不同县域通常会有差异。主要有下列情形:①水田改为旱地、园地、林地、草地;②旱地、林地、草地等改为水田;③覆土、填埋等方式建成的新增耕地;④脱盐和次生盐渍化;⑤潜育化土壤因水分条件变化脱潜;⑥沿海滩涂扩张;⑦表土层因土壤侵蚀导致表土层变薄或表土层消失;⑧其他。

4.1.2.2 筛选土壤类型可能改变区域地块

所用数据:经室内校核后的二普土壤图、国土三调土地利用类型图。如有条件获得国土二调土地利用类型数据,也可以结合起来进行土壤类型可能改变区域地块的提取。

筛选方法:首先,把国土三调土地利用类型图和二普土壤图进行空间叠加分析,利用GIS软件提取符合要求的地块,再进行人工筛选优化地块边界,形成土壤类型可能变更的地块分布图。筛选操作流程包括地块初筛、地块归并、图斑筛选、信息提取4个步骤,通过GIS软件实现。图3显示了水改旱地块的筛选操作流程。

(1) 水改旱和旱改水的地块筛选。

即二普土壤图上土壤类型为水稻土,国土三调土地利用类型图上土地利用方式为旱地、园地、林地、草地的地块。旱改水地块,即二普土壤图上土壤类型为非水稻土,国土三调土地利用类型图上土地利用方式为水田的地块。当国土三调土地利用图斑与二普土壤图重叠比例超过50%,按照整图斑提取。将集中连片的相邻图斑做归并处理;对于边界之间存在沟渠路等要素但距离小于10m的图斑,使用GIS聚合面功能进行归并,勾绘出符合要求的地块边界。然后,通过人工筛选方式对归并后面积大于50亩的地类为旱地、果园、茶园、林地、草地等的图斑提取出来。

(2) 复垦等新增耕地的地块筛选。

根据2000年以后新增耕地分布,将集中连片的相邻图斑做归并处理,对边界之间存在沟渠路等

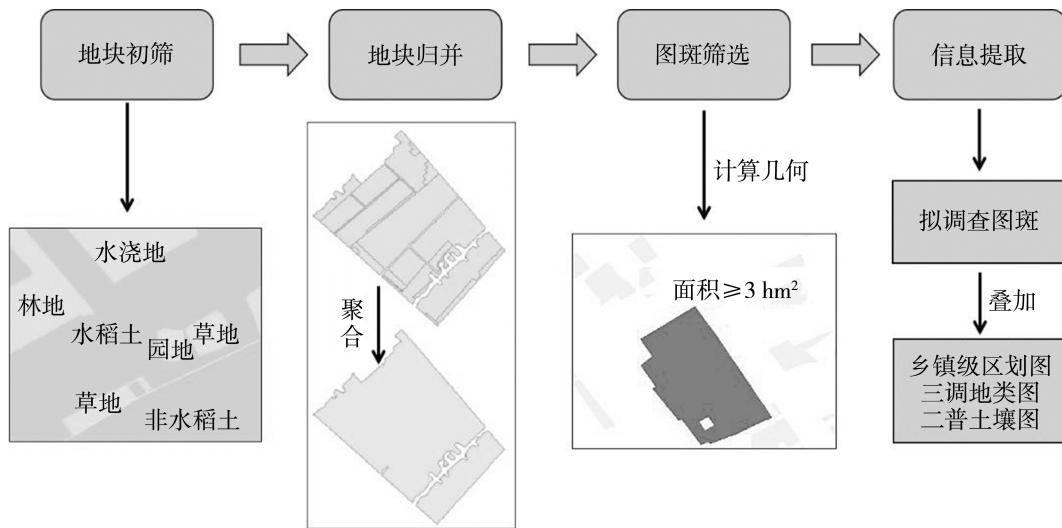


图3 水改旱地块的筛选操作流程

要素但距离小于 10 m 的图斑，通过 GIS 聚合面功能归并，勾绘出符合要求的地块外边界，再通过人工筛选方式对归并后面积大于 50 亩的地块，作为新增耕地地块。

（3）脱盐、潜育土壤、沿海滩涂的地块筛选。

提取二普土壤图上土壤类型为轻度、中度和重度盐土，国土三调土地利用类型图上土地利用方式为耕地的地块，提取二普土壤图上潜育土壤类型图斑，提取出国土三调土地利用类型图上连片面积在 100 亩以上的为沿海滩涂的地块。进行地块归并，在归并后地块中提取连片面积在 100 亩以上的地块，作为脱盐地块、潜育土壤地块和沿海滩涂地块。

对上述筛选出的地块编号，地块原则上不跨乡镇。将地块分别与行政区划、土地利用现状、二普土壤图叠加，提取地块编号、乡镇名称、建制村名称、图斑编号、地类名称、土壤类型、面积等信息，用于对筛选出的地块进行变更年限和种植作物等关键信息调查。

4.1.2.3 获取区域地块的关键信息

根据筛选得到的地块分布图，在样点校核阶段，对各类地块图斑的变更年限、种植作物、产量、施肥情况等信息进行现场调查，变更年限分为 5 个时间段，即 1~4 年、5~9 年、10~14 年、15~19 年、20 年及以上。将地块图斑数据转化为 KML 格式数据，导入手持终端遥感地图上或奥维地图，现场调查时导航前往图斑所在位置，在乡镇村组农技人员配合下，进行地块变更信息核查与获取。

4.1.3 二普土壤图野外校核

二普土壤图野外校核的目的：一是对土壤类型可能改变的地块图斑进行土壤类型的野外判别确定，二是对室内粗校检查中不确定、有疑问的图斑类型和土壤边界进行野外核查，三是对粗略定位的二普土壤剖面点的土壤类型进行野外确认，四是为制图者能够从县域全局上理解把握土壤类型与成土环境关系，同时通过打土钻或专家经验的方式快速拾取能代表土壤类型变异全局的检查点。

野外校核队伍中要求有土壤调查分类、土壤制图专家和熟悉当地土壤的专家。

野外校核思路：依托代表性路线，在图斑中心设置检查点，主要对图斑土壤类型进行校核。

需要准备的工具包括土钻、橡皮锤、锹、刀具、试剂、野外速测设备、相机等，需要准备的资料包括县土种志、经校准的二普土壤图、野外路线校核检查点记录表（图 4）。

具体方法：根据具体县域的土壤景观空间分异特点，设计至少 3 条贯穿全域的代表性路线，依托这些路线开展校核，路线要覆盖土壤类型可能改变的区域，穿过各类可能改变区（例如水改旱、旱改水、新增耕地、脱盐区等）的代表性图斑（例如，水田改茶园+变更时长 10~14 年）中心、室内校核有疑问的图斑、二普土壤剖面点所在区域。沿路线设置系列检查点（图斑中心）。通过打钻或专家经验现场判别土种类型，GPS 记录检查点的经纬度坐标、景观部位和土壤利用情况等信息。

通过土壤图野外路线校核工作，核对了土地利用更等地块图斑的土壤类型变化情况，核对了室内粗校中有疑问的图斑土壤类型和图斑边界，野外确认了坐标定义后二普土壤剖面点的土壤类型（如有），拾取了代表县域全局土壤类型与成土环境关系的检查点，这些检查点可用于土壤类型建模制图。

编号	经度/ (°E)	纬度/ (°N)	村镇名	地类	编号	经度/ (°E)	纬度/ (°N)	村镇名	地类
C01	121.114 669	31.561 037	太仓 塘桥村	水田-林地	CN01	121.138 494	31.648 054	太仓 时思村	水田
二普土壤类型	水稻土_渗育水稻土_ 砂夹垅_砂夹垅土				二普土壤类型	水稻土_渗育型水稻土_ 砂夹垅_砂夹垅土			
二普土种名	省级修订土种名		图斑面积/ hm ²		二普土种名	省级修订土种名		图斑面积/ hm ²	
砂夹垅土	潮灰土		37.55		垄泥土	垄泥土		27.45	
室内初步预测土种：（夹砂土）					室内初步预测土种：（垄泥土）				
土钻点 经度/ (°E)	土钻点 纬度/ (°N)	实际地类变化模式			土钻点 经度/ (°E)	土钻点 纬度/ (°N)	实际地类模式		
调查日期		校核专家			调查日期		校核专家		
野外土种校核结果：					野外土种校核结果：				
备注：					备注：				

图4 土地利用变更区（左）和未变更区（右）检查点的校核

4.1.4 土壤类型推测制图

4.1.4.1 拾取土壤类型典型虚点

在土壤类型没有改变的区城，若剖面调查样点和检查点数量少分布局限，建模样点不足时，可以从二普土壤图上拾取土壤类型典型点（虚点，非实际调查观测点）作为补充性样本点。生成土壤类型典型虚点的方法有两个。

方法一：熟悉县域土壤景观的调查专家，结合二普土壤图和高分遥感影像等，直接在影像图上标出某土种的典型位置点位，作为该土种的典型虚点，典型虚点数量可以多个。

方法二：对二普土壤图上每个土种的所有图斑区域进行关键成土因素变量（如高程、坡度、母质等）的数据频率分布分析，得到每个关键环境协同变量的典型数值区间，映射到地理空间，得到每个环境协同变量的典型区域分布范围图层，空间求交，得到该土种的典型环境条件分布区或多个斑块，提取斑块中心点位置作为该土种的典型虚点。

4.1.4.2 准备环境协同变量

成土环境变量是土壤推测制图的抓手。母质岩性、地貌类型、高程、坡度、坡向、坡位、平面曲率、剖面曲率、地形湿度指数、遥感光谱、植被指数、轮作方式、近40年土地利用变化及变化年限、土壤改良、土地平整、复垦等图层数据。对于地形起伏较小的平缓地区，关键是环境变量的使用，应挖掘与土壤类型变异空间协同的环境变量，使用高分辨率（≤10 m）数字高程模型、地貌类型、地质图、遥感影像及衍生变量（波段、指数、地表动态反馈变量）、与水体距离等。另外，可以对表层

调查样点进行简单空间插值后生成表层关键土壤属性图层（如土壤有机质含量、质地、pH、碳酸钙含量等）作为协同变量使用。注意：在准备环境协同变量方面，一定要结合地方土壤分布与成土因素的发生关系，挖掘利用有效的地域性的环境协同变量。

4.1.4.3 土壤类型建模制图

基于土壤样点和成土环境变量数据，建立土壤类型与环境条件的定量模型，进行土壤类型空间推测，识别各土种在县域内的空间分布及土种之间的边界。土壤样点主要包括土壤三普剖面样点、二普土壤剖面点、二普土壤图野外校核检查点、土壤类型典型虚点。

土壤类型制图推荐采用随机森林模型，随机森林可理解为由多个分类决策树组成的模型，亦可选择使用相似推测模型。使用提供的 R 代码（熟悉代码人员）或界面化易操作的软件工具（不熟悉代码人员），建立随机森林模型，确定模型参数，生成栅格格式的县域土种空间分布图和不确定性分布图。

采用 3×3 平滑窗口对土种分布栅格图层进行平滑滤波处理，去除那些与周围土壤类型不同、面积微小的、无意义的独立像元或多个聚合像元，突出土壤类型变异规律，净化图面。用 GIS 软件的矢栅转换工具 Raster to Polygon，将平滑之后的栅格图层转为多边形矢量图层，得到土种类型图斑图，根据最小上图图斑面积，把小于最小图斑面积的图斑合并到相邻图斑或多个小图斑合并为一个较大图斑，再用平滑工具 Simplify Polygon、Smooth Polygon、Simplify Line 等，对多边形图斑边界线进行简化与平滑，同时消除矢量化产生的细碎图斑（与邻近面积大的图斑合并），生成基于土壤推测制图的土种分布图和不确定性分布图。

4.1.5 形成土壤三普土壤图

(1) 通过上述土壤图野外路线校核工作，获得了土壤类型改变区代表性图斑的土壤类型变化情况，经过归纳整理，形成县域内土地利用变更等原因导致土壤类型变化的知识规则，根据这些知识规则对土壤类型改变区进行图斑类型和边界更新。

(2) 通过上述土壤类型推测制图，得到土种分布图及其不确定性分布图。依据推测制图精度和不确定性，选出土壤推测制图结果中不确定性较小（即推测较为可信）的图斑，在 GIS 软件中空间叠加在经室内校核的二普土壤图上。若与二普土壤图图斑的土壤类型或边界不一致，结合专家研判，对二普土壤图上相应图斑进行修改和替换，完成土壤类型未改变区的制图更新。

(3) 将土壤类型改变区更新图斑与土壤类型未改变区更新图斑在 GIS 软件工具中进行合并和融合，生成土壤三普土壤类型图。

原则上，1:5 万县级土壤图的最小上图单元控制在图上 0.5 cm²，实地面积 12.5 hm²（187.5 亩），注意具体执行中要考虑区域土壤景观实际灵活处理。例如，我国西南的云贵川渝地区多为丘陵山地，耕地多呈不连续小片分散分布在河谷地带，最小上图单元面积可以更小。

4.2 无土种图的做法

4.2.1 基本思路

在缺失县级土种图时，采用数字土壤调查制图技术，建立土种类型与成土环境因素之间的定量关系，识别土种分布边界，生成土种分布图。无土种图的县域，通常有较为粗略的土属图。对于数字制图，土属图可作为一个分区变量，在各区内进行土种空间预测，识别土种边界，亦可将土属图作为一个类型变量，参与建模制图。

可用于制图建模的样点包括两个方面。

(1) 本县域：本次剖面调查点、土壤类型未变化区域的二普土壤剖面点、土壤类型典型虚点。

(2) 土壤景观相似的邻近县域：本次剖面调查点、检查点、土壤类型未变化区域的二普土壤剖面点和土壤类型典型虚点。

4.2.2 技术步骤

(1) 据县土种志、土壤图、农业生产和农田建设资料等，了解制图区自然地理和耕作历史与现

状，理解主要成土过程及其与土壤类型之间的发生关系，熟悉土种的分类诊断指标和成土环境条件。

(2) 准备环境因素变量：母质岩性、地貌类型、高程、坡度、坡向、坡位、平面曲率、剖面曲率、地形湿度指数、遥感光谱、植被指数、轮作方式、近 40 年土地利用变化及变化年限、土壤改良、土地平整、复垦等图层数据。对于地形起伏较小的平缓地区，关键是环境变量的使用，应挖掘与土壤类型变异空间协同的环境变量，使用高分辨率（ $\leq 10\text{ m}$ ）数字高程模型、地貌类型地质图、遥感影像及衍生变量（波段、指数、地表动态反馈变量）、与水体距离等。

(3) 准备土壤样点，包括本县域和邻近县域的剖面调查样点、检查点、土壤类型未变化区域的二普土壤剖面点和土壤类型典型虚点。

(4) 根据土属类型对县域进行分区，对于每个分区，基于样点建立土壤类型与地形、母质、植被、土地利用、遥感光谱等环境变量之间的随机森林分类模型或相似推测模型；若样点数量较少，不宜分区时，则把土属类型分布图作为一个类型变量，直接参与建模；然后把环境变量作为模型输入，生成土种空间分布图，栅格格式。

(5) 采用 3×3 平滑窗口对土种分布栅格图层进行平滑滤波处理，去除那些与周围土壤类型不同、面积微小的、无意义的独立像元或多个聚合像元，突出土壤类型变异规律，净化图面。用 GIS 软件的矢栅转换工具 Raster to Polygon，将平滑之后的栅格图层转为多边形矢量图层，再用平滑工具 Simplify Polygon、Smooth Polygon、Simplify Line 等，对多边形图斑边界线进行简化与平滑，同时消除矢量化产生的细碎图斑（与邻近面积大的图斑合并）。最终生成的土种分布图，原则上最小上图单元控制在图上 0.5 cm^2 ，实地面积 12.5 hm^2 （187.5 亩），具体执行中要考虑区域土壤景观实际灵活处理。例如，我国西南的云贵川渝地区多为丘陵山地，耕地多呈不连续小片分散分布在河谷地带，最小上图单元面积可以更小。

5 地市级土壤类型制图

采用制图综合技术，对县级土种分布图进行制图综合，生成地市级土种分布图。

制图综合要遵循以下原则：一是各图斑中的制图单元要正确反映实地的土壤类型和组合土壤类型；二是图斑结构、形状和组合要正确反映土壤分布规律和区域分布特点；三是保持各类土壤面积的对比关系和图形特征。制图综合方法主要包括内容综合、图斑取舍、图斑合并、轮廓简化和成分组合等，使用 GIS 软件工具操作实现。

基本技术流程如图 5 所示。

主要步骤如下。

(1) 据地市级土种志和土壤图等资料，了解自然地理概况和农业耕作历史与现状，认真研究土壤类型及其特征，研究各种土壤类型形成与地貌、地质、植被和农业生产利用的关系，了解制图区域土壤空间分布特点。

(2) 使用 GIS 软件镶嵌工具 Mosaic to New Raster，将一个地级市内所有新生成的县级土种图栅格图层合并为一个图层，数据文件使用 GeoTIFF 格式。

(3) 使用重采样工具 Resample，采用 Majority 算法，将该地市土种分布栅格图层从 30 m 重采样为 90 m 分辨率。

(4) 采用 3×3 平滑窗口对土种栅格图层进行平滑滤波处理，去除那些与周围土壤类型不同、面积微小的、无意义的独立像元或多个聚合像元，以突出土壤类型变异规律，净化图面，增强易读性。

(5) 使用矢栅转换工具 Raster to Polygon，将平滑之后的土种栅格图层转为多边形矢量图层，矢量图层文件用 shapefile 格式；再使用平滑工具 Simplify Polygon、Smooth Polygon、Simplify Line 等，对图斑边界线简化平滑处理，消除矢量化产生的细碎图斑（与邻近面积大的图斑合并），原则上最小上图单元控制在图上 0.4 cm^2 ，实地面积 252 hm^2 （3 780 亩）。

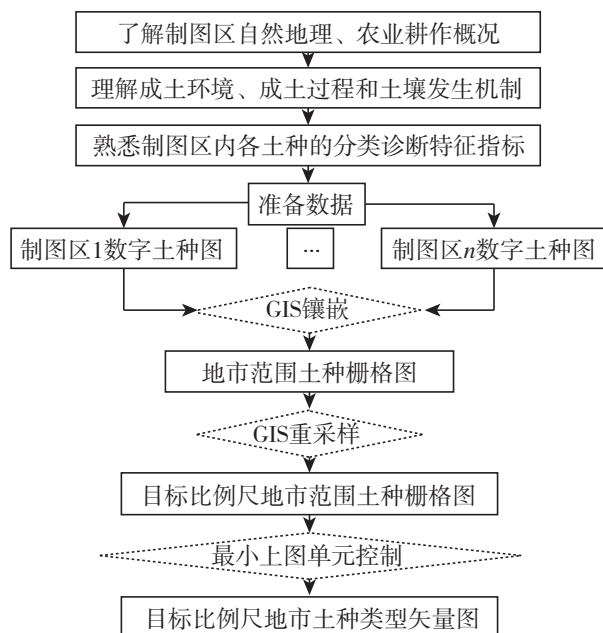


图5 地市级土种制图基本技术流程

6 省级土壤类型制图

省级土壤类型制图分别编制基于中国土壤发生分类的省级土属分布图和基于中国土壤系统分类的省级土族分布图。采用制图综合技术，对地市级土属分布图进行制图综合，生成省级土属分布图；采用数字土壤制图技术，使用省域内本次剖面调查点、检查点、土壤类型未改变区的二普土壤剖面点和土壤类型典型点（虚点）数据，结合成土环境因素数据，建立土族类型与成土环境因素之间的定量关系，生成省级土族分布图。

6.1 土壤发生分类土属制图

对地市级土种分布图进行制图综合，生成省级土属图。

制图综合要遵循以下原则：一是各图斑中的制图单元要正确反映实地的土壤类型和组合土壤类型；二是图斑结构、形状和组合要正确反映土壤分布规律和区域分布特点；三是保持各类土壤面积的对比关系和图形特征。制图综合方法主要包括内容综合、图斑取舍、图斑合并、轮廓简化和成分组合等，使用 GIS 软件工具操作实现。

基本技术流程如图 6 所示。

主要步骤如下。

(1) 据省土种志和土壤图等资料，了解自然地理概况和农业耕作历史与现状，理解成土过程及其与土壤类型的发生关系，熟悉不同土属的分类诊断特征。

(2) 使用 GIS 软件镶嵌工具 Mosaic to New Raster，将一个省域内所有地市级土种图栅格图层合并为一个图层，数据文件使用 GeoTIFF 格式。

(3) 使用重分类工具 Reclassify，将同一个土属的所有土种合并为一类，赋值为该土属的编号，生成该省（区、市）土属空间分布栅格图层。

(4) 使用重采样工具 Resample，采用 Majority 算法，将该省（区、市）土种分布栅格图层从 90 m 重采样为 250 m 分辨率。

(5) 采用 3×3 平滑窗口对土属栅格图层进行平滑滤波处理，去除那些与周围土壤类型不同、面

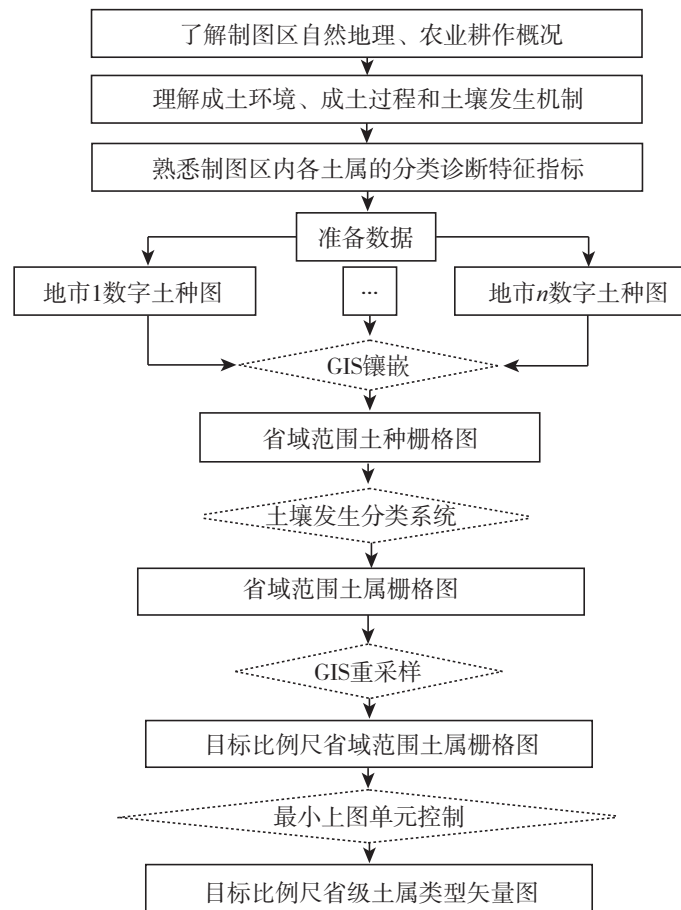


图6 省级土属制图基本技术流程

积微小的、无意义的独立像元或多个聚合像元，以突出土壤类型变异规律，净化图面，增强易读性。

(6) 使用矢栅转换工具 Raster to Polygon，将平滑之后的土属栅格图层转为多边形矢量图层，矢量图层文件用 shapefile 格式；再使用平滑工具 Simplify Polygon、Smooth Polygon、Simplify Line 等，对图斑边界线简化平滑处理，消除矢量化产生的细碎图斑（与邻近面积大的图斑合并），原则上最小上图单元控制在图上 0.2 cm^2 ，实地面积 500 hm^2 （7 500 亩）。

6.2 土壤系统分类土族制图

在省级，土壤系统分类的土族制图的主要步骤如下。

(1) 据省土种志和土壤图等，了解省域自然地理和耕作历史与现状，理解成土环境、成土过程及其与土壤类型的发生关系，熟悉每个土族的分类诊断特征指标。

(2) 准备环境变量：年均气温、年降水量、母质岩性、地貌类型、高程、坡度、坡向、剖面曲率、地形湿度指数、植被指数、地下水、种植制度、遥感光谱、近 40 年土地利用变化及变化年限、土壤改良、土地平整以及复垦等。对于地形起伏较小的平缓地区，关键是环境变量的使用，应挖掘与土壤类型变异空间协同的环境变量，使用高分辨率（ $\leq 10 \text{ m}$ ）数字高程模型、地貌类型、地质图、遥感影像及衍生变量（波段、指数、地表动态反馈变量）、与水体距离等。

(3) 准备土壤样点，包括本省域和邻省（省界 30 km 距离范围内）的剖面调查样点、检查点、土壤类型未变化区域的二普土壤剖面点和土壤类型典型点。

(4) 建立推测模型。使用提供的 R 代码（熟悉代码人员）或界面化易操作的软件工具（不熟悉代码人员），基于样点建立土族类型与气候、地形、母岩母质、植被、土地利用、遥感光谱等环境变量之间的随机森林模型或相似推测模型，确定模型参数。

(5) 进行推测制图。将环境因素变量图层输入模型，推测每个像元位置的土族类型，估算每个像元推测结果的不确定性指数，生成土族分布图和不确定性分布图，栅格格式。

(6) 采用 3×3 平滑窗口对土族分布栅格图层进行平滑滤波，去除那些与周围土壤类型不同、面积微小的、无意义的独立像元或多个聚合像元，突出土壤变异规律，净化图面。用GIS软件的矢栅转换工具 Raster to Polygon，将平滑之后的栅格图层转为多边形矢量图层，再用平滑工具 Simplify Polygon、Smooth Polygon、Simplify Line 等，对多边形图斑边界线进行简化与平滑，同时消除矢量化产生的细碎图斑（与邻近面积大的图斑合并）。生成最终的土族分布图，原则上最小上图单元控制在图上 0.2 cm^2 ，实地面积 500 hm^2 （7 500 亩）。

7 国家级土壤类型制图

国家级土壤类型制图分别编制基于中国土壤发生分类的全国土壤亚类分布图和基于中国土壤系统分类的全国土壤亚类分布图。采用制图综合技术，对省级土属分布图进行制图综合生成土壤发生分类全国土壤亚类分布图，对省级土族分布图进行制图综合生成土壤系统分类全国土壤亚类分布图。

7.1 土壤发生分类亚类制图

对省级土属分布图进行制图综合，生成土壤发生分类的全国土壤亚类图。

制图综合要遵循以下原则：一是各图斑中的制图单元要正确反映实地的土壤类型和组合土壤类型；二是图斑结构、形状和组合要正确反映土壤分布规律和区域分布特点；三是保持各类土壤面积的对比关系和图形特征。制图综合方法主要包括内容综合、图斑取舍、图斑合并、轮廓简化和成分组合等，使用GIS软件工具操作实现。

基本技术流程如图7所示。

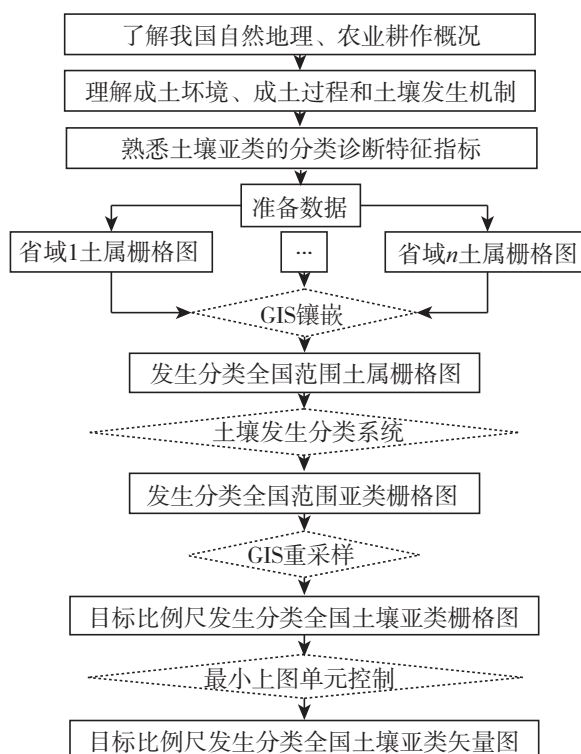


图7 土壤发生分类亚类制图基本流程

主要步骤如下。

- (1) 根据《中国土壤》《中国土壤地理》等资料，了解我国自然地理概况和农业耕作历史与现状，理解成土环境、成土过程的地理分异及其与土壤发生关系，熟悉土壤亚类的分类诊断特征指标。
- (2) 用GIS软件镶嵌工具 Mosaic to New Raster，将所有省份的省级土属图栅格图层合并为一个图层。
- (3) 使用重分类工具 Reclassify，将同一个亚类的所有土属合并为一类，赋值为该亚类的编号，生成亚类分布栅格图层。
- (4) 使用重采样工具 Resample 和 Majority 算法，将亚类栅格图层从 250 m 重采样为 1 000 m 分辨率。
- (5) 采用 3×3 平滑窗口对亚类栅格图层进行平滑滤波处理，去除那些与周围土壤类型不同、面积微小的、无意义的独立像元或多个聚合像元，以突出土壤亚类变异规律，净化图面，增强易读性。
- (6) 使用矢栅转换工具 Raster to Polygon，将平滑之后的亚类栅格图层转为多边形矢量图层，采用 shapefile 数据格式；再用平滑工具 Simplify Polygon、Smooth Polygon、Simplify Line 等，对多边形图斑边界线进行简化与平滑处理，同时消除矢量化产生的细碎图斑（与邻近面积大的图斑合并），原则上最小上图单元控制在图上 0.2 cm²，实地面积 2 000 hm²（30 000 亩）。

7.2 土壤系统分类亚类制图

对数字土壤制图生成的省级土族分布图进行制图综合，生成土壤系统分类的全国土壤亚类分布图，技术流程如图 8 所示。

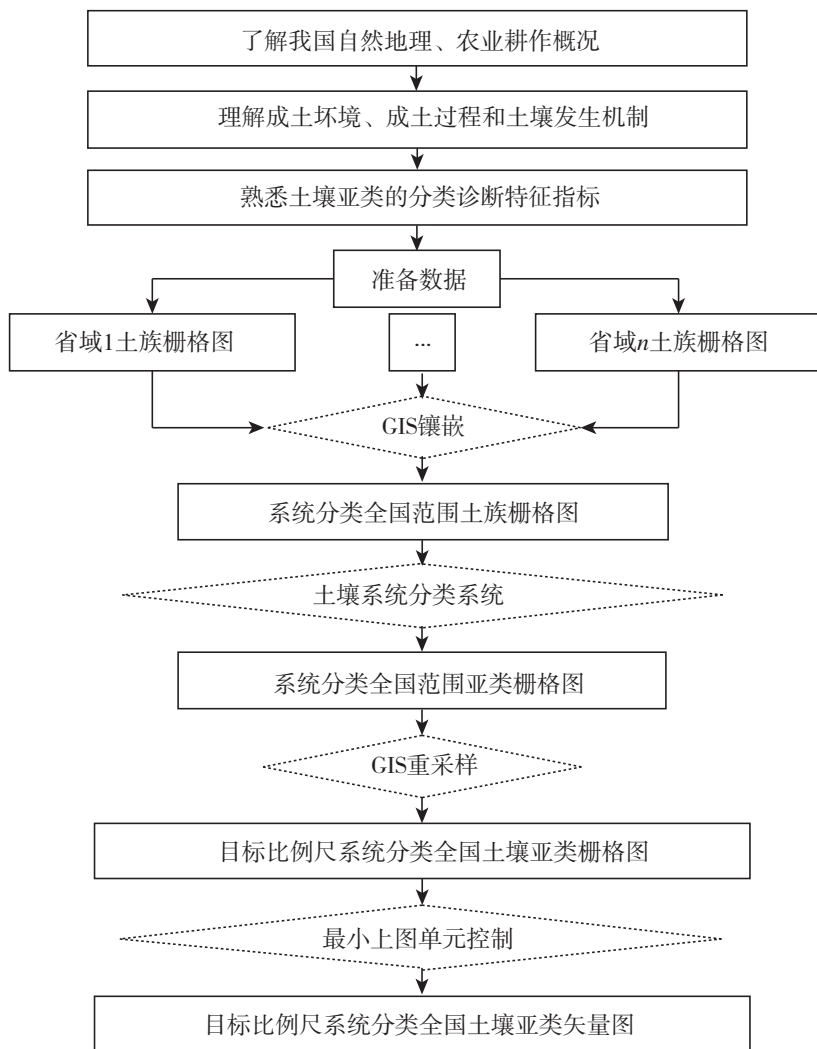


图 8 土壤系统分类亚类制图基本流程

主要步骤如下。

(1) 根据《中国土壤》《中国土壤地理》等资料，了解我国自然地理概况和农业耕作历史与现状，理解成土环境、成土过程的地理分异及其与土壤的发生关系，熟悉土壤亚类的分类诊断特征指标。

(2) 用 GIS 软件镶嵌工具 Mosaic to New Raster，将所有省份的省级土属图栅格图层合并为一个图层，数据文件采用 GeoTIFF 格式。

(3) 使用重分类工具 Reclassify，将同一个亚类的所有土属合并为一类，赋值为该亚类的编号，生成亚类分布栅格图层。

(4) 使用重采样工具 Resample 和 Majority 算法，将亚类栅格图层从 250 m 重采样为 1 000 m 分辨率。

(5) 采用 3×3 平滑窗口对亚类栅格图层进行平滑滤波处理，去除那些与周围土壤类型不同、面积微小的、无意义的独立像元或多个聚合像元，以突出土壤亚类变异规律，净化图面，增强易读性。

(6) 使用矢栅转换工具 Raster to Polygon，将平滑之后的亚类栅格图层转为多边形矢量图层，用 shapefile 数据格式；再使用平滑工具 Simplify Polygon、Smooth Polygon、Simplify Line 等，对多边形图斑边界线进行简化与平滑处理，同时消除矢量化产生的细碎图斑（与邻近面积大的图斑合并），原则上最小上图单元控制在图上 0.2 cm²，实地面积 2 000 hm²（30 000 亩）。

8 图件设计制作

图件是土壤普查的重要成果。在编制单位、图名、普查时间等制图内容，文字内容、位置、字体大小等，各地方必须采用全国统一方案，形成风格一致的土壤类型专题图集。

编制内容主要包括：图名、编制单位、制图单位及制图人员、制图时间、土壤调查时间、绘图单位及绘图人员、地图投影、比例尺。其他说明包括地理要素所采用的地形图比例尺和时间。这些内容在图廓外的位置应平衡美观。

在遵循地图通用国家标准的基础上，应主题突出，清晰易读，美观大方，有助于认识各类土壤分布及其与成土环境之间的关系以及进行面积量算统计，保证成图质量。

8.1 基础地理要素

地理底图是专业地图的骨架，根据专题图特点，对地理要素进行必要的选取，保留具有体现土壤类型或属性特征的要素，舍去干扰专题特征的地理内容，有利于突出土壤专业内容。基础地理要素包括地形、水系、居民点、交通线和境界线等。一般而言，大比例尺土壤图的背景要素表示详细些，小比例尺应概略些，专题内容详细程度大时背景要素要相对减少，减轻土壤图的负载量，参照《第三次全国国土调查技术规程》（TD/T 1055—2019）进行背景要素符号样式的设计和绘制。公共地理信息通用地图符号等参照相应国家标准制作。

8.1.1 地形

1：5 万县级土壤图，用等高线详细反映制图区域的地形特点，其等高距由地貌类型和等高线疏密程度而定，一般平原 20~50 m，丘陵 50~100 m，山区 100~200 m。1：50 万省级土壤图和 1：100 万国家土壤图上，类型数量多，图斑密度大，不用等高线表示地形背景，而用山线区分山地土壤，在山脉表面注记山峰符号、山头名称及海拔高度，参考《基础地理信息 1：10 000 地形要素数据规范》（GB/T 33462—2016）进行要素规范化。

8.1.2 水系

适当选取以反映河网密度和结构。包括河流（常年河、时令河、消失河等）、湖泊、水库、坎儿井、水渠、运河、咸水湖。湖泊、水库、水渠应尽可能在土壤图上标识。在 1：50 万省级土壤图上，河流应表示到二、三级支流，对再次一级支流根据河网密度的差异确定取舍程度。对 1：100 万国家土壤图上，应表示大型流域水系的干流和二级支流。

8.1.3 居民地（点）

根据比例尺，选择相应行政级别的居民地或居民点上图。小比例尺图，原则上选取县以上级别居民地/点，中等比例尺原则上可选择到乡镇级，大比例尺，可选择到村级，并根据居民地密度适当取舍。

8.1.4 道路

1：5万县级土壤图上，应表示全部道路；在1：50万省级土壤图和1：100万国家土壤图上，应表示全部铁路和主要公路。

8.1.5 境界线

参照自然资源部地图技术审查中心提供的标准地图，正确表示县界、市界、省界、国界，反映土壤的行政归属，便于统计不同行政区域土壤资源情况，指导农业生产和宏观决策。国界的表示，涉及国家领土主权，应清楚表示敏感地区和海洋岛屿的归属。

8.2 制图单元

土壤图中土壤类型由界线表示，土壤类型制图单元，表示图斑内容的单位，亦称上图单元，以土壤分类系统的各级分类单元为基础。土壤制图单元按内容分为土壤单元图斑和土壤复合图斑，土壤单元图斑由一种土壤分类单元构成，土壤复合图斑由两种或两种以上土壤分类单元构成。

非土壤制图单元由非土壤形成物组成的土壤图斑内容，如建成区、冰川、雪被、盐壳、盐积平原等特殊土地单元。制图符号按国家基本比例尺地图图式国家标准 GB/T 20257.1—2017、GB/T 20257.2—2017、GB/T 20257.3—2017、GB/T 20257.4—2017 进行符号化。

8.3 色标使用原则

土壤类型图色彩设计的原则如下。

(1) 反映土壤类型的分类分级系统和制图区域土壤类型的空间分异规律。用色调之间的差异表现高级土壤类型分布差异；基层土壤分类单元按照面积大小，由深至浅分配色调下的色标。

(2) 突出主题内容。制图区域宜用明色相，邻区用浅灰色相，以邻区底色为背景衬托制图区域。

(3) 模仿自然色。反映土壤类型本身的颜色，如土壤发生分类的红壤，土壤系统分类的富铁土和铁铝土等。

(4) 尽量使用习惯色。有些土壤有长久以来的习惯用色，如盐土用紫色、水稻土用蓝色、潜育土用深蓝色，在色彩定义中应尽可能使用。

(5) 高寒地区土壤。以地势和气温设计颜色，一般用冷色。

这些原则只是给出各种土壤类型的基本色相，在具体设计色样时，应适当调整，达到和谐美观的效果。按照国标《土壤制图 1：25 000 1：50 000 1：100 000 中国土壤图用色和图例规范》（GB/T36501—2018）进行规范化。

8.4 注记

8.4.1 注记内容

(1) 土壤类型标记根据图幅内容，按照分类层次进行标记。高级分类单元标记土壤类型按照对应分类系统检索表进行标注。基层分类单位按照各制图区域亚类编号后用顺序号续编。县级土壤土标记不宜跨越4个及以上分类层级，对过于复杂分类层次的标记，可根据分类层级按照编码顺序号。顺序号可采用罗马数据、阿拉伯数字和小写字母分别标记，用下划线分割，并在图例中对顺序号进行说明。对于图斑较小，采用引线标记；面积分布范围过大的制图单元，可以进行多次标记。

(2) 建成区所在市（地）、县（区）、乡（镇）政府驻地名称。

(3) 铁路站场、民用机场、港口码头、公路与铁路（及其不同方向的通达地名）名称。

(4) 重大水利设施名称。

(5) 河流、湖泊、水库、干渠、海域的名称。

(6) 国家公园、自然保护区、自然公园的名称。

(7) 其他重要地物名称。

8.4.2 注记文字

同一图形文件内注记文字种类以不超过 4 种为宜，汉字应使用简化字，按国务院颁布的有关标准执行。同类型注记的字体、大小应保持一致。底图要素中的注记文字宜以灰色、白色为主，应与必选要素、可选要素的注记文字在颜色、大小等方面有明显区别。

(1) 汉字：优先采用宋体，可选用黑体、楷体、仿宋、隶书。

(2) 英文和数字：优先采用 Times New Roman，可选用 Arial Black。

8.4.3 注记字向

居民点名称、自然地理要素名称、说明注记及字母、数字注记，字向一般为正向，字头朝北图廓。

8.4.4 注记排列

按照实际情况分别采用水平字列、垂直字列、雁行字列和屈曲字列。

(1) 水平字列：由左至右，个字中心的连线成一直线，且平行于南图廓。

(2) 垂直字列：由上至下，个字中心的连线成一直线，且垂直于南图廓。

(3) 雁行字列：各字中心的连线成一直线，且斜交于南图廓。当与南图廓成 45° 和 45° 以下倾斜时，由左至右注记；成 45° 以上倾斜时，由上至下注记。

(4) 屈曲字列：各字侧边垂直或平行于线状地物，依线状的弯曲排成字列。

8.5 图例制作

不同比例尺，图例内容不同。1:5 万县级土壤图，要用土壤类型代码、分类名称、颜色和几何图形表示制图单元；还要包括地形、地下水位、农业利用等内容，不仅反映土壤类型分布规律，还反映与土壤形成分布有关的自然因素和农业利用状况。1:50 万省级土壤图和 1:100 万国家土壤图，图例较为简单，只标出制图单位的符号或颜色、土壤名称和使用的土壤分类系统等，可用颜色和数字表明主要土壤类型。图例编排顺序，应按照分类系统中各级土壤类型的检索顺序排布。

8.6 图面配置

图面配置包括主图内容、图名、图例、比例尺、编图单位、人员、时间、地图投影、专题内容与背景要素关系、图廓设计等。

主图应占有突出位置和较大的图面空间，增强主图区域的视觉对比度，主图方向一般为上北下南。

图名应体现专题的区域和主题信息，如蒙城县土种分布图等，多位于图幅上方中央，以横排为主。

图例集中放在一起，以正确表示土壤类型分布规律和图幅内容清晰为前提，按土壤分类系统各类检索顺序布置。

制图时间和单位等文字说明，一般在图幅右下方或外图廓的右下方。

比例尺一般在图名或图例的下方，形式可以是直线或数字等。

图廓多以直线表示，一般内细外粗常有经纬度坐标注记。

9 验证评价与质量控制

9.1 验证评价

9.1.1 县级土壤图验证评价

第三方土壤调查专家（要求：未参与验证区域的制图工作），采用野外路线踏勘验证方法，对县级土壤图制图结果，在土种级别上，进行精度验证。主要步骤如下。

(1) 根据制图区域土壤景观分异特点,设计3条野外踏勘路线(可以是S形或Z形的曲线),要求路线纵贯全域,沿路线土壤景观有明显梯度变化。

(2) 从每条路线穿过的土壤图斑中随机选取10个图斑,3条路线一共选出30个图斑。

(3) 将选取的验证图斑显示在手持终端的卫星影像或奥维地图影像上,到达图斑内之后在图斑内开车或走走观察,结合影像信息,先识别图斑内主要景观环境;然后在典型景观部位,通过打土钻专家判别土壤类型,该土壤类型视为图斑的主要土壤类型;若与制图结果的土壤类型相同,认为该图斑的制图结果是正确的。

(4) 计算制图正确的验证图斑数量与验证图斑总数量(30)的比值,即是县级土壤图制图的准确度。例如,30个验证图斑中,有25个图斑主要土壤类型是制图结果的土壤类型,那么县级土壤图的准确度就认为是83%。

同时,采用会议评审或通讯评审方式,邀请土壤地理与土壤制图领域的专家(至少包括1名县级土壤专家),从土壤类型正确性、土壤边界表达、县域土壤分布规律特点体现程度等多个方面,对县级土壤图编制质量进行打分评价。

此外,对于无二普县级土壤图的制图结果,除了野外路线踏勘验证之外,增加基于样点的交叉验证,由编制该土壤图的制图专家操作。样点包括本次剖面调查样点、经过校核的二普土壤剖面样点等用于县级土壤制图的样点。当样点数量较少时(≤ 50),采用留一交叉验证方法;当样点数量较多时(> 50),采用10折交叉验证方法。根据样点位置上土壤类型的预测值和观测值,建立混淆矩阵,计算生产者精度、用户精度、总精度和Kappa系数等误差指标。

9.1.2 地市级土壤图验证评价

第三方土壤调查专家,基于地级市内所有县域的县级野外路线踏勘验证图斑,在土种级别上,对地市级土壤图进行精度验证评价。计算制图正确的验证图斑数量与验证图斑总数量的比值,即是地市级土壤图制图的准确度。

同时,采用会议评审或通讯评审方式,邀请土壤地理与土壤制图领域的专家(至少包括1名地市级土壤专家),从土壤类型正确性、土壤边界表达、地市土壤分布规律特点体现程度等多个方面,对地市级土壤图编制质量进行打分评价。

9.1.3 省级土壤图验证评价

第三方土壤调查专家,从省域内所有县级野外路线踏勘验证图斑中随机选取1/3数量的图斑,从中去掉由于制图综合过程中图斑归并操作改变了土属或土族名称的图斑,剩下的图斑作为省级土壤图的精度验证图斑。基于这些验证图斑,在土属级别上对发生分类的省级土属图进行精度验证,在土族级别上对系统分类的省级土族图进行精度验证。

同时,采用会议评审或通讯评审方式,邀请土壤地理与土壤制图领域的专家(至少包括1名省级土壤专家),从土壤类型正确性、土壤边界表达、省域土壤分布规律特点体现程度等多个方面,对省级土壤图编制质量进行打分评价。

此外,对于主要通过数字制图生成的土壤系统分类省级土族图,除了上述两种评价方式之外,增加采用10折交叉验证方法评估制图精度,由编制该土壤图的制图专家操作。

9.1.4 全国土壤图验证评价

第三方土壤调查专家,从全国范围内所有县级野外路线踏勘验证图斑中随机选取1/10数量的图斑,从中去掉由于制图综合过程中图斑归并操作改变了亚类名称的图斑,剩下的图斑作为全国土壤图的精度验证图斑。基于这些验证图斑,在亚类级别上分别对发生分类和系统分类的全国土壤亚类图进行精度验证。

同时,采用会议评审或通讯评审方式,邀请土壤地理与土壤制图领域的专家,从土壤类型正确性、土壤边界表达、我国土壤分布规律特点体现程度等多个方面,对全国土壤图编制质量进行打分评价。

9.2 质量控制

土壤制图的质量与许多因素有关,包括制图者的工作态度、对制图区土壤时空变异的认识水平、

土壤景观特点、样点数量与分布、环境变量、模型算法、空间尺度等。贯彻土壤类型图编制全程质量控制的原则，发现不符合质量要求的一律返工。采用多层检查验收制度进行质量控制。

第一层，省级制图人员自检。制图人员须详细记录整个制图过程中所有环节工作，对各环节处理是否符合技术规程规范的原则和要求进行随时自我检查，发现问题和不足，及时改进，以高度的责任感，努力提高制图质量，精益求精。

第二层，全国土壤普查办和各省土壤普查办均须组织相关专家对土壤类型图编制工作进行抽查性监督检查和指导，并提交监督检查报告。主要检查项目见表6。

第三层，各省土壤普查办组织对本省的县级、地市级和省级土壤图编制成果的审查验收，检查土壤图编制成果是否达到质量要求。验收专家须包含1/3来自省外的国家级土壤调查与制图专家，审查验收工作须在全国土壤普查办参与和监督下完成。审查验收合格，才能签字通过。原则上，野外路线踏勘验证准确度，90%以上为通过，80%以上为基本通过，低于80%为修改后再评审；土壤地理专家综合质量打分，90分以上为通过，80分以上为基本通过，低于80分为修改后再评审。

对于制图准确度较差、质量评价较低的工作，应积极研讨改进途径，直至达到质控线。若制图各环节都已尽力做到最好仍不能达到质控线，应提交详细原因分析报告，并由分区负责专家对制图过程和结果进行审核确认。

表6 土壤类型图编制质量检查项

序号	质量检查项	检查内容
1	制图人员	是否省级土壤制图专业队伍；是否培训后持证上岗；对制图区土壤景观关系是否熟悉，对土壤类型变异是否有深入理解；制图工作态度是否端正认真
2	制图过程	检查制图过程中各个环节的处理记录，是否按照统一的技术规程规范原则和要求开展工作
3	比例尺/分辨率	土壤类型图编制成果的比例尺和分辨率是否符合技术规范的原则和要求
4	坐标系和投影	是否符合技术规范的规定
5	土壤类型分布	土壤类型分布是否与地貌、水文、植被、土地利用等空间变异相符，是否正确反映制图区土壤空间分布规律和特点
6	土壤类型名称	土壤类型名称的正确性以及土壤分类系统的一致性
7	土壤图斑检查	最小上图单元面积是否符合比例尺原则要求，以及图斑聚合效果和图斑边界简化与平滑
8	数据缺失情况	是否有栅格像元空洞或图斑缺失遗漏的情况
9	制图结果验证	制图结果验证方法是否符合规范要求，路线设计与验证图斑选取是否合理，验证准确度是否达到质控要求
10	土壤边界偏差	土壤边界是否有明显偏差，不同图幅之间土壤图斑是否无缝拼接
11	图件制作	图件各项内容的设计与表达是否统一、符合规范，是否具有科学性和实用性

参考文献

- 龚子同, 2014. 中国土壤地理 [M]. 北京: 科学出版社.
中国科学院南京土壤研究所, 1978. 中国土壤 [M]. 北京: 科学出版社.

附件 A 土壤图编制技术报告提纲

××县/区/市土壤图编制技术报告提纲

××县/区/市第三次全国土壤普查办公室
2023年××月××日

第一章 土壤图编制背景

- 1.1 以往土壤调查制图工作回顾
- 1.2 传统与数字土壤制图方法
- 1.3 第三次全国土壤普查背景
- 1.4 土壤类型图编制总体思路
- 1.5 本报告的编制目的与内容

第二章 成土环境与土壤类型简述

- 2.1 成土环境
- 2.2 土壤类型

第三章 土壤图编制总体方案

三普土壤图编制方案

第四章 基础数据的收集与制备

- 4.1 成土环境因子数据
- 4.2 已有传统土壤图
- 4.3 辅助土壤制图数据
- 4.4 土壤类型数据

第五章 二普土壤图室内校核

- 5.1 图斑土壤类型的校核
- 5.2 图斑边界的校核

第六章 土壤类型改变区提取与专家预判

- 6.1 引起土壤类型改变的主要情形
- 6.2 筛选土壤类型改变区地块
- 6.3 专家预判提取地块的土壤类型

第七章 二普土壤图野外校核

- 7.1 校核方案的设计
- 7.2 野外校核的实施
- 7.3 土壤类型改变区制图更新

第八章 土壤类型数字推测制图

- 8.1 典型虚点的拾取
- 8.2 土壤景观模型构建与推测
- 8.3 土壤类型未改变区制图更新

第九章 更新后土壤图的验证评价及分析

9.1 三普土壤图的验证与评价

9.2 三普土壤图土壤类型分布特征

9.3 三普与二普土壤图的比较分析

第十章 技术总结与验收意见

10.1 技术总结

10.2 验收意见

附件 B 土壤图编制成果汇交清单

××县/区/市土壤图编制 成果汇交清单

1 图片成果

三普土壤图：tif 格式，要求 DPI 大于 300，原则要求成图比例尺为 1：5 万、上图单元到土种。面积超过 4 000 km²的县可依据面积大小制作 1：10 万~1：20 万土壤类型纸质图。

2 数据成果

以 GDB 格式存储（或者 shapfile）。

2.1 基础地理数据

包括行政区、居民点、道路、水系等矢量数据。

2.2 历史土壤调查数据

二普县级土种志剖面样点矢量数据、原二普县级土壤图矢量数据、分类校准更新后的二普县级土壤图矢量数据

2.3 成土环境数据

包括母岩母质栅格数据、地形地貌（DEM，分辨率 ≥ 30 m 及其派生的地形指数）等栅格数据、土地利用、土地整理、植被、水文状况、多源遥感影像数据等用于土壤制图更新的矢量或栅格数据。

2.4 关键过程数据

- (1) 二普土壤图室内校核前后图斑。
- (2) 重新定义坐标的二普土壤剖面样点的土壤类型野外校核结果。
- (3) 土壤类型改变区各类地块提取结果。

2.5 土壤图野外校核成果

土壤图野外校核路线矢量图、土壤类型改变区土壤类型转换规则、土壤图室内校核有疑图斑的校核结果、土壤图野外校核检查点坐标和土壤类型数据、野外路线校核工作照片。

2.6 三普土壤类型成果图

(1) 矢量土壤类型图。应包含以下字段：图斑 ID、县名（XM）、乡镇名（XZM）、面积（MJ）分类校准后原二普土类（YTL）、分类校准后原二普亚类（YYL）、分类校准后原二普土属（YTS）、分类校准后原二普土种（Y TZ）、三普土类（TL）、三普土壤亚类（YL）、三普土属（TS）、

三普土种（TZ）。

（2）最终成果图层 layout 包，包括行政边界图层、省道、国道图层、水系图层、二普县级土种志剖面样点图层、三普剖面点图层。

（3）预测结果不确定性图。

3 文本成果

土壤类型图编制技术报告。

4 成果提交

成果以压缩文件 rar 或者 zip 格式提交，文件夹包括图片成果（TPCG）、数据成果（SJCG）及文本成果（WBCG）。

命名方式：××省+××市+××县+“三普土壤类型成果”。