

附件 6

土壤类型制图技术规范

（试行）

国务院第三次全国土壤普查领导小组办公室
2022 年 5 月

目 次

1 适用范围.....	1
2 总则	1
2.1 土壤类型制图目的和原则	1
2.2 土壤类型制图的技术方法	1
2.3 分类、比例尺及坐标系统	1
2.4 总体思路与框架	3
2.5 组织方式	4
3 数据准备.....	5
3.1 土壤数据	5
3.1.1 本次普查土壤剖面点	5
3.1.2 二普土壤剖面点	5
3.1.3 二普县级土种图	5
3.2 环境要素数据	6
4 县级土壤类型制图.....	7
4.1 不同类型区域的制图方法	7
4.1.1 无土种图的区域	7
4.1.2 有土种图但土壤类型已变的区域.....	8
4.1.3 有土种图且土壤类型没变的区域.....	8
4.2 数字土壤制图模型的选用	9
4.3 土壤发生分类土种制图	9
5 省级土壤类型制图.....	11
5.1 土壤发生分类土属制图	11
5.2 土壤系统分类土族制图	12
6 国家土壤类型制图.....	13
6.1 土壤发生分类亚类制图	13
6.2 土壤系统分类亚类制图	15
7 土壤类型专题图设计表达.....	16
7.1 背景要素	16

7.2 色彩设计	17
7.3 图例制作	18
7.4 图面配置	18
8 验证评价与质量控制.....	18
8.1 验证评价	18
8.2 质量控制	19

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“三普”），主要面向有一定的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，反映土壤分布规律，展示土壤资源的数量和质量，摸清土壤资源的家底，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。

土壤类型制图主要遵循两个原则。

一是土壤发生原则。即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，反过来获得的土壤类型分布也应反映这种发生学关系。

二是科学性和实用性原则。土壤图应反映土壤科学的发展认识成果，有助于读图用图者获取土壤分异及其与环境关系的知识，同时面向实际生产、管理和应用。

2.2 土壤类型制图的技术方法

传统调查制图技术依赖大量的调查样本和调查者个人经验知识，手工勾画不同类型图斑，编制土壤图。

本次土壤普查主要采用数字土壤制图方法编制土壤类型图。数字土壤制图，又称预测性土壤制图，是根据土壤调查观测、土壤知识及环境要素数据，采用定量土壤环境模型，在计算机辅助下进行土壤推测，生成土壤类型图。

2.3 分类、比例尺及坐标系统

（1）土壤分类系统

采用土壤发生分类和土壤系统分类两套分类系统分别进行土壤制图，而不是通过类型参比将一个分类系统的土壤图硬转换为另一个分类系统的土壤图。表 2-1 列出了采用的土壤分类系统和原则上采用的分类级别。

中国土壤系统分类，依据《中国土壤系统分类检索》（第三版），中国科学技术大学出版社，2001。

中国土壤发生分类，现有《中国土壤分类与代码》GB/T 17296-2009 存在有较多省份仅部分土壤类型被收录的问题。本次普查前期将组织土壤分类专家对第二次全国土壤普查（以下简称“二普”）土种同名异土和同土异名等分类问题进行校核修订，对全国县级土种进行梳理归并和标准化，形成新的土种清单，供检索使用。

表 2-1 土壤分类系统和类型级别

	分类系统	类型级别
县级	土壤发生分类	土种
省级	土壤发生分类	土属
	土壤系统分类	土族
国家	土壤发生分类	亚类
	土壤系统分类	亚类

（2）制图比例尺与空间分辨率

表 2-2 列出了本次普查县、省和国家级土壤类型制图采用的制图比例尺和空间分辨率。对面积大的县或省域可据实际情况采用较小的比例尺和较粗的空间分辨率。

表 2-2 制图比例尺及空间分辨率

	制图比例尺	空间分辨率
县级土壤图	1:5 万	≈30 m
省级土壤图	1:50 万	≈250 m
国家土壤图	1:100 万	≈1000 m

（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，当前环境因素数据通常用的是 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等与 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 万和省级 1:50 万土壤图，一般采用等角横切圆柱投影，即高斯-克吕格投

影，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 2-3 国家土壤制图采用的地图投影参数

参数名称	数值
投影名称	Albers
中央经线	东经 105 度
原点纬度	0 度
南标准纬线	北纬 25 度
北标准纬线	北纬 47 度
假东	0 m
假北	0 m
单位	m

2.4 总体思路与框架

本次普查的土壤类型制图工作，以二普成果为基础，充分利用历史土种图和剖面点资料，结合本次普查，开展各级土壤类型制图工作。由于土壤剖面布点、土壤分类校核与土壤类型制图三者密切相关，在实施中，应统筹考虑实施，避免脱节，土壤剖面布点设计、土壤分类校核修订要面向土壤类型制图与更新的目的。

土壤发生分类制图：采用数字制图方法生成 1:5 万县级土壤图，制图单元的分类级别原则上到土种；在此基础上，采用制图综合方法，生成 1:50 万省级土壤图，制图单元的分类级别原则上到土属；经再次制图综合，生成 1:100 万国家土壤图，制图单元的分类级别原则上到亚类。

土壤系统分类制图：采用数字制图方法，生成 1:50 万省级土壤图，制图单元的分类级别原则上到土族；经再次制图综合，生成 1:100 万国家土壤图，制图单元的分类级别原则上到亚类（图 2-1）。

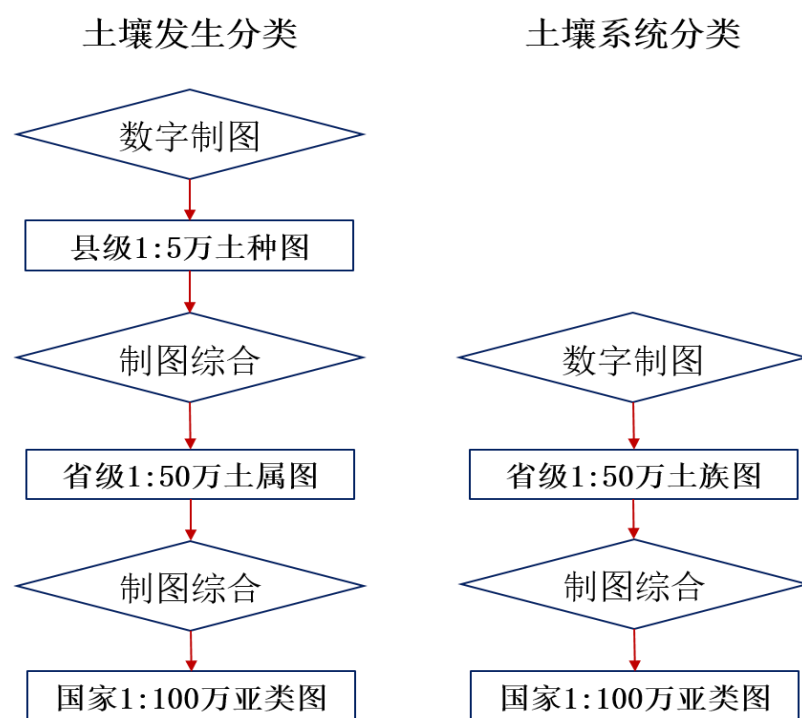


图 2-1 总体思路与框架

2.5 组织方式

制图工作涉及的外业和内业流程繁琐、专业性和技术交叉性强，基层队伍的土壤地理与制图专业素养，并非短期内通过培训即能显著提升。应组织具有土壤调查与制图背景的科研院所专业团队技术专家。目前东部和中部省份大多具备相关技术力量，可对西部技术力量不足省份进行支援和能力建设。经过系统培训和外业实操后，分区、分片，在统一规范下完成土壤类型制图工作。

在国家层面，在全国范围内遴选土壤制图专家组成土壤类型制图专家组，人员应在土壤制图方面具有扎实的理论基础和一线实践工作经验，专家组构成由实质参加过二普土壤制图的老专家和土壤制图领域突出的青年骨干（主力）构成。专家组负责指导督查各省区土壤类型制图工作，以及对缺少技术力量的省份进行技术支援、指导和能力建设。

在省级层面，由各省市组织成立自己的土壤类型制图工作队，工作队负责本省土壤类型制图工作，并接收国家层面专家组的指导和监督。工作队要有土壤类型制图专业骨干、县区土肥农技部门技术力量和当地行政人员，可建立领导小组和技术小组，明确岗位职责，拟定详细的本省土壤类型制图工作计划，做好各项准备工作，保障制图工作顺利开展和制图质量。

国家层面专家组成员和省级层面的工作队成员都应接受统一的第三次全国土壤普查土

壤类型制图技术规范的学习培训。

3 数据准备

3.1 土壤数据

3.1.1 本次普查土壤剖面点

数据来源于本次普查野外土壤剖面调查数据。每个剖面样点包括坐标、环境要素和土壤类型信息。坐标位置信息，用于提取剖面点位的成土环境数据；环境要素描述，用于剖面数据的一致性检查；土壤类型名称，是制图模型的目标变量。表 3-1 列出了剖面应有的字段信息。

表 3-1 每个土壤剖面记录应具有的字段信息

位置信息	经度、纬度、采集地点（省、县、乡、村）及方位距离和标识地物等
环境描述	利用方式、植被状况、母质、地貌、海拔高度、坡度等
土壤类型	土壤发生分类：土纲、亚纲、土类、亚类、土属、土种的类型名称和编号
	土壤系统分类：土纲、亚纲、土类、亚类、土族的类型名称和编号

3.1.2 二普土壤剖面点

数据来源来源于中国农业科学院农业资源与农业区划研究所整理的全国二普剖面样点数据集，或者各省区相关单位整理的数据集。可根据土地利用类型在过去四十年是否发生变化等信息，筛选没有变化区域的剖面点，供本次土壤类型制图工作使用，剖面点应包含的字段信息见表 3-1。

分类问题处理：二普样点存在国家、省、县之间同土异名、同名异土等情况，造成已有县级土壤图件难以接边，图例单元和数据库无法统一，这个问题通过组织土壤分类专家对二普土种的分类校核与标准化来解决，详见《第三次全国土壤普查土壤类型名称校准与完善工作指南》。

3.1.3 二普县级土种图

数据来源：各省区农业部门、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所和农村农业部

耕地质量监测保护中心等单位整理的县级土种图。

对二普土种图的数据处理主要包括土壤分类校核、图斑归并处理、检查相邻图幅二普土种图是否无缝拼接。矢量土种图数据文件统一采用 shapefile 格式。

3.2 环境要素数据

环境变量的选取原则是：基于土壤发生学理论，考虑制图区土壤景观特点、成土环境和调查样本情况，选取与土壤形成和变异相关的环境因素变量。

表 3-2 列出了环境要素变量的类别、数据来源和预处理方法。制备 30m 和 250m 两套分辨率的环境变量图层数据集，采用 GeoTIFF 数据格式。根据省、县制图区域范围，按上述地理坐标和投影系统规定，进行坐标系和投影变换和剪裁处理。注意，在环境变量图层制备时，应在空间范围上比实际制图区（如县域行政边界）外扩 5 个像元的距离（对于 30m 分辨率为 150m），防止矢栅转换处理后的土壤类型图与实际制图区边界（如县域边界）之间有缝隙。

表 3-2 环境因素变量及其数据来源和预处理

类别	环境变量	时间	数据来源	处理
气候	年均气温、年降水量、相对湿度、太阳辐射量、蒸散量、干燥度、0℃积温、≥10℃积温等	近 30 年	WorldClim v2 1km 分辨率的气候变量图层；中国气象数据共享网气象站点数据	气象站点数据空间插值处理
母质	地质岩性	无	地貌图或大比例尺第四纪地质图（部分地区有）；中国地质调查局全国 1:50 万和 1:25 万地质图数据库	按照 2009 年修订版的岩性分类体系，分类归并、矢栅转换
地形	高程、坡度、坡向、剖面曲率、平面曲率、地形湿度指数、径流强度指数等	无	国家基础地理信息中心全国 1:25 万、1:5 万数字高程模型（平缓地区建议 10m 分辨率地形数据）	去噪、填洼等预处理和数字地形分析
植被	植被类型、归一化植被指数	近 10 年	中国科学院植物研究所 2020 年制作发布的 1:100 万中国植被类型图；MODIS 250m 和 TM/ETM/OLI 30m 的归一化植被指数数据产品	无
水文地质	地下水类型、埋深	无	中国地质科学院水文地质环境地质研究所 1:25 万水文地质图	无

人 类 活动	土地利用、种植制度	近 40 年	1:5 万第三次国土调查的国土利用图数据；中国科学院地理科学与资源研究所的 30 米分辨率的土地利用数据；MODIS、TM 和 Sentinel 等遥感数据	实地调查与时序遥感观测获取种植制度空间数据
综 合 地 表 环境	可见光、近红外波段、遥感衍生变量	近 10 年	MODIS、TM/ETM/ OLI、HJ-1A/B 和 Sentinel 遥感数据	辐射和几何校正；衍生变量生成

4 县级土壤类型制图

4.1 不同类型区域的制图方法

按二普土壤图的有无和土壤类型是否已变，可分为四种情形：无图类型未变、无图类型已变、有图类型已变、有图类型未变。按地形梯度大小，又分为两种情形：地形起伏较大的山地丘陵地区和地形起伏较小的平原地区。这些不同情形，在景观特点、土壤数据条件、环境数据条件、土壤与环境关系等方面有差异，采用不同的制图方案。

4.1.1 无土种图的区域

利用典型部位剖面样点确定制图单元或景观单元的土壤类型，土壤类型界线一般位于两个相邻景观单元的过渡带上，根据景观环境的梯度变化，通过目视或者建立土壤类型与景观环境之间关系模型识别土壤类型边界。

对于地形起伏较大的山地丘陵区，土壤类型空间变异的主导环境因素通常是地形和植被，地形植被的梯度变化较大且易观测，调查制图者可在遥感影像与数字高程模型的空间叠加图上目视勾绘土壤类型图斑边界。另一种方式是数字土壤制图，基于典型剖面样点，建立土壤类型与地形、母质、植被、土地利用、遥感光谱等丰富环境因素之间的定量模型，识别土壤类型图斑边界。两种方式可结合使用。

对于地形起伏较小的平缓区，影响土壤类型空间变异的成土环境因素多是难以观测或隐式的，如母质和地下水等，目视勾绘边界难以操作，采用数字土壤制图方式。这类地区的关键是环境变量的使用，应重视挖掘与土壤类型变异空间协同的环境变量，使用高分辨率地形图、地貌图或第四纪地质图（部分地区有）、遥感影像及衍生变量（波段、指数、地表动态

反馈变量)、与水体距离等揭示这种隐式的成土环境梯度。布设典型剖面样点,基于典型剖面样点,建立土壤类型与成土环境之间定量模型,识别土壤类型边界。

4.1.2 有土种图但土壤类型已变的区域

类型变化可以是土地利用方式变化造成,如旱改水、水改旱、垦荒、设施农业等,也可以是地下水位下降或自然的土壤发生过程,如腐殖质积累迁移、脱盐过程等,土壤类型的变化与成土环境因素的变化通常具有一致性。类型变化可能发生在二普图斑内部部分区域,也可能跨多个图斑。这类区域涉及到两方面的校核更新:土壤类型的更新和二普图斑边界校核修改。利用新的剖面样点校核二普图斑,更新其土壤类型名称,通过目视和建立土壤类型与景观环境之间关系模型两种方式结合进行边界的校核修改。

对于地形起伏较大的山地丘陵区,可把新的剖面点、二普图斑、遥感影像、土地利用变化图、数字高程模型等空间叠加,目视确定需要修改的图斑边界,勾绘新的图斑边界。由于土壤类型的变化与成土环境因素的变化具有一致性,同时也采用数字土壤制图方式,基于新的剖面样点,建立土壤类型与地形、时序遥感影像、土地利用变化、二普土壤图等之间的定量模型,识别土壤类型边界。

对于地形起伏较小的平缓区,把新的剖面点、二普图斑、遥感影像、土地利用变化图叠加,目视确定由于土地利用方式改变导致类型变化从而需要修改的图斑边界,勾绘新的图斑边界。同时采用数字土壤制图方式,基于新的剖面样点,建立土壤类型与土地利用变化、时序遥感影像(波段、指数、地表动态反馈变量)、二普土壤图、高分辨率地形(10m)、地貌图或第四纪地质图、与水体距离等的定量模型,识别土壤类型边界。

4.1.3 有土种图且土壤类型没变的区域

在有图且类型未变的区域,根据土壤分类校核工作,归并二普土壤图相关图斑,更新土壤类型名称。基于二普土种图,采用从土种图斑图上随机拾取模型训练样本的方式,通过统计分析和机器学习等数据挖掘技术,从图斑图中提取土壤类型与成土环境之间的定量模型,借助现在丰富精细的环境变量数据,对这类区域进行土壤图的制图更新,提升土壤类型空间变异表达的细节和质量。

4.2 数字土壤制图模型的选用

土壤类型数字制图的模型选用原则：一是从土壤发生学出发，考虑制图区土壤景观特点、样点分布、环境变量情况等；二是在制图精度效果无显著差异时，应选取较为简单的或易于解译的模型。

鉴于本次普查制图区的调查剖面多为典型剖面样点，且数量较为有限，推荐选用相似推测和随机森林分类两个模型相结合。相似推测是一种利用成土环境条件相似程度进行土壤类型推测的技术，随机森林可简单理解为多个决策树组成的机器学习技术。可在国家层面开发一个简单易用的用户界面，把这些通常在 R 语言环境下命令行编程运行的模型方法包装起来，降低模型方法使用门槛，使不熟悉编程的人员也能容易地进行制图工作。

4.3 土壤发生分类土种制图

土种制图的基本技术流程如图 4-2 所示。

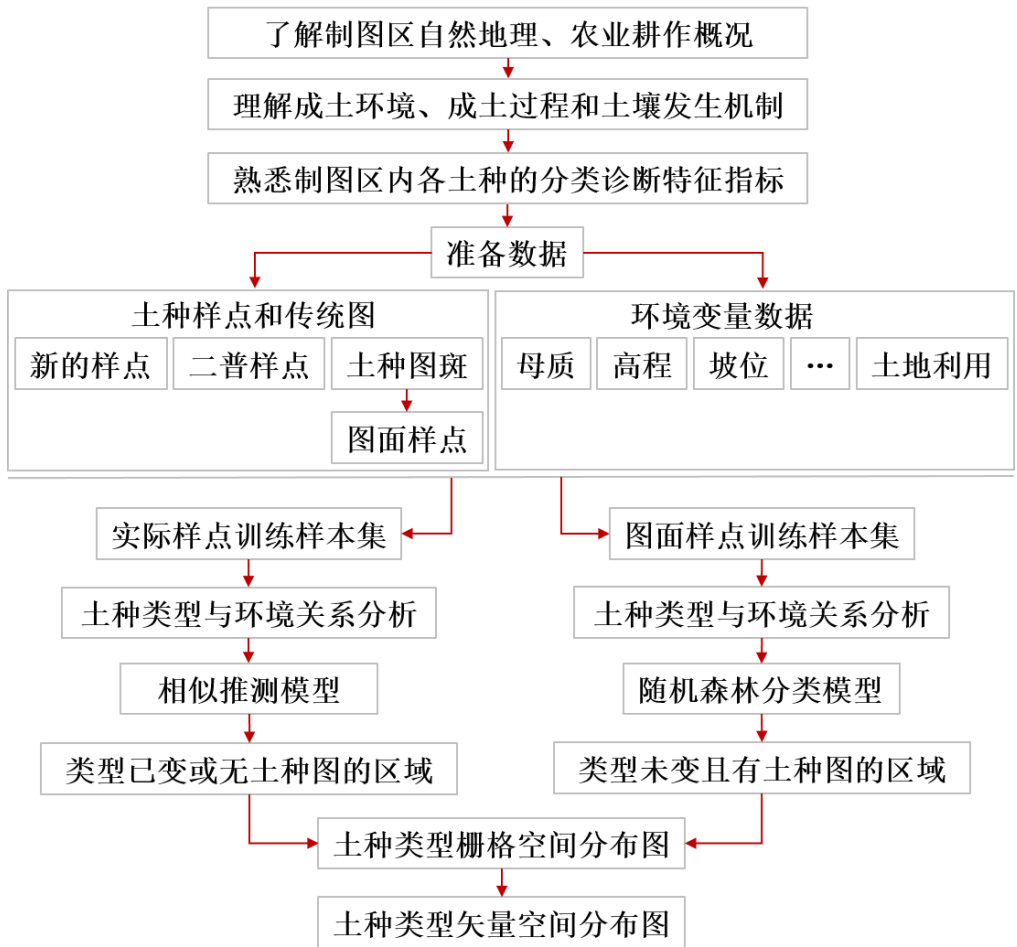


图 4-2 县域土种制图基本技术流程

主要步骤描述如下：

(1) 据县土种志和土壤图等，了解制图区自然地理和农业耕作历史与现状，理解主要成土过程及其与土壤类型的发生关系、每个土种的分类诊断指标和成土环境。注意土种的诊断非同一套指标，即诊断标准的不一性或多样性。

(2) 准备样点数据：样点编号、经度、纬度、土种名称、土种编码，数据文件使用 Excel 表格格式。

从三普调查剖面数据集和二普剖面数据集中，提取土壤类型已变区域的三普剖面样点和土壤类型未变且无土种图区域的二普和三普剖面样点。

在土壤类型未变且有土种图区域，采用分层随机采样方法，在每个土种的图斑范围内随机布设 20 个图面样点（在土壤图上拾取的虚拟样点，不是实际野外调查点）。图面样点的作用是通过大量取样来提取土壤图斑蕴含的土壤类型与成土环境之间的定量关系。

(3) 准备环境变量：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、植被指数、土地利用、遥感变量等 30m 分辨率的图层数据，采用 GeoTIFF 格式；在县级土种级别，重点考虑的环境因素一般包括母质、地形与侵蚀冲积、植被、水热、土地利用等。

(4) 从环境变量数据集中，提取样点的环境变量数值，形成实际调查剖面训练样本集和图面样点训练样本集，每个样本包括样本编号、经度、纬度、土种名称、土种编码、环境变量数值等，样本集文件为 CSV 格式。

(5) 使用 R 软件，将实际调查剖面训练样本集作为输入，建立相似推测模型；将图面样点训练样本集作为输入，建立随机森林模型。

(6) 将环境变量集作为输入，在类型未变且有土种图的区域，应用随机森林模型，推测每个像元位置的土种类型；在其他区域，应用相似推测模型，推测每个像元位置的土种类型，实现整个制图区的数字制图与更新。

(7) 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。

(8) 以 ArcGIS 软件为例，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，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），最小上图单元控制在图上 0.5cm^2 ，实地面积 0.125km^2 。

(9) 结合基于遥感影像和地形图目视识别勾绘的土种类型边界，核实确定最终的类型分布边界。

5 省级土壤类型制图

5.1 土壤发生分类土属制图

对生成的县级土种图进行制图综合，生成省级土属图，基本技术流程如图 5-2 所示。

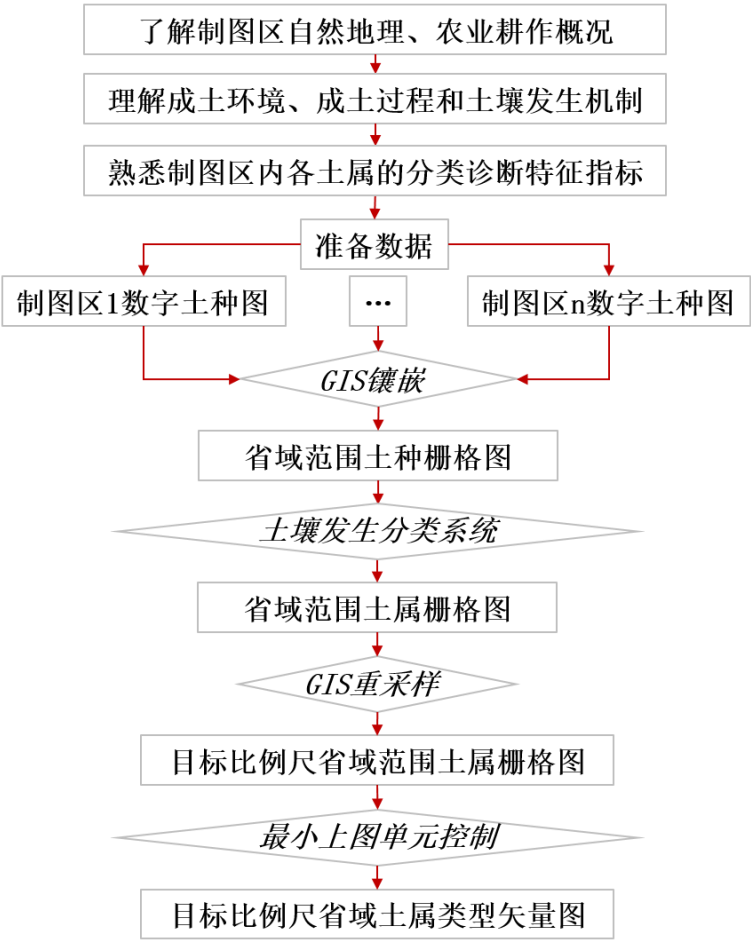


图 5-1 省域土属制图基本技术流程

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) 以 ArcGIS 软件为例，使用镶嵌工具 Mosaic to New Raster，将一个省域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，生成该省份土属空间分布栅格图层。

(4) 使用重采样工具 Resample，采用 Majority 算法，将该省份土属分布栅格图层从 30m 重采样为 250m 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），最小上图单元控制在图上 0.2cm²，实地面积 5km²。

5.2 土壤系统分类土族制图

基于县级制图使用的三普剖面样点、二普剖面样点和图面样点，建立土族与成土环境条件之间的关系模型，生成省级土族分布图。

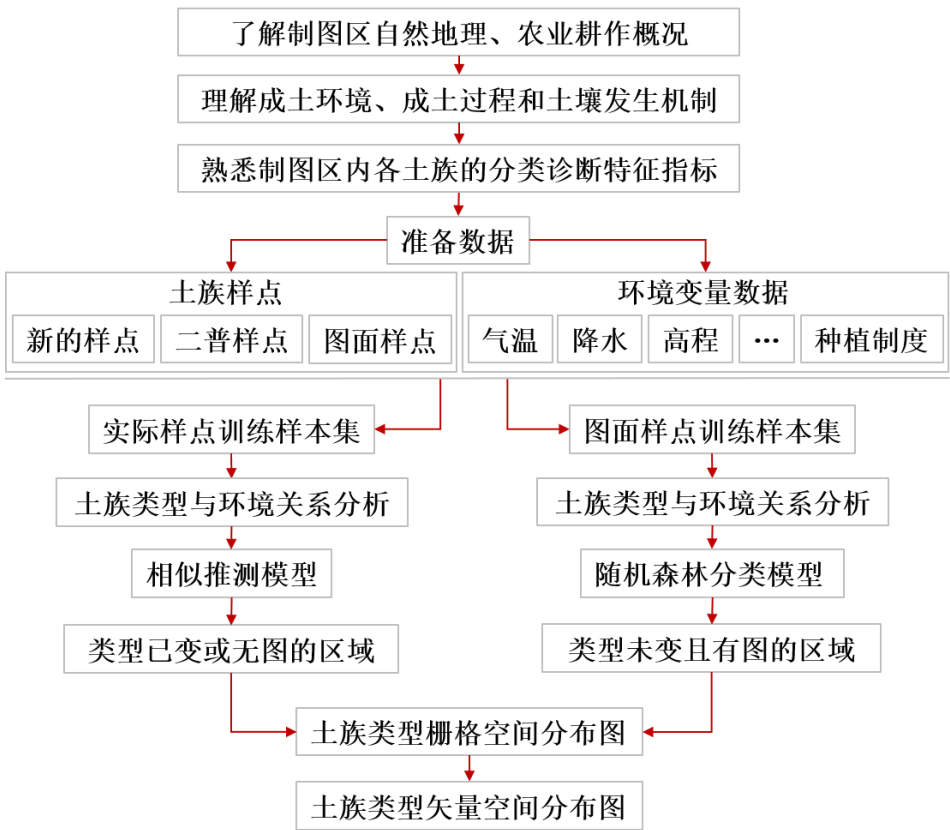


图 5-2 省域土族制图基本技术流程

主要步骤如下：

（1）据省土种志和土壤图等，了解自然地理和农业耕作历史与现状，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）确定二普样点和三普剖面样点的土族名称，确定图面样点所代表土种所属的土族名称，并从每个土族的图面样点中随机抽取 20 个样点，数据文件使用 Excel 格式。

（3）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、土地利用、种植制度、遥感等栅格图层，采用 GeoTIFF 格式；在省级土族级别，应考虑成土环境因素一般包括气候、母质、水文地质、地形、植被、种植制度、人类活动等。

（4）从样点数据集和环境变量数据集中，提取所有新调查剖面样点和图面样点的坐标、土种编号、环境变量数值，形成训练样本集，将样本集数据文件为 CSV 格式。

（5）使用 R 软件，将实际调查剖面训练样本集作为输入，建立相似推测模型；将图面样点训练样本集作为输入，建立随机森林模型。

（6）将环境变量作为输入，在类型未变且有图的区域，应用随机森林模型，推测每个像元位置的土族；在其他区域，应用相似推测模型，推测每个像元位置的土族，生成土族分布图，数据文件为 GeoTIFF 格式。

（7）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。

（8）以 ArcGIS 软件为例，使用矢栅转换工具 Raster to Polygon，将平滑之后的土族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），最小上图单元控制在图上 0.2cm^2 ，实地面积 5km^2 。

6 国家土壤类型制图

6.1 土壤发生分类亚类制图

对省级土属图进行制图综合，生成土壤发生分类的国家土壤亚类图，基本技术流程如图 6-1 所示。

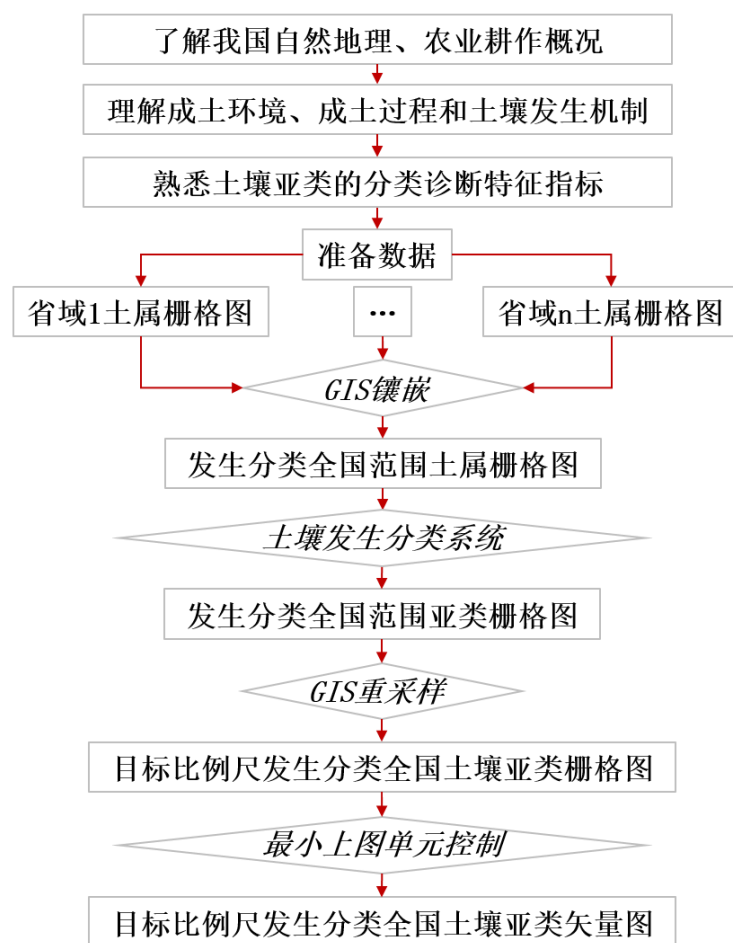


图 6-1 土壤发生分类系统亚类制图基本技术流程

主要步骤如下：

（1）据《中国土壤》和《中国土壤地理》等，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和成土环境条件。

（2）以 ArcGIS 软件为例，用镶嵌工具 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 30m 重采样为 250m 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），最小上图单元控制在图上 0.2cm^2 ，实地面积 20km^2 。

6.2 土壤系统分类亚类制图

对数字制图生成的省级土族图进行制图综合，生成土壤系统分类的国家土壤亚类分布图，技术流程如图 6-2 所示。

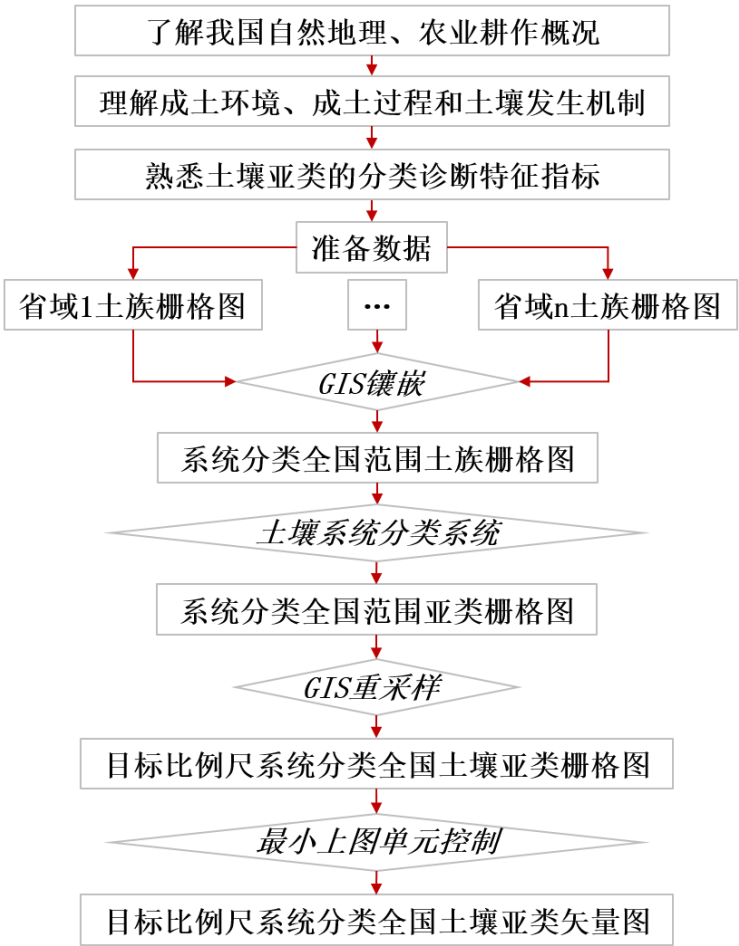


图 6-2 土壤系统分类系统亚类制图基本技术流程

主要步骤如下：

(1) 据《中国土壤》和《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) 以 ArcGIS 软件为例, 用镶嵌工具 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 30m 重采样为 250m 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), 最小上图单元控制在图上 0.2cm^2 , 实地面积 20km^2 。

7 土壤类型专题图设计表达

土壤类型专题图设计表达的原则要求:

1) 在主题内容、背景要素、图例、色彩、比例尺等专题图设计上要统一、标准化, 可形成风格一致的土壤类型和土壤属性专题图集;

2) 在遵循地图通用国家标准规范的基础上, 应主题突出, 清晰易读, 美观大方, 力求达到浅而素雅、深而明快的可视效果, 有助于认识各类土壤发生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。

7.1 背景要素

背景要素包括地形、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工作分类图式、图例、色标 (TD/T 1055-2019)》进行背景要素符号样式的设计和绘制。

(1) 地形

1:5 万县级土壤类型图, 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 20~50m, 丘陵 50~100m, 山区 100~200m。1:50 万省级土

壤类型图和 1:100 万国家土壤类型图上，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，可以参考国标《基础地理信息 1:10 000 地形要素数据规范（GB/T 33462-2016）》进行要素标准规范化。

（2）水系

湖泊、水库、灌渠应尽可能在土壤图上标识。在 1:50 万省级土壤类型图上，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 万国家土壤类型图上，应表示大型流域水系的干流和二级支流。

（3）居民点

1:5 万县级土壤类型图上，居民点应表示到自然村；1:50 万省级土壤类型图上，居民点应表示到乡镇级别；1:100 万国家土壤类型图上，居民点应表示到县级。

（4）道路

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

（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。

7.2 色彩设计

土壤类型图色彩设计的原则：

（1）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。

（2）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。

（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，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，应反复尝试调整，达

到和谐美观的效果。建议按照国标《土壤制图 1:25000 1:50000 1:100000 中国土壤图用色和图例规范（GB/T 36501-2018）》进行制图规范化。

7.3 图例制作

不同比例尺，图例内容不同。1:5 万县级土壤类型图，要用代号、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 万省级和 1:100 万国家土壤类型图，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，应按照土壤分类系统各级土壤类型的检索顺序排布。

7.4 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，增强视觉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型检索顺序布置。

制图时间和单位等文字说明，一般在图幅右下方或再外图廓的右下方。

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。

8 验证评价与质量控制

8.1 验证评价

（1）基于样点的验证评价

验证方法：交叉验证。

主要步骤如下：

1) 选定其中一个样点作为验证点, 其它样点作为训练点建立预测模型; 将该样点的环境变量输入模型, 获得该样点的土壤类型预测值;

2) 依次对所有样点执行第 1 步骤, 获得所有样本点的土壤类型预测值, 与其观测值对比, 建立混淆矩阵;

3) 根据混淆矩阵, 计算生产者精度、用户精度、总精度和 Kappa 系数等误差指标, 评价制图结果的准确性。

(2) 野外路线踏勘验证

人员组成: 土壤调查专家。

路线与勘验点设计: 根据制图区土壤景观格局, 设计多条踏勘路线, 要求沿线土壤景观有明显梯度变化, 按景观部位或固定距离预先设置一系列勘验点。

工作方法: 沿途观察地形、植被、水文地质等与土壤的关系, 土壤调查专家现场判别勘验点的土壤类型, 与生成的土壤类型分布图进行对比, 计算路线勘验正确率(类型制图正确的勘验点数量与勘验点总数的比值)。

8.2 质量控制

土壤制图的质量与许多因素有关, 包括制图者专业水平、数据条件、模型算法、土壤景观、空间尺度等。

(1) 三级检查验收制度

实行三级检查验收制度, 不符合质量要求的一律返工。

一级, 是制图人员自检。制图者对制图过程中样本数据准备、环境变量选取、预测模型构建、土壤类型图生成、制图结果的验证等环节工作是否专业和严谨进行检查。

二级, 是土壤制图督查。要按质量检查要求培训质量监督员, 质控人员对土壤类型制图过程和结果进行抽查性监督检查, 并填写检查记录表。

三级, 是制图结果最终审查验收。由总体质检组对制图结果质量进行审查验收。

(2) 质控线把关

对土壤制图质量控制的底线或最低标准进行定义。对于土壤类型制图, 建议质控线为总精度不低于 60%。对于制图精度较差、质量评价较低从而达不到质控线的工作, 应研讨修正与改善途径, 直至达到质控线。技术负责人须认真检查校核合格后才能签字。

(3) 主要质量检查项

- 1) 制图人员：制图者开展制图工作之前，必须经过第三次全国土壤普查土壤类型制图技术统一培训；是否对制图区的成土环境及与土壤类型发生的关系有专业的认识理解。
- 2) 制图过程：制图者是否是按照既定的技术规范开展工作，完成整个制图过程。
- 3) 比例尺或分辨率：土壤类型栅格图的分辨率是否与目标分辨率一致，反映了该分辨率下土壤类型空间变异；土壤类型矢量图详细程度包括图斑数量和最小上图单元面积等是否符合目标比例尺要求。
- 4) 土壤类型边界：检查各类土壤的分布，是否与地貌、水文、植被、土地利用方式等的分布规律相符，确保土壤类型界线能正确反映土壤空间变异规律。
- 5) 土壤类型名称：土壤类型图上土种、土属/土族、亚类分类名称的正确性以及分类系统的一致性。
- 6) 数据缺失情况：土壤类型图上是否有栅格像元空洞或图斑缺失遗漏的情况。
- 7) 制图精度：土壤类型制图精度是否达到质控线。
- 8) 野外踏勘验证的路线与勘验点设计是否合理。
- 9) 接边误差：检查不同制图区或图幅之间是否无缝拼接。