

浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库

吴嘉平^{1†} 胡义镰¹ 支俊俊¹ 荆长伟¹ 陈红金² 徐进² 林声盼¹
李丹¹ 张操¹ 肖锐¹ 黄慧青¹

(1 浙江大学环境与资源学院, 浙江省农业遥感与信息技术重点研究实验室, 杭州 310058)

(2 浙江省土肥站, 杭州 310009)

摘要 以浙江省为例,探讨了省域大比例尺土壤数据库的构建方法,并结合第二次土壤普查资料,建立了浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库,包括空间数据库、属性数据库和元数据三部分。自主研发的土壤界线自动识别和半自动识别技术的采用,显著提高了土壤图数字化的精度与效率;土壤数据库标准的制定保证了数据库建设的规范、有序;参考地形图、遥感影像等信息,对土壤图图面错误进行了拓扑学和土壤学修正,解决了原图中存在的土壤界线遗漏、界线不连续、图斑注记缺失等问题,显著提高了土壤图的质量;对县、区土壤普查分类、省普查汇总分类及国家标准分类的归属关系进行了整理,解决了原普查成果存在的“同土异名”和“异土同名”问题。建立的浙江省土壤空间数据库共划分 156 581 个土壤图斑,搜集整理土壤剖面 2 677 个,实现了全省土壤图的无缝拼接、空间与属性数据的关联,在一定程度上奠定了浙江省“数字土壤”的基础。此外,对已有研究成果的不足进行了讨论,指出了其改进的方向,期望在完善浙江省大比例尺土壤数据库的同时,也为其他省区的大比例尺土壤数据库构建工作提供参考。

关键词 大比例尺;土壤调查;数字化;土壤数据库;浙江

中图分类号 S159.2

文献标识码 A

土壤提供着许多重要的生态系统产品与服务^[1],是地球上最宝贵的自然资源之一,也是人类赖以生存与发展的物质基础^[2]。随着世界人口的快速增长和耕地的锐减,人类社会的发展与有限的土壤资源之间的矛盾日益突出,如何利用现代科学技术手段来提高土壤资源管理水平已成为土壤学家关注的热点。目前,世界各国都在加速进行资源环境领域的信息化建设,为迎接这一挑战,我国土壤学家^[3]适时提出了建设中国的“数字土壤”,其中土壤数据库建设是急需优先开展的重要基础性工作。

国际上,从 20 世纪 60 年代后期开始土壤数据库及信息系统的构建和应用研究。20 世纪 70 年代,加拿大土壤信息系统建成并投入运行^[4]。美国也于 20 世纪 70 年代开始了土壤数据库的建设,经过二十多年的努力,美国农业部自然资源保持局建立了国家、州、县三个级别的土壤数据库,该数据库包含了全美大约 18 000 个土系的理化属性数据,是目前世界上土壤信息较完整的土壤数据库^[5]。英国、德国、爱尔兰、俄罗斯等欧洲国家也相继建立了

国家土壤数据库^[6]。1985 年 9 月,国际土壤学会建议建立“1:100 万世界土壤-地形数字数据库(SOTER)”,目前已完成全球 1:500 万统一土壤数据库建设(Harmonized World Soil Database)^[7]。日本在 1980 年建立了 1:5 万土壤数据库,澳大利亚于 1999 年完成了国家尺度的土壤信息系统(ASRIS)^[8],韩国于 2005 年完成了 1:5 000 比例尺数据库的建设。

我国土壤数据库及信息系统研究起步较晚,直到 20 世纪 80 年代中期才开始相关研究^[9-10]。进入 21 世纪,我国的土壤数据库建设发展到了一个新的阶段,土壤数据的积累和技术上的进步,使得一大批专业的综合性土壤信息系统相继建成。其中,以中国科学院南京土壤研究所研制的中国土壤信息系统(SISChina)为代表,现已完成全国 1:1 400 万至 1:100 万比例尺土壤数据库建设,是目前国内最为系统的国家中小尺度的土壤数据库;湖北、山东、海南、陕西、河南等省^[11-15]已完成了省域中小比例尺的土壤数据库构建;此外,由中国农业科学院农业资源与农业区划研究所主持的国家科技基础性工

† 通讯作者, E-mail: jw67@zju.edu.cn

作者简介: 吴嘉平(1962—),男,教授,博士生导师,主要从事资源环境信息技术应用研究。E-mail: jw67@zju.edu.cn

收稿日期: 2012-06-20;收到修改稿日期: 2012-09-27

作专项已完成全国 1/2 以上地区(1 218 个县)的大

浙江省第二次土壤普查外业人员和制图、化验人员共计 3 457 人,航片调绘 3.66 万张,观察的主剖面数达 14.15 万个,土壤理化性状分析累积达 60 万项次^[17],历时 11 年半完成了县、市、省三级土壤普查及汇总,取得了丰富的成果,为浙江省土壤资源的开发利用与改良、农业区划等工作提供了大量而必需的基础数据,至今仍是浙江省土壤科学研究、农业生产管理、农业可持续发展以及环境保护等领域的重要数据来源。由于当时技术条件的限制,各地完成的大比例尺土壤图件为手绘的纸质图,随着二十多年来机构变动、人员退休,各地土壤普查相关图件和资料的损毁、丢失现象十分严重。受历史条件限制,相关的数据资料分散在图件、研究报告或书籍中,土壤空间数据和属性数据的分离也极大地限制了这些宝贵资料的应用。

为充分利用这些宝贵土壤调查资料,最大程度地发挥其价值,急需利用现代信息技术,将这些图件和文字资料进行整理并数字化,建立相应的土壤数据库。2003 年开始,浙江大学环境与资源学院与浙江省土肥站,在各县市相关部门和专业人员的大力支持下,对第二次土壤普查资料进行收集整理,开展覆盖全省的 1:100 万(小比例尺)、1:50 万(小比例尺)、1:25 万(中比例尺)和 1:5 万(大比例尺)土壤数据库建设,至 2011 年建成,现已进入应用研究阶段。本文对浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库的构建技术及经验进行总结,指出存在的问题,并对今后主要工作的难点和方向进行分析和探讨,期望在完善浙江省大比例尺土壤数据库的同时,也为其他省区的大比例尺土壤数据库构建工作提供参考。

1 浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库的建设

浙江省土壤数据库遵循数据库设计原则,包括数据分层设计、数据库逻辑及物理设计、数据字典设计等,采用先进的数据库技术以保证其稳定性、实用性和高效性。本研究拟订了浙江省土壤数据库标准¹⁾,对数字化作业技术、数据质量控制、元数据等内容进行了规范,保证了数据建库的规范化和标准化。

土壤数据库的建设包括空间数据库、属性数据库和元数据库三个方面的内容。其中,县、区 1:5 万比例尺土壤普查图件及资料数字化是土壤数据库建设的难

比例尺土壤数据库建设^[16]。

点和重点,土壤数据库构建的作业流程如图 1 所示。

1.1 资料搜集

数据资料主要包括土壤普查成果、基础地形、遥感影像及地方志、书、文献等,按类型又可分为空间数据、属性数据,主要资料参见表 1。

1.2 土壤空间数据库的建设

1.2.1 图件扫描及预处理 作为基础性图件,县、区土壤图由于长时间的频繁使用加上保存不当,图件普遍存在明显折痕、沾污,部分图幅变形严重、线划模糊。在扫描之前,必须对图件进行预处理,如图面清洁、污点去除等。扫描分辨率一般不得低于 200 dpi (dots per inch),扫描图像要求清晰,能正确辨认图内各类要素;变形较大图幅需分块扫描,以利后期配准处理。针对大部分县、区土壤图上既无公里格网又无经纬网这一情况,本研究基于 1:5 万(部分为 1:1 万)大比例尺标准地形图,选取明显地物特征点,对土壤图进行几何配准。

1.2.2 要素矢量化 在空间数据库建设过程中,土壤图的数字化最为繁琐、耗时,也最为重要,主要包括提取土壤界线、土壤类型注记及剖面点位坐标等信息(表 2)。针对质量较好的图件,研发了“矢量地图自动数字化的方法”^[18],而对于质量较差的图件,则使用了“非标准矢量地图的半自动数字化方法”^[19]。详细的数字化方法、步骤参见相关专利公告。

1.2.3 数据检查 分为常规检查及拓扑检查两部分。常规检查主要是将矢量化结果与扫描底图进行套合比对,检查错画、漏画现象,确认原有模糊要素,并对图幅拼接处进行精细修正。拓扑检查主要是检查及修正矢量数据中的各种拓扑错误,同时完成相关要素的拓扑构建。

1.2.4 空间数据与属性数据的连接 属性连接方法采用“土壤类型 GIS 连接法”^[20]。典型剖面采样点图层根据“剖面 ID”与典型剖面属性数据进行连接。土壤图斑根据“土种标准 ID”与统计剖面属性数据和表耕层理化性状统计数据直接连接。土壤图斑与典型剖面属性数据的连接则是以县级行政区域作为基本控制区域,根据土壤类型一致或相近、成土母质类型一致或相近、典型剖面采样点位与同类型土壤分布区域一致或相近等原则,建立土壤图斑与典型剖面属性数据之间的连接关系。

浙江省 1:5 万土壤图(图 2)采用土壤普查分类

1) 浙江大学环境与资源学院,浙江省土壤数据库标准(修改稿),DB33/TXXX-2012

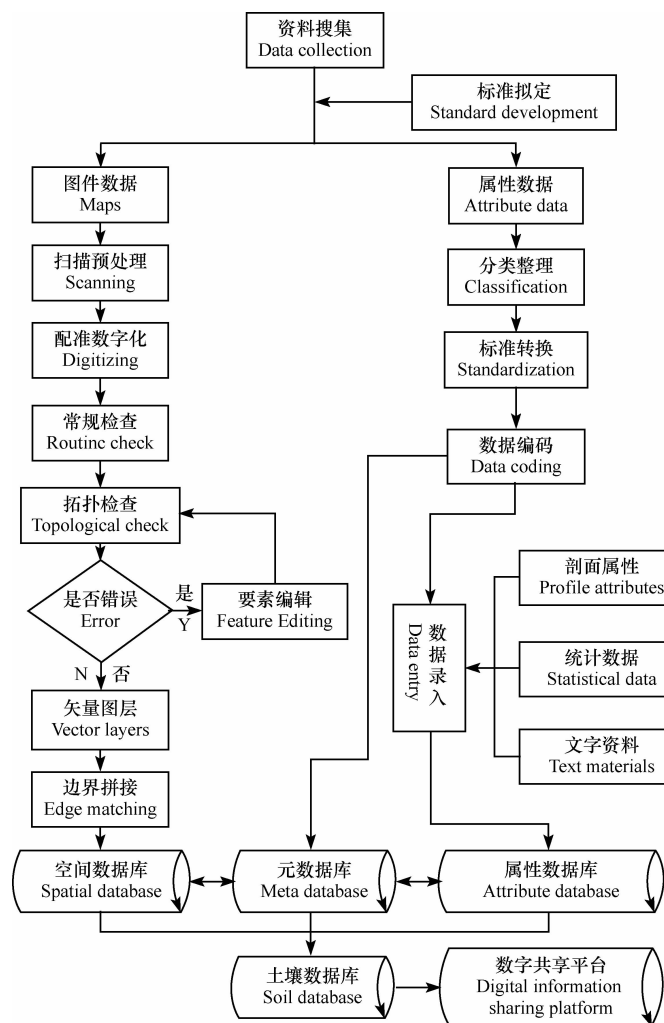


图 1 浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库构建流程图

Fig. 1 Flowchart of the establishment of the 1:50 000 scale soil database of Zhejiang Province

表 1 浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库主要资料来源

Table 1 Data sources for the 1:50 000 scale soil database, Zhejiang Province

资料类别 Type	形成时间 Time	数据来源 Data source	规格 Format
县、区普查图件 Soil maps	1983 - 1985	县、区土壤普查办 County ordistrict soil survey office	1:5 万 1:50 000
县、区土壤志 Soil annals	1983 - 1991	县、区土壤普查办 County ordistrict soil survey office	印刷品 Printing form
陆地卫星 ETM + 影像 Landsat ETM +	2002	中国科学院 Chinese Academy of Sciences	全色 15 m Panchromatic band, 15 m

表 2 土壤图矢量化要素种类

Table 2 Soil map elements for vectorization

要素类别 Type	所含要素 Features
点状要素 Point	采样点、注记点、高程点 Sampling sites, annotation sites, elevation control points
线状要素 Line	土壤分类界线、行政区划界线、公路、铁路、线状河流 Soil boundary, administrative boundary, roads, railways, streams
面状要素 Polygon	土壤图斑、面状河流、水库、湖泊、居民地、特殊用地 Soil map unit, rivers, reservoirs, lakes, settlements, special lands

体系(发生分类,已将各县分类代码转换成省分类代码),包含 10 个土类、21 个亚类、99 个土属和 277 个土种,基本制图单元为土种,共划分图斑 156 581

个。以 2002 年 Landsat ETM + 影像为数据源,参考大比例尺地形图进行正射校正后,作为县、区土壤图底图(见图 3,以安吉县为例),对重要地物要素,

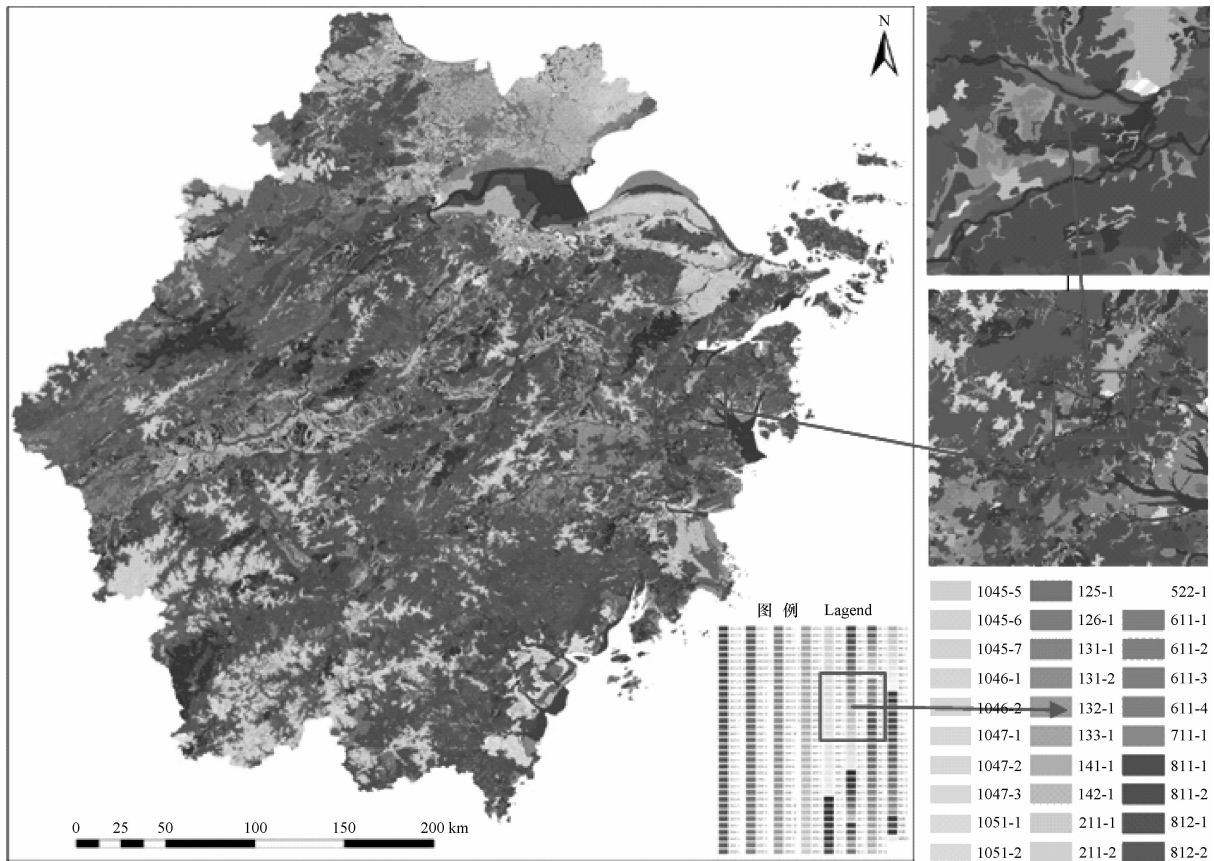


图 2 浙江省 1:5 万土壤图(图例中的代码为省分类代码)

Fig. 2 Zhejiang 1:50 000 scale soil map (The codes are from the provincial soil classification system)

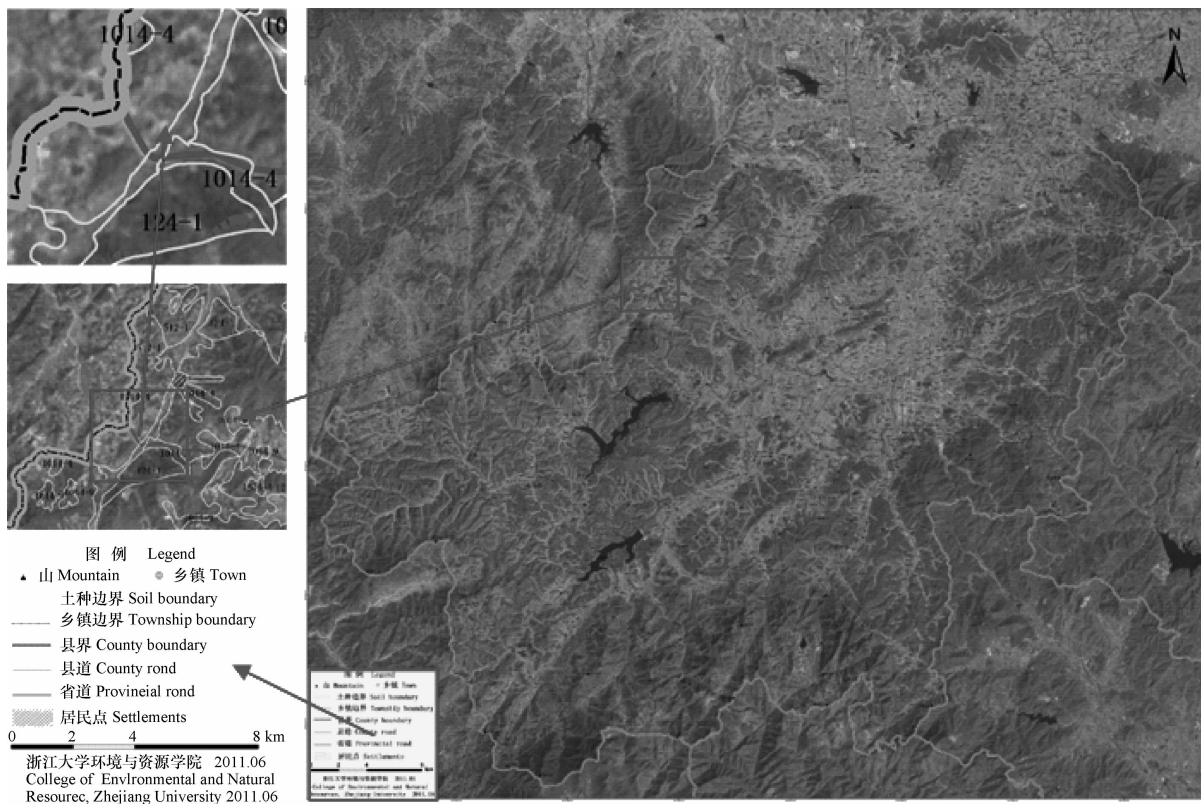


图 3 安吉县土壤图(底图为地面分辨率为 15 m 的 Landsat ETM + 全色影像)

Fig. 3 Soil map of Anji County with Landsat ETM + panchromatic image as the background

特别是城乡居民点和水系进行了更新,补充了新增公路及乡镇区界,在丰富了土壤图内容的同时,可为原始纸质土壤图中错误图斑的修正提供重要信息支持。

1.3 土壤属性数据库的建设

土壤属性数据主要来自于各县、区土壤志,并参考整理省、市土壤志及其他文献中的土壤数据。

1.3.1 土壤属性数据 属性数据的整理与土壤空间数据库的建设同步进行。以浙江省第二次土壤普查最终分类体系为标准,在数据库中保留原始普查分类名称及编码,并增加国家标准土壤分类,另外参考《浙江土种志》剖面记录规范,完成属性录入、空缺属性填补及分类转换。

1.3.2 属性数据编码 为实现数据资料的高效管理,在建立土壤数据库时,必须对土壤类型名称及其他信息进行编码(表3)。属性数据可提供三种分类查询,即县普查分类、省汇总分类、国家标准分类,建立了不同土壤分类体系的追溯关系。

剖面属性编码由两部分组成,即剖面采样点编码及剖面理化特性信息编码。表耕层特性及其他统计信息依据内涵信息按照国家相关要求信息进行编码。

表3 浙江省部分土壤代码编码对照表

(以兰溪市部分土壤类型为例)

Table 3 Look-up table of soil codes for Lanxi County (part), in comparison with that for Zhejiang Province and the Nation

土种名称 Soil species	县分类编码 County code	省分类编码 Provincial code	国家标准编码 National code
黄筋泥 Quaternary red clay	111-1	111-1	A1311111
山黄泥土 Mountain yellow soil	211-1	211-1	A2111611
油黄泥 Waxy brown limestone soil	322-1	421-1	G2130013
片石砂土 Slaty lithic soil	133-1	513-1	G2511311
泥质田 Pale fluviogenic loamy paddy soil	724-1	1037-1	L1111115
烂淤田 Swamped paddy soil by the hill	742-1	1051-3	L1142213

1.3.3 属性数据库建立 根据属性数据中各种实体及其属性间的联系和制约条件,建立属性数据的E-R模型,为每个实体设计数据表的组织结构,包括字段名、字段类型、字段长度等,尽可能地减少数据冗余,保持数据一致性,有助于数据库的使用与维护。

土壤属性数据的组织与土壤图数字化同等重要。由于剖面属性指标较多且属性数据录入工作

也较为繁琐,使得录入数据容易出现错误,核检确认工作极为重要。录入的土壤属性数据主要包括剖面数据和表耕层数据。其中,典型剖面主要来源于县、区土壤志,目前已录入2 677个,包含104种属性(见表4);统计剖面属性数据包括四种土壤级别单元的属性统计数据,主要参考省市汇总资料;表耕层数据主要包含养分及微量元素共14种属性指标。

表4 典型剖面属性数据表(部分)

Table 4 Attribute table of a typical soil profile (part)

类型 Type	属性 Attributes
土壤分类信息 Soil classification	土种标准 ID、土种原代号、土种原名称 Soil species ID, original code of soil species, original name of soil species
行政类别 Administration	所属县、所属市、来源 County, city, data source
采样点信息 Information of sampling site	采样地点、采样日期、主要植被、海拔、经度、纬度、母质 Location, date, main vegetation, elevation, longitude, latitude, parent material
剖面层次种类 Profile and layers	剖面 ID、土层 ID、土层序号 Profile ID, layer ID, serial number of soil layer
土层物理性质 Physical properties of layers	厚度、>10 mm 石砾含量、3~10 mm 石砾含量、1~3 mm 石砾含量、>1 mm 石砾含量、>3 mm 石砾含量、>1 mm 石砾含量、2~0.02 mm 机械组成、0.02~0.002 mm 机械组成、<0.002 mm 机械组成、质地名称、容重 Thickness, >10 mm fraction of gravel, 3~10 mm fraction of gravel, 1~3 mm fraction of gravel, >1 mm fraction of gravel, >3 mm fraction of gravel, >1 mm fraction of gravel, 2~0.02 mm fraction of particles, 0.02~0.002 mm fraction of particles, <0.002 mm fraction of particles, soil texture, bulk density
土层化学性质 Chemical properties of layers	胡富比(H/F)、有机质、全氮、C/N、全磷、速效磷(碳酸氢钠法)、全钾、速效钾、pH(H ₂ O)、交换性酸(总量)、CaCO ₃ 、全盐量、可溶性盐离子组成(+总量)、交换性盐基(Ca ²⁺)、交换性盐基(总量)、CEC(土体)、CEC(黏粒)、盐基饱和度和、Al ₂ O ₃ 、Fe ₂ O ₃ 、铜、锌、铁、锰、钼、硼 H/F, organic matter, total N, C/N, total P, available P (NaHCO ₃), total K, available K, pH (H ₂ O), exchangeable acidity (total), CaCO ₃ , total salt, soluble salt ions (+ total), exchangeable base (Ca ²⁺), exchangeable base (total), CEC (soil), CEC (clay), base saturation, Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, B

1.3.4 “制图单元-土层-土层属性”的关系 统计剖面 and 典型剖面属性数据均按土层分层存储,而每个土层又包含多种属性(图 4)。统计剖面包含 1~6 个土层,可含有最多 91 种属性数据。典型剖面

包含 1~7 个土层,可含有最多 104 种属性数据,而表耕层可含有最多 14 种属性。在将土壤空间数据库与属性数据库进行连接时,需要将这种关系降至一对一的关系,具体处理方法参见文献[5]。

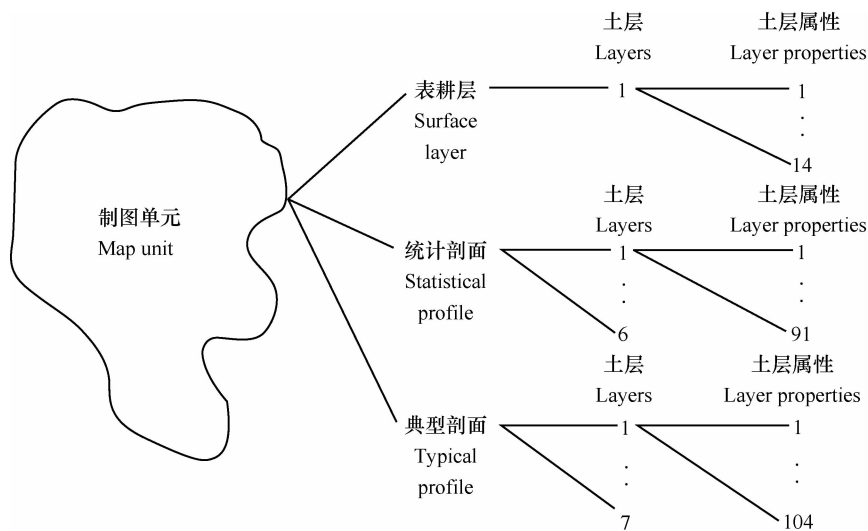


图 4 “制图单元-土层-土层属性”关系示意图

Fig. 4 Relationship between soil map unit, profile layers, and layer properties

1.4 元数据库的建设

元数据是对土壤空间和属性数据进行描述的一种数据,主要用于描述数据的内容、质量、来源、空间参考、访问和获取方式等特征。土壤数据库中的元数据一方面可以为数据生产者提供适当的数据说明,便于了解相关信息,从而有效地保存、管理和维护这些数据,防止由于数据生产人员的变动而造成的影响,提高数据的可用性;另一方面,土壤元数据有利于数据使用者准确、快速的对数据进行查

询检索,更好地了解数据的内容,促进土壤数据的共享和交换。浙江省土壤数据库建设中的元数据库建设,参照国际元数据通用标准 FGDC^[21]进行。

1.5 数据表关系

浙江省土壤数据库中的数据表主要包括:表耕层理化性状统计表、典型剖面属性数据表、统计剖面属性数据表、分类查询表、土壤分布表、发生分类与系统分类参比对照表等,各表之间的联系如图 5 所示。

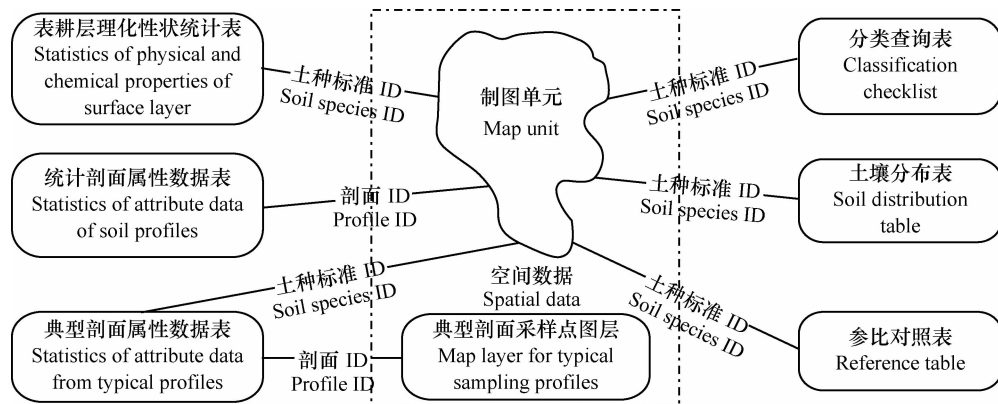


图 5 浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库中的数据表关系

Fig. 5 Relationships between map unit and tables of the 1:50 000 scale soil database of Zhejiang Province

2 浙江省大比例尺土壤数据库的特色

2.1 浙江省土壤数据库标准的拟订

为规范土壤数据库的构建流程,标准化浙江省土壤数据库的内容、数据库结构、数据交换格式等,促进第二次土壤普查成果的有效管理与共享,参照已有的国家地理信息系统建设的有关标准,结合土壤数据库构建工作的实际情况,拟订了浙江省土壤数据库标准。该标准规定了土壤数据库的内容、要素分类代码、数据分层、数据文件命名规则、图形数据与属性数据的结构、数据交换格式和元数据规范,成为浙江省土壤数据库构建工作的规范和依据。

2.2 统一地理坐标系统的添加

浙江省大部分县、区土壤图为非正式出版物,图件既无公里格网又无经纬网,需要重新定义空间参考坐标系统,使土壤图规范化、标准化。统一的地理坐标系统的添加,为县、区土壤图的无缝拼接奠定了基础,使其可以作为基础地理图层,同其他地理数据叠加进行空间分析,从而可以快速、广泛的应用于农林、环境、水利等诸多领域。

2.3 土壤图数字化方法创新

土壤图数字化是土壤数据库构建工作中最为繁重、枯燥的一个环节。共搜集整理县、区普查图件150多幅,土壤图全要素采集使得地图矢量化这一程序需要花费大量的时间和人力。因此,矢量化方法的选择与创新极为关键。常规的图件矢量化

是采用人工勾绘的办法,即沿着界线逐点勾绘,这种方法不仅工作量巨大,而且土壤图斑界线勾绘精度较低。相比常规矢量化方法,本研究研发的“矢量地图自动数字化的方法”^[18]和“非标准矢量地图的半自动数字化方法”^[19]可显著地提高矢量化的精度与效率,这也是本研究在没有专项经费支持下,仍然能够建成全省系列比例尺土壤数据库的重要原因。

2.4 边界拼接及土壤图的拓扑学和土壤学修正

由于多方面原因,原始纸质土壤图中存在着诸多错误,据随机抽取的六个县统计(表5),错误图斑占图斑总数的18.0%。土壤图中跨越不同县、区行政边界和不同图幅的不连续图斑,分别占图斑总数的6.7%和2.0%;此外,还存在诸多图面错误,如注记缺失、图例缺失(指土壤图中有图斑注记,但该注记对应图例缺失)和图斑不闭合错误,上述错误图斑分别占图斑总数的2.0%、6.0%和1.3%。根据全省1:1万的行政区界,基于土壤调查和制图原理,利用遥感影像进行目视综合解译^[22],对上述所有错误图斑进行了系统的修正。针对不同县、区行政边界处的不连续图斑,利用遥感影像,参考母质、地形、地貌等信息,解译出土壤信息,对行政边界两侧不连续图斑进行土壤界线修正;针对不同图幅间不连续图斑,以利用遥感影像解译出的土壤信息为基准进行图斑修正;针对注记缺失图斑,考察该注记缺失图斑邻近的图斑信息,同时综合利用遥感影像解译出的土壤信息、图例信息以及该县(区)土壤志

表5 六县原始纸质1:5万土壤图中不同种类错误图斑抽样统计

Table 5 Summary of mapping errors in original soil maps

错误图斑类型 Error type	行政边界处不 连续图斑 ^① (个)	不同图幅间不 连续图斑 ^② (个)	缺失注记 图斑 ^③ (个)	缺失图例 图斑 ^④ (个)	不闭合 图斑 ^⑤ (个)	错误图斑 总数 ^⑥ (个)	总图斑数 ^⑦ (个)	各县错误图斑 所占比例 ^⑧ (%)
安吉 Anji	135	36	100	596	61	928	2 324	39.9
龙游 Longyou	325	37	45	75	7	489	1 767	27.7
永嘉 Yongjia	115	90	29	40	72	346	3 281	10.5
义乌 Yiwu	151	21	35	23	7	237	2 859	8.3
松阳 Songyang	55	22	21	4	11	113	1 029	11.0
宁海 Ninghai	66	50	24	15	0	155	1 332	11.6
合计(个) Total (ind)	847	256	254	753	158	2 268	12 592	
六县各类型错误图斑 所占比例 Proportion (%)	6.7	2.0	2.0	6.0	1.3	18.0		

① Mis-match polygons along administrative boundaries (ind); ② Mis-match polygons between two maps (ind); ③ No label polygons (ind); ④ Legend errors (ind); ⑤ Unclosed polygons (ind); ⑥ Total of problem polygons (ind); ⑦ Total polygons (ind); ⑧ Proportion of problem polygons accounting for at a county level (%)

中土种类别信息等,确定图斑注记类别;针对图例缺失图斑,需综合利用遥感影像解译出的土壤信息、该县(区)土壤志中土种类别信息等确认造成该类错误的原因是由注记错误引起或确定为图例缺失,并利用上述综合信息进行修正;针对不闭合图斑,参考利用遥感影像解译出的土壤信息,基于制图学和土壤学的综合知识,添补土壤界线进行修正。

2.5 影像底图的制作与更新

在浙江省大比例尺土壤数据库中,土壤图的呈现方式有两种。一种是以不同颜色代表土壤制图单元的方式,另一种以遥感影像作为底图进行呈现。后一种方式可以较为清晰地反映土壤图斑与地貌景观之间的关系,使土壤图比较形象、直观。考虑到底图价格、图面清晰度和应用普遍性等因素,选用了 15 m 分辨率的 Landsat ETM + 影像作为底图。此外,对图面中的道路、水系、行政区划等要素进行了更新。

2.6 图斑属性数据的连接

土壤空间数据库中的所有土壤图斑均与属性数据库实现了连接,特别是 2 677 个典型剖面数据的录入,使得土壤数据库的实用性大为增强,为土壤数据库的广泛应用打下了坚实的基础。

2.7 浙江省大比例尺数字土壤信息共享平台

在土壤数据库的基础上,开发了浙江省数字土壤信息共享平台^[23]。该平台对浙江省大、中、小三种比例尺土壤数据进行了整合,实现了查询、检索、漫游、数据分发与制图等功能,可以对土壤数据开展各种专题分析,实现了土壤信息的有效管理,并为数据库的共享提供了便捷途径。

3 浙江省大比例尺土壤数据库的不足

3.1 资料搜集的局限性

由于地方机构变动、人员更迭,在县级土壤普查资料的搜集中,县、区资料多以“一图一志”提供,乡一级更大比例尺土壤资料已无法获取。此外,大部分海岛只进行了概查,部分海岛资料仍然空缺。

3.2 数据质量的局限性

(1) 在第二次土壤普查中,共动用了 3 457 人参与全省土壤普查的外业、制图、化验工作,但其中 2/3 是非专业人员,县、区土壤普查成果质量参差不齐。尽管每个县均配置有专业人员进行指导,但由于普查工作繁重,加上历史及技术条件限制,土壤普查成果中存在一些错误和问题在所难免。

(2) 第二次土壤普查工作是以县、区为单位展开,各县、区的土壤数据资料进行统一收集整理、筛选和标准化工作并不完善。在土壤普查工作后期,浙江省组织相关专家整理出“浙江省第二次土壤普查分类系统表”,总结出部分县级分类与省统一分类的对应关系,但在数据库建设过程中,发现县、区土壤资料中存在“同土异名”和“异土同名”的问题。

(3) 大部分县、区土壤图件无公里格网或经纬网可参考,图件的配准只能参考地形特征点,在一定程度上对图件平面精度造成了影响;部分县、区的行政区划和土壤图中的行政边界存在出入,亟待后期更新调整。

(4) 第二次土壤普查统计面积是由乡镇 1:1 万底图量算得到的。1:5 万图件中河流水系要素、城乡居民点的编绘对土壤类型面积的计算影响较大,从而导致土壤图斑计算面积与统计面积存在差异。

3.3 数据资料的时限

从 1979 年的浙江省富阳县作为土壤普查试点,到 1990 年土壤普查工作结束,共历时 11 年半。虽然浙江省普查成果中的数据十分丰富,但这些土壤数据的获取分散于整个土壤普查工作的各个年份,因而并不能精确表达同一时间点的土壤信息。

从 1979 年浙江省开展第二次土壤普查工作算起,至今已三十余年。期间,浙江省的农业、工业、社会和经济都发生了深刻的变化,城市化扩张迅速,道路等基础设施建设力度加大,水系改造较为频繁,大量耕地被占用,基本农田建设、土地平整工程等都使原来的土壤剖面结构,甚至土壤类型发生了变化。因此,有必要对数据库中的土壤信息如何更新进行研究。

3.4 土壤分类系统

当前浙江省土壤数据库仍是基于发生分类,与国际通用的系统分类不兼容。受土壤分类体系的限制,影响了国际间的交流,也在一定程度上限制了土壤普查成果的应用。采用量化的土壤系统分类是土壤科学发展的必然趋势,研究大比例尺土壤普查成果向系统分类体系的转换是未来工作的难点之一。

4 展 望

通过对浙江省土壤数据库建设工作进行总结,笔者认为应从以下几个方面对浙江省大比例尺土壤数据库进行更新与完善:

1) 整理已有农用地分等定级、耕地地力调查等重大工程的土壤样品数据,此外,还应更加全面的搜集土地利用、气候、植被、社会、经济、人口等数据,以期对浙江省土壤数据库的广泛应用提供更为全面的数据支持。

2) 利用新近的二次土地调查成果、耕地地力调查数据对土壤图斑及属性进行更新,主要集中在交通要素、水系要素、建设用地三个方面。此外,还应针对土壤类型、属性与植被、地形、母质等之间的关系进行深入研究,构建定量的土壤-景观模型体系,利用现代技术手段提高土壤信息更新的质量与效率。

3) 在已拟订的浙江省土壤数据库标准的基础上,进行进一步的修订与完善,以规范化处理不同类型空间数据的拓扑关系,实现土壤图与土地利用图的融合,并制定出适合所有县、区的土壤分类体系。

4) 开展新的土壤调查,是实现土壤数据库中土壤信息更新最为直接的方式。在土壤数据库的基础上,借助地学空间信息技术,开展基于土壤系统分类的更大比例尺(如 1:1 万)数字土壤制图研究,深化基层分类参比,构建土壤-景观模型,在实现与国际接轨和提高成果精度的同时,最大限度地降低土壤调查所需的人力、物力和财力,节省时间。

5) 随着互联网的发展和土壤信息网络共享需求的提高,应对已开发的浙江数字土壤信息共享平台加以升级和完善,以促进知识交流与数据共享。

历时 10 年建成的浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库充分体现了浙江省第二次土壤普查成果,在一定程度上奠定了浙江省“数字土壤”的基础。随着浙江省土壤数据库逐步完善,可为土壤相关生产实践、科学研究、部门决策等提供数据支持。

致 谢 自 2003 年开始的浙江省系列土壤数据库建设工作是实施国家重点基础研究发展规划课题(2002CB410810)、浙江省青年人才基金(R504139)、浙江省科技厅重点项目(2006C22026)、国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07101-006)等项目的工作积累。以下人员也参加了本土壤数据库建设的部分工作:姚伟,虞湘,苏世亮,江振蓝,张中浩,王俊彪,米晓雅,张丽芬,刘璞,吴春发,王琳,吴双双,陈霞,黄芳,张远,骆文强,虞舟鲁,唐颖,凌辰霄,徐爱春,何康立,王琴,王瑛,徐菁华,郑增亭,喻冬明,朱侃,彭龙,吴江林,张琦,陈羽超,吴敏芝,骆红永,金翔翔,郑增亭,陈意湘,郑李娜,林志伟,陈斌,周午鹏,李艳华。浙江省土肥站原副站长朱海平高级农艺师和相关县市区土肥工作者在资料收集过程中给予了大力帮助和支持,在此一并表示衷心感谢!

参 考 文 献

- [1] Arrouays D, Marchant B P, Saby N P A, et al. Generic issues on broad-Scale soil monitoring schemes: a review. *Pedosphere*, 2012, 22(4): 456—469
- [2] 陈美军,段增强,林先贵. 中国土壤质量标准研究现状及展望. *土壤学报*, 2011, 48(5): 1 059—1 071. Chen M J, Duan Z Q, Lin X G. Status quo and prospects of the study on soil quality standards in China (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2011, 48(5): 1 059—1 071
- [3] 史学正,于东升. “数字土壤”——21 世纪土壤学面临的机遇与挑战. *土壤通报*, 2000, 31(3): 104—106. Shi X Z, Yu D S. “The Digital Soils”: The opportunity and challenge faced by soil science in 21st century (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2000, 31(3): 104—106
- [4] Dumanski J, Kloosterman B, Brandon S E. Concepts objectives and structure of the Canada soil information system. *Canadian Journal of Soil Science*, 1975, 55(2): 181—187
- [5] National Soil Survey Center. Soil Survey Geographic (SSURGO) data base: Data use information. USDA NRCS Misc. Publ. no. 1527, 1995
- [6] 于东升,史学正. GIS 中土壤信息系统的研究进展. *土壤学进展*, 1993, 21(6): 26—31. Yu D S, Shi X Z. The development of soil information system based on GIS (In Chinese). *Advances in Soil Science*, 1993, 21(6): 26—31
- [7] 姚凌,章莉萍,张淑杰,等. 土壤环境质量数据库设计与实现. *土壤*, 2011, 43(5): 842—849. Yao L, Zhang L P, Zhang S J, et al. Design and implementation of soil environmental quality database (In Chinese). *Soils*, 2011, 43(5): 842—849
- [8] Johnston R M, Barry S J, Bleyes E, et al. ASRIS: The database. *Australian Journal of Soil Research*, 2003, 41(6): 1 021—1 036
- [9] 赵其国,史学正. 土壤资源概论. 北京: 科学出版社, 2007. Zhao Q G, Shi X Z. Introduction to soil resources (In Chinese). Beijing: Science Press, 2007
- [10] 周慧珍. 中国土壤信息共享研究——1:400 万中国土壤分布式查询数据库. *土壤学报*, 2002, 39(4): 483—489. Zhou H Z. Sharing of soil information data distributed inquiry data base of 1:4 M soil information of China (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2002, 39(4): 483—489
- [11] 周勇,王庆云,李学垣,等. 湖北省土壤系统分类数据库系统的建立. *华中农业大学学报*, 1996, 15(6): 540—544. Zhou Y, Wang Q Y, Li X Y, et al. Establishment of soil taxonomic classification database in Hubei Province (In Chinese). *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1996, 15(6): 540—544
- [12] 张学雷,杨玉建,肖光平. 山东省 1:100 万 SOTER 数据库的建立与初步应用研究. *山东农业大学学报:自然科学版*, 2001, 32(2): 136—142. Zhang X L, Yang Y J, Xiao G P. Soil and terrain digital database and its preliminary application research in Shandong Province (In Chinese). *Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science*, 2001, 32(2): 136—142

- [13] 吕成文, 陈志诚, 陈鸿昭, 等. 海南岛 1:20 万 SOTER 数据库的组织与设计研究. 水土保持学报, 2003, 17(6):110—113. Lü C W, Chen Z C, Chen H Z, et al. Design of Hainan Island's soter database at 1:200000 scale (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(6):110—113
- [14] 刘京, 常庆瑞, 岳庆玲, 等. 陕西省土壤数据库的设计研究. 干旱地区农业研究, 2008, 26(5): 105—108. Liu J, Chang Q R, Yue Q L, et al. Establishment of soil information system of Shaanxi Province (In Chinese). Agricultural Research in the Arid Areas, 2008, 26(5): 105—108
- [15] 吴克宁, 杨锋, 吕巧灵, 等. 河南省 1:20 万土壤数据库的构建及其应用. 河南农业科学, 2007(5): 77—80. Wu K N, Yang F, Lü Q L, et al. Construction and application of 1:200000 soil data base in Henan Province (In Chinese). Journal of Henan Agricultural Sciences, 2007(5): 77—80
- [16] 雷秋良, 张认连, 徐爱国, 等. 中国数字土壤建设及其发展方向探讨. 土壤通报, 2010, 41(5):1 246—1 251. Lei Q L, Zhang R L, Xu A G, et al. Construction and development direction of digital soil in China (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2010, 41(5):1 246—1 251
- [17] 浙江省土壤普查办公室. 浙江土壤. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1994. Zhejiang Soil Census Office. Zhejiang soil (In Chinese). Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1994
- [18] 吴嘉平, 姚伟, 吴春发. 矢量地图自动数字化的方法: 中国, CN200610049092.8. 2006-07-19. Wu J P, Yao W, Wu C F. Method of automatic digitization for paper vector maps (In Chinese): China, CN200610049092.8. 2006-07-19
- [19] 支俊俊, 荆长伟, 林声盼, 等. 非标准矢量地图的半自动数字化方法: 中国, CN201210199269.8. 2012-06-13. Zhi J J, Jing C W, Lin S P, et al. Semi-auto-vectorization method for non standard vector maps (In Chinese): China, CN201210199269.8. 2012-06-13
- [20] 于东升, 史学正, 孙维侠, 等. 基于 1:100 万土壤数据库的中国土壤有机碳密度及储量研究. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2 279—2 283. Yu D S, Shi X Z, Sun W X, et al. Estimation of China soil organic carbon storage and density based on 1:1000000 soil database (In Chinese). Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(12): 2 279—2 283
- [21] ISO/IEC11179-3. Information technology-Metadata registries (MDR)-Part 3: Registry metamodel and basic attributes, 2003
- [22] 王深法, 王人潮, 吴嘉平, 等. 用 TM 资料进行 1:5 万土壤制图的可行性研究. 土壤通报, 1989(1): 12—13. Wang S F, Wang R C, Wu J P, et al. Feasibility study of 1:50000 soil mapping using TM data (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1989(1): 12—13
- [23] 浙江大学. 浙江省大、中比例尺数字土壤信息共享平台, V1.0: 中国, 2011SR010785. 2011-03-08. Zhejiang University. Large and medium scale digital soil information sharing platform of Zhejiang Province, V1.0 (In Chinese): China, 2011SR010785. 2011-03-08

A 1:50 000 SCALE SOIL DATABASE OF ZHEJIANG PROVINCE, CHINA

Wu Jiaping^{1†} Hu Yilian¹ Zhi Junjun¹ Jing Changwei¹ Chen Hongjin² Xu Jin² Lin Shengpan¹
Li Dan¹ Zhang Cao¹ Xiao Rui¹ Huang Huiqin¹

(1 College of Environment and Natural Resources, Zhejiang University, and Key Laboratory for Applied Remote Sensing and Geoinformation Technology of Zhejiang Province, Hangzhou 310058, China)

(2 Zhejiang Provincial Station of Soils and Fertilizers, Hangzhou 310009, China)

Abstract With the aim of exploring and conserving soil resources, and promoting soil science, China conducted the second nation-wide soil survey in 1979, and has made substantial achievements out of the survey. To make better use of the results and also to keep abreast of the development in science and technology, constructing a soil database became an urgent task. After ten years of joint efforts, a soil database for Zhejiang Province was completed, encompassing 1:50 000 digitized soil maps for all the counties of the Province and consisting of three sections, i. e. spatial data, attribute data and meta data. The use of the techniques of automatic and semi-automatic soil boundary recognition developed through independent R&D significantly improved accuracy and efficiency of soil map digitization. The formulation of the standards for the soil database ensured standardization and orderliness of the database establishment. By referring to topographic maps and remote-sensing images, errors in soil maps were corrected in line with the topology and the soil science, thus solving problems in the original maps, such as missing of polylines and labels, and mis-matching along the administrative boundary, etc. and significantly improving the quality of soil maps. Collations of the soil surveys and classifications of counties and districts and the province were made with the national standards for soil classification, thus solving the problems,

such as “one soil has various names” and “different soils share the same name”, existing in the soil survey. The established soil spatial database has a total of 156 581 polygons and 2 677 soil profiles collected and collated, thus generating a seamless provincial-wide soil map well-linked with soil attributes, which to a certain extent lay a solid foundation for digital soils of Zhejiang. Besides, we discussed the shortages of this work and future direction for improvement in the hope that while consummating the large-scale soil database of Zhejiang, the research may also provide experiences for other provinces or regions to refer to in building up their soil databases.

Key words Large scale; Soil survey; Digitizing; Soil database; Zhejiang Province

(责任编辑:檀满枝)