

# 基于 ArcEngine 的陕西省土壤信息系统构建

邵作宇, 常庆瑞, 陶文芳

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 土壤信息系统的构建对于充分利用土壤资源, 实现土壤资源的信息共享具有重要意义。以陕西省为例, 采用 Geodatabase 模型和 Access 数据库分别建立了空间数据库和属性数据库, 并结合 ADO.NET 技术, 基于 ArcEngine 9.2 组件在 VS 2005.NET 环境框架中设计和构建了陕西省土壤信息系统。该系统具有图层管理、数据管理、输出管理、空间分析、专题评价等功能模块, 对陕西省土壤信息化具有实践意义。

**关键词:** 陕西省; 土壤信息系统; 数据库; ArcEngine

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2009)04-0125-05

中图分类号: S159, TP31

## Establishment of Shaanxi Soil Information System Based on ArcEngine

SHAO Zuoyu, CHANG Qingrui, TAO Wenfang

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The establishment of soil information system is of great importance to soil information sharing and utilization. By taking Shaanxi Province for an example and using Geodatabase model and Access, the spatial and attribute databases were established respectively. Based on the ArcEngine 9.2 component and combined with ADO.NET technique, soil information system of Shaanxi Province was developed in VS 2005.NET environment. The system has several function models such as layer management, data management, output, spatial analysis, and evaluation models. The establishment of the soil information system is of great significance for soil informatization and decisionmaking of Shaanxi Province.

**Keywords:** Shaanxi Province; soil information system; database; ArcEngine

土壤是重要的自然资源和农业生产资料,也是人类赖以生存和发展的物质基础<sup>[1]</sup>。由于土壤信息量大、种类复杂,长期以来,人们一直采用传统的方法保存土壤信息,应用时靠人工查找、统计、汇总,不仅周期长、速度慢,而且精度不高、更新困难<sup>[2]</sup>;如何监测土壤资源的动态变化、保持和提高土壤肥力;以及如何充分、持续、高效地利用现有土壤资源,最大限度地保护土壤资源、挖掘土壤资源的潜力,已是我国土壤科学工作者面临着一个重要课题<sup>[3]</sup>。SIS 是综合处理和分析土壤资源属性和空间内涵的地理数据的一种技术系统<sup>[4]</sup>;它是在一定的计算机软硬件支持下,把有关土壤的各种空间数据和属性数据按一定的格式输入、存储、显示、管理、操作、分析和输出,适时提供多种空间和动态的土壤信息而建立起来的一种综合的空间信息系统。

20 世纪 80 年代中期,我国土壤工作者开始进行土壤数据库的建立、土壤信息系统的研制和应用工

作,取得了一定的成就,并且投入运用的一些系统已经取得了一定的社会、经济和生态效益<sup>[2, 29]</sup>。但是目前对土壤信息系统的研究多以市级(县级)范围居多,而以省级为单位的研究较少。已有的研究主要包括:姜小三<sup>[10]</sup>完成了江苏省土壤数据库与信息系统的构建与开发;史舟、王人潮等<sup>[5, 12, 12]</sup>在浙江省进行了红壤资源利用与管理信息系统的研制;周斌等<sup>[13]</sup>在 PAMAPGIS(V4.2)支持下,进行了贵州省土壤信息系统(GSIS)空间数据库的设计、构建以及应用;赵明松等<sup>[14]</sup>采用组件式开发方式,探讨了 1 B 50 万安徽省土壤信息系统的构建;吴克宁等<sup>[15]</sup>完成了对河南省 1 B 20 万土壤数据库的构建及其应用等。

以上述土壤信息系统中,大多数都是以专业软件(例如 ArcGIS)为平台搭建的,不是一个独立的产品,应用之前需购买相应商业软件,这就造成了成本的增加。

本系统以陕西省为例,整理陕西省土壤信息并建立土壤信息数据库,基于组件开发包 ArcEngine

收稿日期: 200821220

修回日期: 200903211

资助项目: 国家自然科学基金项目(30872073); 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B0603); 西北农林科技大学创新团队支持项目计划

作者简介: 邵作宇(1983), 男(汉族), 安徽省明光市人, 硕士研究生, 主要从事地理信息系统设计和数字制图研究。E2mail: shaozuoyu@nw2suaf.edu.cn.

通信作者: 常庆瑞(1959), 男(汉族), 陕西省子洲县人, 教授, 博士生导师, 主要从事土地资源及 3S 技术研究。E2mail: qrchang@nwsuaf.edu.cn.

9.2, 在 Visual Studio 2005 平台上开发出具有友好的、可视化管理界面的陕西省土壤信息管理系统。ArcEngine 9.2 是一组完备的并且打包的嵌入式 GIS 组件库和工具库, 开发人员可用来创建新的或扩展已有的桌面应用程序。这样就可以将一些空间分析、查询等 GIS 专业功能集成到陕西省土壤信息管理系统中, 不受到专业软件平台的制约。

## 1 系统设计和实现

### 1.1 系统目标

陕西省在第二次全国土壤普查中获得丰富的土壤图形和属性数据, 目前还没有形成一个真正的数据库管理系统来科学管理, 使得大量的数据资源没有被充分利用, 不能发挥其应有的作用, 甚至到了濒临遗失的程度。建立陕西省土壤信息系统的目标就是利用先进的计算机管理技术, 按照规范化的数据分类和编码标准, 将大量单一零散的图形或属性数据资料存储在综合的、统一的土壤数据库中。系统以良好的界面和用户交互, 最后结果以专题图或报表形式呈现给用户, 实现了对陕西省土壤信息资源科学管理、查询和更新, 决策分析, 土壤评价, 动态显示和监测, 预测等功能。

### 1.2 系统设计原则

(1) 系统性。用系统工程的方法设计和建立土壤信息系统。整个系统开发要有统一的环境, 统一的数据代码; 图层和属性数据要有统一的数据格式; 各系统功能模块要能有机地结合在一起, 达到可以互相调用, 数据互相传输。

(2) 安全性、可靠性与可扩展性。系统具有良好的容错能力, 防止误操作、漏操作等引起的系统破坏。软硬件环境、模块和数据库设计尽量考虑其通用性, 使系统的体系结构具有良好的可扩展性, 使系统不但能够满足当前的实际需要, 而且要满足将来进一步发展的需要。

(3) 易用性、实用性。系统界面友好, 使用方便。尽量使软件易理解、易学、易操作, 使用户可以不必花费过多的时间去理解其逻辑过程、操作过程和操作方法。在系统功能设计、数据分类和规范方面只要满足实际需要即可, 不必存储大量的无用的信息数据和增加额外的功能。

(4) 科学性、准确性。在对属性数据录入或者图层数据处理时, 必须保证其准确性, 以确定土壤数据库中的数据有用; 系统评价模块所需的参数或者分析模型必须是通过大量实验验证或者专家分析所得, 确保相关模型决策结构的科学性。

### 1.3 数据库设计和建立

数据库是信息系统的核心, 其数据组织结构、数据质量的好坏直接影响到系统的正常运行和应用模

型的进一步开发, 因此, 必须严格把握每一技术环节, 采用正确的作业流程确保数据准确无误地录入数据库系统。土壤数据库建立主要包括空间数据库和属性数据库地建立。土壤数据库建立流程图见图 1。

1.3.1 空间数据库建立 (1) 数据来源。空间数据库中的土壤类型、养分数据主要来源于省级及地市级农技推广站, 主要包括 1 B 50 万土壤类型图、土地利用现状图、行政区划图、地形图、地貌类型图及各种土壤养分图等<sup>[6]</sup>。(2) 建立方法。将收集到的陕西省土壤图、土地利用现状图及各种养分图等先扫描成栅格图像, 再用 Photoshop 软件消除噪音, 然后应用 Geoway 空间数据加工处理软件进行图像配准和格网校正, 保证图像在校正过程中的精度, 最后进行数字化并建立拓扑关系, 错误检查及进行修改, 将其转为 Shape 格式文件。该研究中, 采用 ESRI 新推出的 Geodatabase 数据模型来管理图形数据, 由于图形数据容量不是很大, 因此将已数字化的 shape 格式图形数据通过转换存储到个人 Geodatabase 数据库中。

1.3.2 属性数据库建立 (1) 数据来源。属性数据库的来源主要是陕西省第二次全国土壤普查的成果资料 5 陕西土壤 6 和 5 陕西土种志 6, 主要包括土类、亚类、土属、土种的分布、面积、成土母质、特征和性状的属性, 以及土壤剖面的理化性质, 如全氮、速效钾、pH、机械组成等。同时还有社会、气候、经济等各种统计资料以及系统模型所需要的参数或者文献资料等。(2) 数据分类编码。入库数据的分类及编码是对数据资料进行有效管理的重要依据。对陕西省土壤属性数据进行统一的分类, 是为了保证系统数据的获取、存储、更新、检索和运算功能的实现, 以及不同层次系统数据的组织、连接、传输和共享。编码的目的则是节省计算机内存空间和便于用户理解使用<sup>[17]</sup>。陕西省第二次土壤普查建立了比较完整的土壤分类系统, 将陕西省土壤划分为 9 个土纲, 22 个土类, 49 个亚类, 134 个土属和 403 个土种。本属性数据库主要采用数字表示的层次型分类编码体系。对土壤分类系统数据库进行编码时, 以两位数字对应一个分类, 将 5 级分类对应的 5 个两位数字按土纲) 土类) 亚类) 土属) 土种顺序连接, 所得的 8 位数字即为该土种的编码。如 0201010102 就代表名称为马肝土的土种代码。典型剖面以 3 位整数作为其代码, 如 002 代表第 2 号剖面点。这样, 就可以把土种代码和剖面代码连接, 使之成为新的典型剖面代码, 于是该代码就可以清楚的表示剖面点所归为哪一土种, 也就知道属于哪个土属、土类等, 这样在剖面数据库中查询一个典型剖面时, 通过其代码连接其他土壤分类数据库, 就可以了解该剖面的分类性质和特征。在属性数据库设计中, 本系统就采用了新的编码作为典型

剖面代码。(3) 数据库实现。对收集到的各种土壤属性数据进行分类整理和统一编码后,建立不同的数据表:土类概况表、土属概况表、土种概况表、典型剖面理化性质表、典型剖面土层特征表等。在设计表时,要注意字段名称通俗化,字段类型统一化,为每个表格建立一个主键,使之惟一代表一条记录或数据;定义外键,使相关的表根据外键能联系起来,减少其冗余性。在设计好数据库结构后,就开始往数据库中录入土壤属性数据。由于数据录入是一项及其繁琐的工作,容易出现输入错误,因此在输入完成后,必须进行校检。将其数据表内容打印出来,逐条记录对照检查,发现数据

错误即时修改,保证数据的正确性和完整性。数据录入完毕并且检查无误后,就可以把数据存储到 Access 数据库中,形成属性数据库。

1.3.3 空间数据库和属性数据库关联和存储 将与图层相关的属性数据通过相同字段 ID 与图层相关联。对于其他无关的属性数据,如气候、经济、参数等,则直接存储在 Access 数据库里。因为图层数据也是存储在 Access 数据库中,可以将两类数据库合并成相同名称的统一数据库。但是为了增强系统的灵活性和安全性,将空间数据库和属性数据库分开存储,系统通过一定的模块来分别调用和管理。

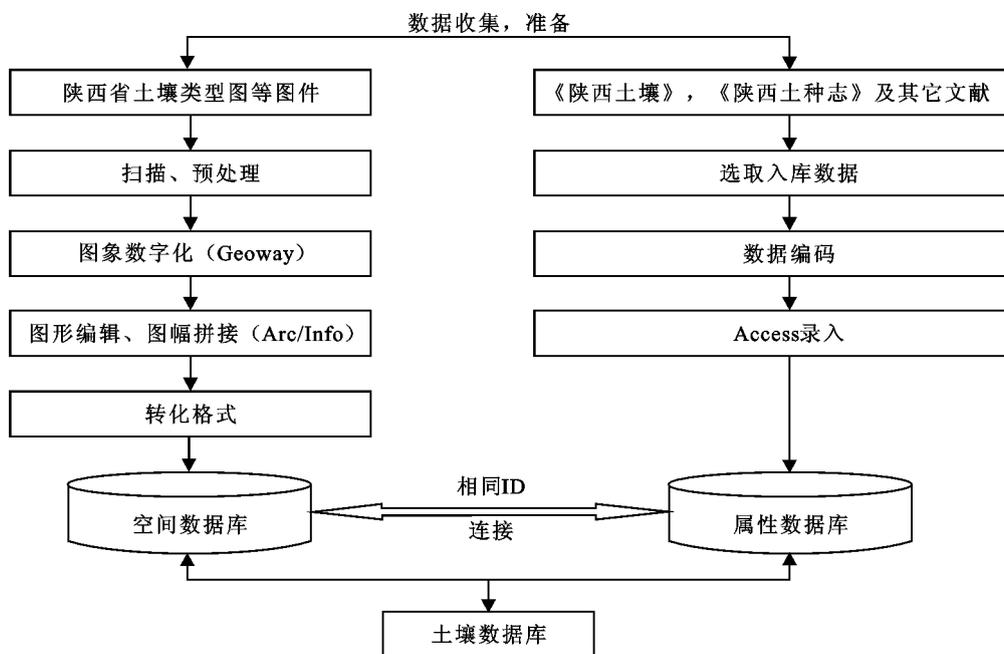


图 1 土壤数据库建立流程

## 2 系统结构和功能

### 2.1 系统总体结构

基于陕西省土壤信息系统系统设计的目标和原则,该系统主要由视图管理模块、图层控制模块、地图管理模块、查询统计模块、数据管理模块、空间选择模块、空间分析模块、专题评价模块、数据输出模块、帮助模块等构成(图 2)。

### 2.2 系统功能

2.2.1 图层控制 包括添加图层、删除图层、设置图层可见与否;通过关键字使选定的图层与外部属性表关联;从外部添加的图层如果与数据库中的图层坐标系统相同,可以把该图层导入空间数据库当中;也可以将从空间数据库里的图层以 shape 格式文件导出到本地磁盘中;对选定的图层进行渲染分级,以便专题图制作和导出。

2.2.2 视图管理 包括数据视图和页面视图的转换;制作专题图时,添加比例尺、图例、经纬网、指北针等修饰元素,或者对框架进行设置,使空间数据在进行地图输出时更加美观。

2.2.3 地图管理 土壤信息系统是一种专题地理信息系统,因此具备 GIS 一般的基本操作功能,如地图放大、缩小、平移、全局视图、量距、撤销、重做、空间选择等一系列功能。

2.2.4 查询统计 主要是对当前激活图层的操作功能,分为空间查属性和属性查空间两种方式。包括了单点查询、线查询、面查询、SQL 查询等功能。对当前图层进行画点、画线或者画面时,就可以得到相对应的属性数据,并以表格形式呈现出来。进行 SQL 查询时,弹出一个属性对话框,用户只要选择一定的条件,满足条件的图斑会高亮显示,很直观地显示在用户面前。

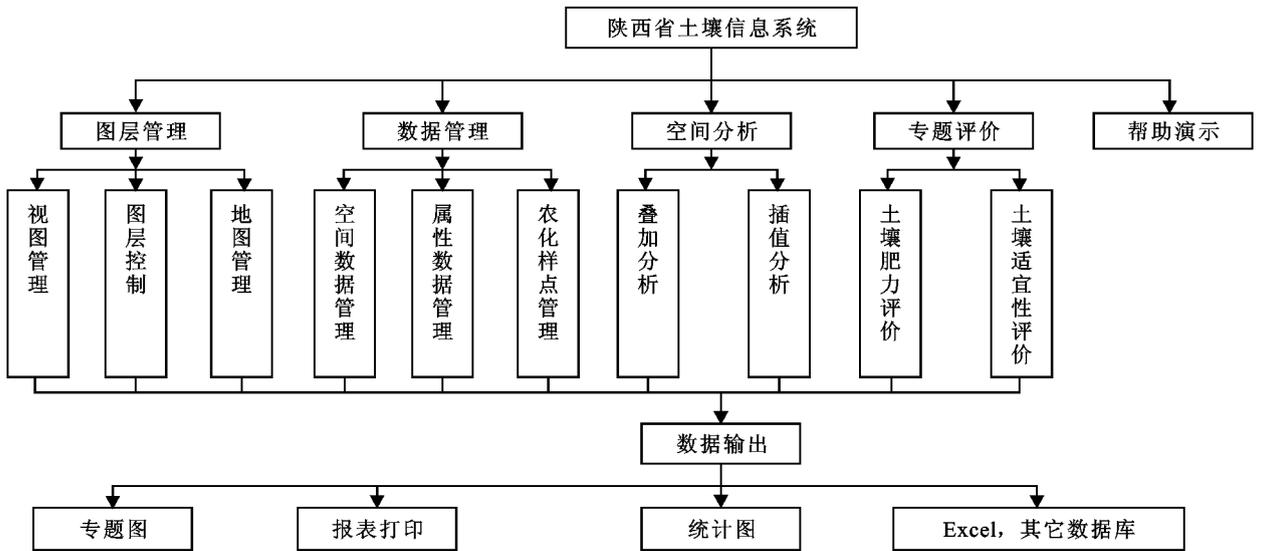


图 2 系统功能结构图

2.2.5 空间选取 主要是对当前激活图层的操作功能。分为点选取、线选取、面选取、全部选取功能等。用户只要在地图上画一个几何图形,该几何图形和图层相交的地方就会高亮显示,可以对选择的要素进行属性数据查看,或者将选择的要素以 shape 文件格式导出。

2.2.6 数据管理 包括外部属性数据管理、空间数据库管理和农化样点数据管理 3 个部分。(1) 外部属性数据管理。该子模块实现了对属性数据库的操作管理功能。可以新建数据表或者删除数据表;对属性数据进行 SQL 查询,简单统计,报表制作和导出;同时实现对一些数字型数据统计图制作,并将该图打印或者输出,以便更直观地将数据以动态的形式显示给用户。该子模块不同的表的记录操作不一样,像土类或者土属等土壤分类类型是经过专家学者根据大量的调查实验鉴别出来的,具有一定的权威性,在近期内不会增加或者减少,所以对这些相关表中的记录只能进行更新部分属性,而不能添加或者删除。对于其它数据表内容可以根据变化情况进行一系列增加、删除、更新等操作,以确保数据库的现势性。(2) 农化样点管理。以前的土壤普查中,对土壤剖面调查没有很好地精确定位,使土壤剖面点不能以点位图形式直观呈现给用户,用户对土壤剖面点只能获得其理化性质或其他属性,系统进行综合评价时,土壤剖面点空间分布不能以人们感兴趣的地图形式显现出来,而是一些枯燥的数字表格,不够人性化。在本系统中,针对此类问题增加了一个数据表(土壤农化样点表),添加了经度和纬度等地理信息,这样在以后的土壤研究中,土壤剖面点可以很好地定位,根据其经纬度将每个土壤剖面都能在地图上以点的形式呈现出来。(3) 空间数据库管理。该子模块实现了对空间数据库的操作管理功能。实现对具

有统一坐标系统的图层进行数据库导入和导出;在属性表管理中,可以对图层自带的属性表进行添加字段、删除字段,对某些记录数据进行更新;也可以对图层属性数据进行 SQL 查询、统计导出和报表制作。

2.2.7 空间分析 系统具有叠加分析、插值运算、缓冲区分析(查询)、添加 XY 数据等空间分析功能。插值运算目的就是根据某范围内土壤剖面点的理化含量,通过空间插值来获得在一定范围内土壤理化性质分布情况。添加 XY 数据是将最新采样的土壤农化样点的经纬度转化成点位图层数据,并将所得图层直接导入到空间数据库中。

2.2.8 专题评价 包括土壤肥力评价、土壤适宜性评价等。土壤肥力评价针对于已经确定好评价单元的图层,系统已经给出几个评价指标,用户可以根据图层属性选取评价指标及相应的权重值,隶属度函数,评价规则等,最后根据层次分析法来计算评价单元的肥力指数,以及评价等级,系统会自动进行图层分类、渲染并导入到数据库中。

2.2.9 输出模块 包括专题图打印输出、报表打印输出、统计图输出等。

2.2.10 帮助模块 联机帮助使得用户能更好的使用本系统。联机帮助的做法是先用 word 撰写,然后转换为\*.chm 格式,最后编写代码调用转换好的\*.chm 格式文件。

### 3 系统集成和界面开发

用户界面是系统与用户直接进行交流的部分,其设计的好坏直接影响到系统具体运行的效率。好的用户界面应该在界面的概念和表达方式上与用户保持一致,让用户操作使用方便,并在运行期间能够对各种操作进行及时动态跟踪,并提示相应的信息<sup>[18]</sup>。Vb.net

2005 是微软公司基于 Framework 框架思想而推出的一套面向对象开发基础语言。它的开发难度不大, 易于掌握, 而且与 web 有很好的兼容性, 可扩展性强等特点, 被广大的开发者所选用。ESRI 公司提供的 ArcEngine 9.2 是继 MapObjects 后提供的功能更加强大的组件式开发模型, 是在 GIS 二次开发语言中具有绝对优势的组件语言。ADO.NET 是 Microsoft 在 .NET 环境中对数据存取问题的解决方案。ADO.NET 是对 ADO 的继承, 是一个用来存取数据和信息的 API。它提供与 OLEDB 兼容的数据源的数据存取接口, 应用程序可以使用 ADO.NET 连接到这些数据源来获取、操纵和更新数据。本系统就是采用 ADO.NET 技术实现对属性数据库的访问和操作, ArcEngine 9.2 组件对象对图层数据进行管理, 通过 Vb.net 2005 框架环境使其有机地结合在一起, 开发出具有良好界面的陕西省土壤信息系统(图 3)。

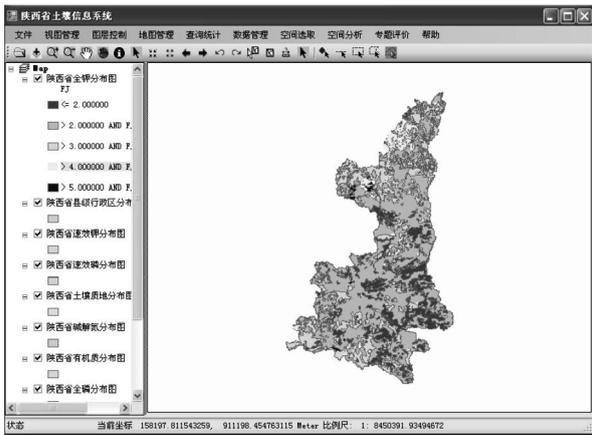


图 3 陕西省土壤信息系统主界面

## 4 结语

(1) 陕西省土壤信息系统通过不断的测试、完善, 已经达到了预期目标。系统具有操作简单、信息丰富、实用和可扩展性等特点, 它的建立是挽救和及时更新二次普查获得的宝贵数据, 使之更好地服务于科技界、决策界和生产部门的重要途径, 同时也为陕西省土壤资源的科学管理、为农业的持续发展提供了可靠的数据资料和全新的技术手段。

(2) 系统应用主要以土壤相关空间数据为主, 在进行适宜性或者质量评价中, 不能很好地考虑到地形、岩性等因子带来的影响。与世界土壤—土地数字化数据库(SOTER)的制图单元设计理念还有一定的差距, 今后还要不断完善系统数据库, 组织和设计陕西省大比例尺的 SOTER。

(3) 由于系统功能有限, 还不能很好的充分利用这些土壤数据, 使得很多数据还没有达到其应有的作用, 造成浪费; 以及系统在教育模型上研究不多, 限制了其功能作用, 今后还需要在这方面做进一步研究, 以不断完善和扩展系统的功能, 使之能更好地服务于社会。

## [参 考 文 献]

- [1] 王桂红, 杨勇, 刘向锋. 基于 GIS 的土壤资源信息系统研究[J]. 农业网络信息, 2005(4): 392-41.
- [2] 王伟, 刘宏斌, 谢德体, 等. 重庆市土壤信息系统的建立与应用[J]. 计算机与现代化, 2003(7): 20-26.
- [3] 马友华, 胡芹远, 转可钦, 等. 合肥市土壤数据库系统的建立[J]. 安徽农学通报, 2001, 7(1): 48-49.
- [4] 钟骏平. 土壤信息系统的发展与应用[C]//中国土壤学会地理专业委员会. 土地资源持续利用与信息技术. 北京: 中国大地出版社, 1999: 26-27.
- [5] 杨联安, 史舟. 红壤资源信息系统的研制及其初步应用[J]. 土壤学报, 1999, 36(1): 2-30.
- [6] 吴顺辉, 蒋成爱. WebGIS 在广东省土壤资源信息系统的应用[J]. 华南农业大学学报, 2002, 23(2): 1-17.
- [7] 王天巍, 蔡崇法, 史志华, 等. 基于 COM 的土壤信息系统[J]. 计算机工程, 2004, 30(5): 3-7.
- [8] 潘剑君, 孙维侠, 靳婷婷. 土壤信息系统建造研究: 以江苏省大丰市为例[J]. 南京农业大学学报, 1999, 22(3): 4-8.
- [9] 林杰, 张金池, 彭世揆, 等. 江西省 1:100 万土壤信息系统的构建[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2005, 29(5): 106-110.
- [10] 姜小三. 江苏省土壤数据库与信息系统的构建研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- [11] 史舟, 王人潮, Mohammad A. 大比例尺红壤资源信息系统的研制[J]. 浙江农业大学学报, 1997, 23(6): 70-71.
- [12] 史舟, 王人潮. 红壤区土壤资源利用与管理信息系统的研制[J]. 农业工程学报, 1998, 14(1): 7-11.
- [13] 周斌, 杨柏林, 汪红强. 贵州省土壤信息系统共建数据库的设计和建立[J]. 地质地球化学, 2000, 28(1): 68-71.
- [14] 赵明松, 程先富, 王世航, 等. 安徽省土壤信息系统的设计与开发[J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 441-444.
- [15] 吴克宁, 杨锋, 吕巧玲, 等. 河南省 1:20 万土壤数据库的构建及其应用[J]. 河南农业科学, 2007(5): 77-80.
- [16] 陕西省土壤普查办公室. 陕西省土壤图、养分图[M]. 西安: 西安地图出版社, 1992.
- [17] 胡月明. 土壤资源信息系统的建立与应用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2002.
- [18] 黎连业, 李淑春. 管理信息系统设计与实施[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.