

陕西省土壤数据库的设计研究

刘 京¹, 常庆瑞¹, 岳庆玲³, 陈 勇^{1,2}, 王德彩¹, 陶文芳¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学信息工程学院, 陕西 杨凌 712100

3. 河南科技学院资源环境学院, 河南 新乡 453003)

摘 要: 利用 GIS 图形与属性数据的强大管理分析功能, 构造土壤数据库系统 E-R 模型, 确定陕西省土壤空间数据库的主要内容及其与属性数据库的关联方法。在此基础上, 建立了功能强大, 实用性强, 操作简单的土壤数据库系统, 并提出了数据库系统需要进一步研究拓展的方向。该方法可为陕西土壤资源开发利用提供参考。

关键词: 土壤数据库; GIS; E-R 模型; 陕西省

中图分类号: S159-2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)05-0105-04

土壤数据库是土壤地理学研究的重要内容之一, 是联系基础土壤研究(土壤发生和分类)和生产应用的重要桥梁, 是区域土壤资源管理与决策的重要手段^[1]。随着耕地面积的不断缩小、土壤质量的日益退化, 如何监测土壤资源的动态变化、保持和提高土壤肥力, 以及充分利用现有土地资源, 已是我国土壤科学工作者面临着一个重要课题^[2]。利用计算机将分散的各种土壤属性数据和图形数据进行数据库管理, 对土壤资源利用进行有效的宏观调控, 并使用户能以最适当的形式获得关于土壤资源的最新信息, 是解决这一问题的有效途径^[3]。在国外, 一些发达国家七、八十年代就已建成区域性或全国性的土壤数据库系统, 对其农业的、地力的维持和土壤污染的控制起到了重要的作用^[4,5]。现在, 发达国家的土壤数据库系统已从专业领域应用扩展到农场综合管理, 并结合遥感、卫星定位等空间信息技术实现了精细农业或精确农业^[6-8]。如 Rosa D D 等^[9]开发了基于 windows 操作平台的多语言土壤剖面数据库, 实现了土壤剖面点位及土壤系统分类特征的描述。Ungaro Fabrizio 等^[10]利用土壤数据库在意大利南部地区对土壤属性进行了评估, 模拟了污染物在土壤中的迁移情况, 为土壤污染治理提供了理论依据。目前, 国内的土壤数据库的建立和应用工作虽然起步较晚, 技术相对落后, 但发展十分迅速。1986 年, 北京大学遥感应用研究所完成了国内第一个土壤信息系统^[11]。此后, 一系列土壤数据库相继完成^[12-18], 且投入运用的一些土壤数据库系统已经取得了一定的社会、经济和生态效益^[19-23]。陕西作为中国的农业大省之一, 土壤资源亟待由粗

放型向集约型管理转变, 目前有关陕西省土壤信息数据库还未见报道。因此, 建立陕西省土壤数据库能够实现有关部门对该地区土壤资源的共享, 充分利用土壤这一基本生产资料, 为本地区制定相关农业政策, 促进农业持续、稳定和协调发展提供依据。农业生产的发展, 迫切需要既能进行宏观指导又能直接面向基层单位, 能为其提供实用的农业生产技术资料的土壤数据库系统。

1 研究区概况

陕西省位于黄河中游, 在我国中部偏东靠北, 总土地面积约为 20 万 km², 占全国总土地面积的 2.4%, 位于东经 105°21'~111°15', 北纬 31°42'~39°35'之间。全省地势南北高、中间低, 由西往东倾斜, 南北长约 870 km, 东西最宽为 430 km, 南北狭长, 自然条件复杂, 自南向北跨越北亚热、暖温、中温三个气候带及湿润、半湿润、半干旱三个分水区; 并以北山、秦岭为界, 分为陕南、关中、陕北三个自然区。

本区地域性跨度大, 区域性差异明显: 按地貌, 本区可分为风沙滩地区、陕北黄土高原丘陵沟壑区、关中盆地、秦岭山区、汉中安康盆地以及大巴山区, 由于水平地带性的差异以及复杂的地貌条件, 在成土母质、气候、温度、降雨、植被等成土条件上表现出了巨大的地区差异性, 造成了本区内土壤理化性质的巨大地区性分异, 土壤养分的类型和含量在水平以及垂直方向上的显著差异。

陕西农业历史悠久, 在中国历史上长期作为重要的粮食和经济作物产区, 且具有相当长的农艺经

收稿日期: 2007-08-14

基金项目: 西北农业科技大学基金项目“陕西省土壤信息系统研究”(08080256)

作者简介: 刘 京(1975—), 男, 宁夏贺兰县人, 土壤学在职博士研究生, 主要从事 GIS 在农业资源利用方面的研究。

通讯作者: 常庆瑞, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事土地资源及空间信息技术研究。

营历史。因此,在本区人类活动和农业经营对土壤养分、肥力以及理化性状的影响尤为突出,例如,属于人为土中的土垫旱耕人为土,其主要形成原因就由长期存在于关中地区的“黄土搬家”形式的农业、饲养业的经营和施肥方式所致。

2 土壤数据库设计的原则与任务

2.1 设计的原则

在建立土壤数据库系统时,坚持实用性原则。目前计算机已十分普及,应使所设计和建立的数据库系统操作简单,便于推广。

本数据库系统目前可为省、地市级有关部门的农业决策提供依据。在将来结合空间遥感信息技术,可用于全省范围内的土壤资源利用的宏观调控和监测,并可实现与水利、水土保持及建设和环保等部门间土壤资源信息的共享。

2.2 设计的主要任务

根据建立系统的目的划分系统模块和确定系统的各个组成部分,并确定它们在整个系统中的作用与相互关系以及系统的软、硬件配置。研建由 Visual Basic 6.0 程序语言支持与 Microsoft Access 数据库及美国环境系统研究所(ESRI)提供的 MO 开发组件相结合的中文人机对话式信息录入环境,信息录入方便、快捷。即用上述软件建立由土壤属性的定性、定量数据构成的关系型数据库。它将土壤属性值以二维表格的有序形式储存起来,便于检索、连接和数据处理。对于土壤属性的定性描述,是用文本文件建立,然后在系统中以文字形式显示。

3 土壤数据库设计与建立

传统的关系型数据库管理系统对处理属性数据有利,但对图形数据的处理就很困难。而 GIS(Geographic Information System)的操作对象是空间数据,对其按统一地理坐标进行编码,实现定位、定性和定量的描述。它具有强大的对图形数据管理和分析的功能。本土壤数据库系统的设计就是利用了关系型数据库对属性数据、GIS 对图形数据强大的管理功能来实现对土壤数据的处理,分别建立了陕西省土壤属性数据库和图形数据库,并通过标识码来实现属性数据和图形数据之间的连接。

3.1 土壤数据库用户模型

通过对研究区土壤数据库系统用户调查,明确了不同用户对土壤数据的不同需求,据此提出了土壤数据库系统用户模型:一是省级农业行政主管部门,为陕西省农业的行政规划提供决策支持,并对省

土壤资料的管理与保存提供了一个可靠、方便的手段;二是地市级农业行政主管部门,为其工作提供业务咨询;三是县级农技站的农技人员,为农业推广工作提供技术指导。

3.2 土壤数据库系统数据模型

根据土壤数据的特点,本数据库采用 E-R(实体关系)模型,建立了土壤数据库系统 E-R 模型,其主要实体及相互联系见图 1。

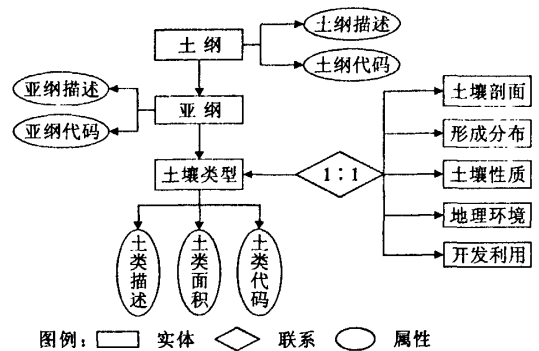


图 1 土壤数据库实体联系模型

Fig.1 The E-R model of soil database

3.3 数据库系统的建立

3.3.1 系统的框架和内容 根据面向对象的数据库设计思想,本研究把整个数据库分为属性数据库和空间数据库系统,而这两个数据库又有若干子数据库或者数据文件组成,系统整体框架见图 2。

3.3.2 属性数据的采集及处理 属性数据具体描述各地物的特征,是各地物特征的反映,将这些特征作为属性,建成属性表格。先在 Excel 软件下,将剖面属性数据依次输入,将 Excel 文件转为数据库可接受的 *.dbf 格式。属性数据主要包括第二次全国土壤普查所获的陕西省土壤理化性质和环境条件、土壤类型、土壤剖面性状、研究区年鉴中历年的农业产量、研究区近二十年气象的相关资料以及经济、人口信息等资料。

3.3.3 图形数据的收集与处理 利用 1:50 万陕西省行政图、土壤图、土壤养分元素含量分布图和地形图及由地形图延伸的其他图件。

将上述图件进行扫描后,在 Photoshop 中进行锐化和二值化,再利用 Geoway 数据加工套件进行图像的定向、配准、格网精纠正,然后进行矢量化。矢量化就是将栅格形式存储的图形转换成以矢量形式存储的可以进行编辑处理的数据图形这一过

程,即将不动的或表面的、静态的图件转化为活的、有属性的、动态的、可更新的图件。将矢量化后的数据转换成*.shp格式数据,导入 Arcgis 中进一步进行处理与分析。

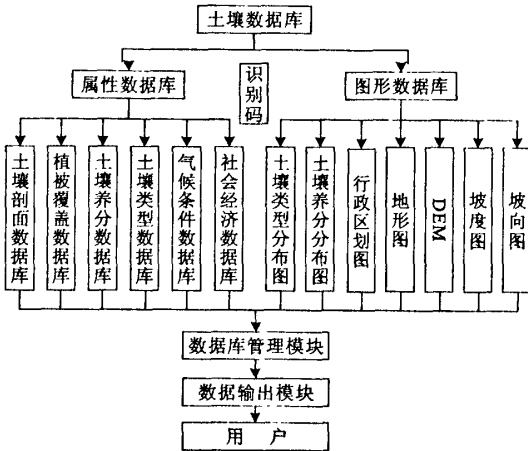


图2 土壤数据库系统功能结构图

Fig.2 Structure and function of soil database

3.3.4 数据库的建立 将采集到的属性数据和图形数据分别存入属性数据库和图形数据库,数据库间以关键词(土类代号)连接。数据库主要包含以下内容:

土壤类型数据:从土纲到土类,逐级建立子模块,并以土类为单元,建立土壤属性库和空间图形数据库。由于陕西省第二次土壤普查中使用的分类系统是发生分类,本研究为了与国际相关研究接轨,将所对应的系统分类的名称也列于属性表中,便于查询。

土壤剖面数据:选择研究区内典型的土壤类型的剖面、土体构型、土壤剖面的机械组成、化学组成及土壤剖面的图片、文字描述信息以及剖面点的地上景观照片等。

土壤养分:主要包括土壤有机质、氮、磷、钾、微量元素、 CaCO_3 含量、阳离子代换量(CEC)、土壤质地及土壤pH值等。以土类为基本单位,介绍了各个土类的肥力性质及养分状况。

植被覆盖:植被类型是土壤成土过程的主要影响因素,因此该模块存储主要植被类型、分布状况及其他相关信息等。

气候条件数据:气候条件是土壤形成的五大成土因素之一,包括最低(高)气温、年均温、积温、降水量、蒸发量和辐射量等6个库文件。

社会经济数据:主要包括县级人口统计信息,区域人口年龄结构、受教育程度、区域国民生产总值、年人均收入、工业生产总值及第三产业的信息等。

地形地貌数据:地形地貌是决定的水热状况的再分布,是土壤形成发育的重要的影响因素之一。利用1:25万的地形图制作全省DEM,并获得由其延伸的坡度和坡向数据。

行政区数据:以县为基本单元的全省行政区划数据。

本系统的主要数据利用第二次土壤普查建立的比较完整的土壤分类系统,将陕西省土壤划分为22个土类,49个亚类,134个土属和403个土种。根据《陕西土壤》中对土壤理化性质的介绍和记录以及一些具体数据资料的实际情况,确定建立土壤属性数据库。其中,土类库中包括土类的名称、代号及其对应的系统分类的名称。建立土壤数据库数据字典,主要包括各个数据库的结构、字段的命名、字段长度、字段类型等,将土壤属性数据形成二维表格,对统计资料进行整理归档,建立统计模型。

3.3.5 主要功能模块 **查询模块:**通过对数据库的空间查询可实现给定土壤类型的特点或条件,找出满足这些特点或条件的土壤类型的地理位置;或给定地理位置条件,找出满足条件的土壤类型。这里条件可以是属性组合,也可以是特征间的关系表达式等。

数据库管理模块:主要有属性数据的定义、修改、数据库文件的增加、删除、修改及与文件的交互操作,数据库查询、检索等。

土壤质量评价模块:评价模块完成土壤质量评价:适宜性评价、侵蚀性评价以及生产潜力评价。

统计分析模块:用户可以根据需要,对各土壤类型的属性数据进行统计分析,用统计图的形式表示出来,有利于直观地了解土壤各属性间的相关关系。

数据输出模块:主要包括各专题地图的输出、统计图表的输出、文本输出等。

用户模块:用户可以设置两个不同的权限,主要包括管理员用户和其他用户,管理员用户可以对数据库中的数据进行更新,而其他用户只能对数据库中的数据进行查询检索等。

4 系统应用

土壤是作物生长的基础,因地制宜的农业开发必须依据土壤和相关环境状况。土壤数据信息的主要作用在于:

(1) 服务于可持续的最佳适宜土壤管理,土壤

的养分容量和需求计算、耕作措施的决策等;正确认识土壤自身的特性,充分发挥土壤优势,对合理利用土壤资源有重大作用。如对某种属性的空间分布进行分析,可以掌握土壤资源的时空变化信息,为建立合理的农业生态环境,获得较大的经济效益提供依据。

(2) 服务于作物生长的适宜性评价;对于适宜农作物生长的土壤,作好田间管理,合理施肥等,保持良性循环。

(3) 土壤保护措施。如预防水土流失、土壤退化的土壤技术;根据土壤的理化性状、不同的地形以及气候条件,采取不同措施以防止水土流失、土壤退化等。

(4) 土壤质量的评价和演变预测。土壤数据库可应用到土壤资源质量评价中去,选择水热状况、地形地貌、土壤与植被、社会经济等因素,采用评价方法进行分析,根据土壤质量指标进行地区的土壤资源质量分级并成图,为了解当地土壤状况提供依据。

5 问题与讨论

1) 在现有条件下,建立区域性土壤数据库系统,对农业的正确决策、土地资源的充分合理利用及土壤污染的治理,是十分必要的,在技术上也是可行的。本系统的建立,为省级土壤数据库的建立提供了参考模型。

2) 研究过程中,一些资料由于条件限制及其他原因一时难以收集,本系统为这些数据预留了数据更新的模块。

3) 系统所采用的资料大部分是第二次全国土壤普查时期获得的,部分土壤养分资料经过 2003 年至 2005 年重新采样后更新过的数据,而旧的数据要等新数据的数据采集分析后,需要及时地更新和维护。

4) 为使本数据库发挥更大的作用,在后续的工作中,将本数据库发布到互联网上实现资源共享。

参考文献:

- [1] 龚子同. 面临新世纪挑战的土壤地理学[J]. 土壤, 1999, (5): 236—243.
- [2] 赵其国, 吴志东. 继往开来, 迎接 21 世纪对土壤科学的挑战[J]. 土壤, 1999, (5): 225—231.
- [3] 赵其国, 叶方. 信息化与农业现代化[J]. 土壤学报, 2004, 41(3): 449—455.
- [4] ISSS, project proposal "world soil & terrain digital database at a scale 1: 1M". Ed. By M. F Baumgardner. ISSS, Wagerinen, 1986. 23.
- [5] Varaliyay G Y, Szabo J, Pasztor L, Micheli L. SOTER (Soil and Terrain Digital Database) 1:500,000 and its application in Hungary[J]. *Agrokemia es Talajtan*, 1994, 43: 87—108.
- [6] Dobosi Endre, Montanarella Luca, Negre Thierry, et al. A regional scale soil mapping approach using integrated AVHRR and DEM data[J]. *JAG* 2001, 3(1): 30—42.
- [7] Igué Attanda Mouinou, Gaiser Thomas, Stahr Karl. A soil and terrain digital database (SOTER) for improved land use planning in Central Benin[J]. *Europ. J. Agronomy* 2004, 21: 41—52.
- [8] Henderson B L, Bui E N, Moran C J, et al. Australia-wide predictions of soil properties using decision trees[J]. *Geoderma*, 2005, 124: 383—398.
- [9] Rosa D. de la, Mayol F, Moreno F, et al. A multilingual soil profile database (SDBm Plus) as an essential part of land resources information systems[J]. *Environmental Modelling & Software*, 2002, 17: 721—730.
- [10] Ainai Ma. Proceedings of international workshop on geographic information system Beijing 87[M]. Published by the Lab of Resources and Environment Information System, Institute of Geography, CAS. 1987. 1—446.
- [11] Ungaro Fabrizio, Calzolari Costanza. Using existing soil databases for estimating retention properties for soils of the Pianura Padano-Veneta region of North Italy[J]. *Geoderma* 2001. 99—121.
- [12] 吕成文, 王晓铃. SOTER 数据库的特点及其应用[J]. 安徽师范大学学报, 2000, 23(2): 184—187.
- [13] 吴玺, 夏建国, 邓良基, 等. 基于 GIS 的大中比例尺土壤数据库系统设计与实现[J]. 四川农业大学学报, 2000, 18(4): 335—338.
- [14] 吕成文, 沈德福, 陈云丰. 大比例尺土壤数据库的组织与设计研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(2): 122—125.
- [15] 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(2): 48—49.
- [16] 潘剑君. 江西省余江县土壤信息系统建造研究[J]. 土壤学报, 1999, 36(4): 523—525.
- [17] 罗云明. 四川省南充市 GIS 土壤数据库系统设计的理论研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 61—64.
- [18] 胡跃华, 邹应斌, 袁江, 等. 湖南省土种资源数据库管理系统的建立[J]. 土壤通报, 2005, 36(6): 817—821.
- [19] 刘洪斌, 武伟, 谢德体, 等. 江津市土壤养分数据库系统的建立及初步应用研究[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(5): 467—469.
- [20] 孙维侠, 史学正, 于东升, 等. 基于 1:100 万土壤空间数据库的有机碳储量估算研究—以中国东北三省为例[J]. 地理科学, 2004, 24(5): 568—572.
- [21] 孙丹峰, 李红. 土壤土地数据库(SOTER)在我国土地资源数据库建设的应用研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(2): 53—57.
- [22] 陈志强, 陈健飞, 谢全全. 基于 SOTER 数据库和 GIS 技术的龙眼适种地遴选[J]. 土壤学报, 2005, 42(4): 700—703.
- [23] 张定祥, 于东升, 史学正. 苏南 SOTER 数据库的建立及其在水稻土生产力评价上的应用[J]. 安徽农业大学学报, 2001, 28(2): 119—124.

(英文摘要下转第 114 页)

Analysis on characteristics and influencing factors of soil nitrogen for terrace in the Weibei dryland

BAO Yao-xian^{1,2}, WU Fa-qi¹, LIU Ming-hu², SONG Fang-yun²

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy of Forestry, Dengkou, Inner Mongolia 015200, China)

Abstract: Testing the content of organic matter(OM), total nitrogen(TN), available nitrogen(AN), mineral nitrogen($\text{NH}_4^+ - \text{N} + \text{NO}_3^- - \text{N}$) and other physical-chemical properties under different use years of terrace. Using statistical analytical method, the characteristic, variability in profile of soil nitrogen and its influencing factors for terrace were studied systematically in the Weibei dryland. The results showed that distributions of various soil nitrogen were uneven and their contents were poor except for TN, especially, the content of mineral nitrogen(MN) was very poor. The contents of various soil nitrogen in topsoil were highest and their contents decreased from upper to lower in vertical profile and their significant differences were found between topsoil and lower layers. Fertilization increased obviously the content of various soil nitrogen. OM, TN and AN were influenced obviously and positively by the contents of CEC, clay particle, total phosphorus(TP) and available phosphorus(AP). The contents of CaCO_3 and silt particle made "dilution effect" of soil nitrogen. All soil nitrogen was effected to some extent by aspect and position of the slope and type of terrace. The content of OM, TN and AN increased incipiently and decreased subsequently with the increasing of terrace use years, the degraded critical year of them was 19 years at least in study area.

Keywords: Weibei dryland; terrace; soil nitrogen; characteristic; influencing factor

(上接第 108 页)

Establishment of soil information system of Shaanxi Province

LIU Jing¹, CHANG Qing-rui¹, YUE Qing-ling¹, CHEN Yong^{1,2}, WANG De-cai¹, TAO Wen-fang¹

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

2. College of Information Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Resources and Environment, He'nan Institute of Sciences and Technology, Xinxiang, He'nan 453003, China)

Abstract: Soil resources, as the core of agricultural resources in Shaanxi Province, have tremendous development potential. Integrating GIS with E-R model, soil database system of Shaanxi Province was designed with formidable function, strong usability, and simple operation in this study. Some suggestions that needed further exploration were brought out. The system can provide reference for the soil resources development in Shaanxi Province.

Keywords: soil data bank; GIS; E-R model; Shaanxi Province