

农业面源污染基础信息数据库的设计与实现*

包丽颖 孙秀秀 郁亚娟[#] 易比一 程红红

(北京理工大学化工与环境学院,环境科学与工程北京市重点实验室,北京 100081)

摘要 针对农业面源污染研究与防控对基础数据信息的需求,以东北地区为例,建立了农业面源污染基础信息数据库。该数据库可以实现农业面源污染基础信息的收集、存储和信息共享,为东北地区农业面源污染的研究和污染防治提供基础数据信息的支持与管理。根据规范设计方法,通过需求分析、概念设计、逻辑设计、物理设计、实现与测试、运行维护6个阶段建立了数据库。数据内容包括种植业、畜牧业、农村生活、自然地理、水文水质、气象监测、社会经济、点源污染、参数数据。该数据库的实现基于 Microsoft Excel(Excel)、Microsoft Access(Access)和 Microsoft Visual Studio 2010(VS 2010)等3个软件的支持。其中,Excel用于数据的输入和修改,Access用于数据库文件的生成和连接数据源与界面,VS 2010实现了数据库界面的设计与实现。

关键词 农业面源污染 数据库 设计与实现

Database design and implementation for basic information of agricultural non-point source pollution BAO Liying, SUN Xiuxiu, YU Yajuan, YI Biyi, CHENG Honghong. (Beijing Key Laboratory of Environmental Science and Engineering, School of Chemical Engineering & Environment, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract: Based on the demand of research, prevention and controlling of agricultural non-point source pollution (ANSP) for basic data, a basic information database of ANSP was established taking Northeast China as a case study area. The establishment of the database could achieve a variety of functions, such as the collection, storage and sharing sources of the basic information of ANSP, as well as providing support of basic data for the research and governance of ANSP in Northeast China. According to the specification design method, the database was designed through six steps of demand analysis, concept design, logical design, physical design, implementation and test, operation and maintenance. The content of database consisted of crop farming, livestock breeding, rural residents living, physical geography, hydrology and water quality, meteorological monitoring, social economy, point source pollution, and parameter data. Three kinds of software were used to complete the implementation of the database: Microsoft Excel, Microsoft Access and Microsoft Visual Studio 2010. Microsoft Excel was used for data input and modification. Microsoft Access was applied to generate the database files and connect the data source as well as the interface. Microsoft Visual Studio 2010 accomplished the design and founding of the database interface.

Keywords: agriculture non-point source pollution (ANSP); database; design and implementation

面源污染,又称非点源污染^[1],是指在降雨径流的冲刷和淋溶作用下,大气、地面和土壤中的溶解性或固体污染物进入地表或地下等水体而造成的水环境污染^[2-3]。国内外多项研究结果已证实,面源污染已成为世界范围内地表水与地下水污染的主要来源^[4-6]。面源污染由于涉及范围广、控制难度大,在环境污染中的比重逐渐增大,是导致地表水污染的主要原因,其中又以农业面源污染贡献最大^[7]。农业面源污染是指在农业生产活动中,农田中的泥沙、营养盐、农药及其他污染物,在降水或灌溉过程中,通过农田地表径流、壤中流、农田排水和地下渗漏,进入水体而形成的地表和地下水环境污染^[8]。农业

面源污染源主要包括化肥污染、农药污染、集约化养殖厂污染等^[9]。

近年来,随着我国地表水源农业面源污染的严重程度的增加,我国许多科研工作者开展了一些农业面源污染数据管理方面的工作,其中较多的是利用国外开发研制的农业面源污染模型结合实测数据开展应用型研究,主要是针对不同流域地表水源对模型的适应性、重要参数的敏感性分析及农业面源污染负荷估算等^[10]。以上关于农业面源污染的研究需要大量基础数据和信息的支持,而农业面源污染基础信息的收集与管理工作的相对比较繁琐,且对于同一研究区域不同的研究人员可能重复工作。因

第一作者:包丽颖,女,1972年生,博士,研究员,主要从事环境规划与管理研究。[#] 通讯作者。

* 国家科技支撑计划子课题项目(No. 2012BAD15B05);国家自然科学基金资助项目(No. 41301636、No. 51104021);北京市自然科学基金资助项目(No. 9122017);中美清洁能源合作项目(No. 2010DFA72760)。

此,利用现代信息技术,基于不同区域建立农业面源污染基础信息数据库,是研究控制农业面源污染的重要方面。数据库设计是指对于一个给定的应用环境,构造最优的数据库模式,建立数据库及其应用系统,使之能够有效地存储数据,满足各种用户的应用需求(信息要求和处理要求);根据用户的需求,在某一具体的数据库管理系统上,设计数据库的结构和建立数据库的过程。为了探索我国农业面源污染控制的数据化管理,本研究设计了我国东北地区面源污染基础信息数据库,用于农业面源污染基础信息的收集、存储和管理,借此提升我国农业面源污染数据管理的水准。

1 研究区域概述

我国东北地区指由黑龙江、吉林和辽宁三省构成的区域,处于北纬 $38^{\circ}43' \sim 53^{\circ}33'$,东经 $118^{\circ}53' \sim 135^{\circ}05'$,土地面积为 147 万 km^2 ,占全国国土面积为 15.3%。东北地区属于温带湿润、半湿润大陆性季风气候,有着大面积针叶林、针阔叶混交林和草甸草原,肥沃黑色土壤,雨热同期,适宜大力发展农业。根据全国第二次农业普查资料,到 2008 年底东北地区耕地面积达 2 145 万 hm^2 ,占全国耕地面积(未包括香港、澳门特别行政区和台湾省的数据)的 17.6%。东北地区是我国最重要的商品粮生产基地之一,涵盖了松嫩平原、三江平原和辽河平原 3 大主要农业区域,种植业化肥农药污染、畜禽养殖粪便污染和农村居民生活污染等是东北地区主要的农业面源污染源。

2 数据库设计与实现

农业面源污染基础信息数据库是将有关农业面源污染的资料和数据按照一定的模型整理存储,为科研工作者和决策部门在进行关于农业面源污染的防控、研究和管理提供基础数据信息的检索与管理。数据库的设计方法有多种,目前常用的设计方法是规范设计法,据此方法数据库的设计一般分为 6 个阶段:需求分析阶段、概念设计阶段、逻辑设计阶段、物理设计阶段、数据库实现与测试阶段、运行维护阶段^[11],如图 1 所示。

2.1 用户需求分析

设计一个数据库,首先要了解和分析目标用户的需求,包括数据类型、范围、数量和用途等,这一阶段是数据库设计的基础,是整个设计过程最困难、最耗费时间的步骤。

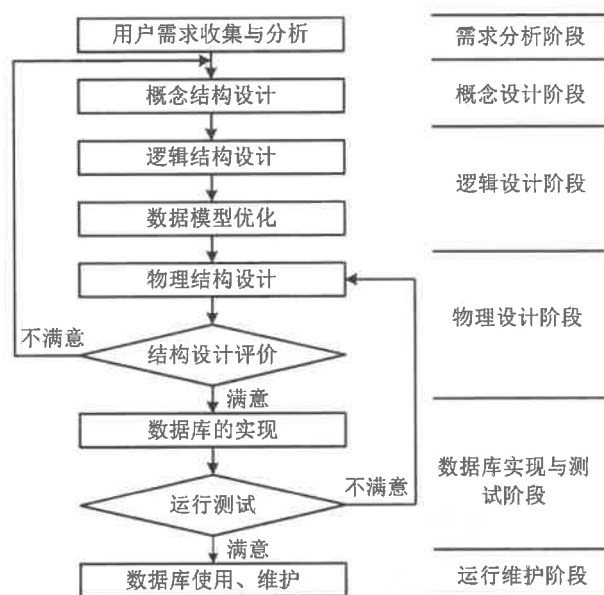


图 1 数据库设计流程

Fig. 1 The flow diagram of database design

数据库及其应用的性能和调优都是建立在良好的数据库设计基础上,数据库的数据是一切操作的基础,数据库的设计是否符合实际用户需求是关键^[12]。本数据库面向的用户需求是提供东北地区农业面源污染研究所需基础数据信息。面源污染研究所需基础数据包括空间数据和属性数据两种类型,本数据库主要针对属性数据设计,主要包括实测数据、统计数据 and 参数数据。目前,虽然国内外研究人员对农业面源污染问题进行了比较广泛而深入的探讨,但面源污染的形成过程受区域地理条件、气候条件、土壤结构、土地利用方式、植被覆盖及降水过程等多因素影响,具有随机性大、分布范围广、形成机制复杂、潜伏性强、发生滞后和管理控制难度大等特点,成为地表和地下水水质不断恶化的重要因素,是世界各国普遍面临的环境问题^[13]。故至今在全世界范围内仍然未能形成一套能有效控制农业面源污染的管理和控制技术标准,开展非点源污染模拟及防控技术研究成为水环境领域的热点和难点^[14]。目前,我国的农业面源污染主要来自化肥、农药、农膜、畜禽养殖、农村生活污水及废弃物等。以上各方面影响因素对农业面源污染的研究及控制策略的制定是必不可少的,所以也是本数据库数据的主要数据采集范围。

2.2 数据库结构设计

本阶段是数据库设计的核心阶段,包括概念、逻辑和物理结构设计。数据库结构设计,就是把现实世界中在一定范围内存在的应用处理和数据抽象成

一个概念结构模型。具体来说,就是对于一个给定应用环境,提供一个确定最优数据模型和处理模式的逻辑结构设计,以及一个确定数据库存储结构和存储方法的物理结构设计,建立能反映现实世界与信息联系,满足用户需求,能被数据库管理系统所接受,同时能实现系统目标并有效存取数据的数据库。

东北农业面源污染基础信息数据库是基于农业面源污染监测和调查工作的大量数据和资料,为东北地区的农业面源污染研究与防控而建立的一个小型数据库,便于基础信息的高效使用和实现数据共享。数据库结构如图 2 所示,分为黑龙江省、吉林省、辽宁省 3 个模块,每个模块又根据数据特征划分为 9 个部分:种植业、畜禽业、农村生活、自然地理、水文水质、气象监测、社会经济、点源污染、参数数据。

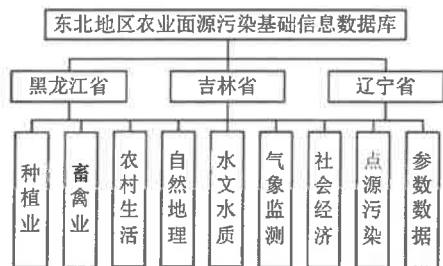


图 2 东北地区农业面源污染基础信息数据库结构
Fig. 2 The structure diagram of basic information database of ANSP in Northeast China

以上 9 部分的内容都会影响农业面源污染的产生。种植业、畜禽业和农村生活是农业面源污染的主要来源;自然地理、水文水质和气象情况是影响污染物迁移、作物生长和对营养物吸收的主要因素,控制污染形成过程;由于各国农业资源禀赋不同,经济发展过程中农业生产压力各有差异,经济发展所带来的农业环境污染有轻有重,有缓有急^[15]。同样,对于我国不同地区,由于社会经济发展所带来的农业面源污染程度也会有所不同,所以社会经济信息在一定程度上反映了农业面源污染的状况;点源污染的排放也是影响农业面源污染的重要因素之一,

表 1 数据库数据内容

Table 1 The data content of database

模块	数据内容
种植业	作物种植特征(包括类型、种植面积、耕地类型等)、农业管理措施(包括耕种方式、化肥农药使用、灌溉、收种时间等)
畜禽业	畜禽种类、养殖数量、养殖方式、饲料种类和数量、粪便处理方式、污水排放等
农村生活	厕所清理方式、厨余垃圾处理方式、洗刷污水排放方式、月用水量等
自然地理	地理位置(经纬度、高程)、土壤类型及面积、土地利用方式、地形地貌等
水文水质	河流水库情况(数量、位置、流域面积等)、各水文水质监测站点的监测数据及站点位置信息
气象监测	气象站监测数据(气温、降水、风速、相对湿度、太阳辐射量等)、站点位置信息等
社会经济	人口(总人口、农业人口)、人均收入、人均耕地面积、生产总值等
点源污染	点源位置、主要污染物、污水排放量、污染物浓度等
参数数据	污染负荷输出系数、模型率定参数等

例如点源排放污染了土壤,经过降雨冲刷形成面源污染;参数数据主要包括污染负荷计算中的系数参数和模型率定参数等。每个模块再将 9 个部分所包含的数据进行更细致的分类,以便于数据的管理,各部分所包含主要数据内容如表 1 所示。

2.3 数据库功能实现

如图 3 所示,本数据库物理结构分为数据层、逻辑层和界面层 3 个部分:

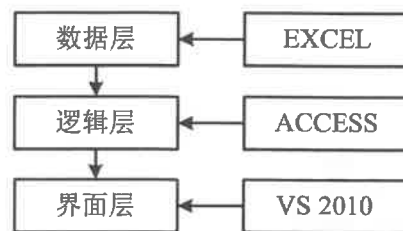


图 3 数据库的实现流程

Fig. 3 The flow diagram of the implementation of database

(1) 数据层位于数据库结构中的最底层,实现数据的输入、修改和输出等功能,本设计选择 Microsoft Excel(Excel)作为数据层的实现软件。Excel 是一个以电子表格方式处理数据的软件,操作简单,易于理解和接受。以种植业为例,根据种植业方面与农业面源污染相关的数据内容设计数据框架,将数据框架以表格的形式在 Excel 中呈现,用于数据的输入,如图 4 所示。

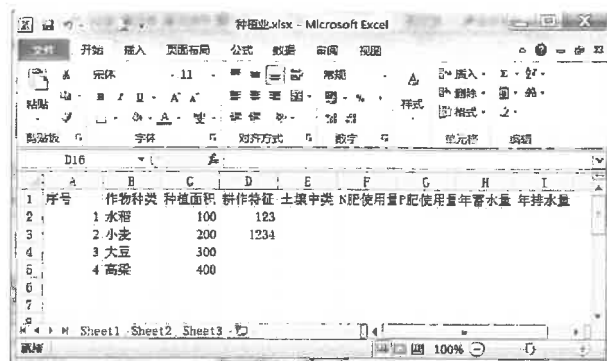


图 4 种植业数据框架示例

Fig. 4 The sample frame of planting data

(2) 逻辑层位于第二层,数据层和界面层之间,实现数据库文件的生成和存储,选择关联式数据库管理系统 Microsoft Access (Access) 实现逻辑设计层, Access 有强大的数据处理、统计分析能力,利用 Access 的查询功能,可以方便地进行各类汇总统计,并可灵活设置统计的条件。以黑龙江省种植业为例, Access 以获取外部数据的形式导入 Excel 中黑龙江省种植业数据的表格,并生成数据库文件,如图 5、图 6 所示。



图 5 获取外部数据窗口

Fig. 5 The window of access to external data

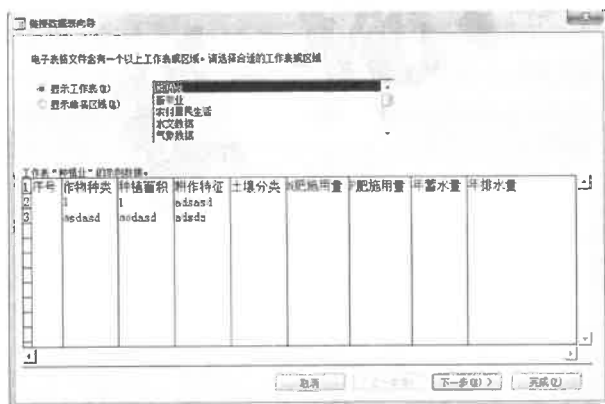


图 6 链接数据向导窗口

Fig. 6 The window of data link guide

(3) 界面层,是实现人机交互的界面和重要接口,用于数据的显示与查询。采用 Microsoft Visual Studio 2010 (VS 2010) 为开发工具。Visual Studio 是微软公司推出的开发环境,是目前最流行的 Windows 平台应用程序开发环境。首先添加新的 Windows 窗体,并根据要链接的数据库文件命名,以已经生成的数据库文件为数据源,建立表格控件,完成数据链接。示例界面视图如图 7 所示,在界面中看到,在窗口最上方有黑龙江省、吉林省、辽宁省 3 个按钮,点击按钮会显示相应省份的数据内容,以黑龙江省种植业为例,点击黑龙江省下的“种植业”,Excel 源文件中的数据已经显示在窗口中。如果要修改数据,打开不同省份的 Excel 源文件,进行修改并保存,由于已经建立数据链,会自动修改 Access 数据库中的表的内容,进而显示到界面控件中。

cel 源文件中的数据已经显示在窗口中。如果要修改数据,打开不同省份的 Excel 源文件,进行修改并保存,由于已经建立数据链,会自动修改 Access 数据库中的表的内容,进而显示到界面控件中。



图 7 数据库主界面示例

Fig. 7 The sample view of database interface

3 结 论

本研究针对东北地区农业面源污染研究与防控对基础数据的需求,设计了东北地区农业面源污染基础信息数据库。该数据库是一个小型数据库,适用于区域环境污染研究,主要是农业面源污染,囊括了大量用于面源污染研究的基础属性数据。东北地区农业面源污染基础信息数据库的建立,将实现信息共享,避免不必要的重复收集数据工作,大大减少东北地区农业面源污染情况分析、负荷计算、模型模拟等研究的工作量,并可以实现不同研究的基础数据统一性和农业面源污染的动态监控。本数据库的设计基于 Excel、Access 和 VS 2010 3 个软件的支持下实现的。实现了数据层、逻辑层和界面的数据链接,在 Excel 中输入、修改、删除等操作能同步反映到其他两部分结构中,保持数据同步、易于操作。本数据库结构设计对于我国其他地区的农业面源控制数据管理具有参考价值。

参考文献:

- [1] 应兰兰,侯西勇,路晓,等.我国非点源污染研究中输出系数问题[J].水资源与水工程学报,2010,21(6):90-95.
- [2] NOVOTNY V, OLEM H. Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution[M]. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1994.
- [3] 贺瑞敏,张建云,陆桂华.我国非点源污染研究进展与发展趋势[J].水文,2005,25(4):10-13.
- [4] BOERS P C M. Nutrient emissions from agriculture in the Netherlands: causes and remedies[J]. Water Sci. Technol., 1996, 33(4):183-190.

(下转第 104 页)