

基于组件式 GIS 的黄河流域水土保持 信息系统的设计与实现

李文凤^{1,2},杨勤科^{1,2},李 静^{1,2},郭伟玲^{1,2},汪翠英^{1,2}

(1 西北农林科技大学 资环学院, 陕西 杨凌 712100;2 中国科学院 水土保持研究所,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 **【目的】**构建黄河流域水土保持信息系统,为水土保持数据管理提供信息平台 and 科学依据。**【方法】**探讨了组件式 GIS 的概念,基于 ArcObjects 的 GIS 组件式二次开发的方法、关键技术和开发方式,并结合面向对象的运行于 .NET Framework 之上的 C# 语言,开发黄河流域水土保持信息系统。**【结果】**该系统既实现了 GIS 的基本功能,又实现了图像、文档、表格的查询、显示以及一定的图形编辑操作和多种选择的图形输出等功能。**【结论】**开发的黄河流域水土保持信息系统基本满足了水土保持工作对数据管理、分析的需求,为水土保持决策、规划、治理提供了科学的依据。

【关键词】 ArcGIS;ArcObjects;C#.NET;黄河流域;水土保持

【中图分类号】 S157;TP391

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)03-0090-07

Development and realization of soil and water conservation information system for Yellow River based on component GIS technology

LI Wen-feng^{1,2}, YANG Qin-ke^{1,2}, LI Jing^{1,2}, GUO Wei-ling^{1,2}, WANG Cui-ying^{1,2}

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

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The soil and water conservation information system of the Yellow River has provided an information platform and scientific proof for data management. **【Method】** The concept, ArcObjects Re-development method, essential technology and development of component GIS were discussed in this paper. A soil and water conservation for Yellow River level information system was developed based on the combination of GIS and programming tools C#, which is used in .NET Framework. **【Result】** The system has some functions such as the basic function of GIS; image, data management, file management display and edition in database and the choices of image output. **【Conclusion】** The successful development of this system can meet the basic needs of data manage and analyse, which provides scientist proof for decision-making, planning and management on soil and water conservation.

Key words: ArcGIS; ArcObjects; C#.net; Yellow River; soil and water conservation

黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓的约古宗
列盆地,整个流域地势西高东低,逐级下降,其上中
游流经的黄土高原是我国水土流失最严重的地区,
“水少沙多”是黄河的突出特点。黄河全流域年平均

* [收稿日期] 2007-10-21
[基金项目] 国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2007CB407204);黄委会治黄专项“黄土高原水土保持遥感监测关键技术研究”(2004SZ01-04)
[作者简介] 李文凤(1982—),女,陕西杨凌人,在读硕士,主要从事地理信息系统研究。E-mail:li_1019@yahoo.com.cn
[通讯作者] 杨勤科(1962—),男,陕西陇县人,研究员,博士,主要从事区域水土流失定量评价和 GIS 应用研究。
E-mail:qkyang@ms.iswc.ac.cn

降水量约 400 mm,平均年径流总量仅 580 亿 m^3 ,占全国河川径流总量的 2%,但含沙量极大,年输沙量达 16 亿 t,平均含沙量达 $35 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。黄河干流长 5 464 km,流域面积约 79.4 万 km^2 ,所以整个黄河流域的数据量达 TB(Trillionbyte,万亿字节)级^[1]。随着黄河流域水土保持工作的进一步开展,有关水土保持的数据量急剧增加,其数据管理日益成为水土保持决策、规划、治理的重要组成部分。因此,黄河流域水土保持数据的管理和分析研究,已成为十分重要的任务。

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)由计算机系统、地理数据和用户组成,通过对地理数据的集成、存储、检索、操作和分析,生成并输出各种地理信息^[2]。目前其已被广泛应用于城市规划、国土资源调查与管理、环境监测与分析、公安消防预警、交通与安全管理、配电网管理等领域^[3]。随着计算机技术和空间信息技术的飞速发展,GIS 已经形成了完整的技术体系,并且迅速地应用于水土保持领域中^[4-5]。在水土保持领域,GIS 主要用于水土保持基础数据库建设、水土保持调查监测数据管理、水土流失评价模型开发和水土保持规划设计等方面^[6]。

现有的流域水土保持信息系统中,大多以 ArcObjects 为开发平台,如基于 Visual Basic 6.0 与 ArcObjects 构建的济源市水土保持决策支持系统^[7];利用组件式 GIS 技术,基于 ArcGIS Engine 平台设计并建立的六道沟小流域水土保持信息系统^[8];以 ArcMap 为开发平台,采用 COM 组件技术 ArcObjects 和 Visual Basic for Applications (VBA)语言来实现的官厅密云水库上游水土保持监测信息系统^[9]等。这些系统只构建了特定小区域的信息平台,所以这些系统数据库的数据量并不大,且部分系统也只是实现数据的查询、分析等简单功能,因此构建功能相对完善和丰富的较大流域水土保持信息系统已成为当务之急。为此,本研究对基于组件式黄河流域水土保持信息系统的设计与实现进行了探讨,以期实现黄河流域水土保持数据管理、分析的系统化、规范化,为黄河流域水土保持研究提供较为完整的数据信息平台。

1 开发环境简介

1.1 组件式 GIS 的研究成果

GIS 技术的发展,在软件模式上经历了功能模块、包式软件、核心式软件等过程,从而发展到 Com-

GIS 和 WebGIS。从发展历程来看,GIS 可以划分为图 1 所示的几个发展阶段^[10-11]:

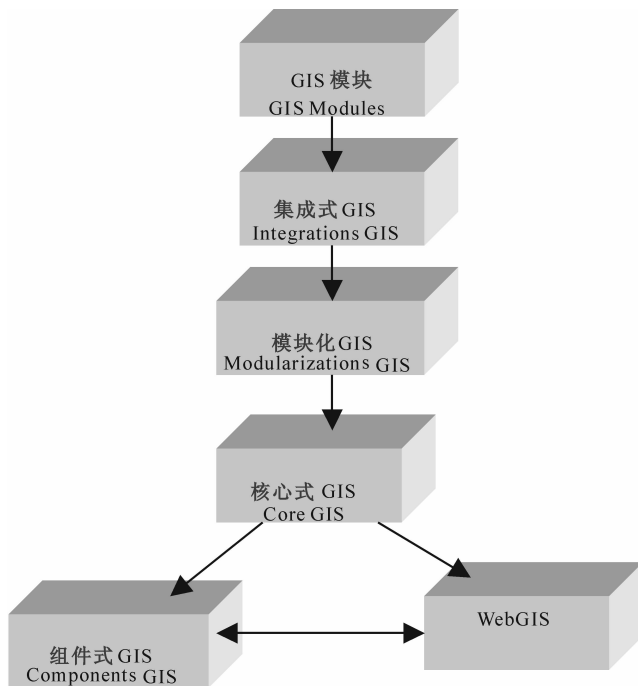


图 1 GIS 软件的发展历程

Fig. 1 GIS software development process

组件式 GIS 是 GIS 技术发展的一个全新阶段,在地理信息系统应用软件的开发中,采用组件式的二次开发已是必然的趋势^[12]。

具有代表性的组件式 GIS 系统平台有:ESRI 公司的 MapObjects、MapInfo 公司的 MapX、Intergraph 公司的 GeoMedia、中科院地理信息产业中心的 ActiveMap、武汉吉奥信息工程技术有限公司的 GeoMap 和北京超图公司的 SuperMap 等平台产品^[13]。目前,大多数系统采用 MapObjects 与 VB.net 或 ArcObjects 与 VB.net 构建,少部分采用 C#.net 开发。就语言方面,C# 是一种界面像 Delphi,语言风格像 Java,开发方面像 VB,名字和灵活性像 C 的语言。C#.net 和 VB.net 均是基于 .NET Framework 框架的编程语言,所以除了语法外基本没什么区别,但普遍认为 C#.net 要比 VB.net 编程更严谨,效率更高。

1.2 ArcObjects 的结构介绍

ArcGIS 是开放的地理信息处理平台,具有强大的数据管理、编辑、显示、分析等功能。目前,ArcGIS 已经完全 COM 化,这对于需要进行结构定制、功能扩展以及独立程序开发的高级应用来说,具有非常大的吸引力,也体现了前所未有的灵活性^[14]。ESRI 公司的 ArcObjects 是 ArcGIS 的功能核心,是

ArcMap、ArcCatalog、ArcScene 等 Desktop 应用程序的开发平台,而且是完全 COM 化的组件式 GIS^[15]。因此,ArcObjects 是一种集成的、面向对象的数据模型软件组件库,它提供了 ArcGIS 中全部

的功能,是开发 GIS 应用程序的基础。

基于 ArcObjects 平台,用户可以非常方便地开发出功能强大的应用系统。ArcObjects 平台基本结构如图 2 所示:

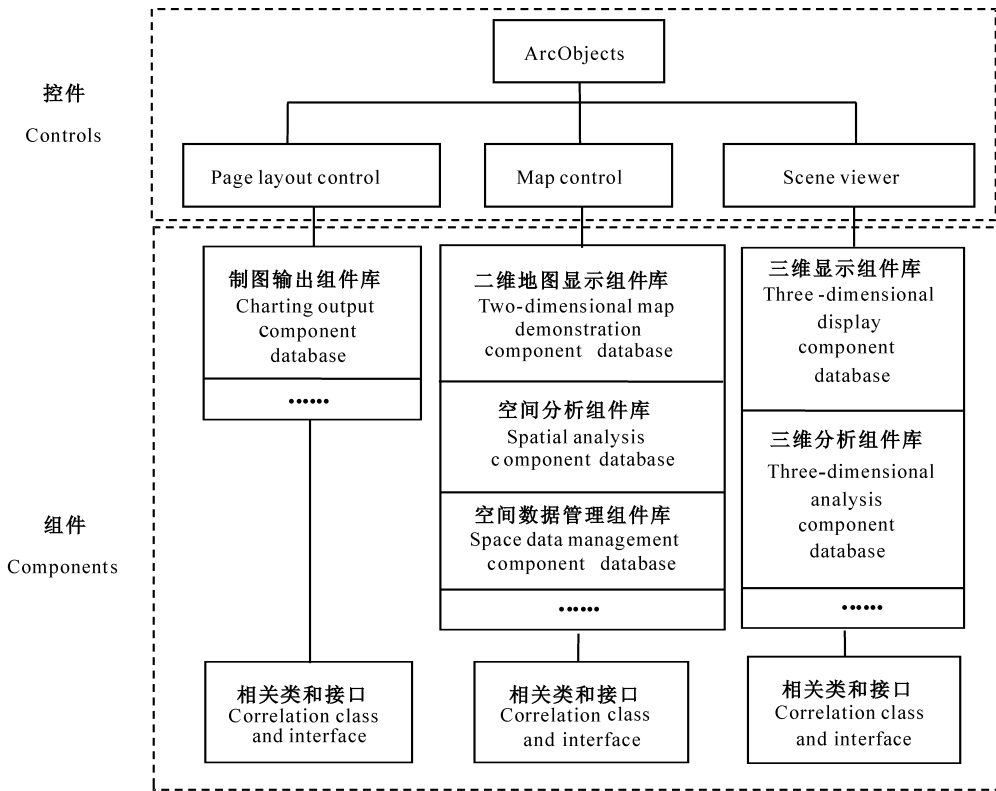


图 2 ArcObjects 平台的基本结构图

Fig. 2 Basic structure of the ArcObjects platform

2 黄河流域水土保持信息系统的设计与功能

2.1 系统概述

黄河流域水土保持信息系统,是在全国水土保持监测网络与信息系统初步设计、“数字黄河”工程规划、“数字水土保持”专题规划和黄河流域水土保持生态环境监测系统建设需求分析等工作的基础上,根据水土保持规划决策对数据信息的需求和水土保持监测系统信息管理的要求而设计开发的具有多种功能的综合型、空间型、动态型信息系统。

利用 ArcObjects 平台进行 GIS 二次开发,是在一定平台上按照具体需求将底层功能组件重新进行组装,以集成一个功能更强大、结构更复杂的 COM 对象的过程。系统采用 C#.net 与 ArcObjects 相结合的方式,并根据实际需求使用 ArcObjects 的可视化控件,开发出独立的界面系统。在数据的存储方面,系统采用 Geodatabase 存储空间数据,用 Access 和 Oracle 存储属性数据。系统充分利用了 Ar-

cObjects 强大的数据显示、分析功能及其完全 COM 化所带来的模块独立性,实现了水土保持监测、评价、查询和模拟测试等功能。

2.2 系统功能的概述

黄河流域水土保持信息系统分为基础数据管理系统、数字地形分析系统、区域土壤侵蚀模型系统、水土保持规划和效益评价系统、信息服务和系统管理 6 个子系统。通过该系统可分析研究黄河流域水土保持和治理中的诸多问题,实现水土保持监测数据的科学管理和高效存储,水土流失过程的分析预测,水土保持的科学规划和设计及水土保持监测信息的高效安全管理、快速查询和发布等功能。系统地实现将把黄河流域水土保持研究全面推向数字化和信息化。在系统的设计开发上,全面引进了新的水土保持理论、工作思路、项目管理体制以及新的 IT 技术和系统设计开发理念,以确保系统的先进性、实用性和安全性。系统结构如图 3 所示。

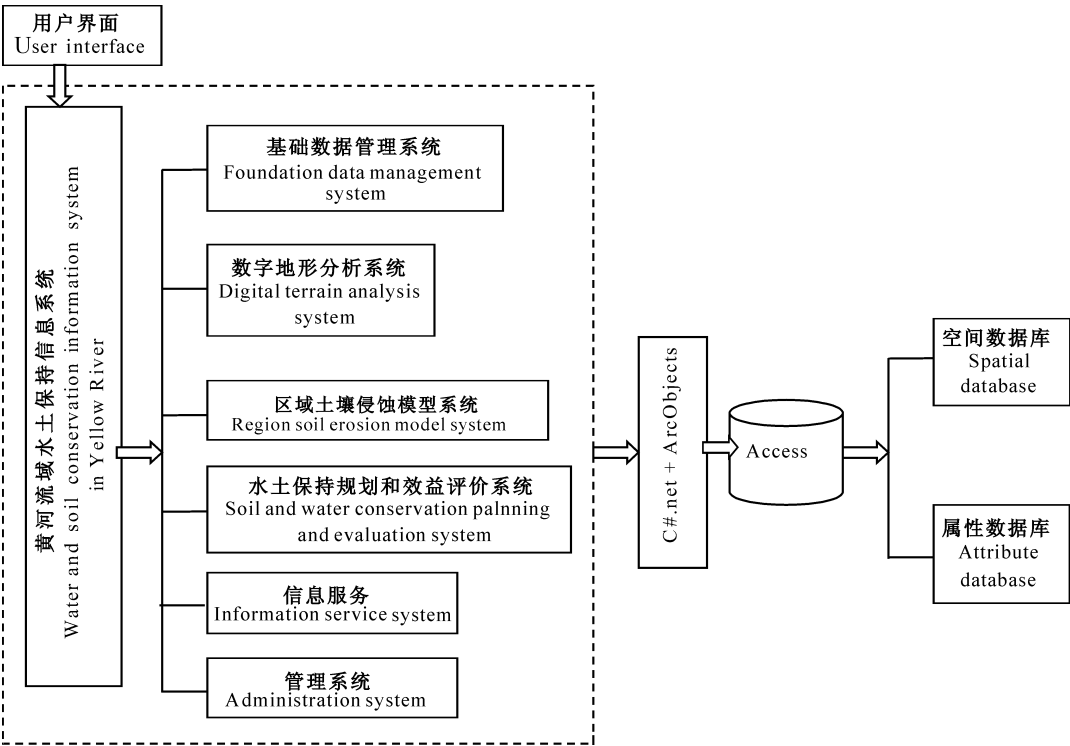


图 3 黄河流域水土保持信息系统的结构图

Fig. 3 Frame of the Soil and Water Conservation Information System for Yellow River basin

基础数据管理系统是最重要最基础的子系统，其具有显示和查询数据库管理系统的功能，可以用多种方式显示信息(包括图形、图像、表格、文本等)，也可进行空间查询(地图和图像数据的查询)和属性空间联合查询(利用图形数据查表格数据，利用表格数据查图形数据)。系统可实现对图层的放大、缩小、漫游和全图显示，还具有对不同格式的地理数据进行显示、分析、保存、输出等一些相关的基本功能。用户可以通过人机交互系统，使用数据库管理系统来查询相应的数据资料，还可通过用户手册了解系统的背景、运行环境、系统详细功能和相关使用说明等。基础数据管理系统的主要功能如图 4 所示。

3 黄河流域水土保持信息系统功能的实现

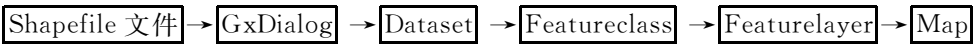
3.1 基本功能

GIS 的基本功能，如地理图层数据的放大、缩小、漫游，对图层信息、图形数据和水土保持属性数据的查询和显示，地理要素的添加、删除、移动等，均

可以用 ArcObjects 提供的可视化控件和组件库来实现。实现方法：首先，添加 ArcObjects 提供的控件 MapControl(相当于 ArcMap 中的 DataView)；其次，选择需要的组件库，了解所选组件库的相应接口及其实现方法，在程序中为实现不同的功能添加不同的引用；最后，在相应的事件下完成代码编辑。

3.1.1 地图的放大、缩小及漫游 地图的放大、缩小以及漫游可通过强大的人机交互功能来实现。此功能是在 MapControl 控件的 OnMouseDown、OnMouseMove 和 OnMouseUp 事件中实现的，同时还要添加 ArcMapUI、Carto、Display 等组件库。通过相应的接口实现简单的交互功能后，用户在视图上点击或拖曳地图，就可使地图视图的显示范围发生变化。

3.1.2 shapefile 文件的提取 Shapefile 是将空间要素的非拓扑几何结构和属性信息存储在数据集中，它支持点状、线状和面状要素。利用 ArcObjects 控件添加 shapefile 文件的过程如下：



即在添加 shapefile 文件时需要用到 IGxDia-log、IDataset、IFeatureclass、IFeatureLayer、

IGeoFeatureLayer、IMap、IActiveView 等接口。由于 shape、CAD、Coverage 文件均是以普通二进制

文件的形式保存,所以需要使用特定的 WorkspaceFactory 对象打开这些数据。因此,在 shapefile 文件中就需要定义“IWorkspaceFactory pWorkspace-

Factory = new ShapefileWorkspaceFactoryClass()
;”,并在程序中添加对 DataSourceFile 库的引用。

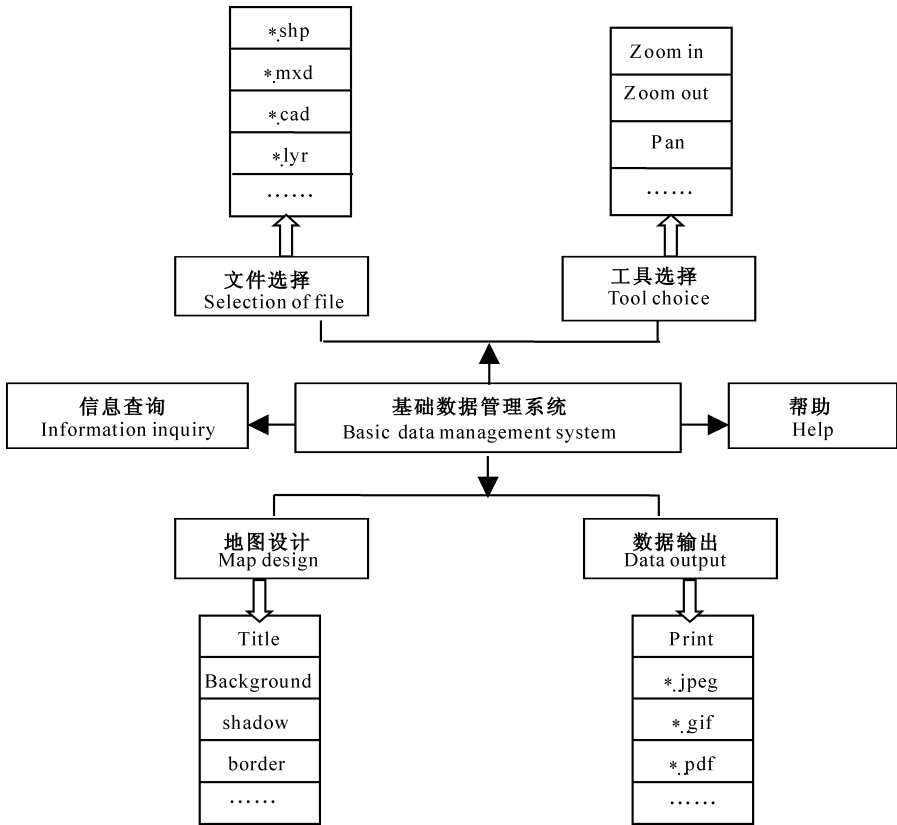


图 4 基础数据管理系统的主要功能

Fig. 4 Main functions of basic data management system

3.1.3 图层的操作 此功能可以通过 IMap 接口所定义的方法来实现,如 Addlayer 方法可以将一个图层对象加入 Map 对象中;AddLayers 方法可一次加入多个图层;Clearlayers 方法可清除所有图层;LayerCount 方法则指明地图对象中包含多少个图层对象。

3.1.4 地图的修饰和整理 地图的修饰和整理主要是对需要的图层添加标题、标注等,然后根据用户需求对地图做适度的放大或缩小,最后可打印为成品或按用户所需格式保存。该功能可利用 ArcObjects 的另一控件 PageLayoutControl 来实现(相当于 ArcMap 中的 LayoutView),其作用是生成一幅成品地图。

3.2 信息的查询和数据输出

设计黄河流域水土保持信息系统的目的,是建立完善的水土保持基础空间信息设施,为该流域水土保持监测、水土流失分析预测和水土保持决策等

研究搭建一个数据信息基础平台,即构建一个水土保持领域的基础空间信息设施框架。该系统先对空间数据、属性数据和其他数据进行采集、编辑,然后按照统一的格式分别存储到数据库中,以供用户查询。黄河流域水土保持信息系统数据的录入与输出见图 5。

在查询信息时,同样可以实现如 ArcMap 程序中的 Identify 功能。当在视图中点击地理数据时,属性页会自动显示所点击数据的要素属性。这一功能可通过 ArcObjects 中的 IIdentifyDialog 对象实现,并且这个功能只在 ArcObjects Desktop 版本中实现。

输出功能主要是通过 ArcObjects 的 Output 库来实现的,Output 库包括打印输出对象 Printer 和转换输出对象 Export。前者可将视图上的地图通过打印机输出;后者可将地图转换为多种格式的矢量或栅格形式的数据输出,其功能如 ArcMap 中的 Export Map。

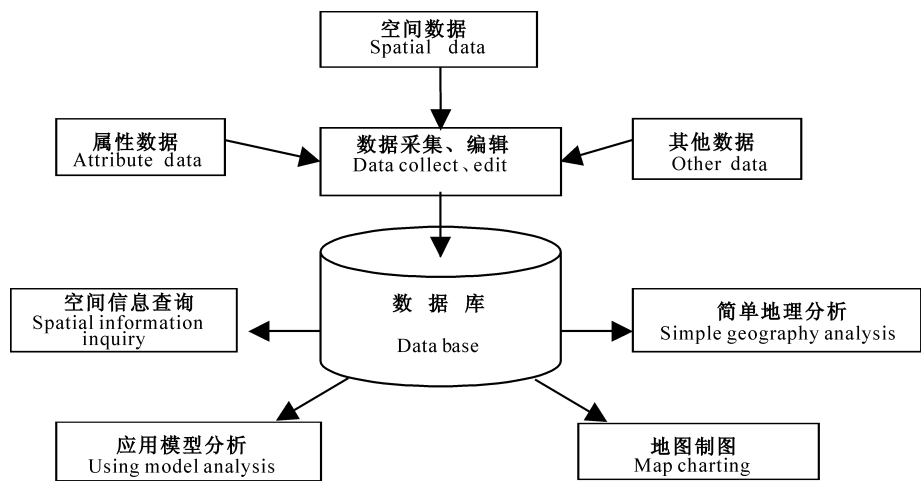


图 5 黄河流域水土保持信息系统数据的录入与输出

Fig. 5 Data input and output in the Water and Soil Conservation Information System of Yellow River

3.3 数据库的连接

系统数据库分为属性数据库和空间数据库，还可根据系统需要，把用于实现模拟和对数据分析计算的模型存储为系统模型库。属性数据库中存储的数据包括水文数据、土壤侵蚀数据、土地利用数据、土地资源评价数据等；空间数据库存储的数据主要有 DEM(数字高程模型)数据、基础数字地图、植被分布图和遥感影像图等。由于各种属性数据和空间数据种类繁多，因此黄河流域的信息处理更加复杂，首先所有的信息均要对应到统一编码后的相应地理位置和地理空间上，从而使原来的信息有了空间属性；其次，要将所有信息以统一的标准和格式，在不同层次地理单元上进行存贮和处理，并能实现各层次间的传输和应用。

Geodatabase 是一种采用标准关系数据库技术来表现地理信息的数据模型，可在标准的数据库管理系统(DBMS)表中存储和管理地理信息^[16]。当数据信息量较小时，geodatabase 使用微软的 Access 数据库来存储属性表；反之，可通过 ArcSDE 支持多种数据库平台，因为 ArcSDE 可以生成和访问从小型到大型的 Geodatabase，并提供关系型数据的开放界面。ArcSDE 是数据库系统中管理地理数据库的接口^[17]，可通过 ArcSDE 向关系数据库中加入空间数据，还可提供地理要素的空间位置及形状等信息。

系统的数据库采取 Access 和 Oracle 2 种方式存储数据。在前期数据量较小时，使用 Access 数据库；在不断补充和完善数据后，可将数据由 Access 导入 Oracle 数据库，在此过程中要注意数据库中表的字段匹配。在将数据由 Access 导入 Oracle 时，

首先要实现与 Access 数据库的连接。可使用 OleDbConnectionStringBuilder 类来构建连接字符串，将 OleDbConnectionStringBuilder 对象的 Provider 属性设置成 Microsoft. Jet. OLEDB. 4. 0，OleDbConnectionStringBuilder 对象的 DataSource 属性设置成数据库文件的完整路径，并且使用 OLE DB. NET Framework 数据提供程序的 OleDbConnection 类来进行连接，再编写程序代码，以便构建连接字符串，并建立一个 OleDbConnection 对象来连接至 Access 数据库。

4 讨 论

本研究设计的黄河流域水土保持信息系统，既实现了 GIS 的基本功能，又实现了图像、文档、表格的显示查询、一定的图像编辑操作及多种选择的图像输出操作等功能。但在模型和系统的嵌套、三维图形的浏览、查询和动画演示等方面还有待改进，对接口的转换方法及一些功能的实现还有待完善。

与其他流域水土保持信息系统相比，本系统是以 GIS 中 ArcMap 功能为模版，根据需求有针对性地进行扩展，其功能具有丰富的选择性。由于水土保持工作实际内容丰富多样，并且数据的信息处理较为复杂，所以本系统还不能完全实现 GIS 与水土保持工作实际需求的紧密结合。

5 结 论

组件式 GIS 技术，已成为当前 GIS 二次开发的主要模式，采用该技术可以降低开发难度，提高开发效率，增强系统的灵活性和开放性。本研究通过在

C#.net 环境下嵌入 ArcObjects 组件,开发了黄河流域水土保持信息系统,实现了 GIS 的基本功能及多种格式的地理数据显示、查询等其他功能,基本满足了水土保持工作对数据管理、分析的要求。为黄河流域水土保持决策、管理和规划提供了信息平台 and 科学依据。

[参考文献]

- [1] 张培宏,罗万勤. 黄河一级支流水土保持“3S”分析应用[J]. 地球信息科学,2003(1):113-115.
Zhang P H, Luo W Q. Water and soil conservation of branch of Yellow River[J]. Geo-information Science, 2003(1):113-115. (in Chinese)
- [2] 陈述彭,鲁学军,周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京:科学出版社,1999.
Chen S P, Lu X J, Zhou C H. Introduction to geographic information systems [M]. Beijing: Science Press, 1999. (in Chinese)
- [3] Longley P A, Goodchild M F, Manguire D J, et al. Geographic Information Systems [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.
- [4] 卜崇峰,蔡强国. GIS 技术在水土保持中的应用[J]. 水土保持研究,2004,11(4):162-164.
Bu C F, Cai Q G. Applications of GIS to the soil and water conservation field[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2004,11(4):162-164. (in Chinese)
- [5] 李 锐,杨勤科,赵永安,等. 中国水土保持管理信息系统总体设计[J]. 水土保持通报,1998,18(5):40-43.
Li R, Yang Q K, Zhao Y A, et al. General framework for state management information system of soil and water conservation in China [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1998, 18(5):40-43. (in Chinese)
- [6] 杨勤科,李 锐. 地理信息系统在水土保持研究中的应用[C]// 杨勤科,李 锐. 区域水土流失快速调查与管理信息系统研究. 郑州:黄河水利出版社,2000:19-23.
Yang Q K, Li R. Application of geographic information systems in soil and water conservation [C]// Li R, Yang Q K. Study on regional soil erosion fast investigation and management information system. Zhengzhou: Yellow River Water Conservation Press, 2000:19-23. (in Chinese)
- [7] 陈南祥,董贵明,邱 林,等. 基于 ArcObjects 的 GIS 系统的二次开发—以济源市水土保持决策支持系统为例 [J]. 地域研究与开发,2006,25(3):125-128.
Chen N X, Dong G M, Qiu L, et al. Secondary development based on GIS system of arcobjects-water conservancy decision support system of jiyuan city as an example [J]. Areal Research and Development, 2006,25(3):125-128. (in Chinese)
- [8] 文 斌,邵明安. 组件式 GIS 技术构建的小流域水土保持信息系统 [J]. 计算机工程,2006,32(13):243-245.
Wen B, Shao M A. Soil and water conservation information system for small watersheds based on component GIS technology [J]. Computer Engineering, 2006, 32(13):243-245. (in Chinese)
- [9] 周月敏,吴炳方,李强子,等. 小流域水土保持信息管理系统设计与实现 [J]. 世界科技研究与发展,2005,27(6):58-63.
Zhou Y M, Wu B F, Li Q Z, et al. Design and implement of small watershed management information system based on C/S mode [J]. World Sci-tech R & D, 2005,27(6):58-63. (in Chinese)
- [10] 刘 丹,郑 坤,彭黎辉. 组件技术在 GIS 系统中的研究与应用 [J]. 地球科学——中国地质大学学报,2002,27(3):263-266.
Liu D, Zheng K, Peng L H. Research and application of components technology in geographic information system [J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 2002,27(3):263-266. (in Chinese)
- [11] 宋关福,钟耳顺. 组件式地理信息系统研究与开发 [J]. 中国图象图形学报,1998,3(4):314-316.
Song G F, Zhong E S. Research and development of components geographic information system [J]. Journal of Image and Graphics, 1998,3(4):314-316. (in Chinese)
- [12] 洪金益,谢琨磊,曾详坤. 基于 VB 和 Arcobjects 的组件式地理信息系统开发 [J]. 地理空间信息,2006,4(4):6-8.
Hong J Y, Xie K L, Zeng X K. Development of management information system based on VB and ArcObjects [J]. Geospatial Information, 2006,4(4):6-8. (in Chinese)
- [13] 张平华,李军杰,李云辉. GIS 的发展现状及其应用 [J]. 电脑知识与技术(学术交流),2006(11):186-187.
Zhang P H, Li J J, Li Y H. Research on developments and application of GIS [J]. Computer Knowledge and Technology (Academic Exchange), 2006(11):186-187. (in Chinese)
- [14] 张正祥,张洪岩. ArcObjects 组件在地理信息系统二次开发中的应用 [J]. 遥感信息,2004(2):46-49.
Zhang Z X, Zhang H Y. The application of ArcObjects components to secondary development of GIS [J]. Remote Sensing Information, 2004(2):46-49. (in Chinese)
- [15] 韩 鹏. 地理信息系统开发——ArcObjects 方法 [M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.
Han P. Development of geographic information system——ArcObjects method [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2005. (in Chinese)
- [16] Zeiler M. 为我们的世界建模 [M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
Zeiler M. Modeling our world [M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2004. (in Chinese)
- [17] 朱 政. ArcGISEngine 的开发与部署 [M]. 北京:ESRI 中国(北京)有限公司,2004.
Zhu Z. Development and deployment of ArcGISEngine [M]. Beijing: ESRI China (Beijing) Limited, 2004. (in Chinese)