

基于 ArcObjects 的地下水资源评价系统的设计

唐卫, 黄家柱

(南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210097)

摘要:模型与 GIS 的集成是当前 GIS 领域研究的热点问题之一, 基于 COM 和 ArcObjects 的地下水资源评价系统是 GIS 建模技术在地学领域的具体体现。该文说明了 COM 和 COMGIS 的基本原理以及 ArcGIS 软件的开发方法, 利用 Arcgis8.3 开放的开发环境, 结合 VB.net 和 COM 技术, 实现了地下水资源评价系统。通过对该系统的设计目标、系统架构、数据组织和功能设计的说明, 阐述了 COMGIS 软件与地下水资源评价模型的集成原理。

关键词: ArcObjects; COM; GIS; 地下水资源

Design of Groundwater Resources Assessment System Based on and ArcObjects

TANG Wei, HUANG Jia-zhu

(Key Laboratory of Virtual Geographic Environment Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210097)

【Abstract】The integration between COMGIS and model is one of hotspots of current GIS research. Groundwater resources assessment system based on COM and ArcObjects is the embodiment of GIS modeling technique applied to geo-simulation research. This paper introduces COM and COMGIS's principle, mode of software development is discussed under ArcGIS's open development environment, the system is successfully constructed with VB.net and COM technology. Theory of integration between COMGIS and groundwater resources assessment model is discussed by the specification of the purpose of system design, the framework of system, data construction, and function design.

【Key words】 ArcObjects; COM; GIS; ground water resources

地下水是一种宝贵的自然资源, 国内外很多学者对 GIS 与地下水模型和 GIS 的集成做了大量的研究, 如文献[1]介绍了基于 MapObjects 的地下水资源空间分析系统的设计开发过程; 文献[2]在模型前处理、参数设置、模型后处理等方面实现了 GIS 与地下水数值模型的整合; 文献[3]提出了 GIS 与应用模型的集成等问题解决方案。文献[4~6]分别对水资源评价模型与 GIS 的集成方面作了较深入的研究。本文在吸取上述优点的前提下, 在 ArcGIS8.3 开放的开发环境, 结合 COM 技术, 把组件式 GIS 软件 ArcGIS8.3 与地下水资源评价模型紧密集成起来。介绍了 COM 和组件式 GIS(COMGIS)的基本原理以及基于 ArcGIS 的不同的开放方式, 采用 ArcGIS 的扩展编程来开发地下水资源评价系统, 通过对该系统的开发目标、框架设计、数据准备和功能设计来阐述组件式 GIS 与模型的集成原理。

1 ArcObjects/COM 和软件开发方式

1.1 ArcObject/COM

COM是由微软公司开发的基于二进制标准与编程语言无关的一种软件开发的方法。COM为组件软件 and 应用程序之间进行通信提供了统一的标准, 它为组件程序提供了一个面向对象的活动环境, 以建立可重用的集成化软件部件。在 COM模型中, 对象本身对于客户来说是不可见的, 客户请求服务时, 只能通过接口进行。COM库是对COM标准的实现, 为COM的具体实现提供核心服务, 在 Windows 环境下, 这些库以dll文件的形式存在, 用户通过API来调用COM库所提供的服务。COM具有的3个重要特性是: 语言无关性, 进程透明性和可重用性^[7]。COM与GIS技术的结合使GIS发展到了新

的阶段——组件式GIS, 鉴于COM技术的3个重要特性, 使得目前基于COM的DDE、OLE和ActiveX技术成为GIS软件开发的主流。开发人员可以根据自己的需要从COM库中选取系统所需要的功能加以实现, 把这些组件快速地组装到一起, 不仅大大简化了开发过程, 而且极大地缩短了系统的开发周期, 并且随时可以根据实际需要进行灵活方便的系统订制与升级。

ArcGIS8.3是ESRI推出的COMGIS软件, 把GIS的基本功能都封装在 ArcObjects 的 COM 对象库中, 这些库文件定义了一系列接口, 包括组件对象、方法、事件、枚举, 开发者可以通过接口来实现对对象的操作机制。

1.2 基于 ArcObjects 的开发方式

1.2.1 自定义 ArcGIS Desktop

自定义 ArcGIS Desktop 和 Office 下的 Word 的自定义类似。以 ArcMap 为例, 对于一个 Map 文档(mxd), 包括下面几个部分: 使用的数据, 地图的布局, 当前程序的界面布局, VBA 工程。对于模版(template), 有 Normal Template 和地图 Template 的区别, 使用自定义的模版, 是 ArcGIS Desktop 开发的第1个层次, 通过将需要的界面元素集合起来, 并重新安排, 隐藏掉其它不需要的工具和界面元素, 即可组成一个符合客户需求的自定义应用程序。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40171065)

作者简介:唐卫(1978-), 男, 博士研究生, 主研方向: 虚拟地理环境与 GIS 应用; 黄家柱, 教授、博导

收稿日期: 2006-11-10 **E-mail:** now_tang@163.com

1.2.2 VBA

VBA 开发解决方案有很多优势,不需要安装第三方开发工具,简单、易于使用,在不熟悉 ArcObject 结构的前提下,使用 VBA 要比使用其他方式更易上手。VBA 工程是 ArcGIS 中 VBA 程序和代码的载体,和地图模版或者地图(mxd 文件)一起保存。打开 VBA 编辑器后,有 Normal 和目前打开的 Project 两个 VBA 工程。

1.2.3 编写 ArcGIS Desktop 扩展

开放的开发环境是在 ArcGIS8.3 组件技术的基础上提供给用户的一种新的开发方式,本文采用了该开发方式。开发人员可在 VB、VC、Java、Delphi 等各种语言开发环境中,通过实现 ArcObjects 的接口与 ArcGIS 进行交互。编写 ArcGIS 扩展,通过接口的调用来实现以下功能(见图 1):

- (1)Command:即一个按钮、菜单,通过实现 ICommand、ITool、IToolCommand 接口来创建。
- (2)Edit Task:与 ArcMap Editor 协同工作的组件,需要实现 IEditTask 接口。
- (3)Table of Contents tabs:类似左侧的数据和图层视图的小窗口,通过实现 IContentsView 接口来创建。
- (4)Class extension:自定义对象(feature),即有自己属性和规则的空间对象,需要实现 IClassExtension 等接口。

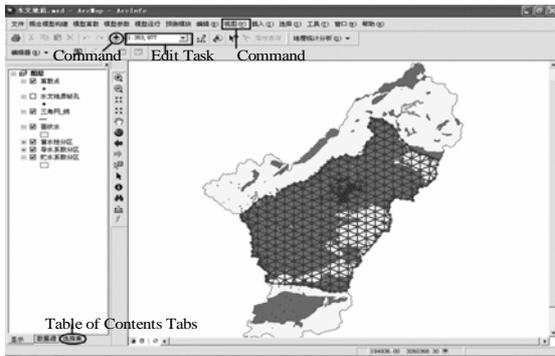


图 1 义乌市地下水资源评价系统应用界面

对于 ArcGIS Desktop 的扩展开发,最关键的核心问题在于理解 ArcGIS 插件架构的运行机制,如图 2 所示。

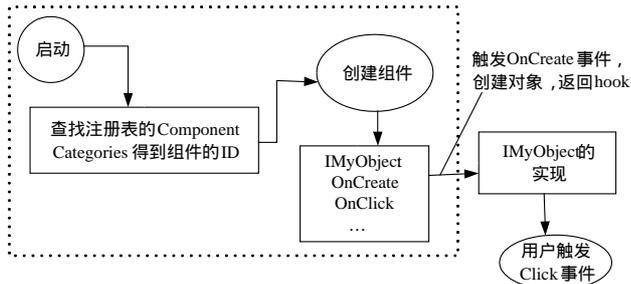


图 2 ArcGIS 插件架构的运行机制

- (1)在注册表中建立一个“Component Categories”的条目,组件需要注册后才能被 ArcGIS 加载。
- (2)初始化,一方面主程序要创建一个变量,类型为插件所实现的接口,然后创建该插件,另一方面调用插件的初始化代码,例如 Oncreate 事件,传入主程序暴露给插件的引用。
- (3)插件和应用程序之间的通信,初始化插件的时候,创建了按钮对象,并绑定按钮的 click 事件由插件的相应过程来处理。
- (4)定制用户界面。

1.2.4 软件开发包

2004 年 ESRI 公司推出了 ArcGIS Engine 开发包,它是一个大型的 ArcObjects 组件集,包括许多开发控件,提供了 COM、.NET 和 C++ 的应用程序编程接口(API)。使用 ArcGIS

Engine 开发包,开发人员可以使用多种具有行业标准的交互式开发环境来创建专门的应用程序,或者将 ArcGIS Engine 组件和其他软件的组件结合来创建先进的 GIS 应用程序。

2 基于 ArcObjects 的地下水资源评价系统

2.1 系统建设的目标

系统首先依据现有的行业规范和国家标准,对数据进行分类、编码,实现水文地质资料的数字化存储,再利用 GIS 技术实现对区内水文地质信息的管理,在此基础上实现地下水资源分析、评价、预测等功能,为当地的水资源保护、合理开采服务。下面以义乌市地下水资源评价系统为例,介绍其三层体系结构的实现,该系统采用 ArcGIS8.3、VS.NET 开发环境,Oracle9i 数据库,以 COM 为基础进行开发。

2.2 数据组织

地下水资源评价数据库包括空间数据库和属性数据库。空间数据库建设按地物特征采用点、线、面 3 种要素进行存储,由 5 个专题数据组成:

- (1)基础地形数据:基础地形图中包括行政区、居民地、交通、水系、地貌等图素。
- (2)基础地质数据:区域地质图、剖面图、基岩分布图、地层综合柱状图。
- (3)第四系地质数据:地貌类型图、地层综合柱状图等。
- (4)地下水数据:第 I、II、III 承压含水层综合水文地质图、观测井分布图、水文地质分区图、地下水富水区段分布图。
- (5)本地区的蒸发强度和降水强度。

考虑到地下水数据是动态的(如地下水监测数据),为了系统的维护方便,把系统中的属性数据分为内部属性和外部属性分别进行存储和管理。内部属性数据也就是空间数据本身所拥有的属性数据,外部属性多为历史积累的业务数据、文档、图片等数据,这种类型的数据具有数据量大、使用频率较低、更新频率高的特点,采用关系型数据库进行维护,同时为了满足 GIS 的查询和分析需要,把它们和地理实体进行唯一标识码(UID)连接,从而实现在系统中的调用。

2.3 系统架构

系统采用有限元模型对义乌地区的地下水资源进行评价,为了提高系统的灵活性和可维护性,采用基于 COM 的组件软件开发方法,在业务上将系统划分为概念模型构建、模型时空离散、模型参数提取、模型运行和结果分析 4 大模块;在系统内部功能实现上将系统划分为相对独立的功能组件,相互之间基于接口进行通信。系统整体架构为三层 C/S 结构(图 3),包括数据层、业务逻辑层和用户界面层,分别负责实现数据访问、业务逻辑、用户交互等功能。

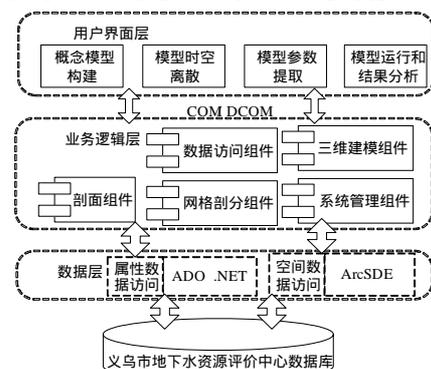


图 3 地下水资源评价系统的框架

2.3.1 数据层

数据层的作用是从永久存储中读取、写入、删除对象，数据层使得业务逻辑层对具体数据库的依赖降低，提高数据库访问的透明性及系统的灵活性。本系统中数据层的属性数据管理的解决方案为 ADO.NET；在空间数据管理中，采用 ESRI 公司的 ArcSDE。

2.3.2 业务逻辑层

业务逻辑层是应用系统的核心，负责整个系统中业务逻辑的实现。该层负责处理用户输入的信息，根据输入信息实现对数据库的操作，并将操作的结果反馈给用户。业务逻辑层主要由数据访问、三维建模、网格剖分、系统管理、剖面、等值线等几个模块组成。

2.3.3 用户界面层

界面程序员只需引入相应的 COM 组件，通过鼠标拖入工具栏或者菜单中就能实现用户所需要定制的功能，图 1 是义乌市地下水资源评价信息系统的主界面。

2.4 功能模块设计和实现

2.4.1 概念模型的构建

在对某区域进行地下水资源评价以前，需详细了解该地区的水文地质状况，了解的手段通常包括：地形与地貌，水文地质钻孔卡片图，剖面图以及水位等值线等。系统基于 COM 技术来构建水文地质概念模型，从点（控制性钻孔柱状图）线（水文地质剖面图）面（水文地质层的面状信息等）3 个方面可视化构建水文地质体的概念模型，以便全面了解水文地质体的结构、岩性、物理力学性质以及边界类型，图 4 为水文地质剖面。

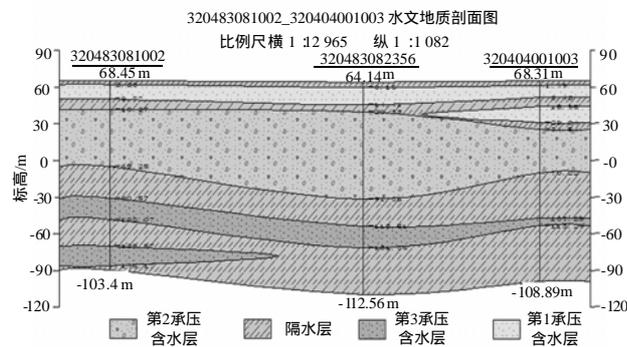


图 4 水文地质剖面

2.4.2 模型的时空离散

模型的时间离散是模型模拟的基础工作，根据地下水不同的开采历史时期，将每个阶段按照模拟的实际情况离散成若干个时步。空间离散是将不均质及各向异性的含水层介质离散成相对均质的与各向同性的计算单元，便于模型参数的赋值。系统采用有限单元法对地下水流进行模拟，采用 Delaunay 三角形对模拟区域进行空间离散，网格剖分结果如图 1 所示，Delaunay 三角形剖分算法可以参考文献[8]。

2.4.3 参数提取

水文地质计算参数是地下水资源评价中不可缺少的数据，地下水资源评价系统中所需输入的参数信息有水文地质层的基本信息、初始条件信息、边界条件信息、地下水开采信息和计算参数信息。系统可通过模拟的空间离散网格与各个参数值空间分布层进行叠加分析，自动提取计算单元中心节点或计算单元节点上的参数值，按照模型数据文件组织结构的要求，生成符合条件的数据文件。这些功能的实现需要

用到 ArcObjects 的空间分析功能，ArcObjects 给出了相交、相离、包含、相等、相切总共 10 种空间要素之间的关系，主要实现步骤如下：

```
Dim pFeatureClass As IFeatureClass //需要查询的要素集；
Dim searchGeometry As IGeometry = pPoint //被查询的点要素；
Dim pFeatureCursor As IFeatureCursor=SpatialQuery (pFeature
Class,searchGeometry,pMxDoc.FocusMap,
esriSpatialRelEnum.esriSpatialRelWithin)
//获取要素集指针，本实例是搜索两个空间要素的包含关系；
Dim pFeat As IFeature = pFeatureCursor.NextFeature
//需要得到的查询结果要素；
```

2.4.4 模型运行与结果可视化表达

经过对评价区域概念模型构建、时空离散、参数赋值以后，可以调用 Fortran 语言编写的 exe 模型文件，运行模型并得到模型模拟的结果。模型计算结果有水位、降深、水均衡、计算误差等，模型后处理通过流场拟合曲线、动态曲线、流场三维动态显示、统计报表等形式给出。结果和模型参数同时保存在数据库和 GIS 矢量数据文件中，供决策分析。模型结果的可视化表达内容主要有任意时间段的水位的柱状图、流场显示（图 5）等值线等。

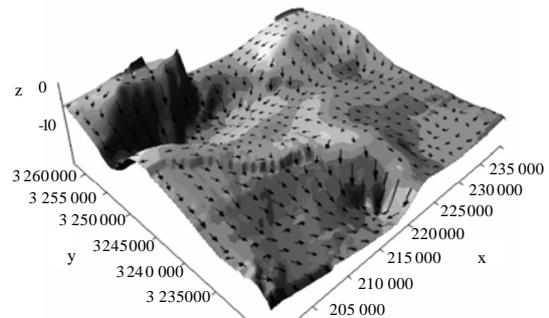


图 5 地下水流场

3 结束语

基于 COM 和 ArcObjects 的地下水资源评价信息系统，减少了模型操作过程中过多的人工干预，提高了自动化程度，而且大大提高了系统的扩充性和灵活性。同时充分发挥了组件式 GIS 在空间数据操作方面的优势，改变了 GIS 应用系统中应用模型研制与开发工作效率低下的局面，补充了 GIS 专业分析功能方面的不足。各种模型与 GIS、RS 和 GPS 技术紧密结合起来的信息系统，将成为 GIS 发展的研究方向之一，具有重大的现实意义。

参考文献

- 1 诸云强, 宫辉力, 赵文吉, 等. 基于组件技术的地理信息系统二次开发[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(1): 16-19.
- 2 魏加华, 李慈君, 王光谦, 等. 地下水数值模型与组件 GIS 集成研究[J]. 吉林大学学报, 2003, 33(4): 534-538.
- 3 王 桥, 陈锁忠, 阎国年. 地理信息系统应用模型实现技术研究[J]. 中国图像图形学报, 2001, 6(9): 912-917.
- 4 杨 旭, 黄家柱, 陈锁忠. 组件式 GIS 在地下水资源管理系统开发中的应用[J]. 水文, 2003, 23(1): 10-13.
- 5 陶 曼, 宫辉力, 赵文吉, 等. 基于组件式 GIS 技术的地下水信息系统的设计与实现[J]. 水文地质工程地质, 2006, 33(1): 37-40
- 6 刘明柱, 陈鸿汉. GIS 在区域地下水资源评价中的应用[J]. 水利学报, 2002, 33(1): 52-55.
- 7 潘爱民. COM 原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- 8 闵卫东, 唐泽圣. 二维任意域内点集的三角剖分的研究[J]. 计算机学报, 1995, 18(5): 357-364.