

# 三维城市地球物理数据管理与服务系统框架

郑 坤,侯卫生,刘修国

中国地质大学信息工程学院,湖北武汉 430074

**摘要:** 为实现地球物理数据对城市发展提供数据支持,以 3D GIS 作为基础平台,从数据与信息管理和多方法综合处理与显示、成果的三维可视化表达及信息发布等 4 个层次阐述了三维城市地球物理数据管理与服务系统框架的构建;数据与信息管理系统是整个系统的基础,提供数据基础。GIS 支持下的第 2 层次作为数据显示和多方法交互综合处理的工具而存在,并为成果信息表达提供基础。后 2 个层次实现城市地球物理成果数据的展示功能。第 3 个层次是对成果数据的三维再现,而第 4 个层次则通过 Web 来发布成果信息。在构建三维城市地球物理数据管理与服务信息系统时,存在 2 个方面需要解决的问题:(1)要实现多期次海量的城市地球物理数据的一体化管理问题,提出了以地球物理勘探点、线作为多方法数据融合的基础,分层次、专题按要素的方式建立多维数据库,以达到对数据的统一管理。(2)成果信息的可视化问题。为了在三维空间中再现成果数据,将地球物理形式的数据转换成地质形式,设计了一个以线框模型为基本思想来表达三维地质模型的数据模型。将提出的系统框架结合华北某地区进行了应用,取得了较好的效果。

**关键词:** 城市地球物理;3D GIS;系统框架;线框模型。

中图分类号: TP311

文章编号: 1000-2383(2006)05-0663-05

收稿日期: 2006-05-30

## Framework of 3D Urban Geophysical Data Management and Service System

ZHENG Kun, HOU Wei-sheng, LIU Xiu-guo

*Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*

**Abstract:** In order to support the data requirement for city development, this paper presents methods to build a framework for 3D urban geophysical data management and service system (3D UGDMSS), including database and information management, integrated processing and display of multi-methods, 3D visualization of interpretation data and production broadcasting. The database and information management is the base of the system, and offers all data for other levels. The second level based on 2D GIS exists as a tool for data display and interaction for multi-methods integrative processing, and establishes a foundation for production. Levels three and four carry on the work of displaying the production information from urban geophysical data. The third level is 3D visualization of the information, and the fourth promulgates the production through the internet. There are two challenges when building the 3D UGDMSS. Managing urban geophysical data from different methods synthetically is the first. In this paper, we suggest the database is formed in different layers, subjects and elements, in which the data are concretized with geophysical survey points and lines. The second challenge comes from information visualization in 3D space. The production information from urban geophysical data is transferred into geological forms shown in 3D space. A hybrid data structure model based on wire frame model designed to describe this data and the 3D modelling process is introduced. This system framework has been successfully applied in one city of North China.

**Key words:** urban geophysical; 3D GIS; system framework; wire frame model.

随着中国城市化进程的加速,地球物理方法在解决城市中的地质问题上得到越来越广泛的应用。由于历史和技术的原因为,我国大多数城市的地球物理数据存在管理分散、不规范等现象,还不能满足向

城市综合发展提供数据支持的需要.因此,对这些资料进行收集整理和数字化,并依照国际通用数据格式进行整理、编辑,建立一个共享的数据库、实现数据统一的管理和对外服务,成为城市地球物理数据管理中的一个亟待解决的问题.一些发达国家采用数字技术建立了深部地球物理数据库,通过互联网进行国际间资料的交换与共享(Brown *et al.*, 1986; Oliver, 1991; 高锐, 1998).我国也于近年来建立了深部地球物理探测数据库(高锐等, 2001).但是,这些数据库都无法实现地球物理各方法数据之间的融合与综合使用.黄伟等(2002)曾提出了基于GIS技术的环境与工程地球物理数据管理思想,为城市地球物理数据库建设开拓了新的思路.

近十几年来,3D GIS技术在地学领域中应用的蓬勃发展,为城市地球物理数据管理与服务提供了一个新的途径.利用3D GIS技术建立一个能够实现城市地球物理数据的存储和管理、各种地球物理数据的专业分析、成果数据的表达以及Web发布等功能的三维城市地球物理数据管理与服务信息系统(3D urban geophysical data management and service system, 3D UGDMSS)成为可能.

## 1 3D UGDMSS 的研究内容

3D GIS支持下的三维城市地球物理数据管理与服务信息系统不仅要满足地球物理数据综合管理的需求,实现多方法的综合分析输出,还要为城市基础地质研究、城市规划服务直接提供分析成果及相关服务,为管理、工程技术人员提供一个规范化、综合化的平台.为满足以上需求,笔者提出了从4个层次上来构建整个系统(图1).

### 1.1 基于GIS的城市地球物理数据库与信息管理平台

城市地球物理数据具有其特有的性质,如空间

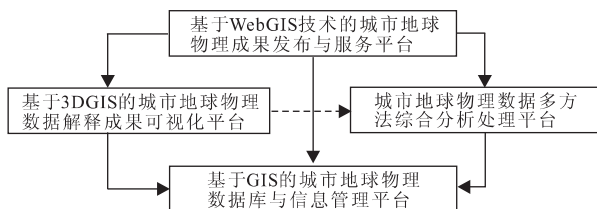


图1 3D UGDMSS 框架的层次结构

Fig. 1 Architecture of the 3D UGDMSS

分布的分散性、勘探时间的多期性、数据多样性等.因此,城市地球物理数据库与信息管理平台要实现城市地球物理数据的共享、为多方法综合分析及成果可视化与信息发布提供数据基础及技术支撑的基本目标,需要结合以上特性,建立一个具有特色的数据库.为此,该平台需要解决2个方面的基本问题.首先是多方法数据的融合问题.各种城市地球物理方法数据是从不同角度反映地下介质的物理性质,从地质角度来看,本身就是一个整体,如何对这些不同方法的数据进行统一的管理是系统提供综合管理与服务的基础.其次是多期次海量数据管理问题.城市地球物理数据存在时间上的多期性(对于同一区域而言,存在不同时期相同的地球物理方法数据),但不存在数据增量的问题,是对数据的整体增加,而不是对原有数据的更新.原有数据需要作为后期勘探数据的补充而保留和管理.

### 1.2 城市地球物理数据多方法综合分析处理平台

这个子系统以GIS作为平台提供综合数据处理与解释、显示及与其他软件的接口对各城市地球物理方法数据进行高效整合,负责实现多方法数据的综合显示、与其他处理软件系统数据交换以及多方法数据的人机交互解释功能.该子系统的构建可以为地球物理综合处理与解释提供工具,为提高地球物理解释精度,更好地为各种地质、环境评价奠定基础.

### 1.3 基于3D GIS的城市地球物理数据解释成果可视化平台

地球物理是实现地质、环境评价的手段和方法,其成果应以地质的形式展示出来才能被地质或其他行业专业人员所认可.因此,地球物理成果数据的表达是整个系统对外的窗口.以3D GIS技术作为支撑,实现成果数据的可视化表达,尤其是实现地质现象以三维的形式再现,无疑可以大大增强地球物理解释的可信度及二次开发利用程度.解释成果数据的可视化表达包括二维地球物理处理、解释剖面数据的表达、地球物理属性数据的体视化及地质解释数据的三维结构建模和属性建模等方面,需要二维矢量/栅格数据显示、三维地质结构/属性建模、数据体视化等技术作支撑.因此,它需要解决3个方面的基本问题:(1)矢量/栅格数据的集成显示.(2)地质属性数据的体视化问题.地球物理成果数据的体视化是整个平台的重要组成部分,它可以从三维的角度真实再现地下介质的物理属性.当对整个城市的

物理属性进行建模时,其数据量就变得非常庞大.因此,在进行体视化时需要解决大数据量的构建及显示问题.(3)三维地质结构建模问题.三维地质结构建模是整个成果数据可视化的核心所在,为进一步的地质分析提供数据基础.后文将进行详细介绍.

### 1.4 基于 Web GIS 技术的城市地球物理成果发布与服务平台

在信息时代,信息公众发布是非常重要的.利用 Internet 技术实现城市地球物理成果信息的发布也是整个系统建立的一个重要目标.利用 Web GIS 技术作为基础,将地球物理解释数据、图件、二维/三维图形进行 Web 发布.

在这 4 个层次的研究中,城市地球物理数据库与信息管理平台处于整个层次结构中的底层,为其他几个平台提供数据,是系统建设基础.多方法综合分析处理平台作为数据显示及人机交互工具而存在,为成果的最终展示奠定基础.成果数据的可视化表达则是系统建设的基本目标.因此,在这 4 个不同层次的研究内容中,城市地球物理数据的综合管理与成果的三维可视化是需要解决和突破的关键问题所在.

## 2 系统框架实现的关键问题

### 2.1 多期次海量地球物理数据综合管理

城市地球物理数据是一种多源海量数据.按照表现形式的不同,这些数据可以分成图形、图像、文本 3 大类.这些信息有机的融合可以再现城市地下地质的物理性质、地质环境现状,为城市地质环境综合评价及三维可视化提供基础.这些信息具有分散性、多比例尺、种类繁多等特点,如何将这些信息进行整合,实现数据的一体化采集、存储与管理是系统建设成败的关键所在.

参照朱良峰(2005)所提出的基本思想,将数据库划分成图形数据库、属性数据库和多媒体数据库.图形数据库存储地理底图、各专业图件等矢量图形.属性数据库中管理各种 GIS 的属性表和地球物理各专业的属性表.多媒体数据库则包括各种文档、报表、影像及数字景观数据等.在每个数据库中划分成:基础地理、重力、磁法、电法、放射性、地温、综合测井、人工地震等多个专题数据库,每个专题数据库中以时间、空间为基础按“要素类”进行分类管理.

地球物理方法虽然众多,但是都是以点或线的形式获取地下介质信息的.因此,勘探点、线是地球

物理各方法共同的基础.以 GIS 作为技术支撑,将勘探点、线作为各专题、各层数据关联、整合基础,使各专题数据融合成一个整体,可以实现系统数据的多维、多层次的一体化管理.

### 2.2 基于 3D GIS 的成果数据三维可视化表达

建立 3D UGDMSS 的一个重要目标就是将通过地球物理方法描述的现实世界准确地再现给公众,并且直接为决策部门服务.只有将地球物理数据解释成直观的地质信息,如地质剖面、地质构造图、三维地质模型等,才能被政府决策部门或公众所接受.因此,城市地球物理的成果数据三维可视化表达是系统建设的重要组成部分.它包含 2 个关键技术的内容:三维地质结构建模及三维地质属性建模.相对与三维地质结构建模来说,三维属性模型的构建是相对成熟的技术,本文不再对该问题进行探讨.

三维地质结构建模的一个重要问题在于构建三维数据模型.现有的三维空间数据模型有很多,综合起来主要有 3 类(颜辉武,2002):基于体元的数据模型、三维矢量模型及混合数据模型.在进行三维地质模型的构建时,又有许多人提出了新的模型如超体元模型(武强和徐华,2004)、面向对象模型(龚健雅,1997)、TIN+TEN 模型(朱良峰,2005)等.这些数据模型在构建三维地质模型时都有着自己独特的优势,但是大都存在同一个缺陷:各地质要素之间的拓扑关系,如地层与断层、断层与断层之间等,不能直接由数学模型来表征,而是通过数学运算来获取.由

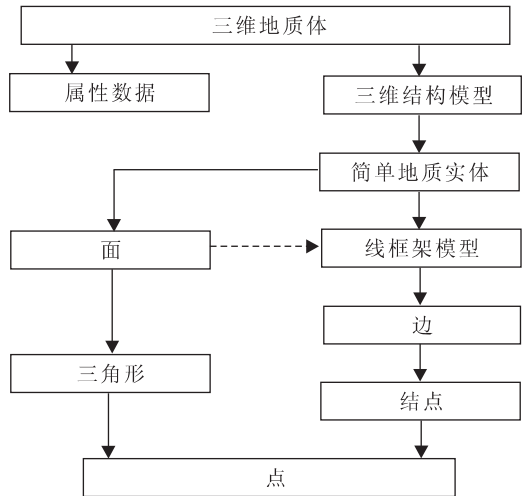


图 2 基于线框思想的三维空间数据模型拓朴层次关系  
Fig. 2 Topology of 3D spatial data model based on wire frame

此而构建的三维地质模型精度受到很大的影响。因此,在数学模型中引入地质要素之间的拓扑关系描述部分,不仅有助于提高地质模型的精度,还可以简化地质模型构建过程。

笔者在 TIN+TEN 模型的基础上设计了一种基于线框思想的空间数据模型(图 2)。在这个模型中,线框模型是一个逻辑层次上的模型,它包含地质面的边界和地质面的拓扑关系,而不是象其他模型一样需要通过计算来获取拓扑关系。假设一个地质模型的拓扑可以用各简单块体的轮廓来描述,那么,地质体就可以用线框模型和地质面来表达。针对基于线框思想的三维空间数据模型及地球物理解释数据的特点,作者通过一种基于线框模型的人机交互建模方法,实现了三维地质体的建模。主要包括 4 个步骤:数据预处理、线框模型的构建、地质面的构建和地质体的构建(侯卫生等,2005)。尽管这些步骤具有很强的顺序性,但是都可以根据需要回溯到任意的步骤中。

### 3 应用实例

根据以上的基本思路,作者利用 MAPGIS—TDE 作为平台,开发出以城市地球物理数据为基础的城市地球物理数据管理与服务信息原型系统。该系统初步实现了多专业的数据一体化管理,并在此基础上,利用改进后的数据模型以地震构造地质图作为基础实现了基岩地质的三维结构模拟。此外,在多种方法解释数据的基础上,将解释剖面离散成虚

拟钻孔数据,实现了松散沉积物的三维可视化表达。

如图 3,该三维地质模型说明了以结合线框模型思想的 TIN+TEN 数据模型能够解决复杂地质条件下的基岩三维模型构建。因此,本文所提出的方法技术可以满足城市地球物理成果数据三维可视化的基本需求,为系统进一步深入研究奠定了基础。

### 4 结论

为实现对城市地球物理数据的有效管理,本文以 3D GIS 作为技术支撑,提出从数据管理、多方法综合处理与显示、成果的三维可视化表达及信息发布等 4 个层次上构建 3D UGDMS 的框架,讨论了组成系统各部分的结构和功能。并且,在对框架构建上的 2 个主要关键问题方面上,以地球物理勘探点、线作为多方法数据融合的基础,分层次、专题按要素的方式建立多维数据库,以达到对数据的统一管理;将地球物理形式的数据转换成地质形式,以线框模型为基本思想的 TIN+TEN 混合数据模型来表达三维地质模型,解决城市地球物理数据成果的展现问题。

论文提出的框架只是为进一步的研究提供了一个基础数据,基于城市地球物理数据的空间分析,三维地质模型的编辑与误差分析,地球物理属性模型与结构模型之间的综合应用与分析等内容都是今后在构建 3D UGDMS 应用时所需要进一步研究的内容。

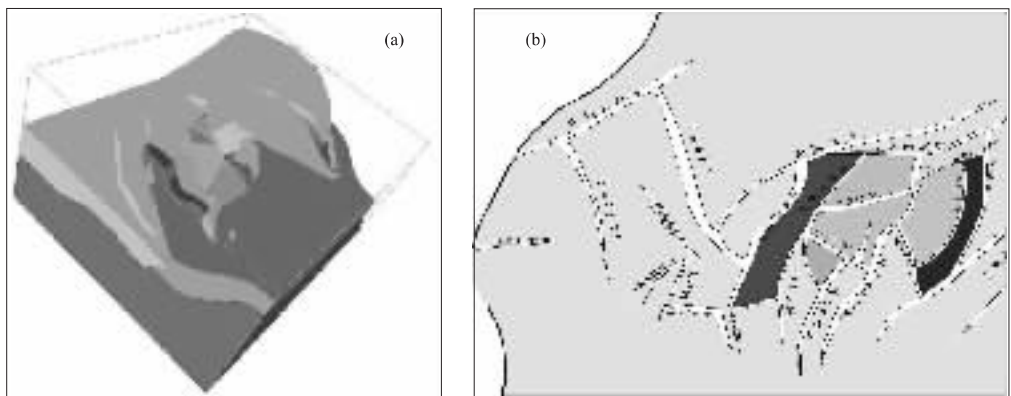


图 3 基于地震解释数据的华北某地基岩三维建模

Fig. 3 Bedrock 3D modeling based on seismic interpreted data in North China

a. 基于地震剖面解释的地震构造示意图; b. 基于(a)的三维地质模型。

## References

- Brown, L. D., Barazangi, M., Kaufman, S., et al., 1986. The first decade of COCORP: 1974—1984. In: Reflection seismology: A global perspective. Barazangi, M., Brown, L. D., eds., *Am. Geophys. Union Geodynamics Ser.*, 13:107—120.
- Gao, R., 1998. Review of geophysical investigation and research on the KTB drill site in Germany: Applying and results. *Foreign Geop exploration Technology*, 29(6): 28—43(in Chinese with English abstract).
- Gao, R., Huang, L. Y., Luo, T. J., et al., 2001. Progress of the research on deep geophysical probing database. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(6): 481—485(in Chinese with English abstract).
- Gong, J. Y., 1997. An object orient spatial temporal data model in GIS. *Acta Geodaetica et Cartographic Sinica*, 26(4): 290—299(in Chinese with English abstract).
- Hou, W. S., Liu, X. G., Wu, X. C., et al., 2005. A complex fault modeling method based on geological plane map. In: Symposium of urban geology work, Shanghai, 142—146(in Chinese).
- Huang, W., Li, D. X., Tang, Q. B., et al., 2002. A system design of information management and data processing for engineering geophysical data based on the GIS technology. *Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration*, 24(2): 140—145(in Chinese with English abstract).
- Oliver, J., 1991. Solid earth science during the 21st century. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 72: 121.
- Wu, Q., Xu, H., 2004. The method of 3D geological modeling and visualization. *Science in China(Ser. D)*, 34(1): 54—60(in Chinese).
- Yan, H. W., 2002. The volume visualization technology and its application in the study of ground-water resource [Dissertation]. Wuhan University, Wuhan(in Chinese).
- Zhu, L. F., 2005. Study on the essential techniques of 3D geological modeling and visualization system based on GIS [Dissertation]. China University of Geosciences, Wuhan(in Chinese).

## 附中文参考文献

- 高锐, 1998. 地球物理调查研究在德国大陆深钻(KTB)选址过程中的运用与效果概述. *国外地质勘探技术*, 29(6): 28—43.
- 高锐, 黄立言, 骆团结, 等, 2001. 深部地球物理探测数据库研究进展. *地球学报*, 22(6): 481—485.
- 龚健雅, 1997. GIS中面向对象时空数据模型. *测绘学报*, 26(4): 290—299.
- 侯卫生, 刘修国, 吴信才, 等, 2005. 一种基于平面地质图的复杂断层三维构建方法. 见: 城市地质研讨会论文集, 上海, 142—146.
- 黄伟, 李大心, 唐庆兵, 等, 2002. 基于GIS技术的工程物探数据管理与处理解释系统. *物探化探计算技术*, 24(2): 140—145.
- 武强, 徐华, 2004. 三维地质建模与可视化方法研究. *中国科学(D辑)*, 34(1): 54—60.
- 颜辉武, 2002. 体视化技术及其在地下水资源研究中的应用 [学位论文]. 武汉: 武汉大学.
- 朱良峰, 2005. 基于GIS的三维地质建模及可视化系统关键技术研究 [学位论文]. 武汉: 中国地质大学.