

文章编号: 1000-7598-(2006) 增-0633-04

城市三维地质数据组织与管理方法研究

朱良峰^{1,2}, 崔悦², 潘信¹

(1. 华东师范大学 地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062; 2. 中国地质大学 信息工程学院, 武汉 430074)

摘 要: 城市三维地质数据的组织与管理是城市三维地质信息系统建设所面临的首要难题。通过对城市地质调查成果数据和城市三维地质信息系统用户需求的分析, 将城市三维地质数据抽象、概括为“两个层次、四大类别”。“两个层次”是指城市三维地质数据包括原始数据和解释成果数据这两个层次; “四大类别”则是将城市三维地质数据分为地理空间数据、原始勘察数据、专业解释数据和三维地质建模数据等四个大类, 其中地理空间数据和原始勘察数据属于“原始数据”这一层次, 专业解释数据和三维地质建模数据属于“解释成果数据”这一层次。论文还按照地质数据所涉及的专业标准, 将城市三维地质数据划分为多个专业库, 这可满足不同专业的工程人员的应用需求。根据三维地质建模的要求, 特别提取出经特殊解释后的三维建模数据, 以实现地质数据的三维可视化显示与分析。这种数据组织与管理方案已经成功的应用于北京、上海等城市的三维地质数据管理和服务系统之中。

关 键 词: 城市三维地质信息系统; 地质数据库; 数据标准化; 数据处理; 数据组织

中图分类号: P208; TU17

文献标识码: A

Data organization and management methods for 3D urban geological information

ZHU Liang-feng^{1,2}, CUI Yue², PAN Xin¹

(1. Key Laboratory of Geographical Information Sciences for Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Data organization and management of 3D urban geological data is a critical point in the construction of 3D Urban Geological Information System. Based on the analysis of the data types, data formats and user's requirements, a novel conception of two-tier and four-sort data for 3D urban geological information is developed. Two-tier data means that the original data and the interpreted data can be distinguished from 3D urban geological database. Four-sort data means that the geological database has a four-sort constitution consisting of: geographical data, original investigation data, professional interpreted data and 3D geological modeling data. To meet the demand of the technologist with the different majors, several professional databases are constructed from 3D urban geological data. To realize such functions as 3D visual analysis of geological data, 3D geological modeling data is provided specially. These approaches have been applied successfully in the management and service system of 3D urban geological data in Beijing and Shanghai cities.

Key words: 3D Urban Geological Information System; geological database; data standardization; data processing; data organization

1 引 言

城市是现代社会物质财富和精神文明集聚的中心。为改善我国城市建设和可持续发展所面临的严峻形势, 我们需要改变传统的城市地质工作和城市地下空间利用的粗放、无知形式, 加强城市基础地质工作, 充分利用计算机、地理信息系统、城市遥感等现代信息技术的最新成果, 对城市地质数据进

行有效的采集、存贮、管理、可视化再现乃至网络化服务。于是, 构建一个基于三维 GIS 技术、三维可视化技术的城市三维地质信息系统已成为当前城市地质工作的必需^[1-5]。该系统以 GIS 技术为依托, 将 3S 技术应用于城市多参数三维海量地质数据的一体化存储与管理, 并在此基础上进行三维地质数据的综合可视化与融合分析、各种专业分析、各类工程地质信息的网络发布与成果输出, 从而为制定

收稿日期: 2006-12-15

基金项目: 国家高技术研究与发展计划(863 计划)项目资助(No. 2001AA135170); 上海市自然科学基金项目资助(No. 06ZR14031)。

作者简介: 朱良峰, 男, 1978 年生, 博士, 主要从事地学空间信息建模工作。E-mail: LFZHU@geo.ecnu.edu.cn

科学合理的城市发展规划提供基础地质资料和决策依据。

城市三维地质数据的组织与管理是城市三维地质信息系统建设所面临的首要难题。在西欧、北美等发达地区,多数国家已经建立起基于三维 GIS 平台的、相对完善的地质数据库管理系统^[6-8],并在此基础上开发出众多的应用系统与专业分析模块,取得了巨大的社会效益。我国在这方面的起步较晚,但国内多数城市的地矿与勘测部门在长期的工作实践中,都根据自己的工作需要建立了地质资料数据库。这些地质数据库多是简单的利用现成的数据库管理系统或 GIS 软件直接装载数据,数据库设计没有统一的标准,缺乏整体规划,只能解决某些专门问题,难以进行地质数据资料的再开发与再提高,不能满足迅速增长的信息处理要求,无法适应我国不断前进的城市化进程对地质工作提出的新要求^[1]。从 20 世纪 90 年代末期开始,我国逐渐重视城市地质数据的管理与数字化工作。“十五”期间,我国先后启动北京、上海、杭州等三个城市的地质调查工作,今后还将陆续开展环渤海、长江三角洲、珠江三角洲等三大都市圈中心城市的地质调查,2008 年北京奥运会、2010 年上海世博会的规划和基础建设工程正在如火如荼的展开,这些都为城市三维地质信息系统的建设与发展提供空前的机遇和挑战。基于这种现实需要,本文将探讨在城市三维地质信息系统建设实践的过程中所面临的三维地质数据的组织和管理技术问题。论文将从城市地质调查成果的数据表现形式与三维地质建模的实际需要入手,结合选用的地理信息系统平台,研究解决城市三维地质数据的规范化和标准化问题,提出符合城市三维地质信息系统构建标准的三维地质数据组织与管理技术解决方案。

2 城市三维地质数据的特点与分类

2.1 数据分类

城市三维地质信息系统是一个集地表、地上、地下多维、动态空间信息于一体的大型综合性空间信息系统^[4]。系统涉及的数据可分为三类:①表征城市地上特征的数码景观和遥感影像数据;②表征城市地表特征的城市基础地理数据,包括城市地形线、交通线、行政区划界线、居民点分布图、区域气候区划图、区域地貌区划图、城市土地利用现状图、城市土地利用远景规划图等;③表征城市地下特征的地下三维地质数据,包括:区域地质构造背景数据、工程地质勘察数据、水文地质数据、地球

物理数据、地球化学数据等。不难看出,城市三维地质信息系统涉及的数据具有来源广泛、类别众多、数量庞大、时空多维、主题鲜明的显著特征,特别是城市三维地质调查的成果数据涵盖多个专业,类型繁多,离散性大,界限模糊,随机性强,代号也较多,并且多用图形与表格、文字相结合的形式来表达。

通过对城市地质调查成果数据和城市三维地质信息系统用户需求的分析,本文将城市三维地质数据抽象、概括为“两个层次、四大类别”:“两个层次”是指城市三维地质数据包括原始数据和解释成果数据这两个层次;“四大类别”则是将城市三维地质数据分为地理空间数据、原始勘察数据、专业解释数据和三维地质建模数据等四个大类,其中地理空间数据和原始勘察数据属于“原始数据”这一层次,专业解释数据和三维地质建模数据则属于“解释成果数据”这一层次。

2.2 各类数据特点

(1) 地理空间数据。地理空间数据是描述基本地理要素的数据,它包括图形、遥感影像等两个方面的数据。不同比例尺的地形图、各种专题地图、地质图等都可作为图形数据使用;遥感影像则包括航片数据和卫片数据(如 SPOT5、Quick Bird、TM 等格式)。地理空间数据主要表征地物的空间地理位置,可以反映地表的现状与空间地理位置信息。

(2) 原始勘察数据。原始勘察数据包括各类钻孔(井)卡片中的野外现场描述、深井档案、各种测试数据、动态监测数据以及地球物理、地球化学勘查中获取的原始资料以及水文地质、工程地质等各专业的规范、资料。原始资料数据是城市地质调查中最原始的数据记录,可供阅读使用,并可用于成果数据的校对审核。在城市三维地质信息系统中,原始勘察数据作为系统中的原始资料加以保存,一般不允许更改。

(3) 专业解释数据。专业解释数据是指对原始资料进行人工干预解释后获得的解释结果和相应的成果资料,其中解释结果包括修正和补充后的原始勘察数据以及基于这一原始资料解释的结果。专业解释数据涉及基础地理、基岩地质、第四纪地质、工程地质、水文地质、地面沉降、地球物理、地球化学等多个专业、多种类型的原始资料和成果资料,这些数据在表达方式上各有差异,可概化为不同的数据模型,即可按照维数的不同将这些数据模型划分为一维数据模型(如文档资料)、二维数据模型、三维数据模型等。在城市三维地质信息系统中,这

类数据允许进行修改。

(4) 三维地质建模数据。三维地质建模数据是指为建立三维地质模型或进行分析评价而对原有的解释结果进行重新解释后获得的结果数据和相应的地质模型以及分析评价结果。在城市三维地质信息系统中, 这类数据既有用户解释的数据, 也包括系统生成的数据, 允许用户进行修改。

2.3 数据层次关系

在城市三维地质信息系统中,原始数据(包括地理空间数据和原始勘察数据)是解释成果数据的基础,它可作为专业解释数据和三维地质建模数据对照、比较的基础和标准。如图 1 所示,工程人员在各类原始数据的基础上进行人工干预与处理,形成能直观、准确地反映地质情况的各种成果数据;同时,原始数据也可以不经解释而直接作为成果数据使用。三维地质建模数据则是在原始数据或专业解释成果数据的基础上进行特殊处理后的数据,它能够满足三维地质建模的要求,所以它是对原始数据进行多次解释后的成果。

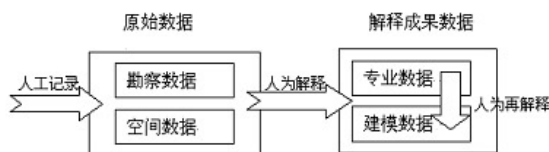


图 1 城市三维地质数据的数据层次关系
Fig.1 The hierarchy of 3D urban geological data

3 城市三维地质数据库设计

根据上文对城市三维地质数据的特点和层次关系的分析, 本文认为统一的城市三维地质信息系统数据库可分为“原始数据层”和“解释成果数据层”两大层次。其中, 原始数据层可分为基础地理空间数据库和原始勘察数据库两大类。基础地理空间数据库由地理底图库、影像库和元数据库组成。解释成果数据层包括专业解释数据和三维地质建模数据。专业解释数据是对各专业原始资料数据进行解释后的成果数据。按照专业的不同, 专业解释数据可划分出 7 个数据库, 即基岩地质库、第四纪地质库、工程地质库、水文地质库、地面沉降库、地球化学库和地球物理数据库; 另外, 也可按照现行城市地质调查所采用的单个项目为数据组织单元, 形成项目成果数据库。三维地质建模数据库由建模资料数据库和三维模型资料数据库组成。城市三维地质数据库的逻辑结构关系如图 2 所示, 其中箭头方向表示数据流的方向。

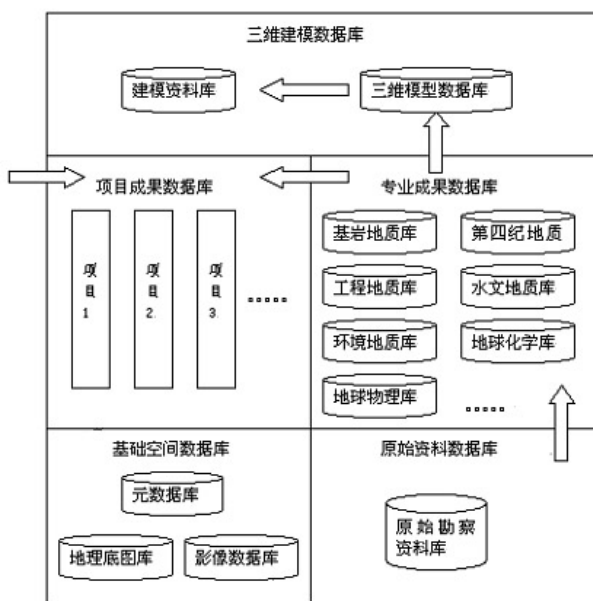


图 2 城市三维地质数据库的逻辑结构关系
Fig.2 Logical structure of 3D urban geological database

4 城市三维地质数据库实现技术

4.1 数据标准的实现

在城市三维地质信息系统建设的过程中,应在整合多源海量地质数据的基础上,建立具有统一的数据标准和代码体系的城市地质信息综合数据库及其信息管理系统,这样才能有效地实现地质成果的数字化、成果资料的社会化和数据信息的共享化,为城市三维地质信息系统其它功能的实现奠定基础^[4]。

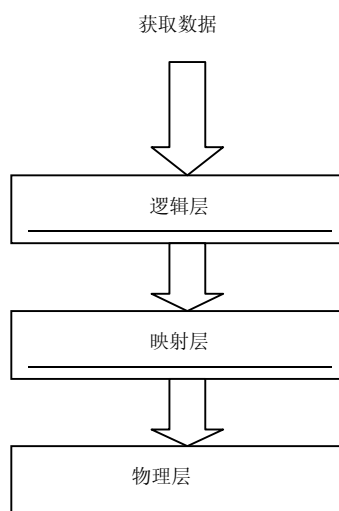


图3 城市三维地质数据库中逻辑层与物理层的映射关系
Fig.3 The mapping relationship between logical tier and physical tier in 3D urban geological database

在数据建库时，对于数据涵义相同，但由于各部门、各地区命名差异而导致不一致的数据项，可

采用字段映射的方法进行处理。如图3所示,这种情况下的数据库分为三个层次:逻辑层,映射层和物理层。为了保证数据的完整性和一致性,实际建库时逻辑层仅仅是一个框架,它实际上并没有数据,因此实现逻辑层与物理层之间通讯的映射层就显得相当重要。映射层的主要功能是建立逻辑层中的所有字段与物理层中相应字段的对应关系。通过这种映射关系,能够极大的减轻应用系统和底层的标准数据库交互的复杂度,进而实现城市三维地质数据的标准化的组织、存储与管理。

4.2 数据库的实现

(1) 地理空间数据库的实现。地理空间数据分为图形数据与影像数据两种类型。图形数据可以采用地图数据库的形式存储于数据库中,同时存储图幅位置信息、各要素和图层的叠加关系、图形数据与属性数据的关联信息等。对于遥感影像、航空摄影影像等图像数据,由于其行列数较大,在影像浏览显示时,其屏幕的可见区域只是影像中的一个小矩形区域,可采用影像数据分块管理的方法,以减少图像文件的磁盘存取时间;同时,由于图像具有局部相关性,分块管理也利于图像的压缩;另外,分块管理也利于数据库管理,因为现有的商用数据库大多是基于关系型的数据库,关系型数据库对数据的管理是基于数据记录的,当采用分块方式管理影像数据时,图像中的块可以与数据库中的记录进行很好的对应。当数据库的记录与影像的图像块一一对应时,用商用数据库管理海量影像数据也就成为可能。

(2) 原始勘察数据库和专业解释数据库的实现。原始勘察数据库与专业解释数据库按照先类型、后专业的方式进行实现,即先分为柱状图数据、等值线图数据、钻孔分层数据以及各种属性数据等不同的类型,然后再按照专业分为几个大的专业数据库。各个类型的数据可用专用的数据管理器进行操作,各个专业的数据在数据库中可用专业标志来区分开来。

(3) 三维地质建模数据库的实现。三维地质建模数据库要根据地质体结构建模与属性建模的需要,进行三维地质建模数据的统一管理,要提供专业成果数据转换为三维建模数据的接口,方便用户使用。建模完成后,对于模型数据与建模源数据要进行存储和索引备份。三维地质模型数据同样需要空间数据库的支持,对三维实体信息和拓扑信息进行处理。

5 结 语

城市三维地质调查所获取到的数据具有海量、分散和关系复杂等突出特点,合理的组织和管理这些数据是城市三维地质信息系统构建的基础。本文按照地质数据所涉及的专业标准,将城市三维地质数据划分为多个专业库,可满足不同专业的工程人员的应用需求;同时还提供统一的项目库对数据进行标准化处理,这在实践中也是十分必要的;另外,根据三维地质建模的要求,特别提取出经特殊解释后的三维建模数据,可实现对地质数据的三维可视化显示与分析。目前,这种数据组织与管理方案已经成功的应用于北京、上海等城市的三维地质数据管理和系统之中。今后的目标是要在一个更为广阔的区域内发展并最终形成一个统一的城市基础数据管理平台,它融地下地层结构、地表交通、地上建筑物等信息于一体,从而能满足城市多参数立体地质调查数据管理、分析、评价的多方面需求,为工程技术人员提供一个综合化、智能化、规范化的工具平台,为城市规划、建设与管理及社会公众信息需求提供一个基础服务平台,搭建一个集标准化、可视化、信息化、网络化于一体的城市三维地质信息系统。

参 考 文 献

- [1] 吴冲龙,牛瑞卿. 城市地质信息系统建设的目标与解决方案[J]. 地质科技情报, 2003, 22(3): 67—72.
- [2] 吴立新,姜云,梁越,等. 城市地下空间开发利用容量评估的基础研究[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(4): 44—47.
- [3] 杨建思,陈永喜. 城市三维信息系统的实现方法[J]. 武汉大学学报(工学版), 2001, 34(6): 67—70.
- [4] 朱良峰,吴信才,刘修国. 城市三维地质信息系统初探[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(5): 6—40.
- [5] 周翠英,陈恒,刘祚秋,等. 重大工程地下环境信息系统的特征[J]. 岩土力学, 2005, 26(2): 216—220.
- [6] Breuning M. An approach to the integration of spatial data and systems for 3D geo-information system[J]. *Computers & Geosciences*, 1999, 25(1): 39—48.
- [7] Marschallinger R, Johnson S E. Presenting 3-D models of geological materials on the World Wide Web[J]. *Computers & Geosciences*, 2001, 27(3): 467—476.
- [8] Guillen A, Meunier C, Renaud X. New Internet tools to manage geological and geophysical data[J]. *Computers & Geosciences*, 2001, 27(4): 563—575.