

杭州市城市三维地质信息管理与服务系统的构建

傅俊鹤¹, 郝社锋², 邹 霞¹

(1. 浙江省地质调查院, 浙江 杭州 311203; 2. 江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

摘要:分析了城市地质信息化的必要性、发展历史及现状。提出了城市地质信息系统的总体结构, 系统划分为数据层、应用层和服务层3个层次。在功能上则由信息数据录入与管理子系统、地质数据分析评价子系统、数据共享与社会化服务子系统构成。然后分数据库和业务应用系统两个部分阐述了系统的开发方案, 并说明了三维地质结构建模、多元数据一体化显示和专业分析评价这3个关键技术的解决方案。最后给出了所述思想在杭州城市地质信息管理与服务系统开发中的应用情况。

关键词:城市地质信息管理; 三维地质结构建模; 多元数据一体化显示; 浙江杭州

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 1674-3636(2011)01-0050-07

0 引言

美国前副总统戈尔于1998年提出了“数字地球”的概念, 在国际上引起了巨大的反响。世界各国都以前所未有的热情投入到了数字地球的建设中。数字地球得以有效实施的核心因素是与空间位置相关的各种地学信息, 包括地面与地下的。我国是地质资源大国, 地层发育齐全, 沉积类型多样; 地质构造复杂, 活动带与稳定区并存; 岩浆活动频繁, 变质作用类型多样, 是研究大陆地质构造特别是中生代地壳构造演化的重要地区之一(郑坤等, 2006)。为了更全面地了解我国当前的地质资源情况, 我国于1999年8月实施了新一轮的国土资源调查。在此过程中, 信息技术得到了越来越广泛的应用, 地质调查信息化建设取得了阶段性重大进展与成果。目前, 国家基础地质数据库体系已经基本形成, 数据资源积累达到了100TB以上。这些基础地质数据资源为地质调查各专业、国土资源管理和国民经济各部门提供了坚实的数据支撑, 也为我国数字地球战略目标的实现提供了数据基础(修文群等, 2001)。

城市地质是地质调查中的一个重要方向, 是为了动态、定量、高精度地管理城市地质、地质资源、环境及有关调查、评价的地学数据, 准确、客观地提供城市地层信息, 及时、直观为城市规划、建设和经济社会发展决策提供科学依据, 从而促进城市地质资源的合理开发利用和生态环境保护, 为生态市建设和城市的可持续发展提供地学基础支持, 需要以信息化的形式来管理城市地质调查工作所涉及到的各种数据。考虑到易用性和稳定性, 首选的解决方案是构建一个集成化的数字化工作环境, 以满足城市地质调查工作中的数据库建设、数据分析、数据共享与服务等实际应用需求(王友升, 2007)。

具体来说, 这些需求包括以下6个方面。

(1) 对全市范围内城市地质及相关数据的有效管理。

(2) 城市三维地质信息系统应是一个集地表、地下空间信息于一体的大型综合性三维空间数据管理和服务平台, 涉及城市地上特征的数码景观和遥感影像数据、城市地表特征的城市基础地理数据、城市地下地质特征的地下三维地质空间数据等。科学有效地管理这些来源广泛、类别众多、数量庞大、时空多维、主题鲜明的数据, 是系统建设首先要解决的问题。

收稿日期: 2010-09-13; 编辑: 陆李萍

基金项目: 杭州市城市地质调查(200413000021)

作者简介: 傅俊鹤(1978—), 男, 工程师, 测绘工程专业, 主要从事综合地质数据处理与地质信息系统建设等方面的工作, E-mail: fjhd@vip.163.com

(3) 对城市地质及相关数据的可视化处理和专业分析。

(4) 提供对基础地质、工程地质、水文地质、岩溶地质、城市环境地球化学、地球物理、遥感等多专业数据的查询、统计和专业分析功能。根据不同专业数据建立相应的三维地质模型,提供对模型的三维显示、查询和一定三维分析功能,这些是系统必须具备的核心功能。

(5) 面向政府、公众提供基于地质及相关数据的基础和增值信息服务。

(6) 开发面向公众的综合地质信息共享与查询服务的功能,为政府城市规划、基础设施建设、环境污染治理等决策和公众对地质环境状况信息的需求提供基于城市三维地质及相关数据的基础信息服务和增值信息服务。

1 总体设计

1.1 数据库建设

1.1.1 各类数据之间的关系 依据中国地质调查局的地质数据库标准和工作指南,首先应开展城市地质调查数据库建库工作。该数据库包括原始数据、基础数据、模型数据、成果数据和元数据等5类数据。

原始数据是所有数据的来源,包括原始图件和原始文档数据,用以描述所有野外调查点的情况,涉及地下水环境、地下水资源、土壤地球化学、第四纪三维调查等专题领域。这些数据需要根据行业标准或部门标准进行标准化处理,并将标准化后的数据作为后续分析评价的基础数据存入基础数据库中。分析评价时从基础数据库中提取评价所用的基础数据,若需要评价模型支持则还需从模型数据库中提取评价模型,之后将生成的分析评价结果经过一定的编辑、处理之后存入成果资料数据库中进行保存。分析评价包括常规分析评价(即传统二维方式的分析评价)及三维分析评价,常规分析评价主要根据基础数据完成查询统计、图件生成、常规专业分析功能,三维分析评价则根据基础数据和一部分常规分析评价结果进行多源数据耦合三维建模,建立钻孔实体模型、地表三维模型、三维地质结构模型、三维地质属性模型,并将这些模型进行集成显示和分析(萨师煊等,2000)。

1.1.2 建模原始数据标准化及入库 对于收集到的钻孔数据(Excel格式和Access格式),可根据平原区第四系地层对照表等资料,对地层进行了重新的划分和归并,并将归并后的标准化钻孔数据入库,为剖面图制作和三维模型服务。

对于收集到的MapGIS格式的剖面图数据,可将其内在隐含的地质特征加以提取,并转化为含多边形拓扑、上下地层信息、透镜体信息、断层信息的系统内部剖面格式后入库,为三维建模服务。

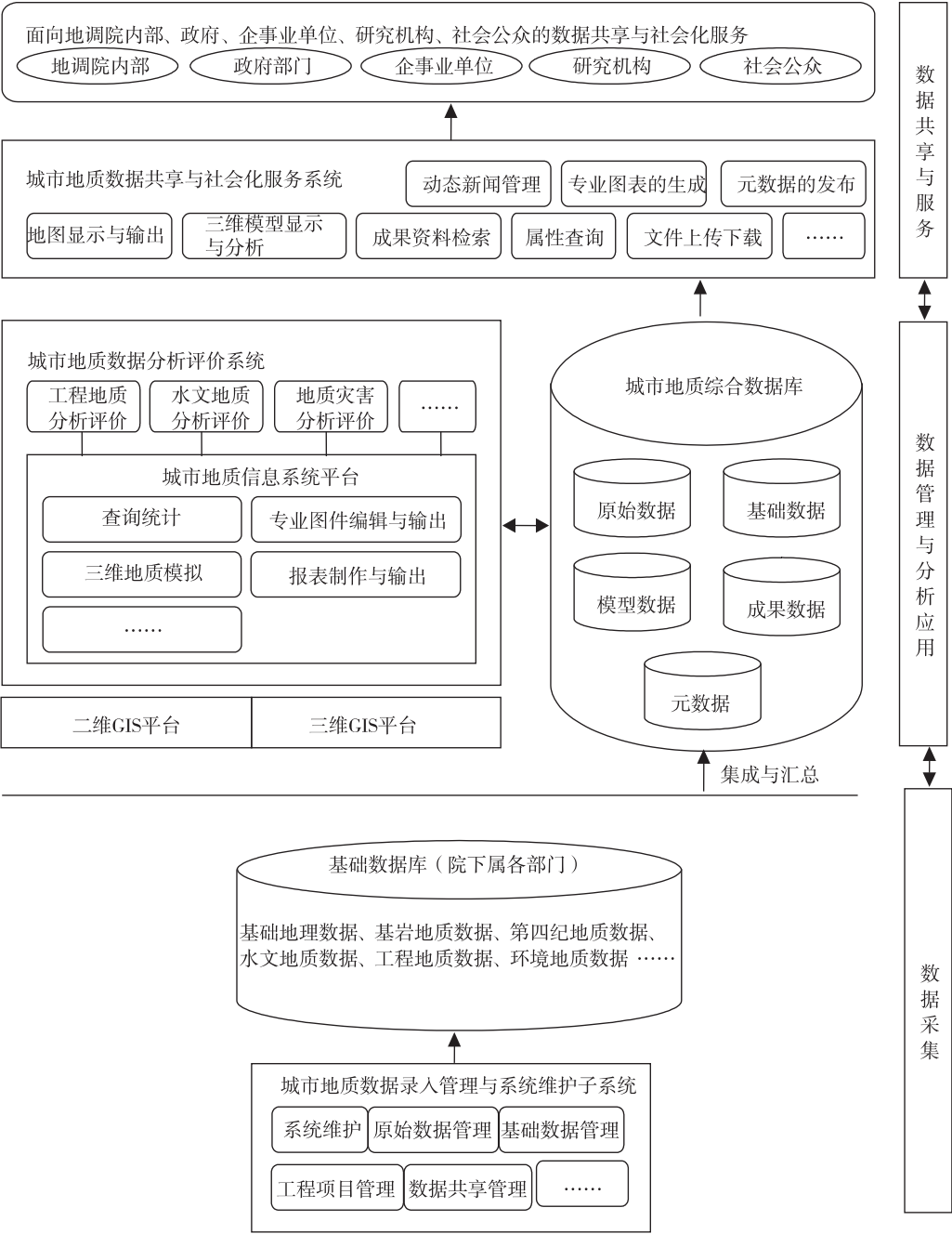
对于收集到的DEM数据,考虑到数据量巨大,与遥感影像进行集成显示可能会造成客户机不堪重负的问题,可对集成后的DEM数据和遥感影像都构建金字塔模型,为海量地形数据和遥感数据一体化漫游服务。为减轻数据库负担,提高运行效率,把DEM与遥感数据保存到服务器上,资源的路径保存到数据库中。

1.1.3 建库成果 在实际应用项目(杭州城市地质项目)中,地质信息数据库的总体数据量超过了100GB。原始数据库中录入的数据有图件超过200多份、钻孔数据15 500多个、文档及图片70多份;基础数据库中录入的数据有图件超过500多份、钻孔数据3 000多个、文档10多份,其他记录13 000多条;成果数据库中录入的数据有图件超过660多份、文档10多份,其他记录若干;模型数据库中已经建立模型及相关数据资料20多份。

1.2 系统结构

城市地质信息管理与服务系统是一个集成的数字化工作环境,面向城市地质工作提供软件技术支撑,系统包括3个体系,即基础数据获取体系、综合数据管理与分析评价体系、数据共享与发布体系构成(图1)。基础数据获取体系由专题数据库及城市地质数据录入与管理子系统(C/S)构成。城市地质管理与分析评价体系由城市综合地质数据库及城市地质三维建模子系统、专业分析评价子系统构成。数据共享与发布体系由城市综合地质数据库、城市地质数据共享与社会化服务Web子系统、城市三维地质模型发布子系统以及各政府部门、企事业单位、地质领域科研院所、社会公众用户群构成(金江军等,2006)。

上述3个体系中的子系统是3个相对独立的应用软件系统,其中城市地质数据录入与管理子系统(C/S)是一个完全独立的应用软件系统,运行于各



二级单位的局域网内部,用于基础数据的录入、管理与简单分析。城市地质三维建模子系统(C/S)与城市地质数据共享与社会化服务子系统(B/S)共用同一个数据库,前者运行于局域网内部,后者可运行于广域网。

同时,3个子系统又建立起以数据为媒介的彼此通讯和相互协作。“城市地质数据录入与管理子系统”为“城市地质数据分析与评价子系统”提供建

模所需的数据支持,为“城市地质数据共享与社会化服务子系统”提供可共享的地质数据。“城市地质数据分析评价子系统”接收来自“城市地质数据录入与管理子系统”的建模源数据,并将建模结果发送给“城市地质数据共享与社会化服务子系统”以便发布。“城市地质数据共享与社会化服务子系统”接收来自“城市地质数据录入与管理子系统”和“城市地质数据分析评价子系统”的数据,并将其发

布与共享(朱良峰等,2004)。

1.3 业务逻辑

城市地质信息管理与服务系统需要满足不同阶段、不同层次的用户需求,在业务上实现数据录入、数据汇总、三维地质建模、数据应用分析、数据共享服务等用户过程。

底层是原始资料采集入库。由各专业及信息所人员采集相关调查点数据、MapGIS 图件数据、各种文档资料,经过相关专业人员加工、整理、校验后提交到信息所,信息所人员把数据分类后,使用数据录入模块统一录入到数据库。

中间层是数据管理与分析评价。主要实现城市地质数据库的数据集成和管理功能。包括空间数据调用维护、元数据管理、数据转换(格式和内容)、操作管理(配置、权限等)。“城市地质信息库”中存放的数据类型主要包括原始数据、基础数据、模型数据、成果数据和元数据。另一方面,实现三维地质体建模及分析应用,即实现从城市地质数据库中提取三维地质建模使用的原始数据,用于三维地质模型的生成,分析应用,以及多种模型的一体化耦合显示,并能将三维模型和分析应用的成果数据保存到城市地质数据库。

上层是面向地调院内部、政府管理部门、企事业单位、研究机构、社会公众的数据共享与社会化服务体系。通过用户授权方式实现不同用户服务的差异性。在实际操作中可以分为城市地质内部数据共享和社会化数据信息服务两个层次。提供的功能包括数据的查询检索、专题图表制作、多功能输出等。

2 关键技术

2.1 三维地质结构建模

三维地质结构模型的建设与管理是城市地质调查工作成果的重要表现形式,考虑到模型用途的差异,将分别建设不同的三维地质结构模型,例如基础地质三维模型、新生界地质三维模型、工程地质三维模型、水文地质三维模型等。除了考虑一般意义上三维地质模型构建的复杂性之外,还涉及两个重要问题,即“高精度”和“快速”的问题。

由于地质体位于地下无法直接观测,加上受经济因素的制约,导致三维地质建模可以利用的数据源往往比较稀少,十分宝贵。进一步而言,即使这些

有限的数 据,还存在多种来源、多种类型、多种数据格式等多元数据的特点,例如钻孔、等值线、剖面、地质图、断层等。所以,如何有效利用这些多元数据成为三维地质建模的一个关键(王德武,2004)。另一方面,由于地质现象的复杂性和多解性等特点,寄希望于寻找一种普遍适用的方法解决所有地质模型的构建是不现实的,更可行的做法是针对不同的复杂程度,采用了多种方法和策略集成的综合解决方案。

(1) 基于交叉折剖面的三维地质复杂模型构建。

(2) 基于三维体布尔操作的三维地质复杂模型构建。

(3) 基于任意切割的三维复杂地质模型构建。

(4) 模型光滑算法提高模型生成精度。

三维地质建模数据源的稀疏性导致生成的初始三维模型往往比较粗糙,存在大量的棱角而与实际对象不符,难以满足可视化或分析时的应用需要,所以模型的加密光滑是三维地质建模的一项重要工作,是提高建模精度的重要方法之一,它又包括:① 基于 Morphing 技术的剖面插值算法。② 基于网格细分技术的光滑算法。

对于大范围海量数据建模,如果直接对整个区域建立一个模型,往往比较复杂,不容易观察和操作。所以可以考虑基于分区的思路,将整个区域分成多个小区域,基于每个小区域进行建模,建立多个分块模型,然后将这些小块模型进行拼接,从而得到最终结果。

另外,由于地质问题的复杂性和多解性,寄希望于计算机自动建立一切地质现象的模型是不现实的,方便的交互式工具和三维地质知识的使用在三维建模中显得尤为重要,甚至是必须的。进一步而言,这种人工干预,在整个建模的各个阶段都是需要的,是一种多层次的干预。因此,系统还提供了灵活方便的三维交互建模工具提高建模速度。

2.2 多元数据一体化显示

城市地质信息管理与服务系统涉及大量的地形图数据、遥感影像数据、钻孔数据、环境地质信息、物探数据等原始地学数据以及模型数据和三维地质建模的成果数据。因此需要有效、方便地对这些多元数据进行一体化显示,能增强地学信息的表现形式,帮助用户直观理解地学问题。

在实际应用中,地学数据不仅包含空间几何信

息,还包含表达实体含义的属性信息,因此多元数据的一体化显示必须考虑以下 3 点:(1) 空间几何信息的准确匹配:主要包括地学数据的投影方法、空间位置等信息的正确匹配,绘制过程中地学实体之间空间前后关系、空间包含关系等信息的正确显示。(2) 属性信息的一致性表达:多元数据一体化显示要求具有相同属性的地学数据以相同的显示方法(颜色、填充地学符号等)呈现给用户。(3) 多种绘制方法的一体化集成:不同数据采用的绘制方法是不同的,为了能够实现数据的一体化显示,必须能够进行多种绘制方法的一体化集成,并能对多元数据采用统一的可视化流程。

为了方便、有效地实现多元数据的一体化显示,系统采用了基于三维可视化引擎的多元数据一体化显示解决策略,其核心思想是实现可视化框架和数据的分离。可视化框架基于可视化通用接口实现,采用当前主流的图形硬件软件接口(如 OpenGL)与计算机图形渲染技术,为各种可视化需求提供统一、方便、高效的可视化接口。不仅能够对三维建模结果(结构模型,属性模型)以及空间分析结果进行可视化,而且能够为建模过程以及空间分析的过程提供可视化支持(明涛,2004)。

2.3 专业分析评价

专业分析评价在地质灾害频发的地区是很有意义的功能。它根据基础数据以及自定义的专业分析评价模型,计算出相关的结果。然后再进行必要的后处理,以直观的形式将地质灾害发生的严重程度、发生概率等信息展现给用户。系统实现了工程地质专业、地球化学专业、岩溶塌陷分析 3 个专业的分析评价模型(图 2)。

模型数据来源可以是数据库,也可以是硬盘中的文件,在确认数据来源后,系统后台对数据进行分类处理,根据不同的专业应用分析目的,构建对应的专业分析模型,并通过系统进行模型结果的计算,进而创建离散点文件,生成三维平台所支持的格网数据或等值线套区数据,最后通过三维平台输出分区结果(屈红刚等,2008)。

3 应用实例

以上设计在杭州城市地质信息管理与服务系统的实现过程中均得到了一定的应用(图 3)。其中,城市地质数据录入与管理系统的 MapGIS(含 Map-

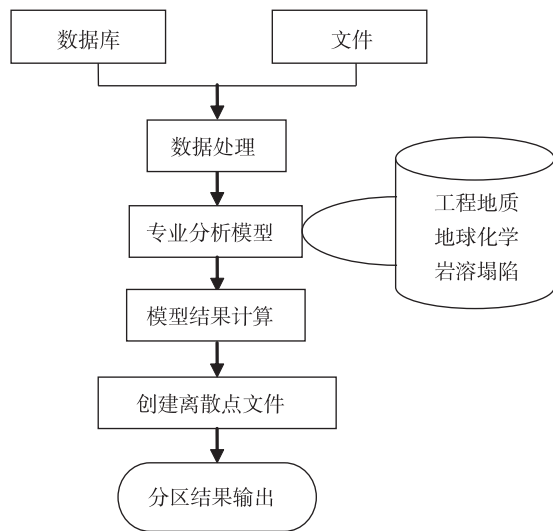


图 2 专业分析评价模型系统架构

GIS SDE)应用开发完成(图 4)。城市地质分析评价系统在北京大学信息地质研究实验室的城市三维地质信息系统平台 GIS 上开发实现。城市地质数据共享与社会化服务系统通过 B/S 模式下的 MapIMS 和 MapGIS 2SDE 应用二次开发完成。数据库采用了大型关系型数据库 Oracle 10g(图 5)。

参考文献:

- 金江军,潘懋,赖志斌,等. 2006. 城市地质信息系统及其应用[J]. 国土资源信息化, (4): 16-20.
- 明涛. 2004. 城市地质与工程管理信息系统开发与工程实践[D]. 长沙:中南大学.
- 屈红刚,潘懋,吕晓俭,等. 2008. 城市三维地质信息管理与服务系统设计与开发[J]. 北京大学学报:自然科学版, (5): 781-786.
- 萨师煊,王珊. 2000. 数据库系统概论[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社.
- 王德武. 2004. 首都城市地质信息管理与服务系统的设计与实现[D]. 长春:吉林大学.
- 王友升. 2007. 城市三维地质空间数据库建库设计方案[J]. 计算机工程与设计, 28(5): 1176-1178.
- 修文群,池天河. 2001. 城市地理信息系统[M]. 北京:北京希望电脑公司,北京希望电子出版社.
- 朱良峰,刘修国,尚建嘎. 2004. 面向城市地质信息系统的 3D GIS 关键技术探讨[C]//中国地理信息系统协会第八届年会论文集. 北京:中国地理信息系统协会, 412-417.
- 郑坤,侯卫生,刘修国. 2006. 城市三维地质调查数据库[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 31(5): 678-682.

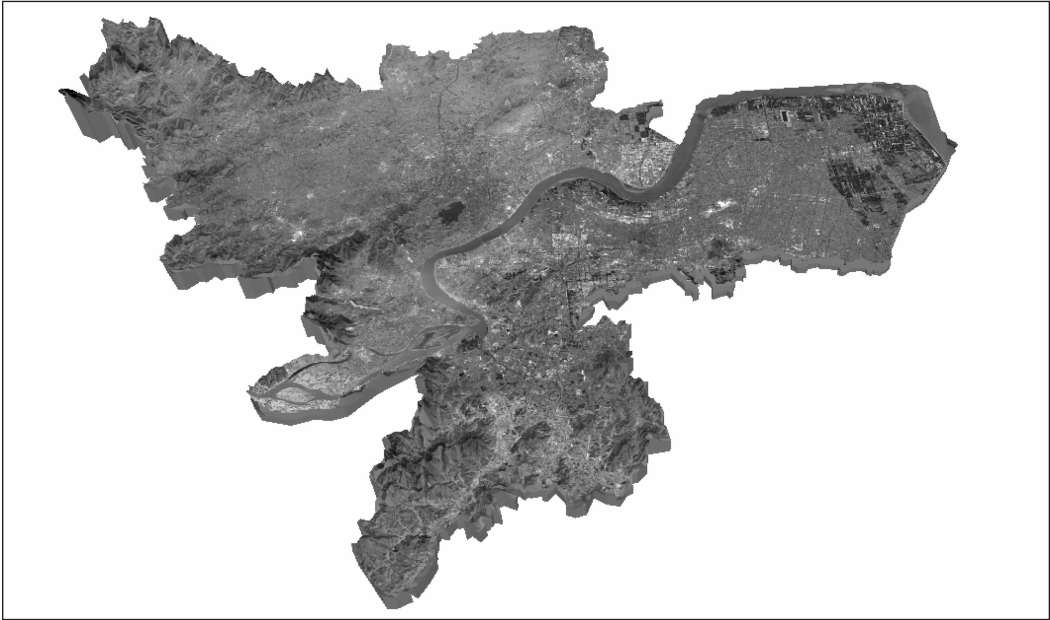


图 3 杭州立体 DEM 面叠加影像

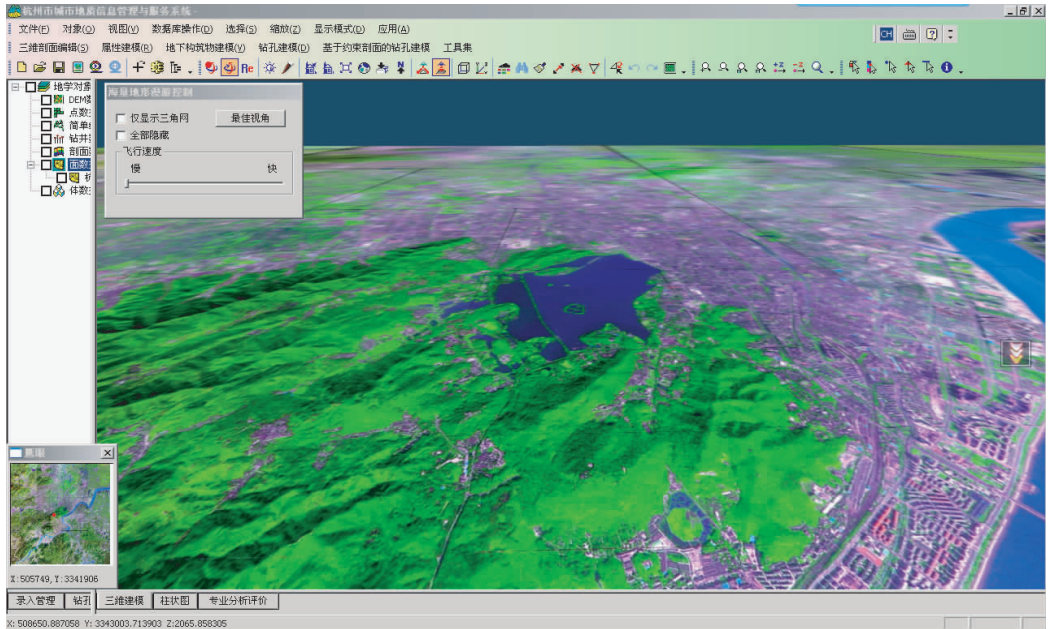


图 4 海量 DEM 漫游

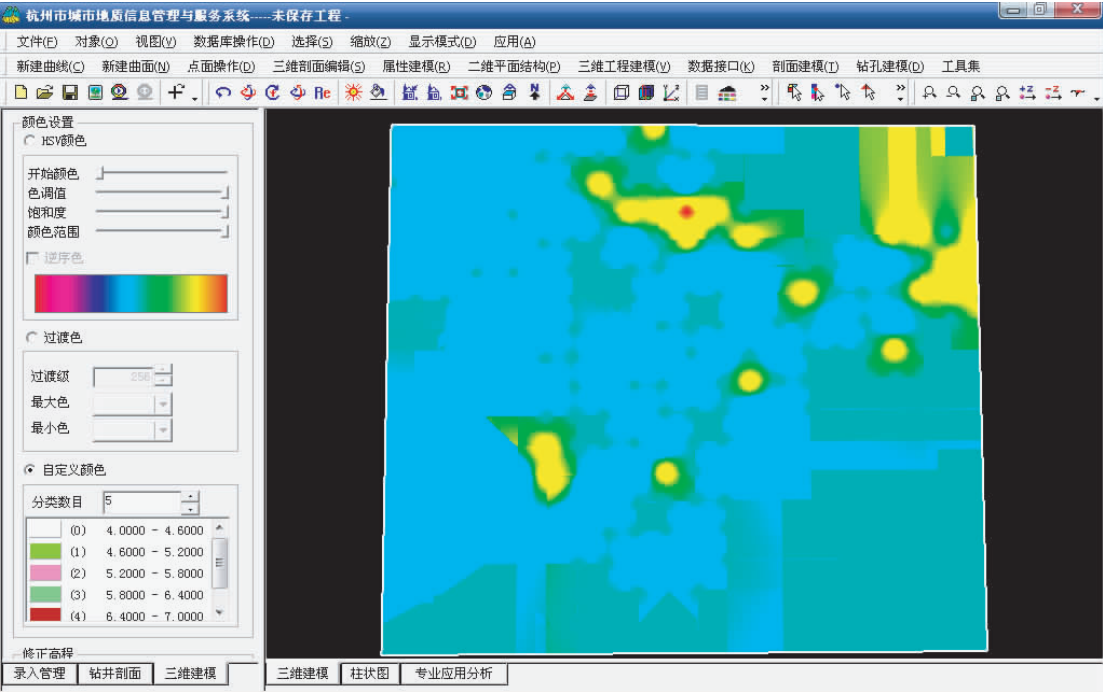


图 5 地球化学评价中某元素的评价分区图

Construction of urban three dimensional geological information management and service system of Hangzhou City

FU Jun-he¹, HAO She-feng², ZOU Xia¹

(1. Zhejiang Institute of Geological Survey, Hangzhou 311203, China; 2. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China)

Abstract: The essentiality, history and current status of urban geological informationization were analyzed. This system was divided into three levels of data layer, application layer and service layer. In terms of functions, it was constituted of three sub-systems of data input and management sub system, data analysis and evaluation sub system and data sharing and socialized service sub system. The development plan of the system was depicted in the sections of database and application system. Also the key solutions of the 3D high precision geological modeling, integrative display of multivariate data, and professional geological analysis and evaluation architecture were explained in the text. Finally, the application of the design above in the deployment of Hangzhou urban geological information management and service system was presented.

Keywords: Urban geological information management; 3D geological structure modeling; Integrated display of multivariate data; Hangzhou, Zhejiang