

平潭城市地质空间信息平台的研究与构建

苏俊¹, 张书煌²

(1. 福建师范大学地理科学学院, 福建 福州 350007; 2. 福建省地质测绘院, 福建 福州 350007)

[摘要] 在国内外城市地质空间的开发模式、技术标准及流程规范的基础上, 依托三维可视化、GIS 数据库等技术, 对福建省平潭综合实验区的城市地质及城市地下三维地质结构等条件和状况进行调查摸底, 构建城市地质信息库和三维可视化地下地质结构模型, 并对信息平台的功能模块进行设计研究, 为实验区工程建设项目提供服务。

[关键词] 城市地质; 空间信息平台; 三维模型; 平潭综合实验区

[中图分类号] TD 391; P 62

Research on Urban Geological Spatial Information Platform of Pingtan

SU Jun¹, ZHANG Shu-huang²

(1. College of Geographical Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China;

2. Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Based on the development pattern, technical standards, and process specification of urban geological spatial in the domestic and overseas, this paper set up the urban geological information database and 3D visualization of underground geological structure model by using the survey of urban geological and urban 3D visualization of underground geological structure condition in Pingtan comprehensive experimental area. This paper also designed module function of the information platform, in order to provide some services and suggestions for the construction project of Pingtan comprehensive experimental area.

Keywords: urban geology; spatial information platform; 3D model; Pingtan comprehensive experimental area

0 引言

从 20 世纪 90 年代中后期开始, 地质工作越来越重视可持续发展以及环境评价的综合研究, 利用 GIS、RS 等技术进行环境地质调查、地质灾害监测, 建立了地质信息空间数据库和自然灾害风险评估决策支持系统等。如: 加拿大的渥太华市利用 GIS 技术将各类地图数字化, 建立了地球科学数据库^[1]; 美国利用计算机编图技术, 建立城市地质管理模型, 提高地质工作成果的可视化程度^[1]; 英国伦敦建立了计算机化地下与地表项目^[1]。我国也加强了对地质工作与城市环境保护、城市可持续发展的研究, 并取得了丰硕成果。如: 中国地质调查局于 2000 年前后开展了矿山地质调查研究^[2]; 国土资源部于 2001 年开展了城市地质环境与城市可持续发展问题的研究^[2]; 中国地质学会编制了《中国城市地质》^[2]; 国土资源部于 2009 年组织开展了地质资料集群化产业化建设; 上海、安徽等地

的地质信息空间数据库建设取得了重要成果(包括城市环境地质分析评价系统、地质灾害风险评估)等^[3]。这些研究成果为经济社会发展提供了重要的参考数据。

上述研究成果存在一些不足,在总体上仍以单学科纵向深入为主,仅为解决城市发展的某一地质问题而展开,未上升为多学科的综合城市地质系统集成研究;在城市地质研究中,更多侧重地表工作,而对城市地下空间利用深部地质的研究相对较少;城市地质的研究精度和质量有待进一步提高。因此,本文以福建平潭综合实验区(以下简称实验区)为研究对象,在文献[4]的基础上,立足实验区城市总体规划,结合实验区城市地质工作的需求和特点,利用三维可视化、地质遥感、GIS数据库等多学科方法,对实验区的基础地质、工程地质等多参数的地质信息数据进行集成与综合,拟构建管理维护、检索查询、评价分析以及三维模拟操作为一体的“城市地质空间信息平台”(以下简称“信息平台”)。目的在于掌握实验区的城市地质结构、城市地下空间资源以及工程地质等状况,研究解决城市地下空间深部地质研究数量少、精度低的问题,对实验区工程项目的建设具有重要的现实意义。

1 构建设计

1.1 构建原则

1) 实用性 既满足政府部门在工作决策中对地质资料信息的需要,也兼顾企事业单位在地质研究、地质调查评价的需要,以及社会公众对地质科普知识的需求。因此,该平台应具有完备的数据库、数据更新维护、查询检索和三维可视化等功能,以适应不同层次开发的需求。同时针对政府、企事业单位以及社会公众的不同需求,提供不同类别和层次的服务方式。

2) 集成性 具有高度集成性,有利于各类地质信息挖掘再利用,应包括卫星遥感、基础地理、工程地质等多专业的图形、属性、影像、文字资料在内的既高度集成又功能全面的应用系统。

3) 动态性 具有现势性、权威性。动态更新是实现城市地下空间信息数据资源有效共享的重要保障。建立地质资料信息动态更新机制,补充、完善基础地质、工程地质等资料成果,及时更新维护城市地下空间信息平台数据库。

4) 服务性 面向实验区的五个重点服务——为城市建设服务、为港口建设服务、为生态建设服务、为旅游建设服务、为水资源保障服务。

1.2 构建内容

1.2.1 构建基础地理框架数据

利用数码航摄(UCX)、惯导(IMU)、差分定位(DGPS)及卫星遥感、激光雷达探测等新技术获取的高分辨率影像、高精度高程模型数据,制作高精度大尺度(1:500~1:2000)的平潭岛数据高程模型(DEM/DSM)、数字正射影像地图(DOM)、数字线划地图(DLG)、数字光栅地形(DRG);1995—2009年平潭岛ETM+、IKONOS、ALOS、SPOT、QuickBird多时相、多源卫星遥感影像数据。

1.2.2 构建工程地质服务平台

首先,利用实验区工程地质综合调查结果、数字高程模型和遥感图像(正射影像地图),融合岩土工程勘察、工程地质勘探等信息数据,根据不同的地形地貌、工程地质特征等,将实验区划分为滨海港湾地带、山前冲洪积、山间盆地、残坡积基岩区等不同的地质分区。然后,选择典型的工程地质数据,基于专业GIS地理信息平台建立不同分区的2D、3D工程地质模型。本平台可应用于重大工程项目、城乡规划、道路交通、港口码头以及其他工业民用建筑等,能为实验区工程建设项目的规划选址、工程设计、挖填方量计算、工程勘察、建设施工等提供服务。

1.3 总体框架

为更好实现信息平台的可扩展性和可维护性,总体框架由“城市基础数据获取体系”“城市数据分析评价体系”和“城市信息共享服务体系”三部分组成(如图1所示)。其中:“城市基础数据获取体系”由城市地质空间数据库、地质成果资料档案及地质数据录入与系统维护软件系统构成;“城

市数据分析评价体系”由城市地理－地质空间数据库、地质钻孔信息数据库及地质数据分析与评价软件系统构成；“城市信息共享服务体系”由城市地理－地质空间数据库、城市地质信息 Web 发布与服务系统及城市地质信息立体投影系统的软、硬件环境构成。数据管理与维护子系统用于城市地质数据的录（导）入、导出、查询、维护；分析评价子系统用于数据查询统计、专业图表生成、专业分析评价、报表制作输出、三维地质模拟与分析；Web 信息发布与服务子系统用于城市地质新闻、地质资料检索、地质数据查询、三维模型服务等城市地质信息网络发布，提供基于 Web 的城市地质信息增值服务；立体投影子系统主要用于城市地质信息成果的展示、汇报及研究。

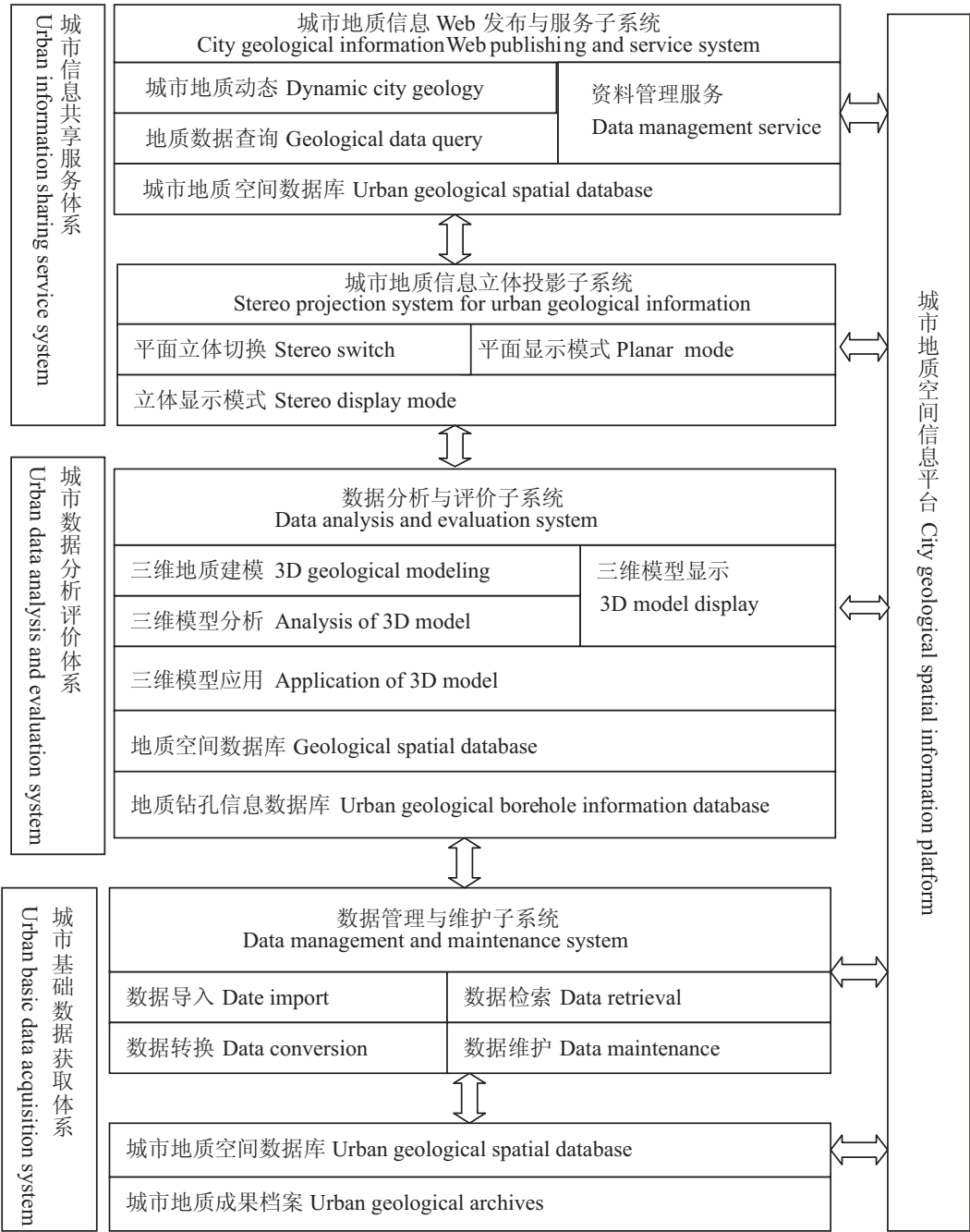


图 1 城市地质空间信息平台框架图

Fig. 1 City geological spatial information platform framework

2 功能分析

2.1 管理与维护

实验区城市地质数据的管理与维护主要包括图库管理、数据导入、数据显示、数据查询、数据转换、系统配置、系统日志等7部分功能。

2.2 分析与评价

分析与评价是本平台面向城市地质信息分析的应用功能, 是在3D GIS 基本功能基础上, 面向城市地质信息化应用需求而开发的城市地质数据二维管理、查询统计、专业分析应用、图形与交互显示等功能。本平台基于3D GIS 模式应用, 以反映实验区地质体边界及特征的钻孔、剖面等数据为基础, 利用计算机虚拟技术^[5], 模拟地质体的表面形态特征和内部结构特征, 可动态观察隐蔽地质体的地下空间形态和结构分析。其主要功能包括三维模型显示、三维地质建模、三维模型分析应用以及三维空间数据库管理。

2.3 共享与服务

根据目前实验区城市地质工作发展状况、信息化水平和信息需求特点, 为形成良好的城市地质信息传递机制, 从信息服务网络、信息服务终端、信息服务内容、信息服务形式、信息安全等各方面综合考虑, 建立起一个高效的可扩展的城市地质信息共享与服务机制。本平台主要功能包括数据准备及处理、后台管理与维护, 以及信息发布与服务。

2.4 展示与操作

在三维场景中能方便地创建实验区信息平台模型, 对模型分析研究有很大帮助。

2.4.1 三维场景交互

通过设置规划的漫游路径及视角等参数, 实现在场景中自动漫游, 实时获取定位点处的三维坐标及地质属性, 主要用于模型的精确定位操作, 如图2所示。

2.4.2 三维模型通用拾取

通过三维模型拾取可完成对地层模型、钻孔模型、属性模型以及管线模型等的拾取查询操作。

1) 地层模型拾取 通过地层拾取可以获取其地层信息。

2) 钻孔模型拾取 三维中的钻孔模型拾取可以将当前钻孔的基础信息、钻孔分层信息以及原始分层信息等显示出来。

3) 拾取创建的虚拟钻孔模型 对系统模拟^[6]打出来的虚拟钻孔, 通过对虚拟孔的拾取, 可以得到每层模型对应的地层信息, 同时也可以得到这一级分层的顶板埋深以及底板埋深等信息。

4) 虚拟钻孔创建 在给定待钻探位置坐标及钻探深度后, 可以通过分析钻孔遇到的地层结构及属性, 并结合周围已知钻孔资料, 获取像钻探一样得到的地层结构和属性, 见图3。

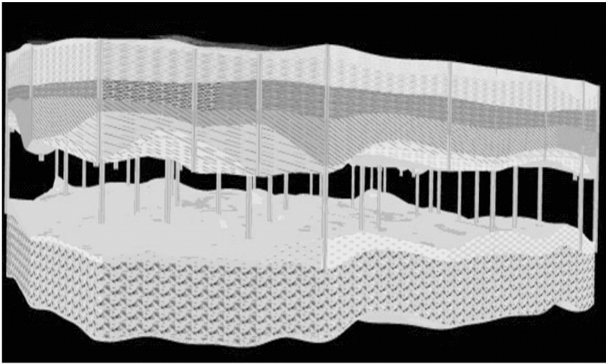


图2 3D模型剖离
Fig.2 3D Model split

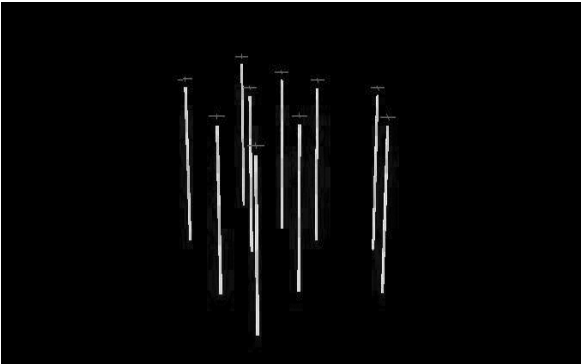


图3 虚拟钻孔创建好的效果图
Fig.3 The effect drawing of virtual borehole

2.4.3 三维模型编辑

本平台可对模型进行自如拖放、旋转等操作，能通过参数的设置来指定拖动及旋转方向，解决了对某个创建在模型里面的对象不易直观分析的缺点，便于进行详细的数据分析，如图 4 所示。

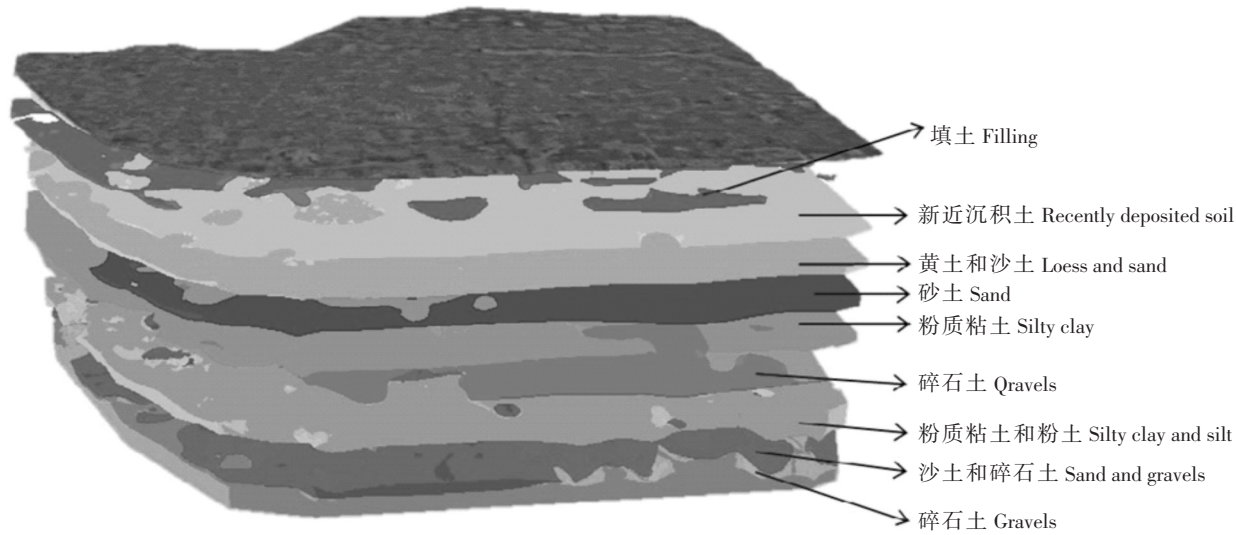


图 4 模型爆炸
Fig.4 Model explosion

3 三维模型构建

本研究建立三维地质模型，目的是为了更加直观和真实地掌握通过钻孔等数据模拟出来的地层结构模型，呈现工程地质特征、构造形态等丰富的地质信息，实现对地层的分析管理，以便更好地满足城市地质查询管理维护、分析评价、共享服务等功能，提升城市地质资料服务实验区规划、建设和管理的能力，形成城市地质管理的新模式。

3.1 建模数据来源

根据前期收集、整理实验区地质成果资料，包括区域地质调查、建设工程类工程地质勘察等地质信息。资料来源主要为：实验区 1:5 万区域地质调查报告以及地质图说明书；福建沿海岛屿 1:20 万矿产地质图、研究程度说明书；福建省 1:50 万地质图、工程地质图；实验区竹屿、三门湾、平角底、围堤等滩涂围垦的地基工程地质；实验区军山水库、韩厝水库、六桥水库等堤坝钻探的基岩地质资料；实验区竹屿利亚船厂等机井钻孔的水文地质资料；实验区苏澳、大练、吉钆等码头的工程地质钻孔资料；实验区环岛公路、省道等基础设施建设的地质钻探资料；实验区 2003 年以来 8 层以上高层建筑物的建设工程勘察地质资料。

3.2 钻孔实体建模

将三维模型构建的基础数据列入数据库，实现对地质、遥感及钻探等资料的一体化管理，掌握工程钻孔基本信息和分层信息。通过 Mapgis 软件，建立钻孔实体模型，并设置了钻孔截面类型（圆型、矩形等）、截面半径等参数。利用柱体三角化技术^[7]，建立工程地质等各专业钻孔（井）实体三维模型，可从不同侧面、按不同形式表达钻孔揭示地质现象和规律。图 5 为工程地质勘查剖面图，图 6 为曲线剖面图，图 7 为三维模型栅格切割分析图。

3.3 工程地质三维地层结构建模

创建依据钻孔等数据模拟出来的三维地层结构模型，分级创建地层模型。通过设置建模参数、挑选参与建模的钻孔并设置底层级别，来建立三维工程地质结构模型，该模型可在地表显示遥感影像。图 8 为工程地质勘查剖面图，图 9 为三维地质模型动态预演。

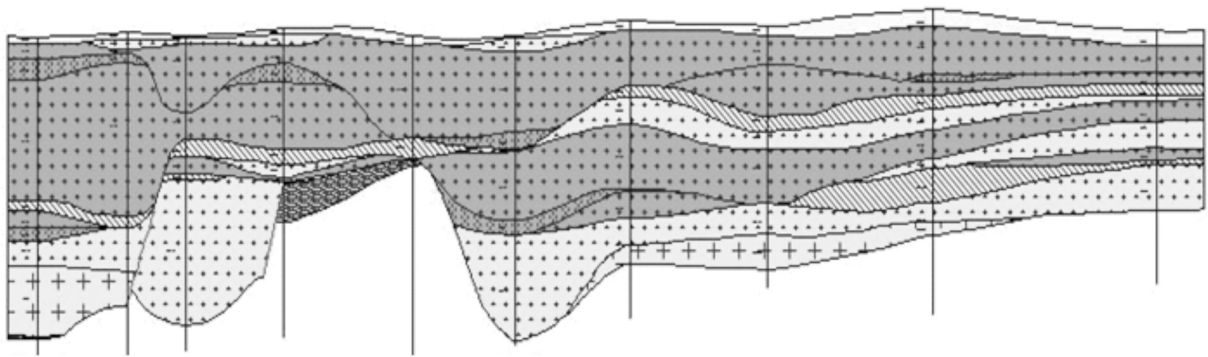


图 5 工程地质勘察剖面图

Fig.5 Engineering geological survey section

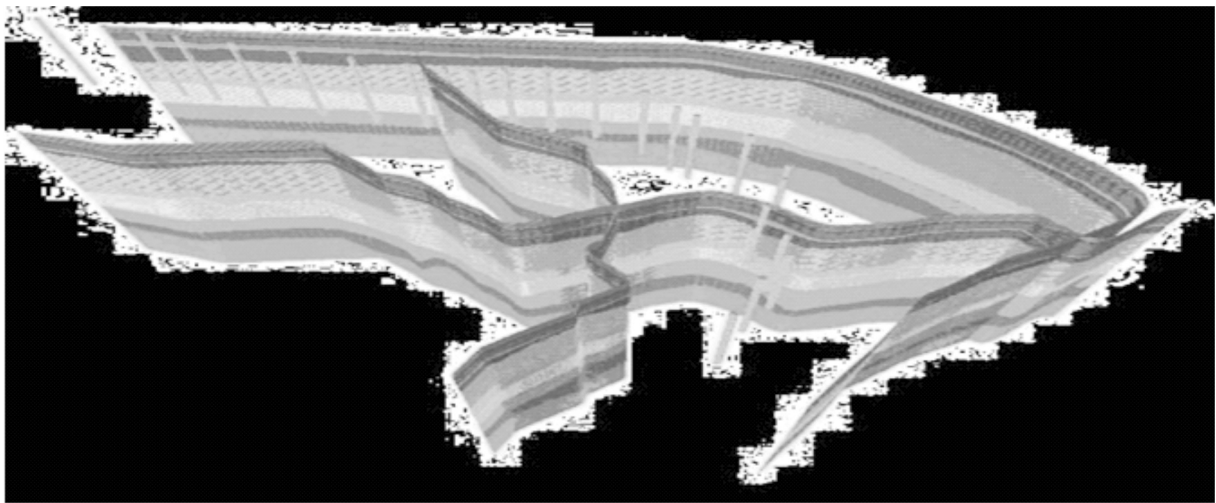


图 6 曲线剖面图

Fig.6 Curve profile

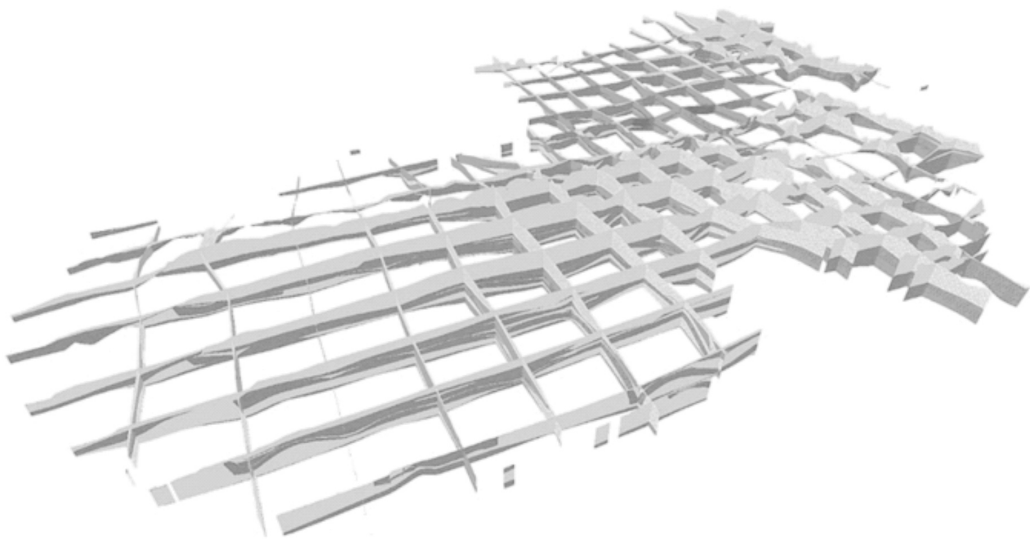


图 7 三维模型栅格切割分析图

Fig.7 Three dimensional model of grid cutting analysis

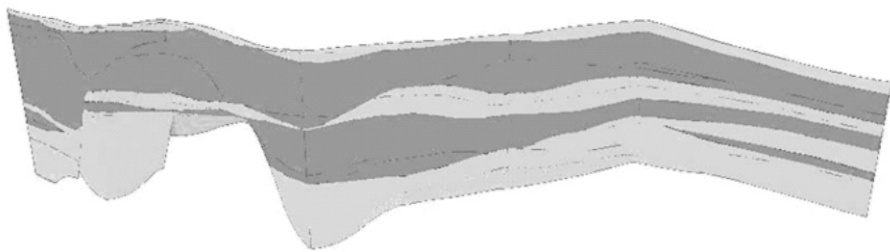


图 8 工程地质勘察剖面图

Fig.8 Engineering geological survey section

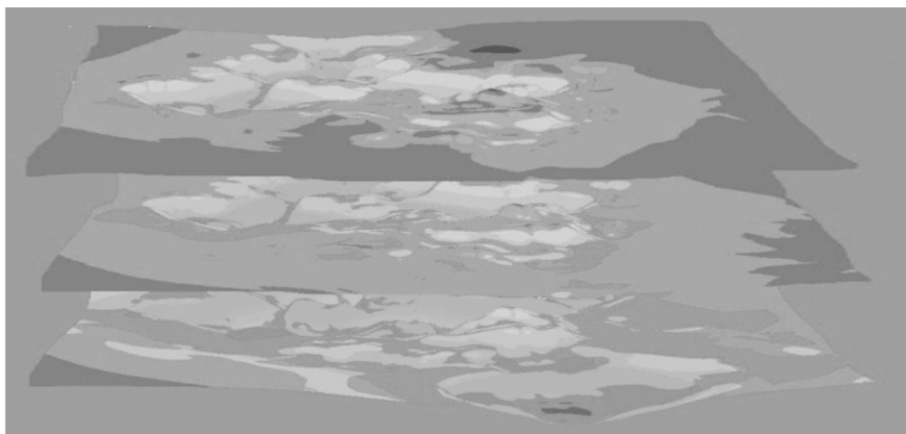


图 9 三维地质模型动态预演

Fig.9 The dynamic three-dimensional geological model Preview

4 结论

本文在研究探讨国内外城市地质空间开发模式、技术标准、流程规范的基础上,围绕实验区管理平台的建设内容、数据集成、总体框架设计、功能分析、三维建模与分析,通过 GIS 数据库技术、计算机网络技术及三维可视化虚拟技术手段,对实现城市地质钻孔剖面图、栅栏图等内容的可视化功能进行了学术研究探讨,为拓展城市地下空间开发利用提供准确信息服务。这将对今后实验区开展“数字城市”“智慧城市”及城市规划建设起到一定的参考作用,可为实验区城市规划、城市建设以及产业布局提供地质信息化技术服务。

[参 考 文 献]

- [1] 张秀芳,李善峰. 国内外城市环境地质工作进展. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(4): 96-97. DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2004.04.021.
- [2] 高亚峰,高亚伟. 我国城市地质调查研究现状及发展方向. 城市地质, 2007, 2(2): 1-2.
- [3] 王黔驹,颜世强,丁克永,等. 推进地质资料信息服务集群化产业化的初步思路与构想. 中国矿业, 2011, 20(12): 20-23.
- [4] 张书煌. 平潭综合实验区三维城市地质信息管理与服务设计方案. 福州:福建省地质测绘院, 2010.
- [5] 李军,景宁,孙茂印. 集成性空间数据库技术分析. 国防科技大学学报, 2000, 22(3): 1-5.
- [6] 殷福忠,曲鑫,曲林. 面向应用的三维虚拟场景技术研究. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(1): 93-96.
- [7] 戴婉薇. 三维城市地质空间数据库数据组织及模式设计. 测绘科学, 2009, 34(3): 203-205.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 黄振坤)