

李丰丹, 李健强, 吕霞, 等. 基于中国地质调查信息网格的“立体一张图”服务构建与应用[J]. 中国地质, 2014, 41(3): 1028–1036.  
Li Fengdan, Li Jianqiang, Lv Xia, et al. The construction and application of ‘3D-one-map’ based on China Geological Survey Information Grid[J].  
Geology in China, 2014, 41(3): 1028–1036(in Chinese with English abstract).

## 基于中国地质调查信息网格的“立体一张图”服务构建与应用

李丰丹<sup>1,2</sup> 李健强<sup>2</sup> 吕霞<sup>2</sup> 郑坤<sup>3</sup> 刘琳琳<sup>4</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;  
3. 中国地质大学 信息工程学院, 湖北 武汉 430074; 4. 成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059)

**摘要:** 目前, 中国地质调查信息网格通过“地质矿产一张图”实现了地表范围内地质空间信息的高度集成与共享, 但是地下三维地质空间信息的集成共享状况对现有的数据发布机制、服务效率与共享能力提出了更高的要求。本文基于中国地质调查信息网格, 在构建“地质矿产立体一张图”服务框架的基础上, 从三维空间数据的组织管理着手, 重点研究了多结点下的数据发布与发现机制、三维可视化与场景服务、多样化用户界面表达方式, 实现了网格环境下三维地质空间信息的实时快速绘制和高效交互处理; 并针对矿体三维模型和地质三维模型等, 提供了信息集成与应用服务, 取得了良好效果。

**关键词:** 地质调查信息网格; 三维空间数据; 立体一张图; 信息集成; 服务

**中图分类号:** P628<sup>+.4</sup>   **文献标志码:** A   **文章标号:** 1000-3657(2014)03-1028-09

十多年的地质调查工作, 地质工作者通过各种勘查技术手段积累了海量的地表、地下多比例尺、多源(元)、异构三维空间数据资源, 涉及地质、矿产、环境、地质灾害、地下水等专业领域, 其中众多信息以空中、地面、地下的三维空间形式进行表达, 比如 DEM、钻孔、地质剖面、矿体三维模型、地质三维模型等。这些数据资源来自不同项目, 分布在不同部门、地区和单位, 格式不同, 标准不同<sup>[1-6]</sup>。如何对这些海量空间信息进行集成共享和综合应用, 实现空间信息的更广泛服务, 一直是地质信息技术研究的一个重要课题。

传统的二、三维空间信息综合集成方法, 一般是通过单机版或者基于 C/S 架构的 GIS 应用系统实

现信息的可视化、集成和综合, 比如实现矿区范围内综合矿区数据的高效存储管理、更新维护、查询统计、地质成图成表、专业分析应用、专业评价及地质数据多元统计分析、三维地质建模、可视化及三维分析<sup>[7-13]</sup>。这种应用模式具有局限性, 偏重于专业应用, 不能实现海量数据的分布式组织与管理、并发操作与应用评价, 无法提供更广泛的社会化服务; 也很难为管理者提供更便捷的决策分析工具。

随着大型空间数据库、网格、云计算等技术的迅速发展以及地质学科与高新技术的应用整合, 相关研究人员开展了网络环境下的地质三维信息集成综合应用研究<sup>[14-15]</sup>。中国地质调查信息网格平台也应用 WEB 三维球面成果表达技术实现了基于地

收稿日期: 2014-02-10; 改回日期: 2014-04-15

基金项目: 中国地质调查局矿产资源调查评价项目(1212011120436)及中国地质调查局百名青年地质英才培养计划资助。

作者简介: 李丰丹, 男, 1980年生, 高级工程师, 博士生, 从事地质调查主流程信息化技术研究; E-mail: lfengdan@mail.cgs.gov.cn。

表的一张图服务<sup>[16]</sup>,如果能在该网格上发布地表、地下地质空间数据,提供可扩展的网格三维信息服务,则将为地质专业技术人员、政府规划建设部门、企事业单位以及社会公众等不同层次用户提供一种全新的三维成果表达与地质信息服务模式。

## 1 基于网格的“立体一张图”服务框架

### 1.1 地质调查信息网格“地质矿产一张图”现状分析

当前国土资源信息化建设工作从数据现状和系统建设角度出发提出了“全国国土资源一张图”<sup>[17-21]</sup>,其核心数据库在形式和内容上是统一的,优势在于各类信息的高度集成。在地质矿产领域,中国地质调查信息网格的共享与协同核心技术已包括了上述一张图所描述的内容。该网格平台中集成了包括多比例尺地质图、十大数据库等在内的几十种专题数据,数据量已达到1 TB,用户能够借助多角度的数据发现机制,基本实现了多结点、多源数据、多窗口数据发现(与评价),基本满足了“一张图”的建设需求。“一张图”服务模式能够将不同专题,不同类型的数据集成在一起,形成专题图件,方便进行信息分析,能够最大限度的利用现有成果。为了充分发挥“一张图”在数据使用和提取方面的独特优势,“全国地质矿产一张图”从二维矢量数据的组织管理着手,多结点数据发现、检索与整合服务,

从一个结点获取不同专题数据进行整合的能力,增强从不同结点获取不同专题数据进行整合的能力<sup>[16]</sup>。表现形式可以是多窗口跨专业数据联动,一个窗口不同专题数据叠加。

### 1.2 “立体一张图”框架:服务能力从二维向三维延伸

采用现有二维方式的“一张图”,在通过集成进一步直观表现地表以下的空间信息方面具有局限性。因此需要在共享服务环境下,从统一的数据管理、统一的显示表达、统一的GIS分析功能等方面考虑二维和三维一体化的应用需求,包括海量的二维数据不需要进行格式的转换即可在三维实现高性能的可视化方法。

本文正是在多结点、多源数据、多窗口数据集成(即全国一张图服务体系)研究的基础上,融合地质调查信息网格层次体系<sup>[22-27]</sup>,通过服务能力从二维向三维的提升研究,实现了三维空间信息的立体化服务过程,形成了覆盖地质调查地表地下空间数据的一张图框架,用户可借助三维空间数据发现机制,结合自身需求选用多种交互式工具,更加快速准确地发现目标区域的数据资源,将分布式部署的三维空间数据提取出来,集中到一张图上呈现,方便专题对比。

立体一张图框架可划分数据层、构造层、资源层、发现与集成层和应用表现层等5个层次(图1)。

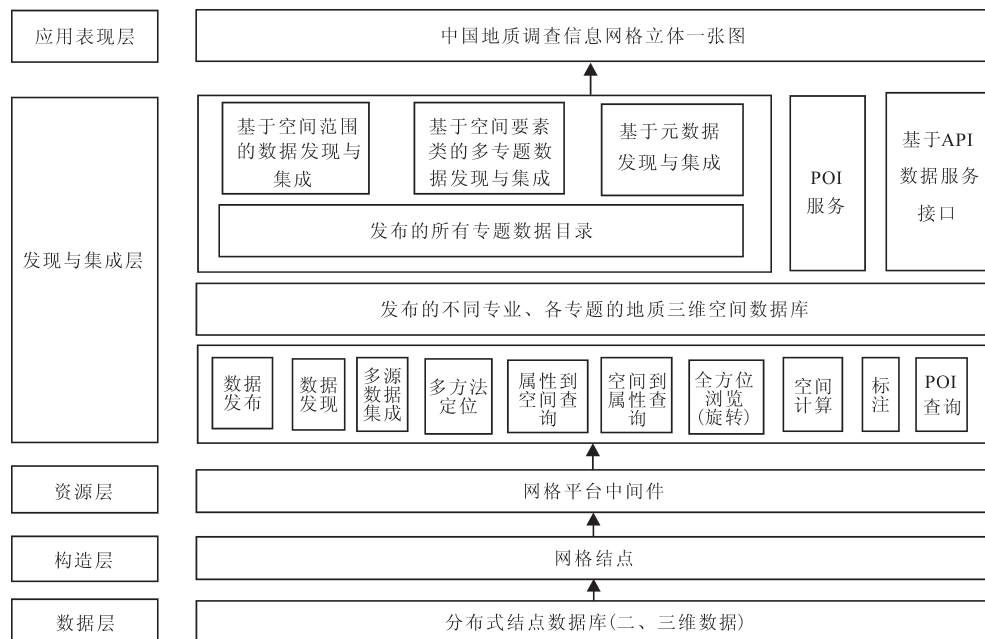


图1 “立体一张图”框架组成与层次划分

Fig.1 The framework of ‘3D-One-Map’

数据层:由基于不同层次标准组织的海量二、三维空间数据库内容组成,重点是数据资源的共享层次与能力的标准约束尺度,确保多源、异构、不同阶段的数据组织、发现与集成。对于其他层次,均由基于不同层次标准来约束资源的组织。每个结点均可在不同强制性标准约束下进行组织资源,其资源使用和服务的能力与执行标准层次的约束强度成正相关。

构造层:结点是形成地质调查信息网格的基础,也是立体一张图分布式服务能力的基础。由连接大区、地调院、专业单位构成网络基础设施及结点服务器群组成。

资源层:在继承网格平台资源层各模块的基础上,提供解决三维数据快速可视化、快速空间分析等问题的服务中间件,提供一系列三维空间(尤其是地下空间范围)信息服务。

发现与集成层:通过对等式资源管理器中间件,解决地面与地下数据的统一组织与发现,对多结点的三维空间数据进行整合,统一集成管理,建立数据目录,生成全局空间数据索引,并可以按照多种条件进行统一高效检索与查询处理。基于WEB服务,实现结点间异构三维数据的互连互通。

应用表现层:由地质调查信息网格“立体一张图”用户界面及相应的大粒度服务功能模块组成。服务器端根据客户端的请求,将三维空间数据实时动态的传输到客户端,客户端接收到服务器端传来的数据后对其进行三维可视化映射,然后以三维图形的方式显示,用户通过人机交互的方式控制三维场景的绘制。

## 2 “立体一张图”的三维空间数据集成管理方法

### 2.1 面向对象的数据一体化描述、组织与存储

为保证中国地质调查信息网格“立体一张图”跨专业统一目录数据组织与发现以及保证语义的一致性数据发现,在网格平台架构的对等式结点管理器中,特别是在资源聚合描述中,采用基于地质领域本体技术来描述地表地下三维数据。

在三维数据组织方式方面,采用面向实体和拓扑的管理方式<sup>[28-29]</sup>,对面向对象的数据管理架构进行扩展,抽取地表模型与地下模型的共同点,实现

多种三维模型数据的一体化存储,实现为一张图的应用服务提供共同的数据基础。在面向实体的组织方式下,引入了对象类、简单要素类、数据集、空间数据集等概念,提供点、线、面、曲面、体等几何类型,通过建立三维空间数据库,实现对海量三维数据的存储管理的支持(图2)。这种统一的三维空间数据存储和管理,保证了地形、地质图、钻孔、地质剖面、物化探解译成果、矿体三维模型、地质三维模型等具有相同的存储逻辑(图3)。

由于中国地质调查信息网格结点的对等性以及结点内的虚拟化特点,针对部署在结点内的三维数据,采用能够直接访问不同三维空间数据(空间数据文件、关系对象数据库和空间对象数据库)的中间件技术进行异构数据的一体化集成,为数据的发布与发现奠定了资源基础(图4)。

在三维数据组织管理方面,由于高精度三维空间模型的数据量可达GB级,因此需要建立有效的空间数据索引机制,解决在Internet上的快速实时传输、快速发现和动态可视化表达。“立体一张图”在

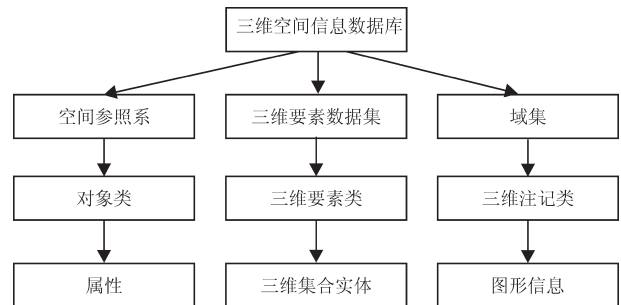


图2 三维地理空间数据库模型  
Fig.2 3D geodatabase model

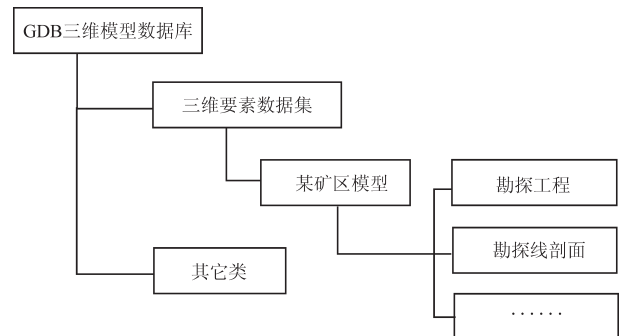


图3 三维数据组织方式  
Fig.3 3D spatial data organization

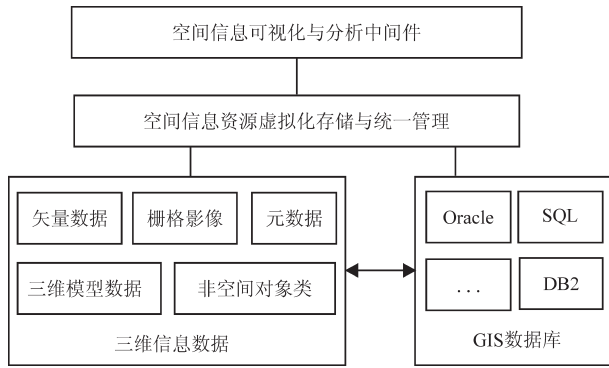


图4 异构数据集成管理

Fig. 4 Integration and management of heterogeneous data

数据服务器端对大数据量三维空间数据按照类型分类,采用分级分块的“金字塔”结构对数据进行管理<sup>[31-34]</sup>。在建立分层分块数据简化方式的基础上,同时建立了高效的索引机制,进一步提高数据检索和调用效率。

## 2.2 三维空间数据的发布

中国地质调查信息网络以服务形式对一体化组织管理的三维空间信息进行发布。发布的粒度依次为“数据库”、“三维要素数据集”、“三维要素类”、“三维要素”,既包括二维影像数据、二维矢量数据、DEM数据,也包括三维成果模型数据,从而保证了不同层次的信息服务能力。共享发布模式是依托球面空间加载三维空间数据的,考虑到这些数据在制作的过程中直接使用实际地理坐标在平面场景中进行模型构建,因此采用动态坐标转换的方式,在数据进行预处理的过程中将三维模型的地理坐标转换为经纬度坐标,再发布到球面。同时将所有模型按照业务逻辑自定义方式进行归类。

# 3 “立体一张图”网格服务

## 3.1 三维空间数据目录服务

数据目录服务的作用是在基于本体理论的数据模型与数据组织的基础上实现对数据发现与访问服务的聚合,针对数据访问与发现构建服务容器,并提供多元化的目录服务。中国地质调查信息网络以数据目录服务方式实现数据的发现,对等式结点管理器及资源同步管理器作为其核心功能是资源与共享服务的桥梁,从而保证多结点数据的有效检索和整合。

在“立体一张图”框架内,对该数据目录服务模式进行扩展,通过对矢量数据、三维模型、非空间数据以及元数据的绑定与整合管理,以目录服务的方式提供应用,实现了数据的发现。“立体一张图”采用全局目录服务技术来进行多结点数据的检索和整合,各结点将数据发布到全局目录,全局目录通过一定的方式进行有效整合,提供统一的接口以供用户进行各个层次的检索。全局目录采用资源同步管理器技术<sup>[10,16-17]</sup>与网格结点数据进行同步更新。

## 3.2 基于业务逻辑的空间要素服务

在“立体一张图”框架内,将对多个网格结点的三维空间数据进行整合,统一集成管理,建立数据目录,生成全局空间数据索引,形成互连互通状态。用户无需关心需要获取的地质空间数据是哪个结点的,也无需关心来自不同结点的数据是何种格式,即可对全局空间对象的高效检索与查询处理。为了更好地满足专业服务需求,可以通过多结点多源数据多窗口数据集成功能按照多种条件进行统一高效检索与查询处理,实现不同结点不同专题数据的发现、检索与整合服务。平台提供三大搜索机制:基于空间范围的搜索、基于元数据的搜索及基于Web服务的搜索。空间数据服务基本功能见表1。

## 3.3 基于球面模型的三维场景服务

基于球面模型的三维场景服务是“立体一张图”网格服务的一种新应用模式,将海量三维空间数据分布式组织方式与三维数字高程模型相结合,在保证图像平滑过渡的基础上,通过直观的三维浏览界面,为用户展现三维地表状态和地下空间的各类数据。在各结点,通过对三维可视化数据进行抽象和分类,提供一个和数据来源无关的内存对象模型,形成有效的三维场景服务(图5)。

由于三维数据的显示不同于二维数据需要原始几何信息做实时渲染,需要将服务器端的三维模型数据传输到用户端(WEB浏览器)进行快速可视化,“立体一张图”提供双缓存机制,分别在客户端和服务器建立通用数据缓存模块,减少了服务器的三维空间数据处理压力,提高了场景服务的整体效率,实现了大规模数据的快速访问和调度(图6)。

## 3.4 多样化用户界面表达

用户界面表现层是地质调查信息网络“立体一张图”的表现窗口,采用分屏显示的方式进行表达,

表 1 空间数据服务基本功能分类

Table 1 Basic functional classification of spatial data services

编号	分类名称	功能服务
1	信息搜索	关键字搜索、感兴趣区搜索等多种搜索方式（点击查询、拉框查询、条件查询）
2	要素操作	点、线、面、三维体等要素的绘制、编辑、选取、场景渲染、样式修改等；进行多窗口的联动显示，对同一目标进行联动定位
3	分析计算	任意两点及多点之间的距离及实地面积测量，以及任意多边形的面积量算，计算三维体积，三维模型剖切等；动态投影转换
4	专题业务空间信息服务	业务逻辑对空间数据的组合式映射，提供平面及球面两种场景下的两种服务模式
5	主动立体显示	通过浏览器的主动立体服务配置，实现地表和地形的“立体”效果
6	API 接口	细粒度的网络 API 开发接口，在线提供服务能力，为跨领域合作提供条件

对海量地表模型与地下模型建立一体化集成绘制框架,支持不同拓扑空间中多级模型的统一的调度与显示通过智能联动的方式实现地表和地下三维信息的一体化展现。用户界面交互操作独立,在操作时可依据对象 LOD 信息直接获取可供显示的简化模型,不会影响整个场景的显示效果,从而提高

了三维场景的显示漫游速度,真正实现了用户界面的多样化灵活性表达。

#### 4 “立体一张图”服务的应用实例

以某图幅地质三维模型数据结点和某矿区矿体三维模型数据结点作为示范,实现上文所述的立体一张图框架,提供了分布式平台下的三维数据(地表和地下)集成方式直观表达,为公众用户提供了三维可视化和分析服务,取得了良好应用效果。

“立体一张图”基于元数据和空间定位方式检索三维空间数据(图 7~8),进入立体一张图界面(图 9),按业务逻辑组织基础地理数据、二维地质空间数据和三维模型数据。其中,二维数据包括“天地图”<sup>[35-37]</sup>的遥感影像、矢量数据,地质调查过程的野外路线、实际材料图、地质图数据等,三维模型包括矿体表面模型、属性模型、地质三维模型等,二维数据和三维模型拥有自己独立的状态控制视图。在三维地球视图与三维模型视图之间建立智能关

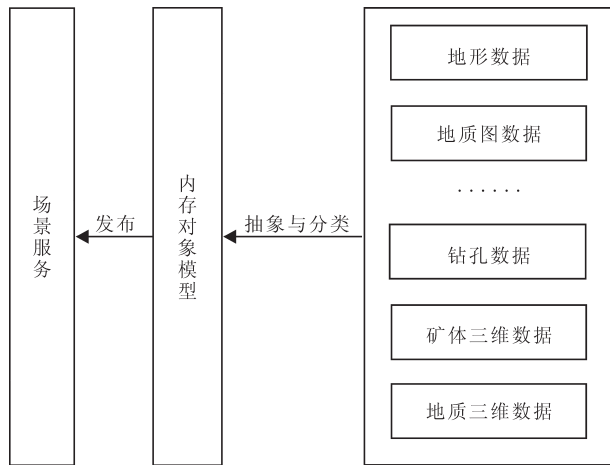


图 5 三维场景服务

Fig.5 3D scene services

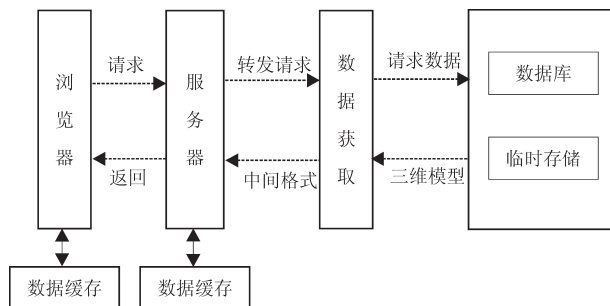


图 6 立体一张图数据缓存机制

Fig.6 Data caching mechanism of ‘3D-One-Map’



图 7 元数据检索

Fig.7 Metadata query



图8 空间定位方式  
Fig.8 Type of spatial location

联,支持同步智能展现和分析,对三维地球上的数据进行空间定位的同时,与此位置相关的三维模型将在三维模型视图中联动显示,实现不同方位不同视角对数据的展示。同时支持在三维场景中点击方式查询三维模型中的三维要素属性信息以及基于地质体三维结构模型进行任意切割等可视化模拟和分析,从而便捷地服务于社会公众或专业人士(图10~11)。

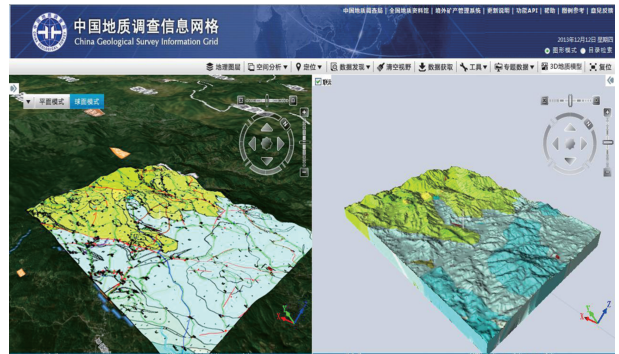
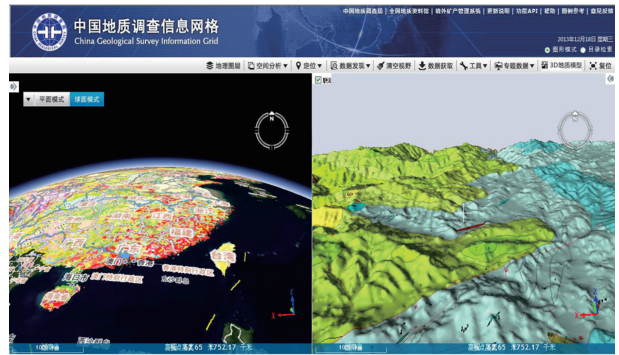


图9 立体一张图功能服务整体界面  
Fig.9 Portal of '3D-One-Map' services

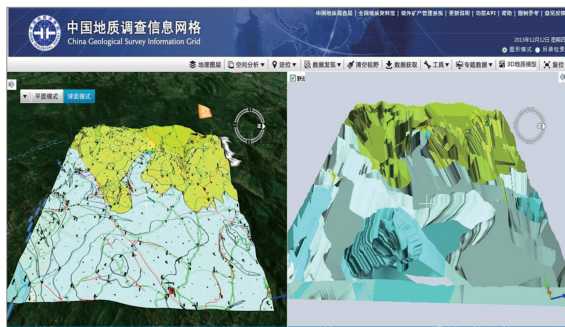
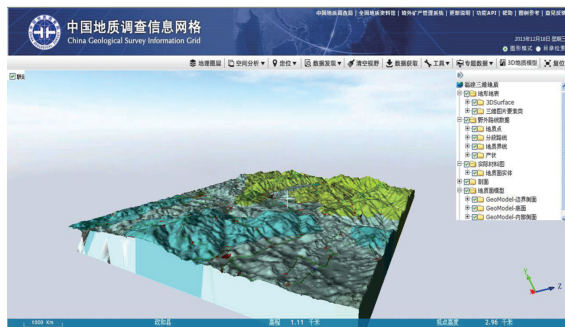


图10 三维模型要素目录服务  
Fig.10 Feature directory services of 3D models

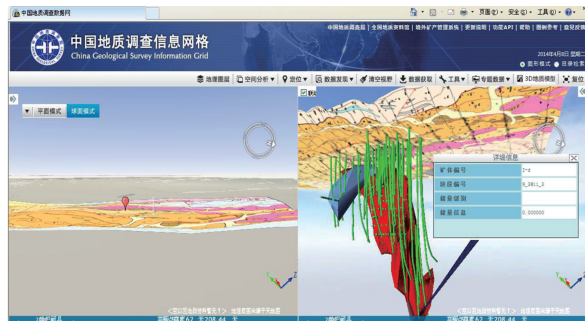
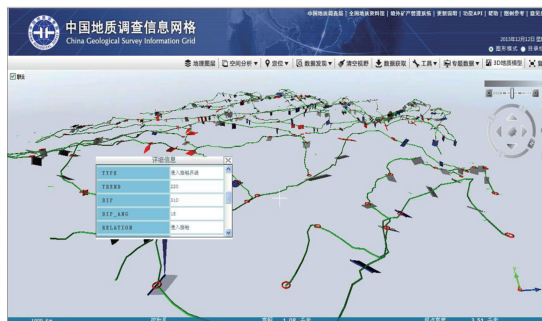


图11 三维模型地表地下的智能联动  
Fig.11 Correlation of ground and underground 3D models

## 5 结论和展望

中国地质调查信息网格的“立体一张图”框架,扩展了中国地质调查信息网格的服务能力,提供了一种有效的服务机制和支撑平台,能够将分布于不同节点的地表、地下的三维空间数据通过场景服务的方式进行整合共享,实现了地球空间模式下三维地质信息的集成整合可视化和高效交互处理。在网格平台“立体一张图”框架内发布的矿体三维模型和地质三维模型等空间信息为专业地质人员和社会公众提供了高效便利的网络服务能力。同样,成矿带三维资料、三维城市地质成果以及三维填图空间建模成果等空间信息能在网格平台上也能充分展示并提供服务,为相关管理人员提供直观的决策支持。

### 参考文献(References):

- [1] 其和日格. 地质调查信息化建设[J]. 信息化论坛, 2003(1): 12-17.  
Qihirag. Lee. Geological survey information construction[J]. Information Forum, 2003(1): 12-17(in Chinese with English abstract).
- [2] 张庆合, 曹邦功, 姜兰. 1:50万地质图数据库的研建[J]. 中国地质, 2002, 29(2): 208-212.  
Zhang Qinghe, Cao Bangong, Jiang Lan. Development and construction of the 1:500000 geological map database[J]. Geology in China, 2002, 29(2): 208-212(in Chinese with English abstract).
- [3] 韩坤英, 丁孝忠, 李廷栋, 等. 全国1:100万地质图空间数据库建设进展[J]. 中国地质, 2007, 34(2): 359-364.  
Han Kunying, Ding Xiaozhong, Li Tingdong, et al. Progress in the construction of the spatial database of the 1:1 million Geological Map of China[J]. Geology in China, 2007, 34(2): 359-364(in Chinese with English abstract).
- [4] 韩坤英, 张庆合, 丁孝忠, 等. 中国1:100万地质图数据库管理系统的设计与应用[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1215-1223.  
Han Kunying, Zhang Qinghe, Ding Xiaozhong, et al. The design and application of the management system for 1:1 000 000 geological map database of China[J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1215-1223(in Chinese with English abstract).
- [5] 田树刚, 王乃文. 古生物地层数据库建设及其意义[J]. 中国地质, 2005, 32(4): 706-712.  
Tian Shugang, Wang Naiwen. Construction of the biostratigraphic database and its significance[J]. Geology in China, 2005, 32(4): 706-712(in Chinese with English abstract).
- [6] 叶天竺. 空间信息格网及其在地质工作中的应用[J]. 地球信息科学, 2006, 8(4): 4-7.  
Ye Tianzhu. National geological spatial information grid and its application[J]. Geo-Information Science, 2006, 8(4): 4-7(in Chinese with English abstract).
- [7] 刘刚, 吴冲龙, 何珍文等. 地上一体化的三维空间数据库模型设计与应用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2011, 36(2): 367-374.  
Liu Gang, Wu Chong-long, He Zhen-wen, et al. Design and Application of 3D Spatial database model for integrated management of aboveground and underground features[J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 2011, 36(2): 367-374(in Chinese with English abstract).
- [8] 王仲停, 郑贵洲. 三维地学建模的技术方法[J]. 地矿测绘, 2004, 20(4): 22-23.  
Wang Zhongting, Zheng Guizhou. Technology and method of 3D geosciences modeling[J]. Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resource, 2004, 20(4): 22-23(in Chinese with English abstract).
- [9] 何婧. 地学三维建模技术[J]. 现代电子技术, 2006, 24: 33-35.  
He Qian. Three-dimensional geographic modeling technology[J]. Modern Electronics Technique, 2006, 24: 33-35(in Chinese with English abstract).
- [10] 龚建华. 地学三维可视化[J]. 地球信息, 1996, 2: 34-36.  
Gong Jianhua. Geological 3D visualization[J]. Earth Information, 1996, 2: 34-36(in Chinese with English abstract).
- [11] 孙秋分, 谢锦龙, 刘展, 等. 基于多尺度空间体元的地学三维建模[J]. 计算机工程, 2009, 37(10): 278-283.  
Sun Qiufen, Xie Jinlong, Liu Zhan, et al. 3D geology modeling based on multi-scale spatial voxel volume[J]. Computer, 2009, 37(10): 278-283(in Chinese with English abstract).
- [12] 许惠平, 覃如府, 叶娜, 等. 中国岩石圈三维结构数据库总库管理系统[J]. 中国地质, 2006, 33(4): 928-935.  
Xu Huiping, Qin Rufu, Ye Na, et al. Management system of the 3D lithospheric structure database of China[J]. Geology in China, 2006, 33(4): 928-935(in Chinese with English abstract).
- [13] 左群超, 叶亚琴, 文辉, 等. 中国矿产资源潜力评价集成数据库模型[J]. 中国地质, 2013, 40(6): 1968-1981.  
Zuo Qunchao, Ye Yaqin, Wen Hui, et al. The integrated database model for mineral resources potential evaluation in China[J]. Geology in China, 2013, 40(6): 1968-1981(in Chinese with English abstract).
- [14] 李学东. 基于WEB的地学数据集成与发布技术研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.  
Li Xuedong. Resarches on Geological Data Integration and Publishing Based on Web Technology[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2009(in Chinese with English abstract).
- [15] 罗予东. 基于网格的GIS空间数据可视化[J]. 云南师范大学学报, 2007, 27(3): 10-14.  
Luo Yudong. Research on GIS 3D spatial data interoperability based on Grid[J]. Journal of Yunnan Normal University, 2007, 27

- (3): 10–14(in Chinese with English abstract).
- [16] 李超岭, 吕霞, 李健强, 等. 中国地质调查信息网格——技术与方法[M]. 北京: 地质出版社, 2013: 3–4.  
Li Chaoling, Lyu Xia, Li Jian-qiang, et al. China Geological Survey Information Grid—Technology and Method[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2013: 3–4(in Chinese with English abstract).
- [17] 高占普, 李铁钢. 浅谈“一张图”建设意义及思路[J]. 国土资源, 2012(10): 47.  
Gao Zhanpu, Li Tiegang. Introduction to ‘A Map’ Construction Significance and Train of Thought[J]. Land & Resources, 2012(10): 47(in Chinese).
- [18] 韩海清. 不断深化金土工程一期成果应用 为国土资源管理决策提供更加有力的保障服务[J]. 国土资源信息化, 2010(6): 10–13.  
Han Haiqing. The results for the phase 1 of Jintu project will be deepening applicable in order to provide a support services more effective for decisions in favor of land and resources management[J]. Land and Resource Informatization, 2010(6): 10–13(in Chinese with English abstract).
- [19] 张爱明. 国土资源“一张图”数据管理及服务平台的设计与研究[J]. 现代测绘, 2010, 33(4): 32–33.  
Zhang Aiming. Design and research of land resources ‘A Map’ data management and service platform[J]. Modern Surveying and Mapping, 2010, 33(4): 32–33(in Chinese with English abstract).
- [20] 顾炳中, 申世亮. “欧盟空间信息基础设施”及对国土资源“一张图”建设的启示[J]. 国土资源信息化, 2011(3): 3–6.  
Gu Bingzhong, Shen Shiliang. The enlightenment of ‘European Union Spatial Data Infrastructure’ on setting up the “One Map” of land resources[J]. Land and Resources Informatization, 2011(3): 3–6(in Chinese with English abstract).
- [21] 国土资源部办公厅关于加快推进国土资源遥感监测“一张图”和综合监管平台建设与应用的通知[J]. 国土资源通讯, 2012, 15: 38–40.  
Circular of the General office of the Ministry of Land and Resources on Accelerating the Remote sensing Monitoring of Land and Resources ‘A Map’ and Comprehensive Monitoring Platform Construction and Application[J]. Communication of Land and Resources, 2012, 15: 38–40(in Chinese with English abstract).
- [22] Li Chaoling, Song Miaomiao, Lv Xia, et al. The spatial data sharing mechanisms of geological survey information grid in p2p mixed network systems network architecture model[Z]. Ninth International Conference on Grid and Cloud Computing, Changsha, 2010.
- [23] 李超岭, 吕霞, 李健强, 等. 中国地质调查信息网格GIS平台研究与实现[C]. 2011 International Conference on Fuzzy System and Neural Computing, Shanghai, 2011.  
Li Chaoling, Lv Xia, Li Jianqiang, et al. The China Geological Survey Information Research and Implementation of Grid GIS Platform[C]. 2011 International Conference on Fuzzy System and Neural Computing, Shanghai, 2011(in Chinese with English abstract).
- [24] 吕霞, 李丰丹, 李超岭等. 中国地质调查信息网格平台的分布式空间数据服务技术[J]. 地质通报, 2012, 31(9): 1520–1530.  
Lv Xia, Li Fengdan, Li Chaoling. The Techniques of distributed spatial data services of China Geological Survey Information Grid Platform[J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(9): 1520–1530(in Chinese with English abstract).
- [25] 吕霞, 刘畅, 耿燕婷, 等. 中国地质调查信息网格平台构建和地质图数据服务的实现[J]. 地质通报, 2011, 30(9): 1462–1472.  
Lv Xia, Liu Chang, Geng Yanting, et al. Building of China Geological Survey Information Grid Platform and realization of geological map data service[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(9): 1520–1530(in Chinese with English abstract).
- [26] 李超岭, 李丰丹, 罗显刚, 等. 国家地质空间信息网格结点计算池构架及其实现[J]. 国土资源信息化, 2006(5): 2–8.  
Li Chaoling, Li Fengdan, Luo Xiangang, et al. Framework and its realization of grid node compute pool of the national geological spatial information[J]. Land and Resources Information, 2006(5): 2–8(in Chinese with English abstract).
- [27] 李丰丹, 李超岭, 罗显刚, 等. 分布式空间数据注册容器的设计与实现[J]. 计算机工程, 2008, 34(16): 274–276.  
Li Fengdan, Li Chaoling, Luo Xiangang, et al. Design and implementation of distributed spatial data registration container[J]. Computer Engineering, 2008, 34(16): 274–276(in Chinese with English abstract).
- [28] 吴德华, 毛先成, 刘雨. 三维空间数据模型综述[J]. 测绘工程, 2005, 14(3): 70–78.  
Wu Dehua, Mao Xiancheng, Liu Yu. The summary of 3D spatial data models[J]. Engineering of Surveying and Mapping, 2005, 14(30): 70–78(in Chinese with English abstract).
- [29] 马清利, 季民. 基于三维GIS空间数据模型集成的概念框架研究[J]. 山东科技大学学报, 2006, 25(1): 32–35.  
Ma Qingli, Ji Min. Research based on the conceptual frame of the integration of 3D spatial data model[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology, 2006, 25(1): 32–35(in Chinese with English abstract).
- [30] 王旭东, 张福浩, 张丽萍. 基于地形数据的瓦片金字塔构建与组织[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(6): 49–51.  
Wang Xudong, Zhang Fuhao, Zhang Liping. Construction and organization of tile-pyramid based on terrain data[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2012, 35(6): 49–51(in Chinese with English abstract).
- [31] 殷福忠, 孙立民. 基于瓦片金字塔技术的地图发布平台开发研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(5): 16–20.  
Duan Fulong, Sun Limin. The research of map publishing platform development based on the tile pyramid technology[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2010, 33(5): 16–20



- (in Chinese with English abstract).
- [32] 苏旭明, 谭建成. WebGIS 中瓦片地图关键技术研究[J]. 北京测绘, 2012, 2: 9-12.  
Su Xuming, Tan Jiancheng. The research of key technologies for the tile map in webgis[J]. Beijing Surveying and Mapping, 2012, 2: 9-12(in Chinese with English abstract).
- [33] 刘冰, 谢轲, 陈小乐, 等. 基于 GIS 的瓦片式地图切图算法的设计与实现[J]. 科技信息, 2011(7): 60-61.  
Liu Bing, Xie Ke, Chen Xiaole, et al. Design and implementation of map slicing algorithm based on GIS[J]. Science & Technology Information, 2011(7): 60-61(in Chinese with English abstract).
- [34] 刘镇. 遥感影像瓦片金字塔模型[J]. 科技创新导报, 2008, 6: 199-200.  
Liu Zhen. Remote sensing image tile pyramid model[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2008, 6: 199-200(in Chinese with English abstract).
- [35] 翟永, 刘津, 陈杰, 等. 天地图网站云架构系统设计[J]. 通信技术, 2002, 9: 81-83, 87.  
Zhai Yong, Liu Jin, Chen Jie, et al. System design of TIANDITU website cloud architecture[J]. Communications Technologies, 2002, 9: 81-83, 87(in Chinese with English abstract).
- [36] 曹建成, 王凯, 王乃生. “天地图”服务聚合技术研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(3): 77-79.  
Cao Jiancheng, Wang Kai, Wang Naisheng. Study on service synthesis technology of "TIANDITU"[J]. Geomatics & Spatial information Technology, 2013, 36(3): 77-79(in Chinese with English abstract).
- [37] 董星宏, 和朝霞, 段峰. “天地图”在地质行业中的应用初探[J]. 地震研究, 2011, 34(4): 552-557.  
Dong Xinghong, He Zhaoxia, Duan Feng. Application of map world in the seismological field[J]. Journal of Seismological Research, 2011, 34(4): 552-557(in Chinese with English abstract).

## The construction and application of ‘3D-one-map’ based on China Geological Survey Information Grid

LI Feng-dan<sup>1,2</sup>, LI Jian-qiang<sup>2</sup>, LV Xia<sup>2</sup>, ZHENG Kun<sup>3</sup>, LIU Lin-lin<sup>4</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Development and Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China;

3. China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

4. School of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

**Abstract:** At present, China Geological Survey Information Grid has realized the integration and sharing of geological spatial information through the ‘One-Map of Geology and Mineral Resources’. However, higher requirements of data publishing mechanism and service efficiency should be satisfied for the integration and sharing of the underground 3D space. Based on the framework of the 3D- One- Map of the China Geological Survey Information Grid and starting with the organization and management of 3D spatial data, this paper deals in detail with the discovery mechanism, the integration of 3D visualization and scene services, and the diverse-interface in Geological Survey Information Grid. This service pattern has been implemented and effectively applied to 3D geological models and orebody models, with satisfactory results obtained.

**Key words:** Geological Survey Information Grid; 3D geological data; 3D-One-Map; data integration; data services

**About the first author:** LI Feng-dan, male, born in 1980, senior engineer, engages in information technology research of geological survey; E-mail: lfengdan@mail.cgs.gov.cn.