引文格式：张彤蕴,樊任武,王宾海,等. 湖南省地质大数据集成管理与综合应用平台建设[J]. 地理空间信息, 2026, 24(1): 88-91. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2026.01.019

湖南省地质大数据集成管理与综合应用平台建设

张彤蕴，樊任武，王宾海，史与正，陆　敏，张燕龙，李启萍，周　宪*
（湖南省地质地理信息所（湖南省地质大数据中心），湖南 长沙 410000）

摘　要：为应对地质大数据存储分散、数据共享困难、综合分析能力不足等问题，研发了地质大数据集成管理与综合应用平台，充分利用PostgreSQL和MongoDB数据库的优势，在混合环境下实现了海量多源异构地质数据的分布式存储和统一管理。为深入挖掘与充分发挥地质数据的综合利用价值，实现了地上地下、二维三维、矢量、栅格等全空间地质数据的可视化展示、统计分析、模拟操作、查询定位等功能，直观展示各方面信息；有效打破了数据孤岛，能为矿产资源开发、基础设施建设、环境保护和可持续发展等工作提供有力支持和保障。

关键词：多源异构；地质大数据；混合存储；数据应用；全空间可视化
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）01-0088-04

Construction of Integrated Management and Comprehensive Application Platform for Geological Big Data in Hunan Province

ZHANG Tongyun, FAN Renwu, WANG Binhai, SHI Yuzheng, LU Min, ZHANG Yanlong, LI Qiping, ZHOU Xian
(Institute of Geological and Geographic Information of Hunan Province, Changsha 410000, China)

Abstract: To address issues such as scattered storage, difficulties in data sharing, and insufficient comprehensive analysis capability, we developed an integrated management and comprehensive application platform for geological big data, which leveraged the advantages of PostgreSQL and MongoDB databases, to achieve distributed storage and unified management of massive multi-source heterogeneous geological data in a hybrid environment. To deeply explore and make full use of the comprehensive application value of geological data, we implemented the functions, such as visual display, statistical analysis, simulation operation, query and positioning of whole spatial geological data including ground, underground, 2D and 3D, vector and raster, intuitively presenting information in various aspects, which could effectively break the data island, provide robust support for mineral resources development, infrastructure construction, environmental protection and sustainable development.

Key words: multi-source heterogeneity, geological big data, hybrid storage, data application, whole spatial visualization

随着地质勘查、地质钻探、地球物理勘探、地球化学勘探等技术的不断发展，各类地质数据呈指数级增长[1-2]。这些数据体量巨大、增长迅猛、模态繁多且富有价值[3]，还具有多源异构、高度时空性、复杂性、模糊性、随机性和非线性等特点[1,3-4]。地质图、地形图、钻探信息、矿产信息、监测数据表、野外调查表、属性结构描述表等湖南省地质资料的时间跨度大，不同年代的地质成果实行标准不同，且多以纸质图件、报告、数据表等形式存储，因此存在地质资料分散、存储碎片化、信息化程度低、利用率低等问题，为综合应用地质资料带来了极大的难度[4]。鉴于此，本文深入探讨了对海量多源异构地质数据进行高效存储、集成与统一管理、高效查询和应用的解决方案，并构建了地质大数据集成管理与综合应用平台。通过多源数据融合技术组织和存储不同结构和特点的数据，通过空间数据高效索引技术提升检索效率，通过全空间数据渲染策略解决大规模数据的可视化问题。

1　平台总体架构

为实现多源异构地质大数据的集成，充分发掘与利用海量历史资料的数据价值，保障数据的完整性和现势性[5]，促进数据共享，地质大数据集成管理与综合应用平台以多种数据库为存储基础，通过数据管理

项目来源：湖南省自然资源厅科技计划资助项目（湘自资科20230123XX）；湖南省地质院重点科研资助项目（HNGSTP202301）。
第一作者简介：张彤蕴（1979—），硕士，正高级工程师，从事湖南省地质大数据建设、智慧城市、实景三维等工作，E-mail：46042345@qq.com。
通信作者：周宪（1987—），本科，高级工程师，从事湖南省地质大数据建设、实景三维等工作，E-mail：506267091@qq.com。

与维护系统集成管理，构建地质大数据底座；由服务发布平台发布数据服务，搭建地质“一张图”展示与管理系统实现全空间数据可视化；通过丰富的查询与分析功能实现数据的高效利用与深度挖掘，为矿产勘查、资源评估、规划建设等领域提供有力的决策支持。平台总体框架包括支撑层、数据层、服务层和应用层4层。

支撑层旨在确定数据建设、平台建设和运行所需的标准体系以及软硬件设备等，是平台建设的根本和基础。为实现数据的标准化、规范化管理，推动数据共建共享共用，对354项国家、地方、行业相关标准规范进行了整理和分级分类，其中一级标准涵盖了建设、运维、共享服务、安全管理、数据归集等方面；二级标准涵盖了数据规范、数据预处理、数据交付、功能应用等方面。为保障平台的安全稳定运行，大数据中心机房提供了充足的存储资源、丰富的计算资源、稳定安全的网络资源，构建了先进的安防体系，划分了业务内网和外网，具备高带宽容量，满足大规模数据交互。

数据层通过混合数据库环境和GIS分布式数据存储引擎来存储和管理不同类型的数据，利用PostgreSQL存储空间数据、属性数据、元数据、原始勘查数据等，包括底图实体数据、地质图件、各类结构化的地质调查数据、与矢量数据相关的各类非结构化地质报告等；利用MongoDB存储海量切片数据、栅格数据、缓存数据和关联文档。

服务层通过服务发布管理平台提供丰富的在线服务，包括二维图件（影像文档、WFS服务、WMTS服务、WMS服务、瓦片服务、二维矢量文档服务）、三维模型（属性模型服务、倾斜摄影模型服务、隧道模型服务、三维剖面模型服务）、要素服务、地图服务、矢量点服务、矢量线服务、矢量区服务、注记服务、地形服务、专题服务、代理服务等。

应用层包括地质“一张图”的后台管理系统和前端展示系统，用户可在管理系统中构建目录树，根据场景自由组合目录树，管理和使用已发布的服务，还可进行用户、权限、日志等管理。在前端展示系统中可查看全空间范围的数据，进行查询定位、统计分析、模拟操作等。

2　平台数据库建设

2.1　数据库内容

平台的数据库主要包括基础地质数据、矿产地质数据、水文地质数据、环境地质数据、灾害地质数据、地球物理数据、地球化学数据和遥感数据等，涉及dwg、jpg、tif、wl、wt、wp等格式，包含1∶2 000、1∶5 000、1∶50 000等多种比例尺。数据均来源于单位内部各数据生产部门。

2.2　多源异构数据组织与混合存储

平台整合了纸质资料、电子栅格数据、电子矢量数据（非空间数据库）和已有空间数据库。对于纸质资料，先进行扫描形成栅格文件，再经过整饰处理转换为PDF格式；若需进行数字化，则通过信息抽取、属性内容标准化操作后，再将资料入库。对于电子栅格数据，先选取有价值的信息进行矢量化，再录入或导入系统进行投影变换、质检，最后形成空间数据库。对于电子矢量数据（非空间数据），先进行格式转换，再录入属性，最后进行投影变换、质检形成空间数据库。对于已有空间数据库，则进行标准化、规范化后导入数据库。

平台针对不同数据类型，采用不同的组织与管理方式。对于矢量（空间）数据，采用专题分层和空间分幅的方式构建与管理数据库，将非空间实体抽象为对象，空间实体抽象为要素[6]。构建过程中采用以具体对象为导向、从宏观到微观逐步细化的逻辑组织空间数据，包括地理数据库、要素数据集、要素类、对象类、注记类、几何实体、坐标点等。利用PostgreSQL的面向对象技术定义抽象对象和相关操作，再将矢量数据和相关函数集成到数据库管理系统的内核中[7]，可存储大量空间数据和事务性数据。利用PostgreSQL的扩展型SQL语言进行数据操作，结合数据库底层的空间索引和GIS分布式数据存储引擎，调用封装好的空间计算方法，以保证大量矢量数据的操作和存储性能。对于切片数据、栅格影像，建立多级多分辨率索引；按照数据库、数据集、数据层、金字塔数据层、数据分块的层次结构进行组织；通过元数据进行检索，以文件的形式进行存储管理。通过NoSQL数据库存储数据引用，将体量巨大的原始数据保留在外部，以减少数据库运行的压力。在提高数据检索效率的同时，还可利用简单灵活的架构保证数据库的高可拓展性。此外，通过栅格查询功能和实时函数处理能提高栅格类数据的管理和查询效率。对于缓存数据，通过收集进程和转发进程监听和转发新产生的数据，并根据路由规则存储在相应的分片服务器上。若数据过多、承载压力过大，则可通过增加分片的方式扩容，提高存储能力。对于传统的关系型数据，采用

PostgreSQL存储引擎；对于相关文档数据，通过元数据+文件的方式进行存储。MongoDB是一个介于关系型和非关系型数据库之间的产品，在非关系型数据库领域表现卓越[8]，具有部署简便快捷、操作轻松易懂、性能高效稳定、存储灵活多样、扩展方便自如等优势[9]。平台集成了MongoDB和GIS分布式数据存储引擎，将其作为切片数据、栅格数据、缓存数据和文档数据的存储引擎，实现非结构化数据的分布式存储。

2.3 空间数据高效索引技术

平台通过元数据和R-Tree空间索引[10]实现二维和三维空间检索。二维几何体通过最小边界矩形（MBR）匹配，三维几何体通过最小限定箱（MBB）匹配。几何图层的R-Tree索引包含该层所有几何体的分层MBR或MBB索引[11]。在建立表和相关索引时，将表和索引置于不同表空间，并存储于不同磁盘，即可利用不同磁盘的输入/输出，提高访问效率。

3 平台实现

数据管理与维护系统、服务发布平台采用客户端—服务器模式进行开发，并部署于大数据中心机房的内网集群中。数据管理与维护系统包括数据入库（数据录入，数据上传、导入导出，数据格式转换、地层数据标准化、数据质量检查）、数据管理（属性、空间、文档、元数据管理，数据资源统计，数据查询检索）与系统管理（数据字典维护、权限管理、日志管理、数据备份与恢复）三大板块，可手动录入数据，也可从本地或Oracle、MySQL等数据库中导入数据；可按属性数据、空间数据、文档数据进行分类管理，进一步按基础地质、水文地质、工程地质、地球化学、地球物理等专题进行分类管理，还可进一步细分原始数据、基础数据、三维数据与成果数据。考虑到地质数据的安全性和操作的便捷性，平台开发了基于浏览器—服务器模式的可视化界面，通过内网指定计算机的浏览器访问该界面，集中统一地进行地质数据入库；完成大批量地质数据入库后，再由特定管理人员进行日常维护管理和增量数据的入库。

地质“一张图”展示与管理系统采用浏览器—服务器模式开发，部署在大数据中心机房的内网集群中。该系统包括浏览查看（地质图件、属性数据、文档数据、全空间数据）、搜索定位（行政区、POI、地质图、三维模型搜索定位）、空间查询与分析（要素查询、模型属性查询、通用统计、通用拾取、地形拾取、坡度坡向分析、填挖方分析、通视性与可视性分析、卷帘分析、叠加分析）、模拟与分析（基坑开挖、隧道模拟、模型操作、虚拟钻孔）、系统管理（用户、权限、日志、目录树、场景管理）五大功能模块。利用全空间数据渲染策略，实现了矢量、影像、模型、切片、栅格体元等全空间数据的叠加展示、属性查询与图元定位、统计分析，还可通过模拟操作直观展示三维模型的内部构造，并依据所提供的实时参数进行评估与分析。管理员能通过设置用户权限、功能权限，在达成数据共享目标的同时，确保数据的安全性，且权限与数据管理与维护系统一致。

4 应用探索

随着三维GIS技术的持续优化[12-13]和实景三维的强力助推[14]，多元三维应用场景逐步出现在数字地质工作领域。本文以地质勘查工作为例，针对常见的应用场景展开探讨与探索。

1）靶区圈定。传统地质工作模式需先搜集各类地质资料，再展开综合研究，最后圈定靶区。地质大数据集成管理与综合应用平台能对区域断裂、矿床矿点、地球化学异常等各类数据进行空间叠加，解决传统地质资料关联性欠佳、综合分析能力薄弱的问题。综合地质专家经验和平台分析功能，即可实现靶区圈定，降低了工作难度，提高了工作效率（图1）；同时通过对海量地质资料的有序管理和维护更新，更进一步确保了圈定靶区的有效性。

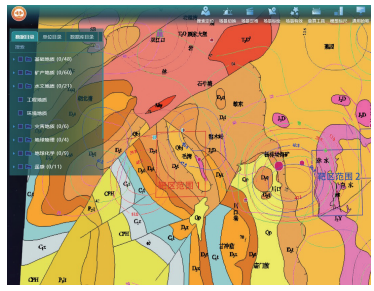


图1 靶区圈定

2）辅助实地勘查。通过平台对勘查区域已有地质资料进行全面梳理和分析，以毛湾矿区为例（图2），对地形数据、地层数据、地球化学异常数据等进行空间叠加分析；运用要素查询、模型属性查询等空间查询与定位功能迅速定位地质要素，并查看花岗岩信息、地层信息等地质情况，分析可能存在的矿产资源区域，为实地勘查确定重点区域；结合全貌数据，了解该地段的地表景观信息（该地段靠近水库、植被茂

盛，可能存在坍塌、滑坡等地质隐患以及野生动物和昆虫攻击等危险），为后期地质工作部署（槽探、钻孔布设等）提供参考依据。



图2　辅助实地勘查

3）综合分析。通过建立三维模型，直观洞悉地层、岩浆岩、构造、矿体之间的空间关系以及矿体赋存形态、矿化特征，为该地段成矿条件分析、成矿规律研究提供重要支撑。在三维模型上挂接剖面图、柱状图、矿石照片等数据，可将图、文、表关联起来（图3）；再利用叠加分析、通视性与可视性分析、卷帘分析等功能，结合基坑开挖、隧道模拟等三维模型操作，解决复杂地质体结构难以理解、风险难以评估等问题。对三维模型的流畅与沉浸式操作，打破了二维视角和静态数据展示的限制，增强了模型分析的灵活性和直观性；结合动态模拟和分析，可得出更契合实际的综合分析结论，更好地把握地质情况（图4）。

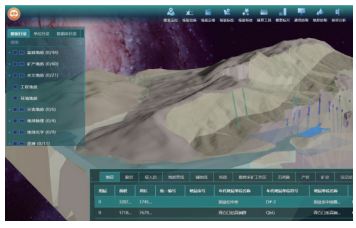


图3　全空间数据展示

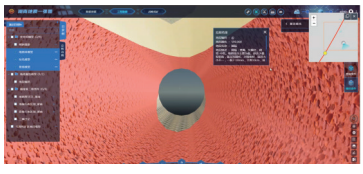


图4　隧道模拟与分析–三维模型模拟与分析

5　结　论

湖南省地质大数据集成管理与综合应用平台是响应国家大数据战略，推进数字地质建设、解决湖南省地质大数据管理诸多难题的重要内容。通过平台建设，可有效确保数据管理的标准化、规范化，为数据的一致性和可靠性提供坚实基础；还可有效保障数据的准确性、完整性和可用性。通过整合基础地质、矿产地质、灾害地质等领域海量多源异构数据，结合数据管理策略，进一步满足不同领域、不同业务的实际需求，提升数据的实用价值。此外，该平台还能为地质工作人员提供丰富的二三维全空间数据和综合分析功能，为全面掌握目标区域的地质情况提供可靠渠道，助力资源储量、开采难度等的科学准确评估，为矿产勘查、资源评估、规划建设、政府决策等提供地质依据。未来将对地质数据的云分布式存储、时空耦合[15]、多重关联的时空信息检索方法等前沿技术进行进一步研究。

参考文献

[1] 陈黎明,冯晓林,张佳琦. 矿区地质数据综合集成管理平台的设计与实现[J]. 地矿测绘,2022,38(4):34-38

[2] 谭永杰,郭明强,王鹏,等. “透明”地下空间构建技术与应用[J]. 测绘科学,2022,47(8):18-24

[3] 徐进达,葛佩佩. 大数据时代下的地质资料信息化的建设与应用[J]. 地矿测绘,2022,38(4):39-42

[4] 潘婷婷,陈建平,吴永亮,等. 多源异构地质数据集成方法应用研究[J]. 地质学刊,2018,42(1):122-126

[5] 田一涵,谭磊,钱小将,等. 智慧民政信息化基础平台的建设探索[J]. 地理空间信息,2023,21(7):93-96

[6] 赵福君,刘卉卉,李景文,等. 城市空间框架数据库建设研究与应用[J]. 测绘科学,2009,34(3):214-216

[7] 蔡佳作,欧尔格力. 基于PostgreSQL的地理空间数据存储管理方法研究[J]. 青海师范大学学报(自然科学版),2016,32(2):21-23

[8] 马骏,张飞龙. 基于MongoDB的遥感规格化数据云平台的设计与实现[J]. 计算机时代,2016(2):49-52

[9] 彭志忠,袁飞云,何朝阳,等. 地质灾害多源基础数据结构体系及应用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2024,51(4):630-640

[10] Guttman A. R-trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching[J]. Association for Computing Machinery,1984,14(2):47-57

[11] 李艳红. 浅谈空间数据库索引技术的应用[C]//中国武汉决策信息研究开发中心、决策与信息杂志社、清华大学经济管理学院. “如何建立科学决策机制理论研讨会:决策论坛”论文集(下),2015

[12] 闫昶,宋伟凯. 面向多源数据的开源三维GIS关键技术研究[J]. 地理空间信息,2024,22(6):39-42

[13] 林勇军,梁瑞松. 自然资源三维分析系统框架研究与应用探索[J]. 地理空间信息,2024,22(6):74-76

[14] 作者不详. 各地加速布局实景三维中国建设[J]. 海洋测绘,2022,42(5):36

[15] 张晨,武宇娟,段琛,等. 公益性地质大数据服务平台设计[J]. 计算机时代,2023(8):141-143