



大数据找矿信息平台建设及其在新一轮找矿突破战略行动中的应用

徐浩哲¹, 禹乐乐², 刘琦², 朱恒², 齐雷², 梁伟东³

1. 桂林理工大学, 广西 桂林 541004;

2. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034;

3. 易智瑞信息技术有限公司, 辽宁 沈阳 110167

摘要: 充分利用信息化手段支撑地质工作是地学研究的前沿领域。随着新一轮找矿突破战略行动的逐步展开, 大数据信息技术对于开展地质找矿工作、构建地质信息数据库有重要意义。本文探讨了大数据在地质找矿行动中的作用与优势, 并总结归纳了数据库建设研究方法。大数据找矿信息平台的建设将为进一步找矿工作提供科学依据。借助大数据、云计算等现代信息技术为新一轮找矿突破战略行动赋能, 这为找矿工作数据库体系的智能化建设提供了全新的思路。

关键词: 大数据; 矿产资源; 找矿突破战略行动; 数据库; 地质信息

BIG DATA PROSPECTING DATABASE SYSTEM: Construction and Application in the New Round of Prospecting Breakthrough Strategic Action

XU Hao-zhe¹, YU Le-le², LIU Qi², ZHU Heng², QI Lei², LIANG Wei-dong³

1. Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi Autonomous Region, China;

2. Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, China;

3. GeoScene Information Technology Co., Ltd., Shenyang 110167, China

Abstract: Making full use of information technology to support geological work is a frontier field of geoscientific research. With the launch and development of the new round of prospecting breakthrough strategy, big data information technology is of great significance for carrying out geological prospecting work and constructing geological information databases. The paper discusses the role and advantages of big data in geological prospecting, and summarizes the research methods of data system construction. The construction of big data prospecting database system will provide scientific basis for further exploration. The new round of prospecting breakthrough strategic action is empowered by modern information technology such as big data and cloud computing, which provides a new idea for intelligent construction of prospecting database system.

Key words: big data; mineral resources; prospecting breakthrough strategic action; database; geological information

0 引言

矿产资源是人类发展不可或缺的重要资源, 也是

经济社会发展的基础条件。随着我国现代化、工业化进程加快, 矿产资源保障成为经济社会发展的重大战

收稿日期: 2024-06-19; 修回日期: 2024-07-23. 编辑: 周丽.

基金项目: 中国地质调查局项目“云平台地质调查节点运行维护和网络安全保障”(2024-9079).

作者简介: 徐浩哲(1994—), 男, 硕士, 主要从事区域地质灾害调查与研究工作, 通信地址 广西壮族自治区桂林市雁山区雁山街 319 号, E-mail//535648387@qq.com

通信作者: 禹乐乐(1997—), 女, 硕士, 主要从事地质大数据集成与分析, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail//yulele3200@163.com

略问题^[1],而资源安全也是国家安全的基础。因此,为深度挖掘国内资源开发潜力,提高国内资源利用效率,自然资源部同科技部等部门组织于2021年开始规划实施了新一轮找矿突破战略行动^[2]。

随着新一轮找矿突破战略行动的逐步开展,资源科技创新能力明显提高,新一代信息技术对于形成地质找矿工作新思路、探索地质大数据领域研究新模式有着重要意义^[3]。以提高矿产资源保障能力为出发点,以统筹部署、分工协作、有序推进为新一轮找矿突破部署原则^[4],探索建立东北地区战略找矿“一站式”数据平台,将在新一轮找矿突破战略行动的规划部署、调查评估、工作推进、业务协同和信息共享中发挥巨大作用。

1 地质大数据研究进展

进入21世纪以来,以大数据和人工智能为代表的新一代互联网技术开始在各行业内掀起科技改革的浪潮,带领人们的思维方式和生活模式进入了信息化时代^[5]。大数据科学在我国发展迅猛,其技术日益成熟,也促使其他学科与信息技术紧密结合。地质数据是自然资源数据的重要组成部分,日渐演化出数据量庞大(Volume)、数据类型多样(Variety)、应用价值高(Value)以及数据产生和处理速度快(Velocity)的特点,从这点来看符合大数据的“4V”特征^[6-7]。地质大数据的利用意味着大数据思想被成功地拓展至地质领域,相关试点城市及多个地质调查单位也相继部署开展地质大数据平台建设的研究工作^[8-11],促进了地质学科朝着更加信息化、智能化的方向发展,这也表明在地质大数据在数字化应用上有潜在的利用价值等待发掘。

目前,地质大数据技术是众多地学工作者和相关机构的研究重点。其中围绕地质大数据获取和平台搭建方面已经取得了初步成效,中国地质调查局2017年发布了“地质云”地质大数据共享服务平台^[12-13],该系统的上线为社会提供了专业的地质大数据信息服务。这表明在云计算背景下地质大数据是地质领域的前沿话题,地质大数据的开发与利用也是相关科研人员亟须进一步探索与细化的研究方向。

2 地质大数据技术在新一轮找矿突破战略中的应用

2.1 数据平台建设研究

地质调查数据往往包含了地理坐标、岩石类型、矿

物含量等多种信息,因此地质数据不仅具有大数据的特性,同时具备多属性特征。在以多属性对象为主体进行评价决策的通用平台建设时,应从大数据视角出发利用信息化手段促进数据资源的有效整合和共享。

2.1.1 建库

2.1.1.1 信息化视角下的常见数据类型

地质数据往往具有复杂的空间分布和时间序列特征,因此在处理和分析时需要充分考虑其时空属性。此外,由于地质数据的多样性和复杂性,不同类型的数据之间可能存在相互关联,需要进行综合分析和集成应用。从信息化的视角来看,地质调查数据有以下几种常见类型。

(1)数值数据:指以数字形式表示的数据,是量化信息的基本形式。例如经纬度坐标、高程、深度等用于描述地质体空间位置的地质测量数据,还包括地球物理、地球化学等领域采集的原始数据和实验测试数据,是地质数据中重要的组成部分。

(2)空间数据:用来表示空间实体的位置和拓扑关系等信息,是对具有定位意义的事物的定量描述,包括GIS地图数据、地形数据和数据属性表格等。空间数据引擎通过特定的数据接口在关系型数据库中组织存储和访问空间数据,实现了空间数据的高效集成和管理。

(3)图像数据:是图像信息的数字化表示,主要来源于卫星遥感及无人机获取的多光谱、多种分辨率的遥感影像数据。通过计算机算法对地物进行自动识别和分类提高了图像解译的准确性,为地质学科的研究和应用提供数据支持。

(4)文档数据:多指以文字和图表等形式记录信息的文件,包括结构化、半结构化和非结构化数据。随着文本分析技术的进步,现已可在一定程度上开展海量文档数据的快速筛选,有助于数据处理及后续集成。

(5)其他类型数据:除上述数据类型外,还有其他类型的数据,如音频数据和传感器数据等。每种类型都有其特征和应用场景,在信息化时代,有效地收集、处理和分析各种类型的数据并加以甄别和清洗是构建数据库的重要基础。

2.1.1.2 多源异构数据库的建库方法

在新一轮找矿突破战略行动中涉及大量的数据,包括地质图、遥感影像、地球物理和地球化学数据等。

利用大数据技术有助于整合多源异构数据,还可以利用统一模式进行管理,提高数据检索和分析效率。

(1)明确需求和目标:这是多源异构数据库构建过程中的关键一步,需要确定数据来源和数据类型,评估需要存储和处理的数据量,明确数据库的应用场景,如地质勘探、矿产资源开发或地质环境监测等。

(2)数据收集与预处理:从多种来源(例如地质调查资料、航空遥感数据、互联网共享平台)中收集地质大数据,对收集到的数据进行预处理,包括数据清洗、格式转换、去除重复值和异常值等,确保数据质量。

(3)数据库模式设计:根据数据类型、数据量和应用需求,选择合适的数据库管理系统,并根据数据的特点和应用需求,设计数据库模式,包括表结构、字段定义、索引等。对于异构数据,需要设计多个表或视图来存储不同的数据结构,同时保持数据之间的关联性和一致性。

(4)数据导入与集成:将预处理后的数据导入到数据库中,对不同来源的数据进行集成。对于异构数据库系统,需要构建多源异构数据框架,针对结构化数据建立相应的数据表和视图,针对非结构化数据采取专门的数据库管理系统并与结构化数据建立关联。基于全局的数据模式或视图,能够实现对不同来源数据的高效灵活的访问和管理。

(5)系统优化与维护:对数据库进行优化,包括调整数据库参数、优化查询语句等,以提高数据库的性能和响应速度,并且在系统使用过程中根据业务需求定期更新和维护。同时由于地质数据多包含涉密资料,在数据库运行中也要确保数据安全性,可以采取访问控制、数据加密、备份与恢复等措施来加强数据的保密管理。

2.1.2 筛选

在数据平台建设中,从庞大的数据集中筛选与需求目标紧密相关的关键特征数据,可有助于减少数据处理的成本,提高数据库模型的准确性。不同的特征数据对评价结果的贡献程度不同,因此,在确定特征属性后要为其赋权以体现该属性在评价中的重要性和影响程度。随着数据的不断扩展和业务需求的变化,根据新的数据环境对权重进行动态优化调整也十分必要。

2.1.3 评价

数据平台建设研究中的评价是一个复杂且多维度

的过程,其中多属性评价可分为定量和定性两种情况。定量评价主要建立在统计学的基础上,通过数量化的方式对研究对象进行测量和分析,根据实际情况,可以选用插值、回归、双回归等算法进行定量评价。定性评价侧重于对研究对象的特征以及相关定义的描述,它更加关注于不确定性问题,当面对具有模糊性的量时,可以引入模糊综合评价进行研究。

2.1.4 决策

决策可视为数据平台建设成效的体现,在数据平台建设部署决策时需要综合考虑技术、资源、管理以及政策等多个方面,可采用一些辅助决策方法包括相似性分析、趋势分析和知识库等为决策提供参考。为提高决策与业务需求的契合度,在决策阶段应明确决策的核心目标,比如增加效益、降低风险等,筛选和评价不同的策略方案,在多维目标框架下,选择最优策略组合,进而推动数据平台建设的成功实施。

本小节提供了一种系统建设的通用方法,但在实际建设中还可以根据不同的建设需求和项目具体情况进行拓展和裁剪,决策的模型和算法也需要因地制宜地动态修正,以确保系统建设的顺利进行。

2.2 大数据找矿信息平台建设构想

2.2.1 总体架构

为支撑地质找矿工作的高效进行,我们提出一个以信息化建设支撑地质找矿工作为目标,以矿产资源大数据为基础的大数据找矿信息平台。该平台主要面向业务技术部门,旨在通过系统化和平台化的方式聚合多种矿产资源数据,并可对其属性信息进行复合统计,实现对找矿突破战略行动的全面协调和管理。

大数据找矿信息平台基于 GeoScene 地理信息平台搭建,在三维场景中进行上图展示,实现矿产资源的统计分析,主要包括地质调查图层控制、矿种分类统计、承担单位调查区统计、年度调查区统计、资源类型调查区统计和行政区划调查统计等六大模块(图1)。平台依据上述主要功能可以为地质分析和资源评价提供直观、全面的数据支持,也为矿产资源规划、开发和管理提供有力的数据支撑和决策依据。

2.2.2 层次划分

大数据找矿信息平台的系统架构采用面向服务的设计思想,通过贯穿多个层次的管理系统实现各层之间的协同工作,为模块的各类业务应用提供数据资源

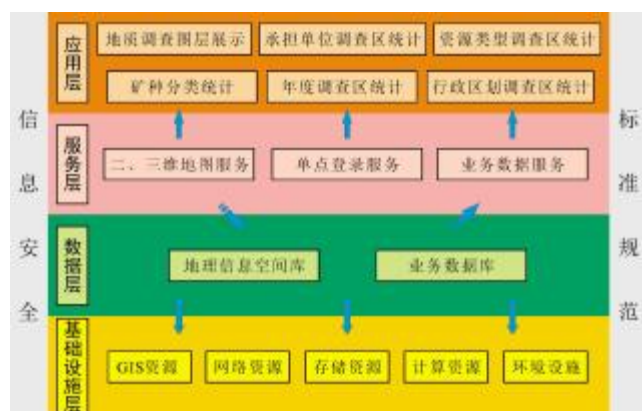


图1 体系层次架构

Fig. 1 Framework of system levels

服务和功能服务。平台架构包含4个层次,即基础设施层、数据层、服务层、应用层,如图1所示。其中基础设施层提供平台建设所需要的各种软硬件资源服务,为系统的运行提供基础设施保障。数据层包括两个数据库,即业务数据库和地理信息空间数据库。业务数据库负责存储与找矿相关的业务统计数据,地理信息空间数据库负责存储与采矿空间信息相关的空间数据,建立基于地质、遥感、物探和化探数据的多源异构综合矿产数据库,为智能找矿提供数据基础。服务层是平台的核心层,向用户提供包括单点登录、业务数据读取和二、三维地图显示多种服务。应用层采用React开发框架和成熟的前端UI库搭建,通过深度机器学习对地质矿产等数据资料中的找矿信息相关特征进行有效提取,自动圈定成矿深部异常组合部位,准确而有效地实现找矿信息识别。

3 小结与展望

本文围绕地质大数据及其在地学领域的应用,并从数据平台建设和大数据找矿信息平台建设构想出发,阐述了地质大数据在新一轮找矿突破战略行动中的支撑作用。大数据找矿信息平台以多种矿产资源数据为基础,实现了数据统计和功能交汇的可视化,为矿产资源的协同管理和整合分析提供了科学参考。

目前,大数据找矿信息平台的建设仍处在探索性阶段,矿产资源数据的统计分析相对于用户多元化的需求尚显不足,需要在下一步工作中继续优化平台的数据处理算法与功能模块,打造标准化、智能化的工作环境,为地质调查提供信息保障。该平台推进了地质

勘探技术和大数据信息技术的融合,现阶段仍然存在较大的创新空间,未来可以采用数据挖掘与模式识别算法以实现大量矿产数据的处理与分析,建立更加准确、全面的矿区信息库。

总之,大数据分析技术通过提供深入的数据洞察和高效的分析工具,为地质找矿带来新的契机,使矿产资源的探索 and 开发更加科学、高效和环保。随着技术的不断进步,大数据分析在地质找矿领域的应用前景将更加广阔。

参考文献(References):

- [1]任辉.对新一轮找矿突破战略行动相关问题的进一步研究[J].中国煤炭地质,2022,34(11):1-8,13.
Ren H. Further study on the related issues of the new round of prospecting breakthrough strategy[J]. Coal Geology of China, 2022, 34(11): 1-8, 13.
- [2]中华人民共和国自然资源部.自然资源部举行找矿突破战略行动十年成果发布会[EB/OL].<https://www.mnr.gov.cn/dt/zb/2021/zktp10/>, 2021-02-25.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. The Ministry of Natural Resources held a conference on the results in the decade of prospecting breakthrough strategy action[EB/OL].<https://www.mnr.gov.cn/dt/zb/2021/zktp10/>, 2021-02-25. (in Chinese)
- [3]自然资源部中国地质调查局.新一轮找矿突破大讨论——地质大数据、人工智能应用研讨会在京召开[EB/OL].https://www.cgs.gov.cn/xwl/ddyw/202302/t20230209_723983.html, 2023-02-09.
China Geological Survey, Ministry of Natural Resources. A discussion on the new round of prospecting breakthrough: The seminar on the application of geological big data and artificial intelligence held in Beijing[EB/OL].https://www.cgs.gov.cn/xwl/ddyw/202302/t20230209_723983.html, 2023-02-09. (in Chinese)
- [4]齐钊宇,李晓蕾,孔昭煜,等.面向新一轮找矿突破战略行动的地质资料服务需求与产品设计研究[J].中国矿业,2023,32(10):47-53.
Qi F Y, Li X L, Kong Z Y, et al. Research on geological data service demand and product design for the new round of prospecting breakthrough strategy[J]. China Mining Magazine, 2023, 32(10): 47-53.
- [5]谭永杰,刘荣梅,朱月琴,等.论地质大数据的特点与发展方向[J].时空信息学报,2023,30(3):313-320.
Tan Y J, Liu R M, Zhu Y Q, et al. On the characteristics and development directions of geological big data[J]. Journal of Spatio-temporal Information, 2023, 30(3): 313-320.
- [6]郭贺铨.大数据时代的机遇与挑战[J].求是,2013(4):47-49.
Wu H Q. Opportunities and challenges in the big data era [J]. Qiushi,

- 2013(4): 47–49. (in Chinese)
- [7] 陈建平, 李靖, 谢帅, 等. 中国地质大数据研究现状[J]. 地质学刊, 2017, 41(3): 353–366.
- Chen J P, Li J, Xie S, et al. China geological big data research status [J]. Journal of Geology, 2017, 41(3): 353–366.
- [8] 吴龙华, 朱月霞, 侯振华, 等. 基于“互联网+”思路的地质大数据平台建设研究[J]. 中国矿业, 2023, 32(5): 65–74.
- Wu L H, Zhu Y X, Hou Z H, et al. Research on the construction of geological big data platform based on the idea of “Internet+” [J]. China Mining Magazine, 2023, 32(5): 65–74.
- [9] 于广婷, 刘同文, 曹发伟, 等. 地质大数据轻量化集成展示与专题应用[J]. 测绘通报, 2021(11): 140–144.
- Yu G T, Liu T W, Cao F W, et al. Lightweight integrated presentation and thematic application of geological big data[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2021(11): 140–144.
- [10] 王凯, 刘媛媛. 吉林省地质大数据中心建设初探[J]. 吉林地质, 2021, 40(4): 80–82.
- Wang K, Liu Y Y. Preliminary discussion on the construction of geological big data center in Jilin Province[J]. Jilin Geology, 2021, 40(4): 80–82.
- [11] 王宏, 于雪鸥, 曾涛, 等. 面向地质大数据应用的云平台管理系统建设及其应用[J]. 能源与环保, 2023, 45(4): 245–253.
- Wang H, Yu X O, Zeng T, et al. Construction and application of cloud platform management system for geological big data application [J]. China Energy and Environmental Protection, 2023, 45(4): 245–253.
- [12] 杨宇谦. 地勘单位参与“大数据”项目建设的现状、问题及对策[J]. 中国国土资源经济, 2018, 31(7): 31–34.
- Yang Y Q. Current situation, problems and countermeasures of geological prospecting units participate in the “big data” project construction [J]. Natural Resource Economics of China, 2018, 31(7): 31–34.
- [13] 刘苏庆. 地质大数据分析关键技术研究与应用——以淮南地面塌陷为例[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2021.
- Liu S Q. Research and application of key technologies of geological big data analysis: Taking the ground collapse in Huainan as an example [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2021.
-
- (上接第 584 页/Continued from Page 584)
- [16] 宋国学, 秦克章, 王乐, 等. 黑龙江多宝山矿田争光金矿床类型、U–Pb 年代学及古火山机构[J]. 岩石学报, 2015, 31(8): 2402–2416.
- Song G X, Qin K Z, Wang L, et al. Type, zircon U–Pb age and paleo-volcano edifice of Zhengguang gold deposit in Duobaoshan orefield in Heilongjiang Province, NE-China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2015, 31(8): 2402–2416.
- [17] 赵鹏大, 孟宪国. 地质异常与矿产预测[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1993, 18(1): 39–47.
- Zhao P D, Meng X G. Geological anomaly and mineral prediction[J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 1993, 18(1): 39–47.
- [18] 叶天竺, 吕志成, 庞振山, 等. 勘查区找矿预测理论与方法(总论) [M]. 北京: 地质出版社, 2014.
- Ye T Z, Lyu Z C, Pang Z S, et al. Theory and method of prospecting prediction in exploration area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014. (in Chinese)
- [19] 王世称. 综合信息矿产预测理论与方法体系新进展[J]. 地质通报, 2010, 29(10): 1399–1403.
- Wang S C. The new development of theory and method of synthetic information mineral resources prognosis [J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(10): 1399–1403.
- [20] 邵军. 黑龙江省呼玛–漠河地区岩金矿综合信息成矿预测[D]. 长春: 吉林大学, 2005.
- Shao J. Metallogenic prediction based on synthesis information for endogenic gold deposits in Huma–Mohe area, Heilongjiang Province [D]. Changchun: Jilin University, 2005.
- [21] 叶水盛. 综合信息矿产预测系统在内蒙古大兴安岭东南部多金属矿床密集区预测应用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- Ye S S. Applied study on the prediction with the prediction system of comprehensive information mineral resources in the concentration region of polymetallic deposits at the southeast section of Daxinganling Mountains in Inner-Mongolia [D]. Changchun: Jilin University, 2007.