

全球矿产资源信息系统总体设计思路与关键技术

何学洲^{1,2}, 陈秀法^{1*}, 李玉龙¹, 王杨刚¹, 高爱红¹, 张振芳¹, 张伟波¹, 王秋舒¹, 李磊³, 宋崇宇¹, 张明华¹

He Xuezhou^{1,2}, Chen Xiufa^{1*}, Li Yulong¹, Wang yanggang¹, Gao aihong¹, Zhang Zhenfang¹, Zhang Weibo¹, Wang Qiushu¹, Li Lei³, Song Chongyu¹, Zhang Minghua¹

1 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;

2 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074;

3 中国地质调查局天津地调中心, 天津 300170

1. Development Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China;

2. China University of Geosciences (Wuhan), Hubei 430074, Wuhan, China;

3. Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China

摘要: 以全球地质、矿产资源、矿业政策与投资环境三个方面数据整合及分析为基础, 建立全球矿产资源信息系统, 通过多源数据发现全球矿产资源潜力有利区、开展全球投资环境动态评价、提升全球及区域尺度地质研究能力、服务我国“走出去”矿业企业对于保障国家资源安全具有重要意义。近些年来, 在全球地质矿产数据库建设的基础上, 结合网络资源服务、数据接口、空间分析、数据抓取等技术方法, 构建全新的系统业务体系框架, 重新设计了全球矿产资源信息系统各项功能, 形成了较完整的全球数据获取、加工、管理、共享、服务和分析的业务流程体系, 研发了基于业务内网的全球地质矿产大数据平台、互联网服务的全球地质矿产信息网、全球矿产资源数据管理系统、矿业项目投资环境评价系统、矿业政策信息系统、战略性矿产储量填报信息系统等多个业务子系统, 实现了多源数据关联检索、远程资源的共享调用、投资环境评价分析、基础数据资料采集管理和矿产资源可视化分析等系统功能, 对于研究矿产资源的分布、分析不同矿产成矿规律、评价矿产资源国家投资环境、谋划全球矿产资源勘查开发重点区域, 从而进一步支撑服务国家能源资源安全保障, 服务部局决策和矿业企业具有现实意义。

关键词: 全球矿产资源信息系统; 全球矿业政策数据库; 投资环境评价; 矿业项目; 战略性矿产资源; 地理信息系统; 系统设计

Design and Key Technologies of Global Mineral Resources Information System.

Abstract: Using modern information technology, based on the integration and analysis of data from three aspects: global geology, mineral resources, and mining policies and investment environments, global mineral resources information system was build. This system can use multiple data sources to discover potential mineral resource-rich areas around the world, make dynamic assessments of global investment environments, and enhance geological research capabilities at global and regional scales. It is of great significance in ensuring national

¹资助项目: 中国地质调查局项目《战略性矿产资源政策与投资环境评价》(编号: DD20211404)、《‘一带一路’资源与环境信息采集及产品开发》(编号: DD20190455)

作者简介: 何学洲(1982-), 男, 博士, 正高级工程师, 从事境外地质调查、全球地质矿产信息研究相关工作。E-mail: hexuezhou2001@163.com

*通信作者: 陈秀法(1976-), 男, 博士, 正高级工程师, 从事境外地质矿产研究工作。E-mail: Cxiufa@mail.cgs.gov.cn

resource security. In recent years, based on the construction of global geological and mineral databases, we have restructured the system's architecture framework using techniques such as network resource services, data application services interfaces, spatial analysis, and web data crawlers. This has resulted in a relatively complete work process system for data retrieval, processing, management, sharing, services, and analysis at the global level. We have developed various application systems, including a global geological and mineral big data platform based on an intranet, a global geological and mineral information website based on internet services, a global mineral resources management system, a mining project investment environment evaluation system, a mining policy management system, and a strategic mineral reserves filling information system. These systems provide functions such as multi-source data correlation, remote resource sharing and retrieval, investment environment evaluation analysis, basic data collection and management, and mineral resource visualization. They have practical significance for studying the distribution of mineral resources, analyzing different mineralization laws, evaluating the investment environment of mineral resource countries, and planning key areas for global mineral exploration and development. Ultimately, they support national energy and resource security, support high level decision-making and benefit mining companies.

Key words: global mineral resources system; global mining policy database; investment environment evaluation; mining project, strategic mineral resources; GIS; system design

矿产资源是社会经济发展、科学技术进步和人类赖以生存的重要物质基础，是人类发展进步的必要先决条件（滕吉文，2007）。中国正处于工业化中后期和城镇化攀升期，对于矿产资源的需求极其旺盛，据统计中国约有 20 多种矿产资源依赖进口，其中部分矿产资源对外依存度超过 70%，少数矿种对外依存高达 90% 以上（干勇，2022）。近些年，中美博弈、世纪疫情和俄乌战争导致世界各国经济呈现衰退的迹象，也给全球矿产资源贸易和勘查开发投入带来了深刻的影响。以美国、欧盟、英国、澳大利亚、日本为代表的发达国家陆续公布关键矿产清单，以应对新兴技术产业发展带来的海外资源依赖度提升，以及全球初级原料生产集中化、贸易争端、资源民族主义、地缘冲突等带来的矿产资源供应中断的风险（李宪海，2021；中国科学院可持续发展战略研究组，2006），这也给中国矿产资源和产业链供应链安全提出了严峻的挑战。建立信息丰富、数据完善、功能完备的全球矿产资源信息系统，支撑全球重点区域、重点矿种的资源潜力评价与分析预测，利用海量数据驱动多类型、多层次、多尺度的地质矿产产品开发，服务国家新一轮找矿突破战略行动及“走出去”企业，对于支撑国家能源资源安全具有重大意义。

国外地质调查机构在矿产资源信息共享、数据服务和分析应用方面工作起步较早且比较系统，尤其以美国、英国、德国、加拿大、澳大利亚等发达国家为代表的地质调查机构在数据标准、产品与服务体系、技术研发等方面最为丰富、应用最为广泛和深入。英国倡导了“地质一张图”（OneGeology）计划，澳大利亚提出“玻璃地球”和数据战略计划，加拿大提出了开放策略“Open Data”等。美国则建设了 MRDS，且完成了全球矿产资源多轮的评价与分析，美国标准普尔公司建立的 SNL 数据库及平台广泛的应用于矿产企业（刘树臣等，2003；刘炜等，2022）。

中国则是不同程度建立了国家、省份、市县及矿区等层次的地质矿产信息应用系统。国家层面研发了“地质云”平台和地质资料信息服务等系统，聚焦国内数据共享、产品服务开展了大量工作（高振记等，2022；王亮等，2019；赵林林等，2019；吴小平等，2020；郑啸等，2015；魏东琦，2022；王斌等，2018）。地方和行业部门则是以辖区内矿产资源数据管理、矿业权管理等为目的，建立了省、市等不同级别的信息管理系统，实现了矿产资源的空间化管理与展示（杨秋丽，2018；孔大刚，1994；杨文森，2011；陈鑫祥，2013；周冬锁，2014；孙智宏，2010；张雅杰，2007；樊省状，2008；韩冰，2011；康晋

明, 2007; 邓鹤, 2016; 程永寿, 2007; 高歆, 2006; 李东江, 2008) 全球矿产资源信息系统则于 2010 年左右开展着手建设, 并积累了大量的数据资源 (王明果, 2011; 郝秀强, 2005; 韩九曦, 2005)。

为了服务中国战略性矿产资源安全保障, 在全球地质矿产数据积累的基础上, 建设全球矿产资源信息系统、分析评价主要投资国投资环境与资源潜力, 服务“走出去”矿业企业、支撑政府决策十分必要。自 2019 年以来, 笔者围绕全球地质矿产多源数据汇聚、信息共享和分析决策为需求, 重构了全球矿产资源信息系统的总体框架, 搭建完成了以专题和应用相结合的业务应用体系, 重新研发的全球矿产资源信息系统基本实现了内部数据的共建共享、对外产品与信息的动态服务, 依托本系统开展了矿业项目分析管理及投资环境评价、信息服务和产品开发等工作(何学洲, 2024; 陈喜峰, 2021; 《世界矿情·亚洲卷》编写组, 2024), 为国家能源资源安全保障研究相关工作提供坚实的数据基础和必要的技术支撑。

1. 全球矿产资源信息系统总体设计思路

全球矿产资源信息系统以基础数据、产品开发、决策分析为建设目标, 以构建“全局一盘棋、内外两张网、三个核心数据库、N 个专题应用”为建设思路, 推动全球地质矿产等多领域基础数据在全局及行业范围内的联通共享, 驱动地质矿产等产品的研究与开发, 构建矿业投资环境预警分析的决策平台, 支撑国家决策, 服务“走出去”矿业企业。通过全球矿产资源信息系统业务体系建设, 最终形成“数据配套、产品联动、业务协同、预警研判”的信息化支撑下的境外地质矿产分析评价解决方案。

1.1 总体框架设计

全球矿产资源信息系统按照物理分布、逻辑集中的设计原则, 系统总体划分为五个层次: 基础设施层、数据基础层、平台支撑层、应用服务层和用户接入层。图 1 为全球矿产资源信息系统总体框架设计。

(1) 基础设施层是系统架构中的底部基座, 为各类系统运行提供基础运行环境的支撑, 主要包括存储地质矿产等空间数据的数据库软件、运行系统等各类平台的应用服务软件、发布地理信息服务及提供空间分析的 GIS 服务软件以及承载各类软件系统的服务器、网络设备及安全设备等。

(2) 数据基础层主要承载基础地质、矿产资源、矿业政策及投资环境等数据和产品, 包括结构化空间数据和属性信息 (地质、矿产资源等专业数据)、非结构化的文件类型数据、矿业资讯等文本信息等, 数据基础层按照数据及产品内容进行分类, 按照由数据衍生产品的思路建立数据与产品的关系, 并由数据表主键与产品表外键关联。

(3) 平台支撑层是桥接应用服务层与数据的中间件, 以数据接口、服务接口、处理函数及相关算法为表现形式, 实现应用服务层与数据基础层的通讯。例如, 对外提供矿业项目接口、各类空间数据 WMTS、WMS 服务接口以及内部矿业信息调用的接口等。

(4) 应用服务层主要提供对外服务接口, 该层集成数据管理、用户管理、数据检索、可视化表达、图件浏览、空间分析等相关系统应用, 按照专题或系统的形式进行集成, 直接服务于各类用户, 向用户提供相关的应用服务。

(5) 用户接入层则是系统功能封装的载体, 用户通过客户端或者服务接口调用等方式获取系统提供的各类服务与应用, 通过系统 UI 调用各类功能与数据服务。

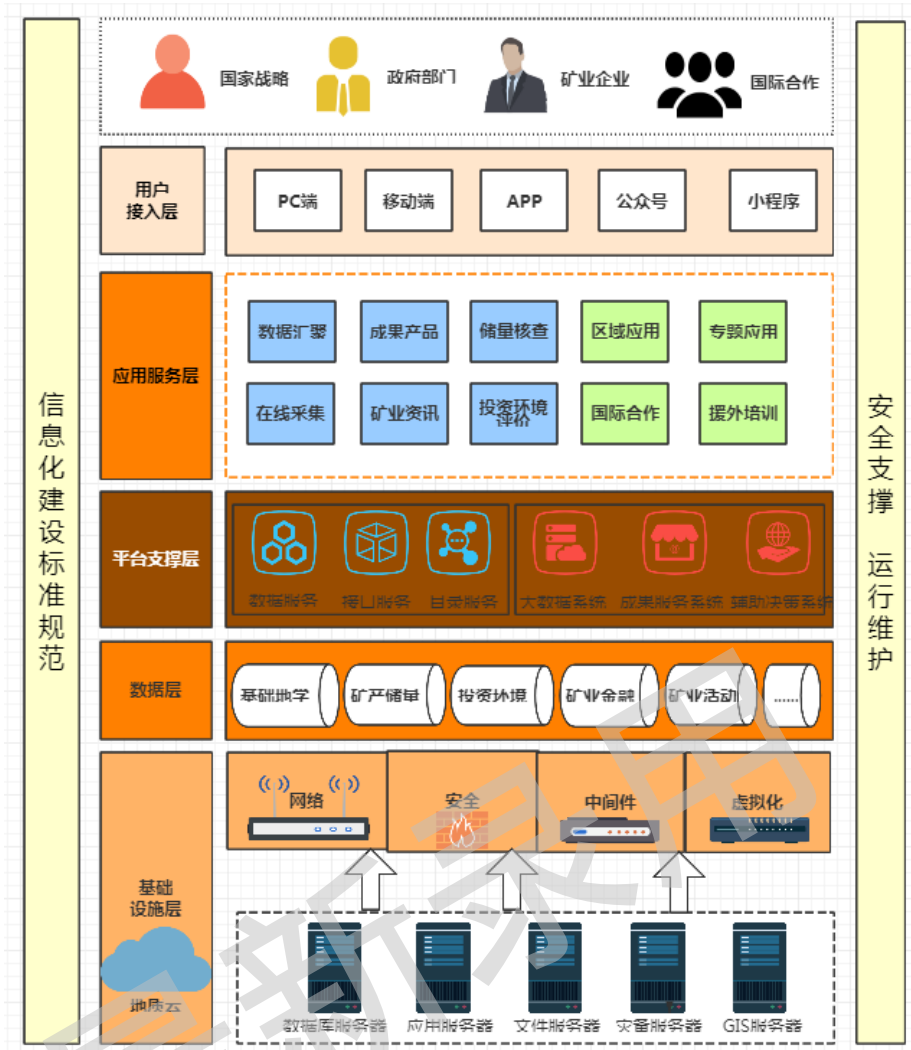


图1 全球矿产资源信息系统架构图

Fig.1 Architecture of global mineral resources information system

1.2 系统数据库设计

全球矿产资源信息系统承载的数据主要包括基础数据库和产品库两部分。图2为全球矿产资源信息系统数据库的内容设计。

(1) 基础数据库主要承载基础地质、矿产资源及矿业政策与投资环境三个领域的内容。其中地质部分包含了岩石、地层、构造、地球物理、地球化学及遥感等内容；矿产资源包含了矿床、矿业项目、矿业公司、矿业权等矿业活动为主的数据；矿业政策与投资环境包含了矿业法律法规和矿业投资相关的基础设施、劳工、灾害、治安等数据信息。

(2) 产品库是基于基础数据库内容，按照区域（全球、大洲、国家、成矿区带等）、矿种及综合三个方面进行研发形成的数据包、研究报告、专著、图件、文章等专题产品，是服务用户的最终产品。



图2 全球矿产资源信息系统数据库框架

Fig.2 Database structure of global mineral resources information system

2 全球矿产资源信息系统构建研发

全球矿产资源信息系统属于综合性系统平台，支撑矿产资源安全保障，需具备全球地质矿产等各类数据采集汇聚的能力，具备数据管理的能力，具有数据分析及评价的能力以及具有信息服务的能力。为实现以上功能，全球矿产资源信息系统从数据出发，研发了数据采集软件系统，实现各类数据的标准化采集、收集；研发了境外地质矿产大数据平台，对采集的各类数据进行管理、统计，实现数据分级配置；研发了矿业项目统计分析系统，实现各类矿产资源的综合统计与分析，实时了解全球矿产资源综合情况；研发了镍矿项目投资环境评价信息，分析目标矿业项目周边投资环境情况，并给出投资建议；研发了全球地质矿产信息网，基于各类数据、产品的研发情况，通过全球地质矿产信息网对外提供信息服务。图3 为全球矿产资源信息系统各功能模块组成情况。

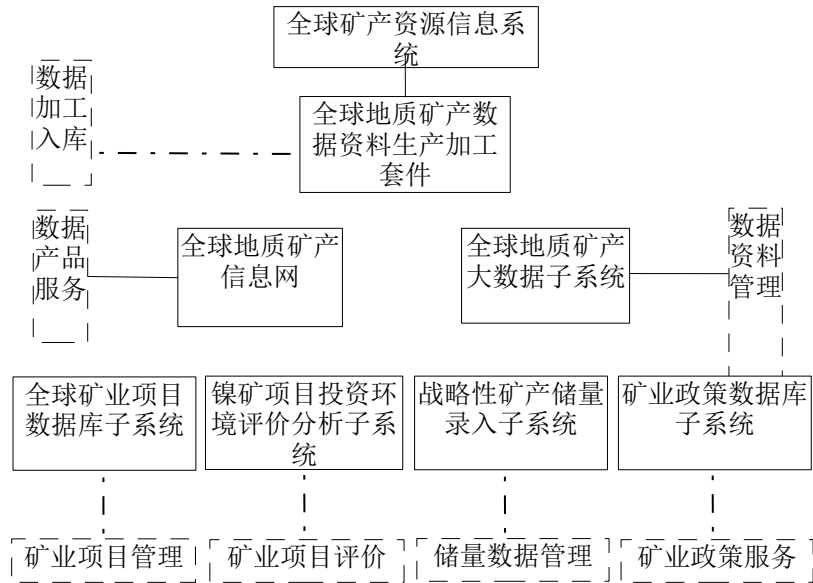


图3 全球矿产资源信息系统功能模块组成

Fig.3 Function of global mineral resources information system

(1) 规范数据采集内容与格式，实现全球地质矿产数据规范化与标准化是后续矿产资源数据调用、管理和资源分析的重要基础。根据全球矿产资源信息系统业务流程构建需要实现对境外国家的地质、矿产、矿业政策相关数据资料的规范化、标准化，构建研发了各类数据及产品元数据的信息采集生产加工套件，采集的信息包括了数据国家、数据类相关数据范围、数据语言、数据源、缩略图、分类分级等内容，为说明解释原始数据提供丰富数据描述信息。

(2) 采集以后的数据需要便捷的管理实现数据的快速调用。大数据管理子系统可以根据用户对数据类型、数据格式及数据区域等要求实现数据及相关产品的动态加载，完成不同类型数据的空间可视化显示表达及渲染，提供多种条件的查询，实现元数据、数据接口等不同方式的数据资源接入方式，同时研发了在线订单、快速制图、数据分布统计等功能并提供数据服务接口、地图服务接口及其他应用服务接口，允许通过资源注册实现与分节点的资源对接，为专题及其他应用系统提供基础数据服务。

(3) 海外矿业项目是中国资源安全保障的重要途径，开展矿业项目基础信息采集，建立矿业项目数据库为后续资源评价和服务“走出去”企业都十分重要。首先需要采集矿业项目详细信息，包括名称、所属国家、所属公司、主要矿种、次要矿种、资源量、储量、运营时间、成矿类型等等，并建立矿种、国家、大洲、所属公司之间的相互关系，便于对重点矿业项目进行跟踪与分析。通过研发全球矿业项目数据库系统和储量信息录入系统，一方面实现矿业项目数据增删改查、导入导出等数据管理功能，同时可以按照区域、矿种国家、公司等多种属性进行统计，其中建立矿业新闻、矿业权、矿业项目、矿业企业等矿业活动信息与国家、大洲、矿种等信息的关联，摸清排查战略性矿产储量信息，为后续矿业项目数据分析奠定基础。

(4) 精准分析矿业项目信息，建立矿业项目评价模型，开展矿业项目资源潜力与投资环境评价。镍矿评价系统以镍矿为样本，对镍矿所有的矿业项目的资源量、储量、品位等信息进行资源价值评价，定义相关权重，并计算得到不同镍矿项目的资源排序与得分。再通过矿业项目周边基础设施、劳工、灾害、治安等投资环境信息进行投资环境评价，得到投资环境的排序与综合得分，最后结合矿业项目资源价值和投资环境综合评价情况，分析得出所选择的矿业项目投资环境综合情况，为企业赴境外国家进行矿业项目投资提供参考。

(5) 基于已收集的全球地质矿产数据资料、矿业项目和储量信息、矿业政策文本资料等内容，搭建了对外服务与宣传的全球地质矿产信息网站，网站设置不同栏目与专题，经过整理和处理后的数据和产品会通过全球地质矿产信息网对外发布。目前，全球地质矿产信息网中提供的服务主要包括矿业资讯、矿业项目、地质数据、矿产数据、研究报告、专业图件等内容，用户也可以在本网站中检索全球矿产资源信息管理系统管理的境外地质矿产元数据、产品，访问使用其他矿业项目数据库子系统、矿业政策数据库子系统专题应用。

3 系统关键技术

3.1 多源异构数据集成与融合

全球矿产资源信息系统涉及数据的专业领域多、数据范围广、时间跨度大、专业性强，尤其是数据来源多样，存在众多不同类型的数据格式、多样的坐标参考系统、不一致的数据结构等，给数据库建设、数据资源应用和数据资料融合带来了挑战。通过系统分析与梳理，全球矿产资源信息系统编制了数据库建设指南标准、统一了数据存储结构、研发了数据清洗与整理的生产加工套件，通过数据格式转换、服务接口调用、地图服务、资源注册等多种方式来实现各类数据的调用与管理，从而保证不同尺度、不同坐标系统、不同格式的数据可以在系统中进行使用。其中，中心节点与分节点研发了资源注册机制，确定了唯一的数据资源编号，制定了数据资源元数据标准，各节点可以相互以资源注册的方式共享资源信息，实现资源的共享、共用（图4为栅格数据的集成注册管理）。

序号	ID编码	分册名称	元数据名称	国家	专题类型	注册人	状态	操作
1	8b9b7f024a54e68699af0d8133417669	印度尼西亚50万能源资源图	苏门达腊50万石油天然气分布区域图(北部)	印度尼西亚	能源矿产资源	何宇洲	正常	删除
2	1b0f03b0f5b440587504e064f92773e	印度尼西亚150万区域地质图	苏门答腊矿产分布图	印度尼西亚	金属非金属矿产资源	何宇洲	正常	删除
3	621b0849ea0743be9d5b00ae701af523	印度尼西亚50万能源资源图	苏门达腊50万石油天然气分布区域图(南部)	印度尼西亚	能源矿产资源	何宇洲	正常	删除
4	ef9523260f39460da07ca36ab5969eb	印度尼西亚50万能源资源图	苏门达腊50万石油天然气分布区域图(中部)	印度尼西亚	能源矿产资源	何宇洲	正常	删除
5	bab9c1b03ad49dc87135fbb3e682132	印度尼西亚325万矿产图	印度尼西亚25万经济矿产分布图	印度尼西亚	金属非金属矿产资源	何宇洲	正常	删除
6	b44ca07a3ac4730a98a4430c8acaf10	印度尼西亚25万地球物理图	TANJUNG PANDAN 25万水域总磁异常图(1213)	印度尼西亚	地球物理	何宇洲	正常	删除
7	5b9e9d9f46245db8023941eeef7889ab	印度尼西亚25万地球化学图	SUMATERA BAGIAN UTARA 25万地球化学勘察图(0421-0521)	印度尼西亚	地球化学	何宇洲	正常	删除
8	1c23b1681f94230be8799ca23a09e	印度尼西亚25万地球物理图	BAWEAN ISLAND 25万水域总磁异常图(1610)	印度尼西亚	地球物理	何宇洲	正常	删除
9	d40c16a903a1450b16685f3aa39a756	印度尼西亚25万地球物理图	MASALEMBO 25万水域总磁异常图(1710)	印度尼西亚	地球物理	何宇洲	正常	删除
10	6ad3abc235034ef1f9d349b63e857eff	印度尼西亚800万水工环地质图	印度尼西亚600万水工环地质图	印度尼西亚	水工环地质	何宇洲	正常	删除

图4 多源数据的集成注册管理

Fig.4 Integrate and register management for multi-source data

3.2 多维信息关联与分析可视化

多源数据的集成融合是实现数据共享、共用的重要手段，发现、分析和挖掘多源数据间的关系是全球矿产资源信息系统应用的重要方向。本系统基于地质、矿产及投资环境数据相互联系非割裂的特点，利用多源数据的地质特性、矿产属性、投资环境影响因素等信息，找到各类数据在矿业勘查开发链条上的关系，并直观的表现于系统中，提供用户深层次信息关系。例如，系统通过地区（国家）、矿种、时间、所属关系上的信息关联，发现所有相关的属性信息，通过单点的多维度信息关联，利用可视化统计分析工具展示国家、公司、矿种、政策、基础设施等有关的储量、品位、资源量等数据，最终以图表、报告、地图、文字等多种角度进行展现，为后续研究提供信息支撑（图5为矿业信息的关联检索）。

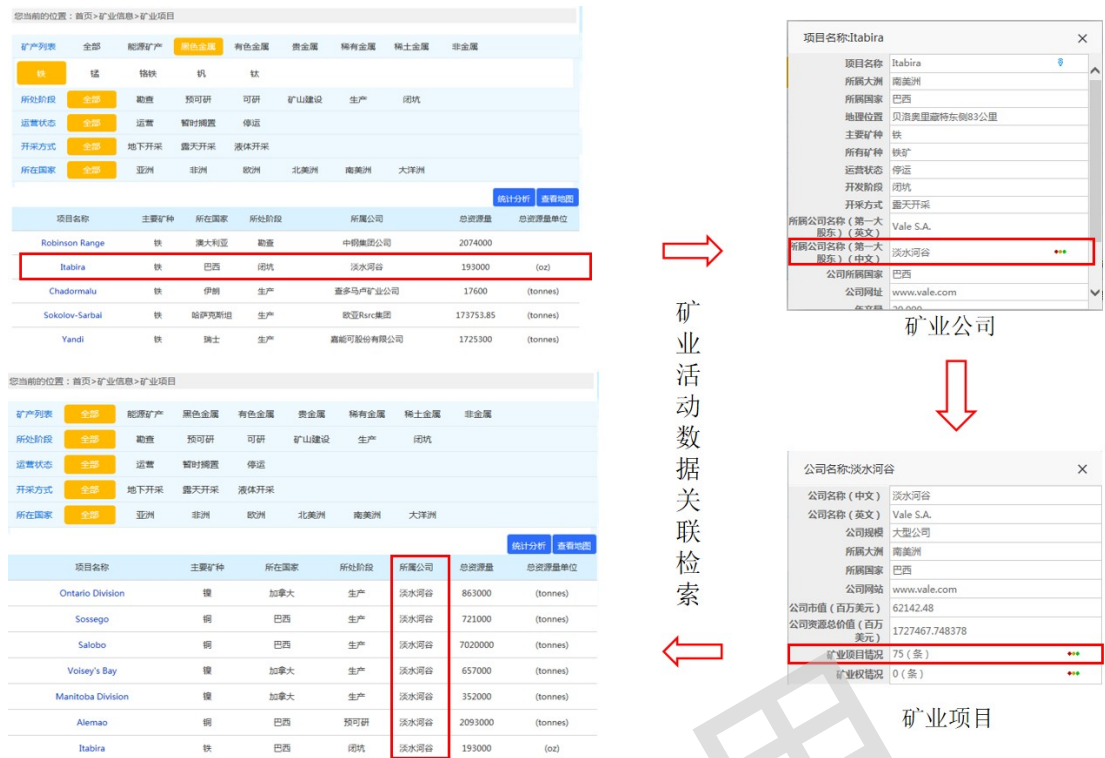


图 5 矿业信息的关联检索

Fig.5 Associative retrieval of mining information

3.3 矿业项目投资环境评价分析

矿业项目能否进行投资不仅仅在于资源禀赋，更重要的是该矿业项目是否具有可开采、运输、加工等变现盈利的要素，因此全球矿产资源信息系统的整个体系架构中，矿业项目评价是重要的关键环节。矿业项目投资环境评价分析，一方面是基于全球矿业项目数据库利用矿业项目的资源量、储量、品位、建成时间等矿产资源属性，通过熵值方法建立资源评价模型，形成对资源潜力的基本判断与评价；第二方面是基于全球投资环境数据库各类信息，利用矿业项目所处的区域位置，通过筛选待评价矿业项目一定区域内的铁路、公路机场、港口、电力等基础设施条件数据，筛选劳动力人口、成本、灾害、社会治安等社会环境数据，设定矿业项目各类投资环境的矩阵关系，使用 GIS 空间分析技术进行叠加运算然后综合设置各类资源评价与投资环境评价的双重参数权重指标，从而得到对矿业项目投资环境的综合评价结果，并利用一张图的方式对综合结果的判断与可视化表达（图 6 为镍矿项目投资环境评价可视化效果）。通过评价模型的运算为某一类矿业项目或某一个矿业项目投资进行评价，支撑矿业企业“走出去”开展矿业产能合作。

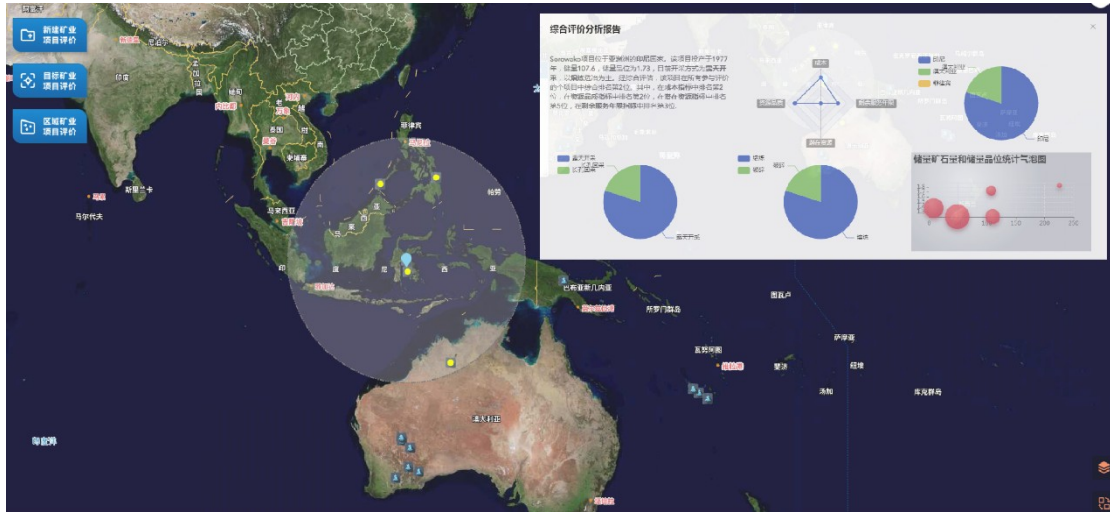


图 6 镍矿项目投资环境评价与可视化

Fig.6 Investment environment evaluation and visualization of Nickel ore project

3.4 栅格图件的时空表达

在收集的各类数据中，很大一部分资料是数字化扫描以后的栅格图件，由于这些图件没有进行纠正校准，所以很难与其他数据或信息进行空间叠加，无法充分的利用数据内容进行信息提取与分析。全球矿产资源信息系统利用 GIS 技术，对栅格图件进行了纠正校准赋予了扫描图件空间信息，使用镶嵌数据集（Mosica Dataset）实现了大批量栅格数据的拼接，并通过 Restful 实现了镶嵌数据集的地图服务发布。通过研发系列工具，实现了对栅格图件的空间化表达，与地质、矿产等要素进行空间叠加，并通过时间控件实现历史图件按照时间顺序进行检索（图 7 为栅格地质图件的空间叠加分析）。

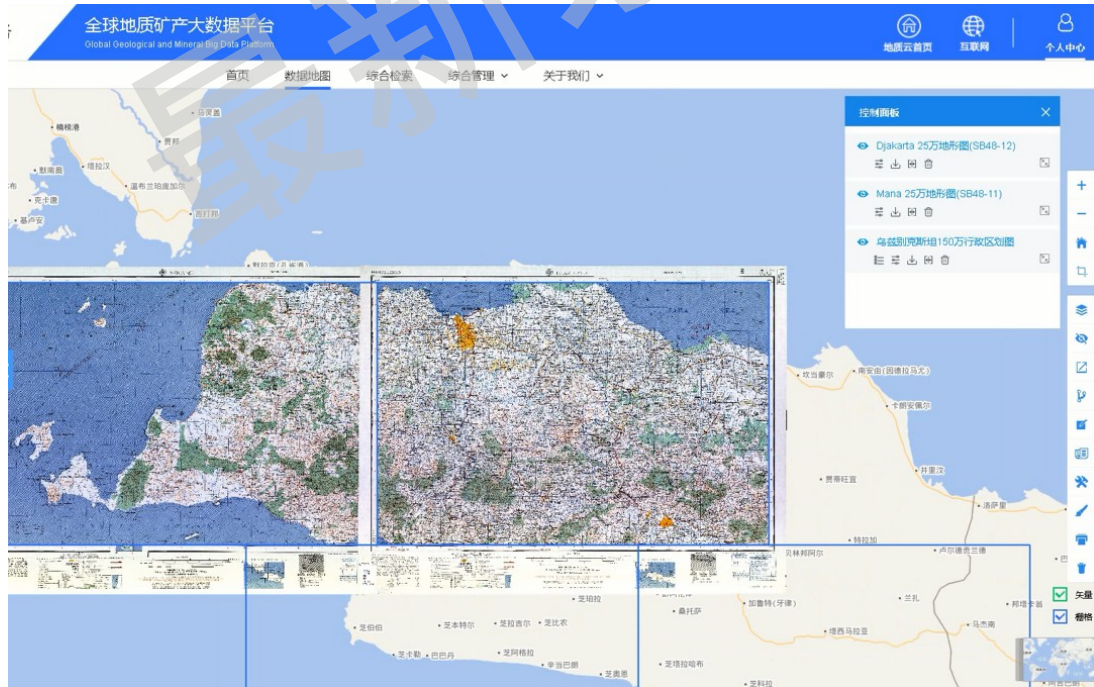


图 7 栅格地质图件的空间叠加分析

Fig.7 Spatial analysis of raster geological maps

3.5 基于元数据的全多节点数据目录在线

数据集成、产品集成与服务集成需要制定严格的数据标准，而元数据是描述各类数据

的数据，类似于数据摘要和数据目录，相对于复杂的数据库而言，利用元数据可以快速检索、更新、维护各节点数据目录及相关资源，保证各类数据的高可读性与获取的便利性，实现各类数据资源的快速融合。全球矿产资源信息系统利用元数据信息构建了统一的元数据库（目录库），元数据库则存储了系统中各类数据与产品的描述信息，这些信息主要包括数据及产品的名称、类型、格式、空间定位、比例尺、来源、所属单位、制作时间等等利用元数据访问操作的便捷性，搭建中心节点与各分节点的目录在线系统，形成各节点所属数据元数据的集成共享，通过元数据关联实体数据，提供在线的元数据台账中心，有效实现了主节点、分节点在数据及产品上的物理分布、逻辑集中的管理模式（图 8 为注册后的境外资料元数据检索一张图）。

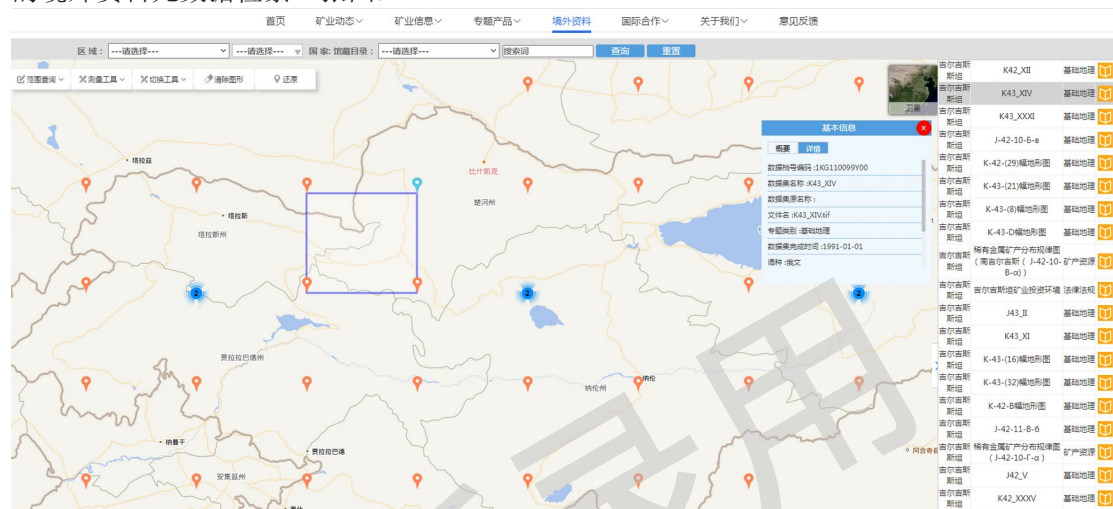


图 8 基于 GIS 视图的境外资料元数据检索
Fig.8 GIS based metadata information retrieval

4 系统实现与应用

4.1 技术实现

考虑到全球矿产资源信息系统的设计与应用特点，本系统在 SpringBoot 框架上利用 Java 基础开发平台进行研发设计，使用 MyBatis 作为持久层的数据访问框架，利用 Redis 对数据进行缓存，通过 PostgreSQL 数据库实现各类数据的存储，空间数据存储引擎和空间地图服务则通过 ArcGIS Enterprise 实现，数据服务和地图服务则采用 RESTful 方式实现内外接口服务对接。前端的地图操作通过 ArcGIS JavaScript API 提供的接口功能实现空间数据的调用、空间操作和地图的展示叠加等功能。为了更好地展示数据统计及可视化效果，系统使用 ECharts 作为统计插件，实现了各类统计数据的可视化展示（图 9 为全球地质矿产大数据子系统主要功能）。



图 9 全球地质矿产大数据子系统主要功能

Fig.9 Functions of the global geological and mineral big data sub-system

4.2 系统应用

经过多年时间，全球矿产资源信息系统搭建了多维度的信息化应用矩阵，建设了涵盖业务网络与互联网、局系统与行业系统、基础信息与专题应用、数据管理与分析决策相互补充的业务体系。通过各类系统，全球矿产资源信息系统有效管理着自 2003 年以来多渠道收集的基础地质、矿产资源、矿业活动、物化遥、水工环、矿业政策、投资环境等各专业数据资料，包括图件类、研究报告类、数据类、图书专著类、信息类等资料，截止 2023 年，全球矿产资源信息系统数据资料已覆盖全球 157 个国家和地区，涉及全球尺度、大洲尺度、国家尺度及区域尺度的各类图件资料达 2 万多幅，1 万多个矿业项目，2000 余个矿业企业，近万条全球矿业活动信息。以数据为基础，利用全球矿产资源信息系统应用矩阵向国家、部局、企业提供了全方位的基础资料、专题研究和数据服务（图 10 为全球矿产资源信息系统专题应用）。



图 10 全球矿产资源信息系统的各类专题应用

Fig.10 Sub-systems of global mineral resources information system

5 结语

(1) 随着全球产业结构的调整和高新技术快速发展，原材料的供需矛盾将日益凸显，大国博弈必将聚焦于新兴战略性矿产资源，服务国家能源资源安全保障、提高重要矿产资源的议价能力的前提是掌握全面的矿产资源信息，基于信息开展全球矿产资源分布、潜力区域成矿条件等全面了解，全球矿产资源信息系统无疑将在这一部署中起到关键支撑作用。

(2) 围绕“基础地学、矿产资源、矿业政策与投资环境”三个领域开展“共享数据、信息协同、数据驱动、分析决策”的全球矿产资源信息系统建设，以数据为基础、产品为核心、分析研判为支撑、服务为窗口，通过基础信息、专题产品、综合应用三个层面服务国家及“走出去”企业，为国家能源资源安全保障出谋划策、提供多维度支撑。

(3) 随着全球矿产资源数据信息的不断积累，未来可以利用大数据技术分析推演矿产资源供需形势、价格走势、资源格局演化等，构建分析评价数学模型利用多维度可视化技术展示表达不同矿种、国家、区域的特点，形象客观的为“走出去”企业事业单位提供服务。

最新录用

致谢：衷心感谢中国地质调查局发展研究中心向运川教授级高工、叶锦华研究员在系统前期设计、产品研发中给予的帮助与指导，王小宁老师、郝丽荣高级工程师在数据处理及产品开发中做了大量工作；感谢首都师范大学周丙锋副研究员、卞先兆老师和易智瑞信息技术有限公司马红旺经理、王晓岭工程师及于彦飞工程师在系统研发过程中的辛苦付出。

参考文献（References）：

- 陈鑫祥.基于 WebGIS 的广东省矿产资源信息系统的设计[J].测绘与空间地理信息,2013,36(10):127-128+132+135.
- 程永寿.大洋矿产资源信息系统关键技术研究[D].天津大学,2007.
- 邓喜峰,元春华,陈秀法.世界矿情.非洲卷[M].北京:地质出版社,2021.
- 邓鹤.新疆伊犁和布克赛尔县矿产资源管理系统的设计与实现[D].成都理工大学,2016.
- 樊省状.基于 C/S 的矿产资源开发储量管理信息系统的研发[J].山东国土资源,2008(02):21-23.
- 高歆.全球矿产资源数据库录入系统[D].中国地质大学(北京),2006.
- 干勇,彭苏萍,毛景文,等.我国关键矿产及其材料产业供应链高质量发展战略研究[J].中国工程科学,2022,24(3):1-9.
- 高振记.“地质云 3.0”——国家地球科学大数据共享服务平台简介[J].中国地质,2022,49(01):2.
- 韩冰,路来君.矿产资源信息系统(MRIS)的设计原理与关键技术[J].地球物理学进展,2011,26(02):694-700.
- 韩九曦.全球矿产资源信息数据库及应用管理系统[D].中国地质大学(北京),2005.
- 郝秀强,李仲学.基于 WEB 的世界矿产资源信息系统的设计与实现[J].中国矿业,2005(07):10-12.
- 何学洲,陈秀法,张振芳,等.缅甸地质矿产特征与矿业投资环境分析[J].西北地质,2024,57(2):1-12. DOI: 10.12401/j.nwg.2023145
- 孔大刚,尹明.河南省矿产资源管理信息系统建设现状及发展构想[J].矿产保护与利用,1994(03):15-18+54.
- 康晋明.基于 Mapinfo 平台的矿产资源管理系统的研究[D].西安电子科技大学,2007.
- 李东江,李响.基于 GIS 境外矿产资源项目信息系统研究[J].微计算机信息,2008(34):201-202+208.
- 刘树臣.发展新一代矿产勘探技术——澳大利亚玻璃地球计划的启示[J].地质与勘探,2003(05):53-56.
- 刘炜.发达国家地质大数据管理现状分析与启示：以美、英、澳、加为例[J].高校地质学报,2022,28(02):274-286. DOI:10.16108/j.issn1006-7493.2020103.
- 李宪海,王丹,吴尚昆.我国战略性矿产资源评价指标选择:基于美国、欧盟等关键矿产名录的思考[J].中国矿业,2014,23(04):30-33.
- 《世界矿情·亚洲卷》编写组.世界矿情·亚洲卷[M].北京:地质出版社,2024.
- 孙智宏.基于 GIS 的矿产资源储备库管理系统的设计与开发[D].电子科技大学,2010.
- 滕吉文,杨立强,姚敬全,等.金属矿产资源的深部找矿、勘探与成矿的深层动力过程[J].地球物理学进展,2007(2):317-334.
- 王斌.中国地质钻孔数据库建设及其在地质矿产勘查中的应用[D].中国地质大学(北京),2018.
- 魏东琦,杨博,王占昌,张红英.西北地质调查信息化建设进展与展望——以西安地质调查中心为例[J].西北地质,2022,55(03):224-232. DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2022.03.017.
- 王亮,白明,梅丽斯,缪谨励,陶留峰,李文煜.地质云盘系统设计与实现[J].中国矿业,2019,28(S2):485-490.
- 王明果,汪新庆,李定平.全球矿产资源信息系统数据库的设计与开发[C]//第十届全国数学地质与地学信息学术研讨会论文集,2011:403.
- 吴小平,王黔驹,姜天阳,李玉龙,武建佳,彭颖萍.基于“互联网+政务服务”的地质资料信息管理服务系统建设[J].地质通报,2020,39(10):1663-1668.
- 杨秋丽,魏建新.基于 ArcGIS Engine 的新疆自然保护区矿产资源信息系统开发[J].中国矿业,2018,27(05):168-172.
- 杨文森,陆世东,张玲,王永志.基于矿业权实地核查的湖北省矿政管理信息系统[J].地理信息世界,2011,9(06):39-41.
- 周冬锁.鄂尔多斯市服务型矿政管理电子政务系统设计[D].西安科技大学,2014.
- 中国科学院可持续发展战略研究组.中国可持续发展战略研究报告[M].北京:科学出版社.2006:3-15.
- 赵林林,刘荣梅,张明华.地质云分布式数据中心数据建设成果[J].地质论评,2019,65(S1):315-316.
- 郑啸,李景朝,王翔,梁婉娟.大数据背景下的国家地质信息服务系统建设[J].地质通报,2015,34(07):1316-1322.
- 张雅杰,黄锦球,安代伟,张秋义.矿业权管理信息系统设计及构建——以茂名市为例[J].国土资源科技管理,2007(06):122-126.
- 张芸.英国的空间信息服务对国土资源信息化建设的启示[J].浙江国土资源,2013(08):43-45.