

尹锦宇,朱鹏飞,王宝令,等.铀矿勘查知识库设计与系统实现[J].世界核地质科学,2025,42(2):307-316. doi:10.3969/j.issn.1672-0636.2025.02.007

YIN Jinyu, ZHU Pengfei, WANG Baoling, et al. Design and system implementation of uranium exploration knowledge repository [J]. World Nuclear Geoscience, 2025, 42(2): 307-316 (in Chinese).

## 铀矿勘查知识库设计与系统实现

尹锦宇,朱鹏飞,王宝令,孔维豪,黄树桃,曹珂,刘琳莹,王思宇

1 铀资源探采与核遥感全国重点实验室,北京 100029

2 核工业北京地质研究院,北京 100029

3 中核集团铀资源勘查与评价技术重点实验室,北京 100029

**摘要** 60多年的铀矿勘查工作积累大量知识,传统的技术手段和管理措施难以满足信息化时代业务发展需要,铀矿勘查领域的知识服务与信息管理模式亟需升级。通过构建一体化收集,管理和分析铀矿相关的各类信息的知识平台,帮助从业人员依据科学合理的分类逻辑快速收集与获取相关信息,实现知识的按需共享+智能优化。重点概述铀矿勘查知识体系的构建、基于铀矿勘查知识库构建的关键过程及知识库的应用状况,确保实现铀矿地质勘查领域知识的管理、检索和应用等功能,系统采用人工上传+机器自动采集导入两种方式丰富知识库的内容组织。上线后在中国核工业地质局各成员单位全面推广,致力于实现铀矿地质勘查领域的知识保存、管理与科学有效的共享应用,推动铀矿勘查领域的知识信息管理模式的转变。

**关键词** 铀矿勘查知识库;知识管理;知识图谱;全文检索

中图分类号 P619.14; G250.74 文献标志码 A 文章编号 1672-0636(2025)02-0307-10

## Design and system implementation of uranium exploration knowledge repository

YIN Jinyu, ZHU Pengfei, WANG Baoling, KONG Weihao, HUANG Shutao, CAO Ke, LIU Linying, WANG Siyu

1 National Key Laboratory of Uranium Resources Exploration-Mining and Nuclear Remote Sensing, Beijing 100029, China

2 Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China

3 CNNC Key Laboratory of Uranium Resources Exploration and Evaluation Technology, Beijing 100029, China

**Abstract:** More than 60 years of uranium exploration has accumulated a lot of knowledge. Traditional technical means and management measures can hardly meet the business development needs of the information age. The knowledge service and information management model in the field of uranium exploration urgently needs to be upgraded. This paper focuses on the building of an integrated knowledge platform for

基金项目:中国核工业地质局地勘费项目(编号:地D2217)资助

收稿日期:2024-10-25 改回日期:2025-03-21

第一作者:尹锦宇,女,1999年生,主要从事铀矿地质勘查相关研究。E-mail:1259592514@qq.com

通信作者:朱鹏飞,男,1978年生,正高级工程师,博士,主要从事三维地质建模与资源评价相关研究。E-mail:zpfjpu@126.com

Supported by China Nuclear Geology Project (No. 地D2217)

Received date: 2024-10-25 revised date: 2025-03-21

First author: YIN Jinyu, female, born in 1999, focusing on geological prospecting and studying of uranium. E-mail: 1259592514@qq.com

Corresponding author: ZHU Pengfei, male, born in 1978, senior engineer, focusing on 3D geological modeling and resource evaluation. E-mail: zpfjpu@126.com

collecting, managing and analyzing various types of information related to uranium deposit, especially the key process of the construction of uranium exploration knowledge base and its application in the field of uranium geological exploration. The content of the knowledge base was enriched by two ways of manual upload and automatic acquisition and import. After launch, the repository will be prompted in all the member units of the CNNC so to realize the knowledge preservation, management and application in the scientific and effective sharing way, and transformation of knowledge and information management model in uranium exploration field.

**Keywords:** uranium exploration repository; knowledge manage; knowledge graph; full text search

铀矿作为国家的战略性资源,在促进经济发展与满足能源需求中起着至关重要的作用。随着地质相关科学技术的进步与勘探手段的积累,铀矿勘查领域已经积累大量的数据和知识,但领域内缺乏综合性的知识管理平台,个人构建的知识网络往往不具备流通性,彼此孤立,缺乏综合性的多元数据库<sup>[1]</sup>。因此,中国核工业地质局下达了“铀矿地质勘查知识及经验管理系统研发与示范应用”项目,旨在针对现有知识进行有效地保存、管理与应用,收集、管理并分析勘查手段并进行综合性的找矿模式研究,能够激发新的创意与思想,促进领域内从业人员的互相交流与学习。

知识库是基于开放获取(Open Access)理念发展形成的概念,广义上将其认定为一种收集、存储与传播知识的集合。Crow 于 2002 年指出知识库是一个用于收集、保存单个或多个大学社区的知识产品<sup>[2]</sup>。Lynch 在 2003 年提出知识库不仅是存储知识的集合,更应该为用户提供知识相关的一系列学术服务,包括并且不限于管理与发布用户的知识等<sup>[3]</sup>。知识库的构建研究主要聚焦于文献、专利等形式的知识为主要研究对象<sup>[4]</sup>,一方面对其海量知识进行有序地存储和管理;另一方面则深入知识的微观层面,对其中的知识元和关联进行提取、存储和再组织,完成隐含关系挖掘、文本语义关联等任务,提供有效响应用户需求的知识服务<sup>[5]-[6]</sup>。

## 1 需求与现状分析

铀矿勘查是一门涉及到地质、地球物理、地球化学等多学科知识的学科,其工作开展涉及到复杂的地质环境与多种成矿模式的知识。随着铀矿勘查工作的深入开展,有必要对铀矿勘查领域内的理论知识进行规范、存储与整

合,构建起一套系统的铀矿勘查知识体系,将碎片化的勘查知识转化为系统化的知识资产。同时,技术的快速发展要求勘查人员需要不断进行学习和适应,以高效快速地获取知识信息,这些需求推动了知识库等基础化的信息系统建设。

国内外众多学者开展了大量的知识库设计、研发与应用研究,2013 年,王轶群以油气勘探四个评价(盆地、区带、圈闭和油藏)为核心,将四个评价中的主要成果进行存储和管理,建立了勘探知识库系统<sup>[7]</sup>。2018 年东北石油大学的薛诚采用基于本体的知识表示法构建了测井解释知识库<sup>[8]</sup>。2022 年,大庆油田勘探开发研究院的何秋丽为了对大庆喇萨油田油藏地质知识进行知识管理,结合大庆油田地质特征及油藏描述发展方向,建立大庆喇萨油田储层地质知识库<sup>[9]</sup>。2022 年,为解决企业业务部门的能效资源管理,加速油气田行业内的能效知识管理,建立油气田行业能效知识库<sup>[10]</sup>。

数字化知识管理是不可逆转的发展趋势。铀矿地质勘查工作包含物探、化探、遥感和水文分析等众多流程,涉及大量信息。建设知识库可集中整合这些信息并建立集成索引,助力勘查人员快速精准获取资料。这能解决领域内学术信息来源不固定、获取不及时、前人经验难以有效利用等问题,还能促进勘查成果的存储、传播与应用。

## 2 铀矿勘查知识体系

铀矿勘查涉及地质学、地球物理、地球化学、遥感技术等多个学科门类,而每个学科又包含理论体系、技术方法与实践经验等多种不同维度的知识表达。随着勘查技术的发展,铀矿勘查领域涉及的知识也呈增长态势,鉴于知识本身的复杂性,构建系统化的知识体系,离

散的知识单元才能形成协同效应,确保知识库能够高效利用。

### 2.1 知识体系构建过程

在知识体系构建方面,闫士涛在分析国内外不同学者构建的知识管理学科体系后,在前人成果的基础上构建更为完善的知识管理体系<sup>[11]</sup>。罗鹏程提出用聚类方法将大众标注数据构建标签树从而自动创建导航体系<sup>[12]</sup>。郑鑫雨基于树形数据的特点进行知识构建<sup>[13]</sup>。翟文忠探讨知识分类表在知识管理中的作用<sup>[14]</sup>。以上学者均在知识管理工作有深入的研究,可以为铀矿勘查知识体系的构建提供一

定的参考。

铀矿勘查知识体系采用比较研究法与文献分析法构建,参考国家标准知识分类通用要求,从业务领域与技术方法两方面入手,将区域地质、矿产资源、水工环地质调查等业务领域涵盖在内并进行分类总结。采用树状分类的方法,根据铀矿勘查领域专家发布过的文献与理论基础,系统梳理现有知识体系。知识分类采用树状分类方法,通过层级递进、分支延展的结构特征,将知识载体与知识内容则直观展示出来,构建出适用于铀矿勘查知识库的知识分类体系(图 1),构建步骤如下:

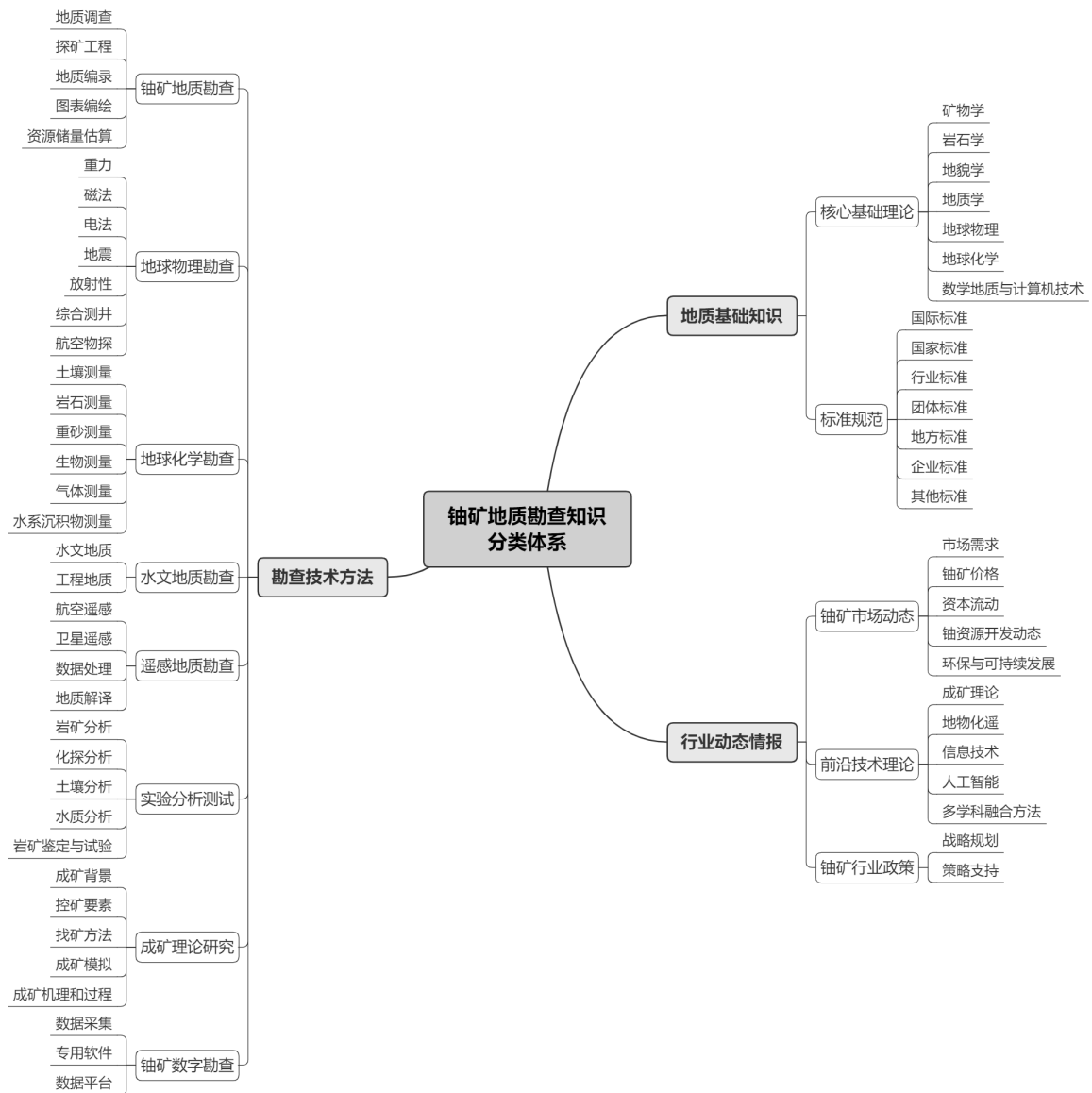


图 1 铀矿勘查知识库系统的知识体系

Fig. 1 Knowledge system of uranium exploration knowledge repository

1)在铀矿勘查领域知识中遴选出高频主题词对应的代表性主题设为专题,结合实际需求并参考主题词的聚类结果进行构建一级专题,选用地质基础知识、勘查技术方法和行业动态情报作为一级专题,主分类的领域板块,由管理员进行维护。

2)将第一轮中筛选的高频词挑出,参考描述铀矿勘查领域的相关图书调研与分析,以一级专题向下延伸,列出相关的领域内容并进行总结构建二级专题,由管理员进行维护。

3)第三轮总结二级专题中重要的研究主题的主要分支,如地球物理勘查节点下设重力、磁法、电法等子主题,符合《地质勘查技术标准体系》中系统化思想的同时也满足专业人员查询使用,勘查大专题下的三级主分类由相关领域较为熟悉的人员担任维护。

4)引入标签与自定义体系机制,标签可以

更好地帮助用户更快地找到自己所需的知识,同时自定义体系便于采纳用户在使用过程中对知识体系的细分建议。知识标签的加入使得知识分类基于树形的知识的主分类扩展成网状的结构,形成立体化的知识坐标并提升知识关联关系的丰富程度。

### 3 知识库系统架构与开发、运行环境

#### 3.1 知识库总体架构

从系统资源管理视角出发,构建知识库的总体架构,精准界定管理对象,是实现知识库高效管理的关键路径。本系统架构划分为4个层次,即采集层、数据层、服务层和应用层(图2)。各层具备清晰明确的功能定位,能够依据实际需求进行独立的扩展性调整,这不仅有利于系统的精细化管理,而且极大地提升维护的便捷性,从而为知识库的稳定运行和持续优化提供坚实保障。



图2 铀矿勘查知识库系统的系统架构

Fig. 2 System architecture of uranium exploration knowledge repository

采集层是指收集铀矿勘查领域内的各种原始数据,专门捕获、收集和传递数据的层级。数据采集层的主要工作是确定哪些知识是需要收集管理的,根据知识的不同类型采用自动采集或手动输入的方式来采集数据,并将数据传输到数据库中。

数据层是指基于获取到的数据进行存储、

管理、访问和处理,该层内包含存储数据的结构、组织、索引、备份、恢复和优化。铀矿勘查知识库系统采用 Postgre SQL 数据库存储数据,系统内设有“备份管理”页面,可以查看服务器信息,知识库的系统日志、备份文件,进行数据库、tomcat 重启和数据备份、恢复操作。此外数据层中还包含数据处理组件,用于数据转入数

据存储中的操作,确保数据的一致性和可访问性。

服务层主要指系统内的业务逻辑和提供服务,通过模块化的设计,将复杂的业务逻辑分解成更小的、可复用的服务单元。为系统提供包含全文检索、学习讨论厅、知识图谱权限管理、个人工作间管理和后台管理等模块功能。

应用层是系统架构中的最高层,直接为用

户提供具体的服务,与用户交互。为用户提供在线学习、知识百科、专家与机构网络图、管理与统计分析和个人知识管理等功能。

### 3.2 知识库技术框架

知识库的技术架构采用单体架构模式开发,各组件在同一进程中运行,开发部署相对简单,便于管理与开发,由四层体系架构,系统的主要功能与业务都在业务逻辑层中实现,技术架构如图 3 所示。

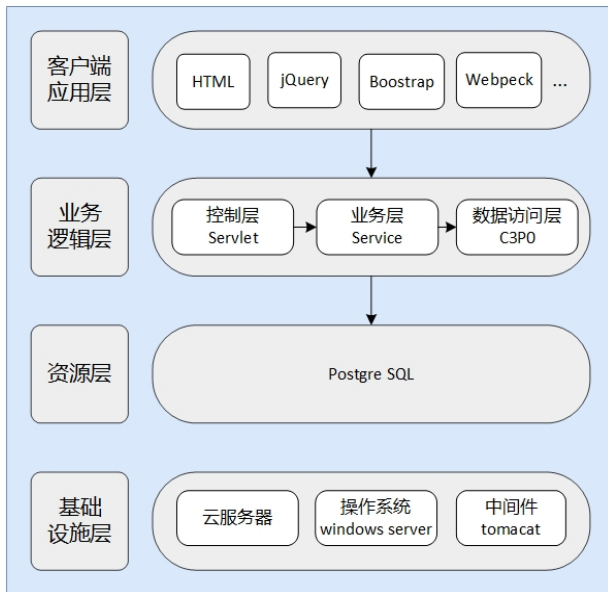


图 3 铀矿勘查知识库系统的技术架构

Fig. 3 Technical framework of uranium exploration knowledge repository

基础设施层是知识库中的基础层,它能够为上层应用与服务提供必要的基础设施。基础设施层主要包括云服务器作为存储设备,采用 Windows Server 操作系统为上层应用提供运行环境,采用 tomcat 中间件进行通信和数据交换。

资源层是专门负责数据处理和存储的部分,对原始数据(数据库或者文本文件存放数据的形式)的操作层,包含对数据的操作,知识库中的数据存储在 PostgreSQL 数据库中。

业务逻辑层主要是针对具体问题的操作,描述知识库运行的规则和逻辑。用户在客户端发出请求后,Servlet 接收客户端请求并生成响应,发送至 Service 中针对具体问题进行操作,最后通过 C3PO 连接库调用知识库的数据并发送回上层,完成具体业务。

客户端应用层主要负责向用户展示界面,与用户进行交互,收集用户的输入和操作,发送给 Servlet 进行业务的处理,客户端从服务器端获取数据,最终以可视化的方式展示给用户。

### 3.3 知识库功能架构

铀矿勘查知识库系统的主要功能分为知识门户、知识成果、知识检索、科研辅助、学习讨论和知识管理六大部分。搭建的系统功能图如图 4 所示。

铀矿勘查知识库的用户能够按照机构专题、铀矿勘查地质专题知识导航等成果分类类别查询用户所关心的知识信息内容,支持全库检索、高级检索和专业检索等多种检索方式,保障检索结果准确高效。知识库的功能主要包括以下几个部分:

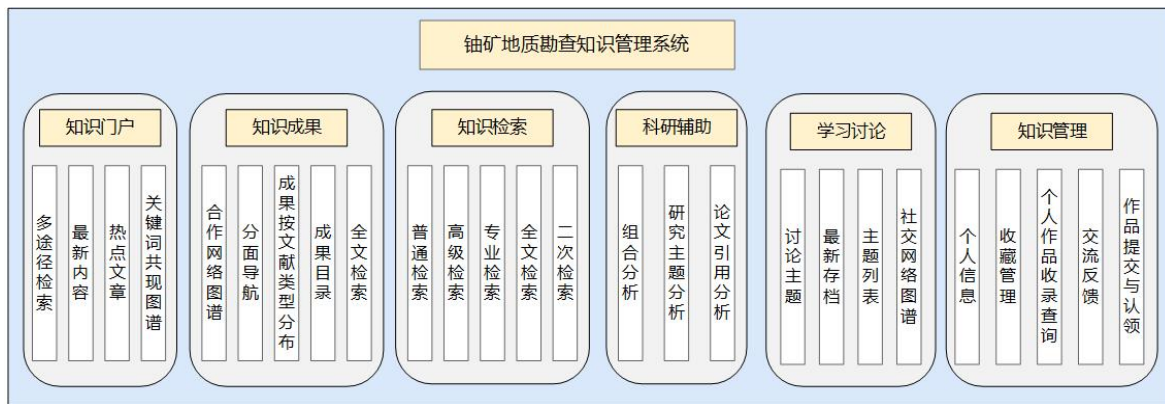


图 4 铀矿勘查知识库系统的功能架构

Fig. 4 Functional architecture of uranium exploration knowledge repository

1) 知识门户: 系统知识门户包括库内知识数据统计、最新内容、热点文章和关键字与合作图谱四大部分, 用户可以在知识门户页面直观地了解到知识库目前的建设情况。系统可切换中英文语言两种版本, 能够根据用户使用的浏览器语言环境自动调整。

2) 知识成果: 知识成果部分主要包含以机构/专题、知识导航、发表日期、知识专栏和研究领域为标签分类的知识, 用户可以根据自己的需求选择限定条件用以浏览知识库中的知识。

3) 知识检索: 知识库系统支持基于专题、学者、时间、日期和关键字等的简单检索, 以及多种条件组合的高级检索, 此外, 系统提供全文检索功能, 能够深度搜索所有文本内容, 满足用户不同场景下的检索需求, 提供精准、高效的信息获取体验。

4) 科研辅助: 科研辅助模块能够对铀矿勘查知识成果进行多维度组合定制统计, 如: 按照知识类型、部门、作者和时间等多个维度及其动态组合, 提供知识成果的统计分析和展示。统计分析结果可以选择多种可视化形式来展示, 如目录或明细表、饼图、部门、柱状图、线型图和条状图等, 统计分析结果可生成 Word 文件、PowerPoint 文件等。

5) 学习讨论: 基于铀矿勘查领域内容的知识共享和交流的模块, 其中知识研讨包括专题讨论、课程讨论、在线学习共享, 讨论后的内容如需留存可以进行打包发布, 避免交流内容流失。

6) 知识管理: 知识管理模块提供提交知识成果、更改个人信息、管理收藏知识与反馈交

流等功能。知识成果可以在个人工作间进行提交, 提交后需要经过管理员审查方可发布, 发布的知识成果可以设置阅读、修改、删除的权限, 控制不同群组中角色的访问权限。个人工作间显示用户已经提交的作品列表, 可以对已经存缴的内容进行统计, 方便用户进行内容管理。除自行提交外也支持对自动采集到的作品进行认领, 并设置自己的代表成果。

### 3.4 系统开发与运行环境

良好的开发和运行环境能够提高系统开发的效率和系统的稳定性, 且有利于团队协作与后续维护。开发环境方面, 采用 Java 语言, 结合 Spring Boot 框架构建后台服务, 操作系统采用 Windows Server 12, 数据库采用 PostgreSQL 9.5.25, 必要的中间件依赖包括 Tomcat 8.5、Solr、SwfTools 和 OpenOffice 等。通过以上技术选型与工具的整合应用为系统开发奠定坚实的技术基础。

知识库目前部署云服务器上, 按照等保测评要求进行建设, 在云服务器中部署云防火墙与主机安全软件, 确保系统安全并对潜在的攻击进行防范, 保证系统的高可用性和扩展性。云服务器中系统运行环境依赖的基础组件包括: JDK、Tomcat、Solr、PostgreSQL、OpenOffice 和 SWFTools 等。

## 4 系统应用、优化与运维保障

### 4.1 内容建设与应用

#### 4.1.1 内容建设

截至 2024 年 4 月, 系统已累积入库近万份知识成果, 涵盖中国核工业地质局及各成员单

位内科研、管理与一线生产人员所发布的各类内外部文章、专著及专利等学术资料。同时,还包括地质、矿产勘查专业的相关工作指南、标准规范以及学术交流与经验分享总结。此外,系统还整合部分专用设备、仪器和软件的用户手册、维保说明及应用技巧等各类实用知识。这些资源能够有助于工作人员快速掌握工作背景、流程与方法,明确工作方向与规范要求,熟练掌握专业工具,确保各项工作的规范有序开展,知识条目的浏览页面如图 5 所示。

在内容建设方面,采用两种方式开展:用

户自有或独有的知识由用户自行录入;共性知识,如标准、规范及工作指南等,则由项目组、技术管理人员负责统一整理并入库。

在分类组织方面,系统最初采用专业分类的大众策略对知识进行分类。在收集用户反馈后,汇总用户实际使用结合专家意见后进行系统分析,重新设计分类体系结构,确保分类的逻辑与层次。更新后的分类体系(图 1)更加注重知识的全面性与用户需求,便于用户快速定位所需内容。此外,系统引入多标签体系,帮助用户根据自己使用习惯标记、检索查阅内容。



图 5 铀矿勘查知识库系统知识展示模块

Fig. 5 Content display module of uranium exploration knowledge repository

#### 4.1.2 科研与工程项目实施支持

知识库辅助项目全流程的实施、管理,有效促进项目团队高效获取、利用知识并分享经验。在项目实施过程中,知识库保存铀矿勘查领域内的项目文档、进度报告及日常研究资料。项目结束后,团队可以将项目中的成功经验与问题保存在知识库中,帮助用户快速了解项目的基本信息、工作进展、关键难点及动态情况。知识库通过对项目组内外部的知识经

验的有效管理,有效支撑项目高效实施,此外,由此积累系统、完整的各类项目样例,也为后续同类项目的实施提供参考依据。

#### 4.1.3 科研决策辅助

知识库借助知识图谱直观展示铀矿勘查技术与应用的研究方向和内容,具体而言,通过图形化的方式反映出鄂尔多斯盆地、二连盆地及伊犁盆地是目前重点研究区域,砂岩型铀矿是目前研究的重点铀矿类型等。知



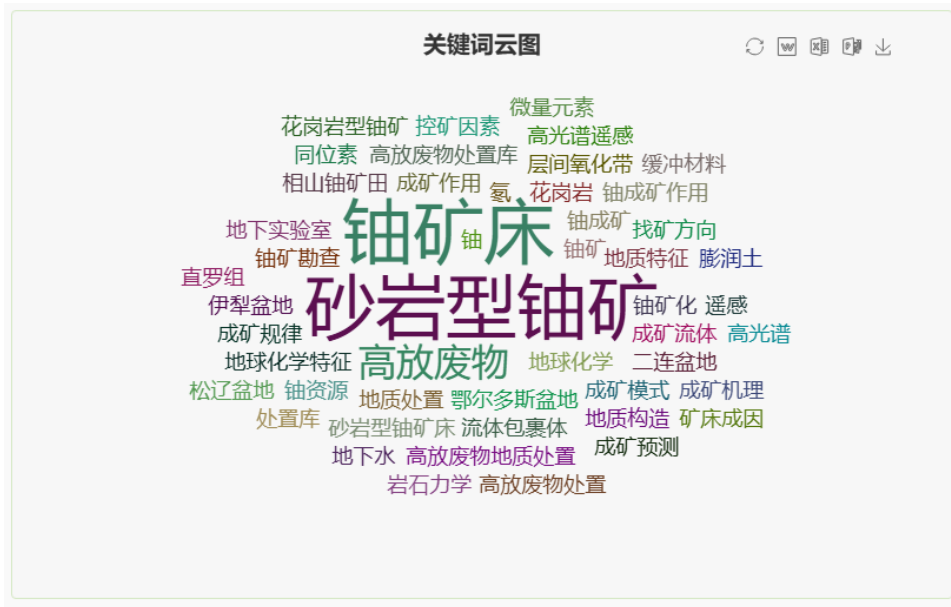


图8 铀矿勘查知识库关键词云图展示

Fig. 8 Key words cloud display of uranium exploration knowledge repository

#### 4.2.3 系统管理

系统管理包括系统权限管理的配置更新、系统软件更新及知识内容维护等工作。系统管理员通过知识内容审核或用户权限配置为知识贡献者或专家赋予更高级别创建、修改和删除知识的权限,提升知识的质量。此外,为确保数据库的数据安全存储与持续可用,系统管理员监督安全管理员对系统进行监控和定期安全检查。系统管理员还需结合用户反馈,优化性能配置,对系统的布局与操作流程等进行优化调整,从而为用户提供更可靠、持续的知识服务支持。

## 5 结论

铀矿勘查知识库的建设已初步完成,并在中国核工业地质局属各单位内进行推广使用,作为知识存储、知识管理和知识获取的重要工具,在提高工作效率、促进知识共享、支持决策制定和提供学习培训等方面发挥着重要的作用。

1)按照行业用户业务分类习惯、分类设计构建铀矿勘查知识分类体系并用于系统内知识内容组织和管理,确保知识条目的逻辑合理与层次清晰,便于用户快速定位与获取所需知识。

2)开发设计铀矿地质勘查知识管理系统,

系统地整合了铀矿勘查技术方法与前沿研究成果,实现了铀矿地质勘查资料的及成果管理,用户可以按需浏览、下载与上传知识成果,所有知识成果均可进行全文检索,为铀矿勘查领域从业者提供了更为全面的信息共享平台。

3)铀矿地质勘查知识管理系统为高效服务用户,按需定制开发了微信扫码登录及移动端适配优化工作,提升了系统安全与用户使用的便利性。

#### 参考文献

- 1 魏永强.鄂尔多斯盆地铀矿地质资料的二次开发及应用[J].世界核地质科学,2022,39(3):485-492. WEI Yongqiang. Study on the secondary development and application of uranium geological data in Ordos basin[J]. 2022,39(3):485-492 (in Chinese).
- 2 CROW R. The case for institutional repositories: A spare position paper [J]. portal-Libraries and the Academy Report, 2002,223:1-4.
- 3 LYNCH, CLIFFORD A. Institutional repositories: essential infrastructure for scholarship in the digital age [J]. Portal-Libraries and the Academy (ARL) : Bimonthly Report, 2003,226:1-7.
- 4 PRICE D D. Networks of scientific papers[J]. Science, 1965,149:510-515.
- 5 李伟,赵卫利,刘冠群,等. 知识库和知识发现技术在知识服务方面的应用[J]. 现代情报,2009,29

- (7):180-182.  
LI Wei, ZHAO Weili, LIU Guanqun. The application of knowledge base and knowledge discovery technology in knowledge service[J]. Journal of Modern Information, 2009, 29(7):180-182(in Chinese).
- 6 常力恒, 朱月琴, 汪新庆, 等. 大数据环境下的矿产知识库构建: 以钨矿为例[J]. 中国矿业, 2018, 27(9):93-96+108.  
CHANG Liheng, ZHU Yueqin, WANG Xinqing. Construction of minerals knowledge base in big data environment: a case study of tungsten ore[J]. China Mining Magazine, 2018, 27(9):93-96+108(in Chinese).
- 7 王铁群, 孙仁杰. 勘探知识库系统设计与实现[J]. 油气田地面工程, 2013, 32(1):70-71.  
WANG Yiqun, SUN Renjie. Design and implementation of exploration knowledge base system[J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2013, 32(1):70-71(in Chinese).
- 8 薛诚. 测井领域知识库系统的研究与应用[D]. 大庆: 东北石油大学, 2018.  
XUE Cheng. Research and application of knowledge base system in logging field[D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2018(in Chinese).
- 9 何秋丽. 大庆喇萨杏油田储层地质知识库的建立及应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(8):7-9+15.  
HE Qiuli. Establishment and application of reservoir geology knowledge base in daqing lasaxing oilfield[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2023, 43(8):7-9+15(in Chinese).
- 10 祁滢, 李峻, 辛海燕. 油气田行业能效知识库构建研究[J]. 信息系统工程, 2022, 35(4):157-160.  
QI Ying, LI Jun, XIN Haiyan. Research on knowledge base construction of energy efficiency in oil and gas field industry[J]. China CIO News, 2022, 35(4):157-160(in Chinese).
- 11 闫士涛. 知识管理学学科体系构建研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2011.  
YAN Shitao. Research on discipline system construction of knowledge management[D]. Hefei: Anhui University, 2011(in Chinese).
- 12 罗鹏程, 陈翀. 从大众分类到层次式资源组织体系——利用聚类信息构建标签树[J]. 图书情报工作, 2013, 57(22):120-125+59.  
LUO Pengcheng, CHEN Chong. From popular classification to hierarchical resource organization system: Using clustering information to construct tag tree[J]. Library and Information Service, 2013, 57(22):120-125+59(in Chinese).
- 13 郑鑫雨. 基于树形分类的知识构建和查询应用[D]. 北京: 北京林业大学, 2019.  
ZHENG Xinyu. Knowledge construction and query application based on tree classification[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2019(in Chinese).
- 14 翟文忠. 知识分类表及其在知识管理中的应用研究[J]. 图书情报导刊, 2016, 1(10):109-114.  
ZHAI Wenzhong. Knowledge classification table and its application in knowledge management[J]. Journal of Library and Information Science, 2016, 1(10):109-114(in Chinese).