

孙瑜. 数字化转型驱动下铀矿勘查信息化体系构建与实施路径研究[J]. 世界核地质科学, 2025, 42(3): 541-551. doi: 10.3969/j.issn.1672-0636.2025.03.006

SUN Yu. Study on the construction and implementation path of information system for uranium exploration driven by digital transformation[J]. World Nuclear Geoscience, 2025, 42(3): 541-551 (in Chinese).

数字化转型驱动下铀矿勘查信息化体系构建与 实施路径研究

孙瑜

中核地质勘查集团有限公司, 北京 100013

摘要 在数字化经济发展背景下, 铀矿勘查数字化转型正面临结构性失衡, 表现为多源数据整合困难, 技术碎片化, 数据流与业务流脱节等核心矛盾。聚焦数字勘查技术应用需求, 提出“业务逻辑重构—数据资产治理—技术中台赋能”三位一体的信息化架构模型, 并设计“54321工程”总体蓝图, 涵盖五类应用系统、四个支撑体系、三种平台、两类中心及一条全流程数据链, 以破解“数据—知识—决策”链断裂问题。通过四维协同架构体系实现业务流、数据流与决策流的闭环优化, 通过数据中台与云平台实现管理域与生产域深度耦合, 构建以多源数据融合与应用为核心的技术支撑体系, 形成“采—存—治—用”一体化数据生态, 为铀矿勘查数字化转型提供可复制的理论框架与实践范式。

关键词 铀矿勘查; 信息化建设; 顶层设计; 系统架构; 数字化转型

中图分类号 P619.14 文献标志码 A 文章编号 1672-0636 (2025) 03-0541-11

Study on the construction and implementation path of information system for uranium exploration driven by digital transformation

SUN Yu

CNNC Geological Exploration Group Co., Ltd., Beijing 100013, China

Abstract: Under the background of developing digital economy, the digital transformation of uranium exploration is facing structural imbalances, manifested as core contradictions such as the difficulty in integrating multi-source data, technology fragmentation, and the disconnection between data flow and business flow. This paper focused on the application requirements of digital exploration technology, proposes an information architecture model of “business logic reconstruction—data asset governance—technology middle platform empowerment” as a trinity, and designed the overall blueprint of the “54321 Project”, covering five types of application systems, four supporting systems, three platforms, two types of centers and one full-process data chain, so as to solve the problem of the broken chain of “data-knowledge-decision”. The closed-loop optimization of business flow, data flow and decision-making flow was achieved through a four-dimensional collaborative architecture system. Through the data middle platform and cloud platform, the management domain and the production domain are deeply coupled. A technical support system centered on the integration and application of multi-source data is constructed, forming an integrated data ecosystem of

收稿日期: 2025-05-13 改回日期: 2025-05-27

第一作者: 孙瑜, 女, 1982年生, 工程师, 主要从事信息化管理工作。E-mail: 26295248@qq.com

Received date: 2025-05-13 revised date: 2025-05-27

First author: SUN Yu, female, born in 1982, engineer, focusing on informatization management. E-mail: 26295248@qq.com

“mining-storage-treatment-utilization”, providing a replicable theoretical framework and practical paradigm for the digital transformation of uranium ore exploration.

Keywords: uranium exploration; informatization construction; top-level design; system architecture; digital transformation

在全球数字经济浪潮的深度推进下,数字化转型已成为驱动产业升级的核心引擎^[1]。作为以“地矿信息”为最终产出的知识密集型产业,其转型本质并非简单的技术叠加,而是对“数据—知识—决策”价值链的生态重构。铀矿勘查作为国家战略资源保障的关键环节,其勘查全周期(战略选区、调查评价和矿产勘查)高度依赖多源异构地质数据的融合分析与协同应用,这使得行业数字化转型的核心矛盾聚焦于两大维度^[2-4]。其一,如何突破“罗盘+地质锤”的传统作业范式,构建覆盖“天空地深”立体探测体系的数据高效采集网络;其二,如何破解管理流程(OA/ERP)与生产系统(地质数据链)的“双轨困境”,实现行政事务流与勘查业务流的深度耦合。

当前,铀矿勘查信息化建设正陷入结构性失衡:管理端,OA系统虽已实现公文流转、项目审批等行政模块的电子化,ERP系统亦完成了财务核算、物资调配等流程的数字化改造,但这类“表层信息化”仅解决了业务流程的线上迁移问题;生产端,铀矿勘查仍面临“数据堰塞湖”与“技术碎片化”的双重掣肘,地质填图数据、物化探数据和钻探编录数据等多元信息因格式异构、标准缺失难以有效整合,三维建模、人工智能反演等技术因系统壁垒无法形成技术合力,最终导致“数据采集—知识提炼—决策输出”的智能链路断裂^[5-6]。上述“管理数字化先行,生产智能化滞后”的失衡格局,不仅造成勘查效率与资源评价精度的提升瓶颈,更使得“探采一体化”战略因数据流与业务流的脱节而难以落地。因此,本文立足于铀矿勘查数字化转型的前沿实践,以大数据技术集群为驱动,通过构建“业务逻辑重构—数据资产治理—技术中台赋能”三位一体的系统架构,探索管理域与生产域数据要素的跨系统融通机制,旨在为破解地矿信息生态的“蜂窝式困局”,培育数字勘查新范式提供理论突破方向与工程化实施路径。

1 研究现状

“十三五”、“十四五”期间,国内铀矿勘查信息化建设取得实质性进展,但相较于有色、石油等行业仍存在显著差距^[5]。主要问题包括:1)自主研发的数字铀矿勘查系统(QuantyU)虽实现了铀矿勘查数据采集、制图和建模等过程的数字化,但多源异构数据协同分析能力薄弱,智能化水平亟待提升^[7];2)建立的各种类型的数据库(铀成矿区带数据库、铀矿钻孔数据库、全国铀矿产地数据库和全国铀矿地质工作程度数据库等),存储了数量巨大的多源多类异质异构数据,但是数据库因标准异构与更新机制缺失,造成数据系统性、完整性存在较大问题^[8-11];3)定制开发的数字档案系统、OA系统和ERP系统等,初步具备业务管理协同化的工具,但是统一、覆盖多层级的综合管理系统仍然缺乏(如生产项目和科研项目管理系统)^[6];4)历史资料数字化程度低,二次开发利用难度大,缺乏知识提炼与经验管理系统,未形成“数据—知识—决策”技术闭环^[10];5)各个勘查单位建立了边缘级(分)数据中心,但是资源利用率低,未部署相关的应用系统,未进行数据的有效归集^[9-11]。

总体而言,铀矿勘查信息化建设在系统性方面仍存在不足,数字化应用碎片化问题突出,缺乏流程衔接与数据协同机制^[12-13],数据流转阻滞,形成信息孤岛,无法最大化发挥系统效能和数据价值。

2 铀矿勘查信息化建设总体蓝图

结合铀矿勘查产业特点,设计铀矿勘查信息化建设的总体蓝图,如图1所示,可以用“54321工程”来概括:“5”是五类应用系统(数字勘查、物化遥综合解释、玻璃矿床、成矿预测和综合管理);“4”是4个体系(大数据资源体系、标准规范与安全保障体系、应用服务体系和基础设施体系);“3”是3种平台(数据中台、云平台和业务中台);“2”

是两类中心(全局主数据中心和边缘数据中心); “1”是一条数据链(贯通铀矿勘查全流程各环节,并向采冶延伸且相互挂接)。为了获得 1+1 大于

2 的整体效应,系统内部和系统之间应当进行集成,其中包括技术集成、数据集成、网络集成和应用集成^[14-15]。

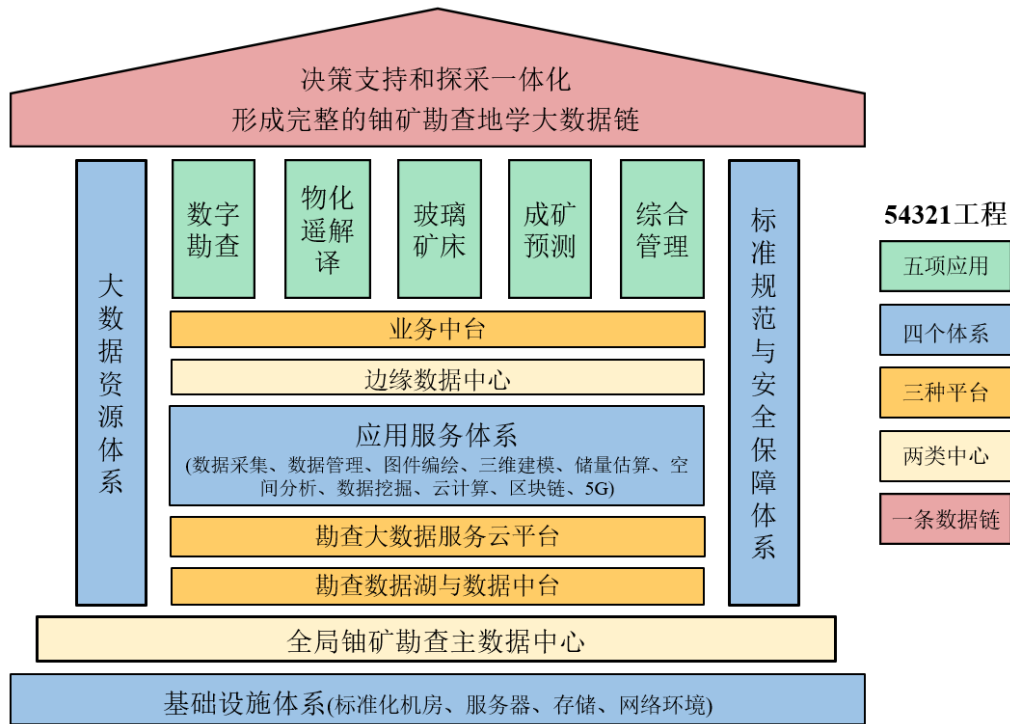


图 1 铀矿勘查信息化建设总体蓝图

Fig. 1 Overall blueprint of informatization construction for uranium exploration

3 铀矿勘查信息化架构设计

铀矿勘查信息化架构设计采用四维协同架构体系,通过多深度融合业务架构、应用架构、数据架构及技术架构,形成勘查数据流—业务流—决策流的闭环优化机制,支撑全要素数字化转型。

3.1 业务架构设计

本研究遵循铀矿勘查技术规范,基于铀矿勘查生产管控流程进行架构设计,将业务架构划分为综合管理和业务执行两个模块,如图 2 所示。其中,综合管理为铀矿勘查业务管理部门主要管控业务,分为项目管理、储量管理、技术管理、矿权管理和档案管理 5 个部分;业务执行按照递进式的找矿过程,分为战略选区、调查评价和矿产勘查(普查、详查和勘探)3 个阶段。依此为主线,结合地质学科和工作手段,进一步划分为基础地质、物探、化探、遥感、水工环、分析测试、探矿工程和综合研究等业务。

3.2 应用架构设计

根据铀矿勘查的整体业务架构,以及数字化转型后的业务工作流程,将已有的研发应用成果充分整合,进一步加强数据中心、大数据资源体系建设,根据整体规划、分步实施的原则对系统功能模块结构进行总体设计,如图 3 所示。

在该架构设计建设过程中,采用“先核心、后周边、再边缘”的原则,优先推进核心生产业务系统建设(数字铀矿勘查系统、大数据存储与管理系统),其次为管理服务类系统(铀矿勘查综合管理系统、数字化铀矿勘查服务平台,待应用成熟后进而探索智能化系统(大数据挖掘与可视化系统、智能成矿预测系统)。在开发模式上坚持“多利用、少开发”,充分发挥已有系统作用(数字地质调查系统、物化遥专业化软件),以“外部引进改造为主,独立自主研发为辅”的方式加强协同与合作,实现系统落地^[16]。目前共规划八大功能系统、30 个应用子系统,如表 1、图 4 所示。功能系统包括铀矿勘查综合管理系统、数字化铀矿勘



图 2 业务架构整体设计视图

Fig. 2 Holistic design view of business architecture

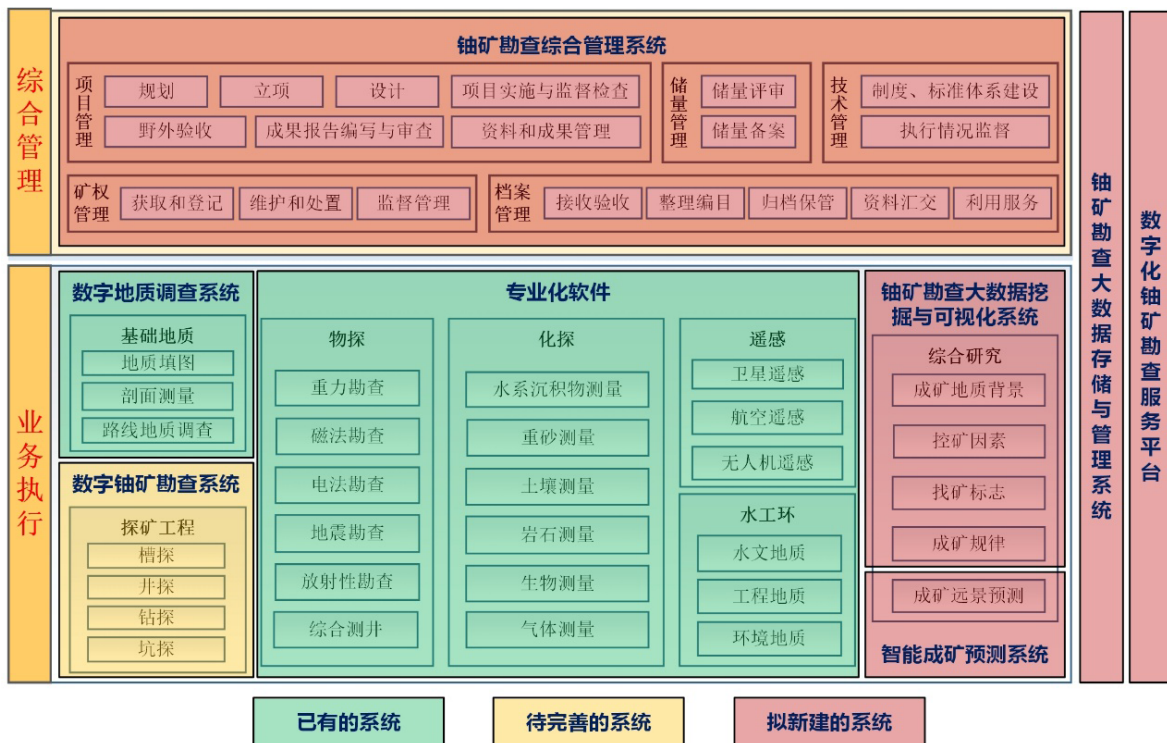


图 3 应用架构整体设计视图

Fig. 3 Holistic design view of application architecture

查服务平台、数字地质调查系统、数字铀矿勘查系统、专业化软件、铀矿勘查大数据存储与管理

系统、勘查大数据挖掘与可视化系统和智能成矿预测系统。

表1 应用架构设计各子系统的主要功能信息表

Table 1 Primary function information list of subsystems in application architecture design

编号	功能系统	功能子系统	主要功能		
1	铀矿勘查综合管理系统	1)项目管理子系统	实现项目规划、立项、设计、实施监督、野外验收、成果报告编写与审查等的网络化、动态化管理		
		2)储量管理子系统	实现在线储量评审申请、批复和过程性资料分类管理,以及储量动态估算、动态核减		
		3)技术管理子系统	用于在线进行国家和行业全部制度、标准和规范体系的管理和查询服务,包括铀矿勘查及其信息化的标准、规范		
		4)矿权管理子系统	用于在线申报、审批、获取、登记、维护、管理,以及日常性越界、侵权等监督和处置		
		5)档案管理子系统	用于在线对各类技术档案资料进行上传、接收、验收、归档、分类保管,并提供查询、浏览和下载服务		
		6)实验室管理子系统	用于在线管理设备和仪器,审理送样申请、接受和管理送样单、分析化验结果,提供进程和结果查询、下载服务		
		7)勘查现场生产监管系统	基于北斗、4G/5G的安全生产、设施设备监控、车辆监控调度、人员管理和通讯保障等		
		8)综合管理业务服务(中台)	为各个管理模块提供信息浏览、数据编辑、查询检索、地图浏览、统计报表、数据输出、系统管理等软件组织服务		
2	数字化铀矿勘查服务平台	9)数字化铀矿勘查服务平台	围绕铀矿勘查业务管理、实施和服务等需求研发基于微服务架构的专题云服务系统,面向各级、各类用户提供统一的门户,为数据、资源和应用等提供一站式共享、协作服务		
3	数字地质调查系统	10)数字地质调查子系统	用于实现勘查区地质填图、剖面测量、路线地质调查等工作的数据采集、存储、处理、分析和制图		
4	数字铀矿勘查系统	11)数据采集与管理子系统	实现槽探、井探、钻探、坑探等各种探矿工程的野外数据采集、存储、管理		
		12)图件编绘子系统	支持各类柱状图、剖面图、平面图和曲线图等全部图件的编制,图式图例符合行业标准		
		13)三维建模子系统	实现快速、动态、精细、全息、地上地下一体化矿床三维地质建模,以及表达、分析和设计可视化		
		14)储量估算子系统	实现传统块段法、剖面法和普通克里格、泛克里格、对数克里格等三维可视化的资源储量动态估算		
		15)水工环子系统	支持水文地质、工程地质、环境地质等专业勘查工作的数据采集、存储、管理、处理、分析和应用		
		16)沉积分析子系统	支持沉积环境分析、专题制图、成矿条件分析、控矿因素分析和成矿规律分析等多种专题研究		
		17)专题研究子系统	支持岩浆作用分析、成矿条件分析、控矿因素分析和成矿规律分析等多种专题研究		
		18)地质勘查业务服务(中台)	为前台的地质、物化遥勘查数据处理、分析和挖掘提供高效的后台算法、机器学习和应用软件、模块的集成化服务		
		5	专业化软件	19)铀矿测井资料处理解释系统	支持 γ 测井、自然电位测井、自然 γ 测井等测井数据的采集、存储、处理、解释、制图和异常圈定
				20)物探专业化软件	支持地震、放射性、重力、磁法、电法、大地电磁等物探数据的采集、存储、处理、解释、制图和异常圈定
21)化探专业化软件	支持基岩、水系、土壤、重砂、生物和气体等化探数据采集、管理、处理、分析和异常信息的挖掘、提取和制图				
22)遥感专业化软件	支持卫星、航空和无人机等遥感探测数据采集、存储、处理、分析和解译,以及异常信息挖掘和提取				
23)物化遥数据存储与管理子系统	物化遥数据的存储和管理服务,与地质勘查数据一起形成“天空地深”一体化存储与管理				
6	铀矿勘查大数据存储与管理系统	24)专业化方法业务服务(中台)	为前台的物探、化探、遥感,数据分析和解释提供高效的后台应用软件、模块的组织 and 集成服务		
		25)数据管理子系统	采用数据湖模式实现对海量多源多类异质异构勘查大数据的管理、查询、调度和输出		
7	勘查大数据挖掘与可视化系统	26)数据服务(中台)	提供高效的数据引擎和索引工具,实现后台数据湖中数据库和数据文件与前台应用的精准对接和服务		
		27)大数据挖掘子系统	提供神经网络、遗传、蚁群、聚类、三维趋势、Sobel边缘检测和机器学习等数据挖掘和智能计算工具		

表 1 (续)

编号	功能系统	功能子系统	主要功能
8	智能成矿预测系统	28)数据可视化子系统	提供可视化矢量剪切、栅状图制作、虚拟钻孔、虚拟开挖和虚拟隧道等数据可视化分析工具
		29)智能成矿预测子系统	提供基于大数据的铀矿智能成矿预测软件工具, 内含数据组织、融合、同化、挖掘的多种方法模型、算法模块, 以及勘探靶区圈定和选优模块
		30)综合勘查评价子系统	实现基于勘查大数据进行铀矿资源可利用性的地质、技术、环境和经济条件综合评价功能

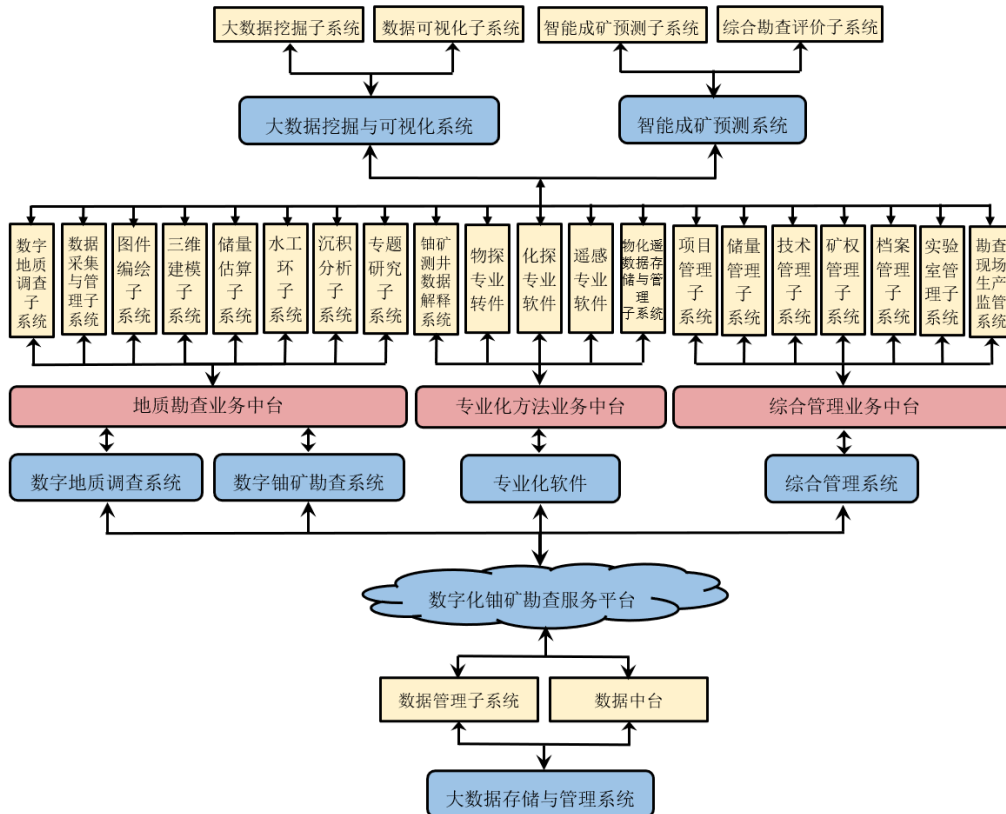


图 4 铀矿勘查信息系统的逻辑结构设计视图

Fig. 4 Logical architecture design view of uranium exploration information system

3.3 数据架构设计

铀矿勘查基础数据来自地质矿产调查、地球物理勘探、地球化学勘探、遥感探测和实验分析测试等多类工作手段, 具有庞大的时间与空间范围和复杂的层次结构, 所采集的各种数

据, 在时态特征上有静态和动态之分, 在聚集方式上有间歇性集中积累和连续性分散积累之别。本次研究对铀矿勘查数据资产(表 2)及其在业务活动中的流转关系(图 5)进行了梳理。

表 2 数据资产目录

Table 2 Directory of data assets

序号	主题域	主题	数据实体	数据实体定义参考概要
1	勘查测量	控制测量	空间位置	控制点的平面坐标和高程值
		地形测量	地形图	由一定数量的平面和高程控制点及等高线组成, 反映地形地貌的起伏特征
		工程测量	工程点	坑道、钻孔、地表工程等的点位
		勘探线测量	勘探线	工程布设时需要参照的基准线
2	基础地质	地质填图	地质点	进行地质现象观测的点位

表2 (续)

序号	主题域	主题	数据实体	数据实体定义参考概要
3	物探	剖面测量	地质路线	地质调查路线行进的轨迹
			地质界线	不同地质体间的接触边界
			导线	剖面测量的基本单元, 含地层、构造、岩脉和矿体等地质体的控制信息
		重力勘探、磁法勘探、电法勘探、地震勘探、放射性勘探、综合测井	测量值	通过各种地球物理探测方法, 取得的测量区或测量对象的密度特性、电磁特性、声学特性、放射性特性的表征值
			实际材料图	反映地面物探方法测网、测线、测量点布置情况的图件
			剖面图	从地层断面展示测量结果的图件
			异常图	利用统计学方法圈定异常范围并反映其空间展布的图件
曲线图	根据测量值和测点深度进行投点并连接形成的曲线, 反映测量值在平面或垂向上的变化			
4	化探	水系沉积物测量、重砂测量、土壤测量、岩石测量、生物测量、气体测量	实际材料图	反映测网及采样点布置情况的图件
			样品	包含样品编号、采样位置、分析元素和分析结果等
			异常图	反映单元素或综合元素异常分布情况的图件
5	遥感	卫星遥感、航空遥感、无人机遥感	卫星、航空、遥感影像	通过卫星、飞机、无人机拍摄的影像资料
6	水工环	水文地质	区域水文地质	区域地貌单元及部位、主要地貌特征、地形特征, 当地最低侵蚀基准面标高; 所处的气候带及其特征; 所处的流域、水系; 主要河溪的水文参数、最高洪水位与勘查区的关系; 勘查区所属区域水文地质单元边界、简要特征
			水文地质条件	主要含、隔水层的岩性、富水性、导水性
		工程地质	工程地质特征	各工程地质岩组的基本特征
			主要工程地质问题	边坡稳定性、围岩稳固性、地面塌陷、滑坡、崩塌、泥石流等不良工程地质作用
		环境地质	区域稳定性	区域地壳稳定性条件, 包括地质构造、地形地貌、岩土结构、地震、充水条件、开拓方式、对地表的影响等
			地质环境现状	勘查区内不良地质作用的类型、位置、规模、分布、成因、稳定性, 对采掘工作的影响等
3	探矿工程	槽探、井探、钻探和坑探	工程信息	包括工程编号、位置、长度/深度等
			分层	编录的记录单元
			工程图件	反映分层情况和工程揭露的地质现象的图件
7	岩矿鉴定	薄片鉴定	薄片鉴定结果	记录岩石的矿物成分、结构、构造, 矿物的生成顺序, 分析岩石类型及其成因特征
			光片鉴定	记录天然岩石的矿物组成、晶体大小、含量及其结构、构造特征
8	分析测试	基本分析	基本分析结果	矿石中有益组分和某些有害组分含量
		组合分析	组合分析结果	矿石中伴生有益有害组分和某些共生组分的含量
		全分析	全分析结果	确定矿石中的各种组分(痕迹除外)及其含量
		光谱全分析	光谱全分析结果	了解矿(岩)石的元素(组分)组成及其大致含量
		物相分析	物相分析结果	矿石中有益有害组分的赋存状态、含量、分配率
9	综合研究	成矿地质背景	地层条件	勘查区地层的岩性特征(颜色、成分、结构、构造和岩类等)、厚度、产状和分布等
			构造条件	勘查区的构造特征
			岩浆岩条件	勘查区的岩浆岩特征
			变质岩条件	变质岩的岩性特征、变质矿物组合、变质相及相带分布特点
			围岩蚀变条件	围岩蚀变的种类、矿物组成、强度、分布范围和分带特征, 以及蚀变与矿化的关系
			控矿因素	控矿因素

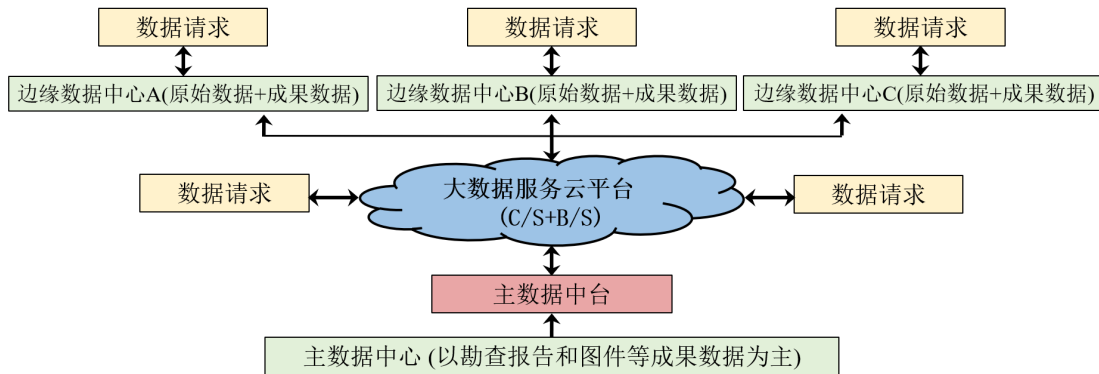


图 6 大数据资源体系总体设计架构视图

Fig. 6 Holistic architecture design view of big data resource system

铀矿勘查系统、测井资料处理解释系统等核心业务系统提供稳定运行环境,确保基础业务连续性;敏态架构采用云原生技术框架,通过敏捷开发、微服务架构和实时响应机制,驱动铀矿勘查大数据平台、智能成矿预测系统等创新应用的快速迭代与功能演进。在此基础上,构

建四层式技术架构体系,如图 7 所示。IaaS 层实现基础设施资源的虚拟化与弹性供给,DaaS 层通过数据湖技术提供统一的数据治理与智能服务,PaaS 层集成容器化平台与开发流水线支撑系统快速构建,SaaS 层采用 B/S+C/S 混合架构模式为用户提供直接交互服务。

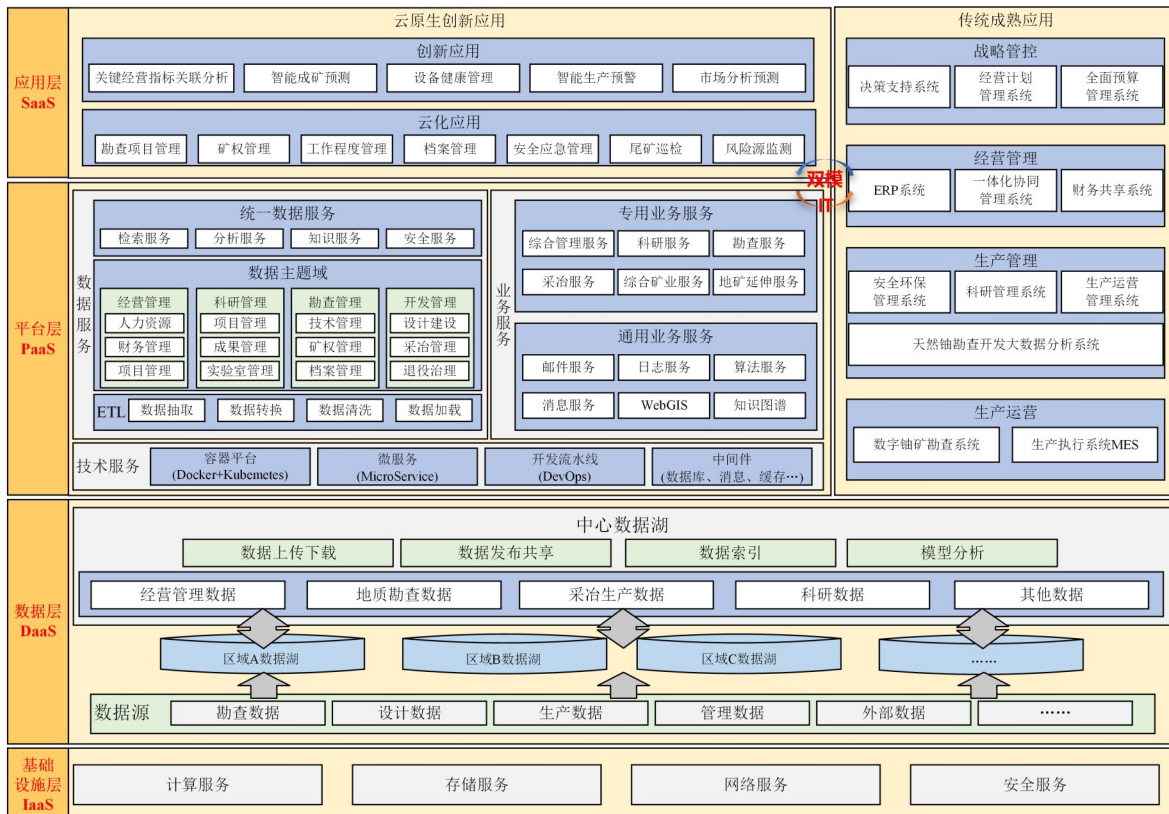


图 7 技术架构整体设计视图

Fig. 7 Holistic design view of technical architecture

4 铀矿勘查信息化建设路径

铀矿勘查工作对象和数据极其复杂,其信

息化建设需要从实际出发,整体设计,分步实施,统筹兼顾,逐渐推进,由信息化→数字化→智能化。每一步都要为下一步打基础,每一步

都要为智能化的最终实现做准备,以需求和数据为驱动双引擎,在不同阶段注意抓住机遇,在某些领域和环节争取跨越式发展。

4.1 重点突破、引领示范阶段

开展基础设施建设与数据湖应用平台开发,建立铀矿勘查大数据体系;推进数据治理工作,实现铀矿勘查数据的数字化采集和标准化管理,完成历史和现势成果数据接入,形成联通勘查、设计和采冶三大环节的数据链;建设数字化铀矿勘查服务平台,实现云平台服务能力,构建围绕业务需求的数据服务体系;以通辽、鄂尔多斯盆地等重点工作区为试点,以点带面推动铀矿勘查数字化转型。

4.2 全面数字化转型阶段

全面推广应用架构设计所规划的全部系统,推进多维一体的铀矿勘查全业务流程数字化进程,实现作业方式的数字化转型;同时对应用系统进行优化完善,探索基于大数据的铀资源智能预测方法和技术,形成铀资源智能探矿模式;探索探采一体化的数据流和信息流特征,建立探采一体的数字化、智能化工作模式。

5 结论与建议

本文以数字化转型与智能化技术深度融合为背景,聚焦铀矿勘查信息化体系构建需求,系统提出了面向数字勘查的理论框架。研究通过构建“业务—应用—数据—技术”多维协同的信息化架构模型,形成适应铀矿勘查复杂场景的技术支撑体系,以提升勘查效率与资源评价精度,为铀矿勘查数字化转型升级提供理论范式与实践参考。

在实际建设过程中,对铀矿勘查信息化建设路径提出如下思考与建议:

1)按照“数据+平台+应用”的新模式,大力推进数据中心、云平台和物联网等新型基础设施建设,不断完善数据平台与技术平台,建成覆盖全产业、支撑各领域业务创新的管理、生产、服务的大数据链。

2)构建完善统一的数据治理、数字化管控、信息与网络安全等“三大体系”,打造敏捷高效、稳定可靠的信息技术支撑平台和数字化服务平台,夯实信息化发展的战略基石。

3)深化大数据与铀矿勘查业务的深度融合,加强(时空)大数据、人工智能、5G和北斗等技术的应用,大力推进各部门业务“上云、用数、赋智”,促进和引领技术创新、产业创新和管理创新,提升全产业信息化、数字化和智能化水平,支撑铀矿勘查高质量、创新性发展。

参考文献

- 王波.“互联网+大地质”开辟地勘经济转型升级的新思路[J].矿产勘查,2024,15(增刊2):338-344.
WANG Bo. “Internet + Big Geology” opens up new ideas for the transformation and upgrading of geological prospecting economy [J]. Mineral Exploration, 2024, 15(Sup.2):338-344(in Chinese).
- 吴冲龙,刘刚,田宜平,等.地矿勘查工作信息化的理论与方法问题[J].地球科学(中国地质大学学报),2005,30(3):359-365.
WU Chonglong, LIU Gang, TIAN Yiping, et al. Theory and method problems of informatization of geological surveying and mineral resource exploration [J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 2005, 30(3):359-365(in Chinese).
- 朱学礼,冯涛,柏瑞,等.“地质+”多元驱动智慧勘查初步应用[J].黄金科学技术,2017,25(1):46-54.
ZHU Xueli, FENG Tao, BAI Rui, et al. “Geology +”: A preliminary application on the multi-driven intelligent geological exploration [J]. Gold Science and Technology, 2017, 25(1):46-54(in Chinese).
- 吴冲龙,张夏林,周琦,等.数字勘查与地矿勘查行业数字化转型[J].贵州地质,2021,38(2):119-128.
WU Chonglong, ZHANG Xialin, ZHOU Qi, et al. Digital exploration and digital transformation of geological exploration industry [J]. Guizhou Geology, 2021, 38(2):119-128(in Chinese).
- 张明林,刘洋,吴建勇,等.中国铀矿地质勘查信息化建设现状及“十四五”发展思路[J].世界核地质科学,2021,38(3):287-294.
ZHANG Minglin, LIU Yang, WU Jianyong, et al. Construction situation of uranium exploration informatization and development idea for the 14th Five-Year Plan in China [J]. World Nuclear Geoscience, 2021, 38(3):287-294(in Chinese).
- 郭锐,王毛毛,张浩浩,等.基于数字铀矿勘查系

- 统的管理新模式及应用——以“分线运行”为例[J]. 科技视界, 2022(10): 46-48.
- GUO Rui, WANG Maomao, ZHANG Haohao, et al. A new management model based on the digital uranium exploration system and its application: Taking “Line-based Operation” as an example [J]. Science and Technology Vision, 2022(10): 46-48 (in Chinese).
- 7 刘洋, 张明林, 王良玉, 等. 数字铀矿勘查系统(QuantyU)的发展与应用[J]. 西部资源, 2022(6): 160-162.
- LIU Yang, ZHANG Mingling, WANG Liangyu, et al. Development and application of the digital uranium exploration system (QuantyU) [J]. Western Resources, 2022(6): 160-162(in Chinese).
- 8 孔维豪, 刘洋, 陈霜, 等. 数字化铀矿勘查服务平台数据资源共享与安全策略[J]. 铀矿地质, 2024, 40(1): 171-180.
- KONG Weihao, LIU Yang, CHEN Shuang, et al. Data resource sharing and data security of digital uranium exploration service platform [J]. Uranium Geology, 2024, 40(1): 171-180(in Chinese).
- 9 傅成铭, 张明林, 文占久, 等. 大数据时代铀矿勘查数字化和发展方向探讨[J]. 铀矿地质, 2018, 34(6): 379-384.
- FU Chengming, ZHANG Mingling, WEN Zhanjiu, et al. Discuss on uranium prospecting digitization and evolution direction in big data epoch [J]. Uranium Geology, 2018, 34(6): 379-384(in Chinese).
- 10 孔维豪, 朱鹏飞, 刘武生, 等. 铀矿地质云平台应用示范系统设计与实现[J]. 铀矿地质, 2020, 36(5): 382-391.
- KONG Weihao, ZHU Pengfei, LIU Wusheng, et al. Design and implementation of application demonstration system for uranium geological cloud platform [J]. Uranium Geology, 2020, 36(5): 382-391 (in Chinese).
- 11 叶发旺, 蔡煜琦, 李瀚波, 等. 铀资源勘查大数据技术研究框架思路[J]. 世界核地质科学, 2019, 36(2): 63-72.
- YE Fawang, CAI Yuqi, LI Hanbo, et al. Framework idea of big data technology for uranium resources exploration [J]. World Nuclear Geoscience, 2019, 36(2): 63-72(in Chinese).
- 12 邢妍, 苏学斌. 中国铀业信息化建设总体蓝图[J]. 铀矿地质, 2023, 39(3): 470-480.
- XING Yan, SU Xuebin. Overall blueprint of informatization construction of China National Uranium Co.Ltd. [J]. Uranium Geology, 2023, 39(3): 470-480 (in Chinese).
- 13 邢妍. 中国铀业数据治理体系探索与研究[J]. 世界核地质科学, 2023, 40(2): 260-271.
- XING Yan. Exploration and study on data governance system for China National Uranium Co.Ltd. [J]. World Nuclear Geoscience, 2023, 40(2): 260-271 (in Chinese).
- 14 杜金虎, 时付更, 杨剑锋, 等. 中国石油上游业务信息化建设总体蓝图[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(5): 1-8.
- DU Jinhu, SHI Fugeng, YANG Jianfeng, et al. Overall blueprint of information construction of PetroChina upstream business [J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(5): 1-8(in Chinese).
- 15 杜金虎, 时付更, 张仲宏, 等. 中国石油勘探开发梦想云研究与实践[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(1): 58-66.
- DU Jinhu, SHI Fugeng, ZHANG Zhonghong, et al. Research and practice of dream cloud for petroleum exploration and development of PetroChina [J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(1): 58-66 (in Chinese).
- 16 中核铀业有限责任公司. 中国铀业有限公司勘查领域信息化顶层设计专项报告[R]. 北京: 中核铀业有限责任公司, 2021.
- China Nuclear Uranium Co., Ltd. Special report on the top-level design of informatization in the exploration field of China Nuclear Uranium Co., Ltd [R]. Beijing: China Nuclear Uranium Co., Ltd, 2021(in Chinese).