



## / 摘要 /

为解决当前露天矿山专业知识服务供需不平衡的问题,提升我国露天矿山行业的整体竞争能力和新技术、新装备、新理念的精准确供应能力,提出了“以核心数据资源为支撑、融合分析为引导、用户需求为牵引”的露天矿山专业知识服务体系框架,设计并规划了涵盖我国露天矿山行业咨询、政策法规、科技成果、标准规范、专利论文、专家机构、研究报告、教辅教材、基础信息、统计数据等18大类露天矿山专业知识服务体系;提出了露天矿山专业知识服务系统强化顶层设计、协作共建机制以及深化科研攻关等建设路径。可为露天矿山从业者提供精准的智能搜索、知识图谱、多维数据统计以及智能推送等服务,将有助于提升我国露天矿山科学研究、产业发展以及科技创新的能力。

# 大数据背景下露天矿山专业知识服务系统研究与设计

付恩三

大数据、人工智能等新技术在露天矿山的创新应用,给我国露天矿山生产建设发展带来了新的创新与活力。我国露天矿山在智能化建设发展方面取得了创新性成效,如无人驾驶卡车的编组应用、无人机外业测量、智能巡检机器人、AI视频识别等技术在露天矿山落地应用。随着新技术的推广应用,笔者逐步发现,无论是科研人员、政府监管监察人员还是矿山企业人员对新技术信息的需求都逐渐从单一的文献搜索向多源、多维的知识信息关联分析转变。由于露天矿山矿种复杂,其中涉及的开采工艺、洗选工艺、标准规范、政策执行、安全系数等要求不同,每个人很难全面掌握其中的关键知识和重点要义,当发生异常事件或亟需解决的关键科学问题时,需要通过联系专业队伍来进行沟通,大幅降低了事件的处置效率和决策执行能力。如何从海量、复杂的露天矿山数据中发现新知识、挖掘新价值、掌握新趋势、探索新热点,为领域专家、政府机构、研究人员提供多维服务以及精准决策和应用指导,成为促进露天矿山科学研究、产业发展与科

技创新的关键。

基于此,笔者以露天矿业专业知识服务为出发点,以应急管理部信息研究院建设的科技资源及决策支撑平台为指引,提出构建基于大数据背景下的露天矿山专业知识服务系统,其核心目的是解决当前专业知识服务体系不完备、信息供需不对称等问题,提出通过露天矿山行业信息资源整合,专家队伍信息汇聚,科研成果汇总,新技术、政策融合等方式,打通行业信息壁垒,促进露天矿山领域跨地域、跨机构、跨领域知识服务的高效开展。为我国露天矿山高质量发展提供智力支撑,为监管监察部门以及矿山企业辅助决策提供技术手段。

## 露天矿山专业知识大数据面临的问题

### 多模态数据资源汇聚整合不完备

通过调研可知,目前国内还没有相应机构对露天矿山的多模态数据进行整合与汇聚。从当前我国露天矿山监管监察部门、行业协会以及上下游产业

来看,由于涉及的部门多、需要协调的资源量大,政府部门或行业协会并未开展全国露天矿山全量的多模态数据采集平台建设。目前,国家矿山安全监察局实现了煤矿风险监测预警系统的联网工作,而非煤矿山监测预警数据联网刚刚启动,离露天矿山全量数据采集还有一定的差距。由谁牵头构建平台、采集哪类数据、数据如何存储以及涉密文件的获取与数据共享等问题,是当前数据汇聚工作面临的主要问题。

### 相关机构提供信息与需求不匹配

露天矿山专业知识服务系统面向的群体对象是政府部门、科研高校与设计单位以及涉矿企业。从上述3类用户来看,其主要特征如下:用户群体庞大,涉及范围广;用户分布地域广;专业性强,需要了解的专业知识多;各用户需求不一致,但核心都是解决面临的技术问题和安全发展问题。当前,若用户需要调取数据资料,主要依托百度百科、中国知网或政府官网等平台,但由于信息分散,以及数据准确性和相关信息更新频率等问题,用户对需要检索的知识获取难度较大,时间成本较大,导致用户的知识需求与当前可提供的信息不匹配,呈现出知识供需不平衡的现象。

### 数据挖掘及关联分析决策能力弱

由于各专业知识零散、碎片化存在于各类系统或平台,并没有进行统一的关联分析与决策分析,数据挖掘与关联分析就难以形成,导致现阶段政策出台后,如何解读、如何落实,事故发生后如何救援、如何处置,以及新技术出现时,如何应用、如何对接等方面都存在一定问题。当前露天矿山专业知识服务系统平台的缺失,给多方用户的数据关联与决策分析带来影响。

## 露天矿山专业知识服务需求与特征

为保证整个露天矿山专业知识服务系统的功能业务落地实用,需要对露天矿山用户群体(政府部

门、科研高校与设计单位以及涉矿企业)的需求进行深入分析。

(1) 政府部门作为整个行业的顶层规划者,主要群体包括:国家应急部、能源局、自然资源部、矿监局等,其主要需求是系统平台提供的服务符合国家能源战略规划,在宏观层面对国家、区域级矿山规划进行智力支撑,提供内容需要有前瞻性和精准性,且需要对深层次问题进行深入剖析,而要满足上述需求,需要科研高校等智库专家的持续支撑。目前,政府部门也亟需相应的专业知识服务系统提供知识普及和关键问题剖析等服务。

(2) 科研高校与设计单位作为行业的科技先行者,主要群体包括:院士团队、涉矿高校、涉矿事业单位、涉矿设计单位等。其主要需求是能快速精准定位和搜索到当前行业的最新热点、政策信息、科研攻关以及相应研究学者,提供相应情报服务、知识搜索发现、数据服务等功能,可为科研高校智库提供前沿的科技支撑。

(3) 涉矿企业作为整个行业的源动力,主要群体包括:各类露天矿山开采的企业以及相应设备厂商等。涉矿企业更多关注政策解读、新技术应用、问题解决以及安全生产能相关问题,更希望通过平台获得行业最新资讯、优质的解决方案以及相应的专家队伍等可为企业更加直观地解决问题,保证企业安全、高效、绿色、智能发展的信息。

通过对上述3类用户不同需求的分析发现,各类用户对专业知识服务系统的建设均有迫切的需求,而专业知识服务系统的建设,将解决当前面临的大部分问题。因此,为提升我国露天矿山整体水平、科技创新能力,需要联合露天矿山涉及的3类用户群,形成“产、学、研、用”的体制机制,开发专业知识服务系统功能,整合现有信息资源,不断推进露天矿山专业知识服务系统的建设。

## 露天矿山专业知识服务系统框架

结合露天矿山专业知识服务系统需要解决的关

键问题和相应建设内容，同时基于相应的规范要求，笔者提出了露天矿山专业知识服务系统的5层架构，自下而上分别是数据层、基础资源层、计算服务层、功能层以及应用层，如图1所示。

(1) 数据层

主要包括科技文献、规程标准、领域专家、科研高校、科技成果、矿山数据、感知数据、图纸资料、政策文件以及相应教材等数据。上述数据的采集与获取，需要与现有系统平台进行数据对接和沟通，一些历史数据需要进行电子化和统一存储，一些涉秘文件资料需要设置数据权限和秘密文件解密时效。

(2) 基础资源层

主要包括计算资源池、存储资源池、网络资源池，主要提供基础支撑平台，同时对常见格式的电子文档进行整合分析，构建资源内容数据仓储，将文档转为统一格式的数据，为之后的分析提供应用基础，分析主要包括指标抽取、属性抽取、实体抽取。

(3) 计算服务层

主要包括多模态数据计算服务、存储服务以及AI算法服务，可实现对相关信息的关联分析和模型算法优化。

(4) 功能层

主要针对不同用户需求，提供相应定制化功能，涵盖智能搜索、知识图谱、决策分析等18个维度的系统功能。

(5) 用户层

主要包括政府机构、科研院所、高等院校、行业协会、矿山企业、相关厂商等用户群体。

露天矿山专业知识服务系统应用

露天矿山专业知识服务系统以露天矿山各类用户所需求的知识为数据基础，运用多模态数据抽取、知识图谱、机器学习等新技术，实现对露天矿山专业知识在智能搜索、图谱构建、知识问答等18个方面的功能设想。由于篇幅限制，笔者仅对知识图谱、智能问答、决策分析、知识管理与智能推荐、智能搜索与知识集市5个功能模块进行介绍。

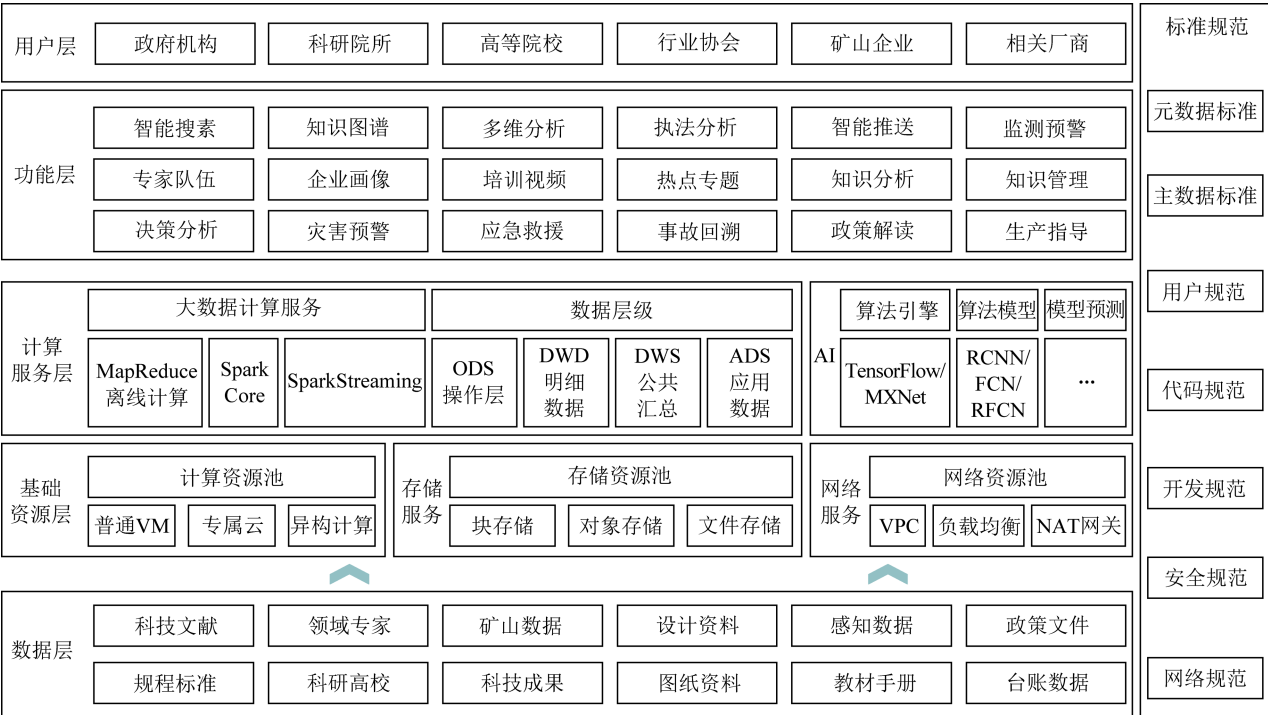


图1 露天矿山专业知识服务系统框架



## 露天矿山知识图谱

构建智能知识引擎,实现从海量数据到知识的自动抽取。依托数据分析和语义分析能力,基于神经网络和机器学习,结合基础分类体系和主题词表,自动生成专业化的知识图谱,为业务应用提供知识支撑。知识引擎拥有数据应用、AI计算、图计算、自然语言处理、知识图谱构建、三维仿真计算等能力,借助图数据库 Neo4j、资源描述框架 RDF 或其他方式实现露天矿山安全数据的存储,运用可视化技术描述安全知识资源与载体,可视化展示露天矿山知识实体及实体之间的相互联系。

### (1) 应急预案主题图谱

结合主题词表和知识图谱,构建应急预案主题图谱。根据典型案例分析或目前已有的针对特定灾害的预案数据,确定需要搜集的数据资源范围,如露天矿山溃坝灾害需要基础地理信息,包括道路、植被、水系、居民分布等;灾情基础数据,包括道路情况、人员伤亡等;灾情业务专题数据,包括救援人员、设施设备、救援方案、执行情况、位置监控等;多媒体数据,包括相关场所的照片、平面图、语音、拍摄视频等数据。

### (2) 科技创新主题图谱

露天矿山科技创新主题库通过数据采集平台获取相关科技信息,结合主题词表和知识图谱,构建科技创新主题图谱,形成科技成果库、技术需求库、创新机构库、科技专家库4个主题库。科技成果库主要面向矿山智能化、灾害防治、安全生产、应急救援等领域,围绕各种应用场景,汇聚成熟的解决方案;技术需求库主要面向生产工艺、灾害防治、安全生产、人工智能、算法模型、无人机、无人驾驶、应急救援等领域,围绕各种应用场景,收集热点需求、紧急需求和常规需求,建立技术库,为用户提供信息渠道;创新机构库通过对露天矿山科技创新产学研相关机构信息进行收集,形成相互关联的创新机构数据库,用户查找后以树形结构展示该研究机构及其拥有的创新资源,如专家、仪器、论文、专利、获奖、成果鉴定等;科技专家库面向社

会各层用户,通过个人申报开放账号的方式,进行相应信息填报。根据行业领域信息,建立露天矿山科技专家库,形成不断完善的科技工作者、专家、认证专家等多个层次各领域科技专家库。

### (3) 安全生产主题图谱

收集露天矿山行业的安全生产信息,结合主题词表和知识图谱,构建安全生产主题图谱。企业安全生产画像需建立企业机构名录,收集与之相关的全部信息源,从企业注册、工商登记、企业概况、执法信息、安全生产投入、科技投入和产出、安全生产事故记录等方面,简洁明了地刻画一个企业的安全生产特征。

### (4) 检修运维知识图谱

针对露天煤矿运输车辆、采掘设备、输送带等设备建立设备检修运维知识图谱,形成设备检修知识库和运维知识库,包含露天矿山设备故障事件、概念模型任务事件、业务逻辑事件、故障案例事件以及模型方法事件。检修运维知识图谱的建设可提高维修人员的技术水平和设备的安全运行能力。

## 专业知识智能问答

以露天矿山安全作为专业知识智能问答系统的主要领域,建设内容包括知识图谱问答模型、知识嵌入模型、数据检索模块、问答模块、系统展示模块、语音输入输出接口和露天矿山安全知识库。专业知识智能问答实现的功能步骤如下,数据获取、数据预处理、知识图谱模型训练与保存、知识抽取、实体消歧与链接、推理更新、知识存储与可视化,专业知识智能问答逻辑如图2所示。

## 核心事件决策分析

要想实现核心事件决策分析,需要具备露天矿山各类核心事件算法预警模型构建与分析能力,而算法模型的准确度需要由相应算法支撑平台进行决策分析,算法模型训练平台如图3所示。如分析露天矿山灾害风险演化过程不同预警指标的前兆响应规律及关联性就需要基于预警指标体系,利用趋势

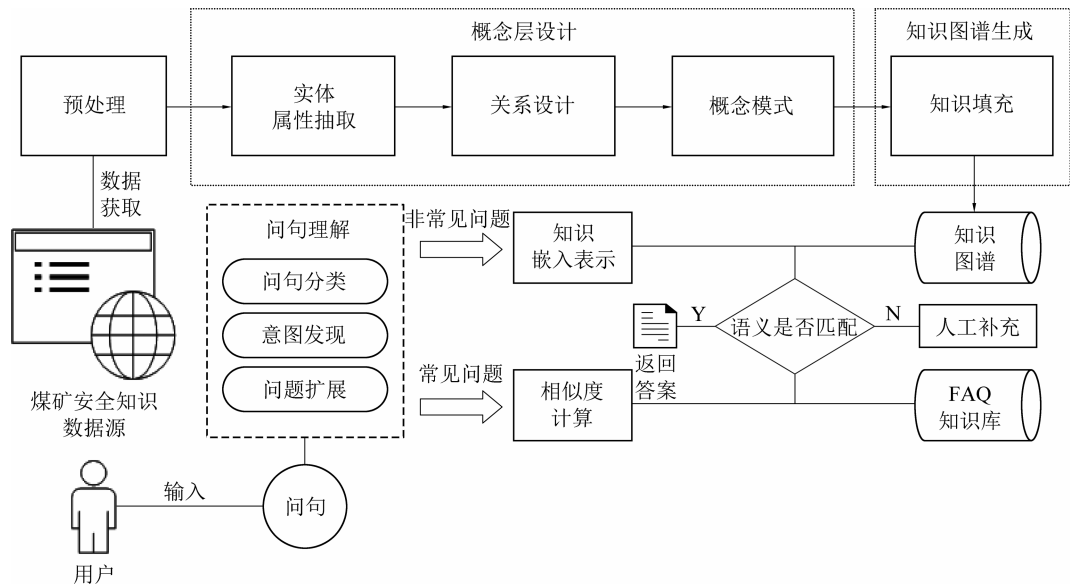


图2 智能知识问答逻辑

分析法、机器学习、深度学习、人工智能等算法，建立矿山灾害多指标融合分级预警智能判识模型，分析矿山灾害演化过程本质特征、时空关联性及其与地质条件和采掘过程的相关性，实现矿山灾害风险的智能分级预警，为系统用户提供核心事件的决策支撑。

知识管理与智能推荐

(1) 知识管理

露天矿山专业知识服务系统根据知识的多模态属性，建立相应的知识管理模块，系统知识资源采用统一的云平台存储机制。通过建立相应的数据原始库、资源库、主题库等方式，对数据进行规范化管理，实时动态更新，实现对采集的露天矿山知识进行生命周期的动态管理，保证数据的真实性、可查询性，为知识关联、数据分析提供保障。

(2) 智能推荐

露天矿山专业知识服务系统根据用户特征需求以及身份特征，定期以消息的方式推送用户关注的最新资讯，如国内外技术进展、行业动态等；同时提供不同用户的定制化服务，提供相关领域智能报告或其他消息的自动生成与推送服务。

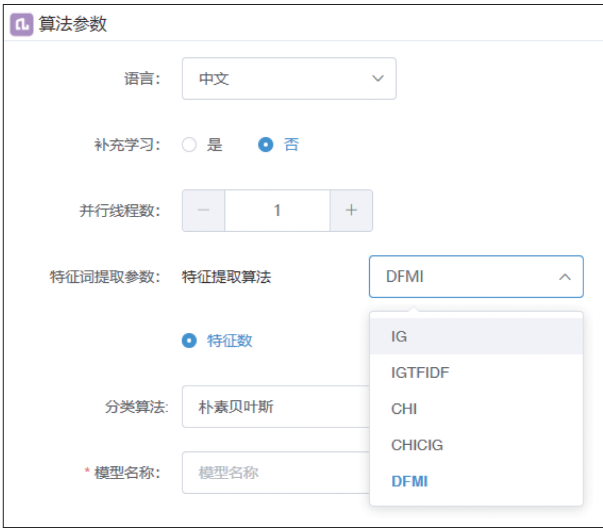


图3 算法模型训练平台

智能搜索与知识集市

(1) 智能搜索

露天矿山专业知识服务系统后台提供基于相似度计算的常见问题检索管理以及基于 SPARQL 的知识图谱检索管理算法模块。用户在系统界面上输入自定义检索条件，例如：输入问句关键词或完整问句，点击查询按钮，系统针对用户输入问题进行句法、语义分析后，计算用户问句与 FAQ 知识库中问题的语义相似度，返回最优查询结果及相关查询结果的排名。以及采用 SPARQL 的知识图谱，识别用

户输入问句中的命名实体,将实体正确链接到知识图谱节点上,获取子图中邻近的三元组,构造SPARQL查询语句,返回推理查询结果。

## (2) 知识集市

露天矿山专业知识服务系统可将平台所掌握的关于露天矿山的相关知识内容在知识集市中进行分模块、分类别展示,而已通过系统验证或身份审核的用户,可以在系统平台发布从知识集市中了解到的知识,系统平台对上述知识进行审核后,也可在知识集市中发布知识,以便于系统用户在系统中进行知识的传播与共享。

## 露天矿山专业知识服务系统建设路径

为实现露天矿山专业知识服务系统的构建,需要对专业知识服务系统从整体的顶层设计、建设机制研究、深化科研攻关3个方面进行研究,以推进露天矿山专业知识服务系统的建设与应用,保证系统为不同用户群体提供智能化服务,不断推动我国露天矿山高质量发展。

### 强化顶层设计

建设露天矿山专业知识服务系统,需要对系统的总体建设架构进行梳理,明确多模态数据采集频率以及数据来源,明确露天矿山专业知识服务系统的建设目标、服务对象和需要遵循的原则方法,梳理专业知识服务系统的主体功能和业务逻辑,为各级用户提供关键专业知识服务。

### 协作共建机制

建议由应急管理部或国家矿山安全监察局从宏观布局角度协调该系统的规划建设,并协调对接行业内已建设的各系统数据,同时联合中国煤炭科工集团、矿冶科技集团、国家能源集团、中国中煤、国家应急管理部信息研究院、中国安全生产科学研究院、国家应急管理部大数据中心和研究中心,以及中国矿业类高校、设计院、行业协会等企事业单位,协同推进该系统平台云端部署、实时分析、功

能优化、运行维护等工作,以国家露天矿山事业高质量发展为目标,协同推进系统平台建设,形成协同共建机制。

### 深化科研攻关

加快攻克制约专业知识服务系统建设过程中的“卡脖子”技术,如海量数据的实时采集和存储、露天矿山灾害风险预警、智能预案匹配、AI调度、研发应用语义大模型等,推进工业互联网、大数据、云计算、人工智能等新技术在本系统建设过程中的融合创新应用。

## 总 结

露天矿山专业知识服务系统的创新规划研究,将海量分散数据进行融合汇聚,是提升当前我国露天矿山科技创新水平、解决海量知识获取供需不平衡的有效路径。

目前,笔者研究内容属于初级阶段,各类系统用户需求以及整体系统功能界面设计还处在设计阶段,系统平台建设还未启动,对于各级用户的需求痛点总结还不到位,还需进一步的深入沟通与调研。

我国智能矿山建设过程中不断融合人工智能、大语言模型等技术,为大数据背景下露天矿山专业知识服务系统平台的建设提供了有力保障和支撑。但在整个系统建设过程中,需要充分利用公有云平台在数据存储治理等方面的能力,深入结合新技术、新手段,为我国政府部门、科研工作者、矿山企业提供必要的智力支撑,为我国露天矿山高质量发展提供技术手段。

■ 助理编辑:刘雅清

### 作者简介:

付恩三,高级工程师,博士研究生,主要从事露天矿山智能化、开采理论及技术研究工作。

E-mail: 429001709@qq.com

作者单位:应急管理部信息研究院