

“智能化矿山数据治理”专题

编者按：《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》指出，要以数据为核心资源，推动煤矿智能化技术开发和应用模式创新。随着大数据、人工智能等技术的不断发展和应用，煤矿大数据呈现爆炸式增长，对这些数据进行有效的管理、分析和挖掘，对于提高矿山生产效率和资源利用率、优化矿山生产结构具有重要意义，然而现有的数据治理模式还存在一些亟需解决的问题。为推动煤矿智能化建设高质量发展，提升矿山数据治理水平，实现数据融合共享和智能化应用，《工矿自动化》编辑部特邀中国矿业大学(北京)谭章禄教授担任客座主编，汪莹教授、刘婵副教授、王美君博士担任客座副主编，于2023年第5期组织出版“智能化矿山数据治理”专题。在专题刊出之际，衷心感谢各位专家学者的大力支持！

文章编号：1671-251X(2023)05-0022-08

DOI: [10.13272/j.issn.1671-251x.18104](https://doi.org/10.13272/j.issn.1671-251x.18104)

智能化煤矿数据治理体系与关键问题研究

谭章禄，王美君，叶紫涵

(中国矿业大学(北京)管理学院，北京 100083)

摘要：智能化煤矿数据治理是实现煤矿智能化建设高阶段发展目标的关键瓶颈，对于确保数据运营合规、保障数据质量、防控数据风险、提升数据价值具有重要意义，但目前缺乏完善的方法论体系指导智能化煤矿数据治理的理论研究和技术实践。针对该问题，从数据治理要素、治理机制、治理层次和治理过程4个维度构建智能化煤矿数据治理要素-机制-层次-过程参考模型，提供多维度融合的方法论视角和理论分析逻辑，达成对关键问题的认识。分析得出复杂系统理论、数据战略管理理论、协同创新理论、数字连续性理论、公共治理理论、信息生命周期理论、PDCA循环理论是智能化煤矿数据治理重要的理论基础。在智能化煤矿数据治理参考模型的指导下，基于相关理论基础，构建包括数据治理环境、驱动与保障因素、顶层设计、数据治理域、数据治理过程与能力5大组成部分的智能化煤矿数据治理体系框架。对标智能化煤矿数据治理体系框架，得出智能化煤矿数据治理尚需进一步突破数据价值运动规律揭示、元数据与数据字典构建、数据质量和数据安全体系管理规则设计、复杂巨系统数据耦合模型开发和数字智慧发生规律建模等5个方面的关键问题。

关键词：智能化煤矿；数据治理；数据管理；数据价值；数据质量；数据安全；数据标准

中图分类号：TD67

文献标志码：A

Research on intelligent coal mine data governance system and key issues

TAN Zhanglu, WANG Meijun, YE Zihan

(School of Management, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Intelligent coal mine data governance is the key bottleneck to achieving the high-level development goal of coal mine intelligent construction. It is of great significance to ensure data operation compliance, ensure data quality, prevent and control data risks, and improve data value. However, there is a lack of perfect methodology to guide the theoretical research and technical practice of intelligent coal mine data governance. In order to solve this problem, an intelligent coal mine data governance element-mechanism-hierarchy-process reference model is constructed from four dimensions of data governance elements, governance mechanism, governance hierarchy and governance process. It provides a multi-dimensional fusion methodology

收稿日期：2023-04-10；修回日期：2023-04-26；责任编辑：胡娟。

基金项目：国家自然科学基金项目(61471362)。

作者简介：谭章禄(1962—)，男，江西赣县人，教授，博士，博士研究生导师，主要从事智能化煤矿、数据治理、管理信息系统等方面的教学与科研工作，E-mail: tanzl@vip.sina.com。

引用格式：谭章禄，王美君，叶紫涵. 智能化煤矿数据治理体系与关键问题研究[J]. 工矿自动化, 2023, 49(5): 22-29.

TAN Zhanglu, WANG Meijun, YE Zihan. Research on intelligent coal mine data governance system and key issues[J]. Journal of Mine Automation, 2023, 49(5): 22-29.



扫码移动阅读

perspective and theoretical analysis logic to achieve an understanding of key issues. It is concluded that complex system theory, data strategic management theory, collaborative innovation theory, digital continuity theory, public governance theory, information life cycle theory, and PDCA cycle theory are the important theoretical basis of intelligent coal mine data governance. Under the guidance of the reference model of intelligent coal mine data governance, and based on the relevant theoretical basis, an intelligent coal mine data governance system framework is constructed. It includes five major components: data governance environment, driving and supporting factors, top-level design, data governance domain, and data governance process and capability. Benchmarking the framework of intelligent coal mine data governance system, it is concluded that intelligent coal mine data governance still needs to further break through the five key issues. The issues are data value movement law disclosure, metadata and data dictionary construction, data quality and data security system management rule design, complex giant system data coupling model development and digital intelligence generation law modeling.

Key words: intelligent coal mine; data governance; data management; data value; data quality; data security; data standard

0 引言

随着煤矿智能化建设的推进^[1-2],制约数据融合、系统联动、业务协同等发展的数据治理问题受到广泛关注^[3]。智能化煤矿数据治理是指对煤矿数据及其相关技术和业务全生命周期的权利、责任和利益进行合理制度优化,在“沉淀、复用、共享、协同”的治理理念引导下,认识和构建煤矿信息世界,改造和描述煤矿物理世界,优化和映射煤矿意识世界,搭建3个世界的信息通路,奠定煤矿数据底座,解决数据运营合规、数据质量保障、数据安全防控、数据价值提升难题,促进煤矿战略协同、组织协同、业务协同、数据协同和技术协同,赋能煤矿数字化转型和高质量发展^[4-5]。

自智能化煤矿数据治理问题被提出以来,学者们在智能化煤矿数据治理概念界定、技术架构及关键技术方面展开了理论研究和实践探索^[6-7]。谭章禄等^[8]探讨了智能化煤矿数据归类与编码的实质、技术目标、技术原则和技术方法。贺耀宜等^[9]基于工业物联网技术提出了智能化煤矿数据采集流程。李国民等^[10]研究了智能化煤矿监控数据集成策略。王霖等^[11]和刘海强等^[12]设计了智能化煤矿数据仓库的建模方法。王国法等^[13]针对智能化煤矿复杂巨系统多源异构数据融合问题,提出了基于“分级抽取-关联分析-虚实映射”的数据逻辑模型。疏礼春^[14]和杜毅博等^[15]分别基于数据中台技术和大数据技术设计了智能化煤矿数据治理的平台架构。姜德义等^[16]提出了基于边缘云协同的智能化煤矿数据交互与计算架构。曹现刚等^[17]构建了煤矿装备维护知识图谱以深度挖掘煤矿装备维护数据价值。

综合以上研究可知,智能化煤矿数据治理的概念内涵和技术架构正逐步形成共识,关键技术的突

破方兴未艾,但理论研究和实践探索亟需完善的方法论加以指导。基于此,本文首先从多维度融合的数据治理方法论视角构建智能化煤矿数据治理参考模型,提供理论分析逻辑,达成对关键问题的共识;然后基于智能化煤矿数据治理参考模型构建数据治理概念体系和全局架构;最后对标智能化煤矿数据治理体系框架,提出理论研究和技术发展的关键问题。

1 智能化煤矿数据治理参考模型

1.1 参考模型构建

智能化煤矿数据治理参考模型是方法论体系的重要组成部分。已有研究从治理要素控制、治理过程控制、治理机制控制、治理层次控制等单一方法论视角展开数据治理研究,鲜有跨方法论视角的研究成果^[18]。智能化煤矿数据治理纵跨战略管理、经营决策、职能管控和作业操作等数据治理层次,横跨数据采集、数据传输、数据存储、数据开发、数据服务、数据归档等全生命周期的数据治理过程,蕴含治理理念、治理目标、治理主体、治理客体、治理程序和工具等数据治理要素复杂非线性的权责利配置关系,需要合理构建数据治理动力机制、运行机制、约束机制和保障机制,以确保智能化煤矿数据治理能力的螺旋式提升和各层次战略目标的完整实现。因此,从单一的方法论视角剖析智能化煤矿数据治理,不足以完整描绘数据治理全貌,不足以充分认识数据治理蕴含的复杂非线性权责利配置关系,不足以深刻解析数据治理的关键发展问题。本文基于治理要素、治理机制、治理层次和治理过程4个维度的复杂耦合关系,构建智能化煤矿数据治理要素-机制-层次-过程参考模型,提供多维度融合的方法论视角和理论分析逻辑,如图1所示。

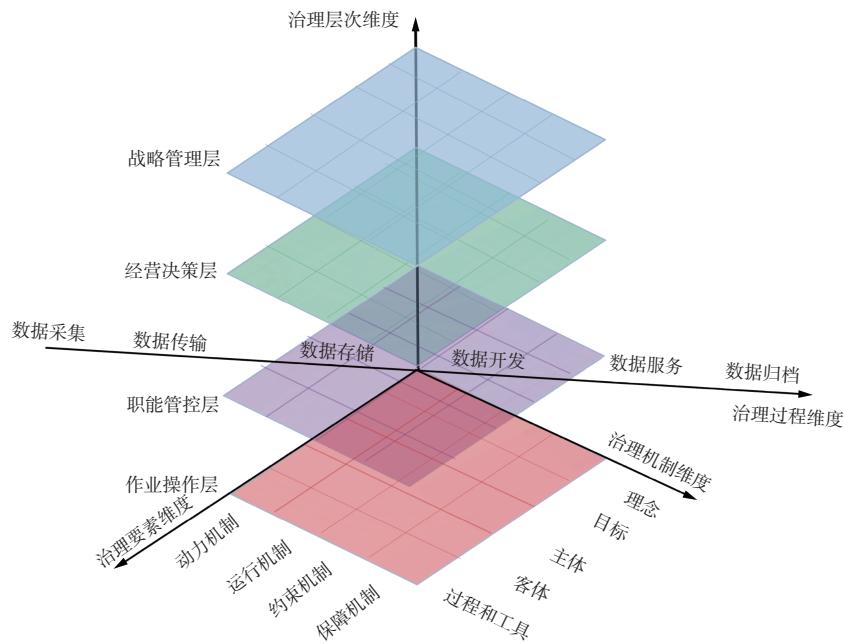


图 1 智能化煤矿数据治理要素-机制-层次-过程参考模型

Fig. 1 The element-mechanism-hierarchy-process reference model of intelligent coal mine data governance

智能化煤矿数据治理要素维度由治理理念、治理目标、治理主体、治理客体、治理过程和工具构成^[5]。在“沉淀、复用、共享、协同”的治理理念引导下,以首席数据官(Chief Data Officer, CDO)为主导的多元治理主体围绕数据运营合规、数据质量保障、数据风险可控、数据价值提升等治理目标,针对性部署数据采集、传输、存储、开发、服务和管理策略,综合运用数据治理技术工具,使煤矿数据服务于智能化业务需求。

智能化煤矿数据治理机制维度由动力机制、运行机制、约束机制和保障机制构成。动力机制反映智能化煤矿数据治理动机产生与运作关系,重点关注各层次数据治理战略的协同性、多元治理主体理念与目标的一致性、多元治理主体主观能动的长效性。运行机制反映智能化煤矿数据治理规则体系构成与运作关系,重点关注治理规则的健全性、依从性和动态优化性。约束机制反映智能化煤矿数据治理相关权责利的限定与修正关系,重点关注煤矿数据及相关技术和业务权责利的合理配置、动态监督和反馈优化。保障机制反映智能化煤矿数据治理保健因素的来源与作用关系,重点关注数据治理组织、机制、技术和能力等方面的要素及其作用形式。

智能化煤矿数据治理层次维度由战略管理、经营决策、职能管控和作业操作构成。战略管理层聚焦智能化煤矿数据资源优化配置及数据资源与技术资源、业务资源的协同问题,需要为数据治理的战略规划、组织构建和架构设计等提供多维度的顶层设

计原则。经营决策层聚焦智能化煤矿数据服务能力体系和数字竞争优势构建问题,需要为数据价值体系、技术体系、资产体系、管理体系等提供系统性的实施方案制定规则。职能管控层聚焦智能化煤矿数据及相关技术和业务全生命周期的多元协同治理,需要为数据治理提供针对性的落地实践规范。作业操作层聚焦智能化煤矿数据治理作业的标准化操作,需要提供标准化的数据治理作业规程。

智能化煤矿数据治理过程维度由数据采集、传输、存储、开发、服务和归档等构成。需要充分认识智能化煤矿数据多源异构、数据体量大、时敏性要求高、价值密度低、业务关联性强等行业特性,合理设计数据采集、传输、存储、开发、服务、管理的技术架构,合理部署相应实施策略,强化以数据运营、数据质量、数据安全和数据价值为核心的全生命周期数据管理,推动智能化煤矿数据治理能力持续提升。

1.2 对智能化煤矿数据治理的认识

基于要素-机制-层次-过程参考模型,形成对智能化煤矿数据治理的基本认识。

- 1) 智能化煤矿数据治理满足复杂系统关系。智能化煤矿数据治理受到宏观环境、行业环境和内部环境的影响并与之发生相互作用,表现出开放交互性。多元数据治理主体围绕一致的数据治理目标紧密协作,产生跨层级、跨部门、跨系统的数据融合、技术融合和业务融合效应,表现出整体涌现性。智能化煤矿数据治理是一个长期、动态、复杂的系统工程,智能化煤矿数据治理能力通过循环迭代最终

完整支持煤矿智能化建设目标的实现,表现出循环迭代性。

2) 智能化煤矿数据治理是数据工程技术下的战略管理问题。智能化煤矿全生命周期的数据治理和数据管理技术是相关通用数据工程技术的行业化应用。智能化煤矿数据治理的关键问题在于数据价值的构建、数据需求的挖掘、数据语义的理解和数据语法的开发,具体落实到完善的数据治理体系框架构建和健全的数据标准规范设计,实质是数据治理整体体制机制的建设。

3) 智能化煤矿数据治理是一个协同创新过程。在数据治理专业机构的主导下,从煤矿作业班组到政府主管部门的跨层级多元主体交流协作,实现数据资源共享和数据能力互补,各自发挥主体优势,共建数据价值体系,产生整体协同效应,实现智能化煤矿数据价值的最大化和创新涌现。

4) 智能化煤矿数据治理是数字连续性的根本保障。智能化煤矿要实现数据融合、系统联动和业务协同,需要确保供应链和价值链上各环节的人员和设备实时共享一致的、可信的和可持续的煤矿生产、安全和管理决策数据及相关数据模型,其以数据运营合规、数据质量保障、数据安全防控和数据价值发挥为根本保障。

5) 智能化煤矿数据治理是多元主体参与的公共治理。数据治理主体以首席数据官为主导,以数据治理专业机构为核心,由智能化煤矿、煤炭集团、煤

炭行业协会和学会、政府主管部门、社会组织等多元主体围绕一致的数据治理目标进行分工共治,体现出治理主体多元化、治理行为协同化、权责利分配公平化的公共治理特征。

6) 智能化煤矿数据治理遵循全生命周期的PDCA(即 Plan(计划)、Do(执行)、Check(检查)和 Act(修正))循环,具有阶段性和周期性特征。在复杂系统运行规律的作用和数字连续性的要求下,智能化煤矿数据治理需要对全生命周期的数据质量、数据安全等数据价值维度进行全过程、全环节的评估、指导和监管,以保证数据治理目标和数据价值诉求的完整实现。源于全面质量管理理论的PDCA循环是其重要的过程方法论基础。

2 智能化煤矿数据治理体系框架

GB/T 34960.5—2018《信息技术服务 治理 第5部分:数据治理规范》从信息技术服务视角提供了数据治理通用框架^[19],但缺乏从多维度融合的方法论视角对数据治理驱动因素、数据资产体系、数据技术体系、数据治理过程等核心议题的考虑和数据治理能力协同提升路径的分析^[20]。本文在智能化煤矿数据治理要素-机制-层次-过程参考模型的指导下,基于智能化煤矿数据治理的理论基础,补充完善数据治理通用框架,构建具有智能化煤矿特色的数据治理体系框架,如图2所示。

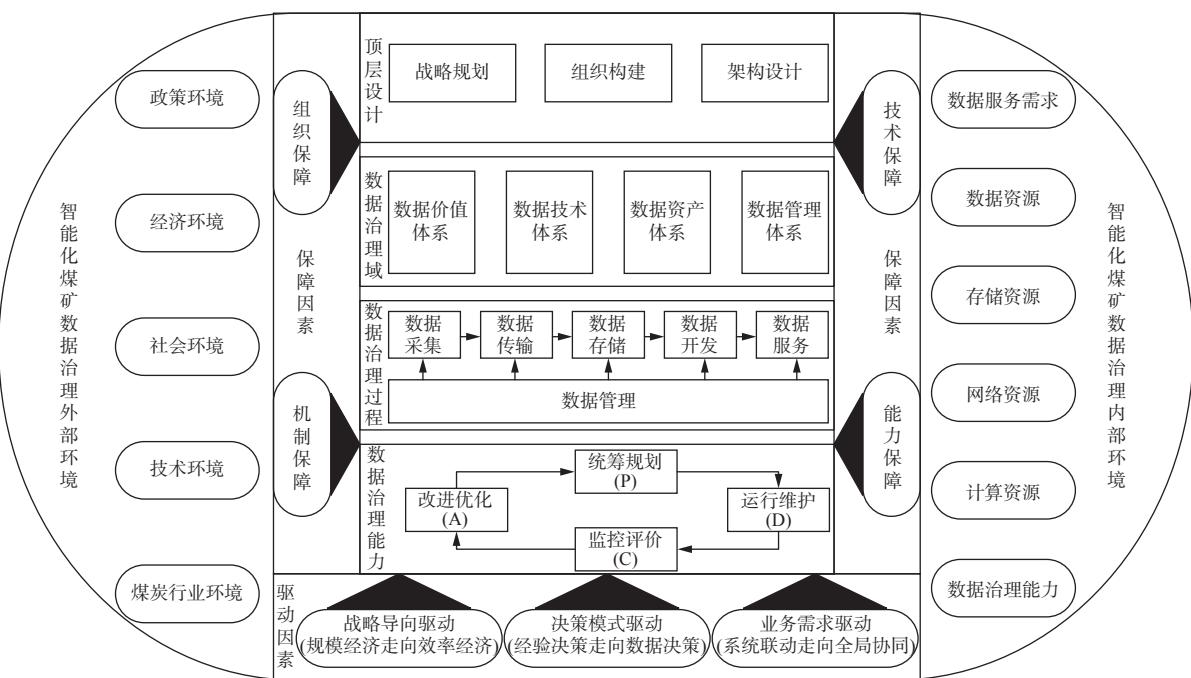


图2 智能化煤矿数据治理体系框架

Fig. 2 Data governance system framework of intelligent coal mine

智能化煤矿数据治理体系框架由数据治理环境、驱动与保障因素、顶层设计、数据治理域、数据治理过程与能力 5 个部分组成。在智能化煤矿数据治理要素-机制-层次-过程参考模型指导下,以复杂系统理论、数据战略管理理论、协同创新理论、数字连续性理论、公共治理理论、信息生命周期理论、PDCA 循环理论为基础,智能化煤矿数据治理在顶层设计层面充分考虑内外部环境的交互影响,在保障因素支持下和驱动因素作用下,进行数据战略规划、治理组织构建及顶层架构设计;在数据治理域层面系统性建设数据价值体系、数据技术体系、数据资产体系和数据管理体系;在业务职能层面,一方面合理部署数据治理全生命周期的技术策略和工具,另一方面通过 PDCA 循环迭代过程持续提升智能化煤矿数据治理能力。

2.1 数据治理环境

智能化煤矿数据治理环境包括煤矿外部的宏观环境、行业环境及煤矿内部环境。影响智能化煤矿数据治理的宏观环境因素主要包括国家政策、宏观经济、社会文化和技术革新等,行业环境因素主要包括行业监管、市场发展、利益相关方诉求等,内部环境因素主要包括煤矿数据服务需求、数据资源、存储资源、网络资源、计算资源及数据治理能力等。智能化煤矿数据治理要顺应国家大数据战略发展要求和煤炭行业数字化转型趋势,以工业云计算、工业大数据、工业物联网、工业移动通信、人工智能、商务智能、区块链、数字孪生等通用数字技术为支撑,充分认识数字经济和数字文化造成的破坏性创新,在煤炭行业的数据监管下,整合煤矿数据智能化服务需求,协同配置数据、存储、网络和计算资源,以高效的数据治理能力满足煤炭供应链上各利益相关方的数据价值诉求。

2.2 数据治理驱动与保障因素

智能化煤矿数据治理的驱动因素主要包括战略导向驱动、决策模式驱动和业务需求驱动 3 个方面,保障因素主要包括组织保障、机制保障、技术保障和能力保障 4 个方面。战略导向驱动是数据战略管理层面重要的驱动力量,驱使智能化煤矿从以要素投入为核心的规模经济走向以全要素生产率提升为核心的效率经济。决策模式驱动是数据经营决策层面重要的驱动力量,驱使智能化煤矿从以理论驱动的经验决策走向以数据驱动的数据决策。业务需求驱动是数据职能管控和作业操作层面重要的驱动力量,驱使智能化煤矿从以系统联动为核心的局部协同走向以供-产-销-用一体化联动为核心的全局协

同。煤矿核心领导层的支持及完善的数据治理体制机制、数据治理技术体系和数据治理能力体系建设将为智能化煤矿数据治理提供基本保障。

2.3 数据治理顶层设计

智能化煤矿数据治理顶层设计主要包括战略规划、组织构建和架构设计。战略规划的核心问题在于科学描绘数据治理发展蓝图,动态规划数据治理长期、中期和短期战略愿景,统一明确数据治理理念和目标,部署各层次的战略任务,指导数据治理域的建设。组织构建的核心问题在于智能化煤矿数据及相关技术和业务权责利的合理配置,确保数据治理动力机制、运行机制、约束机制和保障机制的有效运行,激励和约束多元数据治理主体在一致的目标下协同行动。架构设计包括智能化煤矿数据资产架构、数据技术架构、数据应用架构和数据管理架构的设计,通过持续的评估、指导、监督和优化,支持数据智能化服务需求。

2.4 数据治理域

智能化煤矿数据治理域主要包括数据价值体系、数据技术体系、数据资产体系和数据管理体系,是数据治理的重点实施对象。数据价值体系来源于煤炭供应链上利益相关方的数据需求。煤矿外部的数据需求主要包括政府对煤炭行业的数据监管、煤炭行业内部及与交叉行业的数据交流、煤炭供应链安全和协同的数据保障。煤矿内部的数据需求主要包括基于数据驱动实现煤炭生产的柔性化、安全保障的本质化和管理决策的精益化。数据技术体系为数据治理的实现提供技术策略和技术工具支撑,强调对通用数据治理技术的整合、内化和创新。数据资产体系链接数据来源和数据服务两端,要求保证数字连续性,强调数据资源的科学组织和敏捷服务。数据管理体系支撑数据运营合规、数据质量保障、数据安全防控、数据价值提升等数据治理目标的实现,以元数据管理为重要工具,重点关注智能化煤矿数据标准、数据质量和数据安全等的全生命周期管理。

2.5 数据治理过程与能力

智能化煤矿数据治理过程包括数据采集、数据传输、数据存储、数据开发、数据服务及贯穿全生命周期的数据管理等环节,重在通过统筹规划-构建运行-监控评价-改进优化的 PDCA 循环迭代过程提升数据治理能力。智能化煤矿数据治理能力是指通过对煤矿数据及相关技术和业务全生命周期的权责利进行合理制度优化,以支持煤矿智能化建设整体目标实现的能力,是数字竞争优势的必要组成部分,具

体由透彻感知、深度互联、自主学习、智能应用和全局协同五大能力域构成完整能力体系。智能化煤矿数据治理能力提升以PDCA循环理论为基础,以数据治理能力成熟度模型为支撑,通过定位数据治理能力成熟度等级、明确数据治理能力提升要求、采取数据治理能力提升最佳实践的循环迭代过程实现关键能力的拓展和深化。

3 智能化煤矿数据治理关键问题

智能化煤矿数据治理的理论研究和技术实践正处于起步阶段,初步形成了包含基础共性、数据编码、数据采集、数据应用和数据安全的煤矿数据融合共享规范^[21]。智能化煤矿数据治理尚需进一步突破数据价值运动规律揭示、元数据与数据字典构建、数据质量和数据安全管理体系管理规则设计、复杂巨系统数据耦合模型开发和数字智慧发生规律建模等5个方面的关键问题。

3.1 数据价值运动规律揭示

智能化煤矿数据价值运动规律描述煤矿数据价值的产生、积累、流转和分配关系,是数据治理的理论根基,对于指导数据战略规划、数据治理组织构建、数据顶层架构设计、数据管理机制和规则建设等具有重要指导意义。数据价值运动规律的揭示需深刻认识和科学回答3个关键问题:①回答煤矿数据的价值需求是什么,以识别多元数据治理主体进行数据治理的动机并构建分类分级的数据资产体系。②回答架构在煤矿数据价值之上的权责利关系应如何配置和流转,以确保多元数据治理主体的目标和行为一致并有效规避数据安全风险,最大化煤矿数据价值。③回答煤矿数据的价值应如何量化评估,以奠定煤矿数据企业融合、行业共享和社会开放的基础。

3.2 元数据与数据字典构建

元数据是智能化煤矿进行数据质量管理、数据安全管理、数据资产管理等的基础性工具,而数据字典是数据资产的重要载体,二者对数据治理平台的构建具有重要指导作用。智能化煤矿元数据构建的关键问题在于数据对象及其属性的业务元数据、技术元数据和管理元数据表示元素的识别、表示规则的构建及3类元数据交互关联规则的提取,以提供元数据查询、数据血缘分析、数据影响分析等服务。数据字典侧重于数据元的数据编码、数据定义、数据类型、数据格式等业务元数据的描述。构建智能化煤矿数据字典的关键问题在于数据资产的分类分级、数据资产体系的优化设计和数据元表示

元素和表示规则的确定,以合理定位特定数据元在数据架构中的位置,敏捷分析特定数据元的数据关联关系和数据血缘影响。

3.3 数据质量和数据安全管理体系管理规则设计

数据质量和数据安全是智能化煤矿数据重要的内在价值维度,是数据治理和数据管理共同关注的重要能力域。智能化煤矿数据质量和数据安全管理尚缺乏健全完善的管理规则体系,使得数据质量和数据安全管理缺乏必要的落地实施规范。数据质量管理体系管理规则的建设需重点关注智能化煤矿数据质量评估规则、数据质量问题识别规则、全生命周期数据质量监管规则的设计,确保智能化煤矿数据满足完整性、准确性、唯一性、一致性和有效性和及时性等数据质量要求。数据安全管理体系管理规则的建设需根据智能化煤矿数据安全风险表征和数据权限配置要求构建数据安全风险分类分级体系,建立数据安全隐患排查和风险评估机制,完善全生命周期的数据安全监管规则。

3.4 复杂巨系统数据耦合模型开发

智能化煤矿复杂巨系统数据耦合模型开发旨在建立煤矿安全、生产、管理各业务域和各环节可实时共享的、一致的、可信的和可持续的数据模型,从根本上保障数字连续性,是数据治理协同效应发挥的基础。智能化煤矿数据归类与编码通过确定业务域、确定数据域、识别对象类、抽取对象类属性和定义数据元的过程基本实现煤矿数据对象的全识别和对象属性的全抽取^[8]。智能化煤矿数据开发与数据服务尚需对煤矿对象属性的关联进行全建模,以保证智能化煤矿复杂巨系统基于统一的数据模型构建智慧发生逻辑。复杂巨系统数据耦合模型的开发基于煤矿对象属性的客观关联,并充分考虑数据权属关系、数据建模逻辑、业务实现逻辑和系统集成逻辑等要求,构建全局、完整、统一、协同的数据耦合模型,奠定智能化煤矿数据价值体系的架构基础和数字智慧发生逻辑的数据关联基础。

3.5 数字智慧发生规律建模

智能化煤矿数字智慧发生规律建模旨在构建支持煤矿安全、生产和管理各业务域中有关资源配置、设备联动、组织协同、状态分析、趋势预测、风险识别、方案决策和目标控制的自动化、智能化和智慧化的核心数据算法,是构建自主学习和智能应用两大数据治理能力域的基础,遵循“数据构建-信息构建-智慧构建”的智慧发生逻辑。数据构建重在揭示煤矿意识世界、物理世界和信息世界的转换和连接方式,在当前煤矿智能化建设初级阶段强调煤

矿意识世界和物理世界向信息世界的转换与连接,要求对煤矿意识世界和物理世界中存在的价值实体和关系进行客观描述和映射。信息构建重在揭示蕴藏在煤矿数据中有关于煤矿地质、煤矿安全、煤矿生产、煤矿管理决策等方面的运行机制和演化规律,强调基于数据驱动建立健全智能化煤矿的自主学习能力体系,要求对煤矿意识世界和物理世界中存在的客观发展规律进行数据模式发现。智慧构建重在揭示智能化煤矿有关于煤矿地质、煤矿安全、煤矿生产、煤矿管理决策等方面的知识关联和智慧模式,强调完整构建以“煤炭生产柔性化、安全保障本质化、管理决策精益化”为特征的煤矿数据智能应用算法体系和供-产-销-用一体化协同的业务规则体系。

4 结语

智能化煤矿数据治理是制约煤炭工业数字化转型和煤矿智能化高阶段发展目标实现的关键瓶颈,对于解决数据融合、系统联动和全局协同等关键问题具有重要意义。本文从治理要素、治理机制、治理层次和治理过程 4 个维度构建智能化煤矿数据治理参考模型,提供多维度融合的方法论视角和问题分析框架,形成智能化煤矿数据治理的理论基础;在此基础上构建具有智能化煤矿特色的数据治理体系框架,形成数据治理概念体系和全局架构;进一步指出亟待突破的关键问题,以期完善智能化煤矿数据治理方法论体系并推动其理论研究和技术实践的发展。智能化煤矿数据治理是多元主体参与的公共治理。为了保持煤炭供应链和产业链的数字连续性,需要在国家主管部门的领导下,以科学完善的数据治理方法论体系为指导,以煤矿数据治理、数据融合、数据共享和数据开放为纽带,构建煤炭产业数字生态,形成基于数据驱动的以“煤炭生产柔性化、安全保障本质化、管理决策精益化”为特征的供-产-销-用一体化协同的煤炭产业发展格局。

参考文献(References):

- [1] 刘峰,曹文君,张建明,等.我国煤炭工业科技创新进展及“十四五”发展方向[J].煤炭学报,2021,46(1):1-15.
LIU Feng, CAO Wenjun, ZHANG Jianming, et al. Current technological innovation and development direction of the 14th Five-Year Plan period in China coal industry[J]. Journal of China Coal Society, 2021, 46(1): 1-15.
- [2] 王国法,杜毅博,徐亚军,等.中国煤炭开采技术及装备50年发展与创新实践——纪念《煤炭科学技术》创刊50周年[J].煤炭科学技术,2023,51(1):1-18.
WANG Guofa, DU Yibo, XU Yajun, et al. Development and innovation practice of China coal mining technology and equipment for 50 years: commemorate the 50th anniversary of the publication of *Coal Science and Technology*[J]. Coal Science and Technology, 2023, 51(1): 1-18.
- [3] 王国法.煤矿智能化最新技术进展与问题探讨[J].煤炭科学技术,2022,50(1):1-27.
WANG Guofa. New technological progress of coal mine intelligence and its problems[J]. Coal Science and Technology, 2022, 50(1): 1-27.
- [4] 谭章禄,吴琦.基于层级链参考模型的智慧矿山建设问题分析[J].矿业科学学报,2022,7(2):257-266.
TAN Zhanglu, WU Qi. Analysis of the problems of smart mine construction based on the layer-level-chain reference model[J]. Journal of Mining Science and Technology, 2022, 7(2): 257-266.
- [5] 谭章禄,王美君.智慧矿山数据治理概念内涵、发展目标与关键技术[J].工矿自动化,2022,48(5):6-14.
TAN Zhanglu, WANG Meijun. Research on the concept connotation, development goal and key technologies of data governance for smart mine[J]. Journal of Mine Automation, 2022, 48(5): 6-14.
- [6] 何敏.智能煤矿数据治理框架与发展路径[J].工矿自动化,2020,46(11):23-27.
HE Min. Framework and development path of data governance in intelligent coal mine[J]. Industry and Mine Automation, 2020, 46(11): 23-27.
- [7] 谭章禄,王美君.智能化煤矿数据治理概念模型及技术架构研究[J].矿业科学学报,2023,8(2):242-255.
TAN Zhanglu, WANG Meijun. Research on the conceptual model and technical architecture of data governance for intelligent coal mine[J]. Journal of Mining Science and Technology, 2023, 8(2): 242-255.
- [8] 谭章禄,王美君.智能化煤矿数据归类与编码实质、目标与技术方法[J].工矿自动化,2023,49(1):56-62,72.
TAN Zhanglu, WANG Meijun. The essence, goal and technical method of intelligent coal mine data classification and coding[J]. Journal of Mine Automation, 2023, 49(1): 56-62, 72.
- [9] 贺耀宜,刘丽静,赵立厂,等.基于工业物联网的智能矿山基础信息采集关键技术与平台[J].工矿自动化,2021,47(6):17-24.
HE Yaoyi, LIU Lijing, ZHAO Lichang, et al. Key technology and platform of intelligent mine basic information acquisition based on industrial Internet of things[J]. Industry and Mine Automation, 2021, 47(6): 17-24.
- [10] 李国民,章鳌,贺耀宜,等.智能矿井多元监控数据集成关键技术研究[J].工矿自动化,2022,48(8):

- 127-130, 146.
- LI Guomin, ZHANG Ao, HE Yaoyi, et al. Research on key technologies of multi-element monitoring data integration in intelligent mine[J]. *Journal of Mine Automation*, 2022, 48(8): 127-130, 146.
- [11] 王霖, 方乾, 张晓霞, 等. 智能化煤矿数据仓库建模方法[J]. *工矿自动化*, 2022, 48(4): 5-13.
WANG Lin, FANG Qian, ZHANG Xiaoxia, et al. Intelligent coal mine data warehouse modeling method[J]. *Journal of Mine Automation*, 2022, 48(4): 5-13.
- [12] 刘海强, 陈晓晶, 张兴华, 等. 面向煤矿安全监控的数据仓库关键技术[J]. *工矿自动化*, 2022, 48(4): 31-37, 113.
LIU Haiqiang, CHEN Xiaojing, ZHANG Xinghua, et al. Key technologies of data warehouse for coal mine safety monitoring[J]. *Journal of Mine Automation*, 2022, 48(4): 31-37, 113.
- [13] 王国法, 任怀伟, 赵国瑞, 等. 智能化煤矿数据模型及复杂巨系统耦合技术体系[J]. *煤炭学报*, 2022, 47(1): 61-74.
WANG Guofa, REN Huaiwei, ZHAO Guorui, et al. Digital model and giant system coupling technology system of smart coal mine[J]. *Journal of China Coal Society*, 2022, 47(1): 61-74.
- [14] 疏礼春. 智能煤矿数据中台架构及关键技术研究[J]. *工矿自动化*, 2021, 47(6): 40-44.
SHU Lichun. Research on the architecture and key technologies of intelligent coal mine data middle platform[J]. *Industry and Mine Automation*, 2021, 47(6): 40-44.
- [15] 杜毅博, 赵国瑞, 巩师鑫. 智能化煤矿大数据平台架构及数据处理关键技术研究[J]. *煤炭科学技术*, 2020, 48(7): 177-185.
DU Yibo, ZHAO Guorui, GONG Shixin. Study on big data platform architecture of intelligent coal mine and key technologies of data processing[J]. *Coal Science and Technology*, 2020, 48(7): 177-185.
- [16] 姜德义, 魏立科, 王翀, 等. 智慧矿山边缘云协同计算技术架构与基础保障关键技术探讨[J]. *煤炭学报*, 2020, 45(1): 484-492.
JIANG Deyi, WEI Lik, WANG Chong, et al. Discussion on the technology architecture and key basic support technology for intelligent mine edge-cloud collaborative computing[J]. *Journal of China Coal Society*, 2020, 45(1): 484-492.
- [17] 曹现刚, 张梦园, 雷卓, 等. 煤矿装备维护知识图谱构建及应用[J]. *工矿自动化*, 2021, 47(3): 41-45.
CAO Xiangang, ZHANG Mengyuan, LEI Zhuo, et al. Construction and application of knowledge graph for coal mine equipment maintenance[J]. *Industry and Mine Automation*, 2021, 47(3): 41-45.
- [18] 安小米, 王丽丽. 大数据治理体系构建方法论框架研究[J]. *图书情报工作*, 2019, 63(24): 43-51.
AN Xiaomi, WANG Lili. Research on methodology framework for big data governance system building[J]. *Library and Information Service*, 2019, 63(24): 43-51.
- [19] GB/T 34960.5—2018 信息技术服务 治理 第5部分: 数据治理规范[S].
GB/T 34960.5-2018 Information technology service-Governance-Part 5: specification of data governance[S].
- [20] 安小米, 许济沧, 王丽丽, 等. 国际标准中的数据治理: 概念、视角及其标准化协同路径[J]. *中国图书馆学报*, 2021, 47(5): 59-79.
AN Xiaomi, XU Jicang, WANG Lili, et al. Data governance in international standards: concepts, perspectives and the ways to standardization collaboration[J]. *Journal of Library Science in China*, 2021, 47(5): 59-79.
- [21] 王鹏, 胡而已, 徐金陵, 等. 智能化矿山数据融合共享规范体系研究[J]. *中国煤炭*, 2022, 48(6): 19-27.
WANG Peng, HU Eryi, XU Jinling, et al. Research on data fusion and sharing standard system of intelligent mine[J]. *China Coal*, 2022, 48(6): 19-27.