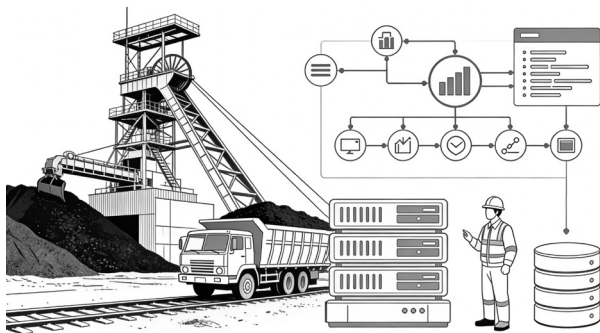


国有煤炭企业数据治理能力的提升机制

文 | 翟大臣 魏民 贾宁 全秀丽 刘涵冰

在数字经济时代，国有煤炭企业有着从资源型向数据驱动型转型的战略需求，数据要素于煤矿智能化建设当中的作用正日益凸显出来。当前煤炭行业普遍存在“数据孤岛”、质量管控薄弱及价值挖掘不足等问题，这些问题制约了人工智能等新兴技术的深度应用，构建适应数字化转型要求的数据治理体系，是提升企业核心竞争力的关键路径。



(配图由 AI 生成)

国有煤炭企业数据治理的数字化转型困境与需求分析

传统数据管理模式与智能化转型的适配性矛盾

国有煤炭企业在长期生产经营中形成的数据管理体系，主要依靠关系型数据库和文件系统做结构化存储，这种模式在处理煤矿井下传感器产生的海量实时流数据时，会面临响应延迟及存储扩展性受限的问题。现有信息系统大多是为单一业务场景所设计的，安全监控系统、生产调度系统及经营管理系统之间，缺乏统一的数据接口标准，使得 AI 算法模型在训练阶段难以获取跨系统的完整数据集。

部分企业虽说引入了大数据平台，可因为缺少对非结构化数据的预处理能力，像煤层地质勘探报告、设备维修记录等文本类数据，无法被机器学习算法有效利用。传统数据仓库的批处理架构和智能决策要求的毫秒级响应之间，存在着技术代差，尤其是在瓦斯突发预警等安全应急场景中，延迟可能会带来风险。

多源异构数据融合的技术瓶颈

煤炭企业的数据来源覆盖井下物联网设备、地面生产设备、企业资源计划系统及外部市场信息平台，数据格式涵盖时序数据、关系数据、图像视频及文档文本等多种不同类型。井下采煤机、液压支架及运输设备采用不同厂商的工业协议，数据采集网关需要适配 Modbus、OPC UA 等多种标准，这种协议异构性增加了边缘层数据汇聚的复杂程度。

煤矿地质条件的空间多维特性要求把二维平面数据与三维地质模型进行关联映射，但现有 GIS 系统与生产管理系统之间缺少空间数据的互操作机制。区块链技术在煤炭供应链溯源中的应用尝试表明，链上数据与链下传统数据库的同步，存在时间戳校准和数据一致性验证的技术难点，这影响

了多主体协同场景下数据的可信流通情况。

数据资产化与价值挖掘能力不足

煤炭企业所积累的历史生产数据和设备运行数据，还没有建立起系统化的资产评估框架，并且数据要素入表也缺少行业统一的计量标准和价值评估方法。知识图谱技术能够把煤矿安全规程、设备故障案例及专家经验转化成可计算的知识网络，然而，多数企业还停留在传统知识库管理阶段，无法实现从数据到知识的自动化抽取。

数字孪生技术在矿井虚拟仿真当中的应用，受限于物理实体与数字模型之间的实时映射精度，现有的传感器布设密度和数据传输带宽难以支撑高保真孪生体的动态更新需求。在元宇宙场景下的数据治理管理界面，虽提供了沉浸式交互体验，但其在实际生产环境中的应用价值，还需通过具体业务场景来验证，数据可视化与决策支持的深度融合仍处于探索阶段。

基于智能技术的煤炭企业数据治理能力提升路径

AI 驱动的数据质量智能管控机制

机器学习算法应用于煤炭企业数据质量管理，可自动识别修复异常数据，通过训练基于历史正常运行数据的深度神经网络模型，能检测传感器故障致数值突变或漂移现象。自然语言处理技术为非结构化数据治理提供技术支撑，把煤矿事故报告和设备检修日志等文本内容转化为结构化标签体系，使这些数据能纳入统一的数据质量评估框架。

智能数据清洗系统借助规则引擎与算法模型协同工作，可处理井下监测设备因通信中断产生的数据缺失问题，采用时间序列插值和关联设备数据推断相结合的方式补全缺失

值。数据质量监控平台集成实时计算引擎，对接入的多源数据流进行在线校验，当检测到数据完整性或准确性指标低于预设阈值时，自动触发告警机制并启动治理流程。

区块链与元宇宙技术融合的数据可信流通体系

区块链技术会借助分布式账本记录煤炭从开采直至销售全流程中关键数据节点，煤矿企业、运输方及采购方作为联盟链参与节点，一同维护数据不可篡改性，智能合约会自动执行数据访问权限控制和质量溯源验证逻辑。煤炭供应链中的产地证明、质检报告及物流信息上链之后，形成可追溯的数据凭证，采购企业通过查询区块链就能够验证煤炭来源的真实性，这种机制减少了多主体间因数据不对称所产生的信任成本。

元宇宙虚拟空间给数据治理提供了可视化交互场景，管理人员借助虚拟现实设备进入数字化矿井环境，实时查看各个数据节点运行状态和数据流转路径，对数据质量问题的定位诊断，从传统二维界面操作变为三维空间直观交互。区块链和元宇宙的技术融合，让数据流通过程在虚拟环境中被可视化呈现，每一笔数据交易的哈希值和时间戳，都能在虚拟监控大厅动态看板实时显示。

数字孪生驱动的煤矿全生命周期数据治理

数字孪生技术通过构建矿井虚拟镜像，达成物理空间和数字空间实时映射，井下设备运行参数、环境监测数据及人员位置信息持续同步到孪生体模型，以此支撑对矿井状态的全息监控和预测性维护工作。孪生数据动态更新，依靠边缘计算节点对海量传感器数据实时处理，通过在井下部署边缘服务器来完成数据初步清洗和特征提取操作，之后将压缩后的关键信息传输到云端孪生平台，这种边云协同架构平衡了数据传输带宽和计算时效性方面要求。

数字孪生体中积累的设备运行数据和故障案例，经过关联分析之后形成知识规则库，当物理设备运行参数偏离正常范围时，孪生系统会自动调用规则库开展故障诊断，并且生成维护建议反馈给现场操作人员。矿井从设计规划到开采运营，再到闭坑治理的全生命周期数据，在孪生平台中实现统一管理，历史数据和实时数据的融合分析，为煤层开采方案优化和安全风险评估提供数据支撑。

国有煤炭企业数据治理能力提升的保障机制设计

构建智能化的数据治理平台架构

湖仓一体架构，将数据湖的灵活存储能力和数据仓库结构化查询性能相结合，煤炭企业在统一平台可同时管理井下传感器原始数据和加工后的业务主题数据，避免在传统架构中，因数据在多个系统间频繁迁移造成的治理断层问题。流批一体计算引擎，支持对实时数据流和历史批量数据的统

一处理，瓦斯浓度监测系统产生的实时数据流与设备维护计划系统中的批量数据，可通过同一套 SQL 接口进行关联分析，简化了数据处理流程并且降低了技术复杂度。

低代码数据治理工具，给业务人员提供图形化数据建模与规则配置界面，煤矿安全管理人员不用掌握复杂编程语言，就能自定义数据质量检核规则和数据血缘追踪逻辑。自助式分析平台通过集成预训练的机器学习模型库，让生产调度人员可直接调用设备故障预测模型，对当前运行数据进行分析，数据治理能力从 IT 部门向业务部门渗透，加速了数据价值的释放速度。

数据治理组织能力的智能化重构

设立首席数据官岗位，明确了数据治理在企业战略层面的地位，该岗位要统筹跨部门的数据标准制定和资产管理等工作，负责协调生产运营部门与信息技术部门在数据治理目标方面的分歧。组建由数据科学家与算法工程师构成的专业团队，为数据治理提供技术支撑，这些技术人员和煤矿开采工程师与安全管理专家建立常态化协作机制，通过定期开展业务需求研讨，把煤矿领域知识转化为算法模型的输入特征和约束条件。

煤炭企业需要建立数据治理人才的培养与激励体系，通过与高校开展合作，开设数据科学与煤炭工程交叉课程，以此培养既熟悉煤矿业务，又掌握大数据技术的复合型人才。数据治理绩效评估要从传统的 IT 系统可用性指标，拓展至数据质量和数据驱动决策占比等业务价值指标，把数据治理成效和部门考核及个人绩效关联起来，推动全员数据治理意识的形成及数据文化的落地生根。

国有煤炭企业数据治理能力的提升是一个涉及技术创新、流程再造及组织变革的系统工程，需要在智能化平台架构、数据质量管控及组织能力建设等方面，形成协同推进机制保障，煤炭企业引入人工智能、区块链、数字孪生及元宇宙等前沿技术，可突破传统数据管理模式局限，实现从数据采集到价值释放全链条智能化治理。随着数据要素市场化改革深入推进及工业互联网技术持续演进，煤炭企业数据治理将朝着数据资产运营和跨行业数据协作方向发展，量子计算在海量地质数据处理中的应用前景，以及通用人工智能技术对煤矿安全预警和智能决策模式的影响，值得持续关注。

作者简介：翟大臣 魏民 贾宁 全秀丽 刘涵冰

兖矿能源集团股份有限公司东滩煤矿

责任编辑：杨佳宇 投稿邮箱：zhouhl@staff.ccidnet.com