

煤矿安全生产大数据关联分析与管理应用

刘宏杰 张喜麟 魏志强 井菲

随着煤炭企业运行过程中数据累积量的与日俱增，以及煤炭行业对数据价值认知的不断深入，在煤矿数据价值挖掘研究的过程中，传统的数据存储、处理方式已经不能满足日益增长的煤矿数据价值获取需求，数据背后蕴藏的价值难以有效挖掘；以往的多元异构数据研究多是沿着所属专业单一、纵向深入开展，缺乏横向甚至多角度、多维度关联分析。在数据价值挖掘的推动下，要想正确认识大数据的价值，就应从多个维度进行数据关联分析，构建基于数据多维度关联分析的数据链体系，从多角度分析研究使数据价值最大化。随着大数据的不断发展，未来煤炭行业大数据价值领域会逐步放大，煤炭企业的数据价值体系建设和创新应用不断延伸。

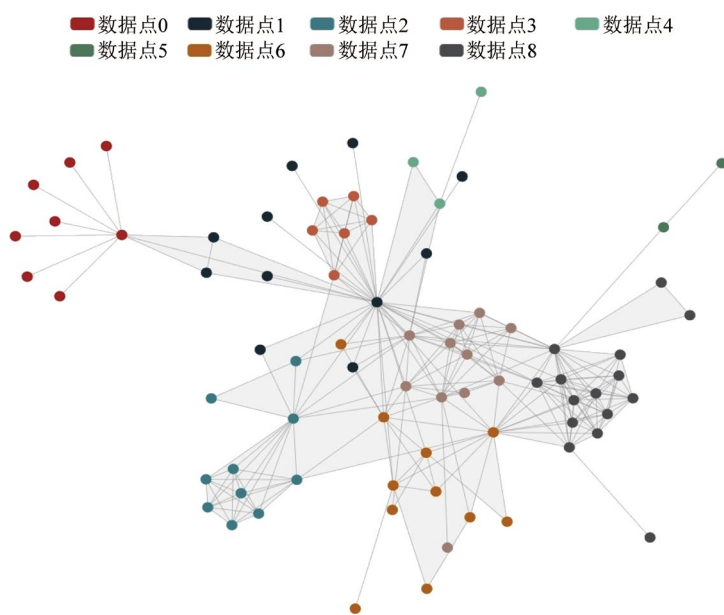


图1 数据链体系关联运行结构

数据链体系结构框架

数据链是指互通数据的链路，其运行方式是汇集所有终端的数据信息，组成一张大数据网（图1），形成一个实时信息高速交互的数据运行体系。以往孤岛式的存储，导致数据无法快速流转、高效利用。而利用实时数据或者历史数据高速流动的网络，结合数据之间的关联分析，将产生巨大价值。

构建矿井大数据分析体系结构过程中，数据链体系的信息交互运行结构如图2所示。其结构包含数据感知层、数据采集层、数据分析层、数据服务层、数据应用层5个层级，采用问题要素数据化、数据跨界关联化、分析全局视图化等方式，重新定义数据在煤矿安全生产运行及运营管理优化等全方位的应用模式。

在矿井数据链信息交互运行体系结构中，自下而上，最底层的是全域数据，倒数第2层是基础数据采集，这2个层级包括了数据源系统连接并选择和收集必要的数据用于分析处理，通过一系列的规则将提取的数据转换为标准格式，然后将提取并变换后的数据导入目标存储基础设施；在基础数据建设的上层分别是体系结构中最重要各种数据分析、数据服务及数据应用平台；右侧的数据存储对体系起着重要的支撑作用，实现了数据在这个体系中存储、分类、传输、交互等功能。

由图2可知，数据分析和数据服务实际上是依托各类关联数据的快速流转，来服务和指导矿井的安全生产运行。所以，数据的综合关联分析直接影响着价值提取，底层数据建设得越牢固，关联程度

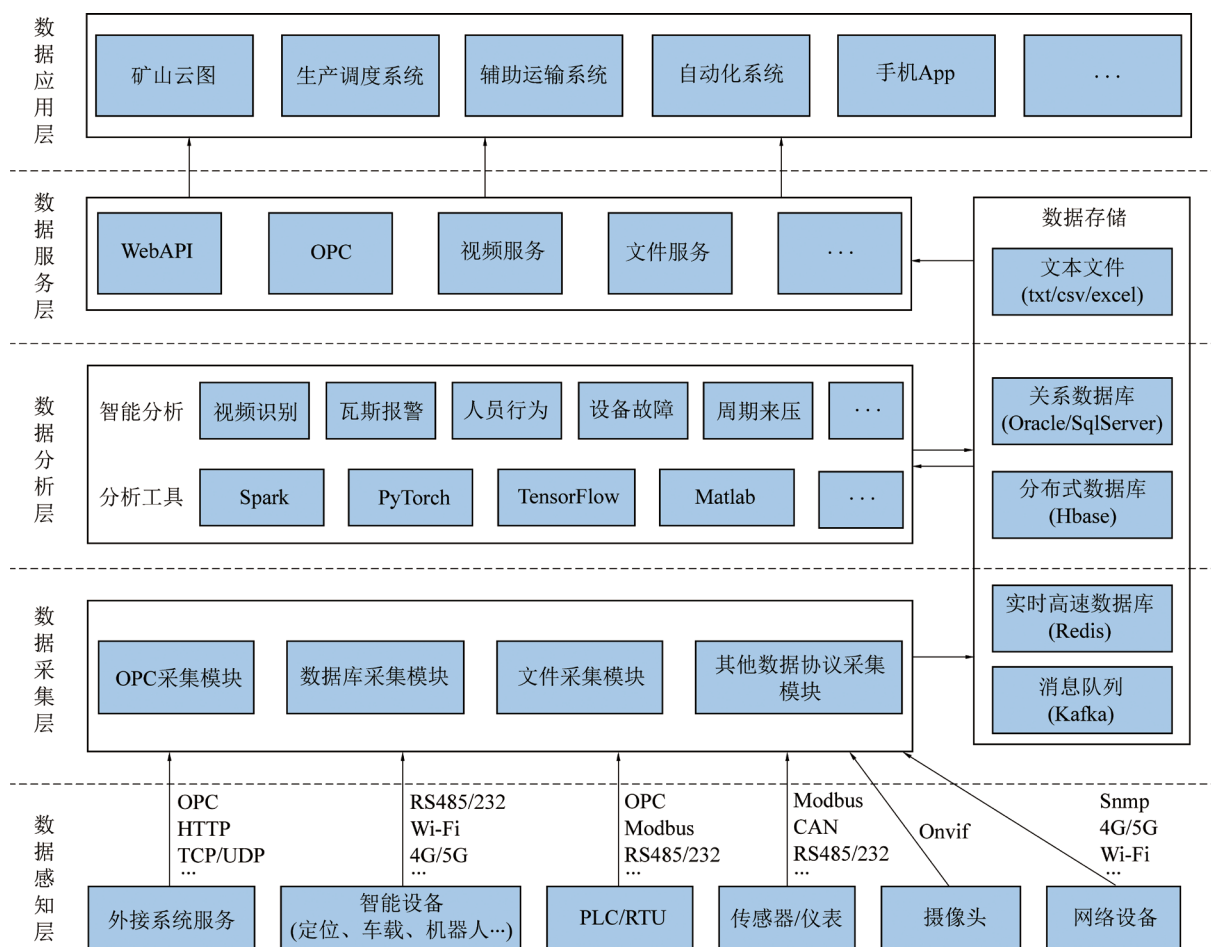


图2 矿井数据链信息交互运行结构

越紧密，对于赋能业务就越有指导意义。通过全域数据融合、全链路数据关联，将为煤矿安全生产运行提供数据披露、分析、诊断、建议、优化、预测等一站式数据服务。

数据已逐步成为煤矿企业的重要战略资源，数据链体系的建立使整个矿井的数字化生产管理工作实现全维感知、实时信息传输，为下一步数据分析提供一体化的信息支持。

关联数据分析方法

关联分析是从大量数据中发现数据源项集之间的相关联系和关联程度。关联数据分析的目标是以某种方式分析数据源，从中发现一些潜在有用的信息。在这一过程中，关联规则挖掘是关联数据分析

中的核心工作，从数据背后发现事物之间可能存在的关联或者联系，利用分析结论来科学指导安全生产以及高效运行管理工作。

在关联数据分析过程中，数据具有不同类型、不同量纲的特性。将不同特性的多维数据关联起来的首要因素是其在时间和空间上存在着必然的关联关系；其次在确定关联关系后，采用灰色关联度分析法分析各影响因素与目标问题的关联程度，并对计算结果进行排序；最后对样本数据进行归一化处理。这样就建立了目标问题与不同类型、不同量纲的数据源之间的关联关系，即可研究数据之间的关联程度。

通过理论总结及实践验证，研究使用的关联数据分析过程可总结为以下6点：①制定目标或提出要解决的问题；②寻找关联要素，并进行项集分

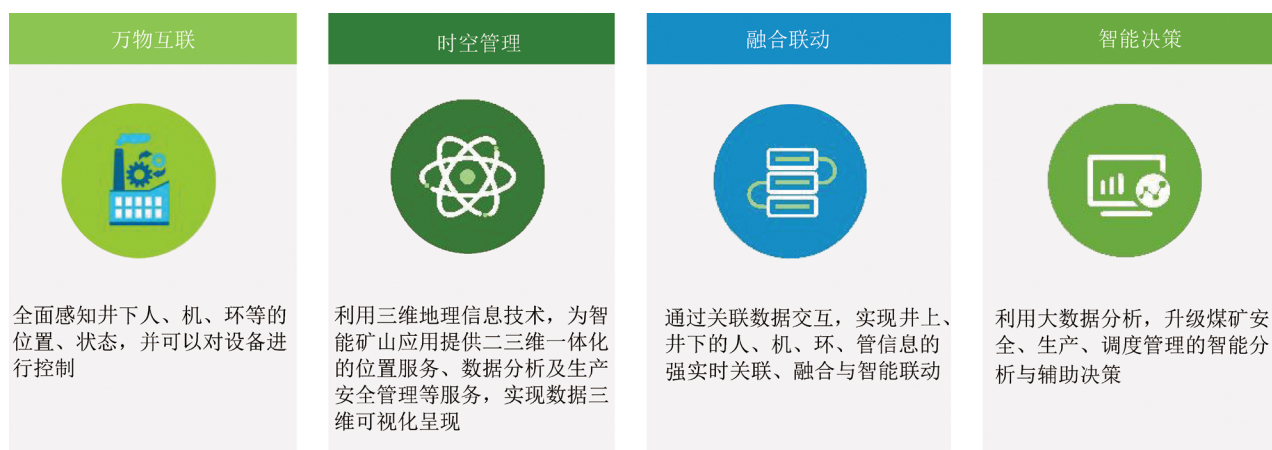


图3 大数据管理研究功能结构设计

类；③知识管理，找出单一项集与目标的匹配关系；④关联分析，通过大量数据分析对比找出各项集或多项集综合与目标的关联度，并形成对目标结果的预估；⑤用迭代法不断使预估收敛于最终的目标；⑥形成决策指导实践。

煤矿安全生产大数据管理

研究目标

数据资源化及战略性规划与运用数据资产，未来将成为煤炭企业不断提升安全生产管理的核心内容。基于数据链体系的煤矿安全生产大数据管理功能的设计，从企业规模及需求角度的不同，以及设计内容的重心和侧重点的不同，一般从以下3个角度出发：

1) 从集团公司需求的角度出发。为了解决集团公司对于各矿井单环节、单因素孤立监测的问题，通过研究应用基于数据链体系的煤矿安全生产大数据管理，建立横向到边、纵向到底的数据链价值分析结构，可为煤矿提供全面的信息化管理模式。

2) 从大型煤炭企业需求角度出发。在企业基础数据完善的基础上，利用研究结果提供安全生产管理多环节、多因素联合自动分析、自动预警功能，为大型煤矿企业提供科学管理的智能决策支持。

3) 从中小型煤炭企业需求角度出发。提供全

面的全流程信息化管理和智能化分析，实现中小型矿井节支降耗、提质增效的目标。

通过构建高性能数据管理和分析结果，解决数据在收集、整理、利用中所遇到的难题，让数据在线统一、流动并整合起来，让数据为科学决策赋能，为安全生产贡献价值。

大数据管理研究功能结构设计

煤矿安全生产大数据管理研究的功能结构设计包含：万物互联、时空管理、融合联动、智能决策4个方面，如图3所示。功能设计力求以安全生产为主，在节能降耗、增产增效等方面为矿山智能化建设提供可“计算”的价值。

矿井关联数据分析与应用

无轨胶轮车智能运行关联数据分析

针对煤矿无轨胶轮车无序运行、高能耗、污染环境及运输安全等问题，在胶轮车辅助运输任务总量不变的前提下，利用关联数据分析实现运行车辆资源的最优化配置，通过以下5个方面可解决上述问题：

1) 制定目标。使胶轮车辅助运输资源合理优化配置。

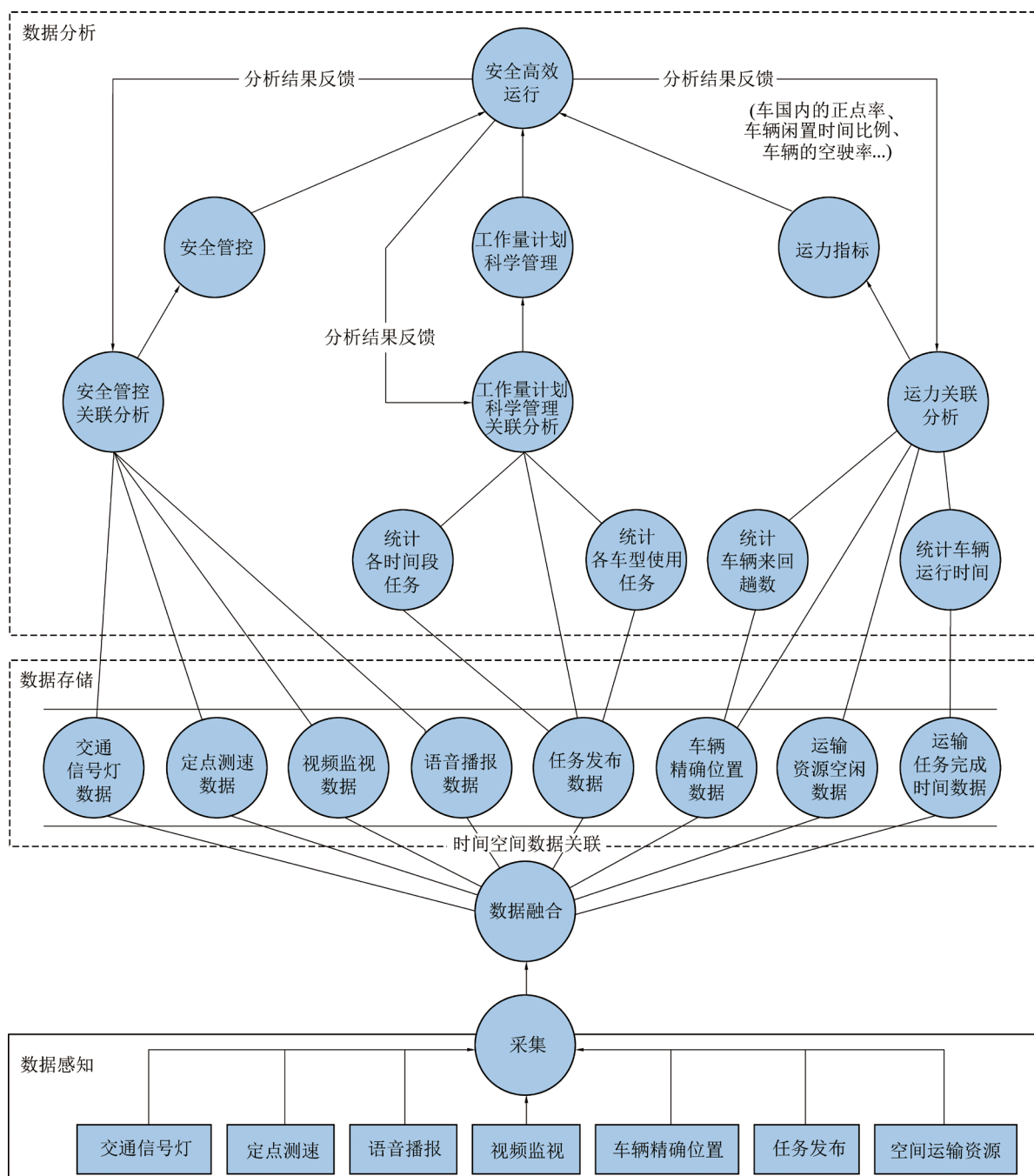


图4 矿井无轨胶轮车系统数据链结构分析流程

2) 寻找关联要素。交通信号灯数据、车辆精确位置数据、任务发布数据、视频监控数据、定点测速数据、语音播报数据、运输任务完成时间及趟数统计数据以及运输资源空闲数据等。

3) 知识管理。交通信号灯数据、定点测速数据、语音播报数据、视频监控数据等信息融合实现运输过程的安全管控；车辆精确位置数据、运行时

间及趟数数据、空闲运输资源数据等为运力分析提供数据支撑；任务发布数据为运输工作量计划科学管理提供了依据。

4) 关联分析。关联规则挖掘的核心是车辆运力分析实现安全高效运行，按照数据关联度进行统计分析，统计分析每台车辆工作总时间、车辆的空驶率、正点率、平均乘客数量、车辆闲置时间比

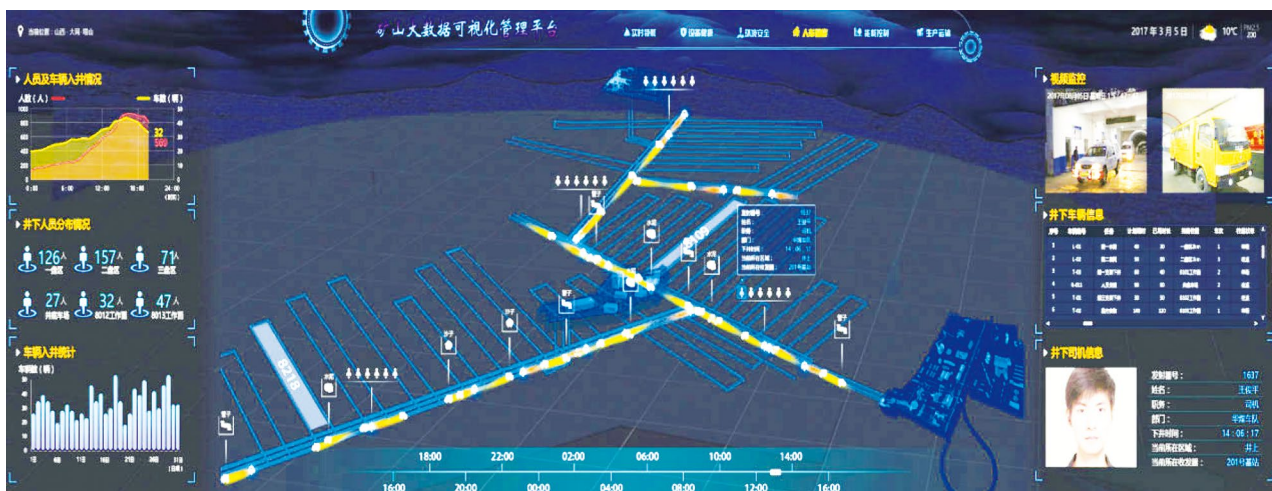


图5 无轨胶轮车关联数据统计分析结果

率、运输资源使用效率等。

5) 迭代优化。利用迭代法反馈修正分析结论, 优化运力关键指标, 持续合理配置运输资源。

在无轨胶轮车运行资源优化升级过程中, 按照数据链结构分析方法, 对关联数据源进行筛分, 并在时间和空间上进行数据融合和关联分析如图4所示。由数据链条组成的数据网为胶轮车运行数据分析及价值获取提供了驱动力, 数据在安全管控、科学调度、运力优化等环节实现快速流动, 胶轮车运行数据价值得到充分挖掘。

根据无轨胶轮车智能运行关联数据分析方法, 通过以下3项工作来完成既定任务目标:

1) 采用数字化管理规范用车申请流程, 建立胶轮车用车申请管理软件平台; 用车单位利用手机或内网提前提交用车类型数量申请, 车队调度利用平台统一汇总协调调度; 改变手工记录派车方式, 同时方便月末、年末汇总各类用车派车数据, 优化任务发布环节。

2) 应用无轨胶轮车辅助运输交通安全管理技术, 实现胶轮车运行工况信息实时采集并上传、井下智能交通管理、车辆超限速安全管理等。

3) 利用专业化的大数据关联分析手段, 通过对胶轮车辅助运输流程的各重点环节, 关键参数进行设置、取样、计算、分析, 将胶轮车运行效率进行量化管理。通过对车辆运行数据分析, 变革辅助

运输管理模式, 使胶轮车运输资源得到合理配置, 形成的关联分析结果如图5所示。

按照迭代法不断修正统计分析结论, 持续优化组织运力安排, 对关键运力指标进行衡量, 从而确保不断地改进井下车辆调度智能化管理水平, 最终达到辅助运输资源的优化配置。

数据链关联分析结构的使用, 可使无轨胶轮车辅助运输系统各相关的关联要素组成一张大网。这张大网上的信息实现高效流动, 结合先进的关联统计分析技术手段, 实现数据价值增值, 更好地解决无轨胶轮车资源的配置和使用; 大幅提高辅助运输系统运营活动的工作效率和管理水平, 并根据统计分析结果优化组织运力安排, 对关键运力指标进行衡量, 确保井下车辆调度智能化管理水平可不断改进。

产量不均衡问题关联数据分析

塔山煤矿主运输系统1070一部带式输送机长度为2 500 m, 采用CST驱动; 4台电机额定功率为1 000 kW, 带速为4.5 m/s, 输送量为5 750 t/h。各综采工作面产量不均衡, 导致主煤流系统载煤量不稳定, 时常发生带式输送机过载停机问题, 严重影响矿井安全生产。为解决上述问题, 按照以下5个方面设计开发了产量平衡时空预警技术(图6):

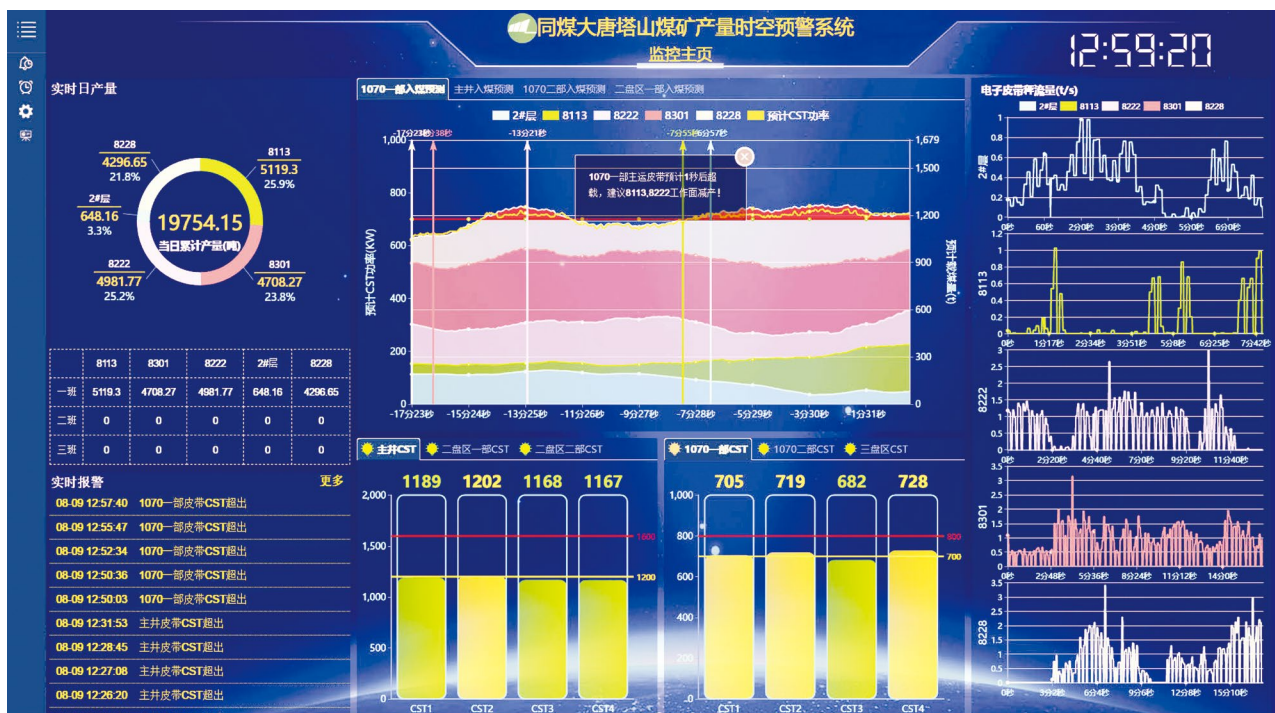


图6 产量平衡时空预警技术界面

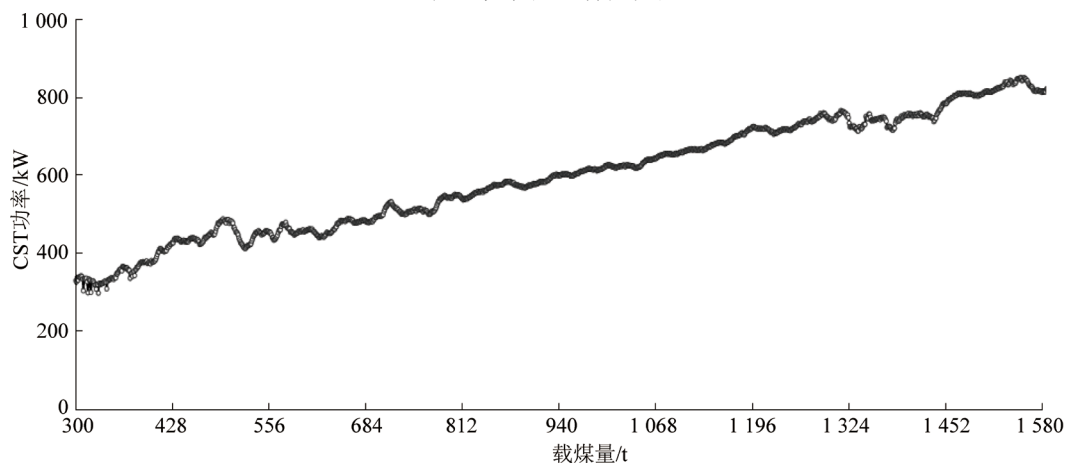


图7 输送带载煤量和功率关系曲线

1) 制定目标。解决综采面产量不均衡导致的主运输系统输送带过载停机问题。

2) 寻找关联要素。各综采面输送带实时运量数据、输送带运行开停信号、输送带CST驱动功率参数数据、视频监控数据、输送带额定功率及运行速度等参数,各综采面煤量到达主输送带的时间参数等。

3) 知识管理。重点关注各综采工作面输送带载煤量实时数据、主煤流系统驱动功率实时数据与载煤量的关联关系。

4) 关联分析。利用各综采工作面落煤点到达主运输系统1070一部输送带的距离和带式输送机带速,计算出各综采工作面煤量到达主运输系统1070一部输送带的时间;利用主运输系统1070一部输送带实时功率与载煤量大数据关联分析,得出实时功率与载煤量之间的关系曲线以及对应的最大负载功率条件下带式输送机载煤量预警数值。

5) 迭代优化。利用迭代法反馈修正主运输带式输送机载煤量预警数值。

产量平衡时空预警技术通过主运输系统实时运

量与功率的大数据关联分析,得出运量与功率的关系曲线,结合各综采工作面煤量达到主运输系统的不同时间,可以实现对未来一段时间内的主运输载煤量进行预判,并计算出未来时间段(精确到秒级)主输送带载煤量是否超限,如达到过载则将提前预警,协助调度指挥人员对综采工作面生产进行综合调控,杜绝或减少生产调配不合理的状况,保障最大的连续生产能力,同时也对延长运输系统设备的寿命具有重要意义。

为实现矿井主运输系统运力的科学调配,通过采集运输与产量等系统的实时数据并将相关数据信息进行深度融合,经过建模及海量数据关联统计分析,将结果反馈至生产调度管理部门,达到超前预警和精准调度。通过大数据分析得到需要预警的载煤量和功率关系如图7所示,然后将计算得到的功率和设置的预警载煤量进行比较,进行超前预警,达到运力平衡及科学预警的目的,实现安全生产科学调度。

结 论

1) 通过数据链体系的信息交互运行模式研究和应用,将以往的煤炭企业信息系统单因素、单环节问题分析解决方式,转变为多因素、多环节联动分析,各类安全生产数据实现跨界关联,煤矿井上、井下的人、机、环、管信息实现强实时关联、

融合与智能联动,以及目标问题分析,实现了大数据关联分析的全局化。

2) 大数据技术开辟出了新的价值领域,以大数据的应用为目的,基于数据链体系的煤矿安全生产大数据管理方式的应用,实现了对煤矿运行车辆资源的最优配置以及主运输环节载煤量的均衡控制,关联数据分析挖掘出数据背后更多潜在且有用的信息,实现了数据价值的最大化。

3) 在数据链体系的煤矿安全生产大数据管理研究和应用过程中,需不断梳理生产安全、调度指挥和经营管理各主要环节流程,将关联数据信息植入问题分析当中,以大数据关联分析技术手段为主,通过解决实际问题 and 满足现场需求,使信息技术手段逐步融入煤矿安全生产及经营管理各环节,真正意义上使数据价值挖掘在实践中得到应用,通过信息互联互通、数据共享交换、功能协同联动,最后实现技术与管理、变革与传统、数据支撑与智能决策的无缝对接。

■ 助理编辑: 李艾稣

作者简介:

第一作者: 刘宏杰, 工程硕士, 正高级工程师。

Tel: 0352-7822765,

E-mail: popboy_119@sina.com

作者单位: 晋能控股装备制造集团;

晋能控股集团山西科学研究院(大同)技术中心;

同煤大唐塔山煤矿有限公司

基金项目: 国家重点研发计划资助项目

(2018YFC0604500)

热点问答

什么是移动 GIS 平台?

煤矿移动GIS平台是传统煤矿地理信息系统平台的移动版,结合计算机网络技术、数据库技术、计算机图形学、GIS技术等,建设煤矿统一的手机端空间数据查询与分析平台,构建服务于生产技术人员的地测、通风、安全、生产技术、调度、机电运输、设备管理等专业手机应用系统平台,搭建面向矿井及公司管理决策层的网络服务决策平台,实现多部门多层次井上下数据共享、专业图件动态绘制、图件、文档和报表在移动终端上的展示及应用,从而进一步提高矿山安全生产管理能力和技术水平。

随时了解井下自动化设备运行情况。通过手机展示的组态图形实时获取井下设备运转情况,通风分机、皮带、水泵、采掘机,井下设备运转情况一目了然(与自动化系统集成)。

——来源:《中国煤矿智能化发展报告》(2020年)