

基于数据流的柿竹园多源异构智能巡检应用方案

李琼峰¹, 刘娜², 王振伦¹, 黄振林²

(1. 湖南柿竹园有色金属有限责任公司, 湖南 郴州 423037; 2. 杭州和利时自动化有限公司, 浙江 杭州 310020)

[摘要] 目前,大型矿山企业大都存在数据流集成和多源异构数据处理与应用的需求。矿山工业控制环网为矿山全流程生产管控的数据流搭建了传输通道,作为信息化基础设施,将多元数据进行有效融合,为生产管控和决策支持提供了数据服务。本文通过融合网络系统的建设,结合生产业务数据和工业控制数据流,提出了智能矿山建设中的数据流与生产组织之间的关系,以此为基础梳理了基于数据服务的智能管控平台的主要内容,最后,以矿山智能管控平台的多源异构数据应用为场景,提出了柿竹园智能巡检应用需求和主要功能设置。

[关键词] 矿山融合网络; 生产控制数据流; 多源异构数据; 智能管控平台; 智能巡检应用

[中图分类号] TD67 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2021)05-0008-08

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.05.003

0 前言

随着工业互联网在矿山行业的应用,“智慧矿山”应运而生,伴随着领域专家在矿山工业控制系统、矿山工业互联网平台架构、矿山应用技术体系方面的探索和研究,涌现了大量的优质矿山领域的工业互联网智能化解决方案,和优秀的智能化采矿示范工程。

然而在当前的智慧矿山建设过程中,由于系统间各自设计,彼此互相数据独立,数据融合方面依然遇到不少问题^[1-2]。中国工程院院士王国法,任怀伟等人通过煤矿多源、异构数据之间深层关系,建立起与现场机理模型一一对应的信息模型,为预测开采行为提供推理依据,并为海量的煤矿信息提供信息模型框架^[3-4]。在设备管理和生产全流程应用方面,中国工程院院士于润沧提出 MIM(Mine Informa-

tion Modeling)模型,通过工程数据搭建矿山信息模型,从而打通分布异构数据的一致性,实现矿山对应的数字化呈现^[5]。中国工程院院士葛世荣,张帆等人通过构建矿山数字孪生模型(MDTM),基于深度学习方法,借助全域感知、边缘计算、数据驱动和辅助决策技术,搭建了智慧矿山平台^[6]。智能矿山通过传感器仪表、自动化系统等集成信息化系统,实现对矿山安全生产复杂环境过程的可视化、数字化、及智能化处理。基于矿山物联网,借助云计算或超级计算机梳理统计海量数据,实现矿山生产对人员、设备工况、材料能源、安全环保、计质量、生产调度、现场作业的协同管理^[7]。姜德义等人系统性地将煤矿领域地数据划分为两大类(边缘计算类和云计算类),并设计了基于边缘云协同计算架构的智慧矿山技术架构,并对架构提出可落地的 3 种解决方案^[8]。张建中分析验证 BIM 模型相关格式和符合煤炭行业数据集成标准,采用云计算架构搭建 BIM 建模集成存储、显示和交互操作框架^[9]。岳一领利用统计类数据挖掘技术对超限瓦斯数据进行分析,推断了煤矿监控系统的网络运行结构并给出了相应的数据挖掘模型^[10]。毛善君等叙述了透明化矿山的三层架构,并对井上井下空间建模规范,多源数据的处理与集成,构建高精度地质体模型,以及远程可视化等提出解决方案^[11]。庞义辉等针对子系统割裂问题,构建了井下多源异构大数据共享平台,解决了信息互联互通,不仅为生产经营上层提供数据支

[收稿日期] 2021-06-26

[作者简介] 李琼峰(1976-),男,湖南安仁人,工程师,大学本科,主要从事信息化建设工作,现任湖南柿竹园有色金属有限责任公司办公室副主任。

[通讯作者] 刘娜(1990-),女,安徽淮南人,工程师,博士,主要从事矿山智能装备和数字化生产研究工作。

[基金项目] 国家重点研发专项(R-D701910BZ)

[引用格式] 李琼峰,刘娜,王振伦,等.基于数据流的柿竹园多源异构智能巡检应用方案[J].有色设备,2021,35(5):8-15.

撑,而且为底层设备智能操控提供决策依据^[12]。刘银志针对集团信息化对异构数据处理能力弱,结合异构数据处理、模型库和知识库的构建、大数据分析 and 管控协同等关键技术,构建了集团智能矿山管理系统^[13]。

矿山企业已经在单体系统、底层数据采集、网络平台建设方面取得了较多应用成果,并且在智能矿山建设架构和生产管控方面提出了智能化解决方案。但当前因为分散在异构系统的数据格式、规范以及访问方式都不相同,导致上层应用的功能和效果受限,所以处理异构系统的数据多源融合的问题急需解决。解决这个问题,需要通过融合网络搭建统一的数据传输平台,借助智能管控平台的数据融

合,解决集成多系统的数据接入和存储难题,通过统一的访问接口,为应用提供支撑。使得“人、机、料、管、环”多方面数据流得到智能化应用。

1 矿山融合网络与数据流分析

统一的数据传输平台需要借助融合网络系统的建设,形成矿山一体化通信引擎。网络融合地面工业控制星型网和井下工业控制环网,采用软件冗余以及软件集控、子系统集中监控和控制、视频智能监视进行集中监控;生产管理将数据服务、调度控制、数据展示等综合建设,全面驱动矿山自动控制系统和信息管理系统融合,融合网络与各系统之间的关系如下图 1 所示。



图 1 柿竹园融合网络与各系统关系

融合网络系统为智能矿山的数据传输搭建通道,进一步将地质、采矿、监控、设备、管理等数据统一管理,为矿山相关信息数据的保存、传送、输出和处理提供信息化基础设施,并将数据服务、决策支持信息和指令应用于各个生产环节管理和控制量,构建矿山智能管控体系。

1.1 数据流

智能矿山管理过程的数据流包括生产计划管理数据流、物资/能源消耗管理数据流、安全管理数据流、设备管理数据流、验收管理数据流、人力资源管理数据流,同时还包括关键的生产数据流、控制数据流,最终形成数字的智能矿山数据流网络。

1.1.1 生产数据流

智能矿山生产过程主要包括掘进和开采等作业流程,过程中主要采集信息包括采矿进度、掘进进度

信息,汇总的报表反应了矿山生产过程信息流图,如图 2 所示。

1.1.2 控制数据流

矿山控制过程主要是对八大系统,及矿山运输系统、压气系统、通风系统、供电系统、供水系统、排水系统、通讯系统和提升系统的运行进行自动化控制。这里以排水自动化控制系统为例进行说明。

井下排水自动化控制系统构架可分为:HMI, SCADA 主站/服务器,交换机,现场设备。其中,PLC 以工业以太网与 SCADA 主站进行通讯,现场设备采用 RS232、RS422 或 RS485 等通信方式连接 PLC,系统构架图如图 3 所示。

排水自动控制数据流主要包括数据采集、传输以及控制等过程,数据流程如图 4 所示。其余系统的控制过程与排水自动化控制过程类似。

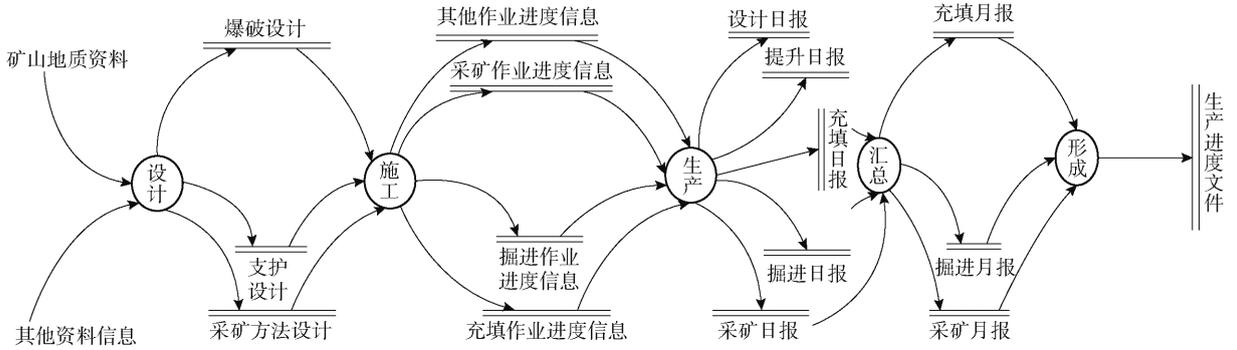


图2 生产调度过程数据流程图

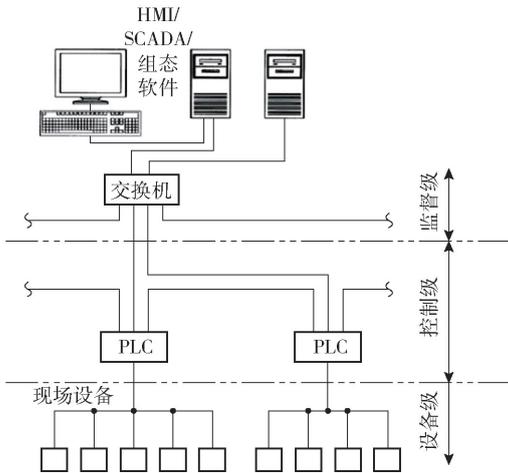


图3 自动化控制系统构架

1.2 数字矿山数据流网络

如图5所示,通过信息化管理,形成矿山生产的数据流网络。形成各部门之间,各身份权限之间,由矿山数据流网络中传递的信息流,实现所需数据的互联互通,保证了数据的真实性、精确性和可靠性。

1.3 整体分层分布式系统结构

其中的监控平台分为多金属采矿和柴山采矿两个采场区域监控中心。矿级中心实现全矿井的数据共享,统一平台数据,是全矿井的综合监控、调度指

挥平台;区域监控中心是矿级中心的部分权责下放,实现“区域自治”,在功能上与矿级中心分工和协同,共同完成矿井的生产调度。两级分层分布式系统结构如图6所示。

通过建设区域监控系统,能直接对所属区域内的各种异常情况快速响应及处理,为矿级生产指挥中心减轻负担,降低事故处理延误率,保障矿井的安全生产。用矿级调度权力的“减法”,换取靠近现场区域指挥活力的“乘法”,保障矿井的安全生产。

区域的划分可以是一个盘区、采区、运输沿线或一个工作面,它主要监管本区域数据及部分与其他区域相关联数据,形成满足监控要求的区域监控画面、报警信息和智能联动。在网络构成上,区域监控中心附属设备可配置成位于同一个局域网,当系统中存在多个这样的局域网时,形成了所谓“多域”。

2 数据融合与智能管控平台建设

柿竹园智能矿山结合信息化和生产管理需求,为了将生产、经营、管理等信息系统全面打通,智能管控平台的内容如图7所示。

(1)基础服务层:进行矿用设备接入,矿山系统集成,矿山业务数据的通讯、存储、管理和访问;矿山

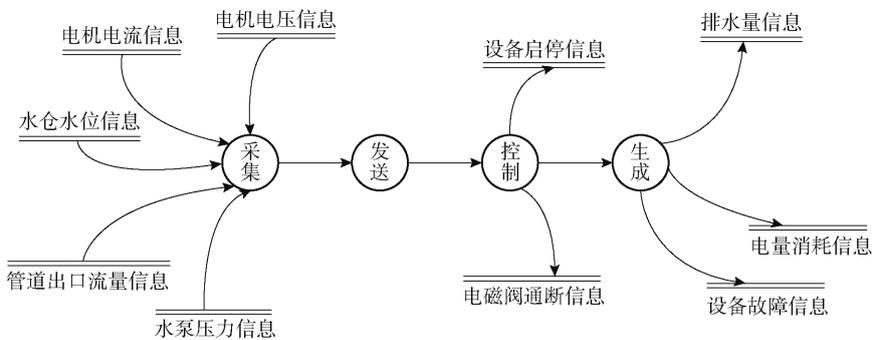


图4 排水自动控制系统数据流

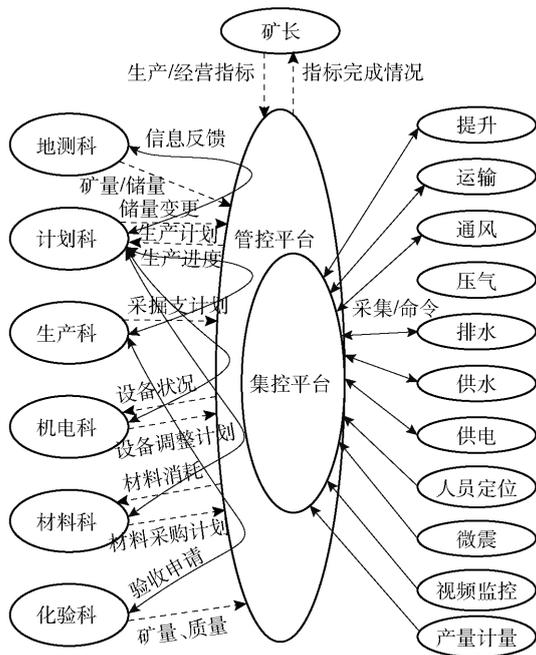


图5 矿山生产过程数据流网络

行业数据服务和业务通用配置能力；其中还包括了生产监控基础功能，包括实时监视、趋势分析、智能报警，系统诊断、WEB 发布和报警联动等；

(2) 生产安全中心：包括有毒有害气体检测、隐患风险单、微震检测、人员定位、避险系统、应急管理、产量检测等；

(3) 生产执行系统：包括生产计划、物料管理、设备管理，同时还有班组考核、生产应急处置、产品追踪、质量管理、能源管理等；

(4) 生产调度中心：包括对有轨运输和无轨运输的调度，同时包括视频、大屏、广播、通信系统的调度，以及产量上报、进尺上报和调度日志；

(5) 智能决策系统：包括报警分析、设备诊断、

应急智慧、智能联动和健康度评估等。

2.1 数据集成

底层多源异构数据通过数据融合技术接入数据平台，中间层提供统一的数据建模和信息管理机制，上层通过提供适用于应用场景的访问接口或人机交互界面。

2.1.1 数据接入

根据柿竹园信息化、自动化基础现状，数据源来自于：(1)地质资料信息系统，包括地理空间三维模型；(2)MES 系统的计划、设备、物料管理等信息和 ERP 系统的人员资质和技能方面信息；(3)工业系统信息，如井下人员定位系统和通风风机远程控制系统等；(4)工业设备信息，包括挖掘机、铲运机等；(5)还包括非结构化数据文件，如地质、工程图纸，表格和照片等；(6)通过传感器采集的信息，或者手持设备上报的实时数据，再集中人工录入。

针对上面的数据源，接入技术有：(1)数据导入，比如智能矿山的三维实体地理地质信息，通过软件数据导入功能实现数据交换；(2)对于开放数据库结构和存储格式的信息系统，可以通过标准数据库访问接口（如 ODBC）或 ETL 插件直接从数据源服务器中提取数据；(3)针对开放应用程序接口的信息系统或工业系统采用 API 接口访问；(4)对于信息系统，普遍使用 HTTP/REST，用于 Web 和移动用户接口；(5)数据文件传输/交换，通用的协议为 FTP，主要面对矿级部门业务和运营信息，数据可为结构或非结构化数据，接收方根据数据标准对文件进行解析、存储和处理；(6)深度集成工业系统的上位机，采用 Modbus TCP 等标准工业协议，如运输系统等，实现设备的远程遥控。

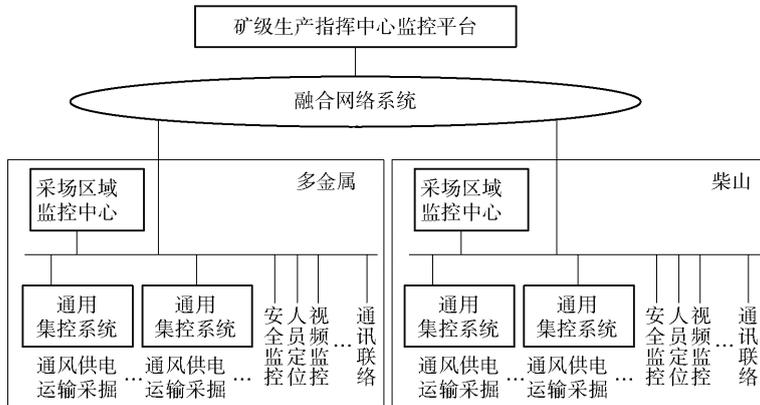


图6 分层分布式系统结构



图 7 智能矿山管控平台架构

2.1.2 数据存储

数据仓库存放数据平台的所有数据,数据提供方提供的基础数据往往出现不完整、重复、错误的情况。因此,数据仓库需要具备数据清洗能力,将数据从来源端经过抽取、转换、加载后保存至数据仓库,成为后续可以利用的绿色数据。在数据的预处理过程中,根据不同应用场景需求,按照所需指标和维度进行数据的统计分析和预处理,也可以通过自定义的模型算法进行设计。

利用大数据技术对进入数据仓库的数据进一步

挖掘,这个时候大数据平台就聚合 Hadoop 大数据技术中的相关组件工具,如分布式文件系统(HDFS)、并行处理框架(MapReduce)、数据仓库工具(Hive)、集群管理、安全管理等发挥数据的价值以满足场景需求。

平台再根据应用制定数据处理规则,将处理后的数据加载到多维度分析引擎或实时分析引擎中,为后续应用系统提供挖掘分析功能,图 8 体现了数据平台的功能结构图。

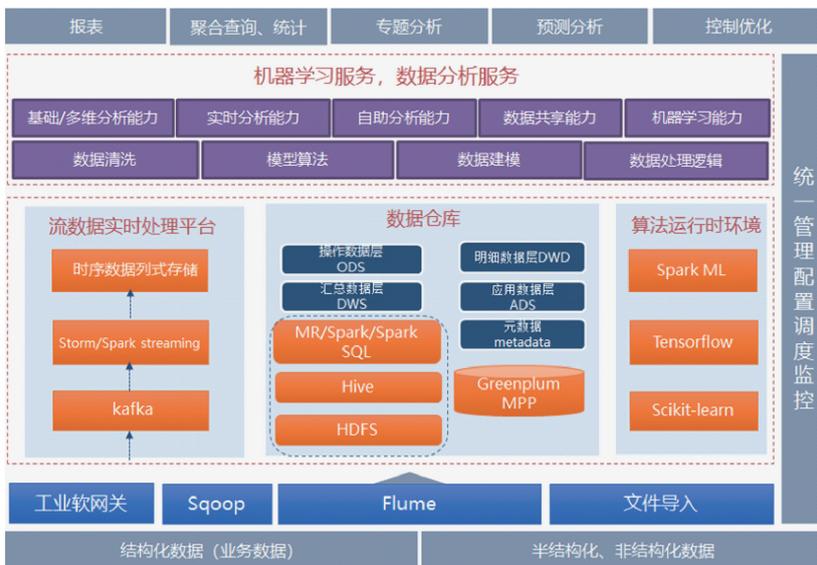


图 8 平台的数据功能结构图

2.1.3 数据接口

管控平台上层为应用层,应用程序所需要的所有业务数据均通过访问层的接口来获得,所以一套简单、通用、统一的数据接口可为后续的应用开发提供良好的支撑。目前可支持统一访问的接口技术有基于 Http 的 RESTFUL API 和基于 TCP 的 OPC UA,以及一些其他标准的接口访问技术或协议(如 OPEN API、GraphQL 等)。

RESTFUL 适用于移动互联网厂商作为业务使用接口的场景,实现第三方 OTT 调用移动网络资源的功能,动作类型为新增、变更、删除所调用资源。

OPC UA 为工业互操作性提供统一框架,机器和设备制造商描述其系统的面向对象的信息,并定义访问权限以及集成信息安全功能。

OpenAPI 规范(OAS)定义了一个标准的、语言无关的 RESTFUL API 接口规范,允许开发人员和操作系统查看并理解某个服务的功能,而无需访问源代码。同时可以使用最少的实现逻辑来理解远程服务并与之交互。

3 矿山智能巡检应用

柿竹园矿山传统的集中式监控是被动式的,及现场数据和报警信息直接呈现给用户,而历史运行记录以报表的形式保存,等待事后查询,事实上距离生产运营闭环智能化还有一段距离。

柿竹园采矿集控平台的矿山物联网和感知矿山技术辅助集成平台实时获取并传输“矿山体征”数据,地面站快速处理与分析数据,准确感知矿山环境参数和设备工况,通过身临其境的智能巡检应用遥控人员和采、掘、运装备做出判断和快速响应,调整作业模式、行为方式和工艺参数。

利用记录的事故和工况历史信息,利用趋势分析,案例推理等的数字能力,对异常的生产运营指标做出适当的预警,在“被动式”的监控上增添“主动式”行为。应用的功能模块一般包括了设备监控、巡检、报警、维修、GIS 定位、设备控制功能等。

以压风系统为例,阐述基于数据流的智能巡检应用,压风系统监测功能界面,如图 9 所示。



图 9 压风系统监测功能界面

压风系统的智能巡检应用由集控平台、Web 服务器和应用功能与压风系统设备群组成如图 10 所示。

集控平台作为数据中心为上层服务提供压风系统的基础数据,包括压风系统设备群台账的基础信息,设备状态信息,地理空间 GIS 信息,实时报警信息,维护信息等数据。

Web 服务器通过 OPC UA 接口、http 接口或数

据库连接驱动,从平台中获取压风系统的相关数据。在 Web 服务器中提供服务,包括为 GIS 提供位置信息;提供设备巡检的管理功能;利用消息引擎,根据维修规则向维修人员推送维修消息;压风系统设备指标导入;形成巡检报表,提供查询支持;提供维护信息,支持智能分析。

智能巡检应用通过调用服务提供的 http 接口,实现压风系统报警、维护、巡检相关的人机交互,主

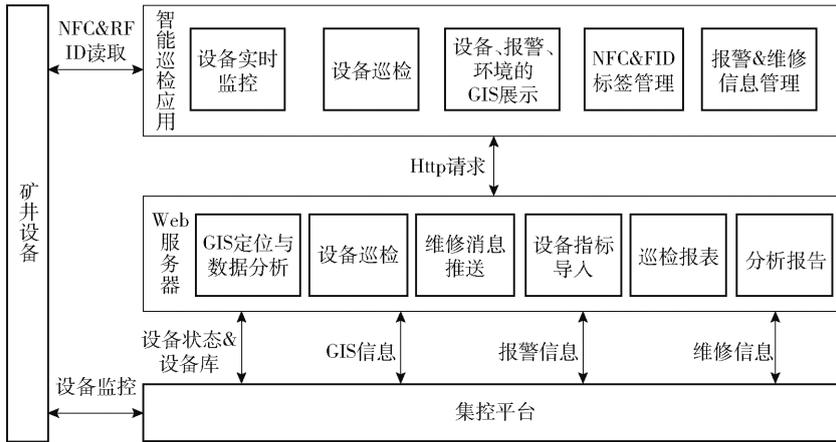


图 10 集控平台的智能巡检应用架构图

表 1 压风系统建设前后对比分析表

系统名称	功能模块	现有问题	建设措施	集成方式	建设后效果
压风子系统	实时数据采集 & 显示				空气压缩机、送气管路、阀门、汽水分离器、压风自救装置等设备数据采集
	控制模式切换	1. 空压机只能使用本机自带的触摸屏显示状态、就地启动控制，无远程监控。	1. 建议管路改造，增加压力等传感器，实现恒压供风。	通过 Modbus - TCP 协议接入集控平台	具备“检修”“就地”“远程”三种控制功能
	远程控制				远程监控中心实现压风机和阀门的启动、停止控制
	故障保护功能		超温、超压保护；电动机故障；故障停机、故障切换运行		
	空压机故障诊断		2. 与集控平台对接实现远程监视与控制。		空压机故障预警、空压机寿命预测
	设备故障分析		3. 在空压机房安装视频摄像头。		设备报警原因分析；设备报警记录数随设备部件分布分析；报警记录数、报警发生时长、报警处理时长对比分析；设备重复报警率对比分析等
	故障报警及联动	2. 不支持自动恒压供风功能。			当压风系统发生重大报警时，触发联动操作，联动视频、广播、人员等子系统
统计报表			根据需要生成各种数据的统计报表		
	WEB/手机应用				网页/手机端查看系统运行情况，消息/任务推送等

要的应用包括设备实时监控，可以在 PC 端或手持设备上查看设备的实时运行状态；巡检人员手持终端设备，进行实地巡检工作；在 GIS 图中展示设备和报警信息并对报警 & 维护信息进行管理。

4 结论

柿竹园智能化矿山管控平台的建设旨在以融合网络建设为基础，建立统一的数据接口和应用标准，破解困扰矿山企业的信息孤岛的难题；解决包括异构传感采集设备与环境监测全流程的无缝集成、复杂异构信息实时采集与高速可靠传输等核心问题，针对从多种输入设备获取的内容、形式、类型上的异构数据，泛在服务数据系统将这些复杂信息统一描

述成采集输入设备无关的形式。以压风系统智能巡检应用为例，管控平台可实现多服务系统平台信息互联，从而实现数据采集和显示，故障保护和诊断分析和故障报警功能。

[参考文献]

[1] LIU Shanjun, WANG Han, HUANG Jianwei, et al. High-resolution remote sensing image-based extensive deformation-induced land-slide displacement field monitoring method[J]. International Journal of Coal Science & Technology, 2015,2(3):170 - 177.

[2] LIU Xiang, JIAO Chaoqun, YAO Aifen. Orthogonal experiment design of EMI of security monitoring system in coal mines[J]. International Journal of Coal Science & Technology, 2015,2(4):325 - 332.

- [3] 王国法,王虹,任怀伟,等. 智慧煤矿 2025 情景目标和发展路径[J]. 煤炭学报,2018,43(2):295-305.
- [4] 任怀伟,王国法,赵国瑞,等. 智慧煤矿信息逻辑模型及开采系统决策控制方法[J]. 煤炭学报,2019,44(9):2923-2935.
- [5] 于润沧,刘诚,朱瑞军,等. 矿山信息模型—矿业信息化的发展方向[J]. 中国矿山工程,2018,48(5):1-13.
- [6] 张帆,葛世荣,李闯. 智慧矿山数字孪生技术研究综述[J]. 煤炭科学技术,2020,48(7):168-176.
- [7] 张旭平,赵甫胤,孙彦景. 基于物联网的智慧矿山安全生产模型研究[J]. 煤炭工程,2012(10):123-125.
- [8] 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.
- [9] 张建中. 基于 Web3D 技术的煤矿 BIM 模型集成及可视化研究[J]. 煤炭工程,2020,52(7):161-168.
- [10] 岳一领,李东升. 基于数据挖掘技术的煤矿远程监控系统研究[J]. 太原理工大学学报,2005(2):211-215.
- [11] 毛善君,崔建军,令狐建设,等. 透明化矿山管控平台的设计与关键技术[J]. 煤炭学报,2018,43(12):3539-3548.
- [12] 庞义辉,王国法,任怀伟. 智慧煤矿主体架构设计与系统平台建设关键技术[J]. 煤炭科学技术,2019,47(3):35-42.
- [13] 刘银志,赵廷钊,毛善君,等. 大型煤矿集团管理智能化系统研究[J]. 工矿自动化,2020,46(12):25-30.

The Application Scheme of Multi-source Heterogeneous Intelligent Inspection for Shizhuyuan Based on data Flow

LI Qiong-feng, LIU Na, WANG Zhen-lun, HUANG Zhen-lin

Abstract: At present, large mining enterprises have the demand of data flow integration and multi-source heterogeneous data processing and application. The mine industrial control loop network builds a transmission channel for the data flow of production control in the whole process of mine. As an information infrastructure, it effectively integrates multiple data and provides data services for production control and decision support. In this paper, through the construction of fusion network system, combining with the production data and industrial control data flow, it puts forward the relationship between the flow of data in intelligent mine construction and production organization. On this basis, the main contents of the intelligent management and control platform based on data services are sorted out. Finally, the requirements and main function settings of intelligent inspection App are proposed based on the multi-source heterogeneous data application of the mine intelligent management and control platform.

Key words: mine fusion network; data flow of production control; multi-source heterogeneous data; intelligent management and control platform; Intelligent inspection application ▲