

# 边缘计算在智能有色金属矿山的应用

许跃龙

(彝良驰宏矿业有限公司, 云南 昭通 657000)

**摘要:**参考国家相关部委发布的《有色金属行业智能矿山建设指南(试行)》,分析并总结了智能矿山建设的云-边-端架构特点。依托边缘计算技术,结合某有色金属矿山智能化建设实践,分析了边缘计算的应用场景,并展望了边缘智能在智能有色金属矿山的应用发展,旨在帮助有色金属矿山企业提高对边缘计算应用的系统性认识和科学规划,提高矿山生产的自动化和智能化水平。

**关键词:**边缘计算;有色金属智能矿山;边缘智能

**中图分类号:**TP212

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-7344(2023)12-0085-03

## 0 引言

为加快5G、人工智能、工业互联网等新一代技术与有色金属行业融合创新发展,切实引导有色金属企业智能升级,工业和信息化部、国家发展改革委、自然资源部于2020年4月28日联合印发了《有色金属行业智能矿山建设指南(试行)》<sup>[1]</sup>(以下简称《指南》)。

就金属矿山现状而言,有色金属矿山装备自动化、智能化水平落后,人员结构老化、整体生产效率不高等问题突出,依靠规模和人员数量的方式越来越不适应发展,转型升级已成为行业共识<sup>[2]</sup>。

某金属铅锌矿山通过不断要求抓实科技创新,健全科技创新体系,统筹实施科研项目,持续加大科技攻关,加快智慧矿山建设,大力建设与推广智能矿山,加强信息系统安全防护,引领行业智能升级。

经过多年的自动化系统建设,取得了显著的经济和社会效益,但距离生产智能化、无人化目标尚存较大差距,需要针对存在的问题,在充分研究新技术应用现状和行业内外先进经验基础上,进一步加大科技研发和应用投入,加快智能矿山建设。

目前我国有色金属行业智能化建设尚处在起步、试点和探索阶段。金属矿山积极响应《指南》,正在摸索、走出一条符合自身发展战略和实际生产经营状况的智能有色金属矿山建设之路。

智能化应具有3个要素:①具有对外部信息的实时感知与获取的能力;②具有基于对感知信息的存储、分析、判断、联想,自学习、自决策的能力;③具备基于自决策的自动执行能力<sup>[3]</sup>。边缘计算正是满足生产智能化需求的关键技术。

本文将首先描述智能矿山的建设体系和边缘计算在智能矿山建设的典型应用。在此基础上,结合某金属

矿山智能化建设实践,分析边缘计算在有色金属矿智能化建设的实际应用,并展望边缘智能在智能有色金属矿的应用前景。

## 1 有色金属智能矿山建设体系

根据《指南》给出的有色金属智能矿山参考架构,可知架构体系总体分为云-边-端3层。

端侧主要是指现场设备和仪器仪表,这一层的功能是为全面感知数据和实施精准控制打下设备和测量基础。

边缘侧主要是指数据采集和设备控制系统,通过边缘网关等技术的应用完成数据和接入、多源异构协议解析、数据集成、数据处理和设备在线实时监控,从而实现区域数据汇聚、数据减量解析和智能边缘计算。

云端主要是建设制造运营服务平台,并根据生产和管理需要打造定制化的生态应用体系。平台连接生产和管理数据,并提供应用开发环境与微服务组件,通过大数据、人工智能等先进手段开展数据分析和针对业务场景的模型训练。开放兼容的平台可以满足各种场景需求的应用的部署,从而实现采矿智能控制、安全管理和生产运营管理等定制化的功能。

同时,工业安全防护建设贯穿云-边-端3层,有效保障数据安全和网络安全。

云端和边缘侧应用各有特点和侧重点,大致可以区分为非实时、长周期数据的业务决策数据在云平台处理,并建设相关应用,如大数据治理和智能经营管理;实时性、短周期数据的本地决策的数据在边缘侧进行处理,并建设相关应用,如环境监测和设备控制<sup>[4]</sup>。

## 2 边缘计算在智能矿山的典型应用

边缘计算是将一些边缘硬件设备部署在生产现场,旨在将与之能力相匹配的相关计算和控制任务部

署于靠近设备侧,即网络的边缘。

在矿山的生产中,可以充分利用边缘设备的数据采集、数据处理、数据分析和计算能力,就地实现区域数据融合和综合处理,以及区域工艺系统的智能控制,有如下典型应用。

### 2.1 多传感器融合

单一传感器的测量具有局限性,感知环境或设备整体状态往往不够准确和全面。传统做法是将多传感器数据分别通信到地面的矿山控制系统,进行数据分析和综合判断后,将结果返回和广播到控制系统网络。智能多传感器融合技术在就地即可实现单一测量设备对环境或设备状态的综合测量,实现原始数据的就地处理和分析,避免长距离传输导致的信号跳变,同时还可以节约通信带宽资源。

多合一空气检测仪就是典型的多传感器融合的应用,一台仪表即可对空气中的多种气体成分进行同时检测分析,如 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$ 等,并形成空气质量的综合评价。

### 2.2 设备状态监测

针对矿井生产中的大型设备状态感知,通过搭建边缘计算控制器,连接设备状态测量数据和设备所在工艺系统的参数,利用边缘控制器的数据处理和分析能力,就地实现设备的状态判断,准确快速反映设备故障信息,有效降低事故扩大隐患,实现关键设备的可预测性维护管理。

部署在设备附近的边缘控制器负责完成与传感器和设备的通信、数据的接收处理和存储及多参数融合分析和决策,有效保证了数据的完整性,以及决策分析的快速性。

图1为方案的典型框架。

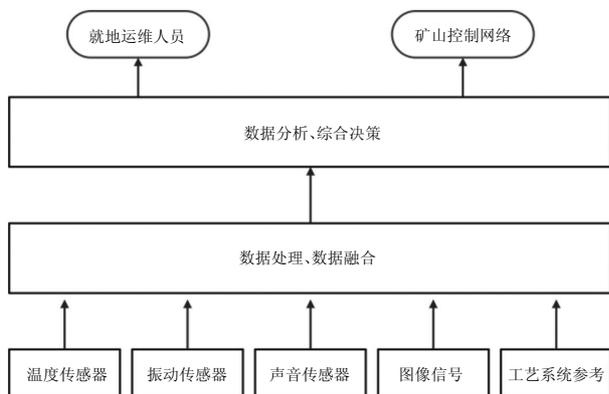


图1 边缘控制实现设备状态监测

### 2.3 机器视觉应用

机器视觉是摄像头技术与识别分析算法的有机结合,是一种典型的边缘计算应用。

摄像头机器视觉系统通常包含软件和硬件两部

分,摄像头等硬件负责成像,视觉控制系统负责图像处理和输出结果至执行机构或生产管控平台。

矿井下典型的摄像头机器视觉应用为利用部署在巷道关键支护点的摄像头,内置电子围栏算法。当有人员非法闯入时,摄像头可立即完成识别并发出声音报警,警告人员离开,同时,将相关数据传输至管理平台存档,有效提高生产的安全性。

### 2.4 火灾检测与处理

传统的井下火灾监测系统的工作原理是将环境监测数据、红外数据、测温数据通过网络传输至地面控制系统,控制系统利用火灾分析模型分析灾害是否发生及影响范围,然后通知相关生产和管理人员进行疏散和灭火。

在井下危险重点火灾区域部署边缘控制器,连接相关测量数据,并部署火灾监测模型。当发生异常的时候,边缘控制器可以迅速发现灾情并定位灾害发生点,第一时间利用声音等方式通知现场人员撤离,联动相关消防设施进行火灾处理,同时通知地面管理人员。

边缘控制器的应用可以极大缩短数据的传输实际和决策流程,有效防止事故扩大和降低人员伤亡。

## 3 边缘计算在金属矿山的应用

某金属铅锌矿认真领会“机械化换人、自动化减人”的智能矿山建设精神,结合现场生产设备条件,开展了多应用实践,实现供电系统、压风系统、提升系统、皮带运输系统、充填系统、轨道运输系统等自动化无人化升级改造,其中排水系统无人值守就是典型的边缘计算的应用,有效提升了生产效率。

### 3.1 排水系统无人值守

传统矿井排水系统的运行方式是人工现场就地启停,存在设备运行效率低、人力成本高、管控手段落后、能耗高等缺点,在充分调研和科学决策后,开展了无人值守改造。

在水泵房现场部署边缘控制系统,系统南向连接排水系统的参数测量传感器和设备控制单元,北向连接地面控制中心。并对工艺系统加装水位和水泵监测传感器,系统阀门和辅助设备进行自动化升级。将工艺系统测量参数和设备接入边缘控制系统,实现边缘侧对接入的传感器进行数据采集、协议解析和数据处理,边缘系统上开展“一键启停”控制逻辑设计和水泵分时段、分峰智能调节。

改造完成后,边缘系统在功能上实现了水泵的按需调节;操作模式上,既可以在水泵房集中控制和一键启动,也可以在地面控制中心远程控制,有效降低供电成本,实现无人值守,同时调高设备管理水平高,减员增效。

### 3.2 压风系统无人值守

在空压机房现场部署边缘控制系统,系统连接压风系统的各类监测装置和主控设备,并与控制中心通过工业环网通讯。同时对外围供风管道及冷却水系统加装流量计、电动阀门和检测传感器。边缘控制系统实时采集系统工艺运行数据,达到边缘侧对系统数据的采、储、析功能,边缘系统上开展“自动控制”程序设计和智能调节供风。

项目完成后,通过部署的就地/远程控制模式,边缘系统在功能上实现按需供风;有效降低能源成本与人力成本,是边缘计算在智能矿山建设中的又一成功运用。

### 3.3 智能集控中心

通过在矿山各个生产子系统部署边缘控制系统,利用现代网络通讯技术,将边缘计算控制系统采集数据汇聚到智能集控中心,实现对生产各类数据的分类、处理、整合、共享,最终建立有效的管理系统,为生产决策提供依据。这是边缘计算技术在矿山自动化控制过程领域的一次集中展示,集控中心其主要功能如下。

#### 3.3.1 生产数据整合功能

接入的各子系统数据采取标准的数据通讯方式与集控中心进行数据实时交换,并对生产数据进行整合,负责将不同阶段的数据反馈给系统用户。

#### 3.3.2 分级管控生产数据

根据岗位、职责的不同,规划不同的访问权限,实现生产数据及其他信息的分级展示与调取。

#### 3.3.3 实时记录

提供各类传感器系统、智能仪表等的系统实时报警信息的故障记录。

#### 3.3.4 事件记录

对所有在现场各个系统及集控中心的操作及执行的事件进行实时记录,并提供追查及重演功能。

#### 3.3.5 故障分级统计

分时间段、类别、级别、子系统自动整理推送故障信息,提供统计和查询功能。

#### 3.3.6 历史查询

集控中心系统可查询边缘计算控制监测监控的任一系统中设备的运行情况,如操作员、开机时间、频次等,可调取历史数据及数据图表,同时具备网络故障记录功能,方便用户管理。

## 4 边缘智能在智能有色金属矿建设的展望

尽管智能矿山建设是多学科领域技术成果的集成应用,但其建设的成功与否取决于矿山生产工艺与智能化技术的匹配与融合程度<sup>④</sup>。

基于智能矿山的建设需求,结合边缘技术的发展

趋势,本文提出了边缘智能在智能矿山建设应用的两个重要方向。

### 4.1 智能网关

井下设备的测量数据可能会由于各种因素会出现抖动,如果原始数据不经处理直接送往控制平台,会导致生产人员需要处理大量的无效报警,增加工作量,同时会降低生产人员对报警准确性的信任。

将原始数据接入智能网关,利用智能网关的数据处理能力,进行数据的有效滤波和防抖动处理,在边缘侧完成数据的诊断后,再送往控制平台,可大大降低地面生产人员处理无效报警的工作量,还可以有效提升设备的故障诊断能力。

### 4.2 边缘智能一体机

边缘智能一体机是软硬件一体的边缘控制设备,在井下工艺系统相对小型但物理位置相对分散的场景中可以充分发挥作用。

边缘智能一体机既可以支持来自同一工艺系统不同设备的实时数据集成、数据存储和计算控制;还可以将人工智能模型进行边缘部署,支持机器学习算法,实现数据在边缘侧的高效智能分析和实时决策;还能以容器化方式部署在各类安全可信的工业 App 上,实现设备远程智能监控和故障预警等智能应用。

## 5 结语

本文系统地归纳了有色金属智能矿体系架构的云-边-端各层的设备和应用的特点,并重点分析了边缘计算在当前有色金属矿山的典型应用。结合智能化建设实践,展望了边缘智能在智能矿山建设的应用前景,为有色金属矿山企业对智能生产控制规划提供了有力的技术手段,可以有效提高智能矿山系统边缘侧建设的合理性和前瞻性,具有很强的现实应用意义。

### 参考文献

- [1] 王国法,刘峰,庞义辉,等.煤矿智能化:煤炭工业高质量发展的核心技术支撑[J].煤炭学报,2019,44(2):349-357.
- [2] 徐文青.有色矿山发展现状及思考[J].中国有色金属,2015(14):46-47.
- [3] 王国法.“十四五”煤矿智能化和煤炭高质量发展的思考[J].智能矿山,2021(1):1-6.
- [4] 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.
- [5] 李国清,王浩,侯杰.煤地下金属矿山智能化技术进展[J].金属矿山,2021(11):1-12.

作者简介:许跃龙(1986—),男,汉族,云南昭通人,本科,工程师,主要从事智能制造工作。