

引用格式:白光辉,韦永兰,郭帅,等.一种大规模矿用高低压柜设备更新技术——泛融技术[J].有色设备,2024,38(4):2-8.  
BAI Guanghui, WEI Yonglan, GUO Shuai, et al. An updating technology for large-scale mining high and low voltage cabinet equipment: Ubiquitous-Fusion Technology[J]. Nonferrous Metallurgical Equipment, 2024, 38(4): 2-8.

# 一种大规模矿用高低压柜设备更新技术 ——泛融技术

白光辉, 韦永兰, 郭帅, 马文利  
(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

**[摘要]** 为了大幅度提高国内矿山智能化建设水平,借鉴电力物联网技术、边缘计算技术、总线通讯技术、控制技术、智能配电等技术,经过十多年的潜心研发和工程验证成功提出了一种大规模矿用高低压柜设备的更新技术——泛融技术,实现电力系统按照 CBA 技术标准使用统一的通讯接口对外衔接,解决了“控制孤岛”和“数据烟筒”等矿山难题,为实现生产系统、辅助系统和安全监测系统间智能决策和联动控制打下了坚实的基础,为矿山大规模矿用高低压柜设备的更新换代提供了一种可实施性的技术。

**[关键词]** 泛融技术; 泛融单元; 泛融网关; 泛融组件; 广义智能; 矿山智能化; 物联网; 高低压柜

**[中图分类号]** TD65 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2024)04-0002-07

**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2024.04.001

## 0 引言

目前国内多数矿山的电力系统处于无监控粗放型运行状态,在电力供应、设备运行状态、能耗情况等方面缺乏实时、准确的数据支持,导致矿山在面临突发电力故障时,难以及时做出决策,进而影响到整个矿山的正常生产。同时,由于缺乏有效的监控手段,矿山在设备维护、能耗管理等方面也难以实现精细化管理,从而造成了资源的浪费和成本的增加。以上这些都严重制约了矿山智能化水平,并与目前国家提出的“双碳目标”相差甚远。

国务院于2024年3月印发《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》的通知,该通知明确指出,针对传统行业的设备更新,应全面遵循节能降碳、超低排放、安全生产、数字化转型以及智能化升级等多维度的标准与要求。

**[收稿日期]** 2024-06-21

**[第一作者]** 白光辉(1963—),男,北京市人,正高级工程师,博士后导师,主要从事智能矿山“地下矿有轨运输无人驾驶运输技术”和“融合控制技术”研发和推广应用工作。

**[基金项目]** 五矿集团科创基金项目“有轨运输无人驾驶系统研发”。

本文深入解析了一种大规模矿用高低压柜设备的更新技术——泛融技术与泛融设备的应用与优势,旨在为矿山大规模矿用高低压柜设备的更新换代提供一种可实施性的技术。

## 1 泛融技术介绍

### 1.1 相关定义

泛融技术是包含泛在电力物联网<sup>[1]</sup>、边缘设备、融合技术、标准组件、广义智能等多种技术的简称,这些技术的融合与创新,共同构成了泛融技术重要的技术体系,具有以下特点。

1) 深度集成。泛融技术直接嵌入高压与低压柜设备之中,并延伸至泛在电力物联网的最末端。

2) 高效通讯,稳定传输。选用 RS485 通讯协议作为泛融技术和设备主要的泛在电力物联网,借助泛在物联网可以物联高压和低压柜内如温度、湿度、振动等检测设备,以满足各种复杂的监测需求。

3) 组件化设计,提升灵活性。泛融技术严格遵循 CBA 技术标准<sup>[2]</sup>,成功实现了电力系统的电力组件化。这一创新的技术模式,进一步提升了电力系统的智能化和自动化水平,为实现硬件和功能共享打下基础。

4) 简化操作。泛融技术的核心应用主要体现

在泛融单元和泛融网关这两类关键设备上。用户只需了解这两类设备的性能,即可轻松掌握其操作技巧。

## 1.2 相关概念

1) 泛在:泛在代表泛在电力物联网。泛在电力物联网是围绕电力系统各环节,充分应用移动物联、人工智能等现代信息技术、先进通信技术、实现电力系统各个环节万物互联、人机交互、具有状态全面感知、信息高效处理、应用便捷灵活特征的智慧服务系统,是最接近用户端广泛存在的电力物联网。泛在电力物联网除了连接电力系统边缘设备或终端产品外,还连接与电力系统相关的检测设备和辅助设备,在电力系统中实现物物互联。通过电力物联网和物联设备将大幅提升用电安全,同时产生和提供给泛在电力物联网大量的用电数据。

2) 边缘:边缘代表边缘设备或边缘计算。在电力物联网中使用了泛融单元和泛融网关两类边缘设备。泛融单元是电气设备和控制设备融合体,既具备电气设备功能又具备控制设备功能,属于电力物联网终端边缘设备,具备与泛融网关物联的接口;泛融网关,具备边缘控制功能、边缘计算、边缘智能、边缘设备向上物联等功能。

3) 融合:融合代表多功能的融合。泛融单元和泛融网关均为具备电力、控制、智能、通讯多功能为一体深度融合的设备。

4) 组件:在电力物联网中,将电力系统划分为若干个符合 CBA 技术标准的电力组件,电力组件使用统一通讯接口与外界衔接。

5) 广义智能<sup>[3]</sup>:借助泛在电力物联网实现常规电力系统智能之外的其他智能功能。

6) CBA 技术标准:PROFINET 技术包括 PROFINET IO 和 PROFINET CBA<sup>[2]</sup>两部分。CBA(Component Based Automation)技术,即基于组件的自动化。通过将不同的控制系统或电力系统组合为标准组件,并在组件间使用统一的通讯接口。CBA 技术很好地降低了当前智能矿山中由多设备类型、多种控制平台并存所带来的系统复杂性。

## 1.3 关键设备

1) 泛融单元。加载泛融技术的电气设备;可以替代电力多功能数字表采集电力系统数据;配置 4 个 DI 完成自身和电气设备信号采集;配置 3 个 DO 完成自动开关分闸、合闸、接触器启停控制功能;配

置泛在电力物联网通用通讯接口;泛融单元属于泛在电力物联网终端设备。

2) 泛融网关。加载泛融技术的电气设备;泛融网关向下配置 2 个泛融单元标准通讯接口,1 台泛融网关完成 10 台泛融单元的数采和控制;泛融网关向下还具备多个 RS485 泛在电力物联网接口,可以与电缆沟浸水、温度、振动等多种检测仪表互联;泛融网关向上具备独立 Modbus\_TCP 物联网接口,向第三方管控平台提供电气设备或回路底层数据,并接受第三方管控平台控制指令;泛融网关向上还具备 Modbus\_RTU 接口,接受 PLC 或 DCS 的控制和提供电力系统底层数据。

3) 泛融组件。由泛融单元及泛融网关组合而成的单元称为泛融组件。该泛融组件整体安装在高压或低压柜内,详见图 1。

4) 电力组件。采用 CBA 技术和泛融组件将电力系统打包为若干个符合 CBA 技术标准的电力组件。电力组件可以使用统一的通讯接口与控制系统和管控平台衔接。电力系统可以全面或部分采用泛融组件。

## 2 泛融组件的功能描述

### 2.1 泛融组件测量功能

泛融组件是一种符合 CBA 技术的标准组件,可与符合 CBA 技术的标准组件间使用统一的通讯接口。泛融组件可提供以下测量数据:①单元 ID 号;②心跳状态字;③状态字 1;④状态字 2;⑤状态字 3;⑥A 相电流;⑦B 相电流;⑧C 相电流;⑨平均相电流;⑩功率因数;⑪有功功率  $P$ ;⑫无功功率  $Q$ ;⑬视在功率  $S$ ;⑭负载性质  $RT$ ;⑮有功电度  $E_p$ ;⑯无功电度  $E_q$ ;⑰视在电度  $E_s$ ;⑱中线电流;⑲A 相电流最大值;⑳B 相电流最大值;㉑C 相电流最大值;㉒热容值,共计 22 个数据。其中,①②③④⑤⑯⑳㉑㉒是泛融组件专有功能数据。

### 2.2 泛融组件边缘功能

泛融组件可以为每台电气设备或回路提供五大类 55 个边缘智能结果数据,前四类边缘数据附加时间标签并连续存储 20 个数据,共计 815 个数据。泛融组件可独立运行,数据可通过使用统一的通讯接口上传至管控平台或控制系统共享并与边缘智能设备联合使用来进行动作执行结果的判断。

1) 边缘操作记录:回路允许就地操作、回路允

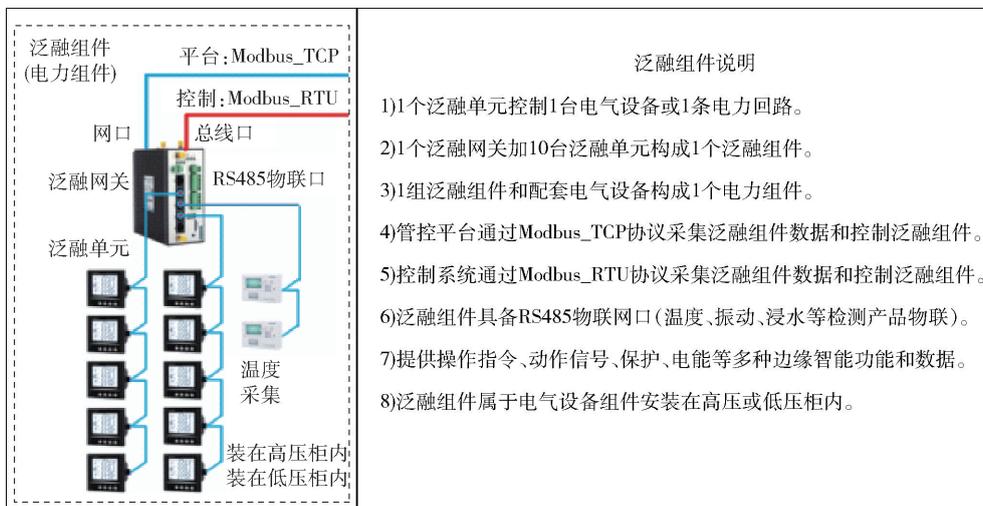


图 1 泛融组件构成框图及说明

Fig. 1 Block diagram and description of Ubiquitous-Fusion components

许远程遥控、自动开关人工合闸、自动开关人工分闸、自动开关远程合闸、自动开关远程分闸、复位操作、清除操作、外部急停操作。

2) 边缘动作记录: 自动开关合闸动作、自动开关分闸动作、接触器合闸动作、接触器分闸动作。

3) 边缘保护记录: 热容保护、一般过载保护、重过载保护、短路保护、接触器黏连保护、额定下过流保护、三相不平衡报警、三相不平衡保护、检查主回路保护、失联过多提示、通讯失联状态、连续通讯失联、自动开关进线温度过高、自动开关出线温度过高、接触器进线温度过高、电缆沟浸水等。

4) 边缘设备管家: 自动开关动作总次数、自动开关总运行时间、自动开关设定过载动作次数、自动开关一般过载动作次数、自动开关重度过载动作次数、自动开关短路过载动作次数、接触器动作总次数、接触器电动机过载动作次数、接触器一般过载动作次数、接触器重度过载动作次数、接触器短路过载动作次数、接触器总运行时间。

5) 边缘电能管理: 提供每条回路连续 12 个月的用电量统计和该回路累计用电量统计数据。

### 3 泛融组件的应用

#### 3.1 泛融组件在矿山控制系统中的应用

##### 3.1.1 传统矿山控制系统的特点

1) 控制信号接口方式不统一: 在传统控制系统中, 控制器往往需要通过多种专用接口或硬接线方式来实现对电力设备的控制, 而非统一的总线接口。

以上表明每个设备可能需要单独的控制线缆连接, 增加了系统复杂度和布线难度。

2) DI/DO 模块配置数量多: 传统控制系统中, 通常需要在高压柜和低压柜内部署独立的 DI (数字输入) 和 DO (数字输出) 模块来采集状态信号和发出控制指令。这不仅增加了硬件成本, 也占据了更多的柜内空间, 并且维护和故障排查较为复杂。

3) 硬件结构复杂: 由于依赖大量的独立模块和复杂的接线, 传统控制系统的硬件结构复杂, 这不仅影响了系统的可靠性和维护效率, 还可能导致更高的故障率和更长的停机维修时间。

4) 成本构成较高: 传统控制系统的部署成本通常较高, 包括控制器硬件本身, 数量众多的 DI/DO 模块以及大量用于连接的控制电缆等, 加上安装施工的复杂性, 总体成本高。

5) 智能化水平低: 传统系统中, 控制器与电力系统底层数据无法直接交互, 缺乏高效的共享机制。没有边缘智能组件的支持, 传统控制系统的智能化改造升级较为困难, 难以实时响应现场变化; 智能判断功能往往集中于中央控制器或上层管理系统, 缺乏边缘计算能力, 导致反应速度慢, 智能化程度相对较低, 对数据的处理和分析能力受限, 影响了系统的自适应性和优化决策能力。

##### 3.1.2 泛融组件在矿山控制系统中的应用

矿山控制系统采用泛融组件可以简化控制和电力系统的硬件结构, 提高两类系统硬件可靠性; 使用

高压柜和低压柜内泛融单元的 DI 和 DO 替代控制系统的 DI 和 DO 模块;控制器通过泛融组件的总线接口即可实现对电力设备的控制;控制器共享电力系统底层数据和泛融组件的边缘智能判断结果;降

低控制器硬件费用、节省控制电缆材料费用、减少设备安装和材料施工费用;控制系统借助电力系统数据和泛融组件边缘智能功能可以提高自身的智能化水平,详见图 2。

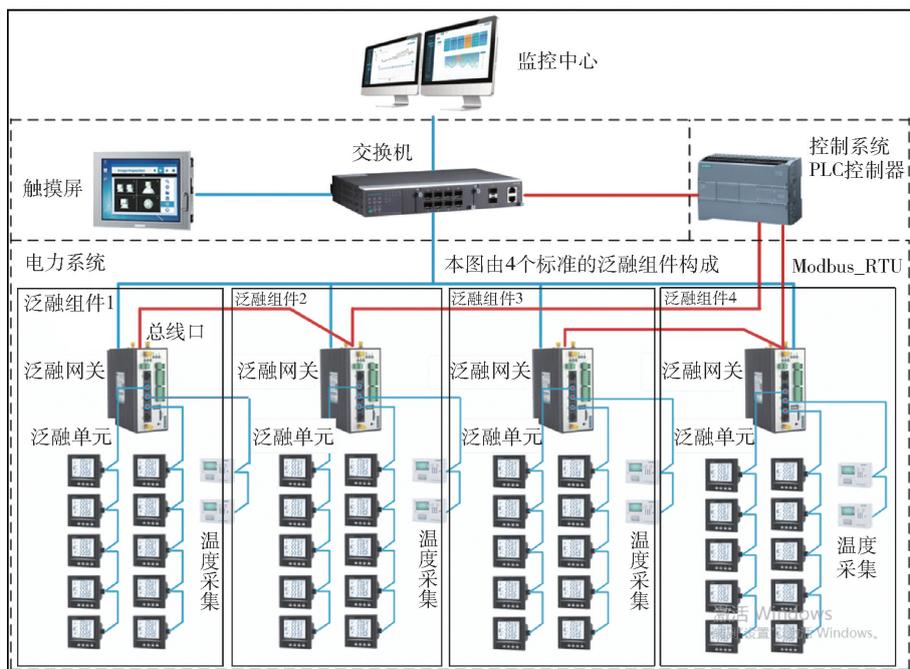


图 2 泛融组件在矿山控制系统中应用框图

Fig. 2 Block diagram of Ubiquitous-Fusion components applied in mine control system

应用泛融组件后,矿山控制系统的 PLC 通过泛融组件总线接口即可完成通讯,不再需要任何其他硬件;同时,控制系统 PLC 通过泛融网关即可共享电力系统全部数据和功能;通过泛融单元取消了 PLC 的输入和输出模块,减少 PLC 硬件重复建设,控制系统可全面共享电力系统的硬件、数据、功能。

### 3.2 泛融组件在矿山管控平台中的应用

#### 3.2.1 现有矿山管控平台的特点

在传统矿山作业环境中,供配电系统是确保矿山生产等各个环节稳定运行的基础。然而,目前传统矿山的供配电柜往往基于较为落后的技术标准和设计理念,这些传统供配电柜在功能上存在多方面的局限性。

1) 监测范围有限:传统的供配电柜通常仅能提供基本的电压、电流及功率因数等电气参数监测,而对于低压电气回路中各末端分支的详细能耗数据、开关状态、故障预警等关键信息的采集能力较弱。

这表明大量宝贵的能耗细节和潜在的故障隐患难以被及时捕捉,直接影响到全矿能耗分析的准确性,进而导致能效管理决策缺乏坚实的数据基础。

2) 系统集成度低:传统供电系统与现代信息化管理平台的集成程度不高,数据传输和处理能力受限,使得矿山管控平台在整合这些分散、低质数据时面临巨大挑战,难以形成全面、动态的能耗视图。

3) 决策支持粗糙:由于上述原因,矿山管理层在制订能效优化策略、调整用电计划或应对突发电气故障时,往往依赖于经验判断而非基于翔实数据分析的科学决策,这不仅影响了能源使用的精细化管理,也限制了整体运营的灵活性和响应速度。

4) 维护和升级难度大:传统供配电柜的维护工作往往依赖人工定期巡检,缺乏自动化故障诊断与预警功能,加之硬件更新换代慢,使得系统难以快速适应矿山日益增长的智能化管理需求。

对于现有矿山管控平台而言,未能全面精准地采集配电末端回路数据,直接制约了其在能效管控方面的效能,降低了整个矿山运营的智能化水平和能源利用效率。因此,引入更为先进的泛融技术或其他智能配电解决方案,成为提升矿山能效管理能力的关键途径。

### 3.2.2 泛融组件在矿山管控平台中的应用

泛融组件可为矿山管控平台采集电气设备和电

力系统的核心底层数据,确保了数据的全面性与精准性;矿山管控平台可通过网络共享泛融组件的实时数据,同时高效整合边缘智能设备的精准判断结果,为精细化能源管控提供决策支持;矿山管控平台借助泛融组件可以控制电气设备或电力系统开闭合等;矿山管控平台与泛融组件之间的通讯可轻松实现,通过矿区局域网即可完成数据交互,应用框架图的详细说明见图3。

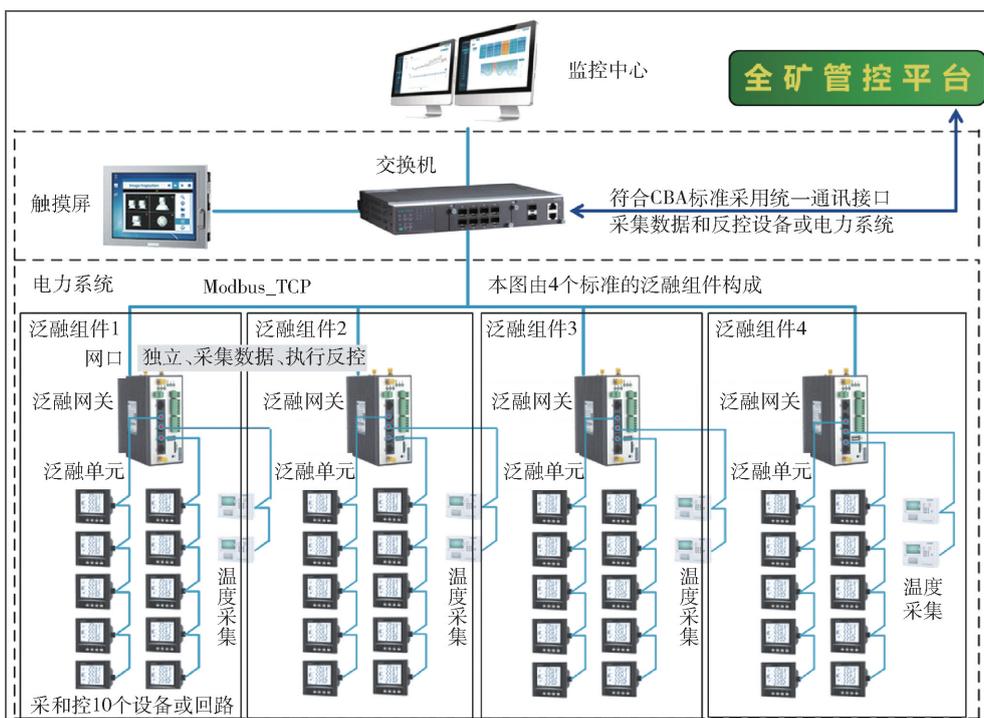


图3 泛融组件在管控平台中应用框图

Fig.3 Block diagram of Ubiquitous-Fusion components applied in the control management platform

图3中,泛融组件采集电气回路的数据可通过TCP/IP通讯协议与矿山管控平台进行传输;同时,矿山管控平台在安全通讯保障下可通过下达相应的控制指令至泛融组件对接入回路的电气设备进行相关的操作;同时,利用多泛融组件并联可将全矿接入回路的用电负荷快速便捷地构造全矿智能配电网,通过管控平台的负荷功率智能调度算法实现用电智能调度,节约能耗。

### 3.3 泛融组件的其他应用

泛融组件在矿山智能化中可提供更多应用。

1)全矿范围内的高压低压供配电系统的全面监控与远程遥控技术<sup>[4]</sup>,以确保供电系统的稳定运行和高效管理。

2)致力于全矿电能的精细化管控,以实现“双碳”目标<sup>[5]</sup>,为矿山的可持续发展贡献力量。

3)在全矿的按需通风系统中,可广泛应用局扇和通风构筑物,以确保矿井内空气质量,提升工作效率。

4)通过实现用电设备的精确过载保护功能,将有效降低设备损坏的风险,提升设备的使用寿命。

5)全面加强对小、散、轻设备的保护,例如全矿污水泵的智能保护系统,实现全面减人增效,提高矿山的经济效益。

6)为全矿的电气设备和用电设备提供详尽的设备管家数据,助力矿山管理者做出更明智的决策。

7)对于使用柴油机作为备用电源的矿山,将提

供快速电源切换解决方案,确保在紧急情况下能够及时恢复供电。

8) 确保全部矿山一类设备和安全设备的可靠和稳定供电,为矿山的安全生产提供坚实的保障。

9) 系统具备电气设备状态监测、预警、诊断及预防性维护功能,能够及时发现并解决潜在问题,保障设备的健康运行。

10) 在安全感知系统的支持下,可为全矿供电系统提供远程遥控支持,以应对重大安全事故,提高矿山的安全生产水平。

11) 在矿用有轨运输无人驾驶系统<sup>[6]</sup>中,可以为多个放矿设备提供简单有效的设备控制电力组件,通过泛融组件的应用,实现旧有放矿设备的快速智能化改造。

## 4 泛融技术在大规模矿用高低压柜设备更新中的应用

随着矿山智能化建设的不断推进以及国家政策的推动,大规模矿用高低压柜设备的更新将成为响应国家号召的一项重要任务。在这个过程中,泛融技术具有其独特的优势和价值。

### 4.1 泛融技术在设备更新中的应用

在矿用高低压柜设备更新中,泛融技术可以实现以下应用。

1) 提升高低压柜的智能监测:泛融组件可实时采集高低压柜内所接电气设备的运行状态数据,通过边缘智能分析,对电气设备状态进行实时监测和评估。这有助于及时发现设备故障和潜在问题,为设备的预防性维护和更换提供科学依据,创造出更智能的高低压柜。

2) 对电气设备智能控制与保护:泛融技术可实现高低压柜设备的智能控制和保护功能。通过集成在设备中的泛融组件,可实现对接入高低压柜的电气设备的远程控制、过载保护、短路保护等功能,提高设备的运行安全性和可靠性。

3) 数据共享与决策支持:泛融组件可将电气设备的实时数据通过网络共享给矿山管控平台,为矿山管理者提供全面的设备运行数据和分析报告。这有助于矿山管理者制订科学的设备更新计划和管理策略,提高矿山的整体运营效率和经济效益。

通过泛融技术的应用制作更为智能化的高低压柜,为大规模设备更新提供了一种新型更新技术路线。

### 4.2 泛融技术带来的优势

在矿用高低压柜设备更新中应用泛融技术,可以带来以下优势。

1) 提高设备更新实施效率:通过泛融技术的实时监测和评估功能,可及时发现设备故障和潜在问题,为设备的预防性维护和更换提供科学依据。这可以大幅提高设备更新的可行性和效率,减少因设备故障导致的生产损失。

2) 降低运营成本:泛融技术可以实现设备的智能控制和保护功能,减少因设备故障导致的维修和更换成本。同时,通过数据共享和决策支持功能,可以帮助矿山管理者制订科学的设备更新计划和管理策略,降低运营成本。

3) 提升矿山智能化水平:泛融技术的应用可以推动矿山智能化建设的发展。通过集成在设备中的泛融组件,可以实现设备的远程控制和智能管理,提高矿山的智能化水平和管理效率。

泛融技术在矿用高低压柜设备更新中的应用具有重要意义,其不仅为大规模设备更新提供了一种可实施性的技术支持,降低运营成本,还可以推动矿山智能化建设的发展,为矿山的可持续发展贡献力量。

## 5 结论

通过一种大规模矿用高低压柜设备更新技术——泛融技术,即借鉴电力物联网技术、边缘计算技术、总线通讯技术、控制技术、智能配电等融合技术,实现了电力系统按照 CBA 技术标准使用统一的通讯接口对外衔接,解决了“控制孤岛”和“数据烟筒”等矿山难题,为实现矿山生产系统、辅助系统和安全监测系统间智能决策和联动控制打下了坚实的基础。在国内矿山电力系统的更新换代中,泛融技术的引入与泛融设备的应用,不仅完美契合了国家对于设备更新的高标准严要求,同时也充分满足了国家对于新质生产力发展的期望与号召。这一更新技术不仅将推动矿山电力系统的绿色、安全、高效运行,更将推动矿山整体智能化建设水平的提升。

### 【参考文献】

- [1] 程天宇,李龙,林志强. 基于泛在电力物联网的智能安全监测系统设计[J]. 制造业自动化,2022,44(9): 202-206.
- [2] 张学东,谢兴全,李潮. PROFINET CBA 组件的应用实

- 现[J]. 信息与电子工程,2010,8(2):231-234.
- [3] 王天恩. 论广义智能进化[J]. 江汉论坛,2023(4):5-12.
- [4] 谷龙飞. 融合控制技术在地下矿山低压配电系统中的应用[C]//2018 矿业前沿与信息化智能化科技年会暨首届智能矿业国际论坛论文集. 2018:76-78,86.
- [5] 蒋静怡,郭子俊,崔子涵. 数字经济赋能能源领域实现双碳目标[J]. 价值工程,2023,42(12):165-168.
- [6] 黄金武. 无人驾驶电机车多车斗同步自动对位装矿技术研究与应用[J]. 有色设备,2023,37(6):61-65.

## An updating technology for large-scale mining high and low voltage cabinet equipment: Ubiquitous-Fusion technology

BAI Guanghui, WEI Yonglan, GUO Shuai, MA Wenli  
(China ENFI Engineering Co., Ltd., Beijing 100038, China)

**Abstract:** In this paper, in order to significantly improve the level of intelligent construction in domestic mines, we successfully propose an updated technology for large-scale mining high and low voltage cabinet equipment by drawing on power IoT technology, edge computing technology, bus communication technology, control technology, intelligent power distribution and other technologies after more than 10 years of concentrated research and development and engineering verification. The technology enables the power system to use a unified communication interface for external connection according to CBA technical standards, solving the problems of “control island” and “data chimney” in mines. It lays a solid foundation for intelligent decision-making and linkage control among production systems, auxiliary systems, and safety monitoring systems, and provides a feasible updating technology for the replacement of large-scale mining high and low voltage cabinet equipment for mining enterprises.

**Key words:** Ubiquitous-Fusion technology; Ubiquitous-Fusion unit; Ubiquitous-Fusion gateway; Ubiquitous-Fusion component; Generalized Intelligence; intelligent mining; IoT technology; high and low voltage cabinet

