

# 基于工业互联网平台的能源管理系统在铜冶炼行业的研究与应用

邓冰, 李惠, 吴霞

(广西金川有色金属有限公司, 广西 防城港 538000)

**[摘要]** 本文通过建立基于工业互联网平台的能源管理系统, 实现铜冶炼行业生产、能源数据之间的互联互通, 充分将信息共享和各种资源有效协同, 实现 IT、OT、CT 三者有效的深度融合, 带动企业的技术创新和管理模式变革, 构建精准、实时、高效的生产运行数据采集体系及能源管控体系, 达到资源优化配置, 降低综合能耗, 提高劳动生产率。

**[关键词]** 工业互联网平台; 能源管理系统; 铜冶炼行业

**[中图分类号]** TF811 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2023)03-0036-07

**DOI:**10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2023.03.007

## 0 前言

铜冶炼行业属于“两高”行业, 降低能源消耗是企业发展的需要, 能源管理系统是企业数字化转型一个重要节点, 是实现精细化、精准化管控的重要手段。广西金川公司作为有色冶金流程企业, 积极贯彻落实《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》加快发展工业互联网, 推动流程行业工业互联网平台建设和工业微服务与工业 APP 部署应用。

## 1 工业互联网平台

广西金川公司目前已建有铜冶炼工程 DCS、铜电解工程 PLC、硫酸工程 DCS、铜渣选矿工程 PLC 和总体规划工程 PLC 等自动化控制系统, 可以通过工业以太网和局域网络将各控制系统集成到能源管控系统中<sup>[1]</sup>, 实现数据采集、信息共享及过程集中调度和管控, 初步具备了工业互联网平台建设条件

和应用能力。已建成了以综合办公楼中心机房为核心节点, 化工厂、检测中心机房为汇聚节点, 各单位为接入层的三层网络交换架构。初步实现核心节点万兆互联、汇聚节点与用户千兆互联的通讯能力, 并与集团公司通过广域网数据专线实现局域网扩展直连。

根据公司发展需要, 为进一步促进节能减排、提高管理水平、增强企业竞争力, 建设升级覆盖企业全流程的能源管控中心。充分集成生产过程的能源相关数据和信息并通过集中监控, 对各类产、供能设备进行监控管理, 并对重要用能设备进行监视和管理。为能源管理和调度人员提供强大的生产事件追踪和分析的工具, 为公司能源决策提供重要依据<sup>[2]</sup>。

### 1.1 工业互联网平台总体架构

工业互联网平台的建设采用 IndPI@t 平台, 满足公司建设“企业云”的需求。IndPI@t 平台作为基于微服务架构的企业应用运行平台、基于模块化的开发平台、基于 API 开放的系统集成平台及统一管理的系统平台, IndPI@t 平台基于边缘微数据中心构建 IaaS 层<sup>[3]</sup>, 在此基础上部署工业 PaaS 平台来集成能源管理(EMS)信息化平台、制造执行系统(MES)信息化平台等各类管理信息化平台的工业 SaaS 应用(工业 Apps), 为企业提供全域范围的生产管理、设备管理、能源管理、仓储物流管理等的执行优化。项目总体架构图如图 1 所示、系统网络拓

**[收稿日期]** 2023-01-12

**[作者简介]** 邓冰(1983—), 男, 湖南祁东人, 电气工程师, 大学本科, 主要从事铜冶炼行业自动化及信息化相关工作, 现任广西金川有色金属有限公司设备管理中心副经理。

**[引用格式]** 邓冰, 李惠, 吴霞. 基于工业互联网平台的能源管理系统在铜冶炼行业的研究与应用[J]. 有色设备, 2023, 37(3):36-42.

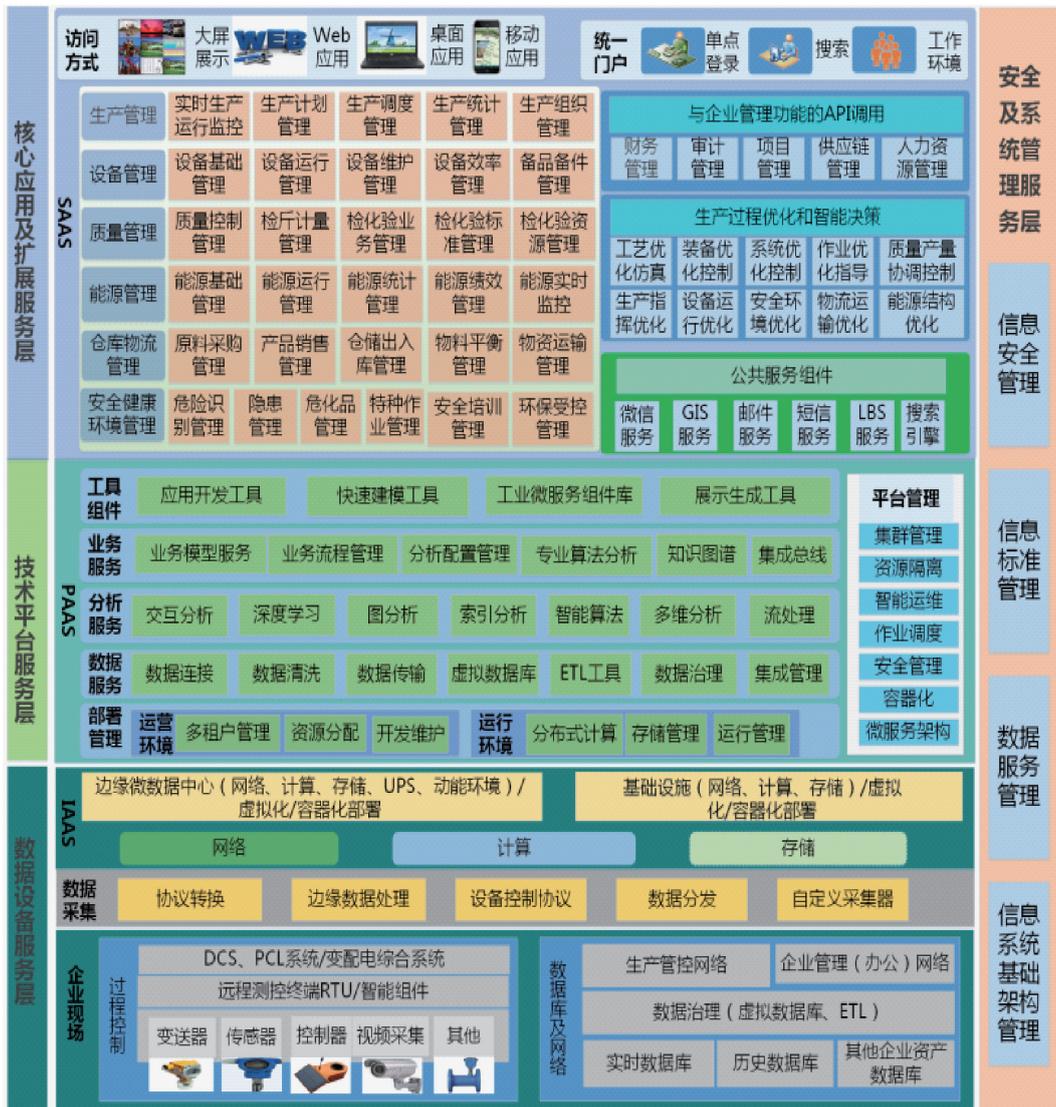


图 1 项目总体架构图

扑图如图 2 所示。

## 1.2 工业互联网平台建设内容

以项目总体规划设计为建设总体思路,以各类工业信息化系统及 APP 的需求调研为实施依据,完成工业互联网平台建设。

1) 构建基础设施服务 (IaaS) 平台。基于底层弹性云基础设施,以虚拟化技术为主要支撑,对平台的软硬件及虚拟机等各类资源进行服务化管理,并建成计算资源池和存储资源池,以满足灵活管理和高效利用资源的需要。同时 IaaS 平台提供资源虚拟化、动态规模扩展、自动化部署、负载管理、数据管理、性能故障管理、配置管理等服务。

2) 构建平台化技术服务 (PaaS) 平台。部署基

础技术引擎、服务资源库、应用支撑平台,实现 (IaaS) 和 (SaaS) 的中间层面统一。

3) 构建应用软件服务 (SaaS) 平台。重点建设能源管理 (EMS) 信息化平台、以及各类工业 APP,深化生产过程控制系统的功能开发和应用,完善过程控制自动化的缺项,在此基础上推动过程优化控制技术的应用,实现工艺优化、装置优化控制、全流程能源协调管控、产量质量协调优化等。

## 2 能源管理系统建设内容

广西金川公司能源管理系统是通过数采及监控、优化信息集成、模型处理、优化方案、方案执行和能效评价对能源进行管控,采集能源数据对企业生

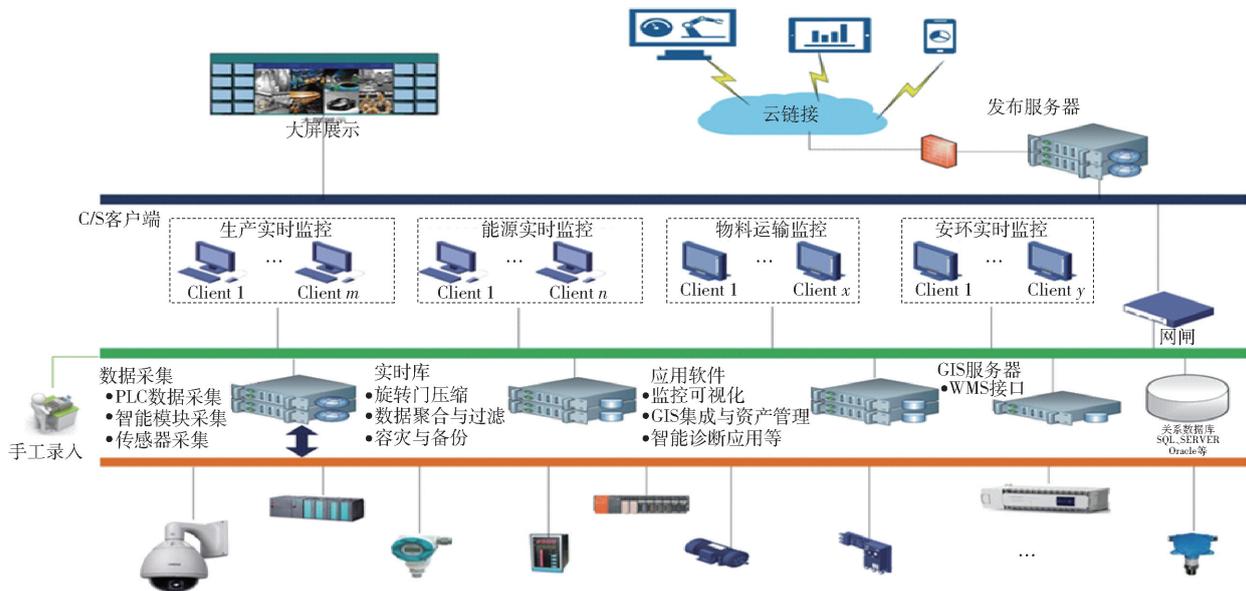


图 2 系统网络拓扑图

产与能源消耗进行定量分析,实时掌握企业能源采购、消耗和库存情况,对能源进行合理的计划分配和提供强大的生产事件追踪和分析的工具,为公司能源决策提供重要依据。

### 2.1 能源数据采集系统

能源数据采集覆盖能源管理功能需求,支持能源管理系统功能的完整实现。能源数据采集根据工艺或者公共辅助系统的自动化控制系统类型,主要采集以下几方面数据。

1) 从现场控制系统以在线方式采集获取的能源、生产数据,并为系统提供其所需的实时数据。

2) 通过离线方式输入能源管理系统的数,如定额、价格、资源量、生产数据等。

3) 从其它信息系统(生产管理、计量管理)获得的信息,如生产计划、产量实绩等(系统也提供人工录入后备方式)。

在线采集数据主要包括以下几方面。

1) 电力系统的开关状态、电度量、电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数等。

2) 风、水、蒸汽、天然气、重油、柴油、氧气、氮气等介质的流量、压力、温度等。

3) 重点能源设备的运行参数。

4) 主体工艺设备相关数据,如生产工艺的重点设备参数变化、生产状态、主要工艺指标、主要设备耗能数据等。

### 2.2 能源综合监控子系统

综合监控子系统由能源基础管理、数据采集管理、能源综合监控、事件故障管理和异常报警管理五部分组成。

能源基础管理通过基础数据配置管理、点位数据维护、能源折标系数、计量单位管理、能源成本维护、物料产品维护、计量器具管理、工厂模型管理等功能为整个能源管理系统打好坚实的结构和数据基础。

数据采集管理通过数据采集点维护、数据采集处理、数据归档与系统日志这些功能,达到对数据采集的集中管理和监测。

能源综合监控是对工厂的能源介质工艺流程和关键能源设备进行监控,对能源介质的发生量与耗用量、关键能源设备和重要能耗设备的运行状态进行实时在线显示和报警,若管网发生异常时,通过仪表数据反应或通过设置报警功能提示(如图 3 所示)。包括电力系统、天然气系统、水系统、蒸汽系统、氧氮系统、空压风系统、关键工艺系统、关键耗能设备,并实现了 3D 管网的实时展示。

事件故障管理主要是实现对事件顺序记录、故障记录和操作记录进行管理,包括发生的时间、地点、设备、严重程度、原因、处理结果等。同时,对事故预案进行管理,当事故发生时,将相应的处置预案呈现给相关人员进行事故处理。

异常报警管理实时显示当前报警,并可以查看

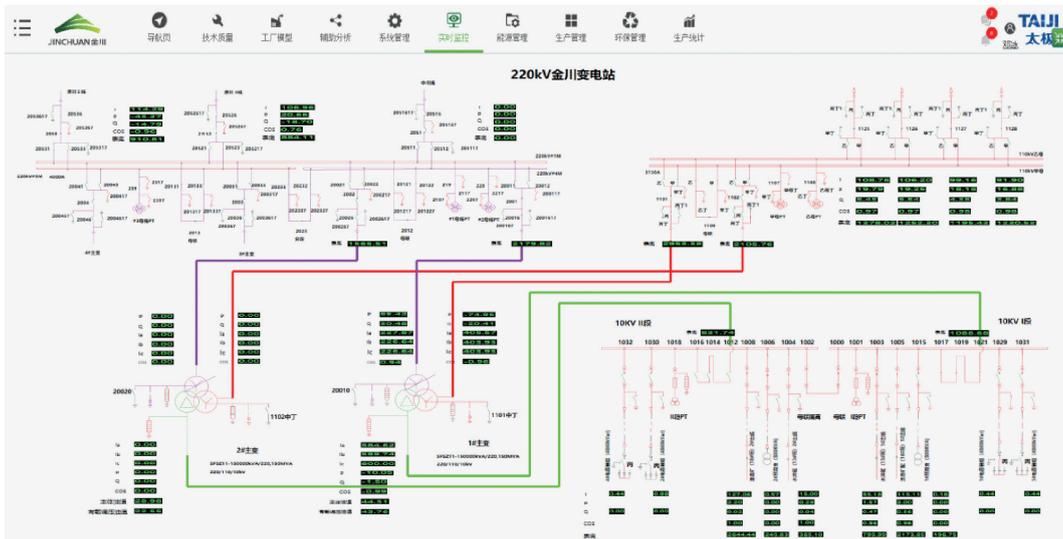


图3 电力负荷监控图

报警记录。对重要现场设备的故障信号、能源系统报警参数超限、与能源生产相关的重要生产单元运行状态变化、指标超限等进行报警,并提供相应的声音、画面闪光报警方式、报警复归手段。

### 2.3 能源管控子系统

能源管控子系统主要对公司的能源计划、绩效、重点用能设备、能源质量进行集中管控,对各能源进行统计和分析,实现全厂能源数据的统筹管理,依据全厂能效策略,设定最优控制目标。

#### 2.3.1 能源计划管理

根据生产经营计划和系统中能源消耗的历史数据,进行加权平均计算各类能源的单耗指标,依据单耗指标编制年度能源计划,并按照厂、工序分解各种能源的月度计划,最后生成计划报表,包括能源供给计划、能源消耗计划、能源指标计划及平衡计划。

#### 2.3.2 能源绩效管理

基于对各能源介质消耗数据的采集和统计,按能源介质分类采集记录能源的产生、消耗、亏损量,对采集数据的正确性进行判断,对汇总数据进行平衡修正,并实现各工序的能源消耗实绩分解和汇总以及与指标数据之间的差异量,形成考核报表。

提供各种数据查询功能,查询结果可以打印输出,也可以导入 Excel 文件。

#### 2.3.3 重点用能设备管理

熔炼炉、吹炼炉、电解槽、倾动炉、铜立磨、空压机、空气风机、二氧化硫风机、半自磨机、球磨机等重点用能设备,实现重点设备信息管理、设备用能信息

维护、设备用能情况分析和重点用能设备能耗分析。

重点设备信息管理,包含设备静态信息和动态信息,包括查询、添加、修改、作废、恢复、详细功能,支持多种查询方式,用户可按照设备类型、设备名称、状态查询。

设备用能分析是通过调取设备运行参数和设备历史故障原因等对设备的运行效率、故障率、KPI 指标等方面对设备进行评价,可以直观的得出设备运行的性能指标。

建立重点用能设备的能效分析模型,根据计算结果进行用能设备的效率分析,为主要用能设备提供运行指导,给出运行模式优化的方案,从而降低能源成本。

#### 2.3.4 能源质量管理

能源介质的质量分析管理,包括能源介质质量标准管理、数据统计分析、质量指标跟踪分析等。

天然气、蒸汽、氧气、氮气、压缩空气等能源介质的实时状态数据均可以从现场仪表、DCS 系统采集和应用。介质纯度、成分等数据从检化验系统通过接口程序采集到能源管理系统。流量、压力、温度等瞬时值,可直接从数据库中抓取数据,如图 4 所示。

#### 2.3.5 能源报表及平衡管理

能源统计报表管理主要实现对能源系统的计量与管理统计数据,经必要的计算处理后,系统按指定格式、时间自动或手动进行报表的输出。以图形、图表、表格等方式支持各级管理人员准确和清晰地掌握整个系统的各环节的计量信息。同时为了方便报

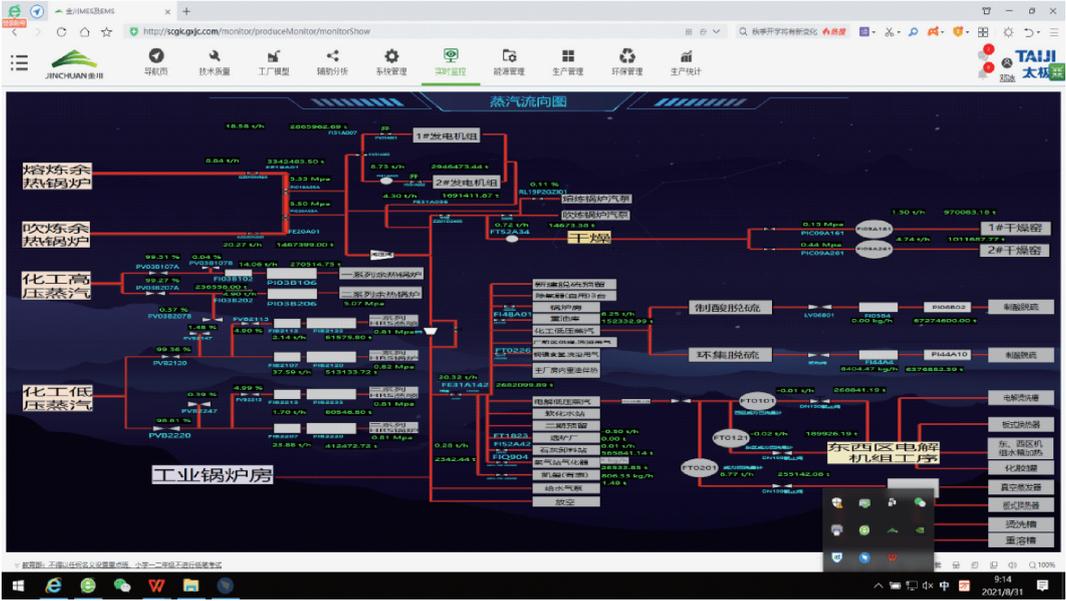


图 4 蒸汽过程控制图

表应用,该模块提供报表的导出功能,图形、图表、表格,均可导出为 Microsoft Excel、Word、CSV、PDF、XML 等多种文档格式。

基于全厂能源数据及与能源相关的生产数据,为企业各级部门提供能源相关报表,包括能源原始数据报表及累计报表、能源平衡后数据报表及累计报表、能耗指标报表、能源消耗报表(如图 5 所示)等。

报表数据将基于在线采集能源购入贮存、加工转换、输送分配和最终使用四个环节的基础数据及

生产实时数据,实现日统计、月统计和年统计,最终快速实现各类定制的分析报表制作,提升整体工作效率。

实现按年、季度、月、周、日和班组统计用能单位总能耗、产品单耗、工序能耗及单耗,并统计各种能源介质消耗量及所占比例。

利用多级计量体系规划模型,根据用能单元的定义和结合能源管理、考核、结算的要求,将公司分为多级用能单元对象。在用能单元基础上确定每个用能单元的各种能源介质投入量、供出量的计量点;

电量平衡表(动力)

2021-01-26 07 至 2021-02-26 07

相号	名称	容量	倍率	上期表底		本期表底		本期电量 (kWh)	分柜分摊电量	
				有功	无功	有功	无功			
金川站1005	渣选10kv站1#进线		8000.00	1992.46	622.95	2020.37	632.98	2232802.73		
金川站1008	渣选10kv站2#进线		8000.00	2430.32	380.61	2465.50	386.37	2814414.06		
1804	来自金川站1008柜		32000.00	6081.54	905.42	6169.61	919.49	2618234.38		
1806	2#所变	50kVA	20.00	3126.80		3129.85		61.00	61.22	
1810	溢流型球磨机	4600kW	10000.00	13935.62		14149.86		2142392.58	2150035.48	
1812	2#磨浮车间变	2500kVA	4000.00	9213.78		9341.59		511238.28	513062.10	
1814	2#尾矿脱水车间变	1000kVA	2000.00	3156.60		3195.54		77890.37	78158.21	
1816	2#粗碎车间变	630kVA	2000.00	948.80		960.38		23160.03	23242.65	
1815	3#鼓风机	450kW	2000.00	3615.19		3615.41		439.94	441.51	
1820	2#精矿脱水车间变	800kVA	2000.00	2465.14		2496.73		69180.18	69405.67	
1801	1#所变	50kVA	20.00	8341.01		8410.63		1392.40	1397.37	
1805	来自金川站1005柜		32000.00	5000.98	1557.44	5071.04	1582.24	2241921.88		
1807	溢式半自磨机	3600kW	8000.00	12012.31		12173.02		1325679.69	1330409.00	
1809	1#磨浮车间变	2500kVA	4000.00	8385.33		8497.80		449878.91	451483.84	
1811	1#尾矿脱水车间变	1000kVA	2000.00	1589.58		1615.39		51620.12	51804.27	
1813	1#粗碎车间变	630kVA	2000.00	1205.07		1219.34		28540.04	28641.86	
1815	1#鼓风机	450kW	2000.00	2565.62		2565.62		0.00	0.00	
1817	2#鼓风机	450kW	2000.00	1662.49		1768.59		212800.05	213559.21	
1819	立式磨	932kW	2000.00	2876.56		2923.63		94140.14	94475.96	
1821	1#精矿脱水车间变	800kVA	2000.00	2762.99		2799.22		72459.96	72718.46	
1823	渣选场变	315kVA	2000.00	147.81		149.34		3060.00	3070.92	
合计	总有功电量:	5047216.79	总无功电量:	1263200.00	负荷总电量:	5057923.69	平均功率因数:	0.97	分厂实际电量:	5057923.69
备注	实际电量为该分厂分柜电量之和。				购电分摊电量:		5075967.63			

图 5 电力系统月报表

主物料投入量、主产品产量的计量点,由此得出计量点清单。

能源平衡分析基于物料平衡和热平衡,根据选定的分析范围和指定时间内的历史数据进行能量平衡分析,对公司、分厂、重点设备的能量的使用及耗能情况进行整体分析,揭示公司、分厂、重点设备不同层次每月的能源消耗情况及消耗趋势。能源平衡表可按能源介质形成单项(单一品种)平衡表、综合能源平衡表;按不同计量单位形成实物量能源平衡表和标准量能源平衡表。

### 2.3.6 能源统计分析

按照能源介质对能源进行统计分析;配合能源管理、能源消费结构进行能源供需、能源实绩与计划比较分析;按设定的统计分析条件处理历史数据。

能耗对标分析利用用能单位能源消耗数据仓库,对用能单位每阶段的用能情况进行分析,将用能单位每阶段的电耗、油耗、汽耗、水耗作成曲线图,分析走势,归纳总结。

对企业的能耗指标进行多角度比对分析,与国家标准、企业标准进行对比、限额和节能目标对比。当对标出现问题的时候,查找异常点(偏高或偏低),可迅速分析判断能耗变化趋势及原因,便于管理者挖掘节能潜力,找到节能管理的关键所在。

### 2.3.7 能源运行支持

能源运行支持主要实现能源日常管理(用能申请、停复役、运行支持管理等)和能源调度日志记录管理,包含对能源的调度管理。

能源调度管理主要实现管理协调下达各种调度指令,监控生产过程中关键用能设备和能源流程,及时处理能源生产和使用过程中的各种问题,监控各种能源介质的质量,实现交接班日志的电子化。根据实际生产情况及时生成调度信息、报表、调度日志以及分析图表,以协助能源调度管理。

1) 实时状态预警:关键参数监控,记录超标情况,提示给岗位人员,将出现的偏差记录库中。岗位人员要对较大偏差输入偏差原因,异常原因能与异常指标同画面显示授权用户查看。

2) 关键参数分析,提供时间趋势图、指标可视化图,时间内平均值、平稳率、偏差、超标等分析数据及展示。

3) 事故报警处理:系统自动记录所有异常报警信息位置、超限值、超限类型、时间,对监控信息异常

报警提示。

4) 实时监视调度指令的执行结果,与调度指令设定的目标值比较,实现操作监控。

5) 对能源计划执行情况进行监控,管理协调下达各种能源指标,并对能源计划进行调整,及时处理用能过程中的各种问题。

6) 生成当班班组信息,进行电子化交接班管理。

## 2.4 信息发布管理

根据各领导、部门和厂工作需求建立信息发布和推送机制,各业务流程中的报警信息同样需要及时发布。需要发布或推送的信息在 PC 端以 WEB 访问、在移动端以工业 APP 方式访问。

广西金川公司通过系统集成建立了独立的能源管控调度指挥中心,为公司能源协调调度提供了集中化、统一化、可视化的现代化综合调度指挥中心。

## 2.5 系统管理

本模块的用户对象主要为系统运行管理员及相关业务部门系统业务管理员,涉及系统业务主数据的维护、组织结构的配置、用户基本信息配置、用户角色的配置、用户操作权限的配置、系统业务流程的配置等。

实现系统自身的管理,包括基础代码维护、授权管理、系统监控管理及通信管理、相关文件维护等,方便系统的使用与维护。

## 3 应用效果

广西金川公司基于工业互联网平台的能源管理系统建成后,可实现企业能源管理(EMS)信息化平台、工业应用 APP 的统一集成,实现各种资源有效协同,实现信息化技术与现代工业技术深度融合,带动企业的技术创新和管理组织模式变革,构建精准、实时、高效的生产运行数据采集体系及生产信息管理体系,实现资源优化配置,提高劳动生产率(图 6 能源驾驶仓)。

基于工业互联网平台的能源管理系统在广西金川公司的应用过程中实现了以下目标。

1) 提高各类能源的使用效率,实现各类能源介质的优化调控,促进节能降耗。

2) 各级管理人员可以更全面地了解能源系统,提高能源管理水平。

3) 及时发现能源系统故障,加快故障处理速



图 6 能源驾驶舱

度,使能源系统更安全。

4)使能源系统的运行监视、操作控制、数据查询、信息管理实现图形化、直观化和定量化。

5)结合生产计划预测能源的使用情况,合理安排生产,减少能源浪费,保护环境。

通过工业互联网平台项目建设,大幅提升了企业的整体竞争力和知名度,为企业的长远发展提供强有力的技术支撑。

[参考文献]

[1] 邵帅,王俊,吴望安. 施耐德电气短期能源预测在冶金企业能源管理系统中的应用[J]. 工业技术创新,2014(3):320-324.

[2] 王鼎,方喆. 能源中心在宝钢能源生产中的作用和发展趋势[J]. 中国冶金,2005(1):21-23.

[3] 彭俊松. 智慧企业工业互联网平台开发与创新[M]. 北京:机械工业出版社,2019.

## Research and Application of Energy Management System Based on Industrial Internet Platform in Copper Smelting Industry

DENG Bing, LI Hui, WU Xia

**Abstract:** By establishing an energy management system based on industrial Internet platform, this paper realizes the interconnection between production data and energy data of copper smelting industry, fully realizes information sharing and effective coordination of various resources, realizes the effective deep integration of IT, OT and CT, drives the technological innovation and management mode reform of enterprises, and build an accurate, real-time efficient production and operation data collection system and energy management system which realize the optimal allocation of resources, reducing comprehensive energy consumption and improving labor productivity.

**Key words:** industrial internet platform; energy management system; copper smelting industry

