



----融合互联 智慧冶炼

江铜集团贵溪冶炼厂(以下简称贵冶)是位于江西省鹰潭市,是中国第一家采用世界先进闪速熔炼技术、高浓度二氧化硫转化制酸技术、倾动炉、卡尔多炉杂铜冶炼技术和 ISA(艾萨法)电解精炼技术的现代化炼铜工厂,年产阴极铜百万吨以上,是中国最大的铜、硫化工、稀贵金属产品生产基地,也是世界首个单厂阴极铜产量超百万吨的炼铜工厂。职工人数 3200 人,占地面积 3500 亩。

一、项目概况

1. 项目背景

贵溪冶炼厂是目前世界上最大的单体铜冶炼工厂,经过 30 余年的发展,贵冶多项技术经济指标位居世界前列,管理技术水平处于行业领先地位。但我们也看到,在公司“巩固冶炼”战略要求下,贵冶基本不会进一步扩大产能,主体工艺技术也不大可能进行重大革新,进一步发展面临着原材料、人力资源等生产成本的上升;资源环境承载能力接近上限,环境约束进一步增强;自主创新能力亟待提高等一系列问题。

贵冶未来的进一步发展需要深挖内潜,在生产管理的精益化、自动化、标准化上下功夫,站在全流程的角度进行更多工序的集成优化和协同运作,最大限度的发挥工厂的潜力。以物联网、大数据、云计算为代表的新一代信息通信技术与工业的融合创新发展,以及以智能化、网络化、自动化为核心特征的智能工厂模

式正在成为产业发展和变革的重要方向，是实现工厂转型升级、提质增效、绿色发展的重要途径和支撑。基于上述背景，贵冶与用友网络合作启动“铜冶炼智能工厂”项目。

2. 项目简介

在大数据、物联网、云计算、移动互联网、人工智能等新技术的支撑下，在中国制造 2025 的政策指导下，推进贵冶“两化”深度融合。以智能装备为前提、以智能熔炼为重点、以智能监控和异常智能预警及智能分析决策为重要手段；在“生产管理、质检管理、供应链管理、设备管理、能源管理、安环管理、辅助决策”七大业务领域，实现生产装备自动化、公共服务平台化、生产过程透明化、能源管理精细化、质检管理标准化、设备管理科学化、安全环保数据化、供应管理高效化、辅助决策可视化等 9 大特征的智能工厂建设。通过感知、监测、控制、整合、协同等方式，使各工序信息实体连接和融合的更紧密，进而实现转型升级、提质增效，打造智能高效、节能环保，具有铜冶炼特色的智能工厂，实现全面的精细化、精准化、自动化的管理控制。

3. 项目目标

打造中国首家铜冶炼智能工厂，包括生产管理、供应链管理、设备管理、能源管理、安环管理、辅助决策。

- 构建智能工厂系统，打造集中集成一体化的信息系统平台，消除信息孤岛；
- 建设 IT 支撑平台及配套设施，实现工厂网络全覆盖，达到“数据不落地”传输，实现资源大共享；
- 充分利用大数据、人工智能技术，实现关键工序智能化、关键岗位机器人替代，完成自动化提升及智能装备试点实施，提高劳动生产率。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容

贵冶智能工厂基于用友精智工业互联网平台搭建，系统整体架构如下：



图 1 贵冶智能工厂整体架构

采集层：包括 DCS/PLC/WMS，通过各种通讯手段接入各种控制系统、数字化产品和设备、物料等，采集海量数据，实现数据向平台的汇集。

数据层：包括关系数据库和实时数据库，业务数据保存在关系数据库中，物联网数据保存在实时数据库中。

技术平台：是用最新一代的 iUAP 平台，包括主数据、流程引擎、应用服务器、开发框架（移动/前端/服务端）、消息服务、调度服务等。

应用层：主要包括指标管理、生产计划、调度协同、工艺巡检、智能监视、安环管理、能源管理、作业管理、金属平衡、异常管理、质检管理、设备管理、物料管理、汽运管理、铁运管理等。

2. 网络部署方案

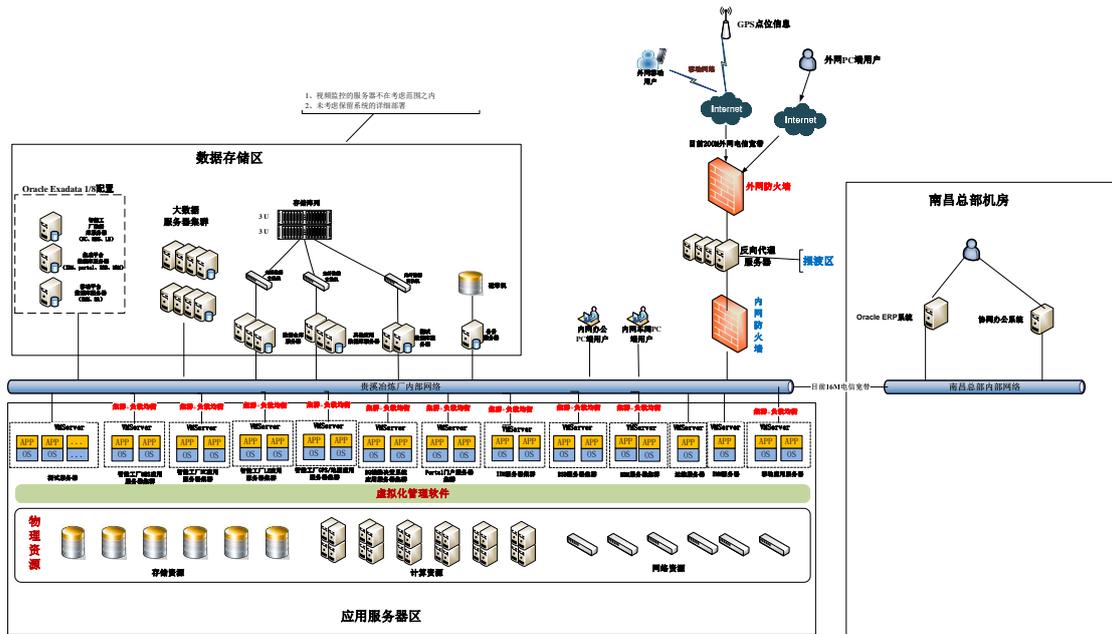


图 2 贵冶应用网络部署方案

3. 关键应用

关键应用一：智能物联

智能物联的范围包括：控制系统实时数据、质检设备数据、电子秤计量数据、汽车 GPS 数据、巡检数据、现场作业数据、调度指令及作业指令数据、视频数据等。

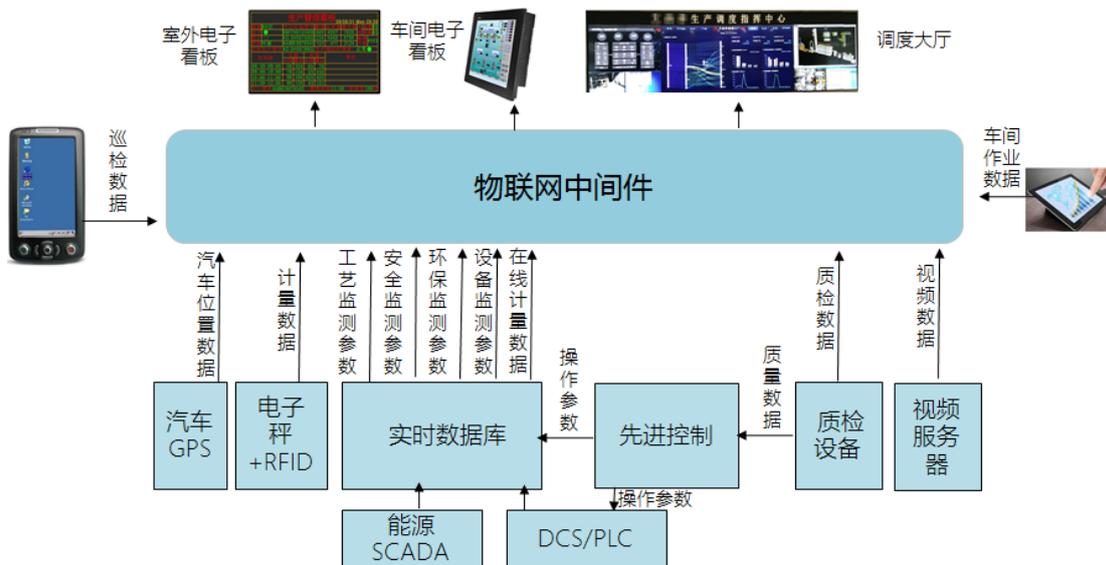


图 3 智能物联

- 系统支持从 PI 实时数据库获取实时数据；
- 系统支持将视频数据集集成到系统中的多种显示终端显示；

- 进厂汽车发 GPS 定位设备，实现汽车行驶轨迹的实时监视和预警；
- 原料和中间产品、产品通过电子秤（地磅或台秤）计量，智能工厂系统从电子秤获取数据；
- 不同质检设备，有不同的接口协议，支持这些不同协议的数据转换；
- 专属接口定制不同类型的。

关键应用二：智慧监视——实现全厂综合调度指挥

通过综合调度指挥平台实现厂级的综合调度指挥能力，实时多角度监视全厂的生产、安环、能源、设备、供应链和厂级重点经济指标运行状况，尤其针对各种异常的监视、分析与处置，发挥综合调度的优势针对问题多部门现场联动分析与处置。



图 4 智能监视

关键应用三：智慧调度——流程行业高效协同

基于熔炼装备的自动化、数字化和网络化，构建智能化生产作业的熔炼系统。通过系统实时反馈作业状态，实现生产作业指令自动化，智能计算熔炼作业的物耗能耗，精准判断熔炼作业终点，实现熔炼系统全程智能化控制。



图 5 智慧调度

系统的核心包括：1) 熔炼节奏智能控制；2) 行车智能调度；3) 铜酸协同联络；4) 闪速炉智能控制（数字控制、协同作业、智能调节）；5) 转炉智能吹炼（精准投料、终点预测、数字控制）；6) 阳极炉智能精炼（终点预测、用能平衡、数字控制）。

关键应用四：智能物流

智能物流以贵溪冶炼厂这一生产主体为核心，以满足生产及经营需要为前提，管理包括铁路运输、汽车运输等物流业务各环节的管理应用。



图 6 智能物流

通过智能物流管理实现如下应用效果：

- 铁运资源优化提升：实现铁运全过程环节高效沟通与协同，缩短车辆驻厂时间，节约运力，加快物流周转；
- 汽运过程智能管控：通过人机监控、业务闭环，及时发现并阻止汽车违规行驶、货运作弊情况；
- 无人值守减员增效：软硬件结合优化汽车衡计量工作，自动采集磅秤

数据，提高计量时效与精度，减轻司磅工作；

- 过程物料规范管理：实现全厂中间物料转运工作程序规范、作业高效、过程透明、数据精准，为生产上下游环节做好衔接服务；
- 材料备件供需统筹：实现全厂材料备件的供需平衡与统筹，减少呆滞与浪费；
- 购销存运均衡闭环：通过系统应用与信息集成，实现全厂供应链物料采购入厂、销售出厂、仓储作业、运输计量的完整闭环操作，数据共享，业务管控，过程透明，帮助企业均衡管理物资供应与生产需求，减少资金积压。

关键应用五：智能配料

通过智能配料，对不同品质的铜精矿合理搭配使用，保障产出质量稳定。库存质量发生重大变化时，主动提醒，实现配料业务主动安全。实现配料执行的对比分析，优化配料控制指标。



图 7 智能配料

智能配料系统记录配料相关的各种约束（约束条件在使用过程中进行迭代优化），动态调用最新原料的存量和元素含量，由智能算法进行原料的投入配比规划输出。

关键应用六：能源优化调度

基于企业设备、工艺明确的运行策略，通过对生产运行情况持续跟踪监视，辅助企业调度优化运行方案，帮助企业优化用能、回收利用、提高能效、节约成本等。包括：

- 总降压主变运行台数优化
- 总降压主变运行负荷优化
- 透平发电机组低压透平投运停运优化

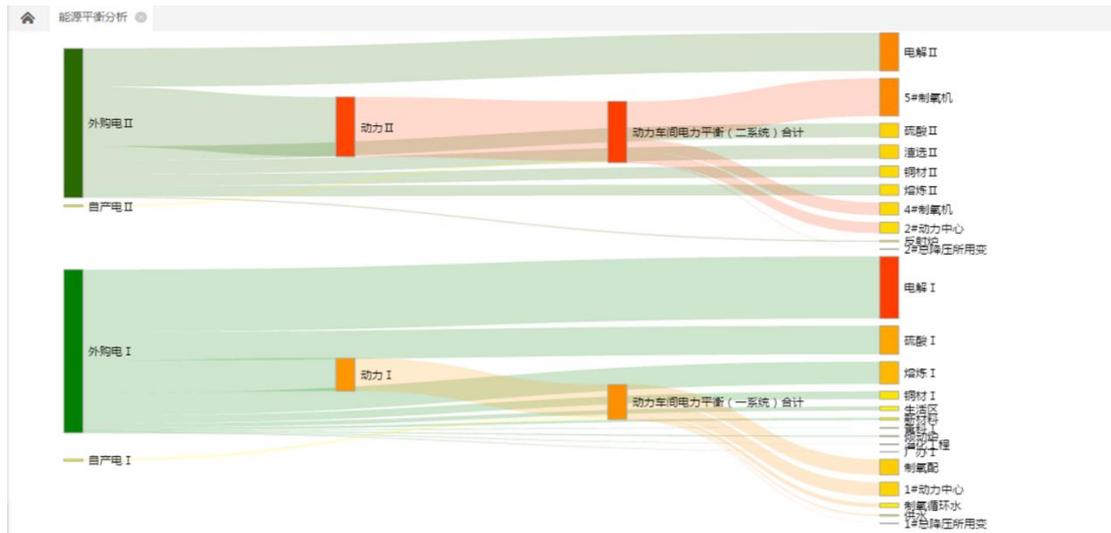


图 8 能源平衡优化

能源管理系统是智能工厂重要组成部分，通过对能源计量信息汇总平衡及计划预测数据的管理，实现企业能源运行状况、指标执行等的监视，及时发现异常、处理异常，优化能源运行调度，满足企业稳定生产提供能源保障及能源高效利用。同时，利用数据分析手段进行数据挖掘，追踪能耗影响因素，为工艺改善提供数据支撑。

关键应用七：熔炼时序节奏管理

根据熔炼作业数据自动按熔炉组实时状态形成节奏时序图，提升整个熔炼系统调度指挥管理的智能化水平，以信息共享、过程可控、科学预判为重心，构建闪速炉、转炉、阳极炉的生产管控的智能化支撑，共享三大炉完整的作业进度，及时、准确调整作业要求，实现作业预期判断和产品质量最优控制。

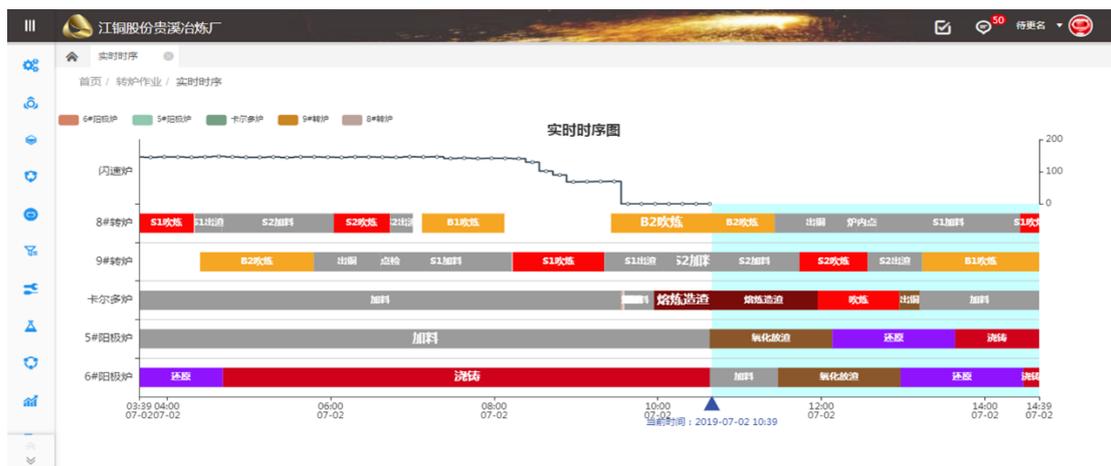


图 9 熔炼时序

4. 安全及可靠性

用友 iUAP 企业互联网开放平台承载着企业关键业务的运行，其安全性是实现服务价值的基本保障。在企业环境中，安全体系建设应该全面考虑应用安全、基础架构安全、业务安全、安全管理、安全合规等多个方面，其中应用安全是整个保障的核心。iUAP 技术平台中的安全组件及框架为应用安全架构提供了完整的解决方案，为整个安全体系建设提供必要的支撑。

4.1 安全组件及框架

iUAP 技术平台安全组件主要包括几个部分的内容：用户认证鉴权组件、服务认证鉴权组件、安全日志组件、安全编码框架、安全加解密框架。

在这些组件及框架的基础上，应用开发可以快速实现包括身份鉴别、访问控制、会话安全、数据安全、安全日志、服务安全、编码安全、安全审计等应用所需的基础安全能力。

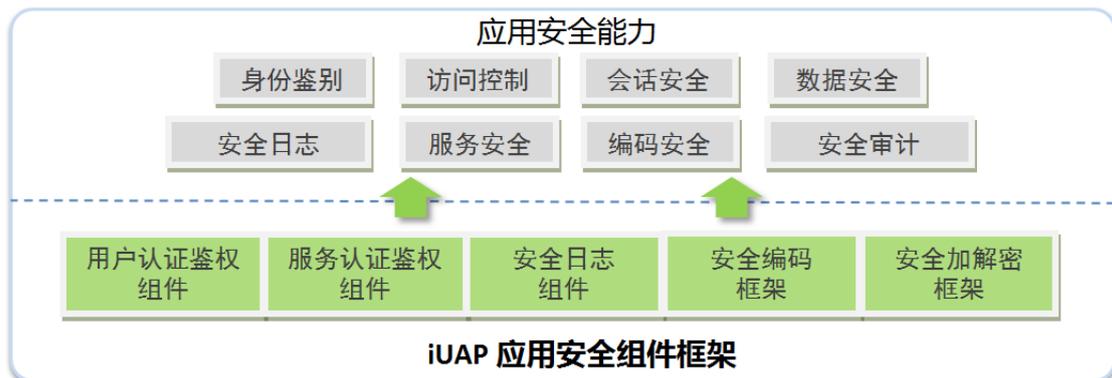


图 10 应用安全组件框架

4.2 智能工厂应用软件应用安全

应用系统的安全体现在：

- 用户、权限控制
- 数据权限控制
- 提供对在线用户的监控，记录用户操作日志，可追溯、分析、查询、统计。
- 服务器性能监控及预警

4.3 移动应用安全机制

考虑到移动应用需要在贵冶厂外使用，为应对移动化面临的安全风险，建议采用用友移动应用平台提供覆盖端到端的安全机制，具体如下：

- 通过两道防火墙，将企业的内部网络隔离为内网区、摆渡区，摆渡区中设置反向代理服务器；
- 外网移动用户无法直接访问部署内网区的移动应用服务器，需要通过部署在摆渡区的反向代理服务器，再经过内网防火墙过滤，方能访问移动应用服务器；

4.4 实时数据采集安全机制

实时数据采集有数据采集专网，数据采集专网采集数据到实时数据库。智能工厂软件从实时数据库读取数据，不主动写数据到实时数据库。只允许智能工厂应用服务器访问实时数据库，不允许其他服务器访问。

4.5 数据应用安全机制

在数据应用时要考虑数据应用的安全，数据应用安全体现在：

- 数据权限控制，不同的岗位的人员可以查看不同的数据
- 监视画面或大屏幕展示上的数据需要在组态时考虑数据安全性，保密数据或敏感数据要绘制在专用画面上，与普通画面分隔开，再控制画面的权限，避免不同非授权人员看到敏感数据。
 - 环保数据，安环数据，需要在后期配置数据时有安环部把关控制
 - 质检数据展示时需要有质量计量部把关控制
 - 金属平衡等方面的数据需要有计划部把关控制

4.6 网络安全

安全域：采用物理墙实现各功能区的安全隔离，保障各功能区的安全性（生产数据库区、生产应用区和开发测试区）。

网络安全防护：采用虚拟防火墙技术增强功能区内部即云内应用间的隔离和访问控制。

网络安全监控：通过部署 IPS 等监控设备，提升对威胁的感知能力。

应用安全漏洞防护：通过 WEB 防火墙及入侵防御系统实现应用系统的 WEB 防护及入侵检测与防御。通过应用安全检测，发现应用安全开发或者部署漏洞。

系统前端的网络可靠性靠网络冗余来防止网络中断系统异常。

4.7 主机安全

系统后台服务器，远程在线热备方式防止主机停机给系统应用带来影响。

同时，系统基于内部专属云部署，硬盘，内存等硬件资源靠专属云保障系统的稳定可靠性。

三、下一步实施计划

完善一期：用好系统、维护好装备，坚持先固化再优化的原则，把一期建设的效果充分发挥出来。

规划二期：大数据的深化应用、打造 1-2 个具有行业代表性的数字化车间、自动化装备的推广应用。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

将 GIS 技术与汽车行驶轨迹，能源管网管理相融合，数字化可视化管理实物位置，危险发生时可以实现实时定位。

以工业 APP 的方式将配料相关的各种约束，动态调用最新原料的存量和元素含量，最优计算等固化在程序中，实现了工业知识的程序化沉淀。

基于神经网络优化算法，预测转炉吹炼终点，精准指导排渣、排铜等运输工具的安排。

采用云原生架构（微服务、容器云、DevOps、敏捷研发团队）保障项目技术领先性。

2. 实施效果

通过本项目实施，实现如下成果：

- 大数据应用
 - ~10 万点/秒实时数据集
- >多种类型的物联
 - DCS/PLC/能源 SCADA

- 电子秤/天车
 - 质检设备
 - GIS 数据
 - PDA/电子看板
 - 仓库条码/……
- 生产效率、管控能力、分析判断水平大幅提高。

(1) 实时时序预测监控，提高生产率，降低能耗，提供产品合格率

根据熔炼作业数据自动按熔炉组实时状态形成节奏时序图，提升整个熔炼系统调度指挥管理的智能化水平，以信息共享、过程可控、科学预判为重心，构建闪速炉、转炉、阳极炉的生产管控的智能化支撑，共享三大炉完整的作业进度，及时、准确调整作业要求，实现作业预期判断和产品质量最优控制。

(2) 选矿缓冷场综合管理，提高效率减少故障

选矿车间缓冷场模块实现渣包缓冷作业管理无纸化，信息共享化，作业可视化。现在缓冷场数据统计分析方便快捷，有效降低现场人员统计时间 1 小时，降低统计错误率 100%；缓冷作业提醒与熔炼车间协同更便捷，实现熔炼车间对出炉的炉渣进行线上全过程监控，提高炉渣利用率。

(3) 生产管理无纸化数字化，实时掌控现场

现场实际应用逐步实现无纸化，其中选矿车间、硫酸车间、倾动炉车间现场已完全实现无纸化办公。交接班记录电子化后使管理者实时快捷掌握了解现场情况，辅助管理者做出正确抉择。