

应用大数据平台建设鞍钢智慧高炉

车玉满^{1,2}, 郭天永^{1,2}, 姜喆^{1,2}, 费静^{1,2}, 邵思维^{1,2}

(1. 海洋装备用金属材料及其应用国家重点实验室, 辽宁鞍山 114009;
2. 鞍钢集团钢铁研究院, 辽宁鞍山 114009)

摘要: 鞍钢大数据中心已经投入运行, 打造大数据中心和数据平台。为实现以高炉为中心智慧制造与管理模式, 充分利用工业物联网、边缘计算、云存储、云计算等技术, 充分利用大数据分析和挖掘、多维综合计算分析, 提高对高炉冶炼过程规律的认识和一些特殊现象解析, 让高炉冶炼实现从“黑盒子”向“透明盒子”的可视化突破, 让“经验炼铁”变成“智慧高炉”。

关键词: 高炉; 大数据平台; 可视化; 智慧化

鞍钢高炉已经完成大型化、现代化改造, 大量信息技术已在高炉工序得到推广与应用, 但是由于高炉工序复杂性, 很多数据没有得到有效整合, 没有经过分析和加工转化为更有价值的信息, 高炉操作与管理依然过渡依靠操作者经验。利用物联网、大数据、云计算等技术实现大数据融合, 打破信息孤岛。对高炉及其附属工序检测数据统一采集、存储及预处理, 结合高炉冶炼机理、大数据分析, 开发与应用高炉数学模型, 提升高炉生产、管理整体信息化、智能化水平, 让高炉冶炼实现从“黑盒子”向“透明盒子”的数据可视化突破, 让“经验炼铁”变成“智慧高炉”^[1]。

1 鞍钢发展智慧高炉目的

充分结合工业互联网体系架构设计方法与国内外实践路径, 有效整合高炉各工序数据, 实现高炉及附属工序数据的泛在连接, 构建企业统一的数据治理和智慧高炉大数据和知识共享服务平台, 并在此基础上提供支撑高炉数字化和智能化生产运行模式。

鞍山钢铁集团公司共有 11 座高炉, 其中鞍山本部有 8 座高炉、鲅鱼圈分公司有 2 座高炉、朝阳钢铁公司有 1 座高炉。从 2020 年开始, 鞍山钢铁规划推进智能制造的总体路径, 炼铁总厂以工艺、装备为核心, 以数据为基础, 依托高炉主体工序和附属工序等载体, 构建虚实融合、动态优化、安全高效、绿色低碳的智能制造系统, 推动炼铁总厂实现数字化转型、网络化协同, 打造操作集控、智能作业、远程点检的智慧铁厂。2022 年 4 月初, 鞍钢股份炼铁集控中心投入运行, 目前 1 高炉、2 高炉、3 高炉、4 高炉、5 高炉、10 高炉已进入在线运行阶段, 完成了 6 个系统, 39 个站、所、室的集中控制, 集成数据点约 64000 点, 初步实现集控功能, 已经能够为项目开展提供基础数据。

2 鞍钢智慧高炉建设过程

2.1 高炉生产全流程数据融合, 构建智慧高炉大数据共享平台

完善高炉本体分析检测设备, 采集炼铁集控系统、铁区数采系统、铁区动态管控系统中高炉冶炼过程中的生产数据、工艺数据、设备数据、成本数据、化检验数据, 通过异构数据源整合、清洗, 加载到智慧高炉大数据共享平台中, 包含原有包括高炉长寿系统等各子系统中已建设的数据库或模型。平台进一步通过规范数据标准, 剔除异常工况数据, 建立统一源数据和主数据管理等手段, 实现数据的持续治理, 同时为各类智能应用提供标准的数据服务。

2.1.1 数据采集层

(1) 数据源

智慧高炉大数据应用平台基础数据分别来自于炼铁集控平台、6 座高炉集控系统、第三方平台系统、附属工序数据系统和动态管理系统等。主要包括: 高炉操作参数、上料系统参数、复合参数、炉前参数、第三方平台系统中高炉风口成像、高炉炉顶成像、炉体热电偶温度、各段冷却壁水温差、高炉炉皮无线测

温和高炉冷却系统参数。此外包括上料系统参数、煤粉参数等，以及化检验数据。

(2) 数据采集

数据采集方式基于 OPC 工业标准，通过编写程序读取 OPC 对象接口实现。在程序设计上主要针对 OPC 服务器的三类对象进行操作，分别是服务器、组对象和数据项。

数据读取方式上采取异步方式，通过定制开发程序使用 OPC 读取数据后，统一发送到边缘侧部署的 Kafka 集群中。边缘侧 Kafka 集群通过跨数据中心复制的方式(Kafka MirrorMaker 2)同步到云端数据湖中。

2.1.2 大数据平台层

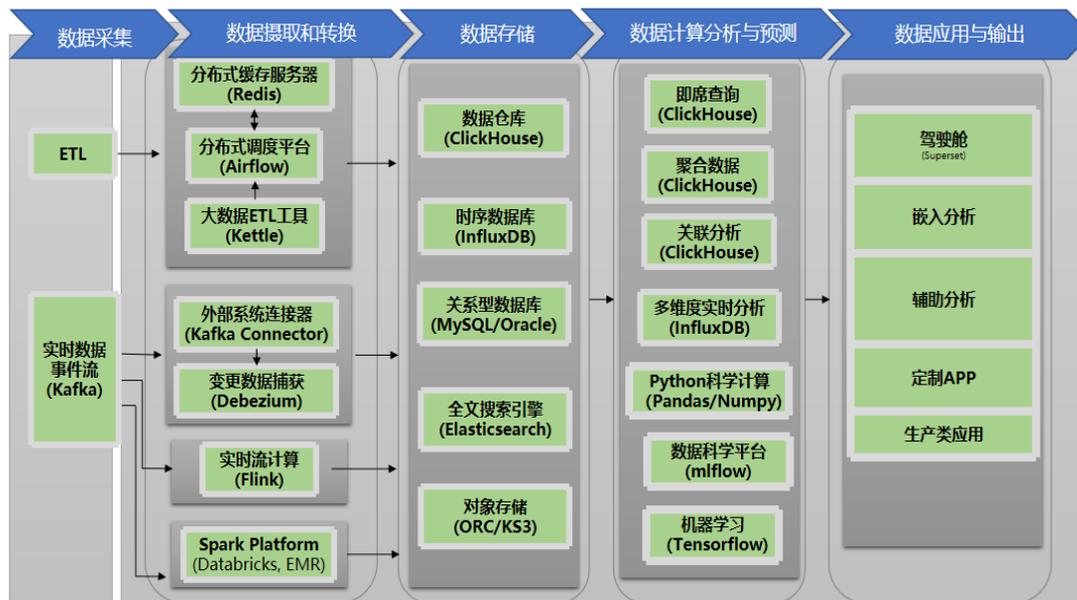


图1 鞍钢高炉大数据平台

多源异构数据融合，大数据中，涉及高频时序数据、低频管理类数据以及非结构图像数据等异构数据。这些数据需要进行融合，进行时间、空间的转换，才能构建对后续分析有价值的数据集。在数据融合的过程中需要针对以下几点进行处理：

高炉冶炼过程中产生的高频时序数据一般是秒级，例如温度、压力、流量类数据，一般原始数据可用于在线监视及报警。当进行关联分析时，特别是与低频数据如化验成分、产量等数据关联分析时，需要对数据进行降频处理。并在时间维度上与低频数据保持一致。

高炉冶炼过程中产生的视频、图像等数据属于典型的非结构化数据，这些非结构数据在分析时要进行结构化特征分析，降低转为结构化数据并与其他数据进行关联分析。

从高炉各生产工序采集到的数据均是一次仪表单一参数数据，在高炉数学模型所需要输入参数中，有些是简单的单一参数，有些是同一类单一参数二次处理后的参数，还有些是由几个单一参数组成的复合参数。

2.2 数据预处理

由于从 PLC 仪表自动采集的数据时，受高炉工作环境、噪声、干扰信号等因素影响，以及在由计算机网络数据通讯过程，难免发生数据叠加误差，造成某一个采样周期部分数据丢失或失真等问题^[2]，如果直接使用会产生错误结论。因此，需要进行的数据治理，改善数据质量，经过处理后数据才能准确地作为大数据平台基础数据。

(1) 噪声、干扰数据剔除技术^[2]

对采集的异常数据一种可从边缘端就进行识别和处理，也可以在云端进行定期监控，观察长时间的趋势异常的数据。

(2) 空穴数据处理，补充缺失数据^[2]

对于缺失计量数据需要采取一定的办法进行填充，本系统采用拟合值填充法，先拟合前 N 个样本点的函数，再根据此函数在时间维度上进行填充。

2.3 标准数据服务

鞍钢智慧高炉大数据应用平台中根据数据的业务归属构建不同主题域的数据集，建立数据资产目录，对数据资产进行有效和持续的全生命周期管理，并在此基础上，提供标准的数据服务及相应的 API^[3]。

鞍钢智慧高炉大数据应用平台的数据服务可为各类智能应用提供数据服务。纵向上可为平台扩展其他炼铁智能应用提供数据基础，横向上可为其他上下游工序提供协同数据服务。所建立的高炉大数据平台（见图 2），为高炉实现智慧化生产和管理模式奠定基础。

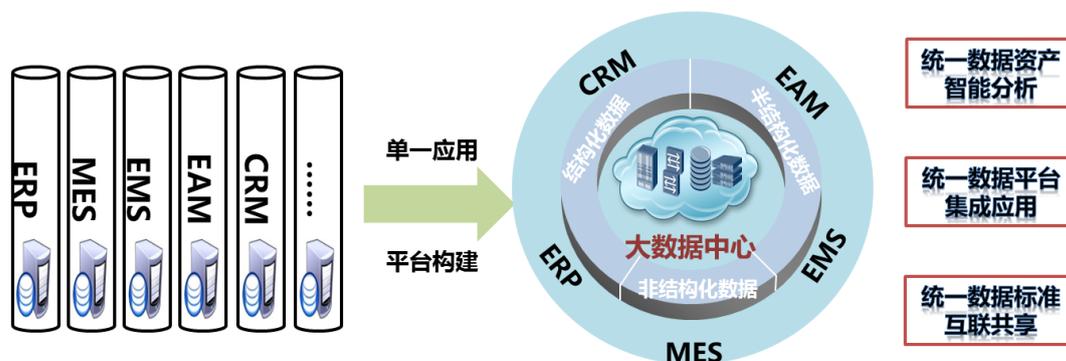


图 2 高炉大数据中心平台基本构架

3 在大数据中心构建智慧高炉应用平台

构建智慧高炉应用平台初级应用层，主要提供高炉工艺计算模型、高炉炉缸侵蚀模型、高炉操作炉型管理模型、高炉主体设备远程智能化点检等在线监测系统以及各种应用服务。

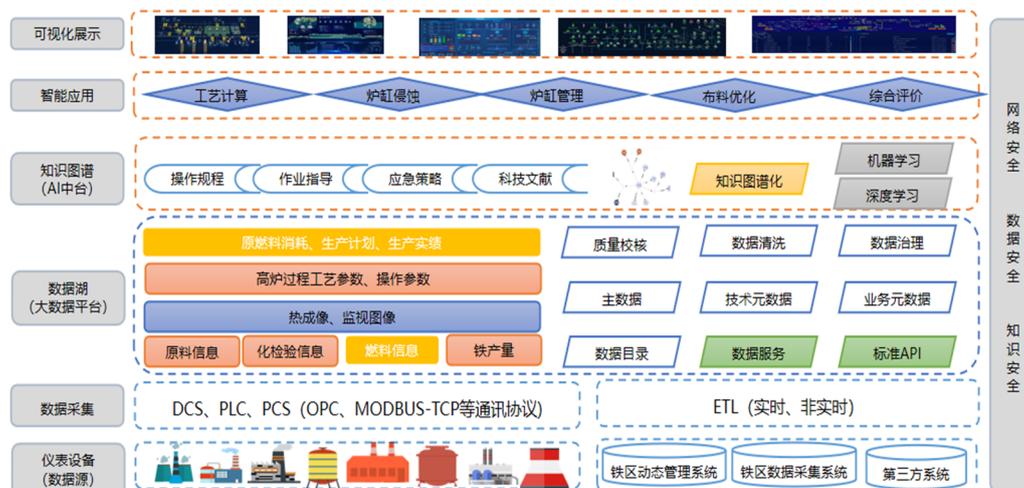


图 3 鞍钢智慧高炉应用初级阶段平台

3.1 在大数据中心边缘端开发与应用高炉工艺计算模型

依据智慧高炉大数据平台提供的丰富基础数据，构建高炉工艺计算模型，作为高炉生产的辅助管理工具，提升生产过程管控水平。主要包括以下内容：

(1) 构建高炉新的标准风速、实际风速、鼓风动能、炉腹煤气量、炉腹煤气指数、炉腹煤气阻力系数等工艺计算模型；

(2) 构建风口理论燃烧温度和合适煤粉喷吹量计算模型；

(3) 开发高炉热平衡计算模型，开展高炉热效率在线评价；

(4) 开发高炉 Rist 模型，计算高炉直接还原度、降低燃料消耗的潜力和炉身工作效率。

3.2 高炉操作炉型智能化管理模型

结合大数据加知识驱动技术建立高炉渣皮稳定性评价与预测模型，实现渣皮厚度下一时刻精准预测，为形成合理炉型提供指导。操作炉型实现智能化管理，既能延长冷却壁寿命，又能保证煤气利用率，降低

燃料比。

3.3 高炉炉缸侵蚀智能化管理模型

在大数据中心边缘端开发与应用高炉炉缸侵蚀模型，用于监控炉缸内衬侵蚀状态、计算炭砖剩余厚度，保证高炉安全受控，采用三维可视化技术提升高炉智慧化水平。

3.4 智慧高炉炉况数字评价系统

通过从大数据中心一些日常操作控制参数中选用重要参数以及参数组合指数，作为高炉顺行指数的判别依据，对所选择的重要指数评估，评价结果分为“好”、“一般”和“差”，然后进行综合评价和进行实时评价，根据评价结果指导高炉进行及时调整，提高炉况稳定性。主要包括：

- (1) 对高炉原燃料指标数字评价赋分；
- (2) 高炉送风制度数字评价赋分；
- (3) 高炉装料制度数字评价赋分；
- (4) 高炉温度场数字评价赋分；
- (5) 综合上述模块，对高炉综合评价与分级。

3.6 高炉设备点检远程智能化监控模型

炼铁总厂由于各种设备数量庞大、种类繁多，而且分布区域很广，如果仅仅依靠人力对这些设备进行维护，几乎是不可能的事情，由于没有及时发现而导致设备故障，影响生产顺利运行的事故时有发生，甚至引发大的事故，造成巨大经济损失。实时采集设备状态数据，对设备状态进行远程实时监测、诊断，设备点检远程化、智能化管理模式。主要包括：

- (1) 高炉炉顶布料设备智能点检；
- (2) 运上料主皮带防撕裂检测和主皮带跑偏检测；
- (3) 高炉风口智能诊断预警系统。

4 智慧化高炉发展趋势

在高炉大数据云平台交互平台基础上，发挥大数据挖掘与智能分析等核心功能，深度挖掘大数据中蕴藏在内关联规律，提出高炉冶炼过程数据特征，在大数据云平台基础上实现数据孪生、高炉冶炼全过程 3D 可视化监控，实现集约化集控管理^[4]。重点研发内容包括如下几方面。

4.1 基于云计算方法实现高炉生产全流程数据关联分析与数据挖掘

在数据平台基础上，采用云技术与挖掘高炉炼铁全流程数据，挖掘影响高炉生产和操作的主因、隐因以及高炉操作关联，实现操作经验等隐形数据显性化和隐性知识显性化，为高炉机理建模提供修正参数，优化高炉操作参数和操作制度^[4,5]，达到高炉高效低耗的目的(图 4)。

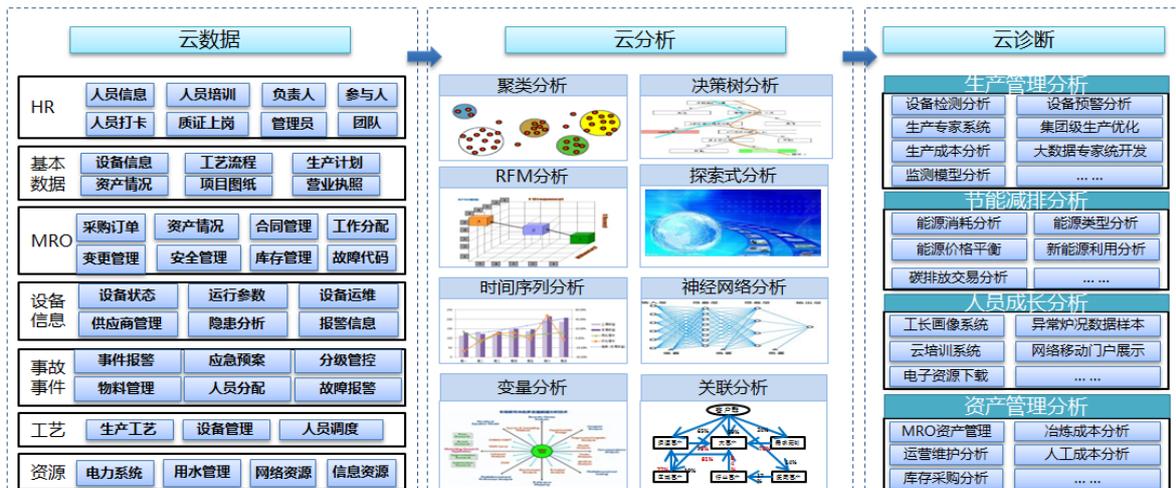


图 4 “云”技术基本模式

4.2 建立高炉机理模型与数字化模拟相融合系统

高炉机理建模与数字化仿真系统融合机理的全高炉综合数学模型，实现全高炉仿真和工作状态精确解

析, 提供高炉炉况预测结果和匹配操作的推送、完成高炉操作变更影响因素的推送、完成高炉运行趋势分析结果的推送和历史数据溯源结果的推送^[4], 具体流程见图 5。

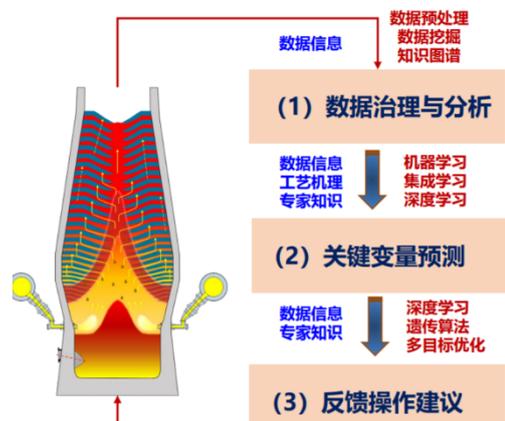


图 5 机理模型与数字化模拟相融合

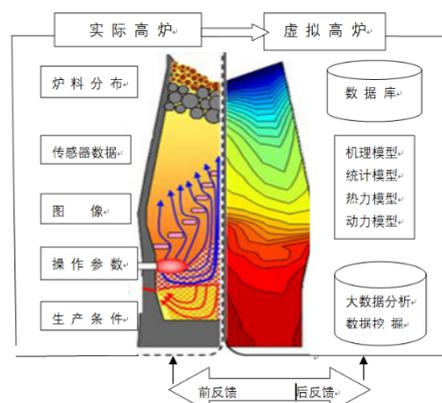


图 6 高炉孪生系统构成框架

4.3 高炉数据孪生

建立高炉操作多目标优化决策和建议反馈系统, 应用深度学习和集成学习对高炉炉况健康状态进行精准预测和科学溯因, 实现高炉虚拟操作, 实现对高炉运行状态的全方位掌控。以高炉关键变量和炉况健康状态为目标, 利用高炉专家知识和规则, 反馈最小偏差操作参数, 实现高炉实时动态炉况的多目标优化决策建议反馈(见图 6), 实现高炉操作自适应、自感知优化控制^[6]。

4.4 高炉冶炼过程实现可视化监控

传统上高炉内被业界称为“黑盒子”, 即在“黑盒子”内所发生各种现象都无法直接测量, 高炉操作只能依赖操作人员经验, 但随着检测技术进步和智能技术应用, 通过构建多源信息融合交互性的高炉冶炼环境, 充分发挥大数据的价值, 在高炉大数据云平台交互基础上, 高炉冶炼全过程逐步实施可视化监控, 实现“黑盒子”向“白盒子”的突破性进步。

5 结论与展望

基于大数据智能互联平台实施“物联网、大数据、智能模型、云计算”等新技术, 充分利用大数据平台, 开发基于冶炼机理的智能模型以及基于大数据分析和挖掘、机器学习技术的智能平台, 实现对高炉及附属工序实时工作状态、趋势预测和目标优化控制的智慧生产和管理模式。

智慧高炉最终目的是基于高炉炼铁工作过程的深度解析和高炉历史数据全流程挖掘, 给出异常炉况智能化预测方法, 实现高炉长期稳定顺行, 提高高炉炼铁的智能水平 and 标准化水平, 高炉操作实现智能化, 高炉管理实现科学化, 高炉冶炼过程实现可视化。

参考文献:

- [1] 赵国磊, 孙刘恒, 高成云. 面向信息物理系统架构的高炉炼铁系统智能化设计[J]. 冶金自动化, 2021, 45(3): 11-17
- [2] 马富涛, 张建良, 张磊, 等. 铁前数模技术进展与大数据应用探讨[J]. 钢铁, 2018, 12(53): 1-9
- [3] 孙小东. 高炉生产数据分析平台的开发[J]. 工业加热, 2017, 5(46): 60-65
- [4] 牛海滨, 孙茂锋, 杨进. 大数据在高炉炼铁生产中的应用与愿景[J]. 河北冶金, 2018, 1: 51-59
- [5] 张建良, 曹维超, 国宏伟, 等. 数据挖掘在炼铁系统中的应用现状及展望(下)[J]. 冶金自动化, 2012, 36(6): 1-4
- [6] 李彦瑞, 杨春节, 张瀚文. 流程工业数字孪生关键技术探讨[J]. 自动化学报, 2021, 47(3): 501-511