

人工智能和边缘计算在过程质量的应用

齐 飞

(河钢数字信达(邯郸)科技有限公司, 河北邯郸 056002)

摘 要: 随着大数据和物联网技术的快速发展, 边缘计算成为了数据处理的新趋势。通过将计算能力和数据处理推向距离源头更近的边缘设备, 边缘计算极大地提高了数据处理的效率和响应速度。在过程质量方面, 物联网连接的传感器和设备不仅能够实时监测和收集各种数据, 还可以进行实时分析和优化。通过模型分析, 我们可以从海量数据中挖掘出有价值的信息, 不仅提升了生产效率, 还改善了产品质量和用户体验。大数据、物联网、边缘计算和模型分析的结合为企业带来了无限的机遇和优势, 助力其迈向更加智能化和高效化的未来。

关键词: 大数据; 物联网; 边缘计算; 过程质量; 模型分析

Application of Artificial Intelligence and Edge Computing in Process Quality

QI Fei

(HBIS Digital Cinda (Handan) Technology Co., Ltd., Handan 056002, Hebei)

Abstract: With the rapid development of big data and Internet of Things technology, edge computing has become a new trend of data processing. By pushing computing power and data processing to edge devices closer to the source, edge computing greatly improves the efficiency and responsiveness of data processing. In terms of process quality, IoT-connected sensors and devices can not only monitor and collect various data in real time, but also perform real-time analysis and optimization. Through model analysis, we can mine valuable information from massive data, which not only improves production efficiency, but also improves product quality and user experience. The combination of big data, Internet of Things, edge computing, and model analysis brings unlimited opportunities and advantages to enterprises, helping them move towards a more intelligent and efficient future.

Keyword: Big Data; Internet of Things; Edge Computing; Process Quality; Model Analysis

1 背景

进入十三五以来, 国家推出《智能制造 2025》, 特别是以互联网为代表的信息通信技术的发展极大地改变了人们的生活方式, 构筑了新的产业体系, 并通过技术和模式创新不断渗透影响实体经济领域, 为钢铁企业提供了机遇和挑战。伴随制造业变革与数字经济浪潮交汇融合, 云计算、物联网、大数据等信息技术与制造技术、工业知识的集成创新不断加剧, 工业互联网平台应运而生。正是因为新一代信息通讯技术尤其是大数据技术的快速发展, 促使了制造业向数据驱动阶段转型。随着钢铁企业经营业务的逐步深入, 很多公司信息化平台在小批量柔性生产、快速响应市场变化、协同供应链管理、保证产品质量一贯制、设备管控、过程管控等方面存在着严重的不足。

数据获取方面:

不同维度的质量信息、设备信息等分散在不同的系统中, 质量分析、设备故障预测等需要在各个不同的系统获取不同类型的数据, 数据获取难度大, 整合费时费力, 数据孤岛问题突出, 难以高效、准确挖掘数据价值; 缺乏泛在的网络连接, 在能源、环保、工艺、质量、设备、经营、销售、财务等一体化实现存在壁垒, 缺乏统一的数据平台支撑;

质量管控方面：

与产品质量相关的冶金规范要求、制造工艺参数、过程控制参数变化等分散在各个独立的系统中，或仅作为指导标准存在于文件之中，且相互之间缺少有效的关联，大多质量问题都是“事后监控”，质量一贯制难以保证；各工序遗留的质量问题通常属于多变量耦合问题，现有系统缺乏高效的质量追溯、分析与优化技术，通过简单的阈值分析、对比分析难以发现问题根源，质量缺陷频繁、重复发生；协同控制是今后企业精益化生产的必经之路，质量协同通常会涉及到生产、工艺、控制、设备、成本、人员等其他系统，现有的质量相关系统大多关心质量本身，协同机制缺乏，质量提升效率低下。

过程控制方面：

提质增效与我们的过程控制能力密切相关，精细化控制缺失，单纯的 PLC/DCS 控制已经不能满足，需要基于数据的过程优化系统。

2 实施思路

那么针对上述问题，可以从哪些方面进行关键技术创新呢？

基于安全网关技术，构建多种类数据的物联网采集系统，包括质量、环保、设备、工艺数据等，实现多源异构数据的采集存储、边缘计算，实现数据的相关性匹配、时空转换，为后续的数据应用分析提供基础。

构建工业大数据平台，物联网数据最终存储到大数据平台的 HDFS、Hive、Redis 或者 MPP 中，使公司具备冶金知识的长期、高效存储，为统计分析、知识挖掘、人工智能、模型分析、大数据应用等奠定了设备基础。

开发基于大数据的全过程质量系统，实现质量自动判定、封锁、联动，全流程质量追溯效率提升，质量管控能力得到大幅的提升。

基于大数据技术，通过高效存储的数据，建立各类模型，为其它过程控制精细化开辟了一条可行的道路。

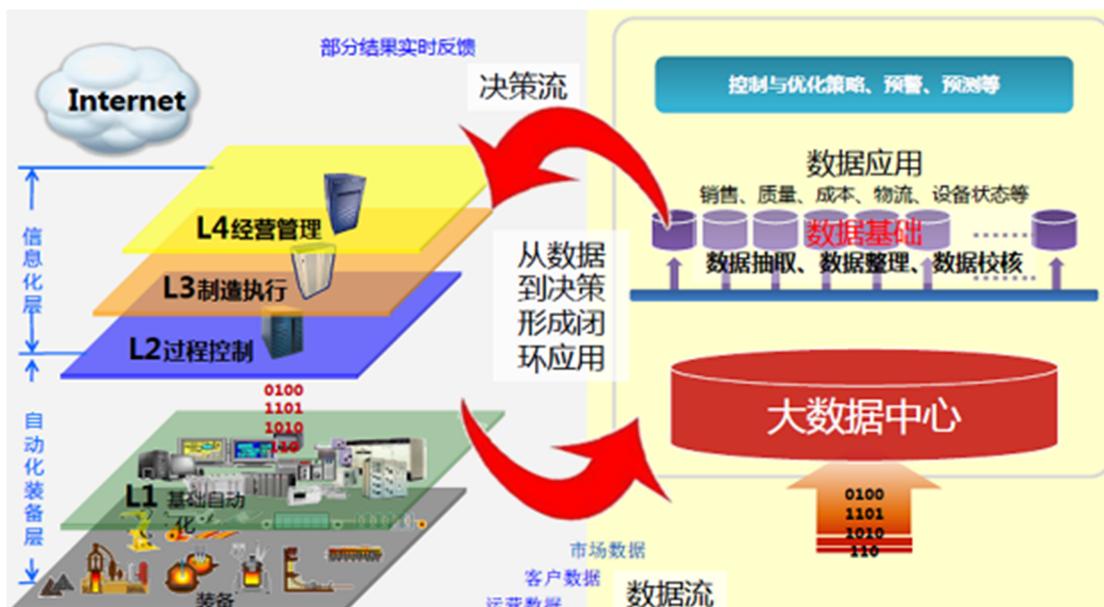


图 2.1 基于互联网技术的信息系统原理图

3 应用方案

3.1 设备物联及边缘计算

设备稳定运行是生产、质量稳定的基础，没有可靠的设备保障就谈不上产品质量的稳定以及生产的顺利进行。在现有的智能设备中，统计相关通讯协议，以 SNMP 协议为代表，对设备本身的健康状态信息进行读取，包括电气设备、控制设备、网络设备、服务器设备、智能仪表设备等，通过各设备提供的 MIB 表或通

讯协议内容，查询状态信息，依托网络，采用 TBOX 网关，实现对设备状态采集，为数据的存储和下一步的应用打下基础。

3.2 运营 OT 数据物联及边缘计算

OT 数据更是工艺质量的关键，构建统一的产线数据采集系统，实现对于生产自动化控制系统 L1/L2、MES 等数据的统一采集、归一化处理，通过光纤、4G 等通讯手段传输至高效存储设备。

采集方案采用隔离安全网关技术，一方面建立工控网络和 IT 网络连接的有效隔离，保证生产系统的安全运行，另一方面保证数据的传输畅通，兼容不同的通讯协议、数据格式。自动化二级系统数据库的关系型数据，利用现有二级网络，通过 DBLink 通讯方式连接各个产线二级系统数据库，同步收集相关数据信息到大数据平台基础数据库。

基于时间的数据，这些数据是以时间为主键记录变量在时间上的变化，基本上是生产过程中的实时数据。主要表现为一个具有时间戳的值序列，每个值对应一个被跟踪的变量。

基于长度的数据，这种数据不是以时间戳为主键记录，而是根据产品编号长度为主键来组织数据。这种数据存储主要在热轧和冷轧生产工序中被应用。这种数据的形成必须依靠基于时间的数据通过计算转换得到。

关系型数据，这种数据来自于 SQLServer、Oracle 等关系型数据库，它们主要用来表示存储对象、属性及其相互关系。它的主要数据表示为一个表中某个字段与其它表格某条记录的相关性，常用于钢坯与样本化验、钢水与板坯等关系连接。

基础数据采集要根据不同类型、不同采集频率等因素分类存储，并且为了能使前台应用系统得到准确有效数据而对其进行不同方式的处理。在实时数据向数据库进行写入存储同时对其进行抽取和应用将会大大降低数据的抽取速度，同时也会影响到实时数据的采集和存储过程，严重的将会导致实时数据存储失败、抽取和应用过程无法进行，从而导致上层应用得不到有效的数据。

针对这一问题，通过研究发明了一种能够在从存储大量实时数据的数据表中读取有效数据的同时又不影响实时数据的读取进行的数据处理方法，解决了对实时数据实时抽取的方法，因数据量过大导致查询、处理数据速度慢影响后续作业执行，而引起实时数据抽取失败等问题，并大大满足了大数据分析所需实时数据有效性、安全性的要求。

作为大数据平台底座，把设备信息和工艺信息，汇聚到大数据平台，为平台设备、质量等的应用开发提供数据基础，数据采集的稳定性、连续性均能达到上层应用的要求。通过封装智能工艺网关，形成具有行业特色的边缘侧数据处理技术，突破工艺对象过程原理不明确的瓶颈，实现了工艺数据的时空变换、匹配、判异等功能。

3.3 开发基于工厂大数据的全过程质量系统

全过程质量系统在框架逻辑上位于一级、二级系统、各种基础检验系统与 MES 之间，与 MES 系统已有的产品检验，表面质量一同构成全方位质量体系。

将过程控制能力纳入质量评价体系，实现关键过程工艺参数与最终产品质量的关连分析；构建具有自主知识产权的关键过程参数模型、过程质量判定模型、产品能力评价模型，用于技术质量日常管理、新品种研发、工艺优化及现场质量控制与指导。该系统通过现场实时工艺参数及质量检测数据的采集，建立统一的过程质量冶金数据库，辅助管理人员进行过程质量监控、预警、分析、评价及追溯等，使技术人员从现场随机抽查到系统在线检查、分析、控制、评价管理，最终通过各工序的工艺分析不断优化工艺规程；同时发挥各专业技术人员特长，集思广益，通过产品质量评价准则及判定逻辑规则的设计，实现自动综合判定和产品的最终评级。

3.3.1 开发实时生产系统

开发基于生产实绩的展示系统，宏观掌控从炼钢、热轧、冷轧的日生产情况，通过嵌入式开发，每个工序都可以实时查询详细的生产工艺信息，并且可以发现数据采集健康状况。

3.3.2 开发炼钢过程质量系统

开发炼钢过程质量系统，实现脱硫站、转炉、精炼炉、连铸的数据分组、相关性查询。通过单值数据和连续值数据进行关联，结合专家规则，实现根据需要，查看相关数据展示，转炉、精炼 CPK 统计分析，

通过散点图、极差图、箱线图，重点分析钢水的工艺成分及控制过程。

开发热轧过程质量系统

开发热轧过程质量系统，通过多数据源聚合，使用工艺专家规则，实现热轧过程信息、批量钢卷趋势查询、钢卷轧制信息及记录、水质、剖面信息、控制精度信息以及报表和生产分析信息。

3.3.3 开发冷轧过程质量系统

开发冷轧过程质量，通过多源数据匹配组合，结合专家自制定规则，实现酸洗、连退、镀锌工序的最新生产信息、钢卷数据信息、几何数据、卷宽度和厚度评分的查询，供专家结合产线情况进行实际调整参数。

3.3.4 开发钢带表面缺陷分析系统

开发钢带表面缺陷分析系统，运用多元数据类聚，时空转换，实现冷轧单卷、多卷的表面缺陷查询，及时掌握产品缺陷状态，通过数据的共享，实现跨产线的基于钢卷号的表面缺陷查询，可查询热卷的表面质量信息，为缺陷溯源提供依据。

3.3.5 开发全流程过程质量系统

开发全流程过程质量系统，基于多源数据聚合，可实现查询钢卷完整数据，炼钢液面与钢卷厚度变化分析、热冷轧厚度变化分析、冷轧钢卷厚度分析，钢坯宽度变化及钢卷宽度变化分析、热冷轧宽度变化分析，热轧机性与温控分析、冷轧钢卷机性分析、板型变化分析、CAL/CGL 剖面/平坦度分析，每个相邻工序实现钢卷的相关性分析。

开发全流程自动判定系统，实现基于可编辑的专家规则的钢卷质量判定，全流程质量判定系统的工作流程如下：

自动判定按用户指定钢铁带材产品的牌号、订货标准，并根据订货标准制定生产制造标准，由生产标准及生产工艺形成判定规则的方法。产品工程师根据可修改的判定条目形成以判定规则即参数点+判定方式+判定等级+判定分数。产品工程师可根据不同产品工艺控制要求差异，对全流程、全工序参数进行自由组合。

判定规则是基于生产制造标准，与质量强相关的参数参与判定。将参与判定的参数分为重要参数和不重要参数，各重要参数占权重为 $A_1、A_2...A_n$ ，不重要参数占权重为 $B_1、B_2...B_m$ ，参数满足下面条件。

$$A_1+A_2+...+A_n+B_1+B_2+B_m=100\%$$

其中 $n、m$ 分别为重要参数和不重要参数的个数。

其中重要参数既判等级又判分数，等级为 A、B、C、D、E，其中等级 B 为制造标准，等级 A 严格于制造标准，等级 C 为稍差一些，等级 D 为放行标准，放行标准为对历史数据的统计分析所得，低于放行标准的为等级 E 不合格。分数为权重值（等级 A），80%权重值（等级 B），70%权重值（等级 C），60%权重值（等级 D），40%权重值（等级 E）。不重要参数仅评分，评分规则与重要参数一致。

各参数点权重自动计算后权重和为 100%，产品工程师可根据客户不同特殊要求对参数权重进行修改，最终判定为等级+分数双评价的方式。等级为重要参数的最低等级，对不合格的产品进行封锁降级，查看参数影响参数对相应班组进行负激励。最终分数为所有参数之和，分数值的量化可以激发员工的积极性。等级+分数的双评价方式可以减少不合格流向客户，同时降低人工判定的影响，可以有效提升产品质量，从而提升企业产品竞争力。

3.3.6 开发一元线性回归分析系统

开发一元线性回归分析系统，通过建立一元线性回归模型，实现对钢卷质量影响因素的排查、确定，从炼钢、热轧、冷轧全流程工序中选择数据进行组合，函数计算，快速得出影响质量的关键因素。

4 总结

建立面向复杂工业环境的机器学习库，涵盖聚类、回归、分类、关联等多个大类算法以及算法的场景适应性；将模型库和方法库采用各类方式集成到工业大数据平台中，支撑平台应用的开发。

研发面向事前、事中、事后的质量成套智能应用技术。依托工业大数据平台，开发了涵盖过程质量判定、过程质量监控、质量数据追溯、质量预测、质量分析的质量一体化智能应用模型，保证客户需求精准

落地，打破传统质量事后处理与控制的质量管理模式，实现了产品质量一贯制。

研发多生产要素质量协同控制技术。依托大数据平台，将数据挖掘技术和传统的机理模型相结合，实现设备、生产、工艺、模型等多生产要素的协同控制，并形成多类主题模型和工艺、模型、板形等关联决策技术，并提出相应的改进方向和方法，改变了工艺技术人员的工作模式，提高了技术人员的工作效率，同时改善了产品质量的控制水平，增强了产品竞争力。

系统提供的过程判定功能，尺寸、温度类实现自动判定，判定准确率大于 99.8%，质量缺陷外放风险下降 60%，解决事后质量精确识别。通过过程监控、质量分析、工艺优化等模块，工艺人员的劳动效率提升 30%以上，止损率大于等于 2%。