

# SCR 连铸连轧铜杆生产线智能化工厂建设研究

胡浙平

(江西铜业加工事业部铜材公司,江西 贵溪 335424)

**[摘要]** 以某 SCR 铜杆生产线智能化工厂建设为背景,将物联网、大数据、人工智能、边缘计算、5G 等新型信息化技术深度融合至传统铜加工企业中,以数字化、智能化改造作为突破口,推进装备自动化、生产智能化、管理信息化、市场网络化,依托于大数据背景下的应用与创新,可实现价值链从低端锁定向高端攀升,使企业迈入绿色高质量发展阶段。

**[关键词]** SCR 铜杆生产线; 信息化技术; 智能化工厂; 生产服务效率; 绿色高质量发展

**[中图分类号]** TG335.6; TF811 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2021)06-0036-06

**DOI:**10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.06.008

铜加工行业是铜产业链的中间环节,铜加工产品的应用极为广泛。目前,国内铜加工行业正面临着企业转型升级和高质量发展问题,而大数据因技术水平完善、实用功能超强,可大幅提升铜加工领域的作业效率和工作水平。随着信息化、数字化、智能化等新技术的快速发展,依托于大数据背景下的智能化工厂建设已受到国内外铜加工企业的普遍青睐。

江铜铜材公司拥有美国南线 SCR3000、SCR4500 两条连铸连轧铜杆生产线、四条德国尼霍夫大拉机组生产线。SCR 铜杆生产线由美国南线公司、摩根公司和西屋电气公司共同研制开发,主要产品 T1 M20  $\Phi 8.0$  mm 铜杆设计总产能为 37 万 t/a,主要工艺设备采用美国精炼公司竖炉,设计熔铜速率分别为 25 t/h、35 t/h,连铸采用五轮钢带式连铸机,连轧采用摩根二辊悬臂式连轧机组,竖炉原料投炉、燃烧系统控制、铸坯浇铸、轧制成型、冷却清洗、成卷称重全程均实现计算机在线监控,自动化程度高,且产量大、产品表面光亮、质量好,性能优异、热效率

高、能耗成本低,2020 年铜杆产量达 36.4 万 t/a<sup>[1]</sup>。德国尼霍夫大拉机组技术装备世界领先,生产效率高,安全可靠,且制品表面光亮、无氧化等,主要产品  $\Phi TR2.6$  mm 铜线设计总产能为 12 万 t/a,2020 年产量达 10.7 万 t/a。该公司现已成为国内最大的光亮铜杆线生产基地之一。

在“中国制造 2025”战略指引下,江铜近年来加快创建智能工厂步伐,利用物联网、大数据、人工智能、边缘计算、5G 等新型信息化技术,对企业进行了智能化改造,为企业高质量发展奠定了基础。

## 1 系统总体架构

SCR 连铸连轧铜杆生产线智能化建设系统总体架构,如图 1 所示。该系统总体架构可分为三层结构:

(1)智能决策层。包括公司层面已有的 OA 系统、ERP 系统、全面预算管理系统等,生产运营管控系统能够提供相应的生产数据,为经营管理提供数据支撑。

工业大数据平台承担企业数据的采集与清洗转换工作,同时与其他独立的业务系统进行各类数据交互,将生产、经营及管理等多类业务数据进行整合,以便形成完整的大数据分析数据链。

(2)生产运营管控系统层。主要完成生产、质量、设备、生产统计等管理,实现现场生产、质量、设备运行、物料、能源的实时监控,及时把控现场生产

**[收稿日期]** 2021-08-15

**[作者简介]** 胡浙平(1972-),男,浙江绍兴人,助理工程师,大学本科,主要从事电气工程及自动化、铜加工等技术管理工作,现任江西铜业加工事业部铜材公司副总经理。

**[引用格式]** 胡浙平. SCR 连铸连轧铜杆生产线智能化工厂建设研究[J]. 有色设备,2021,35(6):36-41.

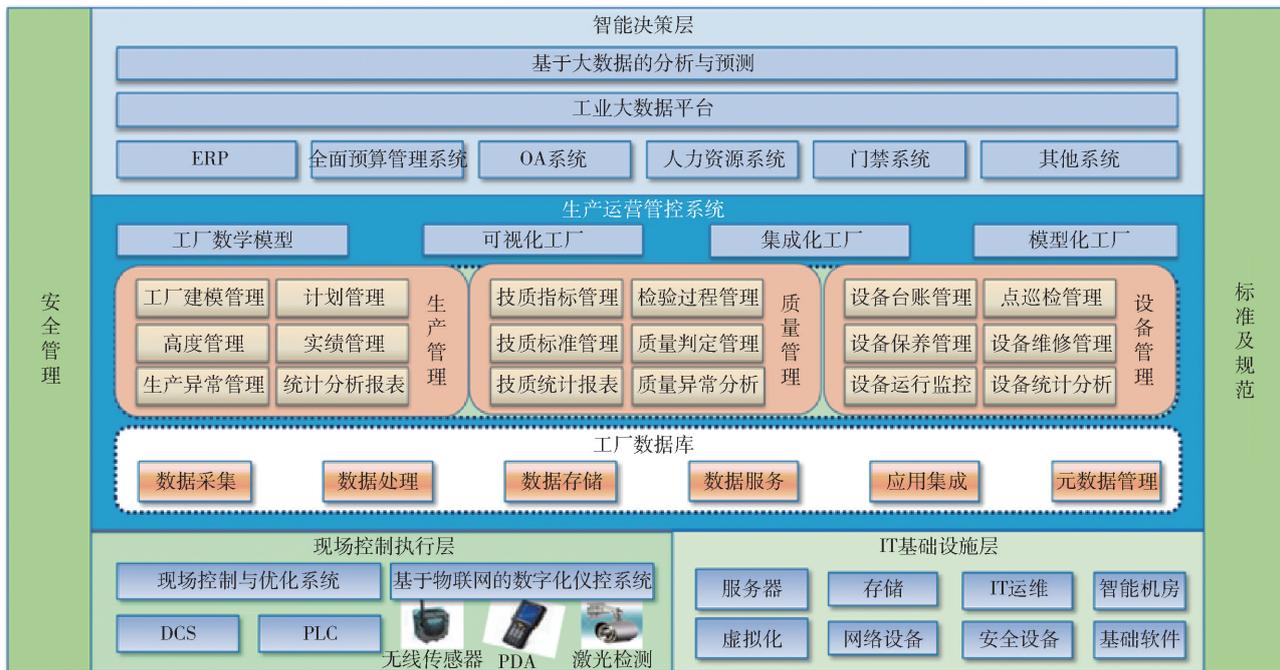


图1 智能化系统总体架构

节奏、检修、运行、故障情况，自动形成各类报表和绩效考核 KPI 指标，实现透明化的生产工厂管理。

(3) 工厂数据库层。是整个智能工厂的基础层，担负着基础数据的收集、存储、汇总和归并上传。实现现场各类控制系统、仪器、仪表、检测设备、设备运行等各类生产、工艺过程、设备运行、投入产出、计量检测实时数据的采集和归集。

在生产管理方面，通过人、机、料、法、环的综合管理，实现管理效益的有效提升；在质量管控方面，通过优化参数、固化知识，实现铜杆成品质量的稳定和提升。

本研究主要是完成工厂数据库层和生产运营管控系统的建设。

## 2 技术方案

“智能化工厂”基本特征主要有制程管控可视化、系统监管全方位、制造绿色化三个层面<sup>[2]</sup>。可通过数字化生产过程管控，借助新一代宽带无线通信网、移动物联网产业技术手段，以实现 SCR 连铸连轧铜杆生产线制造控制智能化、过程透明化、设备生产信息集成化等。建立以工厂数据库平台为基础，以精益思想为灵魂，以工业数据和业务数据驱动为核心，建立现代化的生产管理调度运行机制，智能

化分析生产现状，实现生产流程的可视化、运营管理的精益化，不断提高产品质量，持续提升管理目标；同时，创建铜加工企业智能化控制样板。

计算中心网络即管理网。按公司整网接入标准规范，将应用平台环境部署于数据机房，实现数字化生产线域、管控大厅域，为多单位生产人员提供平台应用服务。管理网无需大的改造，仅涵盖调度大厅的网络布线（详见调度大厅与数据机房建设部分内容）。

产线网络。即控制网，控制网随接入设备的增加，需要做扩展性改造。

SCR4500 铜杆生产线控制网改造方案，如图 2 所示。主要改造内容有：(1) 原 GE 实时数据文件存储服务器仍沿用作为实时历史数据库的采集与存储服务器，并配置双网卡（管理网与控制网网段 IP 地址）；(2) 采用跨网段交换机。为实时数据库设置专门端口，作为管理网段指定服务器获取实时数据库数据的入口；(3) 传感器数据接收系统，需接入 SCR4500 铜杆生产线 PLC 控制系统。

移动网络。随着各个行业信息化应用的广泛深入，新业务需求的不断出现，为了加快和提升产线数字化技术水平、提高工作效率等方面考虑，采用 5G 移动网络接入，实现各项移动应用。主要应用为：

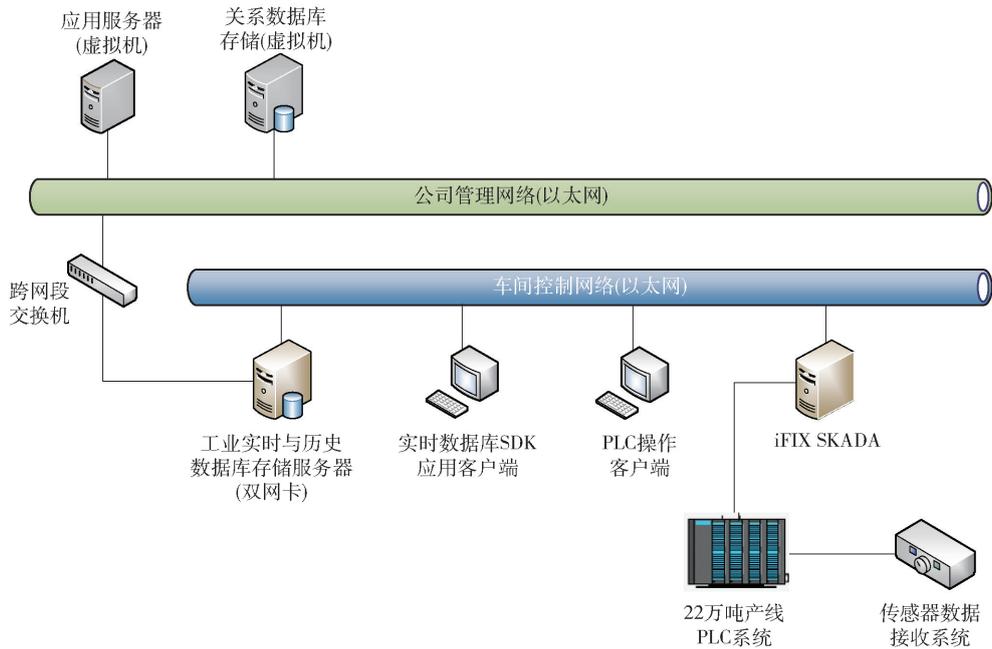


图2 SCR4500铜杆生产线控制网改造方案

(1)与运营商合作,实现5G网络对全区域进行有效覆盖;(2)移动网络可提供产线智能终端无线访问需求,提升灵活的移动办公;(3)移动网络能够实现域外无线办公,提高工作效率。

以SCR4500铜杆生产线为例。SCR4500铜杆生产线控制网改造方案,如图2所示。该控制网仍采用与管理网分开部署的方式,但智能工厂系统需采集实时数据,因而需加设一个交换节点连接管理网与控制网。

### 3 系统的研发及应用研究

#### 3.1 创建公司大数据中心

公司原有机房不能满足国家相关规范及本次项目工程建设要求。在不改变和中断原有业务系统的情况下,将SCR4500厂房二楼65 m<sup>2</sup>会议室改造为生产调度指挥大厅,即中央集中调度大厅与视频监控中心,将大屏、远程操控、数据中心机房,均集中部署在此,进行综合布线、网络改造,其中15平方米区域用玻璃门墙隔开,建设一个符合国家等保三级相关标准的全新机房,成为公司大数据中心,将所有数据汇总至新机房进行存储、分析,机房建设时考虑未来兼顾其他生产线进行数字化改造或类似项目的数据交换、运算及存储;同时,考虑为将来大数据运算准备足够的运算资源和存储资源。

原有服务器资源暂不迁入新机房,但后续新建系统数据均迁入该机房。数据中心主要包括机房装饰、暖通、消防、防雷、机柜、环境监控等系统。

#### 3.2 超融合云计算系统

该系统设计配置4台2颗英特尔至强处理器金牌6242 16核处理器;配置128GB DDR4内存;4块960GB SSD存储系统。存储系统采用超融合架构,部署分布式存储系统,可用容量约6.3 T。数据网络配置4台25光口交换机,每两台一组进行堆叠,实现横向和纵向流量50 G高速链路带宽。

为实现统一管控、自动化运维和考虑未来纵向、横向扩展,本次采用超融合云计算系统,部署服务器虚拟化模块和存储虚拟化模块,完成IaaS基础设施层建设。该系统已具有计算资源能力、统一数据源存储调用及复用能力、超融合兼容能力等。

#### 3.3 生产数据采集与监控系统

SCR4500、SCR3000在线生产监控系统皆储存了大量数据,但往往分散在不同的计算机或控制系统上,不能统一存储、调用和管理,各控制系统是互不相连的自动化孤岛,许多问题因无法采集到足够数据进行综合分析,难以得到合理快捷的解决方法。

采用知名品牌的实时历史数据库采集与存储系统,作为整个辅控网络整个系统采集历史数据的中心。实时历史数据库服务器和辅控中的IFIX采集

器进行通信,采集现场数据。实时历史数据库平台利用标准软、硬件接口技术,快速、高效地从生产线控制系统中直接取得第一手现场实时数据,且完成海量数据的高效压缩和安全存储,为产线数据应用,如生产过程可视化动态跟踪、生产实时调度、设备故障诊断、经济运行、产能优化、质量管理等,提供各种在线(如产量、温度、流量)或离线(配方、质量分析)的过程数据,从而为消除信息孤岛、实现资源共享以及管理应用建立基础数据库平台。实时历史数据库需具备以下技术标准:

(1)拥有每秒超过 20 000 事件的持续存储和检索能力;(2)采用高效数据压缩算法,将存储的数据压缩到只占磁盘极小空间,平均每个数据值只占 3 个字节;(3)能够支持丰富的数据类型,包括数字、字符串和二进制对象(例如文档、图像和其它文件);(4)为所有数据点建立索引,并可通过产品代码和其它数据值,实现数据检索,大大简化生产过程中或不同生产阶段数据的比较和分析;(5)拥有良好的可扩展性,可应用于任何一种生产环境,包括可从 OPC、IFIX、CIMPLICITY,甚至 CSV 和 XML 文件上获取数据;(6)提供丰富的访问接口,用户可通过 OLE DB 供应者和软件开发工具包(SDK)对实时历史数据进行访问。

### 3.4 生产运营管控应用软件系统

建立标准、统一、数出一源的应用系统集中集成平台,是智能工厂建设的基础。该项目建设的系统不能形成新的信息孤岛,必须与部分已建成或还在持续建设系统信息共享、数据联动,利用相应的适配器,上挂 ESB,实现应用集成、业务协同。需与全面预算系统进行接口,与实时数据库进行对接,获取智能工厂系统所需的产线运行参数、传感器参数的所在数据标签的值。

#### 3.4.1 生产管理系统

该系统主要包括计划管理、生产班组管理、生产巡检管理、生产智能监控、产品信息采集等环节。可实现生产计划、排程、调度、执行、监控、反馈、优化的闭环及痕迹化管理;提高物流、质量、化验管理的高效性;建设立体直观的联合指挥中心。主要功能包括计划管理、调度指挥、大屏组态、质量计量管理、原料管理、检化验管理。

生产计划在全面预算管理系统中录入,智能工

厂系统需接入企业全面预算系统中 SCR4500 铜杆生产线的周生产计划,以便查询;根据智能工厂系统获取生产线完工数据,自动形成 SCR4500 铜杆生产线周生产计划完成情况,回传全面预算系统。

#### 3.4.2 质量管理体系

可实现质检标准的制定、过程检验、产品检验,质量等级自动判定,质量追溯、分析及预警等功能。

生产过程与产品质量管理。支持对在制品不定期取样进行金相检验,检验结果要按照设定时间段覆盖该时间段内所有产品的该项检验指标(这些指标在后续产品检验中不再检验);支持在生产过程末端取样作为成品检验依据,样品需要与批号(卷号)对应,支持批号(卷号)数据采集;质量检验数据支持录入与采集,需要与含氧量检测设备对接采集部分检验指标数。

产品与质量相关性分析。SCR 铜杆生产线分为竖炉、铸机、轧机、卷曲四大区域,各区域的工艺控制皆会影响到产品质量。需结合先进数据分析模型,针对采集数据进行建模,从而建立质量与工艺参数的直接关系,辅助智能决策。智能工厂的重点建设内容之一,即在数据采集并集中后,通过数据挖掘、展现与分析,为管理人员提供产品与质量相关性分析。要根据企业实际,将经验提炼、总结、抽象成理论,共同设计出 SCR4500 产线的产品与质量相关性分析数据模型、数据处理功能,及前台界面操作。

#### 3.4.3 设备管理系统

该系统主要包括设备基础信息管理、设备点检管理、设备运行监测、设备维护管理。鉴于目前在线全面预算管理系统已实现了部分设备管理基础功能应用,包括设备档案、设备零部件管理和部分设备维修管理,但由于该系统不能与 PLC 相连,且移动端功能较弱。因此,智能工厂建设需补充部分设备管理功能,特别是设备与生产相衔接,以及设备移动点检部分。

设备基础信息管理。包括基础编码、台账管理、档案管理、点检标准、润滑标准、检修作业标准、量器检定、资料库等功能;实现特种设备注册登记、定期检测检验、报废注销等功能,未按规定实施特种设备检测检验的可自动统计和预警,支持设备条形码/二维码/RFID 射频码的管理;支持设备目录按照树形结构排列;设备档案与台账信息,需实现智能工厂系

统与全面预算系统建立对照关系,实现操作同步,包括新增或启用、变更、报废,并更新设备台账。

利用物联网,结合公司 03 专项计划,对部分设备电机、粗精轧机组、能源仪表等通过加装智能传感器用于检测设备的电流、电压、振动频率、压力、温度等参数。物联网平台构架图,如图 3 所示。



图 3 物联网平台构架图

设备点检管理。扩充已有 PMS 点巡检管理系统功能,覆盖司控、厂控、车间重点设备,增加测点,配置电子标签、测振仪、抄表仪(支持拍照、离线暂存、无线传输功能)。支持设备 App 现场扫设备现场标识条码后,点检任务下载,点检记录填报。

设备运行监测。通过 DCS、PLC、传感器采集设备运行状态实时数据。需在线监测设备上利用数据监测元件、信号采集器将设备振动、工艺量等数据通过无线通讯进行实时采集和监控,将采集数据存放在关系型数据库中,并在智能工厂前端(PC及移动端)分析、处理数据,向用户提供各类图谱,供用户进行设备运行状态监测及诊断。

设备维护管理。目前全面预算系统有部分设备维修功能,但偏重于结算与财务核算,如核算维修工时费用,零部件材料费用等;智能工厂系统的设备维修管理,无需考虑结算层面的功能,但需提供自行发起维修申请,或通过设备点检、生产巡检、异常管理、日常维修计划等上游应用推式生成维修申请,并按维修申请形成系统内的闭环。智能工厂系统发起设备维修申请,维修申请需传至全面预算系统,在

智能工厂内要管理维修作业完毕,并通知申请发起人,申请发起人要确认维修成功或失败,前者结束,后者可再次发起维修申请或结束。

### 3.4.4 创建大数据背景下的考评制度

大数据背景下,应创建科学合理的考评制度,以充分调动员工的积极性,保障生产经营信息流畅、运行成本低,促使企业顺利完成工作目标。依托大数据相关数据计算,可将各种生产经营指标列为各种考核因子,核算因子有工作严谨度、作业时长、日常作业表现,考核表宜公平公正公开,让员工能及时发现、杜绝错误行为,让考评制度成为提高企业生产效率的重要制度<sup>[3]</sup>。

## 4 结语

生产实践表明,该公司针对 SCR 连铸连轧铜杆生产线智能化工厂建设探究是成功的,具有前瞻性、先进性,已融合进各种新技术,是科学、合理、可行的。集智能机器、生产设施及存储系统为一体的智能体系完全能实现自主交换信息,且该智能体系各构成要素之间能独立运行、相互控制,可更好地助力企业安全可靠高效生产,降低风险,提高生产服务效率<sup>[4]</sup>,大幅提升铜杆成品质量;开发绿色生产的产业链,形成了透明化、智能化和协同化三大主要需求特征,通过大数据整理、分析设备运行中产生的数据,可及时消除设备故障或事故隐患,设备损耗小,生产成本能耗低;且针对铜杆产品市场的检测,还能制定相应的生产目标,此次智能化升级改造仅花费 280 余万元,社会经济效益十分显著。

### [参考文献]

- [1] 张伟旗. SCR 铜杆生产线竖炉故障分析及控制[J]. 中国有色冶金,2018,47(6):61-65.
- [2] 印德春. 智能化工厂的建设[J]. 中国质量,2015(10):120-122.
- [3] 朱佳乐. 大数据背景下智能化工厂的建设[J]. 科技创新与应用,2019(23):80-81.
- [4] 高杨,张成,张敏. 炼化企业智能化建设方向研究[J]. 中国管理信息化,2020,23(20):63-64.

## Research on Construction of an Intelligent Plant for Copper Rod Continuous Casting and Rolling by SCR Process

HU Zhe-ping

**Abstract:** An intelligent plant for copper rod continuous casting and rolling by SCR process is being constructed by integrating new information technologies, such as Internet of Things, big data, AI, edge computing and 5G, etc., deeply into traditional copper processing enterprises, with digital and intellectualized transformation as a breakthrough, to promote equipment automation, intelligent production, management informatization and networked markets. Relying on the application and innovative development in the context of big data, it can be realized that value chain climbs to the high-end from low-end lock-in and enterprises enter a green and high-quality development stage.

**Key words:** SCR copper rod production line; information technology; intelligent plant; production and service efficiency; green and high-quality development ▲

(上接第 35 页)

[6] Pera-Titus M, Garcia-Molina V, Bafios M A, et al. Degradation of chloro-phenols by means of advanced oxidation processes; a general review [J]. Applied Catalysis B Environmental, 2004, 47(4): 219 - 256.

[7] Huang Y X, Cui C C, Zhang D F, et al. Heterogeneous catalytic ozonation of dibutyl phthalate in aqueous solution in the presence of iron-loaded activated carbon [J]. Chemosphere, 2015, 119: 295 - 301.

## An Experiment of Catalyzing the Oxidation by Ozone of Cyanide-Bearing Effluent with $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

ZHANG Jian-yuan, CHEN Jun-qiang, YANG Yang, WANG Hong-kai, SUN Hong-zhi

**Abstract:** Cyanide leaching process is a mature gold extraction method which has been widely practiced in the gold metallurgy industry. The large quantities of extremely toxic cyanide-bearing effluent from the cyanide leaching process, is the main source of effluent for gold refineries. This experiment tried to catalyze the oxidation of the cyanide-bearing effluent with ozone as the oxidant and  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as the catalyst. It explored the effects of various parameters upon the decomposition of cyanides, including the duration and temperature of  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> roasting, the dosage of the catalyst and ozone, and solution pH value. According to the experiment result, the optimal process parameters for decomposing the cyanides are: roasting  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> at 450 °C for 3h, feeding  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> at 20 g·L<sup>-1</sup> and ozone addition at 75 mg·min<sup>-1</sup>, and solution pH kept within 7 ~ 9.

**Key words:** cyanidation;  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; catalyzed oxidation by ozone; cyanidation effluent; cyanide ▲