

生产全流程“数字化”工厂的建设与实践

李全钢

河钢集团宣钢公司 河北 张家口 075100

摘要: 河钢宣钢完成了信息化和工业化两化深度融合,正在向着智能化方向迈进,而迈向智能化的必经之路则是数字化。河钢宣钢以钢绞线深加工项目为试点,通过工业数据中台、数字孪生、物联网、智能识别等数字化技术的探索应用,构建基于生产全流程的数字化工厂,助力企业从“制造”向“智造”的转变。

关键词: 数字化工厂;数字孪生系统

引言

作为一家百年历史企业,河钢宣钢全面贯彻落实习近平总书记对河北提出的“坚决去、主动调、加快转”的战略要求,加快建设高端装备关键材料制造、战略性新兴产业、现代服务业“三大基地”,加速由传统钢铁企业向以新材料为主的新兴产业转变,走在了中国钢铁行业转型升级的前列。在转型的过程中,河钢宣钢信息化建设也同步跟进。

近年来,河钢宣钢完成了信息化和工业化两化深度融合,正在向着智能化方向迈进,而迈向智能化的必经之路则是数字化。河钢宣钢以钢绞线深加工项目为试点,通过工业数据中台、数字孪生、物联网、智能识别等数字化技术的探索应用,构建基于生产的全流程数字化工厂,助力企业从“制造”向“智造”的转变^[1]。

1 建设内容

1.1 总体思路

1.1.1 信息化系统架构按照蒂森模式五级架构体系设计,建设L4-企业资源计划管理系统(ERP系统)、L3-生产制造执行系统(MES系统)、L2-过程控制系统以及L1-现场控制系统,并通过相关接口的开发,对上述系统有效集成,实现数据全程不落地。

1.1.2 建设工业数据中台,有效解决信息化过程中信息孤岛、数据难集成、智能化分析水平低、应用效果不佳等问题,从而形成工厂“数据大脑”,使多源异构数据从数据资源变成数据资产,赋能数字化工厂建设。

1.1.3 以全面采集生产过程数据,搭建数字化底座(工业数据中台)为基础,以工艺质量过程管控为核心,打通生产物流关联为重点,实现公司的生产过程透明化和工艺执行的有效控制,构建生产全过程的数字监管体系,最大限度优化业务、提升效率,提升产品在质量、交期、成本方面的核心竞争力。

1.2 建设内容及功能

1.2.1 数字化工厂网络集成架构

钢绞线数字化车间基于“互联网+智能制造”的理念,建立覆盖整个车间所有业务单位和各类终端的网络架构,使用无线WIFI、工业总线、数据交换服务器、手机移动终端APP以及工业以太网等技术,使现场设备实现互联互通,为数据共享、即时信息交换及分析处理打下坚实基础。

1.2.2 数字化工厂信息化系统建设

钢绞线工厂信息化系统架构仍按照蒂森模式设计,搭建其对应的五级架构体系,自主建设实施了L4-企业资源计划管理系统(ERP系统)、L3-生产制造执行系统(MES系统)、L2-过程控制系统以及L1-现场控制系统。其中,ERP系统采用了SAP公司ECC6.0版本开发,实施了MM、PP、QM、SD、FI、CO六大模块;MES系统主要实施了生产管理(包括计划排程、订单管理、成品管理等模块)、物流管理(包括采购管理、销售管理、库存管理等模块)、质量管理(包括标准录入、质量判定报出、质保书管理等模块)、计量管理、标牌管理等;过程控制系统主要实施了实时数据采集、数据展示、物流跟踪、能源管理等业务;现场控制系统则主要采用了西门子1500PLC系统,用于酸洗、拉丝、绞线、净浊环等系统控制。通过自主开发OPC、WebService、SAP XI、企业总线等接口,有效集成上述系统,构建了完整、统一、覆盖生产、能源、物流、质量管理等业务的信息化管理平台,实现数据全程不落地。

1.2.3 打造工业数据中台,实现业务数据一体化管理

工业数据中台主要功能是沉淀数据资产和构建分析模型,通过数据汇聚、数据治理等来实现整体的数据加工、沉淀及服务,提供指标数据、标签数据、算法服务。工业数据中台主要包括数据标准规范、大数据基础支撑、数据汇聚、数据开发、数据资源池、数据资产管理、数据服务和运维保障等功能模块,通过统一的平台

打通数据源层各系统之间的数据流，汇聚数据至统一的数据资源池进行存储、治理、分析，并通过数据服务为应用层提供数据^[2]。

1.2.4 开发数字孪生系统，打造工厂生产“孪生体”模型

数字孪生管理系统是由订单排产仿真、生产执行过程精准调度、产品全生命周期管理、设备数字孪生管理等功能有机组成。

1.2.5 自主创新集成条码、物联网、机器视觉识别等技术，实现智能生产物流跟踪

钢绞线深加工生产线主要分为原料、酸洗、拉丝、捻股、切卷包装几个工序，各工序均存在落地半成品，为实现产品的物流跟踪以及后续的质量追溯，专门搭建了钢绞线工厂局域网物联网，将生产过程中的原料、半成品、生产设备、辅助设备、质检设备等按规则进行编号、打码，通过机器视觉识别技术、MES系统/综合二级系统的业务联动，对各工序生产实际、工艺执行实绩、质量实绩等生产过程全流程全要素数据采集及关联，将离散工序物流匹配起来，建立各工序原料、产品的对应关系，实现生产物流由“离散”到“统一”。

1.2.5.1 原料管理

钢绞线生产原料为82B线材，其原料采购业务在MES系统完成。根据采购定单和入厂过磅重量，按照单件次收货，系统自动生成批次号和件次号进行库存管理（同一车同一物料为一个批次号）。

1.2.5.2 酸洗跟踪管理

酸洗工序是钢绞线生产必须经过的一个工序，所有原料必须经过酸洗后方可进入后续工序。通过酸洗、冲洗、磷化、涂层对工艺槽体内原料进行表面处理加工，去除表面氧化铁皮、铁锈及杂质，能够使钢材表面变得光滑，降低电阻率。酸洗后产品沿用原批次号和件次号，变更产品名称为“酸洗类产品”。酸洗产品按照原料重量99.3%进行收货，0.07%为理论损耗。该理论损耗值由程序设定，该变量为可变量，后期根据生产实际情况可进行调整。

二级系统定时自动读取MES系统中酸洗库存信息，读取状态为未出售且重量不为零的酸洗卷信息，并实时更新本地数据库表。

1.2.5.3 拉丝跟踪管理

(1) 酸洗卷、拉丝机匹配

酸洗后的产品进入下一道拉丝工序，通过拉丝机将其拉拔至合适的直径和长度。

拉丝前需要对拉丝机参数进行设定，确定将要拉丝

产品的直径、长度、米数等信息。而后将待拉丝的酸洗卷焊接到某个拉丝机，便可进行拉丝作业。此时，操作员需通过扫码枪获取酸洗卷信息，并在二级系统扫码界面匹配酸洗卷与拉丝机，确认后，系统自动将该酸洗卷信息排队到该拉丝机中，同时，酸洗卷投料信息自动写入到MES系统中。

酸洗卷队列属于连续性跟踪，由于实际生产中存在的断丝及废丝去除问题，容易造成队列误差，操作人员可通过手持操作器对物料进行修正功能，实现误差修正。

当拉丝机完成一卷拉丝后，排列队中根据该拉丝卷的重量遵从先进先出的原则自动计算出酸洗卷号。如果该酸洗卷标签掉落，操作员可以在扫码枪中通过查询当前存在的酸洗卷进行选择操作。

(2) 拉丝机打码

当一个拉丝卷完成后，操作人员需要在拉丝机操作面板上填写工字轮号、实测直径、成品状态（成品、废品），点击确认按钮，系统自动生成拉丝编码（两位年+两位月+两位日+两位拉丝机+三位当日流水号），打印机自动打印两张，一张贴在工字轮上，一张贴在化验样品上。用于后续跟踪绞线物流和匹配检化验数据。

1.2.5.4 捻股跟踪管理及数字化智能匹配

捻股工序是钢绞线的关键工艺，采用1*7绞线稳定化处理机组，将拉丝后的半成品每7盘捻成一股，用其中较粗的一根作为芯。共有三组捻股机。

捻股时，操作人员通过扫码枪查看每个工字轮对应的拉丝半成品信息，如直径等，确定要进捻股机的工字轮，系统自动生成捻股批次号（前两位年份+ABC捻股机几号+4位流水号）。捻股完成后，操作人员需要在综合二级系统中确认捻股信息，确认完成后，系统将发送该捻股信息、相关拉丝半成品信息、酸洗卷信息到MES系统。

1.2.5 开发单米理论重量模型，实现单米与理论重量自动换算

钢绞线三个捻股机生产的产品分别在三个工艺秤计量，称重信息通过接口传到MES系统，自动进行标牌打印，产品标牌打印数据要体现理论长度。为实现自动打牌的同时还要取到理论长度数据，自主开发单米理论重量模型，将每一种产品规格的单米理论重量纳入系统，可根据实际重量反向推导出理论长度，经过程序推算的长度经过检验，小于国标规定的误差，并得到客户认可，应用数字技术解决了计米器数据不符合使用要求难题，满足客户需求。

1.2.6 搭建数字化质量管理体系，实现产品质量源头管控

钢绞线质量系统包括三部分：基础数据管理（含技术标准、产品目录、工序配置、工艺路径等功能），工艺监控（含工艺在线监控、工艺智能评估、工艺质量追溯、工艺优化辅助、实时作业指导等功能）以及质量管理（含质量检验项目、质量判定、质保书及质量异议处置等功能）。质量系统通过把质量标准、质量设计、质量跟踪完整结合，为钢绞线产品提供全面的质量数据，按照质检批次对物流进行跟踪管理，包括质量信息跟踪，从而实现质量一贯制管理模式。

1.2.7 开发基于“互联网+”的标牌系统，提升企业产品防伪水平

在二维码技术的基础上，深度结合互联网，开发产品标牌防伪平台，钢材下线称重后，标牌打印系统将产品批次信息、一维码、二维码等打印在PET标牌上，通过识别二维码，即可展示钢材的轧制批次信息、化学成分、物理性能、质保书信息、企业信息等，实现产品防伪功能，加大了劣质产品钢材标牌伪造的难度，提升企业钢材标牌防伪的水平^[3]。

2 关键技术及创新点

2.1 打造工业数据中台，实现业务数据一体化管理

工业数据中台是整个工厂数字化系统的基础与核心，是集数据采集、数据存储、数据治理和数据分发等“存、管、用”平台，其无缝衔接实时数据库、MES数据、企业ERP系统以及相关第三方平台，通过高并发低时延数据处理、数据分级分类存储等技术的应用，构建覆盖全产线的物料、生产、设备、工艺数据的数字化感知底座，打破系统架构数据孤岛，为上层工业应用提供数据支撑。

2.2 开发数字孪生系统，打造工厂生产“孪生体”模型

通过多维实时大数据汇聚，打造工厂生产数字孪生模型，从空间上覆盖生产、工艺质量、设备、成本等各生产要素，时间上覆盖产品生产全生命周期，形成对产品生产过程管控的智慧数据中心，进一步提高生产过程控制能力及优化调度能力，实现物流、信息流、业务流、能量流、资金流集成的新型数字化工厂。

2.3 自主创新集成条码、物联网、机器视觉识别等技术，开发单米理论重量模型，实现智能生产物流跟踪

构建局域物联网，将生产过程中的原料、生产设备、辅助设备、质检设备等元素按规则进行编号、打码，通过机器视觉识别技术，将原料、酸洗、拉丝、捻股等离散工序物流匹配起来，建立各工序、原料、产品的对应关系，实现生产物流由“离散”到“统一”。

2.4 开发基于“互联网+”的标牌系统，提升企业产品防伪水平

在二维码技术的基础上，深度结合互联网，通过二维码链接防伪平台，直接查询钢材批次信息、物理/化学信息以及对应的质保书信息等。同时，还可依托平台宣传企业概况、产品介绍等，加大了劣质产品钢材标牌伪造的难度，提升企业钢材标牌防伪的水平。

3 使用效果

河钢宣钢以钢绞线深加工项目为试点构建的基于生产全流程的数字化工厂，按信息化五级架构进行设计，自主建设实施了L4-企业资源计划管理系统（ERP系统）、L3-生产制造执行系统（MES系统）、L2-过程控制系统以及L1-现场控制系统。通过自主开发OPC、WebService、SAP XI、企业总线等接口，有效集成上述系统，构建了完整、统一、覆盖生产、能源、物流、质量管理等业务的信息化管理平台，实现数据全程不落地^[4]。

4 结语

钢绞线数字化工厂的建设，是宣钢对新的科技技术领域展开的探索和尝试，为其他产线的数字化建设以及后续产线智能化的实现提供了很好的经验。后续，宣钢继续在数字化、智能化领域深耕细作，充分挖掘数字化、智能化的潜能，助力企业从“制造”向“智造”的转变。

参考文献

- [1]范铁军, 钢铁企业数字化转型探索[J].中国钢铁业, 2020(08):7-8
- [2]刘文仲, 中国钢铁工业智能制造现状及思考[J].中国冶金, 2020(08):26-27
- [3]苏杭, 钢铁行业与数字化、智能化技术的跨行业融合[J].一重技术, 2020(03):121-122
- [4]苏畅, 钢厂MES系统的研究与实现[J].计算机光盘软件与应用, 2013(07):165-166