

基于大数据技术的焊管生产状态可视化设计

刘晶晶^{1,2}, 韩秀林^{1,2}, 于振宁^{1,2}, 刘传水^{1,2},
李建一^{1,2}, 胡 涛^{1,2}, 王 洋^{1,2}

(1. 华油钢管有限公司, 河北 青县 062658;
2. 河北省高压管线螺旋焊管技术创新中心, 河北 青县 062658)

摘 要: 针对焊管机组在生产过程中难以实时监控, 以及采集、传输、存储生产数据困难的现状, 提出并开发了基于大数据技术的焊管机组生产状态监控系统。在现有的物联网系统、MES 系统和 SCADA 系统的支持下, 采用分布式数据采集提高了数据采集能力, 采用联合分布式存储提升了数据存储效率, 采用可视化技术实现生产过程的可视化、透明化管理。基于大数据技术的焊管机组生产状态监控系统的应用, 可为用户提供强有力的数据支撑, 同时对于工业企业的智能化改造和制造业智能工厂的建设和完善具有借鉴意义。

关键词: 焊管生产; 状态监控; 大数据; 可视化

中图分类号: TG409

文献标识码: B

DOI: 10.19291/j.cnki.1001-3938.2022.10.010

Visualization Design of Welded Pipe Production State based on Big Data Technology

LIU Jingjing^{1,2}, HAN Xiulin^{1,2}, YU Zhenning^{1,2}, LIU Chuanshui^{1,2},
LI Jianyi^{1,2}, HU Tao^{1,2}, WANG Yang^{1,2}

(1. CNPC Bohai Equipment North China Petroleum Steel Pipe Co., Ltd., Qingxian 062658, Hebei, China;
2. Hebei High Pressure Pipeline Spiral Welded Pipe Technology Innovation Center, Qingxian 062658, Hebei, China)

Abstract: Aiming at the difficulties of real-time monitoring of the production status of the welded pipe unit in the production process and the collecting, transmitting and storing the production data, a production status monitoring system of the welded pipe unit based on big data technology was proposed and developed. With the support of the existing internet of things system, MES system and SCADA system, the distributed data acquisition is used to improve the data acquisition ability, the joint distributed storage is used to improve the data storage efficiency, and the visualization technology is used to realize the visualization and transparent management of the production process. The application of the production status monitoring system of welded pipe unit based on big data technology can provide data support for users, and it has reference significance for the intelligent transformation of industrial enterprises and the construction and improvement of intelligent factories in manufacturing industry.

Key words: welded pipe production; condition monitoring; big data; visualization

0 前 言

焊管制造是标准化的工业流程, 有着较多的工序、较复杂的工艺以及繁多的指标等特点,

生产过程中会产生大量的数据。随着全球焊管市场竞争压力的增大, 企业可以通过提高产品质量、产品生产效率、降低生产过程中的能耗等方式在激烈的竞争中脱颖而出, 将传统的焊

管制造企业发展成为智能化、绿色化的企业。由于焊管产品的种类和质量各不相同,对生产数据实施有效的采集、传输、分析和监控是提高焊管产品整体质量和生产效率的关键,也是焊管生产企业从自动化、信息化走向数字化、智能化的重要因素。

近年来,在大数据、云计算、人工智能为代表的新一代信息技术蓬勃发展的背景下,石油装备制造制造业紧密把握“中国制造 2025”战略机遇,坚持转变发展方式,深入推进信息化与工业化深度融合^[1]。螺旋焊管生产工厂自动化、信息化水平不断提升,通过信息系统应用实现了生产车间人员、设备、物料、测量等生产要素的实时监控^[2]。MES 系统^[3]、物联网系统^[4]和 SCADA^[5]系统的持续应用与优化,对生产制造过程中的多源信息采集^[6]、生产过程动态可视化监控^[7-8]以及数据、信息与知识协同和交互效能提出了更高的要求^[9]。

在焊管生产线向智慧工厂转型过程中,积累了海量的生产数据信息,而这些数据信息又分布在不同的应用系统中,存在信息流与实物流脱节、生产过程不透明等问题^[10],如何有效实现各系统之间的集成应用,并存储管理、分析和应用这些数据资源进行效率分析,对于管理决策具有

重要作用^[11]。从这个角度出发,本研究提出并设计了基于物联网系统、SCADA 系统和 MES 系统的焊管机组生产线监控系统,并对软件的设计与实现进行了叙述,为信息系统之间的集成提供了实现方式,为制造过程中的生产过程信息、设备状态信息、数据统计信息的监控提供了一种新的交互模式和实现途径。

1 螺旋焊管生产工艺流程

螺旋埋弧焊管制造工艺从带钢进入拆卷机开始,经过二十几道工序,最后制成焊管成品,整个过程全部在机械化、数字化的生产线上连续完成。

焊管生产工艺整体流程如图 1 所示。从带钢开卷到定尺切断前工序为成型阶段。成型阶段的主要工序包括拆卷→矫平→剪板→对头焊→粗铣边→精铣边→递送成型→内外焊接→定尺切断。在成型阶段,带钢经螺旋成型及焊接后制成焊管。精整阶段的主要工序包括管端内外焊缝磨削→管端扩径→全焊缝 X 光检测→水压试验→管体及焊缝超声波探伤→倒棱→成品检验→成品喷标入库。经过精整阶段,得到合格的螺旋埋弧焊管成品。

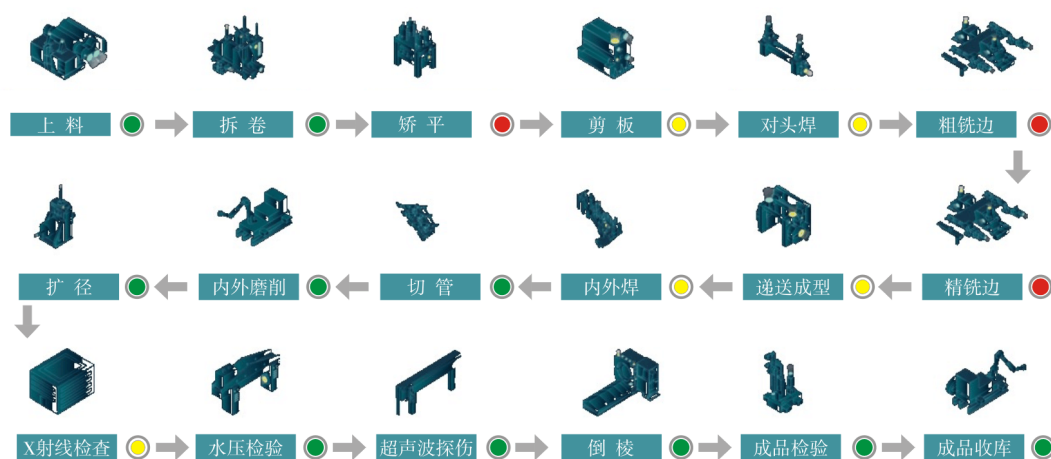


图 1 螺旋焊管生产工艺流程

2 焊管生产监控系统

2.1 系统架构

焊管生产监控系统主要通过数据采集引擎和数据处理引擎的应用,建立实时数据库和历史数

据库,完成实时数据采集、处理。MySQL 中间数据库对各种数据源分类规整存储,实现生产、质量、理化数据的报表分析导出,设备运行状态的在线监控,能耗信息的多维度分析及日报月报的多元化分析。焊管生产监控系统架构如图 2 所示。

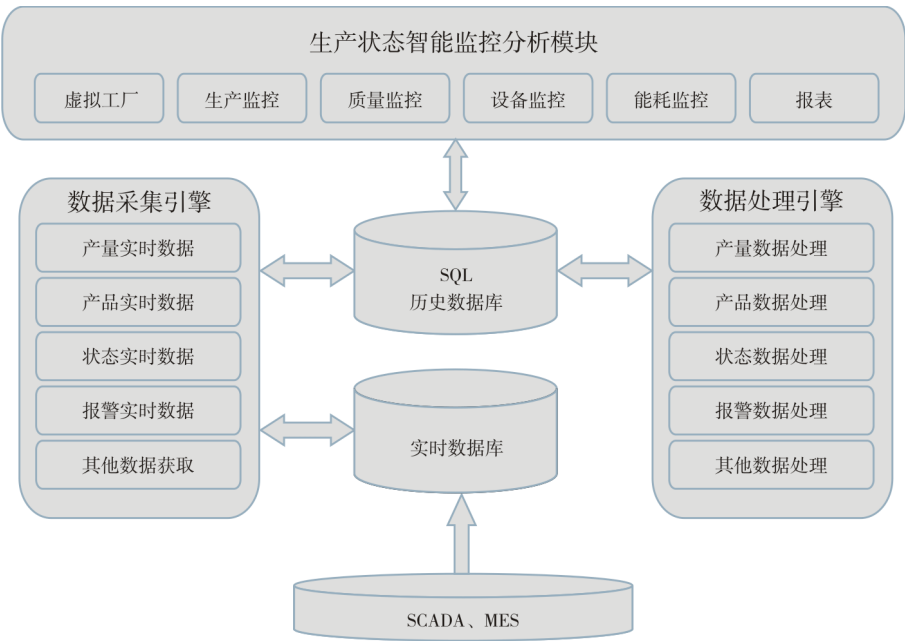


图 2 焊管生产监控系统架构

2.2 功能架构

焊管生产监控系统的业务功能主要是对焊管生产过程中的生产数据实施监控，其中包括产品

质量、生产工艺、物料信息等数据，实现对数据的整合过滤分析。焊管生产监控系统功能架构如图 3 所示。

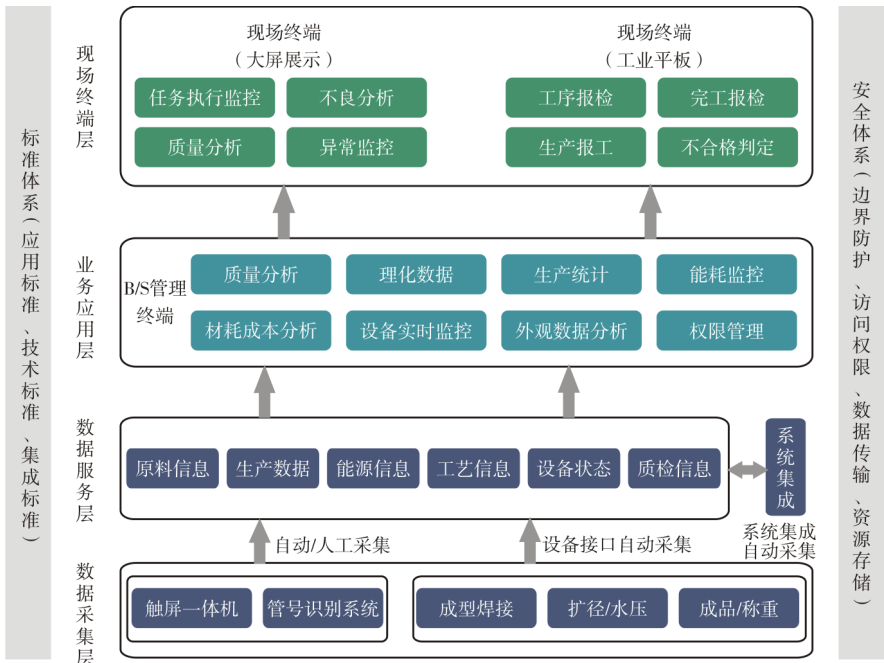


图 3 焊管生产监控系统功能架构

3 焊管生产监控系统实施内容

生产监控系统结合焊管生产过程中的物联网系统、MES 系统、SCADA 系统搭建 ETL 数据仓库^[12]，

并为算法分析模块提供数据，把分析结果回存到 ETL 数据仓库。系统提供用户对数据的管理，数据可视化模块通过 ETL 数据仓库提供数据，对用户展示。图 4 所示为焊管生产监控系统实施内容。

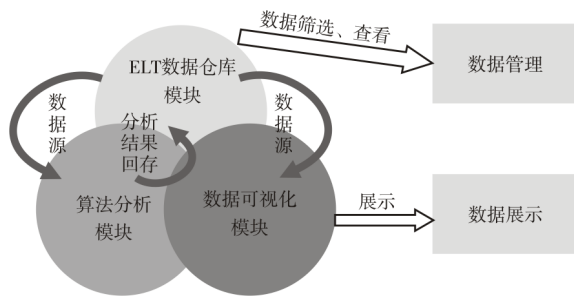


图4 焊管生产监控系统实施内容

3.1 ETL 数据仓库应用

ETL 负责将业务系统分布的、异构数据源中

的数据，如关系数据、平面数据文件等，抽取到临时中间层后进行清洗、转换、集成^[13]，最后加载到数据仓库或数据集市，成为联机分析处理、大数据分析的基础^[14]。

运用数据仓库 ETL 转换处理技术，采用转换工具 Kettle 软件进行实时数据转换^[15]，自动定时不间断式转移大量历史数据，数据抽取高效稳定，实现各异构数据库之间的互联互通，业务数据多源梳理，跨数据库按照逻辑设定对数据进行转换处理，保障数据源头采集，数据同步按需触发，无人值守式数据同步。图 5 为 ETL 数据转换流程图。

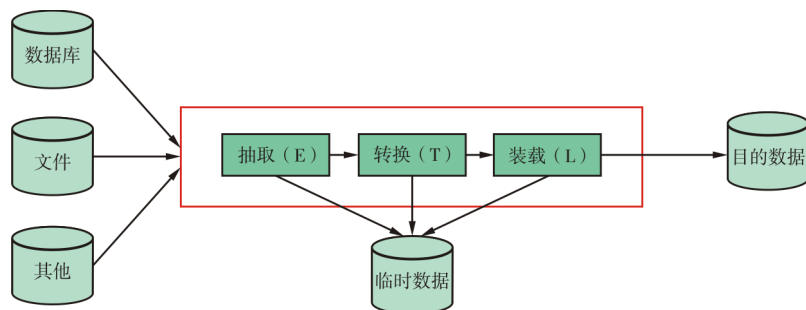


图5 ETL 数据转换流程

3.2 算法分析

系统以聚类分析、时间序列模型、线性回归等典型的大数据处理算法为依据，结合焊管产品的工艺标准、机组参数标准、产量与材耗比、用电量与生产量比等生产数据，可以自动识别异常数据，向用户传达异常数据的转折点，能为管理者改善生产工艺、降低生产成本、延长生产机组寿命提供数据支持。

以采用聚类分析模型在机组生产时参数出现异常拐点的情况为例，对机组生产时的参数数据进行聚类分析。初步分析确定有两大类聚类：正常生产和异常生产。对参数曲线进行归一化处理，得到该机组的参数特征；根据参数异常转折点的时间，对机组的参数曲线进行比较，必要时设置阈值区间，不属于区间的判断为机组异常。图 6 为机组生产参数的聚类分析模型。

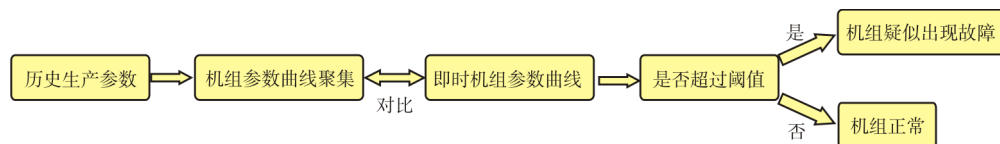


图6 机组生产参数的聚类分析模型

3.3 数据可视化

可视化过程首先完成业务数据的清洗，并根据 ECharts 基础图形图表库的参数要求，结合业务数据可视化模型对相关数据进行规格化处理。然后进行可视化分析及数据封装，构建可视化数据服务接口，再通过 Ajax 技术调用该接口获取可视化参数数据，利用 ECharts 库调用可视化处

理逻辑形成可视化组件，依据业务需求创建可视化视图或支持可视化的交互，利用 HTML5 页面呈现给终端用户。

系统可视化的内容包括：

(1) 机组运行状态可视化。系统通过可视化方式对机组运行参数以及运行状态进行实时监控，实现机组异常或报警情况的快速处理。

(2) 焊管产品质量检测可视化。在对产品进行检测时, 系统会根据标准的工艺指标, 对产品的数据进行可视化分析展示, 实现焊管产品质量的严格把控。

(3) 生产消耗可视化。系统能够对生产过程中的原材料、电能、水、气的消耗数据进行可视化分析, 实现生产消耗的把控。

4 焊管机组生产状态监控系统的实现及验证

基于上述介绍, 设计开发了基于大数据技术的焊管生产状态监控系统, 并进行初步验证实验。基于大数据技术的焊管生产状态监控系统的运行如图 7 所示。



图 7 基于大数据技术的焊管生产状态监控系统运行图

在测试阶段, 该系统运行平稳, 前端设计友好, 各级人员都能够快速、清晰地从设备中获取到实时参数和指标; 通过系统中提供的报表、图形、文档等模块, 辅助人员能够快速做出初步决策; 系统中的设备故障诊断模块、工况异常识别模块和产品性能指标异常模块等能够满足对焊管生产的监控需求, 且诊断结果与实际情况基本一致。通过对数据的可视化处理, 该系统使相关人员能够直观、高效地理解数据, 是智能监控中不可缺少的技术; 当生产线上出现设备报警或产品质量异常时, 报警信息会传递给现场人员, 以便及时参与维护和支持移动现场检查。基于大数据技术的焊管生产状态监控系统降低了企业的运营成本, 提高了焊管生产线的运行效率和产品质量, 促进了传统制造企业的初步智能化。

5 结束语

本研究基于实时数据驱动的螺旋焊管机组生产状态监控技术, 开发了生产线、质量、设备和能耗监控模块, 建立起新型的人机交互集成可视化生产状态监控平台。平台采用物联网、大数据、可视化分析等新兴技术, 提出基于大数据技术的焊管生产状态监控系统。系统采用基于物联网技术的分布式数据采集, 有效提高了数据采集的可靠性和有效性; 利用数据挖掘方法对设备运行状况、工序异常检测、产品性能指标进行监控; 采用可视化技术辅助用户完成更有效的分析决策, 为提高焊管生产的运行效率和产品质量奠定基础。现场应用表明, 该系统实现了对焊管数字化车间的实时监控与评估分析, 提升了企业的制造执行能力和交付能力, 给企业的生产调控提供一定的

数据基础,有助于螺旋焊管制造企业生产向数字化、信息化与精益化管理模式转型升级。

参考文献:

- [1] 张哈亮,罗超,秦莲香. 中石油装备制造业务信息化建设思考[J]. 焊管,2016,39(12):38-41.
- [2] 时运来,付少蕾,春辉,等. 面向生产车间的实时监控系统设计[J]. 组合机床与自动化加工技术,2020(2):132-135,139.
- [3] 张祖军,赖思琦. 智能制造生产线 MES 系统的设计与开发[J]. 制造业自动化,2020,42(8):85-86,116.
- [4] 林聪伟,郭晓东,张卫青,等. 基于自动化生产线的物联网可视化监控系统[J]. 重庆理工大学学报(自然科学),2020,34(4):123-129.
- [5] 冯春雨,张鹏伟,史建勋. 基于 SCADA 的智能装备控制技术应用研究[J]. 信息系统工程,2019(10):90,92.
- [6] 孟凡会,王玉亮,汪雷. 信息碎片化下用户痛点多源信息融合分析研究[J]. 情报理论与实践,2020,43(7):103-108.
- [7] 高欢,王少华,张亮星,等. 离散型车间生产过程实时监控研究[J]. 机械设计与制造,2018(1):111-113,117.
- [8] 周光源,王强. 生产车间可视化实时监控平台设计与开发[J]. 组合机床与自动化加工技术,2015(11):145-

148.

- [9] 江平宇,李普林,苏婷. 新一代信息技术驱动的装备生产过程技术管理创新方法研究[J]. 中国机械工程,2020,31(2):127-134.
- [10] 张勃,赵林,朱杰. 基于统计过程控制的生产车间状态智能监控研究[J]. 机械制造,2019,57(10):1-3,7.
- [11] 钟珂珂,郭具涛,何其昌,等. 实时数据驱动的生产线状态监控与效能评估技术研究[J]. 航空制造技术,2017(7):51-55.
- [12] 罗红华. 基于数据挖掘及数据仓库技术的研究与应用[J]. 通讯世界,2019,26(10):77-78.
- [13] 周瀚章,冯广,龚旭辉,等. 基于大数据的 ETL 中的数据清洗方案研究[J]. 工业控制计算机,2018,31(12):108-110.
- [14] 伊秀中,刘运通,胡洋,等. 基于 ETL 及新型数据建模的智能报表系统设计与实现[J]. 有线电视技术,2017(10):38-41.
- [15] 韩强飞,张国晨,张发光. 基于 Kettle 构建企业数据仓库[J]. 信息系统工程,2017(2):108.

作者简介:刘晶晶(1984—),女,工程师,现主要从事信息技术应用与规划工作。

收稿日期:2022-01-13

修改返回日期:2022-07-12

编辑:袁雪婷

(上接第 49 页)

参考文献:

- [1] 马志宇,蔡亮,段秋生,等. 国内外油气管道清管技术的现状和发展趋势[J]. 石油库与加油站,2016,25(6):14-20.
- [2] 吕惠建,于达,郑荣荣. 油气管道清管器的研发进展[J]. 管道技术与设备,2012(4):43-46.
- [3] 刘怀增,王禹川,黄刚. 海底管道通球风险故障树定量分析[J]. 油气储运,2015,34(4):442-446.
- [4] 郭东升,闫青松,周道川,等. 天然气管道在线清管作业风险识别及控制[J]. 油气储运,2013,32(10):1048-1053.
- [5] 曹杨,王红红,林超,等. 清管收球作业伤亡事故模型及安全等级模糊综合评价[J]. 中国海上油气,2020,32(5):174-181.
- [6] 蒲红宇,刘仕鳌,蒋洪. 天然气管道清管作业风险分析及应对措施[J]. 油气储运,2012,31(6):461-462,487-488.
- [7] 崔昇. 煤层气联络线清管作业及风险分析[J]. 清洗世界,2021,37(5):14-15,17.
- [8] 杨盼盼. 天然气输气场站清管收球作业[J]. 化学工程与装备,2021(8):68-69.
- [9] 唐勇,郑海波. 天然气管线清管收球作业风险分析及应对[J]. 化工设计通讯,2021,47(8):72-73.

- [10] 朱渊,杨强,左腾腾,等. 基于 FLACS 的清管作业接收筒燃爆事故后果模拟及分析[J]. 安全与环境学报,2018,18(5):1762-1767.
- [11] 潘永东,刘玉祥,魏红霞. 天然气输送管道清管器接收装置火灾爆炸事故危害及预防[J]. 石油化工安全环保技术,2016,32(4):24-26.
- [12] 汪银宏. HAZOP 技术在海南常减压蒸馏在役装置上的运用[J]. 安全、健康和环境,2017,17(12):42-45.
- [13] 谢萍. HAZOP 与 LOPA 联合分析在 PTA 生产装置中的应用[J]. 合成纤维工业,2015,38(3):56-59.
- [14] 刘辉,张智超. 定量改进 HAZOP 法在瓦斯隧道施工通风安全中的应用[J]. 中国安全科学学报,2017,27(4):92-97.
- [15] 周帅,施富强,柴俭. HAZOP-偏离度在铁路安全风险中的应用[J]. 中国安全科学学报,2014,24(8):92-96.

作者简介:朱兴艳(1973—),女,四川省射洪市人,大学本科,工程师,现主要从事长输管道油气计量工作。

收稿日期:2022-01-21

修改返回日期:2022-02-16

编辑:郭克星