

doi: 10.7690/bgzd.2021.12.007

基于工业互联网的高危产品装配生产线智能管控平台设计

梁海洋, 张瀚铭, 孙科星

(中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为解决高危产品装配生产过程中生产质量控制差异大、资源调度困难、材料和数控设备利用率低、企业整体制造水平不高等问题, 对高危产品装配生产过程智能管控平台进行设计。依据高危产品生产行业生产线精益生产管控的特别业务需求, 通过对平台所需各系统的设计和集成, 结合生产线生产的执行过程, 详细介绍高危产品装配生产线生产过程智能管控平台的设计及实现方法。结果表明: 该平台可实现高危产品生产行业装配生产线的精益管控, 有效促进高危产品生产企业的能力提升和转型升级。

关键词: 生产装配; 智能管控; 数据采集; MES

中图分类号: TJ05 **文献标志码:** A

Design of Intelligent Control Platform for High Risk Product Assembly Line Based on Industrial Internet

Liang Haiyang, Zhang Hanming, Sun Kexing

*(Department of Intelligent Manufacturing, Automation Research Institute Co., Ltd.
of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)*

Abstract: In order to solve the problems of high risk products mass production quality control difference, resource scheduling difficulty, low utilization rate of materials and CNC equipment, and low overall manufacturing level of enterprises, an intelligent control platform for high risk products assembly process was designed. According to the special business requirements of lean production management and control of high-risk product production line, through the design and integration of various systems required by the platform, combined with the implementation process of production line, the design and implementation method of intelligent management and control platform for high-risk product assembly line production process are introduced in detail. The results show that the platform can realize lean control of high risk production assembly line and effectively promote the ability improvement, transformation and upgrading of high risk products manufacturer.

Keywords: production assembly; intelligent control; data collection; MES

0 引言

随着工业互联网、德国工业 4.0、中国制造 2025 等战略的提出^[1], 以智能制造为核心的制造业发展思想成为推动智能制造发展的主流思想, 其核心是实现数字化制造, 进而实现智能制造和智慧制造^[2]。

高危产品是武装力量使用最基本、数量最大和应用最广泛的作战装备之一, 高危产品的生产能力和水平是国防基础能力的集中体现, 直接反映了国家的军事对抗能力^[3]。由于高危产品生产行业质量控制差异大、资源调度困难、物料和设备使用率低, 整个行业生产线的数字化程度较低; 因此, 研究高危产品生产装配过程智能管控技术, 解决高危产品装配生产线数字化升级的技术壁垒, 对促进我国制造业能力的提升和转型升级具有重大意义^[1]。笔者针对高危产品装配生产线智能管控的特殊性需求,

详细介绍高危产品装配生产线生产过程智能管控平台的设计及实现方法。

1 总体设计

1.1 设计思路

本系统通过工业互联网 I/O 总线, 实现生产线设备与设备的相互连通, 通过对设备执行状态监控、产线数据采集、制造执行流程管控、数据管理分析及可视化等技术, 从多维度、多角度了解整个装配车间的执行过程, 进而形成一套高危产品装配过程智能管控平台系统, 实现高危产品装配生产现场的数据存储与管理、状态监控与管理、生产过程管理与控制^[1]。

1.2 系统组成

如图 1 所示, 平台由底层数据采集与管理系统

收稿日期: 2021-08-25; 修回日期: 2021-09-24

作者简介: 梁海洋(1991—), 男, 江苏人, 从事 MES 系统、国际 MOM 标准、微服务架构、大数据与云计算技术研究。

E-mail: Lhyccoding@163.com

(equipment collection&status management, ECM)、制造执行管理系统 (manufacturing execution system, MES) 和智能决策与优化系统 (data visualization system, DVS) 3 部分组成。

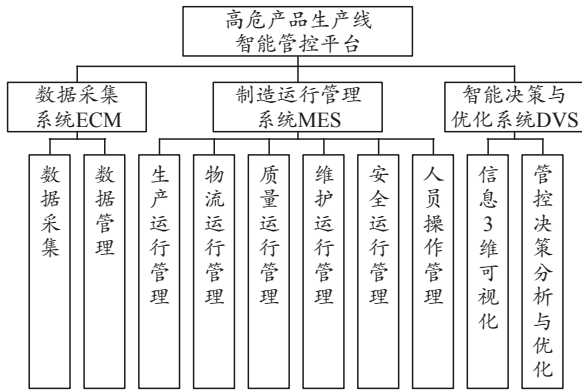


图 1 高危产品装配生产线智能管控平台组成

ECM 通过对生产线实时数据 (包括设备执行状态、任务进度、实时工作情况等生产过程信息) 的采集、处理、传输、存储及管理，搭建车间现场数

据交换平台，为其他信息化模块提供数据接口^[4-6]。

MES 是面向制造企业车间执行层的生产数字化管理系统，进行车间计划维护、生产安排、质量、设备、物料、库存和人力资源等环节管理，实现生产过程精益控制及产品制造履历数据的可追溯^[4]。

DVS 实现对生产流程、生产全生命周期的数据进行直观监控，对生产异常进行报警，设备执行状态进行实时监控，并实现异常状态的快速定位^[2]。

1.3 系统架构

设备执行层，采用工业互联网 I/O 总线实现设备的统一联网。系统业务层，通过 ECM 数据采集系统实现生产数据的采集、保存、转发，建立制造数据中心^[1]。系统应用层，开发 MES 系统，实现对生产过程的计划任务、质检、设备和仓储等业务的管理，并与其他系统集成，形成精益生产管控中心，实现高危产品装配生产线的智能管控。系统架构如图 2 所示。

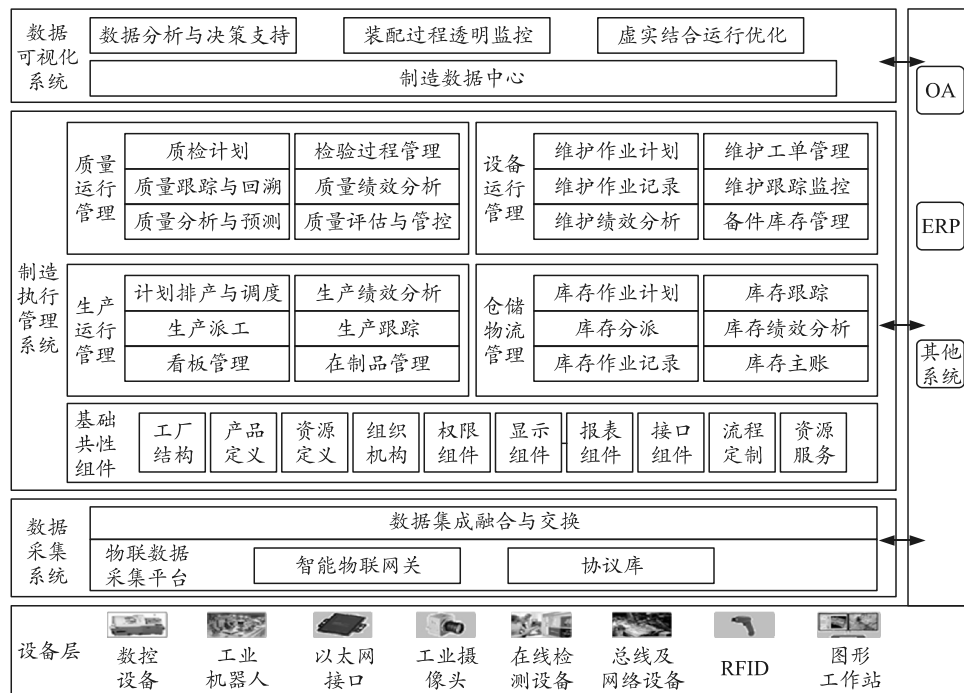


图 2 系统架构

1.4 系统集成设计

ECM 数据采集系统采集设备实时数据，存放到数据库中，并通过消息中间件向 MES、DVS 系统实时提供设备状态和报警信息等数据^[1]。MES 系统通过和 ECM 共享数据库、消息中间件等方式获取采集数据，并将生产、质量等数据存入公用数据中心。DVS 系统通过消息中间件和 HTTP 接口获取需要展示的数据。

2 系统实现

2.1 数据采集系统设计

2.1.1 数据采集网络设计

通过工业互联网将高危产品装配生产线的设备互联互通，实现设备可通信和设备数据可采集^[4]。

2.1.2 采集技术

Windows 句柄方式采集：针对不开发数据库和

接口的专用操作软件和检测软件，采用 windows 底层句柄方式通过抓取窗体句柄编号，按层次机构以及查找进行采集。

外挂硬件采集：针对老旧具有三色灯设备，通过在设备现有 24 V/220 V 三色灯线上进行并线，接入 IO 采集盒进行采集，可用于设备运行率分析、报警时长统计等。

ODBC 技术协议采集：利用 ODBC 数据库驱动程序，查找数据库的对应业务表中的数据字段进行采集。

标准工控协议：针对具有 PLC 和 HMI 的设备，以及智能仪表，通过 OPC UA、Modbus、Profinet 等协议，解析对应的点表、数据地址进行采集。

2.1.3 采集数据管理

数据均采用关系型数据库 Oracle 或 Mysql 对生产过程中的数据进行存储管理，按数据类型对生产相关数据进行分类存储，形成不同数据库。

需要管理的数据包括设备即时运动数据、生产执行相关数据、质量检测相关数据和业务运行相关数据等。系统通过 OPC、Socket 等方式自动采集生产任务数据，进行解析、处理后，存储到数据库中，这类生产数据通过融合、抽取、处理、装载等存入业务数据库。系统根据需从 2 类数据中抽取数据，进行数据查询、对比分析、历史数据追溯和信息可视化展示等公共操作。

2.2 MES 系统设计

2.2.1 系统功能

MES 系统通过生产线的投入信息、产出信息和过程信息等多方面对生产任务的执行进行管控，反映为对车间生产任务的统筹安排，生产过程的跟踪监控，相关生产资源的维护和安排等功能。主要包括材料执行维护、基础信息维护、生产执行维护、质量执行维护、系统维护和设备执行维护^[4]。

材料执行维护：实现物料的打码、库存和现场转运功能的管理。

基础信息维护：实现对生产现场的组织机构、人员、产品工艺和物料等基础信息进行管理，为质量、生产等模块的运行提供基础数据^[4]。

生产执行维护：实现对生产任务的制定、下发、派工、开工和完工等的管理。

质量执行维护：实现对质检任务、任务分派和质检结果记录等信息管理，为质量分析提供数据^[2]。

系统维护：实现 MES 系统的用户、角色、权

限、系统配置和系统日志等信息的维护，为系统运行、维护提供基础保障^[4]。

设备执行维护：实现对设备实时数据采集存储信息、维修、保养和点检功能的管理^[1]。

2.2.2 业务模型设计

根据 MES 软件，国际 MOM 业务模型设计为以下模块：系统维护、基础信息维护、生产执行维护、质量执行维护、材料执行维护和设备执行维护。系统维护模块设计实现对软件运行的操作及错误日志、系统角色、使用用户、资源功能权限和系统信息配置等功能的维护；基础信息维护实现对物资基础信息、机构、设备基础信息、职员和产品工艺等基础信息的维护^[4]；生产执行维护实现对装配任务、计划、材料需求计划、开工和完工等功能的维护；质量执行维护实现对质检任务、抽检、派工、质检结果记录 and 不合格品处理等功能的维护；材料执行维护实现对半成品、成品、原材料的库存信息维护以及出库、入库等功能的维护^[4]；设备执行维护实现对设备维修记录、维护保养等功能的维护^[2]。

2.2.3 研发框架设计

研发使用 java 高级程序设计实现，采用 Spring MVC 设计模式，引入当前最新的实现框架 Spring Boot+Mybatis 做架构设计，使软件更轻量，更容易扩展，稳定性更好。系统框架如图 3 所示。

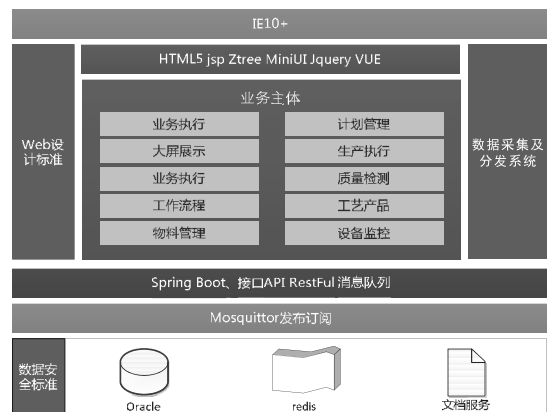


图 3 系统研发框架

2.2.4 系统界面

MES 系统效果如图 4 所示。

2.3 DVS 智能决策与优化系统设计

2.3.1 业务现状分析

根据调研得知，目前大多数高危产品装配线不存在可视化的工具以及数据，装配工人多是依据纸质工艺文件和有限的人脑记忆完成整个装配过程的

生产，这就导致信息不完整、零散，生产现场不了解当前生产任务所需的设备和原材料情况，管理人

员不清楚当前的生产进度、生产状态和质量状况等数据。

The screenshot shows the '数字化管控系统' (Digital Control System) interface. The breadcrumb navigation is '首页 / 设备管理 / 设备采集数据 / 探针'. The main content area displays a table with the following data:

<input type="checkbox"/>	设备	记录时间	上电状态	最高位
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:13:12	True	True
<input type="checkbox"/>	探针_202	2020-12-03 10:01:37	True	True

图 4 MES 系统效果

2.3.2 业务模型设计

根据 MES 系统设计以及数据采集系统设计，将可视化数据划分为设备状态数据、设备故障报警数据、生产进度数据、物资质检数据和材料存储数据 5 大模块。系统为每个模块设计一个可视化的监控大屏，另外设计一个整体监控大屏，方便监控室对设备、生产、仓库、质量各环节数据的监控。系统功能设计如图 5 所示。



图 5 BI 系统功能设计

2.3.3 研发框架设计

研发后台接口使用 JAVA 语言实现，可视化前端使用 VUE+DATAV 等前沿可视化技术实现，保证展示界面的美观、可视性等良好效果。

2.3.4 系统界面

DVS 系统效果如图 6 所示。

3 系统集成设计

高危产品生产装配过程智能管控平台以生产执行数据中心为核心，API 接口为纽带，实现 MES、ECM、DVS 系统融合与集成，达到数据共用共享^[4]。

数据中心分为时序数据库和业务数据库^[2]。时序数据库存放实时采集的装配设备运行数据，业务

数据库存放业务需要的生产执行过程数据^[1]。时序数据库中的数据通过合并处理、采集和保存等操作后，存储到业务数据库中，实现两级数据库的数据互通^[5-6]。

根据各系统实现的方式不同，该系统建立数据共享中心，采用基于 MQTT 协议的 EMQX 消息中间件，实现各系统间的数据交互与集成。平台内部各系统之间的接口通过 HTTP 协议的 RestFul 风格接口实现，如系统中职员基本信息的 HTTP 接口：

1) 定义。

```
UserPkResult queryUserPk(String userId).
```

2) 参数说明。

参数 UserId 表示人员的工号或者唯一标示。

3) 返回的数据结构。

```
UserPkResult: {
  string UserPk;//人员主键
  string ReturnCode;//参考返回码说明
  string message;//报错提示
}
```

4 结束语

通过该系统的实施，有效增强高危产品生产装配过程智能管控、精益管理的能力，使高危产品生产装配过程管理向数字化、智能化发展，为高危产品生产行业实现智能制造提供参考依据。下一步，笔者将进行 MES、DVS 等系统向大数据、数据孪生等技术方向发展，更有效地提升制造企业的制造管理能力。



图 6 DVS 系统效果

参考文献:

[1] 王伟. 基于现场总线的弹药装检生产线管控系统设计[D]. 沈阳: 东北大学, 2015: 20-34.

[2] 张弦弦, 张鑫, 刘治红. 基于物联网的离散制造过程智能管控平台[J]. 兵工自动化, 2019, 38(6): 19-23.

[3] 刘治红, 吴宏超, 张晨昊. 一种离散制造行业分布式智能控制系统解决方案[J]. 兵工自动化, 2016, 36(1):

7-10.

[4] 张弦弦, 张瀚铭, 曲葭, 等. 基于离散型智能制造模式的汽车零部件装配过程管控平台设计[J]. 机电产品开发与创新, 2019, 32(6): 40-43.

[5] 石义官, 李全俊, 刘锡朋, 等. 射孔弹自动装药装配生产线[J]. 兵工自动化, 2020, 39(4): 94-96.

[6] 王子焯, 李定刚, 张瀚铭. 火炸药行业装药装配产线物料管理系统[J]. 兵工自动化, 2020, 39(12): 89-92.

(上接第 19 页)

[29] 王跃钢, 杨家胜, 文超斌. 车载导弹低机动条件下的传递对准[J]. 中国惯性技术学报, 2013, 21(3): 324-327.

[30] 马志强, 林恒, 魏莹莹. 车载传递对准技术研究[J]. 传感器与微系统, 2011, 30(3): 54-56.

[31] 周启帆. 陆基导弹机动发射基座对准方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.

[32] 李文钦, 周岷. 舰载导弹飞行中传递对准技术[J]. 洪都科技, 2009: 7-12.

[33] 周本川, 鲁浩, 段朝阳. 空空导弹 SINS 飞行中对准技

术[J]. 导航定位与授时, 2016, 3(1): 9-12.

[34] 姚艳生, 吴向东. 战术导弹初始对准误差的一种空中估测方法[J]. 现代防御技术, 2007, 35(5): 67-70.

[35] 王聪. 滑翔增程炮弹 GPS/SINS 组合导航空中对准方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.

[36] SUN L, YI W J, YUAN D D, et al. Application of Elman Neural Network Based on Genetic Algorithm in Initial Alignment of SINS for Guided Projectile[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2019(5): 1-9.

[37] 鲁正隆. 制导炮弹用 INS/GNSS 组合系统空中对准技术研究[D]. 太原: 中北大学, 2020.

(上接第 23 页)

[7] 袁倩. 单兵筒式武器液体平衡发射过程数值仿真及试验研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2016.

[8] 闫嘉琪. 凸显人道的城市战武器[J]. 现代兵器, 2004 (9): 16-19.

[9] 刘志学. 火箭筒漫谈[J]. 人民公安, 2007(12): 50-51.

[10] 隋高山. 单兵火箭新型发射原理初步研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2009.

[11] 刘铭. 攻坚新利器中国 DZJ08 式单兵多用途攻坚弹武

器系统[J]. 轻兵器, 2010(20): 10-14.

[12] 刘云峰, 周晓东, 赵晓利, 等. 封闭式单兵平衡抛射武器内弹道研究[J]. 军械工程学院学报, 2015, 27(1): 31-34.

[13] 刘献朝, 刘芦梅, 张爱玲. 加强军民融合反恐的几点思考[J]. 新疆社会科学, 2015(16): 112-116.

[14] 魏庆生, 彭宗法. 单兵肩射筒式武器回顾与展望[J]. 轻兵器, 2006(14): 9-11.

[15] 黎春林. 有限空间发射探秘[J]. 轻兵器, 2002(11): 10-11.