

doi: 10.7690/bgzdh.2020.11.006

## 智能制造在枪弹制造行业内的应用

冉松<sup>1</sup>, 涂集林<sup>1</sup>, 黎梅<sup>1</sup>, 江蔚<sup>2</sup>, 范浩霖<sup>1</sup>, 廖仕军<sup>1</sup>, 梁波<sup>1</sup>

(1. 重庆长江电工工业集团有限公司枪弹开发中心, 重庆 401336; 2. 陆军装备部驻重庆地区军代局, 重庆 400060)

**摘要:** 为提高枪弹制造的生产效率, 以重庆长江电工工业集团有限公司使用的智能制造系统为例, 介绍智能制造在枪弹制造业内的应用。对枪弹智能制造发展现状进行分析, 将整个智能化制造系统分为枪弹部件制造、底火生产和枪弹装配 3 个模块, 分别以企业中对应的 3 个模块生产过程为例分析智能化制造系统的应用情况, 并对枪弹智能化制造系统导入前后的效益进行对比。通过智能制造系统的引入, 能完成管理、设计、数据和机器的互通, 可持续对生产过程和产品质量进行监控, 并共享实时监控数据。

**关键词:** 智能制造; 枪弹制造; 底火生产; 物联网

**中图分类号:** TJ411 **文献标志码:** A

## Application of Intelligent Manufacturing System in Ammunition Industry

Ran Song<sup>1</sup>, Tu Jilin<sup>1</sup>, Li Mei<sup>1</sup>, Jiang Wei<sup>2</sup>, Fan Haolin<sup>1</sup>, Liao Shijun<sup>1</sup>, Liang Bo<sup>1</sup>

(1. Cartridge Development Center of Chongqing Changjiang Electrician Industry Group Co., Ltd., Chongqing 401336, China; 2. Military Representative Office of Army Equipment Department in Chongqing, Chongqing 400060, China)

**Abstract:** This article introduce the application of intelligent manufacturing system to improve the production efficiency in the ammunition manufacturing industry, which used by Chongqing Changjiang Electrician Industry Group Co., Ltd. Analyzed the development situation of intelligent ammunition manufacturing, divided the entire intelligent manufacturing system into 3 modules: ammunition manufacturing, primer production and ammunition assembly, and analyzed the application of the intelligent manufacturing system corresponding 3 modules in the enterprise, finally compared the advancement before and after the application of the intelligent bullet manufacturing system. Through the application of the intelligent manufacturing system, it can connect management, design, data and machines, and continuously monitor the production process and product quality, and share real-time monitoring data.

**Keywords:** intelligent manufacturing; ammunition manufacturing; primer production; internet of things

### 0 引言

全球都在讨论先进制造、智能制造技术, 其目的无非是希望藉由信息技术、人工智能技术强化产业竞争力。我国枪弹制造业发展历史不长, 智能制造是枪弹制造企业未来的必经之路, 但是, 我国自身数字化、系统化程度并没有欧美企业高, 大部分的枪弹制造企业自身制造水平还没有实现生产过程全面自动化; 因此, 我国提出加速推动枪弹制造技术领先的企业进入智能制造的设想, 通过示范观摩的方式, 带动其他相关制造企业加速产业技术改造升级。公司(负责枪弹制造)联合某研究所(负责设计)和某厂(负责枪械制造)开展了轻武器数字化集成示范项目, 通过协同制造的方式, 进行新模式的枪支、弹药设计制造方式的探索。

在示范项目实施前, 公司枪弹制造设备经过前期技术改造, 已经具有 3 条不同口径的枪弹生产线的规模, 但在枪弹制造现场, 生产设备的在线状态、

工件的实时状态和人的行为, 在许多自动化设备的运作下, 无法实时监测, 反而形成许多信息孤岛, 彼此不互通, 无法实现信息和制造的整合。另外, 枪弹底火的装压药工序, 人工作业较多, 同时考虑安全性问题, 需要控制人员数量。经过改造, 实现了资源利用最大化, 降低了对人力与经验的依靠, 其改善成果和效益明显。

### 1 智能制造发展现状

“工业 4.0”<sup>[1-2]</sup>是 2013 年德国政府提出以电脑化、数字化和智能化来进行制造业革新的高科技计划, 号称是第 4 次工业革命。工业 4.0 的目标是注重在将现有的相关技术、销售方式与产品体验整合起来, 利用智能工厂, 将商业流程及价值流程整合提供更有价值的产品或服务。

对于影响未来制造业的工业 4.0, 2015 年我国提出相应的“中国制造 2025”计划<sup>[3-4]</sup>, 推动本国制造业的提升。这个计划从国家战略角度, 提出构

收稿日期: 2020-07-22; 修回日期: 2020-08-10

作者简介: 冉松(1964—), 男, 河北人, 硕士, 高级工程师, 从事系统工程及计划管理, 特殊产品自动化生产技术研究。

E-mail: ttjlin@126.com。

建自身完整的制造体系，升级传统制造和创新现代制造，弥补自身前 3 次工业革命发展的不足，在工业 4.0 开始之际赶超欧美强国。

智能机械是智能制造的基础，通过将现在的精密机械升级为智能机械，从单机智能化到生产线智能化，最后到智能工厂的模式，建立设备整机、零组件、机器人、物联网、大数据和感测器等相关产业的智能机械产业化。

如图 1 所示，加拿大 MAGNUM 的弹壳生产线已经初具智能机械生产线的雏形。以其枪弹弹壳制造为例，将弹壳引伸设备、退火设备、清洗设备和检测设备按照工艺流程，串联组成弹壳生产线。

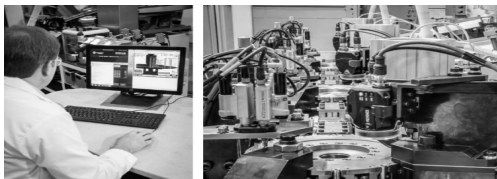


图 1 MAGNUM 光学测量和弹重自动测量

德国工业 4.0 提出，新的智能制造工厂可垂直与工厂及企业管理流程形成网路，通过网络与外部供应链结合，完成从订单到交货整个制造流程连接与及时控制。国内外也早有论文提出将 CAD/CAM、PDM 和 ERP 整合的做法<sup>[5-6]</sup>，CAD/CAM、PDM 和 ERP 这样的整合使得智能制造有别于自动化。

枪弹行业的智能制造工厂，其直观的体现是工厂规模缩小和人员数量减少。例如美国新兴枪弹制造企业 True Velocity，工厂大小相较于 Lake city 这种传统枪弹制造工厂更像一个实验室，占地更小，生产过程几乎不需人工。如图 2 所示，计算机控制机器完成弹壳的成形、分类和组装。



图 2 True Velocity 计算机控制的枪弹组装系统

## 2 智能制造系统的应用

笔者以轻武器数字化集成示范工程和企业自身的枪弹生产系统为例，来说明枪弹的智能制造系统和应用现况。

如图 3 所示，采用 3 层架构模式构建枪弹智能制造系统包括：1) 前端(front-end)负责接收用户的资料输入和结果显示；2) 中间件(middleware)透过企业服务器运行制造执行系统或者是 ERP 和 PDM

等软件连接的操作；3) 后端(back-end)包含了监控软件任务的管理软件和机器设备联网系统。

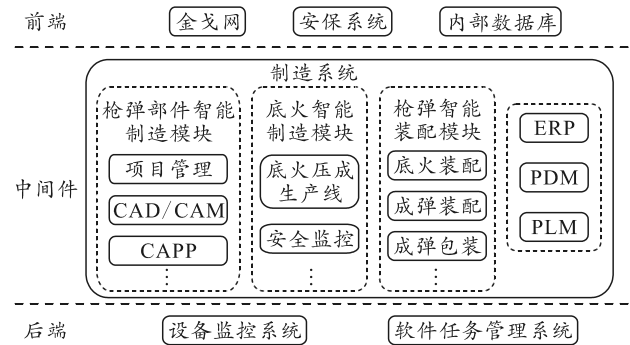


图 3 枪弹智能制造系统架构

### 2.1 枪弹部件智能制造

不论是从枪弹制造工艺流程还是现场管理的细节，使用者需要的智能制造系统，应该是通过对制造任务的信息管理，利用企业内部网络将枪弹制造工艺和生产细节等制造要素串联起来，做到虚实结合，软硬件分工明确，系统应该向使生产者更方便达成任务，减少人为失误的方向发展。

枪弹部件制造，包括弹壳和弹头的制造。它们的工艺制造流程不同，即硬件部分使用的机器设备不同，但软件部分流程基本一致，所以合并为一个智能制造模块。其软硬件分工如图 4 所示。

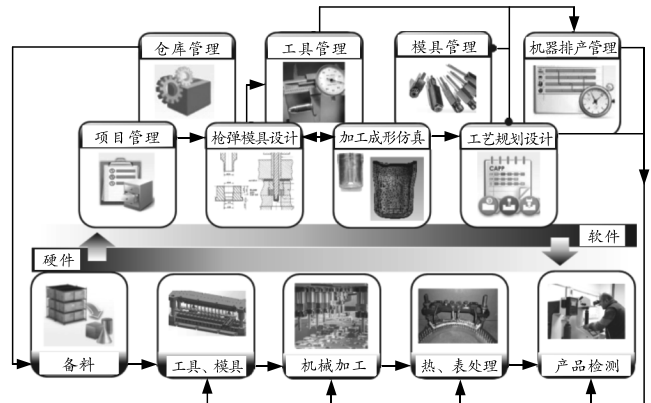


图 4 枪弹部件智能制造模块软硬件分工

软件方面，项目管理模块通过企业中央资料库，对设计所传递的资料进行有序管理，之后由系统触发并管理枪弹开发、研究和制造任务，任务传递枪弹模具开发所需数据。系统通过 Pro-E 采用参数化设计，完成 3 维零件库和模具库的建立，通过调取库中的模具或零件进行组装，大幅缩短设计周期。利用仿真软件对已设计模具进行模拟加工，对工艺设计提出优化建议。在设计变更上，透过设计参数修改即可快速完成模具再设计，然后通过管理系统及时准确传递到车间，立即停止并变更生产。计算

机辅助工艺规划 (CAPP) 通过零件数据进行任务分工, 让不同工段的负责人了解负责的区域和加工要求, 并设定统一基准进行加工和测量, 另外 CAPP 到任务档案理会依照模具设计版本、工艺版本等数据进行管理, 避免设计变更和复制模具造成的工艺重复编写。系统将厂内各工段机器按照机型、加工精度及保养计划等功能进行分组, 便于生产资源调度管理, 并依照生产优先度、工艺先后顺序等信息, 结合生产资源进行智能规划, 提供合理的生产计划排程结果。

硬件方面, 系统通过仓库管理按照任务进行原料备料, 然后运输至所需车间, 按照工艺规划在各车间进行枪弹部件的生产制造。公司通过提升机床自动化数控化水平, 对设备工况进行实时监测, 提高了生产效率, 避免了设备突然损坏和大量不合格产品的产生, 例如弹壳制造过程中, 孟子经过单个组合机床即可完成弹壳的连续引伸挤口, 如图 5 所示, 比原来减少了多个工位; 在底火孔冲孔工序中, 采用压力传感器监测冲针端头压力变化, 以此自动判断冲针折断状况, 控制机器启停; 含有钢芯的弹头, 通过光学检验机床进行弹头快速分检, 如图 6 所示。

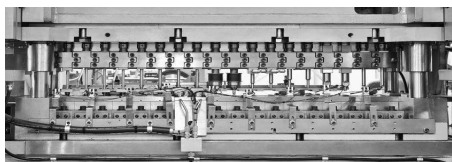


图 5 弹壳连续引伸挤口机床

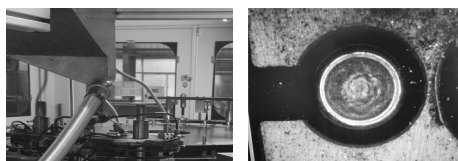


图 6 弹头快速检选

### 2.2 枪弹底火智能生产

底火击发药采用湿混法制造, 并按照传统手工操作流程, 设计并制造底火压成自动生产线, 大大提高底火的生产效率, 大幅减少危险场所操作人员, 提升企业本质安全度。企业管理人员对智能底火生产线进行管理, 同时运用 DCS 数据采集和安全风险监控等手段, 实时监控底火的生产过程, 从而建立起整个底火智能生产车间, 其在线生产制造数据与其他模块共享。

### 2.3 枪弹智能装配

枪弹智能装配模块包括底火智能装配、成弹智

能装配和成弹智能包装。如图 7 所示, 在底火智能装配中, 通过底火智能装配线, 自动化完成枪弹底火装配、底火点胶、弹壳口部涂胶操作, 通过光学元件检测弹壳底火装配深度和弹壳外观, 自动完成在线检测和分拣。



图 7 底火装配设备

成弹智能装配线与底火装配线通过物流管理和仓库管理系统连接, 按照生产排产的安排, 进行发射药自动称量和装药, 自动对不合格品进行分拣, 完成弹头、弹壳和发射药的装配。成弹后经过多工位检测转台, 进行弹长、体高、重量和外观等检测, 完成自动成弹质量拣选。

成弹拣选完成后, 仓库管理系统会对成弹进行出入库管理, 按照排产安排, 经过高速纸盒包装机, 可快速完成成弹的包装。此包装机具备自动上料分料功能, 能够通过成像检测和称重检测的方式剔除废品, 自动完成从单盒到多盒的塑封包装。

## 3 导入制造系统后的收益

如图 8 所示, 经过智能制造系统改造后, 提高了每百万发枪弹的良品率, 人工数量、弹头和弹壳生产周期减少, 另外, 底火生产线自动化后, 人员数量减少, 安全得到极大保障, 生产工序缩短, 工具用量大幅减少, 间接提高了企业经济效益。

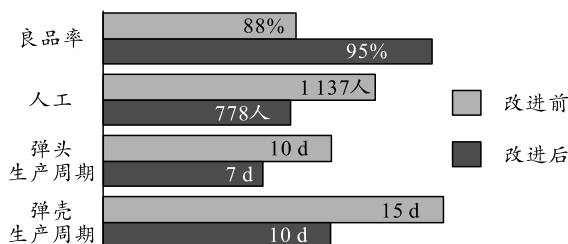


图 8 采用智能制造系统前后变化

## 4 结论

智能制造最重要的精髓是利用信息通信技术, 连接设计端、生产端与市场端的信息数据, 使设计人员快速回应市场需求, 而生产者在制造现场可以快速回应设计人员的设计修改。以公司的经验可知: 除了软件和设备自动化投资外, 还需要搭配合理化的工艺、标准化的操作、数字化数据采集等现场手法才能达到智能化改造的目的。