

# Research and Application of Digital Technology in Container Stamping Production

Denian Li

Shanghai Huanyu Logistics Equipment Co., Ltd., Shanghai, 200120, China

## Abstract

In recent years, "Industry 4.0" has led the development of new quality productivity. Advanced technologies have facilitated the transformation and upgrading of traditional manufacturing industries, enhancing efficiency. The production mode has shifted from manual and semi-automated to automated and intelligent production, achieving factory intelligence. The integration of artificial intelligence with manufacturing has promoted the application and rapid implementation of digital and intelligent technologies, reducing costs and improving efficiency in manufacturing, and accelerating the popularization of intelligent manufacturing. At the same time, more investment has been made in the research and development of digitalization and intelligence in container stamping production, replacing manual labor with automated equipment to ensure safety and increase efficiency, and implementing scientific and technological innovation to promote high-quality development strategies. This article explores the research and application of intelligent technologies in container production and processing, and analyzes the future development direction of intelligent technologies in stamping production.

## Keywords

new quality productivity; digital intelligence technology; container stamping; research and development and application; development trend

## 数智化技术在集装箱冲压生产中的研发和应用

李德念

上海寰宇物流装备有限公司, 中国·上海 200120

## 摘要

近年来,“工业4.0”引领新质生产力发展,先进技术助力传统制造业转型升级、提效。生产方式从手动和半自动化转向自动化、智能生产,实现工厂智能化。人工智能与制造业结合,推动数智技术应用和快速实施,为制造业降本提效,加速智能制造普及。同时,加大集装箱冲压生产数字化与智能化研究投入,以自动化设备替代人工,保障安全、提高效能,实施科技创新推动高质量发展战略。本文探讨智能化技术在集装箱生产加工中的研发与应用,分析未来冲压生产智能化技术发展方向。

## 关键词

新质生产力; 数智化技术; 集装箱冲压; 研发及应用; 发展趋势

## 1 引言

集装箱制造业是需大量材料和劳动力的产业。目前,我国集装箱制造行业面临劳动力紧缺、用工成本上升问题,用工需求紧迫。智能制造时代,实现集装箱自动化和信息化生产是推动产业持续发展的关键。在集装箱零部件制造中,充分整合数字技术与智能制造技术,引入信息通信和自动化技术,推动制造业数字化与智能化转型。

【作者简介】李德念(1983-),男,中国江苏徐州人,本科,工程师,从事机械工程及自动化研究。

## 2 冲压生产制品设计概论

### 2.1 模具概念及其在生产中的作用

#### 2.1.1 模具概念

在零件的冷加工制造中,各类折弯机、压力机以及配备的专用工具被广泛使用。通过调整这些设备的压力,可以让金属或非金属材料在特定工具内产生变形、裁切、冲压、改变形态,以达到所需的形状和尺寸。这些特定的工具统称为模具。

#### 2.1.2 模具在生产中的重要性

在工业制造领域,模具是价值高、重要性强的关键器件。如今,模具在我国地位显著,几乎成为评估制造业水平的重要标志,作为国家制造业核心,在机械工程、电子通信和交通领域发挥关键作用。这些行业中,大部分产品采用模具加

工制造，产品质量主要取决于模具精度和设计效率，模具细微差别会影响产品综合性能。模具技术的进步直接推动制造业升级，提升生产效率和产品质量。现代工业进步和技术提升很大程度上依赖模具行业发展水平，其技术水平和发展情况反映国家工业进步程度，是评估国家工业综合实力的关键指标之一。

### 2.1.3 模具的研发设计

改进模具设计，提高制造精度，研究开发组合式模具，增强模具切换的便捷性和适应性，是提升生产效率的关键。

模具设计正从经验设计阶段转向理论计算和计算机辅助设计阶段。冲压成型过程中，落料、冲孔和折弯工艺各有特点，模具类型多样，但换模流程不变。应用 CAD/CAE/CAM 等现代化设计工具，能显著缩短模具设计与调试时间，提高模具使用效率（如门横梁冲孔可设计组合模具包含 6 至 10 个小孔和两个大孔），进而降低生产成本、提升产品质量。

## 2.2 冲压加工工艺及其应用

### 2.2.1 冲压工艺的特点

冲压也叫冷加工，是一种制造技术。它在常温下，利用模具和压力机对材料加压，使其变形或分开，满足产品工艺的形状、尺寸和精度要求。与其他机械加工相比，冲压加工有诸多特点：（1）制造效率高，低成本、批量生产一致性强；（2）降低原材料消耗，减少或防止生产废弃物；（3）

部件质量稳定可靠，通用互换性优良；（4）制作工艺简便，用模具加工对工人技术要求不高；（5）零件和产品可直接成型，无需额外加工；（6）能制造其他方法难以实现的复杂形状产品。

### 2.2.2 冲压工艺的应用

冲压工艺因特性独特而广泛应用，从电子零件、仪表指针到汽车车身覆盖部分、大梁，高压容器封头，航空航天器外壳、机体等，都需冲压技术支持。如今，冲压制品在现代汽车、拖拉机、电动机械、仪器设备、无线电电子产品制造业及日常生活中都至关重要。

## 3 数智化在集装箱零部件加工上的投入及应用

### 3.1 集装箱零部件的主要组成部分

集装箱结构含底架、前后端、两侧板和顶板共六个面，由前后角柱、底梁等几十个零部件焊接组成。各零部件经卷钢展开、喷砂、预涂层、剪裁、冲孔缺口、弯折等加工工序制成。

### 3.2 集装箱传统零部件加工与数智化研发后的加工工艺对比（前角柱为例）

（1）前柱组件传统手工制造工艺。数智化改造前，前角柱加工流程为：人工剪切板材预处理，再吊运至冲缺、倒角、折弯工作站，最后送至物料存放区。工艺图见图 1。

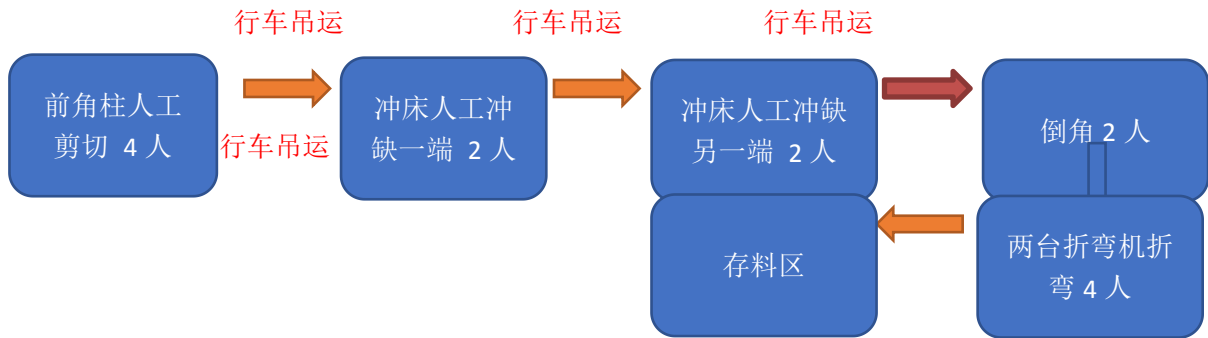


图 1

为满足日常生产需求，至少需 14 名员工，但各工艺独立运行，生产效率仍不高，且存在如下风险：劳动量较大，人工剪切工位抬板和定位推板阶段，针对 900 台生产目标，要抬 600 张约 122 公斤的钢板，每天抬钢板总重 7.32 吨，冲缺和折弯工位每天也抬约 7.32 吨钢板，这类高强度岗位需年轻健康员工，但因强度高，人员流失严重，人工作业如图 2 所示。

冷加工作业时，因定位、摆放等因素，操作人员为方便常不采取保护措施，将手放折弯区域，刀具掉落或操作配合不当时，手易被夹致工伤，此类情况常见。每天搬运超 7 吨板材，人体易疲劳致安全意识下降，环境中的温度、噪声等也影响舒适度，导致安全意识不强、操作不规范。每年集装箱零部件加工会发生多起安全事故，如手指骨折等严重工

伤，通常由操作不当、设备故障或安全措施不完善引发。

（2）数智化升级后的生产技术通过自动化设备完成板材剪切、冲缺、倒角、折弯等工序，仅需少量操作员监控，大幅降低劳动强度和工伤风险。系统精准控制，提升加工精度和效率，减少人为误差，保障生产安全。每年安全事故显著减少，员工工作环境显著改善。

工艺图见图 3。

### 3.3 冲压技术的数字化与信息化

冲压行业作为金属成形领域的核心分支，其生产模式正经历从传统制造向数字化、智能化的深刻变革。MES（制造执行系统）作为连接企业计划层与控制层的关键枢纽，已成为冲压行业提升效率、优化管理、实现精益生产的核心工具。通过 MES 系统，实时监控生产数据，优化排产计划，

减少物料浪费，提升设备利用率。数字化冲压线实现精准控制，降低能耗，提高产品质量一致性，助力企业迈向智能制造新阶段。MES 系统的引入，不仅提升了生产透明度，还

通过数据分析预测设备故障，提前维护，避免停机损失，进一步优化生产流程，确保高效稳定运行，推动冲压行业向智能化、高效化方向发展。



图 2

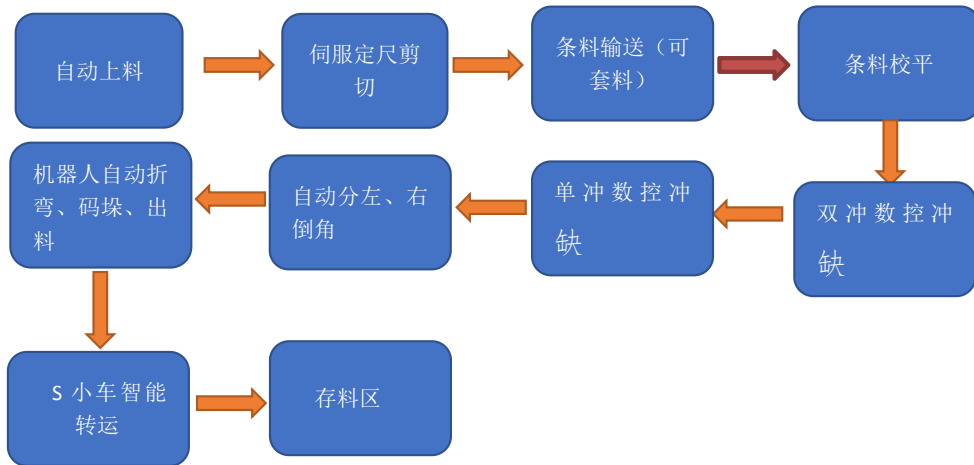


图 3

## 4 冲压数智化技术研发的可行性和实施过程的技术方案

### 4.1 设计总体思路和方案

通过运用多种智能技术，目标是提高集装箱零部件的生产效能，同时保障其安全性。研发的核心技术方案包括：

- (1) 自动折弯流水线的设计与使用；
- (2) 开发和实施综合布线解决方案；
- (3) 进行精准定位技术的探索与创新；
- (4) 对物流智能化技术展开研究与应用；
- (5) PLM 和 MES 系统的开发应用。

### 4.2 研发的目的和意义

为贯彻国家和集团数智化发展理念，我们提出以产品与工艺装置创新双轮驱动策略，旨在数智化转型中增强管理能力，推动造箱企业健康、环保、高质量发展。企业从集装箱零部件冲压制造入手，在提升生产效率时，始终将安全生产放在首位，体现对生命的尊重与对安全的关注，强调人本至上和本质安全理念<sup>[2]</sup>。

### 4.3 开发内容和目标

① 冲压机械设备联合布线技术依托集控技术系统，实现设备与计算机双向数据通信。该系统由控制系统、检测仪表等组成，结合 PLC 编程信息和现代测控技术，应用于集装箱零部件冲压领域。

② 通过伺服系统实现精密定位和定尺。将前后角柱、门槛、门楣等部件冲压成型尺寸参数输入系统，PLC 接收指令并输出信号，伺服滚珠丝杆驱动，机械夹钳完成产品剪切、冲缺、倒角和折弯操作。

③ 使用 CAD/CAE/CAM 等现代设计工具，以计算机进行模具理论设计，尤其组合模具的研发，让模具冲压过程更灵活高效、切换更方便。

④ 利用智能运输小车连接冷作多条复合线，实现复合线自动进料与精准自动存放。通过按钮无线传输信号，可无人干预下料，搬运后将材料送至指定存放区。该方式有助于减少行车使用，增强车间安全性。

⑤ MES 系统可实时监测分析生产数据,实现车间信息流与物流透明管理,降低库存成本。它提升了生产过程精益化管理水平,还通过数据分析和决策支持,帮助管理者快速决策产能平衡,增强生产效率。

主要的研发目标

①提升生产设备自动化水平,实现冲压机械集中部署与控制,以智能技术取代人工作业,改善工人工作环境与强度,提升生产效能,减少安全风险,增强本质安全性。

②提升冲压件质量,确保其在后续工序中有准确装配定位和稳定焊接性能。

③应用这些技术可节省 80% 人工需求、降低 90% 起重机械使用频率,显著降低成本和能源。

#### 4.4 关键技术方案和创新研究

##### 4.4.1 解决的关键技术

###### ①联合集中布线技术

革新传统钣金折弯技术,打造机器人折弯流水线,涵盖前角柱等各类生产线建设。生产线集成自动上料等多项功能,提升生产效率。研究设备与计算机双向数据传输集成控制技术,应用于冲压行业,实现联合布线集控,转变生产方式为一体复合生产线,可加工多种产品。

###### ②精准定位技术

利用伺服定位技术结合高精度传感器和闭环控制系统,开发伺服滚珠丝杆,确保冲压成型设备精准定位和定尺。开发智能物流小车定位技术,采用编码器和传感器双重定位系统,避免定位误差。

###### ③自动物流数智化技术的应用

设计“S”形智能运输小车与下料平台精准对接。智能防撞系统利用雷达传感检测障碍物,实现扇形多区域感应,保障小车运行安全。任务队列和可视化技术用于上位机排序任务,操作人员可实时了解任务详情和位置并中止任务<sup>[1]</sup>。

###### ④ PLM 和 MES 系统的开发应用

引入 PLM 与 MES 系统推动工厂数字化转型和智能化升级,融合应用于集装箱部件冷加工生产管理。PLM 系统安排加工计划和工艺要求,实现图纸无纸化审核和传输,包含审核流程,监控任务进展,保障生产透明度和可控性。MES 系统采集分析生产数据,监控信息流和货物移动,管理者据此决策生产能力平衡。

##### 4.4.2 主要技术创新之处

①优化布局与 PLC 编程,实现电气控制逻辑化,整合工序成集中复合生产线,结合多设备形成高效流程,调整参数可加工多种组件,节约成本、提升效率。

②研发复合模具,依工艺需求设计调整定位销,优化伺服控制参数,一套模具可完成多部件冲孔和切剪。

③“S”形小车用于智能物流,感应雷达实现多区域感应,双重定位确保精准,接收信号后自动下料,与冲压复合线无缝衔接。

④实现前、后角柱自动分开加工,自动化机器人调整模具和定位装置,机械臂自动堆垛,提高装配线效率。

## 5 数智化研发完成的主要技术指标和成果

### 5.1 主要完成的主要技术指标

通过引入先进布线创新技术和组合模具研发,剪板、冲压和折弯等流程实现全面自动化,生产车间人数从 90 人减至 16 人,人工需求减少超 80%,工作量下降超 90%,既提高安全性能,又节省能源消耗和用工成本。

我们注重提高产品加工质量,确保冲剪件剪切口斜度在板材厚度 15% 以内,长度和宽度公差  $\pm 1\text{mm}$ ,对角线公差 不超 2mm,剪切边毛刺控制在 0.3mm 以下。

智能小车可自行导航至指定工作站装料,以每分钟 25 米速度行进,装载后自动运往指定地点,总行程达 100 米。小车自主运行可节省至少四个岗位人力,提升车间物流运输智能化程度。

### 5.2 主要项目成果情况

数智化改造后,生产从孤立模式变为集中一体线,改善安全环境、提升效率、优化物流。

①改善安全环境:科学布局,整合单机加工设备为一体系统,创新工艺使人工操作自动化,提高加工自动化水平,确保人员与设备安全距离,防潜在伤害。

②提升生产效率:项目推行以自动化为基础的安全生产管理,与改造前相比,劳动力减少超八成,生产效率却提升 30% 以上,设备利用率提升至 95%,实现高效产出。

③优化物流流程:智能小车与生产线无缝对接,复合生产线从原料到成品无需行车和叉车,减少对行车依赖,即节省能源,又防交叉作业安全问题,打造良好车间环境。

④降低运营成本:自动化生产线减少人工干预,降低误操作风险,提升产品质量稳定性,减少维修及返工费用,综合成本降低 20%,实现经济效益最大化。

## 6 社会效益

通过自动化革新,提升产品质量与生产效率,降低成本,增强市场竞争力,推动行业智能化升级,助力制造业高质量发展

数智化改造不仅提升企业竞争力,更推动行业技术进步,带动区域经济发展。减少人工操作,降低职业病风险,提升员工幸福感。环保节能措施减少废弃物排放,助力绿色制造,彰显社会责任。

## 7 结语

### 7.1 数智化技术在冲压生产中的发展趋势

智能制造是自动化技术演进的必然结果。灵活生产体系由制造、运输和信息管理三大核心组件组成,致力于提升技术在自动化、信息和生产行业的应用。冲压零件生产领域关键技术进展是柔性制造技术成熟,主要体现在:

(1) 设备功能多样,可执行多种加工任务、支持批量生产,提高利用率、减少生产时间。

(2) 操作灵活,加工工艺一致时工件处理方法多样,机器故障可动态调整。

(3) 制造路线适应力强,工件生产可通过多样路线完成,利于设备负载分配,增强运行稳定性与可靠性。

(4) 加工过程柔性化,可同时生产多种产品,混合比例灵活,满足客户需求。

## 7.2 冲压生产柔性技术未来的发展方向

6.2.1 向小型化和模块化发展:为在中小企业推广,柔性制造系统(FMS)正从复杂大型结构转变为经济高效、操作稳定且易管理的小型化和模块化系统,灵活性高,适合中小企业需求。

6.2.2 朝着模块化与集成化的趋势发展:为让制造商按需逐步购买并扩展整合系统设备,FMS软硬件将朝模块化演进,先整合FMS,再以其为核心组建CMS。

6.2.3 实现智能化控制:先构建动态监测系统观测参数,参数变动时自动系统即时收集实时数据,利用软件找出最优工艺参数配置,用自动化控制系统调节参数实现智能管理,

新生产数据可为未来加工流程优化提供资源。

## 7.3 数智化技术应该存在的不足之处和建议

智能物流网络一体化运行监控水平待提高:物流系统环节多、要素复杂,目前监控设备主要用于记录,难以精准控制设施设备使用状态等信息,需人工判断和被动介入处理。为提高整体运作效率,需在认知、感知和控制能力等领域加强并改进监控<sup>[1]</sup>。

物流信息孤岛问题待解决:智能物流系统运行依赖多环节协同,目前技术主要用于冲压车间,无法满足物料承接与输送需求。为增强全局协调能力,需整合数据,从整体系统视角制定统一物流模式覆盖各生产环节,提升工厂智能化水平,应对新挑战。

## 参考文献

- [1] 姜奎华主编. 冲压工艺与模具设计. 北京:机械工业出版社, 1997.5
- [2] 徐刚,鲁洁,黄才元. 金属板材冲压成形技术与装备的现状与发展. 锻压装备与制造技术, 2004.4
- [3] 李硕本等编著. 冲压工艺理论与新技术. 北京:机械工业出版社, 2002.11