

金属板材加工智能化生产体系构建

文 | 资明庚、张涛、蒋鑫 · 强珠海格力电器股份有限公司

摘要

金属板材加工智能化生产体系基于前端产品开发、工艺设计 PLM 系统，构建从订单、研发、设计、工艺、生产、仓储、物流的全流程智能化生产管理体系，通过高度的自动化生产流转与信息

实现工厂制造效率与制造水平的双向提升。本文将重点介绍数字化、信息化、自动化在钣金加工智能化生产管理体系构建的应用。

引言

网络技术促进了线上市场的繁荣，

而随着线上市场的不断透明化发展，市场竞争日益加剧，消费者对商品的质量、多样化及交付周期要求越来越高，为适应时代发展，制造业企业必须提高交付标准，因此，企业高效稳定、柔性化的制造体系优势更加突显。以钣金加工制造行业为例，传统的生产管理模式作业



图 1 金属板材加工智能化生产体系构建

壁垒，信息无法得到及时传递、物资流动效率低，制造过程中断点现象频发，各种浪费层出不穷，产品质量得不到稳定可靠的保障，订单交付效率低，不利于企业的高质量发展。

数字化、智能化为代表的新质生产力日益在制造业转型升级过程中发挥重要作用，智能化、数字化、信息化与自动化的融合应用已成为现代化制造的强大竞争力，通过智能化技术的应用，促进工厂的转型升级，实现“工艺设计数字化→排产信息化→调度智能化→生产加工自动化→作业管理信息化→仓储物流智能化→数据采集自动化→工装管理信息化→上线周期管理→数据看板→制造体系持续优化”过程的智能化生产体系构建，通过底层数据自动采集系统处理后在上层系统进行集中展示，构建数据驱动的三维透明化加工车间，可对快速生产决策提供科学指导，针对异常迅速反应，进一步优化企业全流程的价值链路。

钣金加工智能化生产体系是信息化、网络化、自动化、智能化技术与制造技术的交叉融合，以工艺设计与生产制造一体化为基础，均衡生产流程、优化生产工艺，金属板材加工智能化生产体系构建如图 1 所示，是实现研发、设计、订单、计划、生产、检验、仓储、物流等各环节优化和整合的一种高效生产制造模式。

PLM 系统数字化管理的应用

PLM 系统是企业实现数字化管理的重要手段之一，PLM 系统通过标准化管理架构，将企业的研发创新、产品设计、工艺文档、试制链路、外协采购、生产制造、零件图文和项目管理等

业务版块进行数字化集成管理，实现企业资源的数字化管理与内外部信息联通利用，建立企业管理资源库，改善企业资源组织结构，优化各类资源的柔性化配置，实现企业优势资源最大化利用。

产品管理数字化

ERP 中的订单确认后，即可形成对应的生产计划需求，计划下发到对应的生产制造系统，生产计划组根据 MBOM 清单对应的物料属性，分解订单采购与自制生产，PLM 系统则按照既定的规则将 EBOM 转换成 MBOM，构建 EBOM 与 MBOM 之间的实时数据关联，并对零部件 BOM 涉及的工艺规程进行管理。

通过 PLM 系统对 BOM 的生成进行标准化管理，减少企业资源的浪费。为满足市场对产品定制化、多样化的需求，同一规格的产品需设计多款型号，搭载不同的外观与功能，应对不同的使用场景，这就导致配套的钣金零件种类繁多，图文设计变更频繁，生产切换频繁，大量的时间与加工资源浪费在不增值的校准、编程、工装、模具切换步骤。为提升不同型号产品配套钣金零件的兼容性，需依据 PLM 系统的链接规则对产品进行精益设计及标准化管理，同时采用仿真设计与模生产等先进技术，优化设计

结构，减少生产辅料的使用，并从源头确定各型号产品对应的 X 系列钣金零件结构通用化特征及同系列零件模块化的 BOM 电子清单。

采用标准化、模块化的 BOM 电子清单管理，消除因设计员或设计理念的变化对成熟产品设计功能和可装配性的不利影响，通过系统对对应的物料编号进行分类分族管理，严格进行设计图文

下发签审，并不断优化完善，形成产品模块化精益设计标准，缩短设计周期，提升设计面向生产的适应水平，同时也有利于产品设计部门构建标准化的新人培养体系，缩短新人培养周期。

工艺管理数字化

零部件工艺规程管理是设计到制造的基础保障。通过构建企业标准工艺规程要求的工艺资源体系，按照分类定义工艺系统中的工艺资源类别，实现工艺资源的集中管理，并采用结构化的数据框架将产品涉及的工艺标准、设备选型、模具、工装容器、工艺参数、原材料等有序的关联管理起来，形成能直接指导生产的完整工艺规程数据，同时将常规的工艺术语在 PLM 系统中进行嵌入式语言管理，方便设计员直接引用这些常用术语，提升工艺规程编制效率与规范度。

工艺变更与签审管理，基于 PLM 系统强化设计工艺一体化变更管理，提升工艺变更管理可控性，增加设计工艺一体化变更中设计更改的工艺会签环节，通过协同编辑程序实现 MBOM 数据的同步变更，建立对工艺资源数据的创建、审核、更改功能，限制不同账号的更改权限与设置生产管理人员签审环节，只有经过各环节签审的工艺规程才能投入到批量生产，同时系统以历史数据标识设计变更信息，保障设计工艺信息的一致性。设计更改归档后，下发工艺更改任务，整个流程在历史数据栏进行显示，方便管理人员查看变更过程信息，实现设计工艺一体化更改数字化闭环管理，并在生产车间配置 PC 端，方便生产班组直接查看电子工艺规程，消除纸质图形文档的打印与流转，实现工艺规程与图文数字化管理。

智能化钣金生产车间的构建

智能化工厂建设基于钣金自动化加工设备，如大型冲压自动线体，伺服冲压设备，自动化数控加工设备，集成工业机器人系统，配套 AGV 装备、WCS 智能仓储系统，如图 2 所示为金属板材加工自动化装备管理架构。通过冲压自动产线与数控柔性化装备配置，实现批量化产品的全自动生产、定制化产品的柔性化加工，应用工业机器人集成自动生产线，替代传统四高岗位，减少生产过程中的不确定性因素，为标准化数据采集与智能化集成应用构建基础。

通过 APS 订单自动排程系统、MES 制造执行系统、SCADA 设备联网技术、工业互联网控制技术，实现生产过程中各类数据的实时更新与数字化集中管理，最终实现生产作业、设备状态、QMS 质量、物流转运、仓储调动、人员工时、看板管理等生产保障的多个维度数字化。

大吨位高速冲压自动线体

冲压自动化生产线在行业应用已有二十余年，前期多采用机械手或机器人移栽串联的方式进行自动化冲压生产，生产节拍在 10 件 / 分钟以内。为进一步提升钣金冲压生产效率，并兼容多工序柔性化生产，通过大型冲压设备与自动机械手集成设计，应用集送料、校平、切断三位一体式的卷料加工传输系统，实现卷料到片料的自动传输，500T 冲床搭载能够在 XYZ 三轴空间立体高速移动定位的机械抓手，实现钣金在多工位的复合模具连续冲裁压型加工，冲裁废料通过地下自动输送系统进行集中处理，并配置零件后工序自动堆垛，实现从原材料到成品的全自动化生产。

大吨位高速冲压自动线体的应用，革新了一直以来钣金冲压人员密集型的生产作业模式，其配套模具采用多工位一体化设计，配合三轴自动化机械手，最终实现主要钣金零件的高速全自动化生产，生产效率提升一倍，人员投入减

少到原来的五分之一，是构建智能工厂的生产力基础。

钣金全自动数控加工中心

商用钣金生产以离散型为主，其订单多为定制化产品，零件种类多、零件结构复杂，往往通过数控编程的方式组合其加工特征，再采用激光切割、数控冲床、数控折弯等方式进行加工，这就导致加工过程周转频繁，物资与信息均得不到实时有效的管控。而通过设备布局、自动化流转对接装置设计，组建集成式数控钣金加工中心，可实现商用钣金智能化加工过程“材料入库→订单编程→自动套裁→材料对接→数控冲切、激光切割→数控折弯→自动仓储→自动出库→过程管理信息化→数据看板”，是信息化与自动化融合的集成应用。

数控钣金加工中心以智能立体仓储系统为中心，通过自动化物料对接装置联动数控冲床、激光加工中心、折弯中心，实现从原材料到成品的全自动化生产与出入库管理。基于自主开



图 2 金属板材加工自动化装备管理



图 3 钣金全自动数控加工中心信息化管理

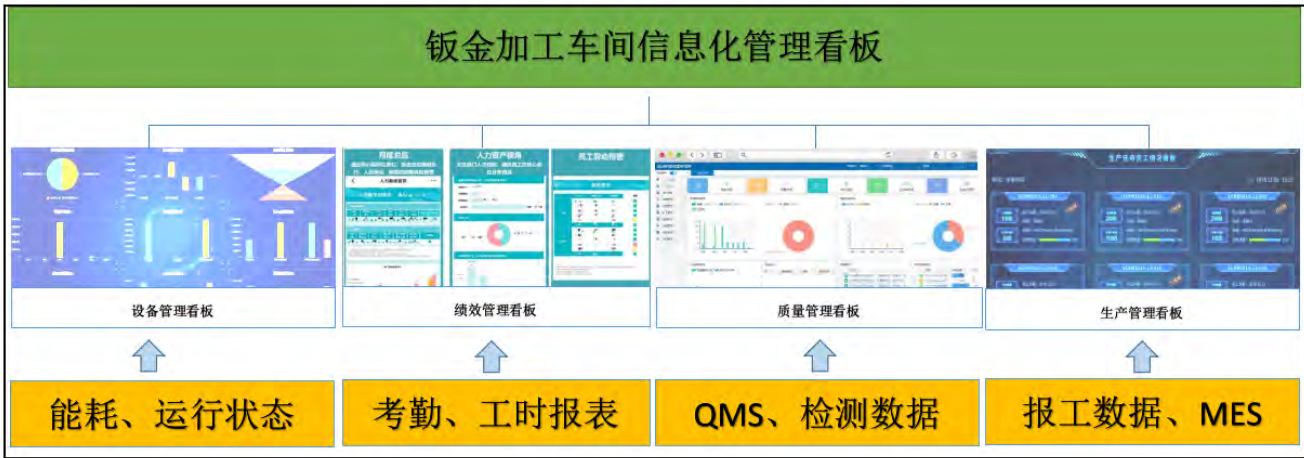


图 4 钣金加工车间信息化管理看板

发的 MES 系统，生产订单实现自动排产，同步创建原材料出入库任务单对接 WCS 立体库系统，实现立体库与自动化设备单元的自动交互，采用 iFIX 工程组态软件技术，线体各项数据联通交互均在屏幕可视化管理，钣金全自动数控加工中心信息化管理如图 3 所示。

同时应用仿真编程软件进行离线编程，实现数控加工过程不停机切换。

通过标准化的实施过程，以行业通用的 WCS 立体仓储、冲剪复合机、激光切割机、折边加工中心，配套标准的自动对接上下料装置，开发 MES 信息化系统，结合公司自有数据的 ERP、

PLM、MPM 等系统融合应用，实现商用钣金加工智能化生产。

智能立体仓储系统

传统的仓储模式为平面库人工运维模式，该类以铁框架划分库位的仓储模式需要大量的运维员工与机动叉车，物料的查找、分拣、齐套均需靠人工进行

操作，出入库记录也完全使用纸质工单进行记录，很难做到信息化、智能化的管理，立体库没有得到高效应用。

智能仓储系统由 WCS 仓储管理系统、自动化高架库和自动循环牵引车组成，WCS 仓储管理系统具备本立体库自身仓储信息，同时能够与订单排程系统数据交互，获取外协厂对应订单库存情况、物资中心物料库情况以及在制的物料信息，并对接 MES 系统对生产订单与库存进行扣减排程，以减少生产过多导致的库存浪费，按区域运行的自动循环牵引车则保障各冲压线体的订单被准确运输到立体库进行入库管理。

为消除人工查账与配送周期不足问题，保障安全库存的同时最大限度发挥车间产能，WCS 仓储管理系统按照总装上线时间对订单进行出库提示，配送人员按照提示进行确认出库即可，在保障安全库存的同时最大限度发挥车间产能。

信息化管理看板

信息化管理看板是管理者对车间生产涉及的各项指标进行统筹分析的重要工具，是现代化车间管理的应用趋势。车间管理信息化看板基于 MES 系统实现对车间生产全方位的信息管控，将物料管理、质量管理、人员管理与生产管理信息有效融合，构建起全方位、系统化的作业管理体系，钣金加工车间信息化管理看板集成如图 4 所示。

1. 生产管理看板：车间管理人员能够通过生产管理看板，了解生产计划执行过程产品的生产进度。生产管理看板基于车间作业的生产数据，对各订单进行进度统筹，将异常订单、特殊加急订单、交期临近订单显示在最前列，管

理者还可看到对应订单专项负责人，对最终订单结果进行记录，月度进行数据汇总分析，得出最佳保障人员并进行生产保障专项奖励。若是发现进度与相关生产计划偏离，便可第一时间展开调查分析，进行及时的生产调度，以确保产品能够在预期进度内完成。

2. 设备管理看板：系统通过调用设备联网数据对设备进行分类管理，并实时监控设备的运行状态，对异常设备汇总显示，管理者可查看设备异常原因，汇总影响的工时产能信息，以此作为基础进行设备产能分析。此外，系统通过与能源供应装置进行数据对接，实现对设备周期能耗的监控，提示异常能耗，以发现隐蔽的设备问题。

3. 质量管理看板：订单信息与质量检验数据绑定，能够实现相关产品生产的质量信息管理。系统通过在各个加工环节收集产品的质量状态信息，并经过按照特定逻辑进行汇总分析，明确产品质量的关键影响因素，对比目标质量与实际质量之间存在的差异，明确加工过程所需要重点监控的步骤，并加强监管生产过程的力度，以此有效提升车间生产质量。

4. 绩效管理看板：系统依据车间作业报工，实时更新员工上岗情况，对缺勤人员进行记录缺勤原因，自动生成缺勤影响产能，月度进行数据汇总，作为绩效考评依据。并对作业人员学习成长、现场管理、质量以及生产等多个方面进行综合数据评估，使绩效考核的实施更加流程化与标准化。通过数据分析对比，能够让作业人员更加明确自身的问题与不足，进而提升工作的主观能动性，提升车间的人员产出效益。

小结

钣金加工智能化生产体系构建，基于信息化、网络化、自动化、智能化技术与制造技术的交叉融合，以工艺设计与生产制造一体化为基础，均衡生产流程、优化生产工艺，并具备一定的数据分析与异常处理功能。智能化生产体系依托数字化管理手段，优化企业生产资源结构，是企业进一步发挥优势资源的重要途径。MFC