

# 大型冲压线体的智能化集成与应用

文 | 资明庚, 何洋, 张家林 · 珠海格力电器股份有限公司

以钣金零件交付保障为中心, 大型冲压线体智能化设计方案集成了先进的快速换模系统、废料自动处理系统、IFIX 数据采集系统、工业互联网技术、工业机器人技术、大型伺服冲压设备、光电感应系统及智能化集中控制系统, 前后端分别链接 MES 信息化管理系统和 WCS 智能化仓储系统, 形成了高效的金属板材冲压加工应用模式。

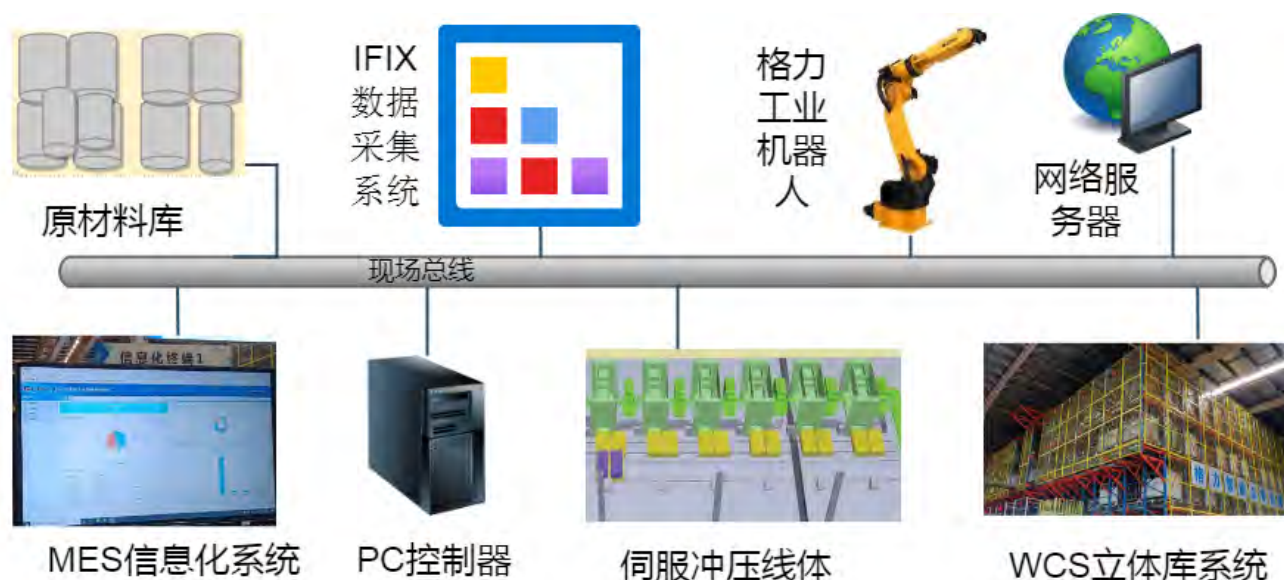
## 引言

随着市场经济的不断发展, 客户对制造业产品的个性化、多样化、功能维度融合化要求也在逐渐提高, 各大设计软件层出不穷, 功能日新月异, 与之对应的是前端产品设计的快速更新换代, 这就要求制造业企业在生产过程中要有更高水平的柔性制造能力, 以应对订单种类的需求变化。以钣金作为各类电器产品主要的配套零部件, 其生产加工形式主要为模具冲压加工, 生产过程中涉及设备、模具、工艺、材料, 传统的单线体冲压生产模式容易形成孤岛作业, 信息无法得到及时流通, 不能有效帮助管理者快速决策, 生产过程中各种浪费层出不穷, 产品质量得不到稳定有效的保障, 对于企业的发展极为不利。

近年来, 随着钣金加工行业对信息化管理系统、快速换模系统、废料自动处理系统、IFIX 数据采集系统、工业机器人技术、大型伺服冲压设备、WCS 仓储系统、光电感应系统及智能化集中控制系统的集成研究不断深入, 各大先进软硬件技术的集成配置, 为冲压行业智能化发展奠定了基础。

## 应用背景

传统的钣金自动冲压线体以连杆式机械手、工业机器人连线为主, 在客户需求多样性增长与设计水平不断提高的背景下, 部分新增大零件在现有的冲压线体存在切换速度慢、生产效率低、工序周转次数多、信息不流通、异常反应滞后、作业管理人员密集等问题。1. 生产效率低, 生产过程中需人工提前准备原材料片料, 由班组长进行工作量的分配, 每台设备切换不同模具产品均需专门的调模师傅逐个进行调试, 由于调试师傅有限, 因此存在大量外部切换时间, 整条线体涉及的原材料、模具、机械手、工装等每次切换需 2.5 小时以上; 2. 作业强度高, 零件工序之间转运由人工操作, 需手伸进模腔进行片料、半成品零件的调试操作, 危险性高, 属典型的四高岗位, 且人工操作存在诸多不确定性, 不利于标准化的产能保障; 3. 资源配置低效, 传统的管理方式无法充分发挥信息与数据的指导作用, 各项配置需通过人工进行一一排查与准备, 无法充分发挥生产资源的有效价值, 只有通过智能化集成, 减少资源配置过程中的浪费与滞后, 才能促进整体生产效益的提升。因此, 结合国家智能制造 2025 的发展背景, 以钣金零件交付保障为中心, 设计大型冲压线体智能化集成方案, 实现快速换模系统、废料自动处理系统、IFIX 数据采集系统、工业机器人技术、工业互联网技术、大型伺服冲压设备、光电感应系统及智能化控制系统的集成应用, 其前后端分别链接 MES 信息化管理系统和 WCS 智能



化仓储系统，形成大型的智能化冲压生产模式。大型冲压线体智能化集成配置如图 1 所示。

### 智能化集成应用方案设计

精益化、信息化与自动化的融合应用是实现智能化生产的前提。为消除交叉物流，线体布局的前端靠近原材料库，后端靠近立体仓库，整体实现精益一个流生产，线体配置了 7 台格力工业机器人，每台冲压设备之间和线体前后上下料端各配置 1 台工业机器人。线体的生产计划由 MES 系统直接下发，系统提前进行计划预排，以便原材料与模具的提前准备，减少内部切换时间，模具采用一键切换的自动换模台车，片料站采用一备一用可快速切换，针对不同的零件，工业机器人控制系统提前调试好了动作程序，一切信息准备就绪后，由 PLC 集成数字化控制系统进行各大硬件的联动控制。冲裁过程中产生的废料落到设备地基中间的废料传输装置，由地下输送线统一回收至废料站，零件则按照固定节拍下线输出，经装笼打包送入 WCS 立体库。

### 智能化冲压线体的硬件配置

#### 伺服冲压设备的应用

大型伺服冲床是保障线体高精度运行的基础，伺服压力

机作为一种高精尖的现代化冲压设备，其在多台设备集成联动的应用优势显而易见，是实现冲压智能化生产的基础支撑。伺服冲压线体采用系统集成控制的方式，各设备通过联网系统进行信息传输，从而实现冲压控制信号在系统形成连贯的同步动作，通过 PLC 控制系统与工业机器人控制系统进行联动，保障钣金零件的顺利传输，同时 PLC 系统通过现场总线与 IFIX 系统进行信息交互，线体各设备信息及生产状态信息均实时传输到终端显示页面，大型智能化冲压生产线体如图 2 所示。



图 2 大型智能化冲压生产线体

伺服压力机之所以能够作为线体智能化集成的基石，在于其核心技术为先进的伺服电机控制系统，伺服电机与传统步进电机相比，运行过程中能够提供更加精准的转速及位置控制，在驱动技术、节能环保、精确控制等方面均有巨大优势，由伺服马达驱动的压力机，冲压力直接由伺服马达的扭力输出转变而成，低速大扭矩伺服电机和齿轮实现直接驱动，减少了中间传动变速环节，确保传动过程的可靠性和能量转换效率。

伺服电机系统带有运行监测装置，实时监测伺服电机的工作状态，保障异常能及时被发现报警，冲压过程中通过光电感应系统进行数据采集，数据采集系统与 MES 设备管理部分进行信息交互，能够实时监控钣金零件的生产状况，对生产过程中异常的问题及时进行预警并迅速反应，异常信息推送到对应的技术人员进行跟进处理。

### 工业机器人的应用

工业机器人以其高柔性化与自动化的特点，成为智能化冲压线体零件传输的首选，通过示教编程，其能够以任意姿态配合高速伺服冲压设备的动作，实现冲压线体的生产联动。线体搭载格力自主开发的 GR 系列工业机器人，不同类型零件切换过程中只需要在系统选定对应的动作程序，更新端拾器的挡块与吸盘位置，即可实现线体传递方式的快速切换，最大程度上减少了内部切换工作，提升了设备整体稼动率。

基于工业机器人的不同产品的夹具进行通用化设计，且在线边放置，每类零件均提前进行示教调试，当线体硬件准备完毕后，可针对生产需要进行一键切换动作程序。通过工业机器人实现线体板料的传输供应，板料切换由左右磁力分张台车完成，台车自动开进开出、自动定位，当左右台车板料相同时，拆垛机器人在拆完一个台车料垛后，会自动更换到另一台车，无需中断生产。工业机器人实现了线体伺服冲压设备之间的零件传输定位，是冲压设备之间完美配合的牵线搭桥者，机器人控制系统通过与线体总的 PLC 控制器进行连接，可由 PLC 控制器对信号进行统一调度集中处理，从而实现各配套系统的信号联动。

### 废料自动处理系统

冲孔落料是钣金冲压成型的主要工艺方式之一，空调钣金零件在生产过程中，避免不了有冲孔、切边等特征结构的落料工序。冲孔切边产生的废料需及时进行处理，通过配置地下刮板式废料处理系统，废料处理系统能够实时对生产的

废料进行集中传输，无需人工干涉，提高了现场物流周转率与空间利用率，保障了零件的高效冲压生产。

传统的冲压线体需人工定时对模腔进行废料清理，生产过程中导致设备点停频繁，影响了线体生产效率及产品质量一致性，且在进行冲压生产线规划建设时，需要在冲压设备周边安装换模台车、机器人、供料机等配套生产必需设备，周围再增加废料输送装置，则必然导致线体空间利用率降低，增加了线体切换难度。为消除人工干预与停机处理造成的产能浪费，线体在设计方案时充分考虑了废料处理系统的布局、处理方式及对生产线的要求等，力求最大程度减少占地面积、消除废料处理过程对线体生产的影响，在线体地基建设时同步开展了地下废料处理轨道的布置，产生的废料通过地道进行实时运输，不占用地面空间，自动完成废料的清理。

### 模具快速切换系统

模具快速切换系统通过一备一用的配置方式，能够实现不同订单的模具一键切换，减少外部等待时间，提高作业效率。模具快速切换系统主要包括自动换模台车、自动夹模器、氮气弹簧、光电感应、集成控制系统等装置，在启动模具切换时，各信号指令经过线体终端处理后传输到 PLC 集中控制系统，待所有切换条件满足即可实现模具的自动切换。

自动化换模系统是整套方案布局的关键内容之一，其控制系统同样能够与线体集中控制系统进行智能化交互，从而迅速对订单切换指令作出反应，保障模具的快速切换供应。自动换模装置的每个换模工位均配置自动化换模台车，模具采用一备一用的方式，人工可在线体生产时提前准备模具，每个模具需经过前后台车工位及里外设备传输工位，共 3 个位置状态。不同钣金零件需要切换模具时，集中控制系统发送可以换模的信号到自动换模装置，随即进行模具的自动切换，系统在发出信号时至少要具备以下条件：设备滑块开到下死点位置、设备内上 / 下模具夹紧器松开、设备滑块返回上死点，在接收到换模完成信号之前，滑块不能进行冲压性运动，直到压机内模具辊道上升完成，模具移动装置才能进行退回动作。

### iFIX 数据采集系统

iFIX 工程组态软件能够对线体运行的各项数据进行采集，通过组态集成在控制屏幕进行可视化管理，iFIX 工程组态软件集成了微软的 COM/DCOM、VBA、OPC 控件



图 3 IFXI 过程管理数据库系统

等工业控制标准技术，并能通过中间接口技术，与 MES 系统、PLC 控制器等进行信息交互，耿乙文等学者对一种采用 iFIX 技术的软件系统与关系数据库通信方式实现进行了相关研究，这对线体信息化管理中 iFXI 技术的应用起到了重要指导作用，线体应用的 iFXI 过程管理数据库系统如图 3 所示，管理者可依据 iFIX 的实时监控信息对生产中的问题进行提前预判与干涉，减少线体生产过程中的故障发生，提高线体稳定性。

iFIX 软件集中了大批强大的图形化工具，现场能快速直观地建立面向过程的实时窗口，通过这些工具可以生成容易操作和理解的画面，在运行和组态环境之间可快速地完成测试和对画面的修改，同时保持实时报警和数据采集，并通过 PLC 数据、光电感应装置进行集中处理反应，实现对生产过程中线体各项参数的监控，以及快速配置生产所需的相关工装、模具、原材料，减少线体的停机等待，实现快速切换。基于 IFIX 组态软件的监控系统具有很强的灵活性，可以利用它的拓展模块对系统现有的数据采集和监控状态进行改进，以应对生产形势的调整或订单周期更替变化，且拓展部分与原有的数据不冲突，可将已有标准化的数据部分备份保留，随时启用。

### MES 信息化管理系统

通过 MES 系统准确地进行计划的预排与生产资料的提前准备，是冲压线体柔性化、智能化管理的前提保障。

结合现有订单生产模式和资源配置开发 MES 信息化管理系统，线体的订单由 MES 系统依据相关约束条件和排程逻辑下达到信息控制中心，订单信息包括零件编码、零件数量、原材料编码、原材料规格、模具编码（可跳转到模具位置查询）、图文信息、加工工时等基础信息。李亚凯等学者论述了 MES、SOA 和柔性制造技术相协调的生产调度系统，具体分析了复杂订单生产过程中的计划调度问题，并对生产派工到机台的方式与实现进行了表述，为线体的派工问题提供了解决思路，因此，考虑到产品切换等待问题，线体的生产任务采用一备一用，即 MES 系统同一时间指派了两个订单，前一个订单为在制订单，后一个为预备订单，在制订单完工后，预备订单则自动转为在制订单。按照与在制订单同时 MES 与 WCS 交互模块调度文库下达原材料出库任务及上个订单原材料入库任务，开始进行加工前准备，通过订单交叉运行，减少内部切换时间，减少机床待机，提高设备稼动率，最终实现高效生产。

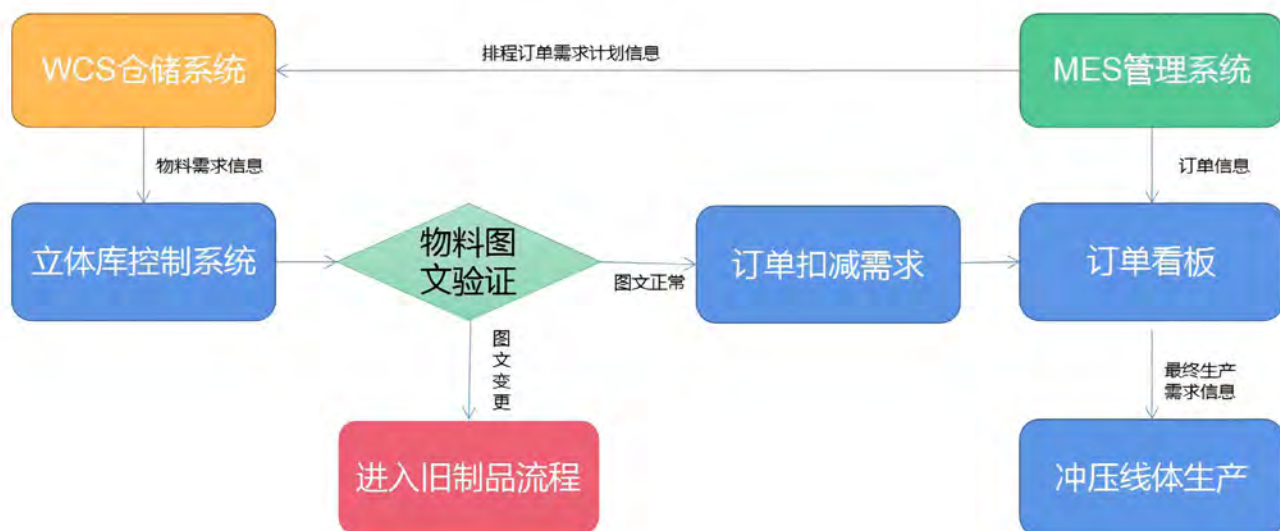


图 4 WCS 智能化仓储管理系统订单管理流程

## WCS 智能仓储系统

为做好车间生产管理的最后一公里，下线零件采用智能立体库仓储系统进行集中周转管理。智能仓储系统由 WCS 仓储管理系统与自动化高架库组成，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，WCS 智能化仓储系统与 MES 信息化管理系统信息交互订单管理流程如图 4 所示。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。

## 结束语

面对不断变化的市场需求，制造业企业需要更加柔性化的生产应用模式来实现订单的快速交付，大型冲压线体的智能化集成应用，有效整合了工厂的优势资源，通过信息化系统、自动化装备、数字化管理的集成应用，形成了高效柔性的钣金冲压生产应用模式，对钣金加工企业柔性化冲压产线的建立具有重要参考意义。MFC