# 离散型钣金板材加工车间 精益生产体系的构建

文 | 资明庚、张涛、陈儒铭、珠海格力电器股份有限公司

精益化是制造业管理改善的基石,在现代化企业管理过程中突显了重要的应用地位,是传统制造业企业转型升级的必由之路。以商用空调钣金零件生产为例,其订单涉及多个工序流转加工,设备呈离散型分布,现场物料堆积严重,订单流转效率低下。为解决这一困境,本文主要介绍精益生产在离散型钣金加工过程的应用,通过产品精益设计,构建从计划调度、资源管理、工序价值流、物流仓储等多个维度的创新融合,建立前后工序高效精准拉动系统,实现从订单排产到生产管理、物流仓储的全流程精益生产体系。

# 引言

随着全球化的发展浪潮不断推进,客户需求也日益趋向 个性化、多样化,订单交付周期越来越短,库存成本越来越高, 企业运营过程中的各种资源浪费不断浮出水面,发展压力也 随之增大。传统的离散型生产模式容易形成孤岛作业,物料 得不到及时流转,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,展开精 益生产管理的研究应用成为必然之举。

精益生产的核心理念是消除一切无价值的浪费现象,通过不断地提高产品质量、降低运营成本、增强生产柔性化、实现无废品和压缩库存等保障企业在市场竞争中的成本优势,精益化生产的主要收益类型如图 1 所示。基于精益生产的理念,改善工厂的输入、生产过程、输出等关键环节,以生产计划为主线优化配置物料资源、人员结构、产线类型和物料流转,通过精益布局、标准化管理、信息化系统、自动



图 1 精益化生产的主要收益类型

化装置等手段相结合,实现生产过程中的 JIT,即各类型物料按照规定的节拍传递到需求方,降低中间产品的存放时间,实现生产相关的排程、物流、人员等资源高度契合,使生产过程整体最优化,消除无效劳动与浪费,有效利用资源,达

到用最少的投入成本实现最大产出效益的目的。

## 应用背景

商用空调订单以定制化为主,其钣金零件生产加工过程复杂,订单涉及到计划明细、原材料开料、线边材料库、冲床加工、激光加工、折弯加工、订单齐套、铆接加工、点焊、焊接、打磨、入库等 11 个工序站点的物料流转,部分零件还需运转到冲压区进行成型加工,是典型的离散型生产模式,且在册零件种类多达数万种,对应的打包膜、胶带、标签、固线钩、铆钉、焊条等生产辅料种类繁多,工序间物料周转频繁,易造成现场物料混乱堆积。

为找到问题关键影响因素,结合帕累托图、因果图等辅助工具,采用精益动素分析法,对离散型钣金加工车间实际有效加工时间进行测算,其中不增值的作业时间占比高达24.6%,平均有9.6%的时间浪费在等待物流转运的过程,5.2%的时间浪费在确认订单物料操作,9.8%的时间用于切换零件种类,且订单库存率高达21.5%,订单平均备料期超过5天,一次合格率RTY低于75%,设备综合效率OEE不足70%(时间开动率\*性能开动率\*合格品率),设备OEE影响因素测算图如图2所示。



# 现状调研与数据分析

经过对以上问题进行溯因分析,得出图文变更频繁、设备布局不合理、计划调度管理混乱、信息交互不及时、原材料编程浪费严重这 5 大末端因素为关键影响因素,这些因素的差异波动都最终导致质量合格率下降、生产成本升高。

# 图文变更频繁

商用零件图文资料采用 PLM 系统进行管理,为减少系统管理过程的图文签审环节,设计员拥有直接上载图文权限,

随着数据量的日积月累,这就导致零件图文种类繁多,各系列设计偏差大,加工时需花费更多的时间进行图文分解与信息核对,设备加工参数调整频繁,检验过程也同样耗时耗力,占用大量生产时间。

#### 设备布局不合理

商用各加工设备采用集群布置的方式,即同种设备集中布置在一起,备件模具统一管理,每个集群设备配置一名工序组长,进行作业管理与工作分配。但实际上备件更换期较长,模具大多为通用型,一般进行月度维护,且每个组长还需按订单进行任务分配,这无疑增加了管理的重复性,导致现场物料流转速度慢,耗费大量管理人员。

#### 计划调度混乱

商用订单复杂,计划下层涉及到数十种组件,对应上百种散件,计划调度过程由人工编排推动,每日按时区导出ERP订单,再进行BOM物料分解,采用EXCEL表格制作生产计划明细,再通过邮件的形式传达到数控编程组,编程完再放到网络共享文件夹,还需通过邮件通知更新状态。整个计划调度过程信息准确度不受控,存在错记、漏记等现象,各计划均以钣金日计划纸质订单形式工序间传递并邮件以及微信信息形式报完工,调度员无法有效监控生产进度,耗费大量人力管理且生产状态更新滞后,生产过程不透明。

#### 进度信息滞后

订单加工时员工采用图文系统查看工艺资料,采用网络 文件夹查看加工程序,采用工时系统进行任务登记,采用纸 质单查看计划明细,采用手写单记录生产进度,采用纸质单 记录检验信息,员工操作繁琐,生产信息在各大软件系统之 间产生壁垒,无法有效监控,信息未能实现交互联通,导致 后工序等待浪费严重。

#### 原材料排布浪费

不同订单的零件种类存在较大差异,这其中也包括了零件材质,零件需要排布在原材料上进行加工,而数控编程的过程进行通过将图形转换为设备机器语言,进而由设备识别加工路径,但传统的编程基本按订单进行排布,原材料规格种类繁多,离散的订单在编排过程中产生大量的边角空间,这些边角最后被当做废品回收处理,造成大量的成本浪费。

针对商用钣金车间当前生产现状,从计划排程、设备布局、产线配置、订单齐套、物流转运等层次开展全流程作业数据调研,累计识别现场不增值浪费点 147 项,其中:现场

					钣金	加工流程动	作时间	可测算表						
操作	数冲	用时 (min)	激光	用时 (min)	折弯	用时 (min)	铆接	用时 (min)	点焊	用时 (min)	电焊	用时 (min)	打磨	用时 (min
组长打印明细			*	2			*	2	*	2	*	2		
组长送标牌	*	1	*	1	*	1	*	1	*	1	*	1	*	1
找料			*	2										
取料			*	2										
看明细			*	1			*	1	*	1	*	1		
查找程序	*	0.5	*	0.5										
查找图纸					*	1	*	1	*	1	*	1		
看程序	*	2	*	1										
看工艺要求	*	1	*	1	*	1	*	1	*	1	*	1	*	1
确定NC折边顺序					*	2								
NC编程					*	4								
确认物料尺寸类型	*	2	*	2										
换模调模	*	3			*	2								
攻程序	*	2												
确认夹钳位置	*	1	_											1
确认上料位置	*	0.5	<b>*</b>	0.5										
观察加工过程 首件检查(特征要求)	*	5	×	8	_		*		*		-			-
目件位直 (特征要求) 正常生产 (明细补齐)	*	2			*	2	M	2	W	2	Ŕ	2		4-
分拣码垛	*	3 3	*	5	×	x								+
カがipist 检査齐套		3	*	2	*	1	*	2	*	2	*	2		
零件质检	*	2	*	2	*	2	*	1	*	1	*	2	*	1
· 上标牌	*	0,5	-	0.5	*	0, 5	*	0, 5	*	0.5	*	0.5	*	0.5
齐套入库	-	5.5		5.5		0, 0	*	2	*	2		0.0	*	2
工手总能时	15		17		12.5		9, 5		9, 5		8, 5		1, 5	

表 1 钣金加工流程动作时间测算表

作业类 54 项、物料转运类 32 项、信息传递类 21 项、拆跺码垛打包类的 42 项、其他问题 18 项,并划分 4 大浪费等级,工序作业测算表如表 1 所示。通过数据测量与分析实施改善决策,商用空调钣金加工车间精益生产体系将重点围绕以上关键问题进行打造,采用 ECRS 方法取消合并简化重排各类关键影响因素,在较小投入的情况下,实现产出效益最大化。

# 精益生产体系构建

精益生产体系构建实质上为价值流增值系统构建,其中就包括了价值链驱动、全员参与、零件质量、标准化管理与持续发展规划 4 大版图,其拼图模型如图 3 所示,对应了精益化产品设计、JIT 订单拉动系统、生产现场 6S 管理、作业看板管理、信息化管理系统、精益物流仓储系统等具体应用。

## 精益化产品设计

为满足市场对产品定制化、多样化的需求,同一规格的 空调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

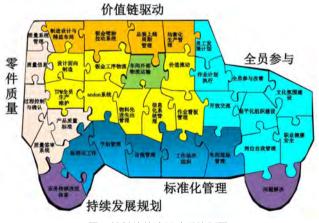


图 3 精益价值流驱动系统版图

号产品配套钣金零件的兼容性,需对产品进行精益设计标准化管理,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 电子清单管理。

通过 BOM 的标准化制定,消除因设计员或设计理念的变化对成熟产品的结构特征变化,其对应的物料编号都进行分类分族,严格进行设计图文下发签审。实际生产过程中,零件的外形设计应与设备的加工性能相匹配,有些零件在满

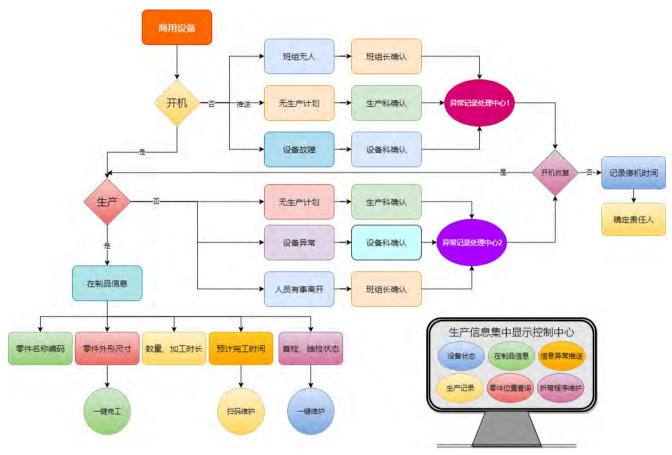


图 4 设备生产集中联网管理

足尺寸装配要求的情况下,却无法在现有的设备进行加工或 加工的质量不符合控制限,因此零件的设计审核者应当熟悉 应用设备,保障零件的各项参数能够正常生产,保障加工工 艺符合现有生产条件,并形成该系列精益设计标准文件,减 少因加工浪费造成的交期延后问题。通过产品模块化精益设 计,能够大大缩短设计周期,提升设计面向生产的保障能力, 有利于建立新人标准化培养体系,缩短新人培训周期。

#### JIT 订单拉动系统

JIT 生产方式的基本思想是"只在需要的时候,按需要 的量,生产所需的产品",即按照总装的需求进行生产,不 断压缩库存周期,按需配送。传统的生产方式以产量作为生 产系统能力衡量标准,配置超额的生产物料和人员、设备, 遇到订单变更或淡季,设备稼动率直线下降,人员的不增值

活动增加,而 JIT 要求生产计划和库存管理以准时生产为出 发点,以客户需求为导向,总装厂作为钣金配套的企业内部 客户,客户只有在收到所需的产品或服务,才会为此付款, 因此企业 JIT 订单拉动系统对配套厂的生产物料采用日结、 周结、月结的方式,其依据就是总装产品的落地数量对应的 零部件需求数量,实现精准的物料核算与财务核算,有效暴 露了生产过量、零件原材料报废和其他相关方面的浪费。

钣金生产的各大工序也同样采用此 JIT 的思想,规范工 艺流程,工艺指导工序的流转,由后工序的需求为前工序的 生产依据, 拉料人员平行准备订单、材料, 具体到机台的生 产,拉动原材料的周转,拉动半成品的周转,实现精准生产, 保质保量。

此外,拉动系统还配置了均衡化生产线概念,该生产线

的定义为工艺相关的所有工序合集,包括了原材料配置、设 备配置、物流路线配置,即产能匹配的各工序组成保障该订 单生产的柔性线体,线体依据拉动系统的订单交付周期进行 配置,各工序设备完成订单后即投入到新的均衡化产线,均 衡化产线的组建需按照实际的工时定额标准进行单设备、单 工序的能力测算, 形成各工序设备的能力档案库, 由训练有 素的员工操作设备。其区别于传统的冲压连线式生产线,是 符合商用订单多工序、多加工特征的柔性化生产配置方案, 能够实现快速的生产响应。

#### 信息化管理系统

信息化作业看板是指导各机台生产的依据, 其具体到机 台的生产任务,按照工序流链接离散分布的设备,并在计划 层面进行订单对应到产线的均衡化分解。信息化管理系统与 公司现有系统(ERP、MES、WMS, PDM、BAAN查询系统、 设备 SCADA 联网系统、设备基础文档管理系统、人力资源) 等系统相链接, 方便管理人员与操作员工实时查询到生产所 需的工艺图文、加工程序信息,并能快速生成进度表报、产 出报表、质量报表等,通过信息化管理系统建立资源蓄水池, 预先优化资源在各订单的配置,避免特殊情况导致的各工序 生产节拍不匹配,减少人工干预,解决现场管理薄弱环节, 优化作业流程,提高生产过程管控效率。

看板管理作为生产管理信息化的重要体现,分为管理岗 位看板和生产岗位看板,生产岗位看板显示当前任务信息和 下个订单准备信息,包括对应的操作标准、工艺图文、加工 程序、工装容器、设备参数、生产报工、质量点检及下个订 单等生产所需信息,管理岗位看板能够清晰地显示人员配置 状况、当前订单生产进度、备运行状态、质量检验数据,可 根据周期或订单生成对应的原材料报表、质量报表、人员出 勤报表、整体设备 OEE 数据及能耗数据等,有效提高了生 产系统过程控制能力,实现即时、高效、准确的精细化生产 管理。

钣金各工序的生产都离不开设备的使用,设备联网管理 是生产数据采集的基础,是精益生产管理重要的组成部分, 设备生产集中联网管理流程如图 4 所示,通过设备集中联网 管理,将离散型的设备连线到信息化数据网络系统,形成设 备群管理,以设备为中心进行生产管理与资源配置优化,包 含设备信息维护、异常信息推送、运行状态记录等功能,对 制品流入流出情况进行更新,实时显示制品工序流转情况,

推送到班组长,指导班组长决策,方便生产现场的快速调整。

# 精益物流仓储系统

精益生产的核心在于价值流,对于多工序的分布状态, 价值流体现在加工过程中的物料增值流转,高效的物流系统 则是保障持续价值流的关键所在。精益物流仓储系统基于精 益化的设备布局,设备按照工序流进行布置,从原材料到订 单齐套入库均按照最短路线原则,为减少多个订单对设备切 换的影响,设备群可按料厚进行搭建,同一材质料厚的零件 对应的设备加工参数与模具相同。

工序之间的物料流转同样采用拉动式, 信息化系统的工 序流指导车间的物料运输,即采用公交站点的方式对应到具 体设备,订单工序流对应的设备节点为物流的起始点或终止 站点,运送到对应节点后由操作员确认订单接收信息,系统 自动更新物料流转状态,整个流转过程清晰可见,物流系统 则相当于虚拟乘务员。

WCS 仓储管理系统负责整体的订单出入库管理,实时 更新各类物料的库存情况,为生产计划的制定提供数据参考, 减少库存的产生。为消除人工查账与配送周期不足问题,保 障订单安全周期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,是实现内部订单拉动的重要保

# 结语

通过对离散型钣金加工车间精益生产体系的构建与应 用,各类浪费现象得到明显改善,设备 OEE 提升了 6.7%, 库存降低了 14.2%, 订单交货周期缩短了 12.1%, 但持续 改善不会停止,面对客户市场的不断细分,需要更多地融入 利益相关方的智慧,通过平衡积分卡构建从供应商到客户的 全周期精益生产服务体系,指导企业的各项资源优化配置与 持续改进,并将企业经营过程中产生的各类价值准确地传递 给利益相关方,形成信息时代的精益生产良性循环。**PFC**