

航空钣金制造MES应用 关键技术

Research on MES Application Key Technology of Aircraft Sheet Metal Manufacturing

中航工业沈飞民用飞机有限责任公司 齐长贵



齐长贵

中航工业沈飞民用飞机有限责任公司网络信息管理处处长,工商管理硕士。长期从事企业信息化建设工作,熟悉飞机制造行业管理特点和业务流程,熟悉主流制造业信息化IT应用技术,具备大型IT项目的项目管理经验和风险意识。组织实施了沈飞民机公司的PDM、ERP、OA、MES系统的建设工作。

沈飞民机公司自成立以来,按国家“两化”深度融合战略及中航工业集团信息化发展战略的要求,制定了信息化中长期发展规划,将以信息化促进管理创新和技术创新作为公司发展战略的重要内容。

MES是面向车间层的生产管理技术和实时信息系统,它是实施企业敏捷制造战略,实现车间生产敏捷化的基本技术手段。

2009年,沈飞民机实施了SAP ERP系统,经过近3年的努力,系统已达到成熟应用状态。建立公司计划体系、物流体系和成本核算体系,涵盖项目管理、采购物流管理、生产管理、质量管理、财务成本管理等业务。2012年,公司建立行政办公无纸化系统,覆盖公司大部分办公流程。

但是,如何降低生产单元的成本,有效利用产能,提高生产管控的透明度,成为公司信息化建设和管理创新的重点内容,公司决定实施车间现场管控系统。

MES系统概述

MES是由美国AMR公司于20世纪90年代提出的,MESA(MES国际联合会)对MES的定义是:“MES能通过信息的传递,对从订单下达开始到产品完成的整个产品生产过程进行优化的管理,对工厂发生的实时事件及时做出相应的反应和报告,并

用当前准确的数据进行相应的指导和处理”。

MES是面向车间层的生产管理技术和实时信息系统,它是实施企业敏捷制造战略,实现车间生产敏捷化的基本技术手段。

钣金制造车间的特点

在波音787之前,飞机机体结构中钣金零件占70%左右,工装数量和工时总量分别占到60%和25%左右。波音公司在波音787飞机的设计中大量采用新材料和新工艺,使得飞机的钣金结构件数量大幅减少,但钣金零件的数量仍占飞机结构件的50%以上。钣金车间的生产特点如下。

1 生产工艺复杂

钣金件生产既涉及机加工工艺又涉及特种工艺,既涉及常规质量检测又涉及特种工艺检测,工艺流程中既涉及单件流生产又涉及成批生产。

2 生产工序周期短

相对于机加零件,钣金零件的生产周期很短,除热表工艺外,其他工艺基本按分钟计算。

3 计划编制复杂

钣金件生产周期短决定了计划周期短,计划频次高;单件流和成批生产并存决定了计划模式复杂,计划编制时不但要考虑资源能力,还要考虑任务的优先级,以及单件生产计划与成批生产计划之间的协调。

4 制造成本高

钣金件生产所用的工艺设备价值非常高,如果工序计划前后不协调,就会在热表工艺时出现等待、设备利用率不高情况,产能利用不足,单位产品要分摊的成本就更高。加上制造记录打印所需的耗材及管理成本,小型钣金零件的管理成本会远高于直接成本。

钣金车间 MES 总体架构

从上面的分析可以看出,钣金零件的生产存在计划难、计划周期短、计划对象多、关键生产资源冲突、单件流与批产并存、制造成本高等特点。

沈飞民机公司生产管控系统总体目标是实现钣金车间围绕生产管理的相关业务智能化、信息化管理。以计划排产为核心,以看板为拉动,以信息推送机制为抓手,建立管理人员、技术人员、工人三者间高效的协同运作机制。系统总体架构如图1所示。

该系统以 ERP 系统产生的生产

订单及 CAPP 系统的工艺流程数据为驱动,经过计划排产模拟、排产计划下达、生产派工、进度质量信息收集,实现生产过程的管理。结合办公系统的使用,建立一套跨系统的基于流程集成的现场问题提醒、处理机制。系统实施时需要解决:如何实现高效的作业计划排产,如何快速实现工艺更改贯彻,如何建立实用的生产看板系统,如何实现与 ERP、CAPP、办公系统的集成等关键技术。

工艺流程改进与优化方案研究

工艺流程是计划、排产、派工、进度反馈的基础。沈飞民机公司工艺人员在进行工艺准备时,由于没有考虑无纸化的要求,以及缺乏信息流角度考虑问题,工艺流程存在以下问题:工艺路线繁琐,导致报工频繁;工艺更改需要在不同软件系统重复操作;需要在在产订单上手工贯彻紧急更改;工序中缺乏可用的资源信息和工时信息;面对大量的数据,计划员、班组长无法快速进行热表工序合并;工序合并时没有能力数据支持等。针对以上问题,提出以下改进措施。

1 减少工序数量和检验点

梳理工序设置不合理、检验点设置不合理的状况,改变工艺编制方法,从质量体系和工艺体系上完善工艺流程。

2 补充必要的工艺信息

从工艺系统 CAPP 中将定版的工艺信息复制到 MES 系统中,补充工时、设备组等信息,建立工艺规程升版检查及工艺数据完整性检查机制,保证 CAPP 系统与 MES 系统中数据的一致性和完整性。

3 建立指导工艺合并的工艺特征码

综合考虑项目(或机型)、材料牌号、来料状态、最终状态、材料分类、热处理方式、材料厚度等因素,在 MES 系统中建立工艺特征码,每项零件都赋予一个特征码。业务操作时,相关人员不必再查看工艺规程、图纸和手册,只要系统内特征码相同,即表明零件可同时加工。面对 MES 系统中大量业务数据,操作人员不再困惑或不知所措。表1为工艺特征码编码示例。

4 建立设备的能力模型

热表面处理设备大部分都有容积或表面积限制,即使有了工艺特征码,相关人员也无法从 MES 系统中的数据知道一次能够加工多少零件,使用者操作时同样会困惑。下面以淬火炉为例,说明能力模型的建立方法。

表2中,加工批量是根据生产策略进行调整的,也就是 ERP 中生产订单下达的计划数量;可生产量为:只加工同一零件时,一次能加工多少件,此数据由热表工艺人员给出;批次能力需求计算方法为:

批次能力需求 = 加工批量 × 设

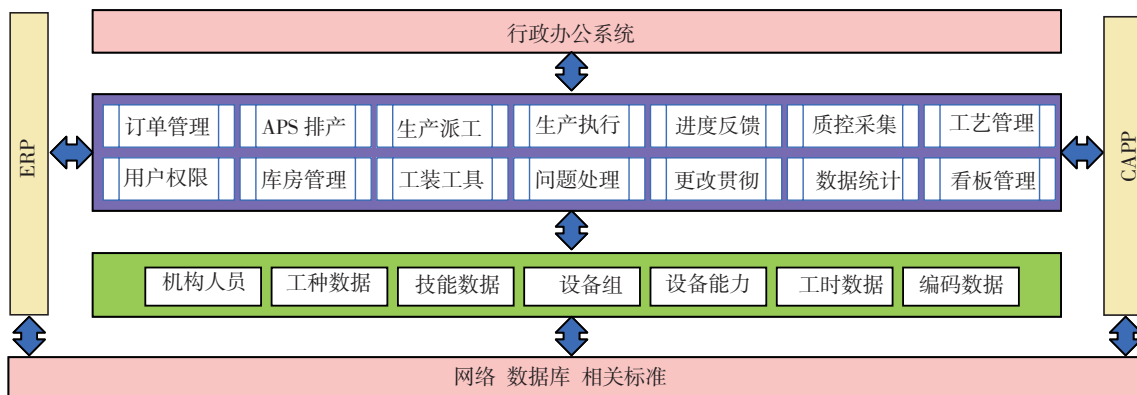


图1 沈飞民机MES系统架构

表1 工艺特征码示例

| 生产线 | 特征码 | 项目 | 参数 |
|-------|-----------|------|--|
| 热处理 | S2A-GR-01 | Q400 | 2024 所有品种的固溶处理厚度为 0.021-0.032” 《(PPS30.01)(时间 25-35) 温度 493》 |
| 热处理 | S2A-GR-02 | Q400 | 2024 所有品种的固溶处理厚度为 0.033-0.063” 《(PPS30.01)(时间 30-40) 温度 493》 |
| 热处理 | S2B-CD-01 | C 系列 | 2196 (2198)-T3 处理到 T82 《温度 155, 时间 13-15, BAPS168-007》 |
| 热处理 | S2B-CD-02 | C 系列 | 2196 (2198)-T3S 处理到 T82 《温度 155, 时间 11-13, BAPS168-007》 |
| 荧光前清洗 | S2A-QX-01 | Q400 | 荧光前清洗 |
| 荧光前清洗 | S2A-QX-01 | C 系列 | 荧光前清洗 |
| 荧光前清洗 | S2A-QX-01 | BAC | 荧光前清洗 |

表2 设备能力参数表

| 图号 | 加工批量 | 可生产量 | 设备总能力 | 批次能力需求 |
|----|------|------|-------|--------|
| A | 10 | 100 | 1 | 0.1 |
| B | 140 | 200 | 1 | 0.7 |
| C | 300 | 1000 | 1 | 0.3 |
| D | 20 | 100 | 1 | 0.2 |

计划或在产状态,工艺人员将通过紧急贯彻功能,将需要紧急贯彻的订单以列表形式显示在屏幕上,系统同时提示该订单已经开始加工的工序号,工艺人员在列表中选择需要马上进行更改贯彻的订单号,系统会自动将新版工艺路线复制到已选择的订单上,但不允许重新复制工艺信息到已完工或在产的工序中,系统可以快速完成研制阶段大量工艺更改的紧急贯彻。

APS 计划排产策略

APS 是 MES 系统的核心功能,主要解决 MRP 无法做到的有限能力排产问题。但鉴于钣金车间的特点,每月计划对象少则几百项多则几千项零件,而且存在单件生产和合批生

备总能力 / 可生产量。

为使计算出的数据看起来规整,设备总能力可以 100、1000 或 10000 为基数,计算结果可以采取不同的小数位。

计划员和班组长在进行计划决策和生产决策时,系统会按工艺特征码进行一级排序,按订单到达的先后时间进行二级排序,并自动计算能力需求,当累计能力大于设备能力时,系统从当前订单开始再进行设备能

力数据累计计算。

5 制定更改贯彻流程

如图 2 所示,在发生工程或工艺更改时,工艺员在 CAPP 中进行工艺规程升版,然后进入 MES 系统,导入新版工艺。如果工艺员忘记导入新版工艺,在排产时,计划员可以通过程序自动检查是否有工艺规程升版,如有则自动下载更新;如果订单为未计划状态,更改贯彻时,系统会通知计划员进行贯彻;如果订单为已

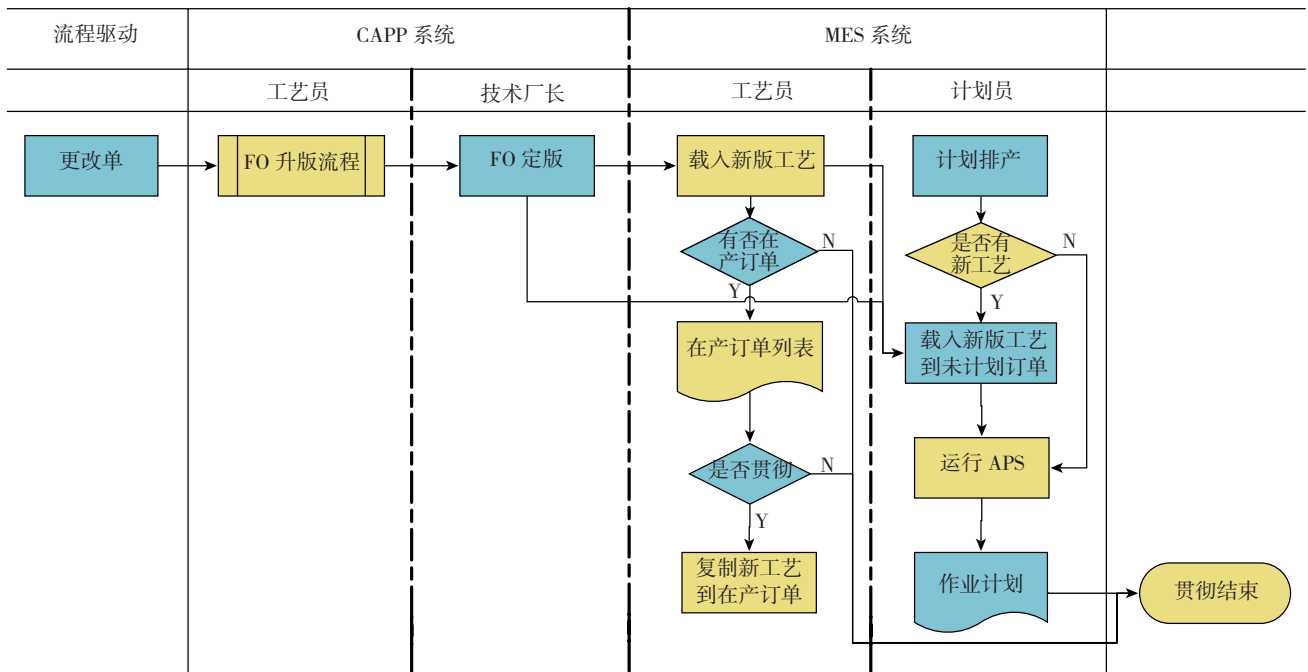


图2 更改贯彻流程

产的协调问题,计划员的计划排产策略和方法如下。

1 建立装配缺件需求联动机制

MES 系统的驱动数据来源于 ERP 的零件生产订单,该订单是按装配工序需求时间倒排产生的计划需求,该需求已经综合考虑了零件库存和已经下达的生产订单,同时考虑了需求时间的先后,实现了与 ERP 系统的需求联动。

装配车间一旦出现生产线紧急缺件,装配 MES 系统将缺件信息自动传递给零件车间的 MES 系统,并在零件车间 MES 系统中相应零件的订单上做颜色标识,零件计划员和相关人员能够及时了解装配车间的紧急需求,便于零件车间计划员优先进行计划安排,实现了装配车间和零件车间缺件信息联动处理。

2 建立按优先级计划排产策略

在资源发生冲突时,计划员可以通过优先级定义,实现优先级高的订单优先安排生产。

3 建立预排产工作机制

APS 提供的是大数据量复杂计算模型的快速计算工具,这是人工无法做到的,但是,APS 无法代替人工决策,也无法通过一次排产完成作业计划的编制。

第 1 步:计划员按选定的计划对象先进行一次预排产,此时,已经考虑高优先级订单和紧急缺件订单。

第 2 步:计划员按零件预计到达第一道可合并工序时间先后、是否可合并处理,以及设备能力需求等进行工序合并。

第 3 步:计划员按合并后的数据再进行预排产。

第 4 步:重复步骤 3、4,直到所有可合并工序全部处理完。

4 制定可合并工序的计划决策机制

MES 系统会按工艺特征码进行一级排序,按到达可合并工序的时间进行二级排序,同时,按设备能力大小进行设备能力占用累加计算,当需

求能力超过设备能力时,重新进行能力需求累加。计划员可按系统提供的数据进行决策。

5 建立作业计划的调整机制

作业计划下达以后,由于现场生产出现意外的情况很多,零件未必按预先安排的计划时间先后到达可合并处理工位,如果没有合并工序调整机制,势必造成生产等待,设备闲置。可合并工序的班组长在派工时,能够对已经合并的工序块进行调整,以便适应现场管理的实际需要,调整数据的处理与上述“合并工序计划决策机制”所述内容一致。既可以将未到达的零件订单从工序块中调整出来,也可以将已经到达合并工位但未纳入合并工序的零件订单调整到工序块中。

看板设计

看板主要起到对现场管控的拉动作用,按此看板作用,沈飞民机的 MES 系统中,将看板分成 4 大类,即进度类、缺件类、问题类、设备类。下面以进度类和缺件类看板各一个,说明看板的设计思路和展示的内容。

1 生产任务积压看板

(1)看板设计目的:管理人员可随时掌握各班组生产任务进展的宏观情况、任务分配合理性、产能利用情况、生产线能力是否均衡,以便生产管控人员及时调度,平衡资源,也为生产线平衡提供决策依据。

(2)看板显示的内容:已经到达

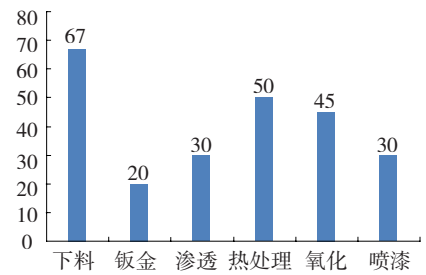


图3 生产任务积压看板

班组,但尚未开工的订单数量,如图 3 所示。

2 紧急缺件看板

(1)看板设计目的:相关人员可随时掌握装配车间的紧急需求,以便及时计划、调度、生产、运输、接收、发放,尽快满足装配车间需求,提高客户满意度。

(2)看板关注的对象为管理人员、计划、调度、班组长、物流主管、库管员。

(3)看板显示的内容为装配车间 MES 系统发出的缺件清单,经过 ERP、零件车间 MES 系统处理,关联需求工厂、项目、物料号、图号、数量、供应工厂、状态等信息,如表 3 所示。

除在大屏幕显示上述相关信息外,装配车间的 MES 发出的缺件信息会自动在零件车间 MES 系统中对相关零件订单做特殊颜色标识,相关人员可以很快从系统中得到缺件信息,计划员及时提高订单的优先级,班组长优先对订单派工,物流人员单独对缺件的图号包装运输,库管员及时在 ERP 系统中优先入账并发料到装配车间。

表3 紧急缺件看板

| 需求工厂 | 项目 | 物料号 | 图号 | 数量 | 供应工厂 | 状态 |
|------|------|--------|----|----|------|-----|
| 1000 | Q400 | 500001 | A | 2 | 2000 | 在产 |
| 1000 | Q400 | 500002 | B | 1 | 2000 | 完工 |
| 1000 | Q400 | 500003 | C | 3 | 2000 | 未计划 |
| 1100 | Q400 | 500004 | D | 1 | 2000 | 运输 |
| 1100 | C919 | 500005 | E | 1 | 2000 | 停工 |
| 1200 | B787 | 500006 | F | 5 | 2000 | 入库 |

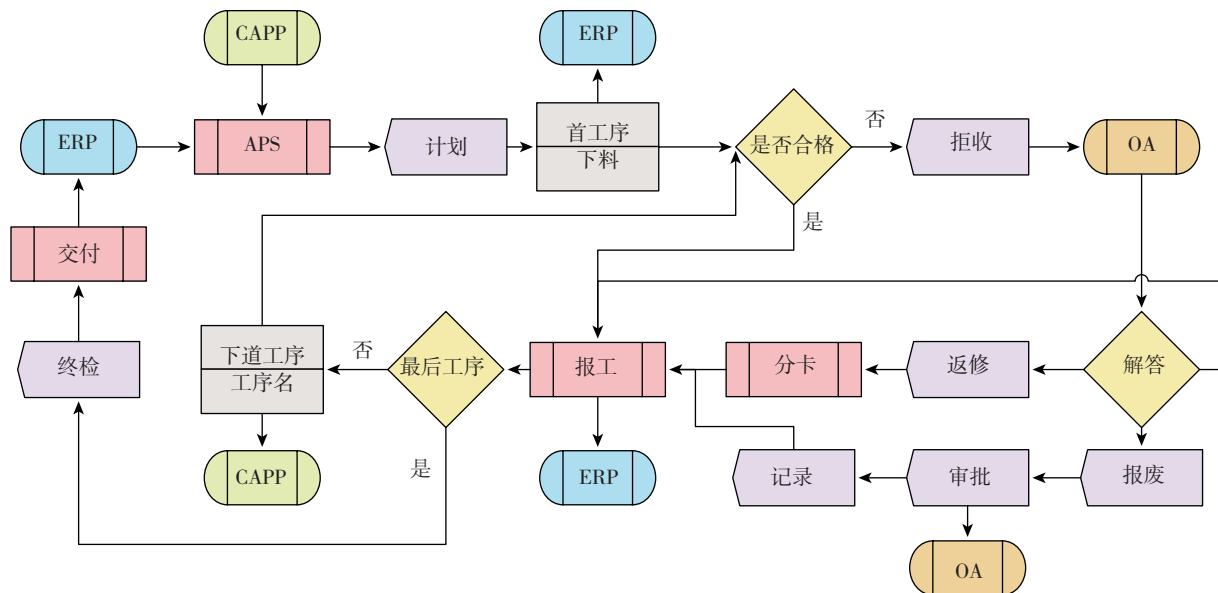


图4 MES与ERP、CAPP、OA系统的业务集成

缺件看板采用固定行数滚动显示,没有缺件时,不显示,缺件处理完后,缺件信息不再显示。

系统集成

沈飞民机公司钣金车间MES系统以制造记录无纸化为目标,以钣金零件的工艺流程为主线,以APS排产为核心,建立一套生产车间管控平台。该平台以CAPP系统工艺流程数据为基础,以ERP系统的生产订单数据为驱动,以行政办公系统的流程为依托,实现全数字化的车间管理,其集成关系如图4所示。

从图4可以看出,MES系统接收来自ERP系统的生产订单,从CAPP系统中获取零件的工艺流程,同时要考虑CAPP中工艺规程是否有定版的新版本,如果有重新获取最新版工艺规程,然后进行APS排产,计划下达后,进行班组派工。

如果是下料工序,完工后除报工外,还要在ERP系统中进行物料反冲消耗;在工序操作过程中,如果出现紧急更改,工艺员在CAPP系统中升版工艺规程,然后在MES系统对在产的订单进行更改贯彻。

由于MES系统本身流程处理能

力很弱,如果出现工序不合格品,操作人员从MES系统中发起拒收报告,报告编号自动与制造记录关联,同时触发OA系统中拒收报告的审批流程,经解答后,按返工/返修、报废、原样使用三种情况分别处理,如果是报废,则需要从OA中直接触发报废流程进行审批,如果是返工/返修,则需要对订单进行分卡处理,在报工时,要考虑订单的关联,向ERP传递合格数量、报废数量及是否部分报工等信息。

终检结束后,MES系统自动触发ERP系统内订单收货,将零件收到待移交库房,物流人员按移交库房的品种数量在MES系统内移交报表,经物料保管员清点确认后,自动触发ERP系统内物料移动到交付工厂。

1 与ERP、OA系统的集成

SAP ERP系统对外开放的接口方式很多,包括直接方式和间接方式,但限于MES系统的接口方式,采用中间数据库接口方式实现两系统集成。在ERP、OA中通过JAVA语言编制WEBSERVICE接口程序,通过不同端口号来监听不同的数据请求,包括订单下载、报工、入库、移库、审批流转等不同业务,集成方式如图

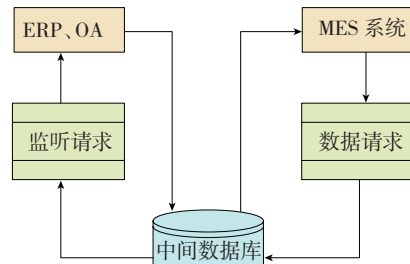


图5 MES与ERP、OA系统的集成方式5所示。

2 与CAPP系统的集成

CAPP系统没用开放接口程序,在与MES系统集成时,采用直接集成方式,即在MES系统中直接访问CAPP系统底层数据库,实现数据交换。

结束语

本文通过分析航空钣金零件的生产特点,以及沈飞民机的信息化现状,结合MES系统的实施经验,总结了钣金车间MES系统实施过程中遇到的几个关键技术及其处理方式和办法。

本文未涉及的关键技术还有很多,比如如何实现制造记录的无纸化并通过质量体系的认证,如何在车间现场管控系统中体现MBD的需求等,这些技术还有待进一步研究。

(责编 深蓝)