

制造执行系统及其在 Cessna 生产中的应用

刘 春, 史红祥, 王共冬

(沈阳航空航天大学航空航大天学部, 沈阳 110136)

[摘要] 由于制造执行系统(MES)能够有效地管理生产运作过程、提高及时交货能力、改善物料的流通性能和提高生产回报率,近年来引起了国内一些大中型企业特别是航空航天企业的重视,并积极开展MES系统的推广应用。针对某航空企业轻型飞机Cessna L162生产线MES系统的实施,将介绍其装配流水线选型、装配线工位划分与工艺流程分析、MES系统架构规划与功能实现、MES系统在生产线上的应用等。该MES系统的应用解决了传统飞机生产管理方法无法适应高产能流水线的问题,大大提高了生产效率,创造了很大的技术经济效益。

关键词: MES; Cessna; 高产能流水线

Manufacturing Execution System and Its Application in the Cessna Production

LIU Chun, SHI Hongxiang, WANG Gongdong

(Faculty of Aerospace Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

[ABSTRACT] As MES can manage the process of manufacturing operations, improve the timeliness of delivery capacity and the flow properties of materials and increase production return rates effectively, it has attracted the attraction of a number of large and medium domestic enterprises, especially aerospace companies, which actively carry out MES application. With the implementation and application of MES for Cessna production line in an aviation enterprise, it will introduce the selection of assembly lines, the division of assembly stations and the process analysis, the planning of structures and functions of MES, the application of the MES in the production line and etc. Application of MES solves the problems that traditional methods of production management would not adapt to the aircraft assembly line of high production capacity, improves the production efficiency greatly and creates a lot of technical and economic benefits.

Keywords: MES; Cessna; Assembly line of high production capacity

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2017.1/2.079

制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)^[1]是美国AMR公司在90年代初提出的,旨在加强MRP计划的执行功能,把MRP计划同车间作业现场控制,通过MES系统联系起来,其处于企业信息系统ERP和过程控制系统DCS的中间环节,ERP作为企业业务管理系统,DCS作为生产控制系统,而MES则作为生产执行系统。MES与上层ERP等业务系统和底层DCS等生产控制系统共同构成整个企业的神经系统,一是把企业的业务计划指令传送到生产现场;二是将生产现场的信息及时准确地收集、上传和处理^[2]。MES、ERP、DCS三者相互协作共同形成了当今世界制造业的主流管理系统体系。

MES系统在国外发达国家已经广泛应用,在我国才刚刚起步。目前,在我国钢铁、石化等行业,已成功开发完成了若干具有自主知识产权的MES系统,如:中国石化MES(S-MES V1.0)、上海宝信MES等。期间

对于离散制造业的MES也进行了探索性研究,并取得一定成果,如西飞MES。国内的MES市场上也出现一些专门针对离散制造业的MES产品,如:ICON-MES、OrBit-MES、天为MES等^[3]。由于企业生产条件、生产能力和生产管理流程各不相同,这些MES系统很难形成统一的技术标准,很难适应和满足不同企业的需求。所以企业在实施MES时需要根据自己的生产管理流程特点进行量身定制。

国内某航空企业与美国塞斯纳飞机公司签订Cessna L162整机生产合同,该合同为中小批量订单生产,时间紧迫,资源有限;企业同一时间内,多种型号产品交叉、并行研制,导致生产中不确定因素多,情况非常复杂。传统的生产管理方法难以满足生产计划及进度要求,企业决定在Cessna L162生产线上采用MES系统,实现生产线的全面数字化管理。课题组帮助其实施MES系统,主要工作包括Cessna生产线的分析和规划、

MES 架构设计及软件开发、MES 系统的实施与应用等。

1 Cessna 生产线 MES 系统的组成与功能

1.1 Cessna MES系统软件结构组成

Cessna 生产线 MES 系统的开发采用 C# 和 ORCALE 数据库平台开发,系统结构分为 3 个层次:通用模块及支撑层、专用模块层、应用模块层^[4],如图 1 所示,该体系结构体现为一个支持企业生产活动信息化、自动化的支撑软件环境,具有开放性、可重组性,可扩展性和易维护性等特点。

其中,通用模块及支撑层与产品和企业的业务无关,除操作系统提供基础自动化服务外,还需处理网络传输格式信息和制造业标准信息之间的转换,不同数据库系统之间的互联,流程建模和通用表格生成等。该层部分模块可采用商业构件;专用模块层是针对制造业生产管理开发的软件工具包,调用通用模块提供的服务,与操作系统和数据库平台无关,这些工具包通过接口为应用软件提供产品数据和分析算法等,实施时需要根据不同的产品特点配置该层;应用模块层完成企业的各种业务过程,该层内各模块耦合程度低,可根据

不同企业组织和业务特点进行灵活配置。应用模块层包含系统的开发接口,提供了对系统进行二次开发的功能,并且其他应用可方便与其集成。另外还开发不同的接口,使系统透明存取 PROJECT、PDM 等的信息。系统数据模型和接口方案采用了国际标准和事实上的工业标准,如 SQL、CORBA、STEP、XML 等,以标准的方式描述管理、交换和共享产品数据,这样形成开放式的系统支持环境,即可实现异构网络、系统平台式数据库之间的兼容性,建立分布式服务体系,使得系统可移植性增强,并且进行集成的成本大大降低。

1.2 Cessna L162MES系统主要功能

结合 Cessna L162 生产装配线实际情况,系统功能模块设计如图 2 所示,系统具有计划管理、现场管理以及库存管理等主要功能^[5-6]。

计划管理是整个系统的核心,主要针对型号总装、部装、喷漆以及离散件 4 种类型进行。计划管理主要功能有:设定工作日历、计划修改、计划制定、计划更新和进度监控。可根据不同的生产模式进行自动或手动生产计划,并可根据生产情况实时调整,具有智能性和灵活性。

整个现场管理项分为工长派工、信息反馈和质检信

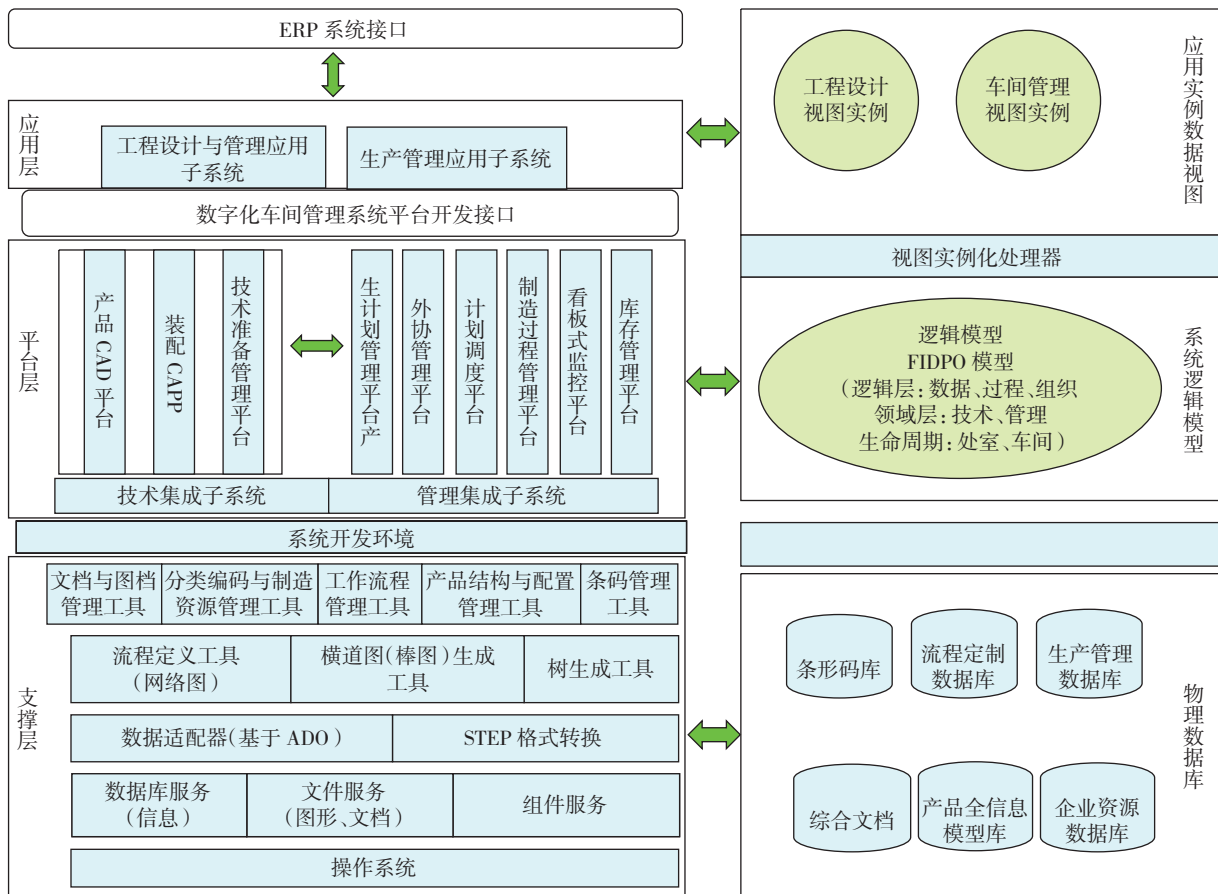


图1 Cessna L162装配线MES系统结构

Fig.1 MES system structure for Cessna L162 assembly line

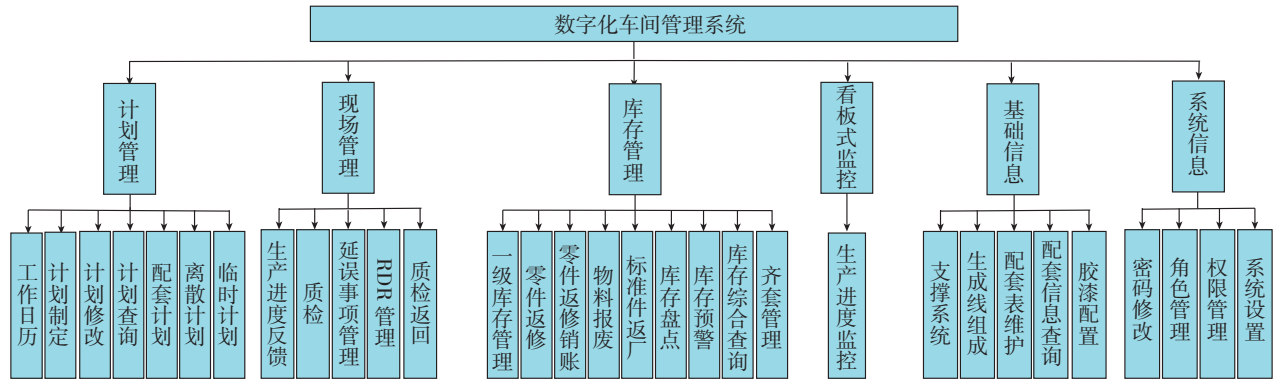


图2 Cessna L162装配线MES系统功能模块

Fig.2 MES system function modules for Cessna L162 assembly line

息。工长派工是指在当日施工任务中所派的上岗工人情况；信息反馈是指现场工人施工过程中所遇到的施工情况及其问题的反馈；质检信息是指现场施工人员把现场施工任务完成后提交完成信息，由质检部门确认施工质量及其情况。

库存管理主要分为一级库存、零件返修、返修报账、标准件返厂、库存盘点、库存预警、综合查询和配套管理等基础模块。该模块可以运用条形码技术对所有物料库存进行数字化定位与管理，提供实时的库存统计和物料信息，确保物料的安全，实现对物料的全程跟踪管理和质量分析，为优化物料管理提供准确的信息依据，很大程度上为企业节约了成本，提高了管理效率。

综合信息管理主要分为看板式监控、基础信息和系统信息3部分。看板式监控主要是对生产过程、生产进度、生产质量等信息的全面监控，以便全面了解生产线的综合信息，合理调整生产计划，提高生产效率。基础信息包括支撑信息、生产线组成、配套表维护、配套信息查询、胶漆配置5大板块。系统信息是整个系统的安全高效运行的支撑，包括用户的添加、删除及其密码、权限和角色设置以及整个系统的基础设置。

2 Cessna 生产线的工艺流程

2.1 装配线形式的确定

根据 Cessna L162 装配线的年度生产纲领为 750 架，根据产品结构以及工艺特性，经综合分析，拟采用间歇式装配流水线。间歇式装配流水线的特点为：装配流水线的每个工位通过机械设备和控制系统实现联动，在工人进行生产操作时，传送装置及装配件位置不变，在全部工位的作业都完成之后，传送装置把装配件传送到下一个工位，依次循环下去，直至装配完成，形成了装配流水线。

根据 Cessna L162 的产品构成和总装配流程，装配生产线除辅助工位和检验外，主要工序包括安装发动机、起落架、左右机翼和左右撑杆、垂尾和平尾等，再结

合产能和合同进度要求，初步确定工位和人员配置：发动机和起落架安装工位 5 人，安装左右机翼和左右撑杆垂尾平尾安装工位 9 人，座舱仪器仪表工位 3、电缆组件、管路组件安装工位 4 人，操纵系统和电气系统测试工位 3 人，内饰安装工位 3 人，舱门安装及测试涂装流水线工位 7 人^[7]。

2.2 装配线出产节拍确定

装配线的投入节拍与出产节拍相等，当装配线的工位数目确定时，先根据年产量及工作制度按下式计算出出产节拍，确定方式如下：

$$\tau = \frac{myg\alpha f12}{N\beta}$$

式中， m 为一工作班的理论工作时间 (s)； γ 为时间利用率； g 为每日工作班数； α 为工人的出勤率； f 为每月计划工作日 (天)； N 为年度计划产量 (架)； β 为装配线生产能力储备系数。

根据 Cessna 装配线实际需求状况，选定 $m=8 \times 3600$ ， $\gamma=0.9$ ， $g=1$ ， $d=0.95$ ， $f=18$ ， $N=750$ ， $\beta=1.3$ 。计算出产节拍为 5455s/架 (1.512h/架)。在 MES 系统生成生产计划时需要满足上式计算的节拍。

3 MES 在 Cessna 生产线上的具体应用

3.1 计划管理的实施

计划管理是 Cessna L162 MES 系统的核心，也是飞机生产的依据。计划管理模块可以实现自动生成或修改生产计划，大大提高生产准备效率。首先把 Cessna L162 的生产线信息，如：飞机年产量、工位划分情况、工艺规程、产品 BOM 数据、设备资源、工人数量、工位工时和工作日历等信息输入系统，然后根据上述信息自动生成生产计划。在个别复杂的情况下，计划管理系统允许直接手动调整生产计划。生产计划生成后，经相关权限认可后即可上传在 MES 系统发布和实施。与传统计划管理不同，采用 MES 系统的计划管理可以将生产计划

制定精确到工步级,实现飞机生产精细化管理,从而大大提高管理及生产效率。

3.2 现场管理的实施

现场管理是 Cessna L162 MES 系统的主要功能之一,其实现了对整个生产过程进行实时监控和反馈。Cessna L162 生产线的每个工位上都设有 MES 系统终端,工人每完成一个工序或工步需要通过终端进行进度反馈,这样每架飞机的生产状况以及计划的执行情况都能在 MES 系统生产监控中实时反映出来,以便于生产管理人员监督生产计划的执行。在 Cessna L162MES 系统中,每个员工都有相应的编号和权限,每个零件有相应的二维码,每个工位和部门也都有对应的编号。在现场生产中,按照生产计划要把员工分配的各个岗位,即把员工代码录入各个部门或工位编号下,每个员工必须在开始工作前在相应的工作岗位的 MES 系统中输入自己的信息,然后进行相关生产。在生产过程中,工装设备安装与维修、相关工具的领取与使用、装配零部件的领取与使用、各个工位的装配进度、生产检验情况等都必须按照生产计划要求实时的录入 MES 系统中,以实现系统对生产过程现场进行全范围的跟踪监控,同时 MES 系统会根据这些生产数据进行统计并通过多种可视化图表方式反映在现场生产看板上,并把实际生产情况与生产计划进行比对,并提示相关人员进行相应的生产计划调整,实现对现场的生产过程、生产质量和工作人员工作情况的全面监控和管理

3.3 库存管理的实施

库存管理是 Cessna L162 MES 系统的主要功能之一,它实现了基于生产计划的动态库存管理,最大程度地降低库存量,从而大幅度地降低生产成本。库存管理包括采购管理、仓储管理、配送管理以及返修和报废管理。首先,按照生产计划进行相关生产的采购,把仓库按一定的形式进行数字化分区定义;然后,把零件存入仓库指定位置,并把零件信息录入系统;最后,按照生产计划配送零件到指定工位,并对出现不合格的零部件进行返修或者报废处理。整个过程需要对零件二维码、工作人员编号和工位或部门编号的录入才能完成,即“零件一人一位置”的跟踪管理。此外系统提供了仓储预警机制,可以人为设定预警零件数量,及时预警,及时采购零件以保证生产或者修改生产计划。

4 结论

某飞机公司 Cessna L162 生产线 MES 系统现已成功应用到实际生产中,得到了企业的充分认可,取得预期的设计目的:形成了合理的物流管理方法、明确了员工分工与责任,严格的质量监控、过程监控、产品质量

追溯体系等,很好地改善了装配生产环境,极大提升了员工的生产积极性和责任心,从而大大提高了生产效率和装配质量,为企业创造了经济效益的同时也改善了公司的整体形象,提高了企业的综合竞争实力。同时,Cessna L162 生产线 MES 系统也存在一定的局限性:它仅仅是该公司在一条生产线上应用,还未能对整个公司全面覆盖。未来的发展方向是对其系统改进完善升级,使其应用于整个公司的管理和生产。

随着市场竞争的日益激烈,我国航空制造企业正在积极调整产业结构、提升整体制造技术、研发新技术、完善新工艺,向数字化精益生产的方面逐步迈进,相信 MES 系统在航空制造业的应用在数字化制造的环境下会逐步完善形成可适应、可重构、可集成的系统框架以提高系统跨企业通用性和协同生产能力;逐步提升智能化水平,完善制造过程监控、管理、计划调度,加强系统的分析统计能力,开发符合我国航空制造需求的 MES 系统,并最终形成支撑整个行业的 MES 技术体系和标准。

参考文献

- [1] MEAHL Vision . MES explained:a high levelvision[R]. Medicine,1997:5-14.
- [2] 张志樾. 国内外制造执行系统 (MES) 的应用与发展 [J]. 自动化博览, 2004, 21(5):5-11.
- ZHANG Zhilin. Application and development of manufacturing execution system (MES) in internal and external internal domain [J]. Automation Panorama, 2004, 21(5):5-11.
- [3] 潘美俊, 饶运清. MES 现状与发展趋势 [J]. 中国制造业信息化, 2008,37(9):43-46,49.
- PAN Meijun, RAO Yunqing. The present status and future of MES [J]. Manufacture Information Engineering of China, 2008, 37(9):43-46,49.
- [4] 史永平. 一种基于 B/S 结构的飞机装配线制造执行系统的研究与开发 [D]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2011.
- SHI Yongping. Research and development of manufacturing execution system for aircraft assembly lines based on B/S structure [D]. Shenyang: Shenyang Aerospace University, 2011.
- [5] 张伦彦. 面向离散型车间的无纸化 MES 研究 [J]. 航空制造技术, 2012(12):44-47.
- ZHANG Lunyan. Study of paperless MES for discrete shop [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2012(12): 44-47.
- [6] 张正礼, 范玉青. 制造执行系统中的设备管理系统的构建 [J]. 航空维修与工程, 2007(5):52-54.
- ZHANG Zhengli, FAN Yuqing. Construction equipment managers in manufacturing execution system[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2007(5):52-54.
- [7] 郭佳, 吴永林, 张勤满, 等. 某轻型飞机总装生产线规划与仿真 [J]. 航空制造技术, 2012(1/2):138-139,143.
- GUO Jia, WU Yonglin, ZHANG Qinman, et al. Light aircraft assembly line planning and simulation[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2012(1/2):138-139,143.

通讯作者: 刘春, 教授、硕士生导师, 主要研究方向为数字化工厂技术、几何造型技术、飞行仿真技术、虚拟现实与分布式交互仿真技术等, E-mail: mr_chun_liu@sina.com。

(责编 大漠)