

航空发动机装配MES系统设计

许连芳, 韩福金, 吴法勇, 丰少宝

(中国航发沈阳发动机研究所, 沈阳 110015)

[摘要] 介绍了近年来MES技术的发展趋势,分析了航空发动机装配业务特点及装配业务生产方式,并针对性地进行了装配MES系统的设计。针对装配MES系统的核心功能,提出了基于网络图技术的发动机装配、分解过程管理方案和基于集成模式的发动机实物技术状态管理方案。

关键词: 装配MES; 集成; 数据采集; MRO

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2017.03.062



许连芳

硕士,中国航发沈阳发动机研究所信息技术中心工程师,主要研究方向为航空发动机装配试制信息化及企业管理信息化研究与应用,作为承担者参与了航空发动机装配MES系统、CAPP系统及MRO系统、ERP系统的建设与应用研究,为航空发动机研制提供了有力的信息化平台。主要从事应用系统集成技术研究与应用,完成应用系统集成化开发工作,构建航空发动机设计、装配试制一体化信息平台。

航空发动机结构复杂度高、技术含量高、研制难度大、研制周期长。航空发动机研制需要对发动机进行装配、试验/试车、故检、改进

设计、维修、再装配的多次循环,直到发动机性能满足产品规定的性能及作战指标。在最短时间内,装配出符合设计技术要求的高质量发动机能够大大缩短航空发动机研制周期。因此,发动机装配与维修业务是航空发动机研制过程中至关重要的环节。然而,与其重要性不相匹配的是其信息化程度却远落后于发动机设计环节,成为了航空发动机研制全生命周期管理的瓶颈,加快航空发动机装配MES(Manufacturing Execution System)技术研究与应用势在必行。

MES是近几年来在国际上迅速发展和面向执行层的实时信息系统^[1-2]。MES系统主要负责生产企业车间级计划制定、执行、协调、跟踪等的管理,属于执行层的信息管理系统。MES通过生产现场信息的实时采集、传递、处理计划执行情况、资源状态等,能够及时发现生产过程中的问题并及时作出反应,能够为生产管理者决策提供有力的数据支持。

本文结合航空发动机装配MES系统项目,通过梳理航空发动机研制阶段发动机装配、维修业务,发动机装配MES的特殊要求,提出航空发

动机装配MES系统的设计方案。

MES发展趋势

随着制造运行管理与企业制造职能管理等理念的提出,MES技术发展趋向于集成化、智能化与并行化^[3-9]。MES系统与其他信息系统进行信息和数据的交换与业务的集成,实现生产企业业务流程的完整性,进一步提升生产企业业务协同能力。通过MES与企业计划层信息系统如项目管理系统、质量管理体系等集成,保证企业总计划的落地,实现企业生产计划的闭环控制,同时,MES与企业控制层系统集成如RFID(Radio Frequency Identification)技术、PLC(Programmable Logic Controller)技术等,实现生产现场数据采集,保证生产数据性与准确性。随着工业4.0战略和中国制造2025战略的推进,智能化制造等新理念的提出进一步推动了MES技术向集成化、智能化发展的步伐。

航空发动机装配业务特点

航空发动机装配研究室作为研究所的发动机装配部门,承担着研究所所有发动机及其试验机的装配、维

修、大修等任务。其生产模式属于离散制造企业,同时,由于航空发动机产品结构复杂、装配周期长等特点,发动机装配环境极为复杂,经常出现紧急任务、装配过程中现场缺件或其他导致装配作业无法继续进行的问题或故障等情况,其生产方式具有典型的单件、小批量生产的特点。同一时间段内,装配车间往往同时开展着多台发动机的装配或维修作业,航空发动机装配生产车间属于装配、维修、大修混装生产线。航空发动机研制阶段,发动机装配、维修的生产特点决定了装配MES系统必须满足以下要求:

(1) 满足航空发动机装配、维修

关键零部件技术状态的跟踪要求。

不同于一般类复杂产品装配过程管理要求,航空发动机研制过程中,研制人员需要特别注重对航空发动机关键零组件的实物技术状态的管控。发动机关键零组件技术状态管理贯穿了发动机实物整个生命周期,包括发动机关键零组件的相关设计、生产制造、到货登记、检验入库、装配集件、零组件出库、单元体装配、发动机整机装配、装配检验、装配串换件、发动机试车、发动机维修、关键零组件检修等业务过程。因此,在实现传统MES系统的车间作业计划制定与调度的基础上,发动机装配MES系统需要建立以关键零组件为视角的、面

向关键零组件技术状态管理的、实物技术状态管理功能,以保证关键零组件履历的完整性和可追溯性。

(2) 适应发动机装配过程中,零组件的反复拆装作业要求。

航空发动机研制阶段,发动机装配、试验、维修、大修业务周而复始开展着。航空发动机装配以接收来自设计部门的装配任务书及科研生产计划主管部门下达装配计划开始,通过发动机装配任务编制、下达、装配工艺设计、装配作业执行,最终以发动机整机交付试车结束。航空发动机试车完成后,根据试车情况,确定是否需要返厂维修。航空发动机维修、大修业务以发动机返厂登记为起

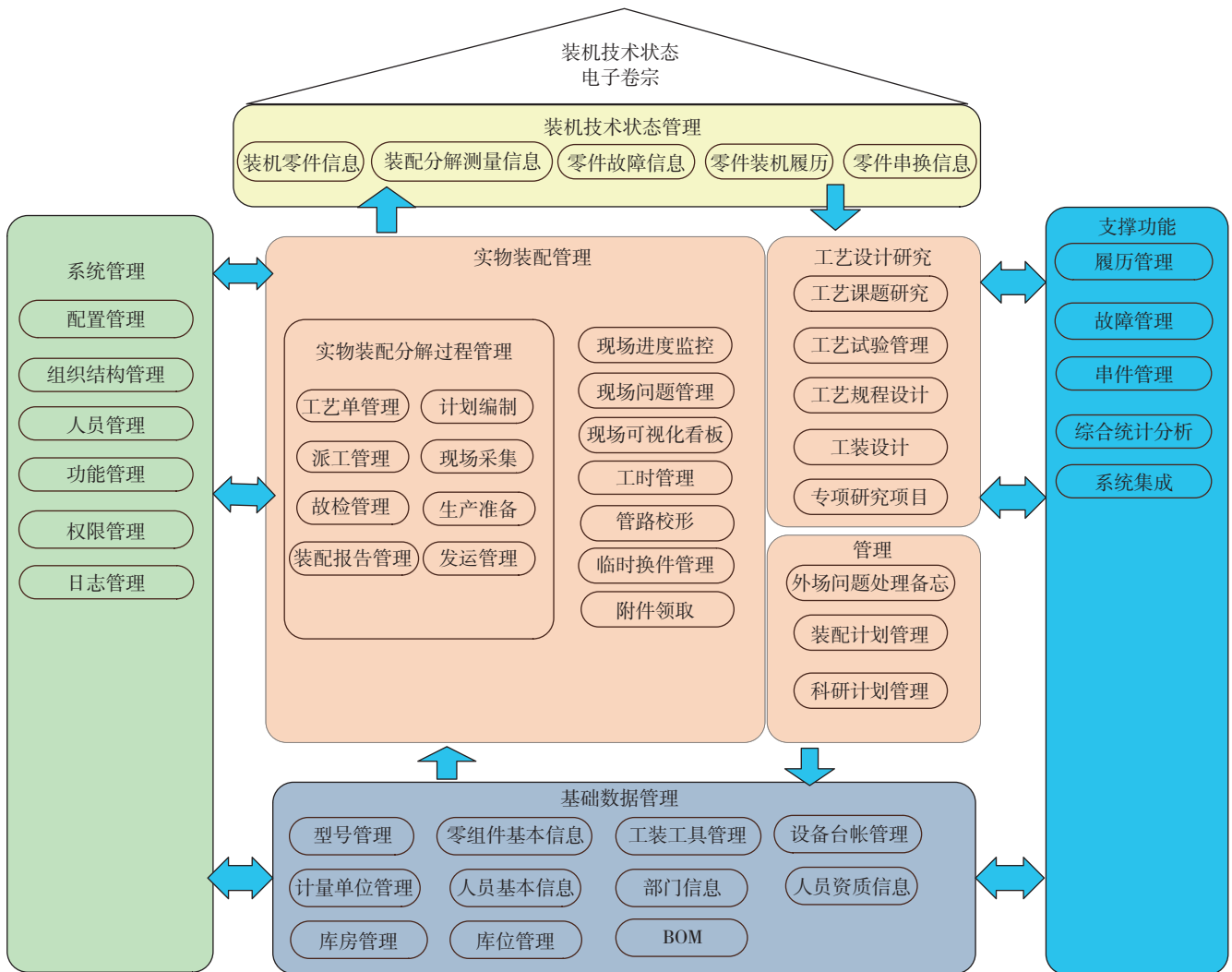


图1 装配MES系统总体架构
Fig.1 Assembly MES system structure

点,通过发动机分解、故检、再装配等业务后,再次交付试车。可见,发动机研制阶段,发动机零组件的反复拆装作业是其又一特点。因此,发动机装配MES系统需要引入流程化管理的思想,基于网络图技术实现发动机全生命周期的闭环控制。

装配MES系统架构

根据前文所述发动机装配、维修业务的特点及发动机装配MES系统的几点要求,设计了装配MES系统总体架构,如图1所示。装配MES系统架构主要包括基础数据管理、发动机装配管理、发动机装机技术状态管理、装配工艺技术研究、支撑功能和系统管理等内容。

装配MES系统的核心功能是实物装配管理和发动机装机技术状态

管理。其中,实物装配管理又分为基于网络图技术的发动机装配分解过程管理及其他辅助功能如现场进度监控、现场问题管理等。发动机装机技术状态管理以航空发动机的构型、配置、测量数据、寿命、履历、故障等技术状态数据集中管控为手段,通过与发动机装配分解过程管理集成,采集并综合管理关键零组件状态标识、使用履历、修理履历、位置追踪等信息,为航空发动机研制人员提供准确掌握发动机每次装机的技术状态的能力。

装配MES系统功能实现

装配MES系统针对装配车间管理的流程特点,确定了采用网络图技术实现发动机装配分解流程的管理。装配工艺人员在发动机装配前,

以发动机装配/分解工艺规则为基本制定本台发动机的装配业务流程。MES系统依据装配/分解网络图,通过流程引擎驱动整个装配过程,随着装配作业的不断推进,实现对现场数据的采集、输入和管理。针对装配MES系统的另一核心内容:发动机实物技术状态管理,确定了采用集成模式,通过发动机装配、分解过程管理系统集成实现数据的采集。

1 基于网络图技术的装配过程管理

装配MES系统采用装配网络图技术,实现发动机装配分解过程的流程化管理。装配网络图是描述发动机装配关系的图形,由工作节点和关系连线组成,并用规程区域框划分不同规程所涉及的区域,规程区域可以折叠为一个工作节点。

在梳理发动机装配车间业务流

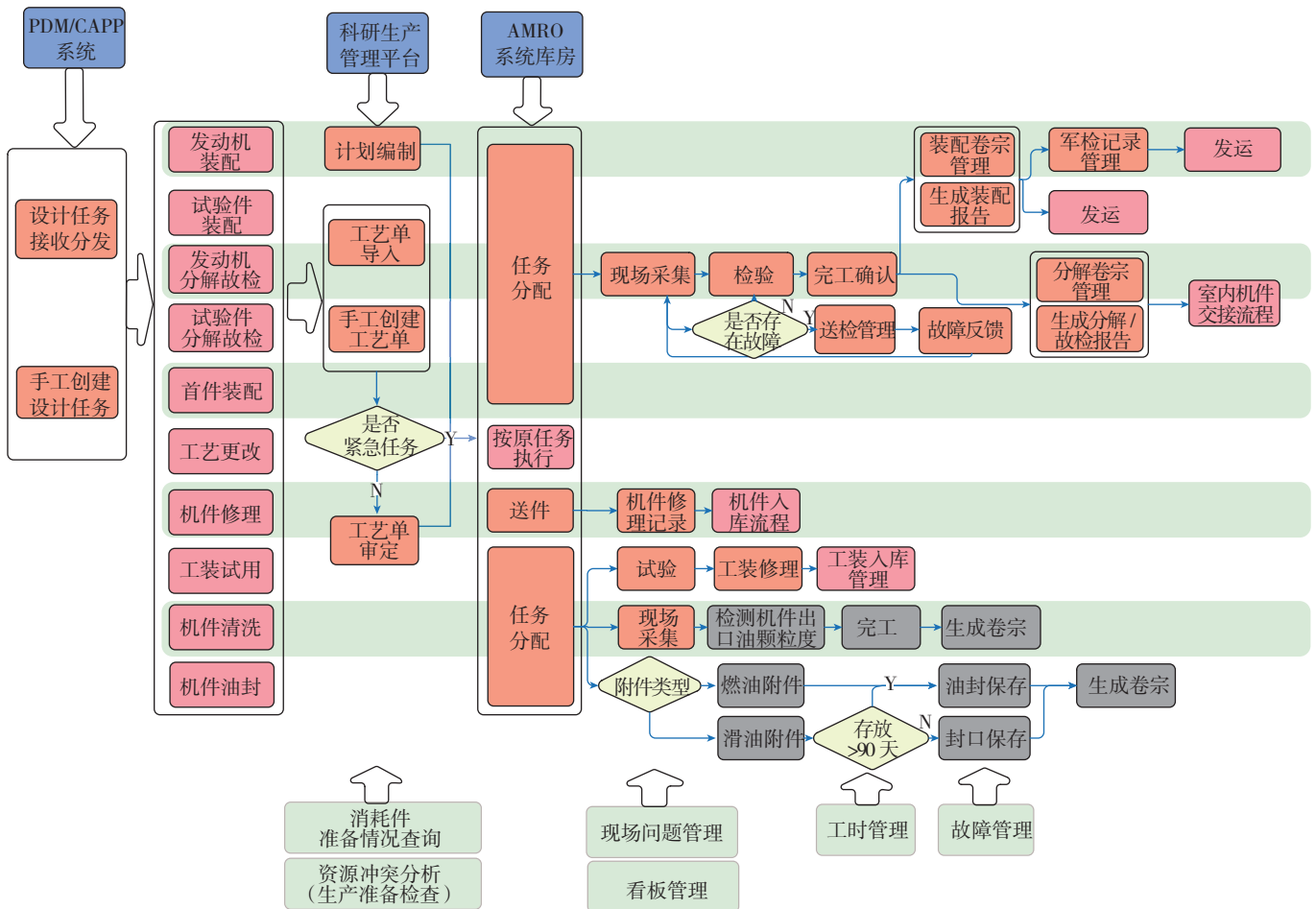


图2 发动机装配/分解过程功能模型

Fig.2 Aeroengine assembly/disassembly process function model

发动机技术状态信息来源于发动机装配、分解作业现场采集的数据。因此,装配MES系统建立了基于集成模式的发动机实物技术状态管理机制。通过与装配过程管理子系统的集成,将发动机实物技术状态管理与发动机装配、分解过程结合,以设计BOM、装配BOM、实物BOM和基于版本的零件信息为基础,以装配技术要求的下达为起点,以装配任务和计划为驱动,通过对装配过程的控制,集成装配过程中采集的发动机技术状态数据(故障、装配/分解工艺、检验、测量数据等),实现对发动机实物零件状态、使用、修理、位置、质量等信息的全方位跟踪和管理。同时,采用发动机装配快照技术保留发动机装配过程中装机技术状态的变更记录。基于集成模式的发动机实物技术状态管理子系统,建立了与装配过程管理子系统,发动机装配流程、发动机分解流程、送件流程、库房管理相关业务流程的全面集成。

结束语

基于集成模式的发动机实物技术状态子系统,从发动机实物技术状态管理的角度,建立了与发动机装配过程子系统的集成,包括与发动机装配流程、发动机分解流程、送件流程、库房管理业务流程的全面集成。本文针对航空发动机研制行业,经过对

航空发动机装配、维修及大修业务特点、生产方式的深入分析和对MES技术的研究,给出了装配MES系统的设计方法,并提出了基于装配网络图的发动机装配/分解过程管理系统方案和基于集成模式的发动机实物技术状态管理系统方案。该系统已经应用于航空发动机研制阶段发动机装配业务管理,系统经历了多次修改,已经趋于完善,具有较大的使用价值。本文提出的装配MES系统也可以在大型复杂产品研发企业中推广应用。

参考文献

- [1] ANSELMETTI B, FRICERO B. Aid tool for the design of process and aircraft assembly lines[J]. *Erospace Science and Technology*, 2012,3(1): 387-398.
- [2] ADLER D J, HERKAMP J, DAN H, et al. Does a manufacturing execution system reduce the cost production for bulk pharmaceuticals? [J]. *ISA Transaction*, 1995, 34(4):343-347.
- [3] 黄学文. 制造执行系统(MES)的研究和应用[D]. 大连:大连理工大学, 2003.
- [4] HUANG Xuewen. Research and application of manufacturing execution system (MES) [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2003.
- [4] 刘松良, 陈彪. 管接头生产管理系统[J]. *航空制造技术*, 2015(8):98-99.
- [5] LIU SongLiang, CHEN Biao. Production management system of pipe joint[J]. *Aeronautical Manufacturing Technology*, 2015(8):98-99.
- [5] 汤科, 张维生, 刘京威, 等. MES关键技术 在航天制造企业中的应用研究[J]. 新

技术新工艺, 2013(12):8-12.

TANG Ke, ZHANG Weisheng, LIU Jingwei, et al. Application research on key technology of MES in aerospace manufacturing enterprises[J]. *New Technology & New Process*, 2013(12):8-12.

[6] 彭宇馨, 张博, 宋晶. 面向航空装备维修过程的MRO系统开发及应用[J]. *航空维修与工程*, 2015(6):69-72.

PENG Yuxin, ZHANG Bo, SONG Jing. Design and application of MRO system based on maintenane process of aviation equipment[J]. *Aviation Maintenance & Engineering*, 2015(6):69-72.

[7] 李文辉. 制造执行系统(MES)的应用与发展[J]. *兰州理工大学学报*, 2006,32(2): 50-54.

LI Wenhui. The application and development of manufacturing execution system(MES)[J]. *Journal of Lanzhou University of Technology*, 2006,32(2):50-54.

[8] 牛余朋, 刘飞, 曲从善, 等. MES系统在导弹整修质量管理过程中的应用[J]. *航空制造技术*, 2014(8):118-120.

NIU Yupeng, LIU Fei, QU Congshan, et al. Application of MES in the process of missile maintenance quality management[J]. *Aeronautical Manufacturing Technology*, 2014(8):118-120.

[9] 韩兴龙, 李曼丽, 赵永平, 等. 航天器总装MES系统的设计及关键技术[J]. *航天制造技术*, 2015(4):55-56.

HAN Xinglong, LI Manli, ZHAO Yongping, et al. Design and key technologies of spacecraft assembly MES[J]. *Aerospace Manufacturing Technology*, 2015(4):55-56.

通讯作者: 许连芳, Email: jn_xlf@163.com.

Aeroengine Assembly MES System Design

XU Lianfang, HAN Fujin, WU Fayong, FENG Shaobao
(AECC Shenyang Aeroengine Research Institute, Shenyang 110015, China)

[ABSTRACT] This article introduces the development trend of MES technology in recent years, and analyses the characteristics and mode of aeroengine assembly business. Based on the analysis result, we completed the assembly MES system design. For the core function of assembly MES system, we establish aeroengine assembly and disassembly process management solution based on the technology of network diagram, and aeroengine physical technical state management solution based on integration pattern.

Keywords: Assembly MES; Integration; Data acquisition; MRO

(责编 古系)