

基于航空发动机脉动装配的智能 管控技术研究*

魏小红, 颜建兴, 金梅, 杨卓勇, 张磊, 刘志军

(中国航发动力股份有限公司, 西安 710021)

[摘要] 脉动装配生产组织模式能够有效提高航空发动机装配的质量和效率。通过对国产航空发动机脉动装配生产组织模式的需求分析, 提出生产资源的精准配送是保证生产线实现脉动装配的关键。梳理国内外智能制造生态标准, 结合发动机装配需求, 提出基于实时数据驱动的航空发动机脉动装配生产线智能管控系统。总结出包括装配工艺仿真、智能排产与动态调度、物料标识与配送、技术状态管理、装配状态采集及优选选配等方面的关键技术。为建设智能、柔性、脉动的航空发动机装配系统提供技术支持。

关键词: 航空发动机; 脉动装配生产线; 智能管控系统

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2020.06.043



魏小红

高级工程师, 从事航空发动机脉动装配生产线规划技术工作。

装配是航空发动机制造的最后环节, 脉动装配生产组织模式已经得到世界各大发动机主机生产企业的

广泛应用, 并取得了划时代的经济效益。通用电气(General Electric)、罗尔斯·罗伊斯(Rolls-Royce)、普拉特·惠特尼(Pratt Whitney)和赛峰(Snecma, Safran)等公司分别在其核心产品批生产中建设了脉动装配生产线, 以实现发动机装配效率和质量的提升, 满足日益增长的市场需求。国内在航空产品的脉动装配生产线建设方面也有不少研究成果。李金龙等^[1]从飞机装配的需求分析了脉动装配生产线的应用与发展, 认为脉动装配线是飞机制造技术的必然趋势; 苻书梅等^[2]通过对飞机总装脉动生产线的需求和工艺分析, 开展了智能装配技术研究与应用, 认为对航空企业来说智能制造技术的研究和应用, 是一个循环渐进的发展过程, 需要结合企业实际情况和产品设计制造特点发展智能制造技术; 辛彦秋等^[3]通过对脉动装配生产模式的分析, 认为脉动装配可以提高生产效

率, 降低生产周期; 综上所述, 开展航空发动机脉动装配生产线组线智能管控技术研究, 是满足航空发动机对质量、性能、效率提升要求的必经之路。

航空发动机装配 生产线现状

目前, 国内航空发动机生产规划通常采用两装两试的工艺流程^[4], 即集件→初装→试车→拆解→故检→二次装配→二次试车→交付的工艺流程。图1为航空发动机工艺流程示意图。由于装配过程复杂, 不确定因素多, 装配串换件时有发生, 排故转工需要归零控制、装配过程需要记录大量质量和过程信息以形成完整履历信息、检验要求严格等, 经常会出现进度问题、工艺问题、质量问题、性能问题。主要表现在以下6个方面。

(1) 装配质量稳定性差, 一次性

* 基金项目: 国防基础科研项目 (JCKY2018213A001)。

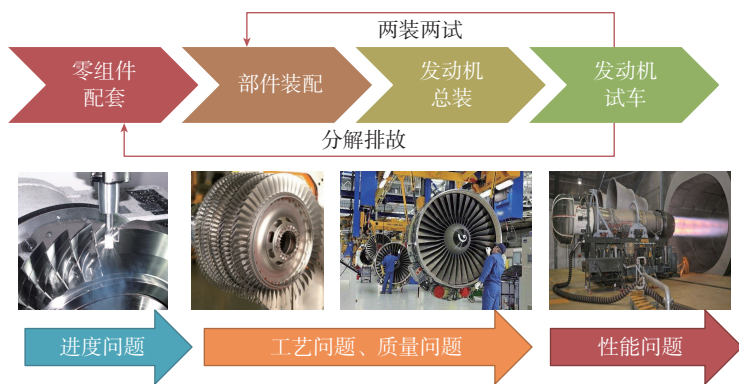


图1 航空发动机装配工艺过程示意图

Fig.1 Schematic diagram of aero-engine assembly process

装调成功率低。

由于同种零件在容差范围内存在个体差异,其尺寸、属性具有分散性,通过叶片重量矩测量仪、堆叠优化测量设备不能完全消除零件差异,造成装配组件存在个体差异,向后续装配工序传递并累积,造成后续装配环节尺寸超差或者发动机装配完成后试车性能不达标。

(2) 装配效率低。

装配技术基础相对薄弱,装配技术依靠人员传承和工作经验,装配故障定位、故障排除所花费的时间长且准确度不高,存在安装过程中经常需要选配修磨过程,造成装配过程一致性较差,装配周期难以控制。

(3) 工装设备种类多,生产准备效率低。

沿用早期固定站式装配模式,基于专用的固定式刚性型架支撑发动机进行垂直装配,各型发动机之间的工装设备无法通用,现场工装种类及数量繁多,生产准备效率低。

(4) 装配工艺仿真缺失。

传统的装配工艺设计缺乏仿真验证手段,工艺设计人员需根据工程图纸去构想产品的装配关系,根据自己的经验规划出产品的装配路径方案,考虑问题缺乏系统性和全面性。

(5) 缺乏质量信息传递与优选优配的基础条件。

装配车间的立体仓库仅管理了零部件的数量和存储位置,对于实现装配质量控制和装配技术状态控制所必须的关键质量数据,没有有效的获取途径,缺乏零组件优选优配的基础条件。

总体而言,在生产组织、生产流程、工装设备、配套模式等各方面仍是沿用传统的装配模式,难以适应高质量、高可靠性的发动机提出的高效、无应力的装配技术要求。为确保我国航空发动机装配能力的快速形成,迫切需要建设脉动装配生产线,开展智能排产与动态调度、物料标识与配送、装配状态采集、优选优配等方面的智能管控技术研究工作,并进行应用系统开发和工程化验证工作。

航空发动机的脉动装配 生产线需求

脉动装配线是一种按节拍移动的装配生产线,具有装配的时候不移动,移动的时候不装配的特点,各装配站点完成各自站点相应的装配任务,实现专业化生产;各站点只配备适合本站位使用的工装、工具、工艺等,可以有效减少建设投资;各站点只了解自己站位的工艺规范,可以有效降低操作者对装配技能的要

求。李慧丽^[5]通过对大涵道发动机装配工艺需求的分析,规划了一条适合大涵道比发动机装配的脉动总装生产线;提到了容差控制和数字化管控系统的必要性。魏小红等^[6]通过对数字化装配的需求分析,梳理出发动机数字化脉动总装应解决的技术问题有:发动机零部件的数字化检测技术及标准;发动机零部件、单元体的身份识别技术及标准;数字化信息平台的技术规划;航空发动机装配的容差优化分配和工艺仿真技术研究。

在长期的脉动生产线规划建设中,通过多次调研和技术研究发现,要实现脉动装配光有适合人体工程学的工艺装备是远远不够的。通过观察发现,发动机脉动装配想要顺利生产,离不开生产资源的精准配送,这里不仅包括生产物料的精准配送,应该包含“人、机、料、法、环、测”的各种生产资源的精准配送。在赛峰工厂,配备有相当庞大的物料配送管理系统,在保证“三工”(即工艺、工装、工具)设计以人为本,充分考虑使用者方便的同时,还要保证各种生产资源的精准配套。尤其是生产零部件的配套,必须保证操作者按照推送的标准工艺方案进行操作,才可以装出一个合格的产品,这就要求在脉动生产线建设中充分考虑零部件的优选优配,选用符合装配需求的零组件进行配套,把“装”和“配”分离,首先进行零部件的优选配套,在生产现场只进行安装操作,尽量减少“配”的操作,使生产流程尽量标准化,这是脉动生产线顺利运行的最基本需求。

航空发动机脉动装配智能 管控技术

1 脉动装配生产线

周烁等^[7]解析了某发动机的装配工艺,分别论述了部装和总装阶段的工艺需求。建设满足生产节

拍需求的脉动装配生产线,包括整机脉动装配生产线、部件装配生产线、附件单元体装配生产线以及管路线缆供给线组成。各部件装配生产线是将配套单位提供的部件单元体进行配套、组装、检测等前期准备,为整机脉动总装线提供满足装配需求的部件单元体。

整机脉动装配生产线采用环形设计,共有装配工位5个,每个工位各配备一个专用库房;缓冲工位2个,主要用于对装配故障的发动机进行缓冲处理。各工位主要功能为:工位1主要安装风扇机匣单元体,工位2主要安装核心机单元体,工位3主要安装低涡单元体,工位4和工位5主要安装附件、管路和电缆,发动机装配结束后由工位5直接下架。部件装配生产线包括风扇单元体装配生产线、核心机单元体

装配生产线、低压单元体装配生产线、附件单元体装配生产线以及管路线缆供给线组成。各部件装配生产线是将配套单位提供的部件单元体进行配套、组装、检测等前期准备,为整机脉动总装线提供满足装配需求的部件单元体。

生产管控系统需要从发动机部件、组件、单元体到整机装配的整个生产过程中,对物料的配套、状态、特征参数、生产计划、生产设备运行等进行综合管控。运动控制系统对物流的运输、部件位姿进行自动在线监测与实时运动补偿,研制专用的水平装配机器人,实现主单元体自动化对中和对接,降低装配劳动强度,实现精准位置反馈与控制。依据发动机脉动装配生产线中

的装配站位及装配、分解工艺,研制专用的发动机吊装装置,精确控制发动机零部件的起降、运输,控制发动机的装配姿态,保证总装脉动生产线安全可靠。通过集成工业机器人和机器视觉方法、光学测量技术,研究发动机部件、整机光学检测及质量数据的自动感知技术,构建面向发动机装配质量检测的“手-眼机器人”系统,实现发动机大量检测点质量信息的自动获取、分析和判定。

信息化数据采集传输系统需要打通信息化、工艺管理、检测技术、质量管控体系技术壁垒,推行“工检合一”的工艺规程卡,做到一个界面完成操作者一个工步的操作、检测、检验确认过程。对航空发动机总装

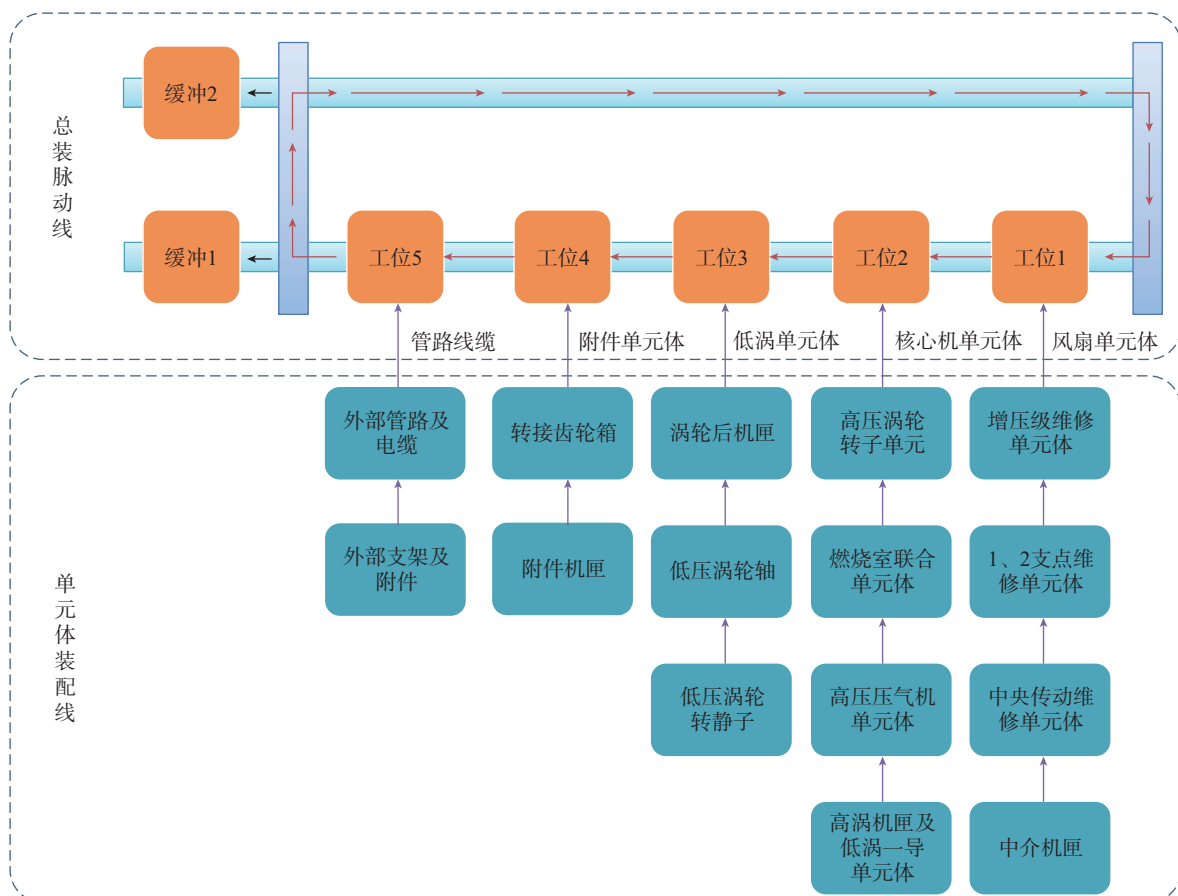


图2 某航空发动机脉动装配生产线示意图

Fig.2 Schematic diagram of pulsation assembly line of an aero-engine

生产线进行生产流程再造,实现总装脉动式生产,运用拉动式生产组织方式,拉动部件和单元体装配以及下游各零部件的生产配套,协调各种资源,实现“三工”的精准配送,保证脉动装配的顺利运行。

依据集件、部件装配、总装装配、工厂试车的标准工艺流程,为了提高航空发动机装配效率和装配质量,在集件、部件装配、脉动总装、检验试车等全装配环节开展零部件、存储器具、员工及工具的数字化识别,并进行相关技术改进。

在集件阶段,基于关键尺寸链,建立优配模型,通过重量距完成叶片数字化检测,实现零部件的优选优配,采用立体库、回转库实现零部件配套件智能存储。

在部件装配阶段,根据装配计划实现装配工艺、装配要求、检测方法、检测标准的精准配送,通过信息物理融合的人机协同进行装配操作引导,采用智能扳手,实现螺母智能拧紧及防错,同时实现检测数据的自动采集与反馈。

在脉动总装阶段,实现装配物料、工装的精准配送,自动感知装机技术状态,进行质量控制与追溯,研制对接装配机器人、发动机吊装脉动配送装置和高精度装配质量检测机器人等,实现发动机主体自动化调姿及保姿态升降、单元体自动化水平对接、流水线脉动移动、装配质量光学检测等功能。

在检验试车阶段,主动感知试车技术状态,采集存储试车数据,实现数字化检验。

航空发动机采用脉动式装配模式,确定单工位装配计划,所需工艺装备功能需求明确,引进自动对接、拧紧、检测等设备,提升装配质量,降低操作强度,提升装配操作效率,建设智能管控系统,对发动机装配过程中的物料和质量信息进行完整的跟踪和记录,确保生产进度信息及时、

准确的感知和传递,整个装配过程进行可视化展示,辅助技术、生产、质量人员进行有效决策。

2 脉动装配智能管控技术研究

智能管控系统是整个生产线的大脑,负责生产线内运行计划、调度、资源、物料的管理与调配,负责生产线运行状态数据、异常数据、质量数据、生产数据的管理与分析。通过与物流机构的集成,实现生产指令的下达与执行状态的采集。图3为航空发动机脉动装配智能管控系统技术路线示意图。

智能管控系统以产品装配流程为基础,对装配管理业务和装配过程按照端到端流程进行分解,支撑数字化装配管理、装配执行及执行状态的感知。通过与ERP的集成,获取企业的生产计划,形成装配线内部部件级的作业计划。感知齐套状态,分解生产线内部作业计划,形成具体的装配任务,下达班产任务并监控进度。监视关键点、重要部件、资源等生产运行状况,及时智能处理突发事件,监控生产线上的人力、工装、设备等资源,预警资源短缺状况,保证按计划产出。智能管控系统的核心业务包括工艺仿真、智能排产与调度、物料标识与配送、技术状态管理、装配状态采集、优选优配等。

2.1 装配工艺仿真

赵萧^[8]描述了“装配-拆卸-再装配”的装配模式,及对数字装配工艺仿真技术研究,保证了产品装配万无一失。通过优化装配序列规划(Assembly Sequence Planning, ASP),对产品装配工艺方案、集件齐套性、装配组织模式、装配顺序、工装工具、生产节拍、人员等进行仿真,建立三维模型、通过3D装配示教,验证装配工艺,最终实现提高装配效率、降低装配成本、缩短产品工艺开发周期的目的。

按照航空发动机装配“两装两试”的规范装配工艺,开展装配工艺

仿真技术研究,以企业PDM/ERP/MES等主要信息数据为基础,开展发动机数字化动态装配仿真,分析动态装配过程中零组件、工装工具可能的干涉,验证装配顺序、工装工具使用的合理性,智能规划最优装配路径,优化工位布局,分析工人操作的舒适度问题。对部件装配进行工艺容差分析,对组件和部件进行三维尺寸链计算、公差分析,评定零组件尺寸和几何特征的不一致性对装配性能、稳定性的影响,确定不同尺寸对装配影响的贡献度、预测装配的失效率,确定关键装配参数,优选装配零组件,优化装配工艺,增强发动机装配的稳定性,保证发动机性能,降低零部件失效及整机振动,提高发动机的性能和质量。

2.2 智能排产与动态调度

航空发动机脉动式装配生产线各工位的生产任务相对固定,执行计划的质量要求较高,要求装配计划尽可能科学合理,尽可能使不同工位之间的装配节拍保持相对一致。

针对脉动线,根据规划好的站位以及站位内部的工艺指导卡分配,进行详细计划(包括组件装配和单元体装配计划)的自动编排和人工校准。同时根据生产线装配作业计划需求,自动给出站位或装配单元的配套需求计划,并传递给物流配送系统。

针对装配生产线计划管理约束条件复杂、现场条件多变等特点,通过筛选发动机总装过程的约束关系集,明确装配流程、站位、节拍、资源和订单等条件对排产结果的影响情况;分析航空发动机脉动装配过程中的复杂物料需求,识别其中各要素间的依赖关系,建立表达模型。梳理发动机装配过程中可能影响进度或效率的各种要素(例如:配件短缺、工装占用、紧急插单等)与可能的应对措施(例如:加班、延期、换装等),分析不同场景下的排产优化空

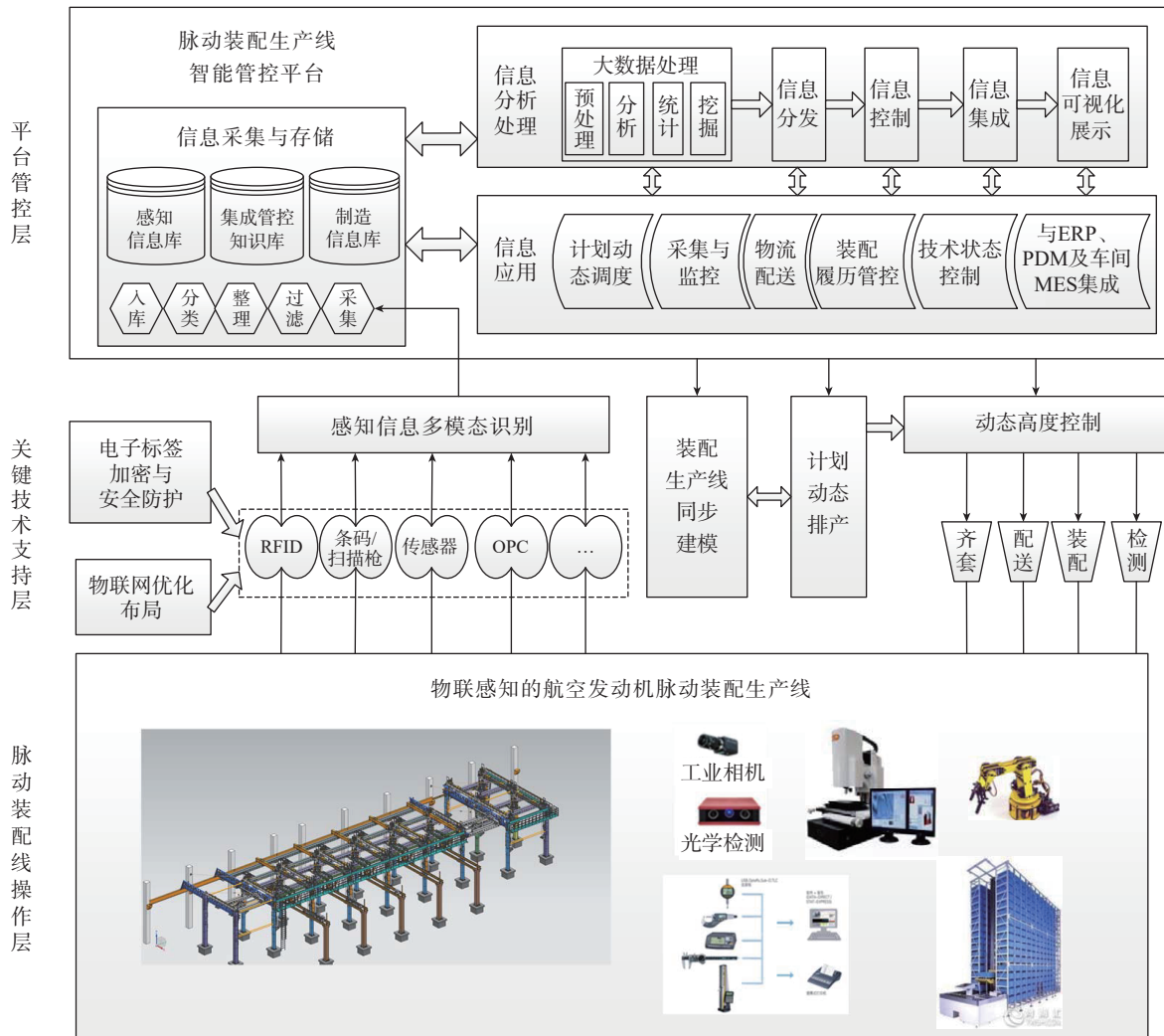


图3 航空发动机脉动装配智能管控系统技术路线示意图

Fig.3 Technical route of intelligent control system of aero-engine pulsation assembly

间与目标。

智能排产以制造资源充分利用和保证生产进度为目标,建立事件驱动的装配资源冲突检测和消解模型,采用线性规划及规则、约束和装配实例的混合消解策略,处理制造协同、突发故障等因素引起的物料、设备和工装等冲突,获得满足各种约束条件最优的装配顺序(或其近似解)。图4为航空发动机脉动装配生产线智能管控系统生产计划自驱动流程。

2.3 物料标识与配送

首先对进入装配车间的每个零

件贴、挂可识别的唯一条码,然后通过扫描装置进行识别和按部件分拣到配套托盘,进入智能货柜进行集中配套统一管理。通过物流配送系统实时自动监控管理,实现物料仓储补给、现场配送预警,保证生产线物料按需、定时、定点精准配送,减小人工分类和物料识别的出错率,降低工人的劳动强度,提高效率,其物流工作流程如图5所示。

采用合理的物料标识手段,对进入装配生产线的物料进行唯一性标识,同时增强物料分发和清点手段。在生产现场配备立体仓库,

管控系统按照发动机台份配套管理,依据排产数据进行物流动态配送,基于软硬件系统互联互通技术,通过与生产线立体仓库管控系统的集成,并依据现场资源调度方案,自动控制物流运输设备执行资源配送任务,或者通过待办任务的形式,安排专人执行配送任务,实时响应装配现场资源需求信息,实现各类资源的准时化、精准化成套配送实时感知总装生产现场物料、工装、工具等资源的库存信息、使用状态(包括使用中、报废、闲置等状态信息)、磨损状态及现场需求信息,以生产计

划及任务调度结果为依据,结合物料、工装、工具对应工序信息(通过读取工艺文件信息获得),对各类制造资源进行合理调配,实现制造资源的优化配置与智能化调度,配置过程支持可视化手动操作、自动调配两种模式,并向物流配送系统及时发起资源配送指令。同时,当资源状态难以满足未来生产需求时,通过设置资源库存阈值并进行自动判别,实现各类资源的库存预警。

通过物联网技术在物流控制系统的应用,实时采集物流设备健康状况、实时定位及载料等基本信息;通过与生产调度模块的集成,实时感知生产现场对物料、工装、工具

等制造资源的需求信息,通过对物流运输设备、物流衔接设备状态信息(包括使用中、故障、闲置等状态信息)的动态感知,实现物流资源的合理调度,并结合实际库存情况,实现物料、工装、工具等资源的自动化、准时化配送;同时,通过集成安全监测装置,物流控制系统可以实时响应应急停车指令,有效避免生产现场突发事件造成的人员、设备、资产浪费。表1为常用物流设备及物流对象的分类。

2.4 技术状态管理

建立技术文件模板库,对工艺规程、更改单、技术通知、补充流程卡等技术文件进行分类管理,控制

其有效性,管理技术文件的签收、贯彻、归档的流转过程,保证技术文件的正确、及时下发与回收,跟踪技术文件的实际应用范围。

定义技术状态管理的范围,管理零部件的串换,支持单台份发动机技术状态的查询和跟踪,实现沿时间轴的技术状态快照。研究装配履历的深度结构化技术,实现单机装配技术状态管理与跟踪。建立完整的履历本结构,建立各履历表的模板,提供方便的履历本打印工具,支持基于履历本的查询和分析。对发动机的装配履历信息进行打包,形成脱离本系统的发动机离线履历本,便于与其他系统之间的

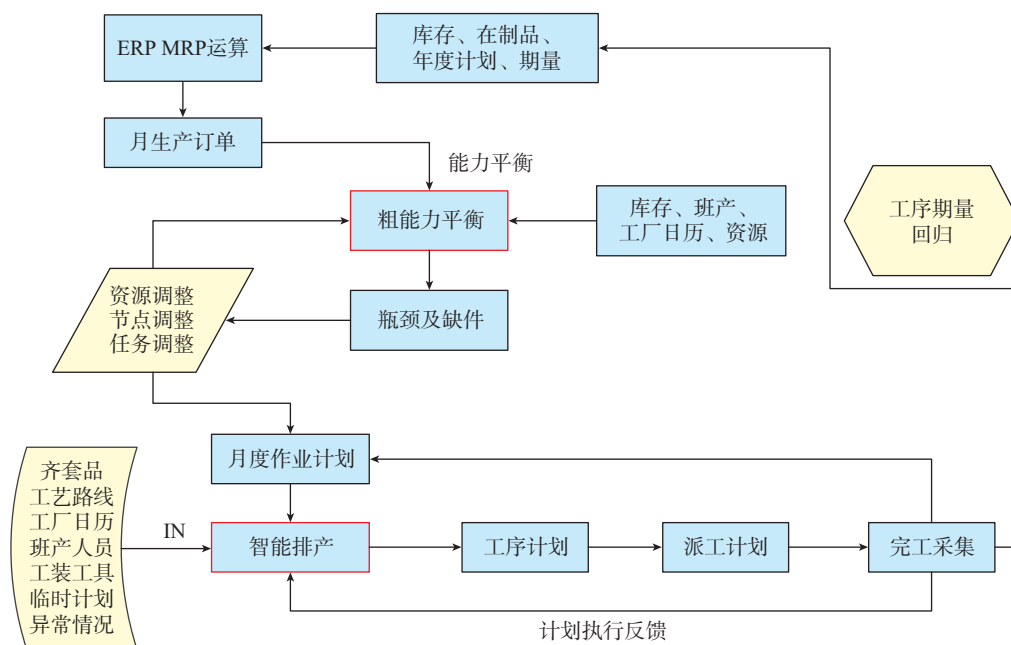


图4 航空发动机脉动装配生产线智能管控系统生产计划自驱动流程

Fig.4 Production plan self-driving process of intelligent control system for aero-engine pulsation assembly line

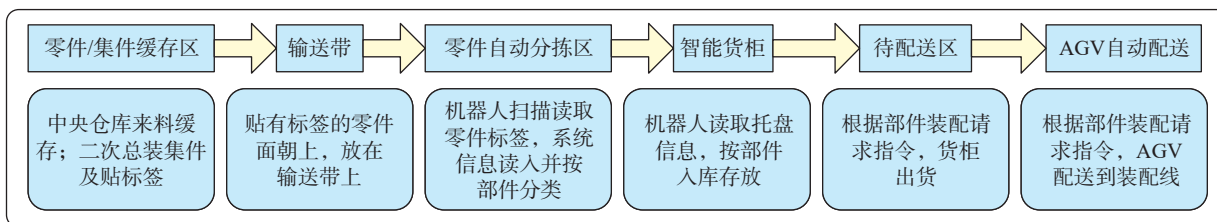


图5 物料配送流程图

Fig.5 Flow chart of material distribution

表1 常用物流设备及物流对象的分类

Table 1 Classification of common logistics equipment and objects

序号	设备名称	物料类型
1	立体库	大零部件仓储
2	回转库	小零部件仓储
3	工装车	放置工装
4	生产保障车	辅材、工具
5	零件形迹盒	放置小零件
6	零件配套车	放置大零件
7	零件运输车	零件配送

数据集成与同步,实现发动机数据的共享和归档。

逐步收集发动机装配、发动机试车中各类特性数据,建立大数据分析模型,应用大数据分析技术,在集件阶段为装配前的优选选配提供技术参考。

2.5 装配状态采集

针对发动机装配生产线智能管控需求,通过数据接口和物联网,采集、处理、传递、存储生产线上的各类信息,监控发动机装配生产计划、重要工序及关键指标的执行状态,可视化监控资源状态并及时响应各类异常及报警信号。

依据装配工艺独有的特点以及国外最新发展趋势,建立装配与检验集成的数字化工卡。研究装配工艺、检验要求的结构化技术,并对装配项与检验项进行有效地关联和集成,建立起“工检合一”的数字化工卡存储和表达模型。针对数字化工卡,在PDM系统中研究工卡生成技术,以及向装配现场管控系统的传递和集成技术。研究数字化工卡的在线引导及可视化方法,研究实物检验项信息的在线关联、零组件配合尺寸计算、单元体对接尺寸链计算及超差等的自动判别技术。

针对航空发动机紧固件较多、对紧固件的拧紧顺序及力矩控制

要求严格,以及装配操作空间小等特点,集成开发专用拧紧工装。基于拧紧工装与上位机的数据传递技术,研究与数字化工卡的集成技术,实现拧紧力矩的准确设定,同时研究实际拧紧力矩值的在线采集和自动记录技术,最终实现螺栓紧固的装配检测一体化。

结合发动机测量位置选用合适的数字化测量仪器,实现测量数据实时采集与传输。将数显卡尺、数显千分尺、数显千分表、数显内径规及气动量仪等接入数字化测量仪器系统,通过可视化检测引导,指导检验人员执行设定的检验规划。数据实时自动记录,对测量的数据文件进行转换,按统一的数据结构变换,通过网络及标准接口向管控系统传递。工程技术人员和管理人员可查看和监控生产过程中的装配数据是否有异常波动,通过工艺能力指数,运行图、预控图等实时曲线图定量分析,实现产品质量预警控制。

2.6 优选选配

发动机装配后形成的若干关键控制尺寸对于发动机的工作性能和可靠性影响巨大。现有模式按照单台份发料,造成关键控制尺寸分布不均匀,发动机个体间一致性差。研究各关键控制尺寸对于发动机性能和可靠性的影响规律,

寻找优化控制尺寸的名义值和控制区间。建立关键件关键尺寸的尺寸链模型,建立关键尺寸的单台份实测数据库。研究基于计算智能的装机零部件优化配合方法,提高各台份关键尺寸分布的一致性。应用零部件优化配合关系,指导单台份装配的发料。

零件的选配优化主要考虑零件实物的端跳、径跳、动平衡和静平衡等零件质量性能指标,建立基于装配关系和尺寸链的装配误差传递模型,使转子同轴度或大部件对接间隙符合装配质量控制要求,设计针对该优化问题的计算智能方法,求解零件选配结果。

结论

综上所述,对装配工序多、周期长的航空发动机总装生产线进行流程再造,建立多工位脉动式装配生产线,配备自动配送、对中、检测等自动化设备,以数字化管控为手段,通过工艺创新提高装配效率,运用拉动式生产组织方式,将配套、生产保障、质量管理、工艺技术等管理工作统一到发动机的装配交付过程中,从根本上改变传统装配方式存在的装配效率低、质量差、成本高等问题。工艺装备采用柔性化、集成化设计,减少额外工作量,提升装配操作效率。建设装配智能管控系统,确保生产进度信息及时、准确地感知和传递,对发动机装配过程中产生的质量和物料信息进行完整记录和追溯,从根本上改变我国传统的装配模式,整体提高航空发动机装配技术水平和生产效率。

随着航空发动机装配技术和产品技术需求的发展,智能、柔性、脉动装配系统的构建将是未来航空发动机装配发展的必然趋势,技术的进步将推动管理模式的改革,管理制度的及时跟进,也将成为航空

发动机智能脉动装配顺利推进的关键因素。

参考文献

[1] 李金龙, 杜宝瑞, 王碧玲, 等. 脉动装配生产线的应用与发展 [J]. 航空制造技术, 2013, 56(17): 58-60.

LI Jinlong, DU Baorui, WANG Biling, et al. Application and development of pulse assembly line [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2013, 56(17): 58-60.

[2] 裴书梅, 杨根军, 陈军, 等. 飞机总装脉动生产线智能制造技术研究与应用 [J]. 航空制造技术, 2016, 59(16): 41-47.

CHANG Shumei, YANG Genjun, CHEN Jun, et al. Research and application of intelligent manufacturing technology for pulsating production line of aircraft assembly [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2016, 59(16): 41-47.

[3] 辛彦秋, 吴斌, 苏丹, 等. 民用航

空发动机脉动装配浅析 [J]. 航空制造技术, 2013, 56(20): 118-120.

XIN Yanqiu, WU Bin, SU Dan, et al. Analysis of pulsation assembly of civil aeroengine [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2013, 56(20): 118-120.

[4] 徐秉铨, 周士林, 刘宁, 等. 航空制造工程手册: 发动机装配与试车 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1996.

XU Bingquan, ZHOU Shilin, LIU Ning, et al. Aviation manufacturing engineering handbook: aero-engine assembly and test [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 1996.

[5] 魏小红, 谈军, 方红文, 等. 航空发动机水平脉动总装生产线规划研究 [J]. 航空制造技术, 2015, 58(19): 8-12.

WEI Xiaohong, TAN Jun, FANG Hongwen, et al. The programme of aeroengine horizontal pulsation assembly line [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015, 58(19): 8-12.

[6] 魏小红, 陈贵林, 田小京, 等. 航空发动机数字化脉动总装线规划技术研究 [J]. 航空制造技术, 2015, 58(21): 155-162.

WEI Xiaohong, CHEN Guilin, TIAN Xiaojing, et al. Research on digital pulse assembly line planning technology of aeroengine [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015, 58(21): 155-162.

[7] 周烁, 汪俊熙, 刘宜胜, 等. 大型商用航空发动机整机装配工艺浅析 [J]. 航空制造技术, 2014, 57(5): 92-96.

ZHOU Shuo, WANG Junxi, LIU Yisheng, et al. Analysis on the assembly process of large commercial aeroengine [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014, 57(5): 92-96.

[8] 赵萧. XX 产品数字化装配工艺仿真研究 [D]. 天津: 天津大学, 2012.

ZHAO Xiao. The research on digital assembly process simulation of XX product [D]. Tianjin: Tianjin University, 2012.

通讯作者: 魏小红, E-mail: wxh_018@163.com。

Investigation on Intelligent Controlling-Management System of Aero-Engines Pulsation Assembly Line

WEI Xiaohong, YAN Jianxing, JIN Mei, YANG Zhuoyong, ZHANG Lei, LIU Zhijun
(AECC Power CO. LTD., Xi'an 710021, China)

[ABSTRACT] The pulsation assembly production organization model can effectively improve the quality and efficiency of aero-engine assembly. This paper analysed the domestic aero-engine pulsation assembly production organization model, and drawn a conclusion that accurate production resources distribution is the key to implement the pulsation assembly. Moreover, this paper investigated the key technology of the real-time data driving intelligent controlling-management system of aero-engines pulsation assembly line, via teased out domestic and abroad intelligent manufacturing ecological standards, and the engine assembly requirements. A series of key technologies are proposed, including assembly process simulation, intelligent scheduling, supplies identification and distribution, technical condition management, assembly state monitoring and optimum distribution. This investigation provide technical support for the intelligent, flexible and pulsating aero-engine assembly systems.

Keywords: Aero-engine; Pulsation assembly line; Intelligent controlling-management system

(责编 大漠)