

打通航空发动机装配与修理的数字化应用“最后一公里”

Digital Application for Aero Engine Assembly and Repair

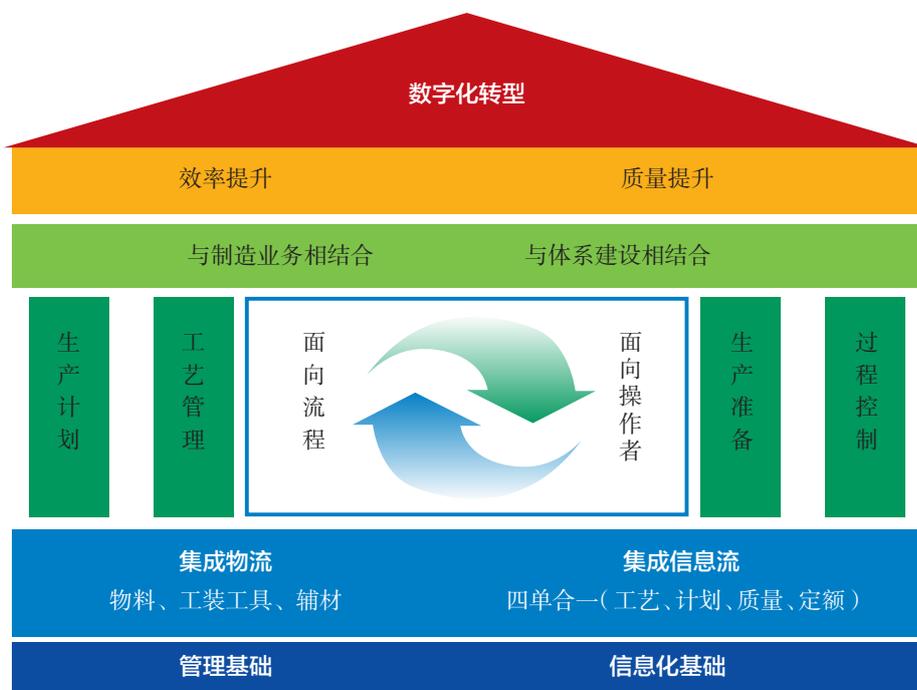
■ 许涛 雷洋 杨军 韩静 陈烁 / 中国航发西航

航空发动机装配与修理的数字化应用“最后一公里”建设，是以生产现场操作者为对象，以实现准时化生产、消除过程浪费为目标，从中国航发运营管理体系（AEOS）建设需求和信息化建设落地出发，切实提高生产一线操作者的工作效率及工作质量，降低生产成本，进一步拉动企业运营管理全流程的优化和改进。

近年来，由于交付量的增加和使用率的提高，中国航发西航大修中心的返厂发动机数量也随之大幅增加。同时，由于工艺规程粗放、计划管理不精细和物料管理混乱等因素，导致发动机装配周期长，低层次质量问题频繁发生，生产管控不得不忙于“救火”。通过对生产流程分析发现，现场应用的航空维修管理（AMRO）和制造执行管理系统（MES）等信息系统不但功能单一，而且仅为管理者使用，没有任何信息化技术和信息系统支持操作者接收、采集和传递信息与数据，造成了生产中各类信息传递周期长、手段落后和等待时间多、增值时间短等问题。因此，创新团队通过分析操作者的作业顺序，理清班产计划、工艺规程、物料和工装工具、现场问题处理等方面的需求，并应用信息化手段加以解决，打通了为操作者服务的数字化应用“最后一公里”。

建设思路与目标设定

中国航发西航及创新团队以打造卓越绩效为主要目标，通过“管理制度化、制度流程化、流程标准化、标准表单化”构建管理标准化作业模



数字化应用总体设计思路

式，并实施精益化生产线改造。在此基础上，以“两个面向”（面向生产现场操作者和面向流程）为引领，全面收集、分析各类操作者需求，用精益生产的理念和体系建设的工具方法，优化生产计划、工艺管理、生产控制、生产保障、质量管理流程和网络、系统、数据等信息化环境，集成物流和信息流，设计4个“最后

一公里”应用场景，建立系统应用到一线操作者之间的生产计划、工艺管理、生产准备、过程控制的数字化操作模式和长效运行机制，为实现生产制造数字化转型奠定坚实基础。总体设计思路和目标主要包括以下几个方面。

一是围绕“两个结合”。坚持以操作者为中心实现信息化与制造业务

的结合，完成信息化建设从“自上而下”到“自下而上”的重大转变；以扎实有效、成果显著的体系建设为基础，实现信息化与AEOS建设的结合。

二是坚持“两个面向”。建设理念需要面向流程，从制造单位到操作者工位建立起了清晰的流程概念并梳理到位；同时面向操作者，把业务末端信息化建设坚持到底、坚持到位。

三是做到“两个集成”。即集成基本完整、能够直达工位的信息流，集成包括物料、工装、工具等仓储和配送的物流。

四是达成“两个打通”。即自上而下打通计划流程、打通工艺文件体系，牵引带动技术和管理向更多、更深、更细、更超前发展。

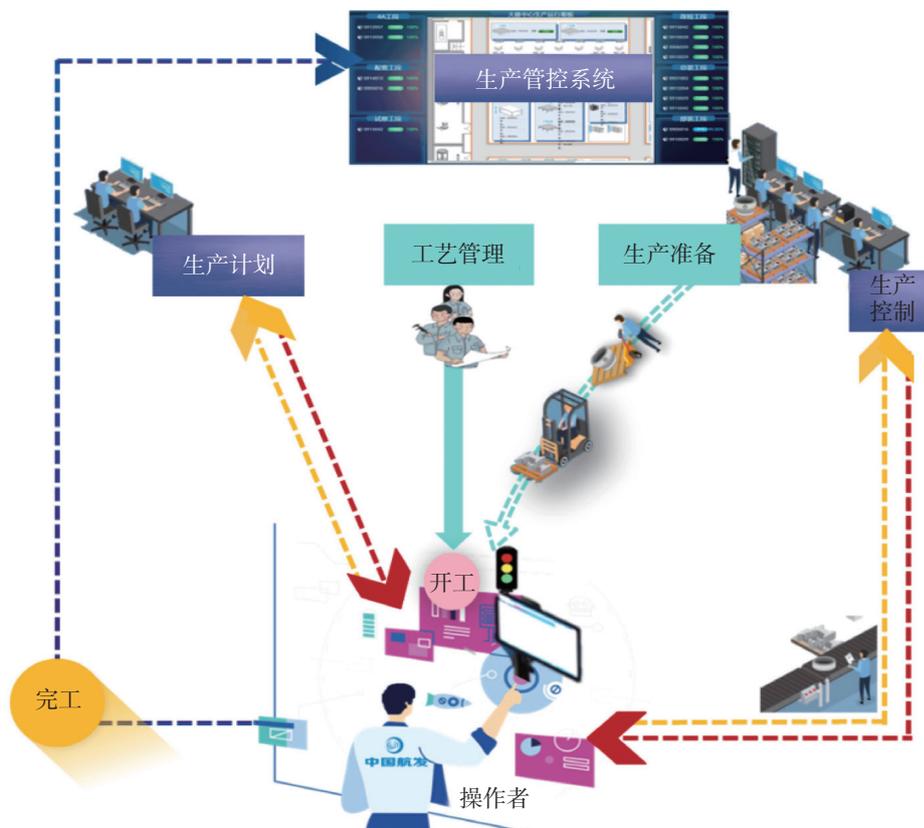
五是实现“两个提升”。即效率提升、质量提升，特别是阶段性质量、成本、交付期（QCD）指标应分别实现提升25%以上的目标，为实现数字化制造奠定基础。

需求收集与现状分析

打通“最后一公里”的服务对象是操作者，因此对发动机修理全过程中不同角色的操作者进行详细的需求分析至关重要。创新团队围绕大修中心现场装配钳工、故检工、配套工、生产准备工4个工种分别进行了问题分析和需求梳理。

一是按时间轴从开工前、作业过程中、质量控制过程和完工后4个方面，梳理操作者作业顺序和每天的工作内容。

二是围绕安全、质量、成本、交付和人员（SQCDP）等方面分析操作者的作业需求。安全方面，明确什么不能做；质量方面，通过可



数字化应用“最后一公里”应用场景

视化工艺规程、工艺卡片和检验标准的推送，明确怎么做；成本方面，借助定额工时和实做工时显示操作者做的结果；交付方面，通过班产计划下达、物料准备，明确要做什么；人员方面，查找人员技能短板，明确培训学什么。

通过以上两个步骤，全面理清操作者的生产活动与需求配置。结合需求梳理，与信息系统进行匹配和设计，结合不同操作者角色对数字化应用的需求，针对性地对各业务版块进行系统应用的设计与开发，切实保证系统符合操作者的日常工作流程和操作习惯。

生产现场应用场景设定

在问题分析和需求梳理清晰明了之后，聚焦操作者，围绕“生产计划、

工艺管理、生产准备、过程控制”4条主线，创新团队设计了打通“最后一公里”的应用场景。在计划方面，通过企业资源计划（ERP）系统获取生产订单，在MES和高级计划与排程系统（APS）中进行排产，将班产计划于开工前推送至操作者；在工艺方面，技术人员同步接收生产计划，提前准备相关工艺文件及工艺卡片，开工前推送至操作者，同时，为操作者提供数字化检测技术和手段，实现工艺过程数据的实时采集；在生产准备方面，物料配送计划随班产计划同时于开工前推送至操作者，通过工装工具、辅材、零组件的精准配送，做好操作者开工前的保障工作；在过程控制中，设置物理按钮为操作者提供高效快捷的问题反馈手段。

流程设计与系统配置设计

在设计应用场景、明确建设目标之后，创新团队重点开展了流程与系统应用设计：基于从订单到交付（OTD）流程，梳理操作者与生产计划、工艺管理、生产保障、生产控制的逻辑关系，绘制相应业务流程，确定每条流程主线的建设内容和软、硬件配置，打通4个“最后一公里”。

一是打通生产计划“最后一公里”。通过MES与ERP系统集成，实时获取生产订单信息，应用APS排产生成作业计划；在操作者工位安装一体机，设计操作者门户，实现在工位实时查看班产任务、开工报工。

二是打通工艺管理“最后一公里”。将工艺规程进行可视化和结构化处理，并直接推送到工位，操作者通过一体机可随时查看工艺要求；在数据采集时，系统跳转至数字化检测系统，操作者使用数字化测量仪器，进行数据采集，并传回MES系统，实现数据的收集及报工。

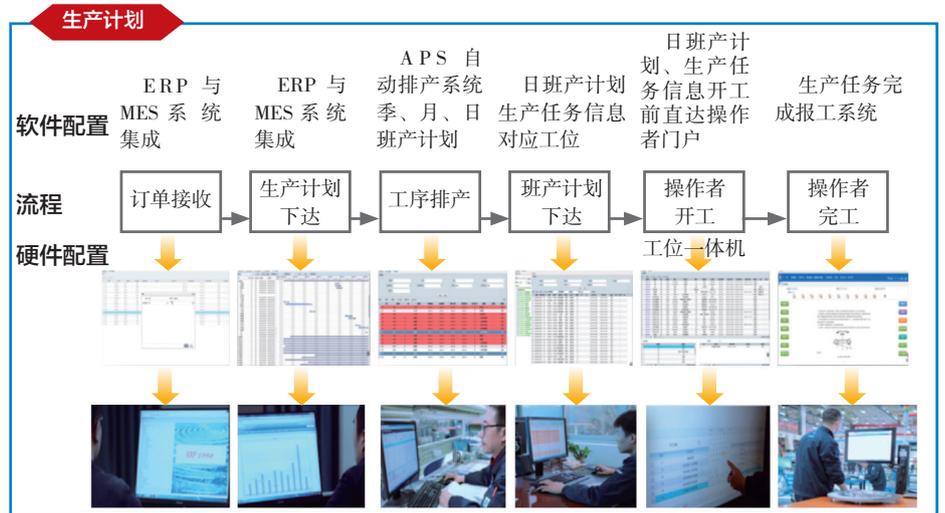
三是打通生产保障的“最后一公里”。在班产计划下达的同时，自动生成配送计划，开工前推送至配送部门。

四是打通过程控制“最后一公里”。部署物理按灯系统，当操作者遇到问题后，在工位按照问题分类触发按灯功能，拉动快速反应团队快速、高效地解决问题。

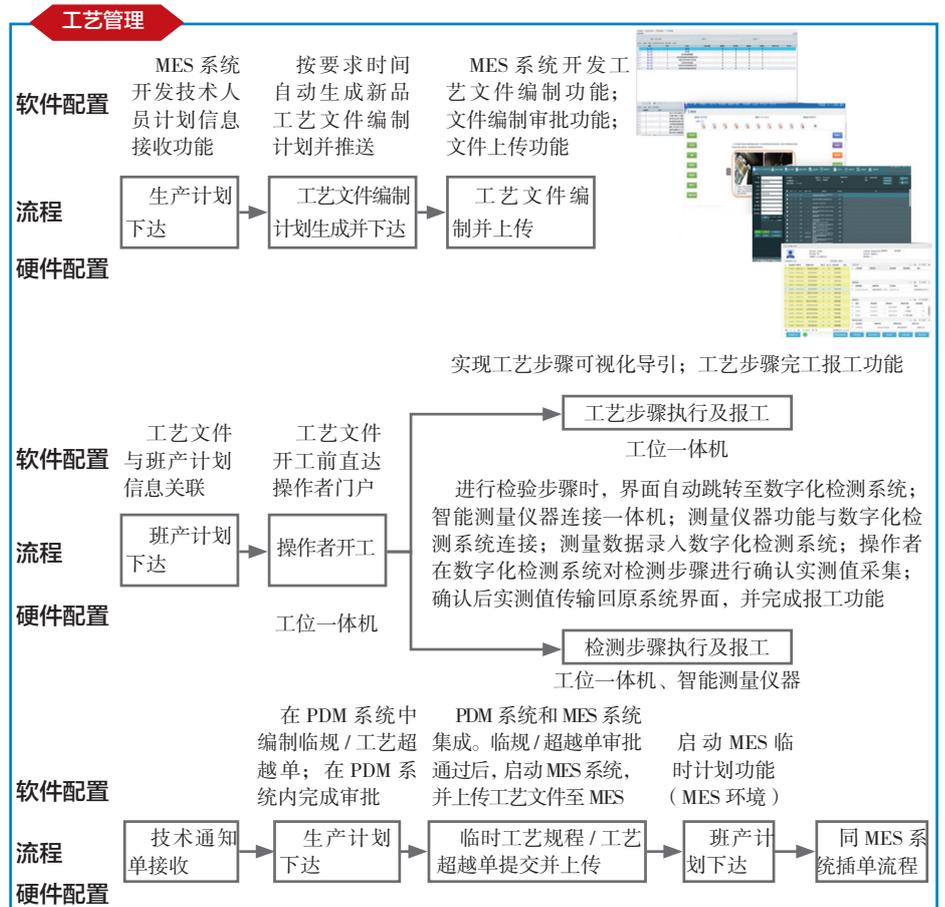
在理清4个“最后一公里”流程和相关软硬件配置需求之后，将MES与产品数据管理（PDM）、ERP、工装工具、数字化检测等系统集成，实现数据资源的共享和统一。通过信息系统的集成应用，建立生

产管控平台、设置中心级和工段级系统终端电子大屏，中心实时采集发动机的一次试车合格率、废品波

动、班产计划完成率、返修件、在制品、现场问题等数据，从SQCDP指标入手，按照长、中、短期进行



生产计划“最后一公里”



工艺管理“最后一公里”

统计分析，使数据有效服务于管理，为进一步提升运营绩效，提供数据支持与决策分析。

建设成效

管理流程得以优化

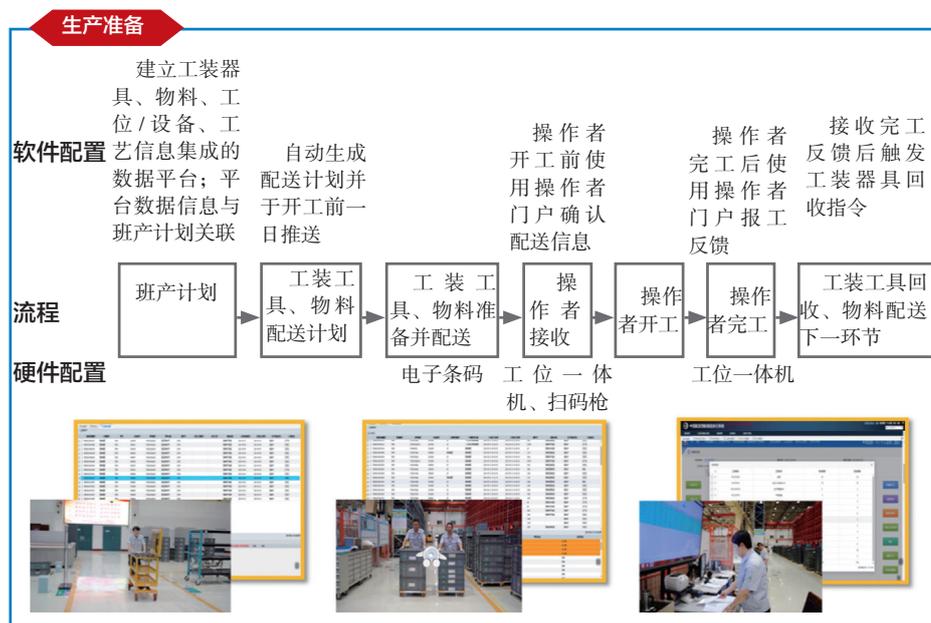
在计划方面，简化了排产、编制、下达活动，计划管理流程线上运行，

操作者开工无等待；在工艺方面，取消数据采集、返厂信息管理的手工活动，应用可视化理念，修订工艺规范，操作者实时查看、工作便捷；在保障方面，合并计划下达活动，取消手工上账，重排配送和故检流程，简化集件管理程序，保证物料配送直达工位；在过程控制方面，

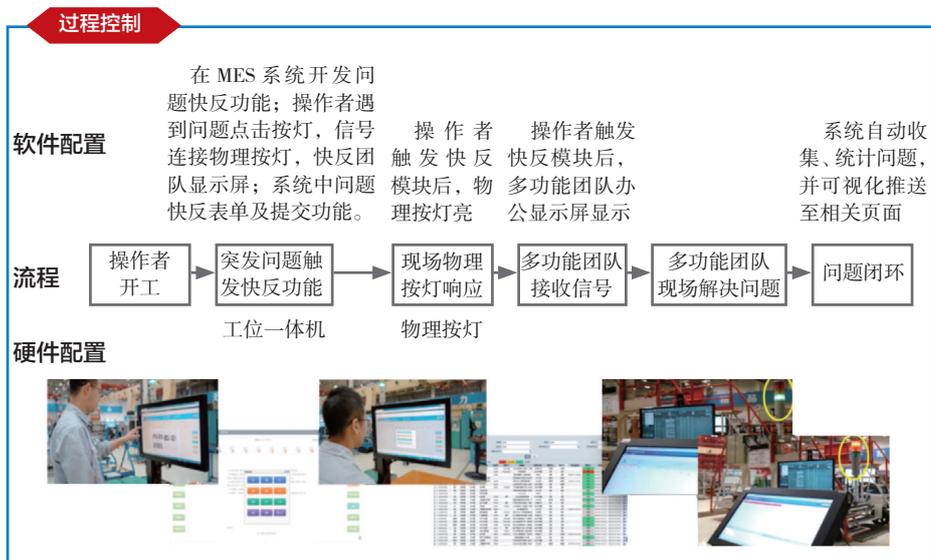
取消人工传递活动，简化问题反馈程序，实现线上问题快速反应；在运营管控方面，改变人工采集、统计、分析数据方式，实现系统集成数据分析；在生产管理过程中，实现了工艺、计划、质量、定额的四单合一，简化了管理流程。

实现“两个提升”

数字化应用“最后一公里”实现了质量和效率的提升。据统计，“最后一公里”打通后，发动机装配周期缩短69h，总体产能提升35%。生产计划、生产准备、工艺管理、生产控制4条主线的作业时间均得到了较大改善。周期缩短的同时，发动机的QCD关键指标改善明显：在质量方面，修理质量得到有效控制，发动机一次试车合格率提升5.6%；成本方面，通过对修理流程的跟踪和控制，现场在制品占用不断降低，辅材消耗成本年度节约30万元左右；在交付指标上，大修中心业务整合后，在有效生产面积减少26%，装配工人仅增加12%的情况下，交付新机、修理机同比增长57%，同时，员工加班时长随交付量增长呈明显下降趋势。



生产保障“最后一公里”



过程控制“最后一公里”

结束语

未来航空发动机装配专业一定是朝着脉动式生产、柔性装配、智能制造的方向发展。目前，中国航发西航大修中心已经启动了生产现场数字化转型建设第二阶段工作，正向着“六个维度、三个阶段”的规划方向和目标不断迈进，力争早日建设成为一流的航空发动机装配修理中心。

航空动力

(许涛，中国航发西航，工程师，从事航空发动机维修与装配工作)