

# 航空发动机装机技术状态 模型研究

## Study on Model of Aeroengine Technical State of Object

金航数码科技有限责任公司 姜雪峰



姜雪峰

博士, 研究员, 中航工业信息技术中心(金航数码) 副总工程师。曾从事航空发动机设计工作 10 多年, 现从事航空工程信息化、全生命周期数字化协同研制、综合服务保障及管理信息化工作 10 多年。先后多次获得集团科技进步奖。

技术状态是指“在技术文件中规定的、并在产品中达到的功能特性和物理特性”。这些特性应在技术状态文件中明确规定, 并在按技术文件要求研制和生产出的产品中实际达到<sup>[1]</sup>。装机技术状态是指物理实物及其构成物理实物零组部件的履历、寿命、故障、制造执行工程更改、相关质量

通过对航空发动机全生命周期业务模型分析, 提炼了航空发动机装机技术状态业务模型, 并建立了航空发动机装机技术状态管理模型, 将错综复杂的装机技术状态数据项建立了关联关系。

信息。航空发动机装机技术状态是指发动机装配实物零组件、使用状态及其实物零件的履历、寿命、故障、制造执行工程更改、相关质量信息。

零件履历是指零件实物在不同物理实物产品上产生过使用时间(寿命)的历程。

航空发动机是高新技术和资金密集型产品, 是复杂的多学科综合性系统工程, 是国家科技水平和综合实力的重要标志之一。航空发动机是工作条件复杂、技术难度大、研制周期长和研制费用高的航空动力装置, 是一种集气动力学、热力学、结构强度、振动、控制等多个学科, 其温度、压力、应力、腐蚀等工作条件非常苛刻, 对安全性、可靠性、寿命等要求极高的复杂系统。针对如此复杂的系统, 航空发动机研制是通过设计、生产制造、试车验证多次迭代完成的, 通过对发动机各种工况、环境条件进行试车来验证发动机是否满足需求。

发动机结构复杂, 装机实物结构需要上万个零件, 单件管理的实物件就有几千个。航空发动机在研制过程中工程更改频繁, 导致零组件实物状态复杂。在目前的航空发动机研制能力及手段条件下, 发动机研制过程中需要经过多到上百次试车, 而在有限的发动机台份条件下, 发动机每个台份每次试车所装配的零组件存在从其他台份串换来的现象, 并且串换频繁, 零组件履历复杂; 发动机批产服役期间, 使用服役、维修大修也不断发生零组件串换情况。这些情况都使装机技术状态变化非常复杂。

航空发动机装机技术状态是发动机排故、设计改进、性能分析、振动分析等的重要依据, 因此在型号研制及生产服役阶段需要准确掌握发动机每次装机的技术状态, 以提高发动机研制效率、研制能力、管理能力及发动机生产制造商服务用户的服务保障能力。

本文对航空发动机型号研制、批产的装机技术状态的业务进行分析,建立航空发动机装机技术状态业务模型,并在此基础上,对装机技术状态进行分析,识别装机技术状态项,创建航空发动机装机技术状态数据模型,为后续建立航空发动机装机技术状态管理模型和系统提供业务及数据模型。

## 航空发动机装机技术状态业务模型分析

航空发动机型号研制需要经过方案论证、设计试验、定型、小批生产、批生产、服役的阶段。在设计试验阶段,需经过工程设计、工艺设计、零件生产加工、装配、试车、分解排故的多次循环,直到发动机性能、强度、结构等各方面技术指标满足要求。在批产服役阶段,需经过批产的工艺

设计、零件生产加工、装配、试车、外场服役、返回维修大修。同时,为保证发动机安全服役,一台发动机需要进行多次返厂维修大修、服役的循环。

### 1 基于系统工程的航空发动机研制业务模型

系统工程的设计方法是首先对用户需求进行分析管理,通过对用户的需求分析,确定对系统的设计要求。根据设计要求,将系统逐级进行设计、分解,直至可进行功能性能验证的组件、零件,并通过对各级组部件、系统的试验,验证其设计满足设计要求的复合性,最后对整个系统进行用户需求满足的确认。

航空发动机按装备武器研制流程,对整机、单元体、部件、零件进行逐级分解设计,包括方案设计、初步设计、详细设计、试制、试车、试飞、定型的研制流程。其中,在方案设计、

初步设计、详细设计环节采用整机、单元体、部件、零件逐级分解的设计方式,通过部件、单元体、整机进行试验验证,最后通过整机的设计定型、批产定型一系列整机试车、整机试飞来进行发动机需求确认(见图1)。

由于航空发动机研制需要通过大量的试验(部件试验、试车、试飞)来验证、修改、完善设计,所以航空发动机需要经过装配、试车、分解检验排故、再装配、再试车、试飞、再分解检查排故等多次循环过程,并且在此期间存在工程更改、对实物零组件设计更改的活动。

### 2 航空发动机批产、服役业务模型

发动机经过批产定型后,才能进行批量生产,交付部队使用。需要根据设计结果,对零件生产、装配、试车交付进行性能测试。在使用过程中,根据外场维护规则对发动机在使用

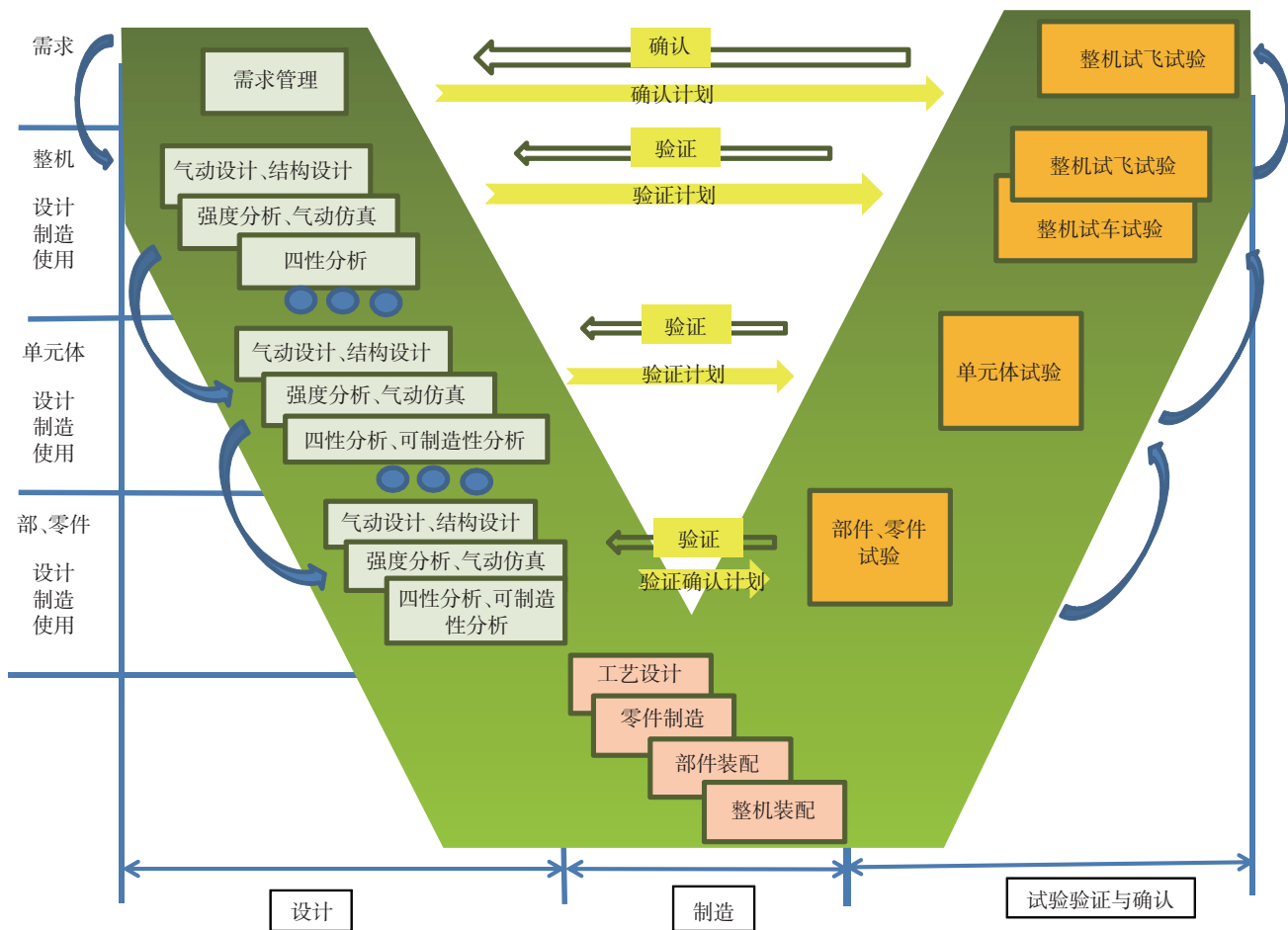


图1 基于系统工程的航空发动机研制模型

过程中进行日常维护和故障维护,并记录发动机飞行状态和飞行小时数。当发动机在外场发生故障无法排除或达到大修寿命时,则需要返回制造企业进行维修、大修。

### 3 航空发动机装机技术状态业务模型

通过分析,影像发动机装机技术状态业务流程活动是设计完成后零件生产制造、装配、试车、交付、外场服役、分解排故、执行工程更改的零组件实物状态。发动机从研制到批产的全流程如图2所示,在研制流程基础上叠加了外场服役、维修大修环节(分解排故、装配)。

#### 航空发动机装机技术状态数据模型

在型号研制、生产服役过程中,发动机装机实物的哪些因素、数据影响和决定着发动机的各项技术指标,并对发动机研制、生产服役的服务保障的各种分析提供有效的数据支持,目前还没有进行系统、全面的研究分析,因此,急需对航空发动机装机技术状态进行分析,建立适合于航空发动机型号研制、维修大修、外场服役装机技术状态数据模型并进行管理。

通过对流程各活动进行分析,产生发动机装机技术状态零件生产制造、装配、试车、交付、飞行、分解排故、实物工程更改几个环节活动所产生的数据。

(1)零件生产制造产生的装机技术状态数据。根据设计结果,对零组件进行生产制造,并在此过程中产生零件的质量信息、零件的批次及序列号、加工依据的设计版本号;当存

在对零件进行工程更改时,产生零件加工执行更改信息。

(2)发动机装配活动产生的装机技术状态信息。当发动机从零组件装配成整台发动机时,形成发动机实物构型信息,这些信息包括型号、台号、装配次数、实物零件号、批次号、序列号、装配数量、装配位置、测量参数等,并形成零件履历。

(3)试车活动产生的装机技术状态信息。当装配完成后进行试车。试车过程中产生的数据包括试车性能数据、试车时间数据、试车故障、试车串换件、零件履历变更、修理信息。

(4)发动机交付产生的装机技术状态信息。发动机通过交付试车后,进入交付阶段。在交付阶段,产生交付检查故障信息、交付串换件、零件履历变更信息。

(5)发动机试飞、服役(飞行)产生的装机技术状态信息。在试飞、服役阶段产生的数据是发动机履历本中在飞行现场生成的数据,包括发动机飞行时间、故障、执行技术通知单、现场排故、现场串换件、零件履历变更。

(6)分解排故活动产生的装机技术状态信息。在分解排故过程中,产生分解参数测量、故障信息、零组件修理信息、零组件报废信息等。

(7)实物零组件加工的装机技术状态管理信息。在发动机研制阶段,由于某个试车目的,存在对现有实物件进行补加工,使零件实物形态发生变化的现象,这导致零件实物形态已从零件初始生产制造状态改变成了加工后的实物状态。在国内,这

种对实物补加工是不对零件进行变号的,但零件实物形态变化往往会导致发动机性能、强度或装配性发生变化,所以实物形态发生变化是实物装机技术状态变化的因素之一。实物零组件加工技术状态信息包括:实物零件号、批次号、序列号,实物对应的设计版本,实物加工更改单号。

通过对上述分析,可抽象出航空发动机装机技术状态数据。装机技术状态数据分为两个层次,一是零件装机技术状态,二是台份装机技术状态。零件装机技术状态定义描述了识别零件实物本身的信息、执行设计更改状态,零件发生故障情况,零件装机履历,零件寿命,实物零件形态变化的实物加工更改信息等。其中,实物零件信息本身,例如零件加工信息、零件执行设计更改状态、实物零件形态变化与发动机台份没有必然的联系,是相对独立的。

台份装机技术状态由发动机实物构型数据模型及发动机实物使用数据模型构成。发动机实物构型数据模型定义了发动机每个台份装机零件情况及装配、分解过程中的测量参数和装配质量控制单;发动机实物使用数据模型定义了发动机工作时间及试车、服役过程中的故障信息等信息。

#### 1 发动机台份装机技术状态数据模型

通过上述分析可以得出,发动机台份装机状态数据模型是由发动机实物构型及发动机使用状态模型构成,发动机实物构型模型由发动机型号、台号、装配次数、实物构型、装配和分解过程中的测量参数、装配质量控制单、发动机使用状态模型由发动机工作时间、试车和试飞过程中的故障信息构成。每台发动机的每次装配存在被装配的零件串换情况,根据零件串换结果,产生发动机实物构型的变化。发动机台份实物装机状态数据模型如图3所示。

#### 2 零件装机技术状态数据模型

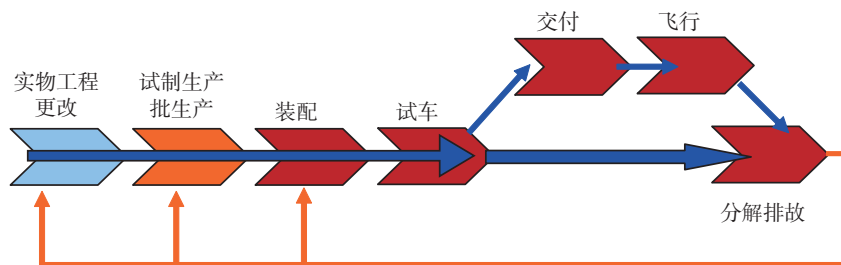


图2 发动机全生命周期业务流程

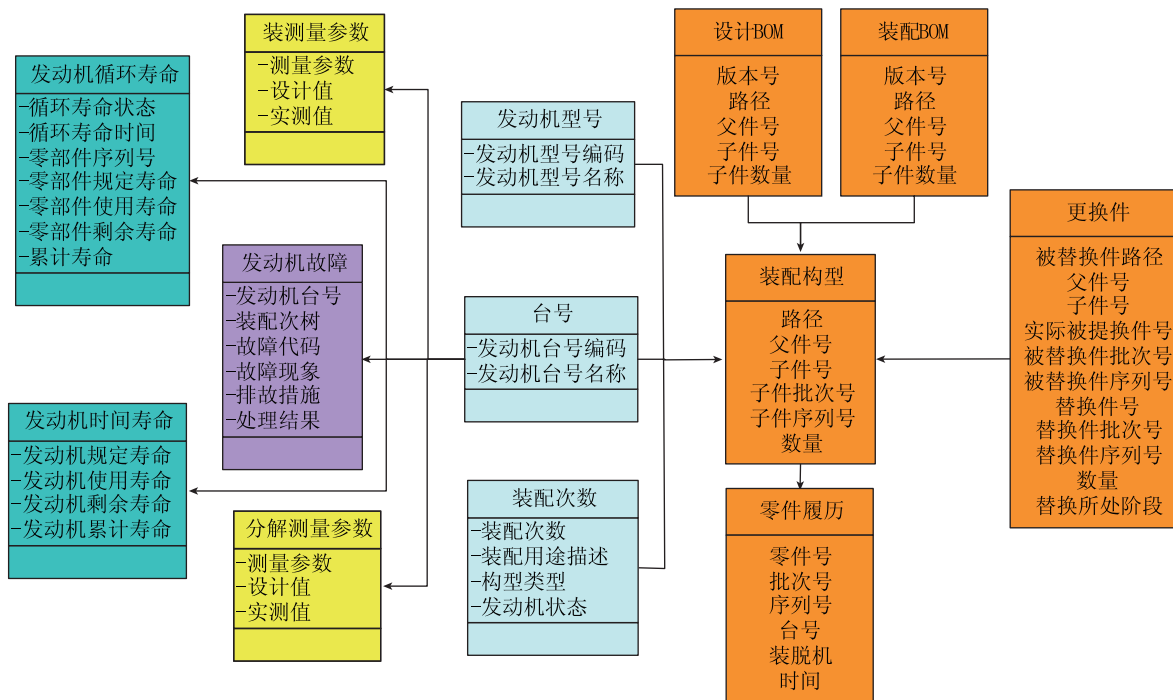


图3 航空发动机台份装机技术状态数据模型

零件状态描述了零件本身的质量基本信息和质量反馈信息、零件执行设计更改状态信息(简称零件技术状态)、零件发生故障情况及零件装

机履历、寿命。零件执行设计更改状态数据产生于排故设计变更及生产执行设计变更结果,零件质量基本信息、零件质量反馈信息在生产加工过

程中产生,零件故障、零件寿命是发动机在各台份工作过程中产生的(如图4所示)。

### 结束语

通过对航空发动机全生命周期业务模型分析,提炼了航空发动机装机技术状态业务模型,并建立了航空发动机装机技术状态管理模型,将错综复杂的装机技术状态数据项建立了关联关系。装机技术状态数据模型的建立,为建立航空发动机装机技术状态管理系统,形成航空发动机电子卷宗,结束纸质卷宗的历史奠定了基础;同时,是航空发动机设计、制造企业建立产品主数据模型的基础和依据。航空发动机装机技术状态数据模型对发动机在研制生产过程中的装机技术状态数据进行有效地理,对于提升研制能力、服务保障能力具有重要意义。

### 参考文献

[1] 国军标 GJB3206A《技术状态管理》,北京:中国人民解放军总装备部,2010-12-01.

(责编 谷雨)

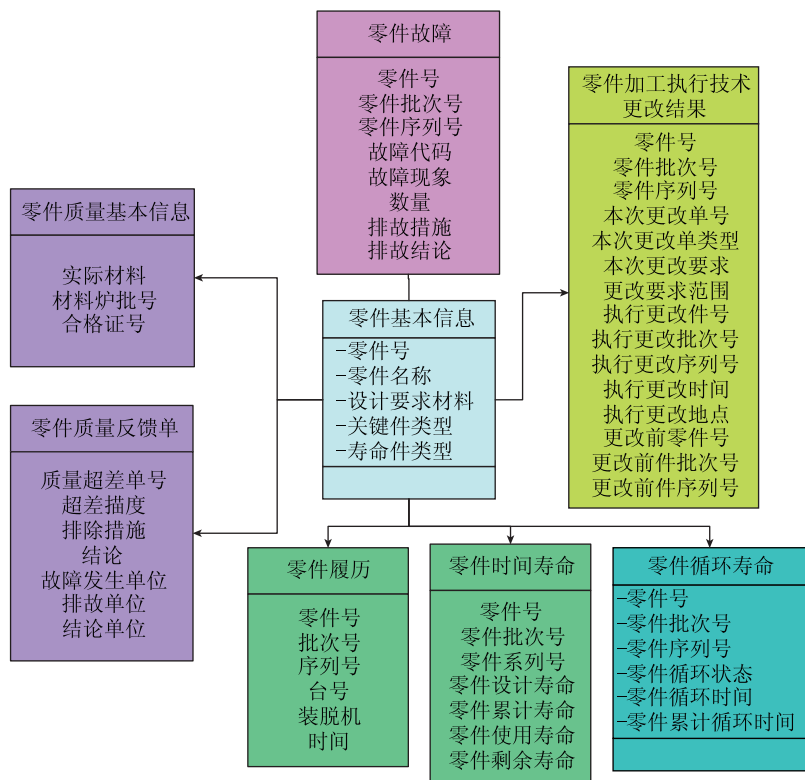


图4 航空发动机零件装机技术状态数据模型