

# 航空发动机研发要素信息化实现总体架构研究

## Research of IT Architecture for Aero Engine R&D Elements

■ 赵永宣 张彪 汪腾 李金刚/中国航发研究院

航空发动机协同设计水平的提升对研发流程、标准规范与方法工具的信息化能力提出了更高要求。通过开展协同设计管理系统总体架构的研究，有助于推进集设计、仿真于一体的跨地域、跨部门、跨专业的协同研发环境建设，支撑产品的研发与管理活动。

航空发动机协同设计管理系统总体架构设计，旨在基于可重构的研发服务分解与协同理论，在遵循计算机行业开发通用标准与中国航发软件开发架构要求的前提下，构建包括应用架构、数据架构及技术架构在内的IT架构，从而为中国航发运营管理体系（AEOS）的产品研发体系信息化平台建设提供架构开发及部署实施的参考依据与指导，满足跨地域、跨部门、跨专业协同的研发业务需求。

### 需求分析

航空发动机产品研发过程涉及地域、跨部门、跨专业的技术要素与关键信息的交互，信息交互的不畅给精准高效的研发管理与技术决策带来难度。与国际上成熟的航空发动机研发体系相比，我国在研发流程、方法工具、标准规范等研发要素的管理方面存在明显的短板，信息孤岛和部门隔阂等问题在一定程度上影响了航空发动机协同设计的发展。为解决上述问题，中国航发

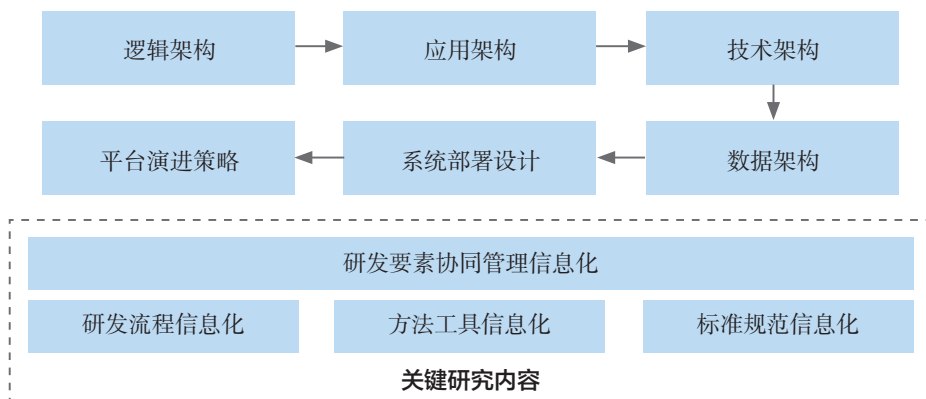


图1 航空发动机研发要素信息化实现总体架构研究思路

开展了产品研发体系建设工作，各直属单位已经建成或开始建设自身的研发体系信息化平台。但目前还存在着力量分散、架构不统一、内容不完整、不规范等诸多问题，通过研究各研发要素的信息化实现，构建集团统一的协同设计管理系统，支撑产品研发体系建设成果的快速落地。

研究各类研发要素的信息化实践、构建协同设计管理系统，应以航空发动机研发流程为主线，整合先进的设计方法、流程、知识、工具和资源，提供协同研发环境，从

而有力地支撑发动机产品的研发与管理活动。

### 架构设计

协同设计管理系统的运行逻辑为：以项目工作分解结构（WBS）为输入，在系统工程方法论指导下对项目计划进行逐级细分，根据项目计划完善航空发动机总体、系统/部件、零部件等各专业设计流程；各领域研发人员基于流程调用方法工具、标准规范、知识数据及高性能计算等资源完成任务，并将设计结果反馈至相关负责人进行审核，若

审核通过则任务结束，若审核不通过则重新进行迭代；根据需要将设计过程中产生的设计报告和产品模型发送到产品数据管理系统中进行审签，审签结束后将交付物和任务状态反馈至项目管理系统，项目任务完成。

研发要素信息化实现总体架构研究思路如图1所示。架构设计以支撑AEOS产品研发体系建设为目标，以研发要素协同管理信息化、研发流程信息化、方法工具信息化、标准规范信息化为研究路径，通过研究各设计模块间的数据互联与知识互通，依次构建适用于复杂产品设计过程的业务逻辑架构、应用架构、技术架构与数据架构，借助信息技术实现不同应用之间信息透明平滑的访问和沟通，实现流程的统一化、规范化、显性化，以及业务、流程、

数据的协同，支撑航空发动机研发过程的高效协同。

### 逻辑架构

基于协同设计理念，梳理形成航空发动机协同设计管理系统的主要业务逻辑架构。逻辑架构由资源层、组件层、环境层和业务层构成，通过统一的流程、数据模型和适配器，融合工具、数据、流程和知识资源等要素，实现用户的特定需求，具体如图2所示。

资源层包括已有和待建的工具、系统、异构数据及知识，利用工程中间件适配器技术和方法，实现资源的集成与调用。具体包括设计、建模或分析的软件及工具，自研程序算法，自有数据库、知识库，项目管理、产品数据管理、试验数据管理等管理系统以及材料库、成品库、高性能计算硬件资源等。

组件层将资源层的数据、工具、知识、规范等进行封装，形成统一过程建模、方法工具建模、标准规范建模、研发数据建模等系统的内核服务，进而支撑用户快速实现研发模板的搭建、工具模板的封装，同时实现研发流程、方法工具、标准规范、研发要素协同管理的信息化。

环境层是直接面向设计、管理部门等各种角色的应用系统环境。航空发动机协同设计管理系统的运行除其自身外，还依赖于协同设计管理系统与综合管控系统、多个单位协同研制平台、数据中心、高性能计算平台的集成，多系统的集成使得平台能够对复杂、琐碎的研发过程进行科学高效的管控，形成统一、规范的研发流程。

业务层具体包括发动机整机及各零部件设计、发动机各软件及系统设计、发动机研发任务管理及数据管理等，该层是企业研发与管理业务的直接体现，也是平台建设的最终目的。

### 应用架构

根据需求分析结果以及协同设计管理业务逻辑架构设计的航空发动机协同设计管理系统应用架构如图3所示。

协同设计管理系统主要由统一门户、系统管理、任务管理、研发模板管理、数据管理和外部系统集成接口构成。统一门户是整个平台的统一入口，是平台的主界面，提供统一搜索、我的任务、工程看板、数据视图、单点登录、信息管理、知识资源、沟通协作、应用集成等功能，并可嵌入第三方系统的WEB页面。系统管理主要对用户、组织、

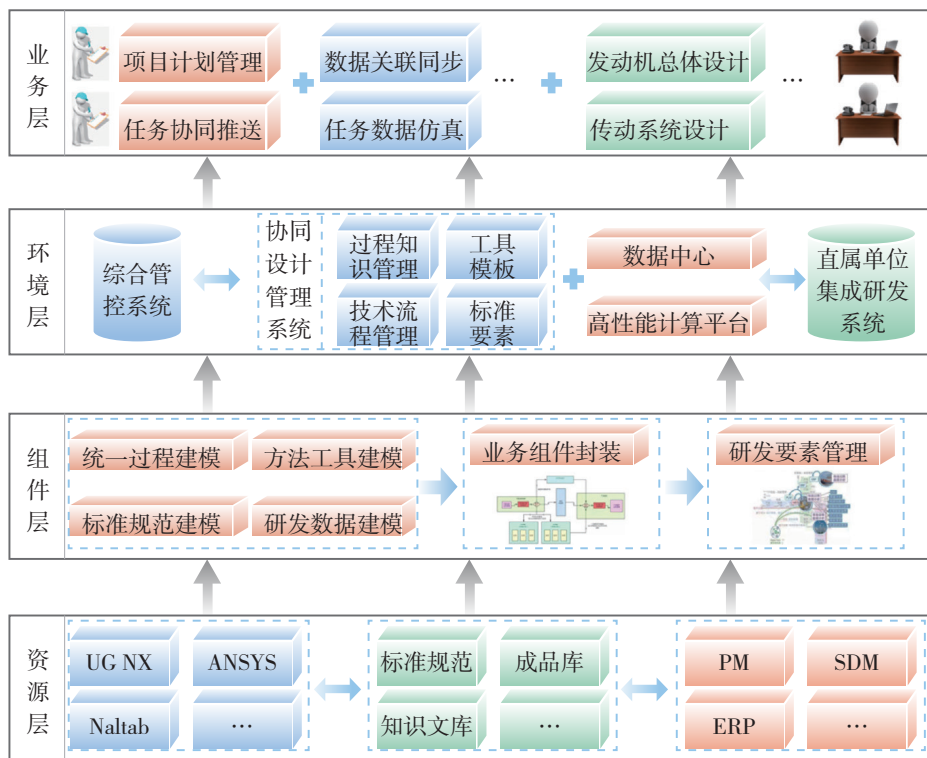


图2 航空发动机协同设计管理系统主要业务逻辑架构

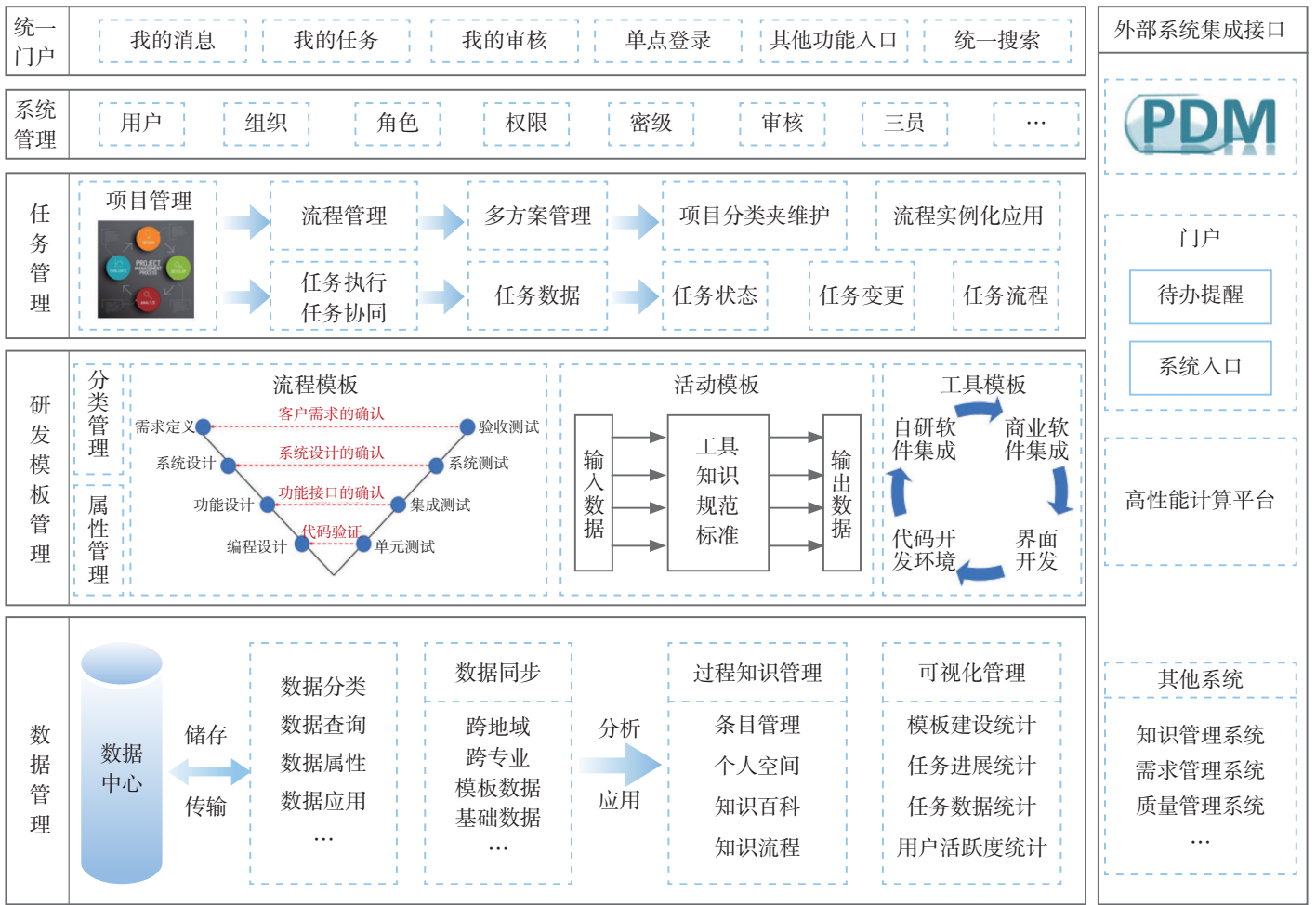


图3 航空发动机协同设计管理系统应用架构

角色、权限、密级、审核等进行管理。任务管理是系统基于流程模板快速构建任务的过程。研发管理模板包括分类管理、属性管理、研发流程模板管理、研发活动模板管理与研发工具模板管理。数据管理是指对基础数据进行管理，对数据进行分类、查询、同步等操作后存储到数据中心，并对过程知识和可视化表达进行管理分类。外部系统集成接口能够实现多系统集成接口汇总，可以集成产品数据管理（PDM）系统、门户系统、其他院所各系统等。

### 数据架构

基于前期对航空发动机协同设计管理业务调研与架构设计中逻辑

架构及应用架构的分析，对航空发动机协同设计管理系统数据架构进行分析设计。

数据架构分为6个层次，分别是底层企业内外部数据层、数据采集与转换层、数据存储层、数据计算层、数据服务层以及数据管理层。

企业内外部数据层是数据架构中的数据源，主要为科研项目管控平台、协同研制平台、协同设计管理系统、仿真中心、数据中心、高性能计算平台等提供结构化、半结构化、非结构化数据；数据采集与转换层主要进行批量数据的多种方案采集以及转换；数据存储层在数据采集转换的基础上将数据进行高

效存储；数据计算层的数据经过存储和转换处理，形成各种类型的数据集；数据服务层在对数据进行处理的基础上，为用户提供数据订阅、数据检索、数据挖掘以及数据可视化等服务；数据管理层将各类数据进行有效管理，主要包含元数据管理、数据标准管理、数据质量管理和数据安全等模块。

### 技术架构

技术架构包括应用层、API层、服务层、数据存储层、运行环境层和第三方系统集成层，如图4所示。

应用层主要处理系统业务逻辑，包括页面渲染、负载均衡等。API层为技术架构的横向分层及平台与



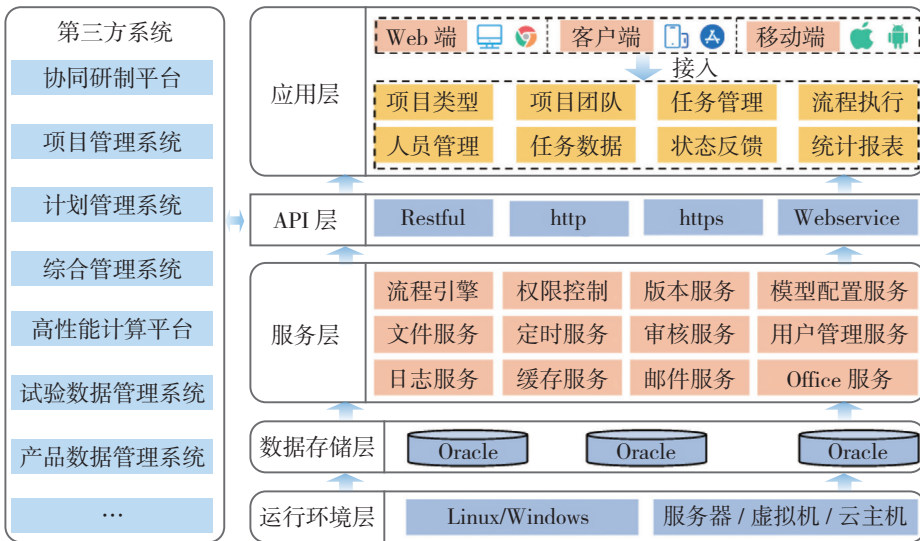


图4 航空发动机协同设计管理系统技术架构

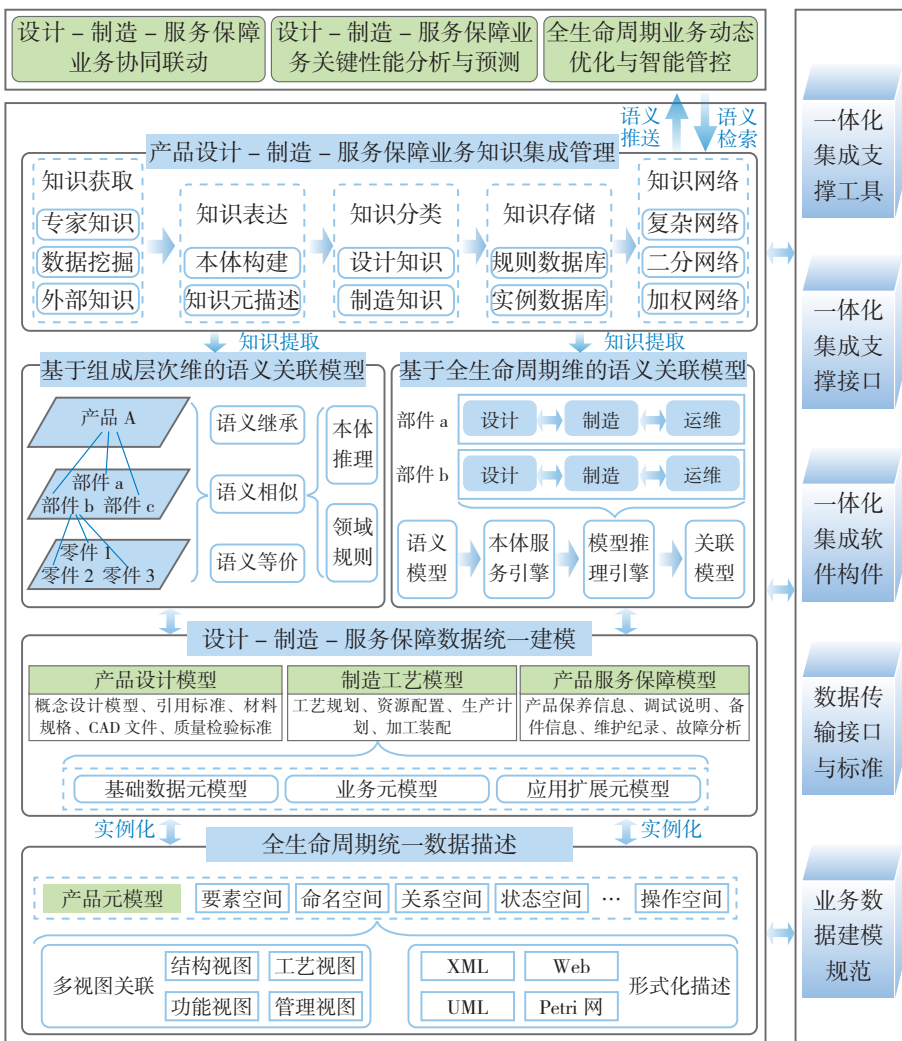


图5 设计-制造-服务保障一体化协同方法的体系构架

第三方系统集成提供基于标准规范的接口。服务层主要提供基础服务，以供应用层调用。数据存储层提供数据、文件的持久化存储访问与管理服务。运行环境层指整合平台运行的软硬件环境。第三方系统集成层是协同设计管理系统与其他信息化系统进行集成，主要通过Web Service接口实现，可根据实际情况采用点对点的集成方式和基于中间件的集成方式。

### 平台演进策略

为了更好地满足用户个性化、多样化的产品全生命周期管理需求，在航空发动机协同设计管理系统总体架构设计的基础上，提出了设计-制造-服务保障一体化协同的平台演进策略，其架构如图5所示。

平台的演进策略，本质上是基于以往产品设计、制造、服务保障过程中反馈的信息与知识，对下一代产品和服务进行根本性的重新设计与改进，最终实现整体业务流程的闭环协作创新和优化协同运作。

### 结束语

航空发动机研发要素信息化实现总体架构研究可以为AEOS产品研发体系建设工作提供技术支撑，同时为协同设计管理系统的开发与部署奠定基础，在系统建设过程中，可针对操作系统、数据库与中间件等关键软件产品进行国产化适配，进而在集团层面，基于国产化环境组织开展跨单位、跨域的系统验证与应用。

**航空动力**

(赵永宣，中国航发研究院，高级工程师，主要从事航空发动机企业信息化研究)