航空发动机集成研发系统需求分析

Demand Analysis of Aero Engine Collaborative Design Management System

■ 张彪 谭旭刚 赵靖宇 / 中国航发研究院 栗文超 / 中国航发商发

集成研发系统通过信息化手段将航空发动机设计活动中的技术流程、技术基础（方法工具、标准规范、工程数据）、技术管理和团队等要素进行集成，形成统一的协同研发环境，有效地解决了航空发动机产品研发体系要素的碎片化问题，实现流程驱动、工具集成、知识嵌入和数据共享，支撑产品研发活动的规范、高效开展，加快产品自主研发能力形成。

从产品设计、制造全过程来打破传统组织结构下的部门分割，通过协同工作，重构产品开发过程，运用先进的设计方法学，在产品设计的早期就考虑其后期发展的所有因素，以提高产品设计和制造各项工作任务的成功率，从而大幅缩短产品开发周期、降低成本，增强企业的竞争能力。在集成研发系统的论证与建设过程中，从集团层面考虑，航空发动机产品研发体系及相关信息化平台的建设还存在力量分散、架构不统一、内容不完整和标准不规范等问题；从各直属单位层面看，跨厂所的异地协同设计体系尚未完全建立，覆盖项目研制全过程的数字化技术尚未得到验证，单项应用伴生的信息孤岛问题依然严峻，信息资源、开发能力、标准规范等数字化应用技术基础严重滞后，如图1所示。为推进集团层面的集成研发系统建设，解决中国航发产品研发存在的问题，促进产品研发体系的落地实施。

需要围绕梳理出的问题对集成研发系统的业务、功能、集成和其他需求进行分析。

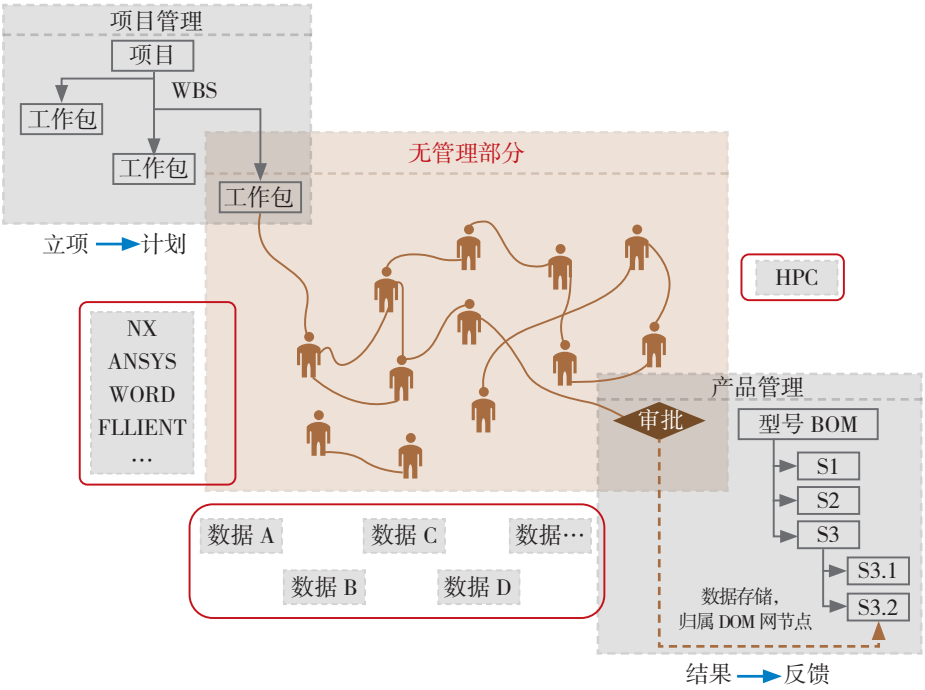

图1 当前协同研制示意

集成研发系统的业务需求

业务需求主要通过“场景”来组织和描述，通过研发任务管理主场景以及研发数据管理、研发协同、自由协作、研发模板管理、多方案、提醒与预警、审批管理和系统集成，等8个关键业务场景，捕获研发过程中的问题和痛点，组织对应的改善措施。其中，主场景也称作“公共场景”或“主干场景”，当一个场景会被其他更多场景复用时，则应考虑将其作为公共场景，其他场景会围绕着此场景展开或作为此场景的分支；关键业务场景则梳理了研发业务中最突出的问题和痛点及其改善措施，如图2所示。

研发任务管理场景描述了研发任务流转的一般过程，即从研发任务创建到任务完成的基本过程。通过建立研发任务管理，将需要协调、

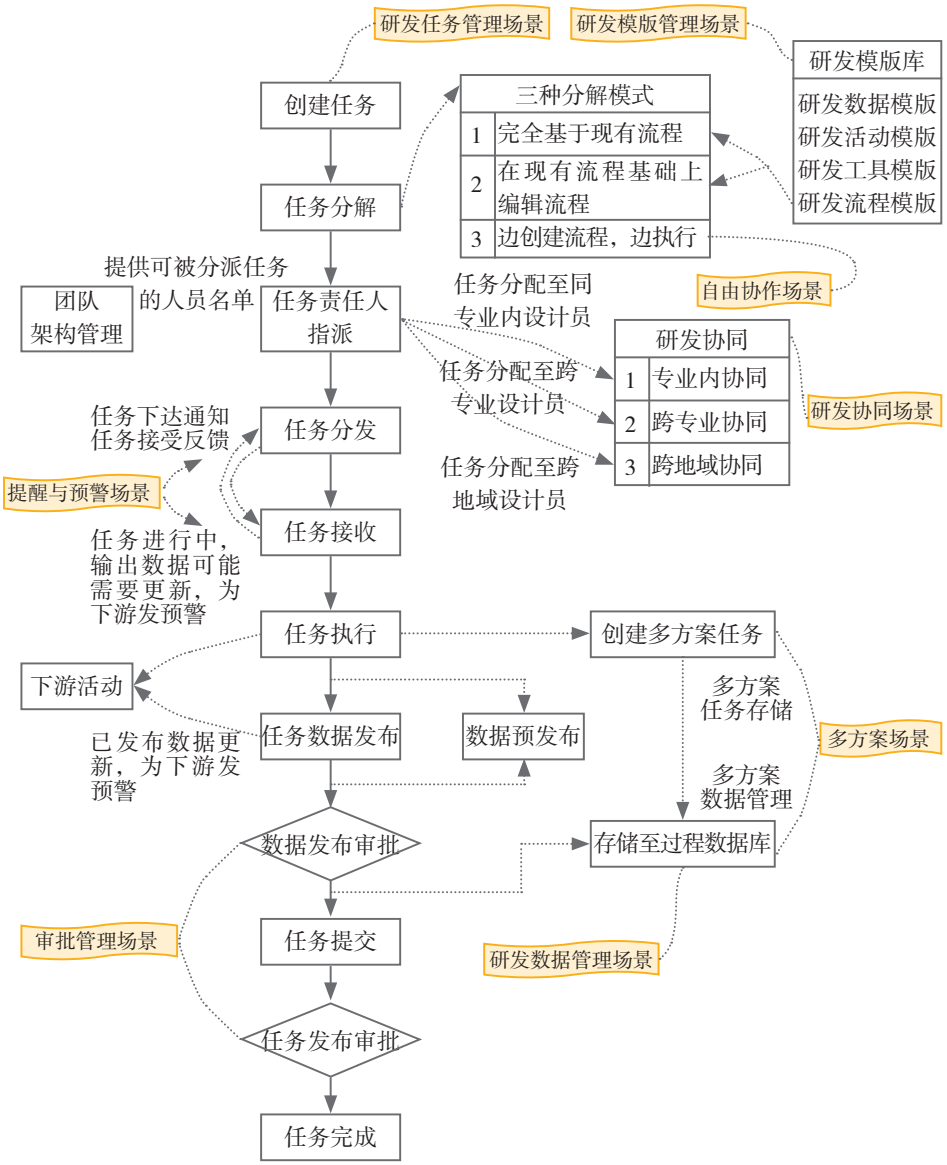

图2　关键业务需求的场景关系

协同等任务流程在系统上进行管控。场景实现后，研发人员在系统中即可完成从创建任务、任务下发、任务执行、任务提交等一系列任务管理过程。

研发数据管理场景描述了研发数据管理的方式以及存储位置，提供过程数据管理机制，管理设计过程中所有与研发相关的数据，从而解决了过程数据未得到有效管理，同时保存格式不规范，导致设计经验流失的问题。场景实现后，工程师执行研发任务产生的研发过程数据全部存储到研发过程数据中心进行存储管理；提供标准规范、过往、标杆型号的数据存储区，便于后期应用和查找；需要进行数据对比时，可从数据库中直接抽取并进行对比。

协同研发场景描述了在实际研发工作中，存在专业内、跨专业以及跨域协同的场景。通过建立集成研发系统，由系统进行任务分配以及任务相关数据的分发、记录任务分配的过程和数据关联，详细记录任务流转以及数据流转的关系。场景实现后，跨专业、专业内、跨地域任务都由部件负责人在系统进行分发，任务之间的数据关联关系在系统中详细记录，所有的数据中转都通过研发过程数据中心进行，在研发过程数据中心对版本进行管理。

自由协作场景描述了日常工作中对于新研制或流程不成熟的产品研发，并没有事先梳理好的研发流程可以应用，通常采取任务分解与任务执行并行的协作模式。通过将过程数据进行保存，并详细记录真实的协作过程以及过程数据，解决自由协作流程难以复用和追溯的问题。场景实现后，系统提供自由协作模式的应用框架，允许自由创建任务并将任务建立关联，同时对协作后的流程以及数据进行保存。

多方案场景包括多方案任务并行和多方案数据管理等。通过集成研发系统进行多方案任务管理和多方案数据管理，以可视化界面对存储的多方案数据进行对比，解决了多种方案在并行开展时的过程数据无法追溯、存储在个人电脑以及上下游数据链接不对等的问题。场景实现后，在系统中创建多方案任务并提交审批，审批通过后发起多方案任务，否则取消执行多方案任务。在执行多方案任务后，将多方案数据发布存储到研发过程数据库，方便方案数据成套管理和数据对比。

研发模板管理场景存储和创建数字化可复用的研发要素模板。通过建立数字化的研发要素模板库，支持模板创建以及入库，解决了目前体系要素多以标准规范文件形式

存储和查看的问题。场景实现后，在系统中可以创建研发要素库，可以存储数据、流程、活动以及工具模板，须由专业负责人以及模板库管理员审批后方可入库。

提醒与预警场景是对研发过程中所涉及的提醒或预警的点进行汇总描述。通过在研发任务或数据状态变化时，系统自动发出提醒或预警或由用户手动发出预警等措施，解决了上下游之间数据变更传递不及时导致的数据错用等问题。场景实现后，上级向下级分配任务时，下级会接到任务提醒；下级确认接收任务后，上级收到任务被接收的提醒;任务即将超时,提醒相关人员；发起任务完成时，上级收到任务完成的提醒。在任务执行过程中，输出的被下游引用的数据可能会发生变更时，可由设计员手动给下游活动发起预警。正式提交新版数据时，可由所有下游活动责任人审批。数据发生版本变更时，系统发起预警到曾引用过该数据的活动。

审批管理场景描述在日常协同过程中可能存在的审批点。通过显性化方式将决策点和审批节点相关联，解决了数据追溯性差、协调混乱的问题。场景建立后，对发起跨专业任务、发起多方案、发布数据、提交任务、调整任务、新建标准规范目录等活动建立了完善的权限管理机制。

系统集成应用场景描述了系统与系统间的关联关系。通过进行多系统集成，实现数据的统一管理及查询，提高数据传递效率，规范数据传递方式，缩短设计时间，从而解决了多系统孤岛、系统太多且没有集成、相互衔接依靠人力的问题。场景建立后，系统之间实现基于业务逻辑的互联关系。

集成研发系统的功能需求

为了实现上述业务场景，集成研发系统应具备研发模板建模与管理、研发任务及协同管理、研发数据管理、可视化管理和系统配置管理等5个功能模块，如图3所示。

研发模板建模与管理模块对研发数据、活动、流程、工具等研发要素的梳理，形成文本化的知识资产，为后续在系统中建模打下基础；基于系统功能将文本化的知识资产转化为数字化知识资产，封装形成数据模板、活动模板、研发流程模板和工具模板等研发体系要素资产存储到分类管理库中，为后续研发任务提供知识储备，也是有效提高发动机研发全过程的规范性、科学

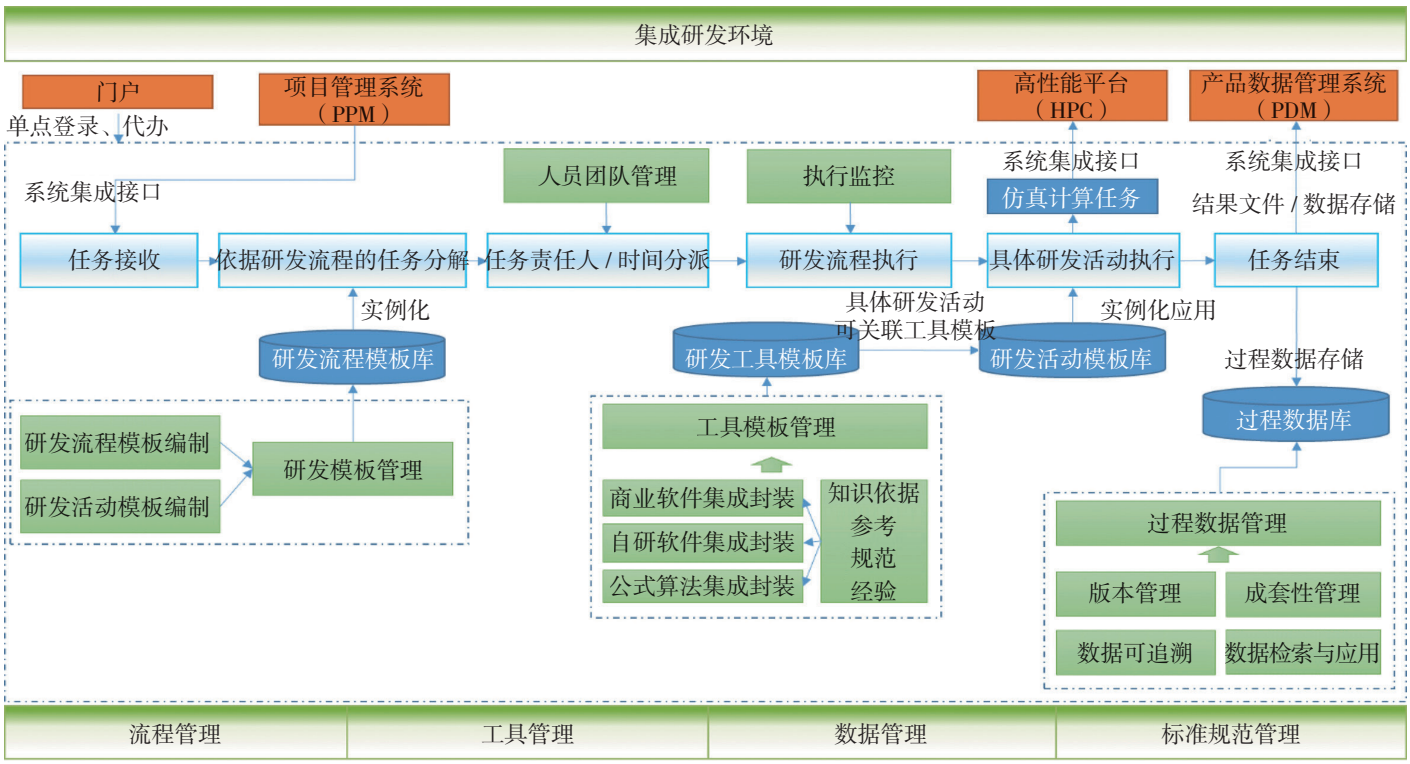

图3 平台功能需求示意

性、严密性、高效性和统一性的重要环节。

研发任务及协同管理模块需要实现研发任务的创建、下发、执行和提交完成等一系列活动，可通过系统功能实现人与人之间的协同研发、协同任务分配、协同数据传递和跨域协同等一系列管理活动。

研发数据管理需要实现研发过程数据的全面管理以及标杆型号/过往型号的录入及管理，除此之外，还需要提供数据对比功能，方便工程师利用现有系统内存储的数据进行比较和方案甄选。

可视化管理模块针对系统中存在多种类数据应根据不同角色的关注点展示不同数据的功能。例如，项目管理者更多关心任务状态、资源分配等数据；研发设计工程师更关心的是数据结构可视化。因此，系统须支持按不同层次用户需求提供不同层次用户的使用界面和展示图。

系统配置管理应该支持在系统中根据航发集团组织架构和项目角色创建团队架构。

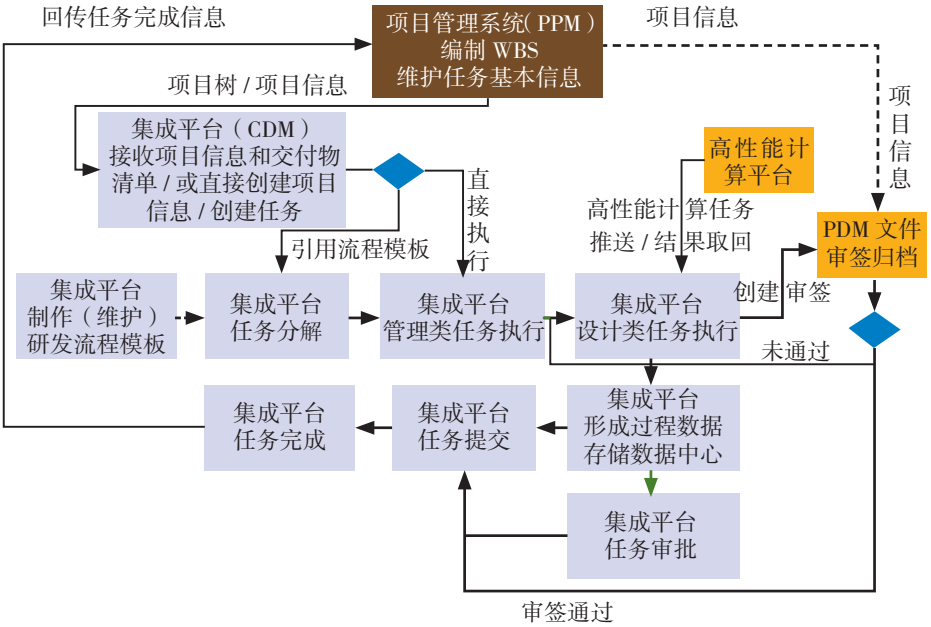

图4　平台集成场景示意

集成研发系统的集成需求

集成研发系统应能够与各厂所已有的门户系统、项目管控系统、协同研制平台、高性能计算平台、数据中心以及需求管理系统、知识管理系统、材料数据库等其他系统集成；应具备高扩展性，各功能之间要求松耦合，尽量保证功能之间没有依赖性，产品各功能可以根据用户需求进行各功能模块的任意组合。

集成研发系统还应具备易用性，系统的人机界面友好、界面设计科学合理和操作简单，操作按扭、快捷键、图标遵循一致的规范、标准，按钮的位置、颜色符合其重要程度；用户可以直接根据界面提示使用，无需过多地参考使用说明书和参加培训；内容输入的顺序、查询的方式和显示格式，重要业务数据的相关性排列顺序等符合用户习惯及常见标准；系统要提供及时、清晰的信息反馈，包括状态变化、下一步操作、异常、错误等，能引导用户正确快捷地进行后续处理，提示类信息清晰具体，并且可在管理界面进行维护，常用提示信息要完整列出并统一实现方式、统一资源定位器（URL）或案例。

集成研发系统的可维护性，主要从模块化划分、可重用、问题可定位、软件变更和可测试等方面考虑，便于对软件进行长期维护；可采取增加系统配置界面，减少通过后台人工修改；尽量避免系统重启，采用能及时修复的技术；增加系统定期自检程序，防患于未然等措施。

集成研发系统的可靠性，主要从系统稳定性、容错性和可恢复性等方面分析。系统稳定性主要从持续服务时长、系统主要功能可用度等方面考虑；容错性主要从系统出现故障后，从故障的检测、故障处理对策等方面的考虑；可恢复性主要考虑系统故障导致系统重启或者故障消失后的系统表现是否确保恢复至正常控制。

结束语

通过航空发动机产品研发环节中的用户需求梳理出航发产品研发中的关键业务需求，整理、汇总为功能模块，以支撑后续方案编制与系统建设工作，所形成的纲领性文件，代表业务与信息技术的初步结合，为后续的高阶方案、详细方案以及系统建设提供明确的输入，使之具备不逊于业界主流系统的运行指标。 航空动力

（张彪，中国航发研究院，工程师，主要从事航空发动机工程信息化建设）