

AEOS产品研发体系试点流程建设

Process Construction of AEOS Product Development System

■ 邹学奇 黄生勤 阮华波 许如琦/中国航发动研所

中国航发动研所基于并行工程理念，借鉴型号研制和对外合作经验，建立了包含设计、材料、制造、试验在内的多专业厂所协同研发流程，在流程梳理、流程建设机制、流程接口定义、多专业厂所协同等方面均取得了一定的突破，为后续流程建设工作奠定技术基础。

为了更好地梳理航空发动机研发流程，2017年中国航发AEOS研发体系建设工作提出了典型件试点流程建设方案，按照集团部署，中国航发动研所牵头承担了二个部件级（压气机、附件传动系统）和三个零组件级（高压涡轮转子叶片、火焰筒、动力涡轮轴）的流程试点建设项目。

建设思路

试点流程建设涉及中国航发动研所、南方、东安和航材院等多家单位的协同工作，动研所从顶层开始策划，加强联合团队的顶层组织管理，明确建设思路，助推流程建设有序开展。

加强研究所内部的组织管理

研究所将试点流程的建设项目纳入研发体系建设的组织管理框架。由所领导、总师系统、各部门“一把手”和各专业体系建设人员组建联合团队，明确建设规则和厂所协同建设机制等，并采用月度例会协调解决推进过程中出现的相关问题。

加强试点项目的厂所沟通协调

由中国航发动研所牵头与中国航发南方、中国航发东安、中国航发航材院建立跨厂所的多专业联合

团队，以强化沟通，相互理解为原则，采取电话、邮件日常交流与现场集中办公相结合的方式，汇聚各方智慧共同推进流程建设。

按照系统工程方法构建流程

从用户需求出发，自上而下地开展从整机到部件/系统再到零组件进行分解与设计，自下而上地开展从零组件到部件/系统再到整机进行集成与验证，梳理出发动机研发全过程、全层级的活动，形成从需求分析到试验验证的完整研发流程。

采用并行工程优化流程

强调在设计阶段并行开展材料应用、工艺协调、试验准备等工作，使设计出来的发动机具有良好的制造性、装配性及维修性，最大限度地减少设计反复，缩短生产准备和试验准备时间。

注重流程的实用性和易用性

流程建设要反映发动机研发业务特点，不漏项、不重项，各业务之间的接口关系明确，流程层次结构清晰易懂，具备良好的可操作性。

建设方法

基于上述建设思路，试点流程建设过程中主要采用以下具体方法。

首先，将研发过程分为方案论证(A)、方案设计(B)、详细设计(C)、工程设计(D)、工艺制造(E)、试验验证(F)等6个阶段。其中A、B、C、D4个阶段以设计业务为主，同步开展材料、制造和试验等相关业务活动，并将过去工程制图完成后才开始的工艺协调、试验协调等业务活动提前融入设计阶段；在E阶段以制造业务为主，并融入设计活动；

表1 研发阶段及主要业务的协同关系

研发过程	方案论证	方案设计	详细设计	工程设计	工艺制造	试验验证
阶段代号	A	B	C	D	E	F
协同关系	设计为主，同步开展材料、制造和试验等相关活动				制造为主，融入设计活动	试验为主，融入设计活动
主责单位	动研所				南方/东安	动研所
协同单位	南方/东安和航材院				动研所/航材院	南方/东安和航材院

F阶段则以试验业务为主，同时融入设计活动。研发阶段及主要业务的协同关系如表1所示。

其次，梳理设计与材料、制造、试验业务的协同关系。在传统流程中，制造方仅在工程设计评审前对设计结果进行初步工艺性评估，设计图样下发后才进行详细的工艺编制、技术难度分析，再牵引新工艺攻关、设备改造等，研制周期大大增加，而且由于设计制造分离，制造或试验过程中存在推翻原先设计重新设计的风险。试点流程建设从方案论证和方案设计阶段开始即融入工艺和试验能力评估活动，可提前识别特种工艺及难点，识别长周期零件，降低试制风险；同时在详细设计阶段采取预发图纸和长周期、关键重要件的工艺协调和准备、毛坯采购等措施，充分做好加工准备，有效缩短研制周期。具体业务协同总体要求如表2所示。

第三，建立流程图和流程编号的规则。如图1所示，在流程中，用不同颜色的流程活动表示设计、制造、材料、试验等的协同设计活动。

第四，建立流程要素属性表。

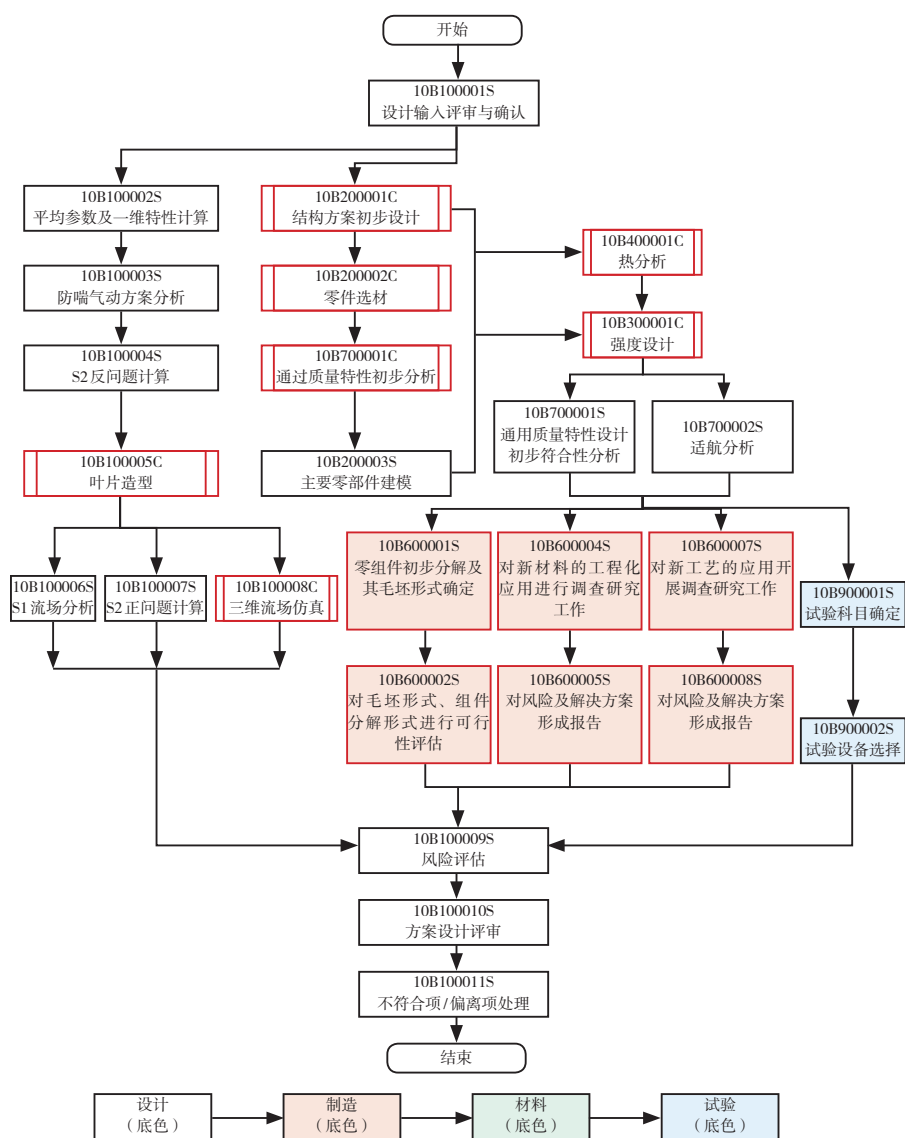


图1 流程模板

表2 设计与材料、制造、试验的具体协同情况

	设计				制造	试验
	方案论证	方案设计	详细设计	工程设计		
设计	方案论证	方案设计	详细设计	工程设计	√	√
材料	√	√	√	√	√	√
制造	工艺初步评估	工艺评估	预发图样； 长周期、关键/重要件的工艺协调和准备、毛坯采购	正式发图； 一般件的工艺协调和准备		√
试验	试验能力评估	试验方案设计	试验方案确定和转接段方案设计	试验转接段工程设计	√	

从研发体系规范、工具、数据库等要素建设的角度出发，以研发流程的技术活动为牵引，系统梳理相关流程活动的输入、输出、规范、工具、数据库、模板、检查单等要素，从而有利于全面掌握流程活动情况，也为后续的要害建设工作提供依据。

建设进展

按照统一的建设思路和方法，各流程试点项目团队开展各自的流程梳

理和优化工作。通过一年的建设，5个试点项目共形成5份全流程图及27份技术报告，较好地完成了年度试点流程建设任务。下面对优化后的协同研发流程进行简要介绍。

第一，设计、制造、试验不同

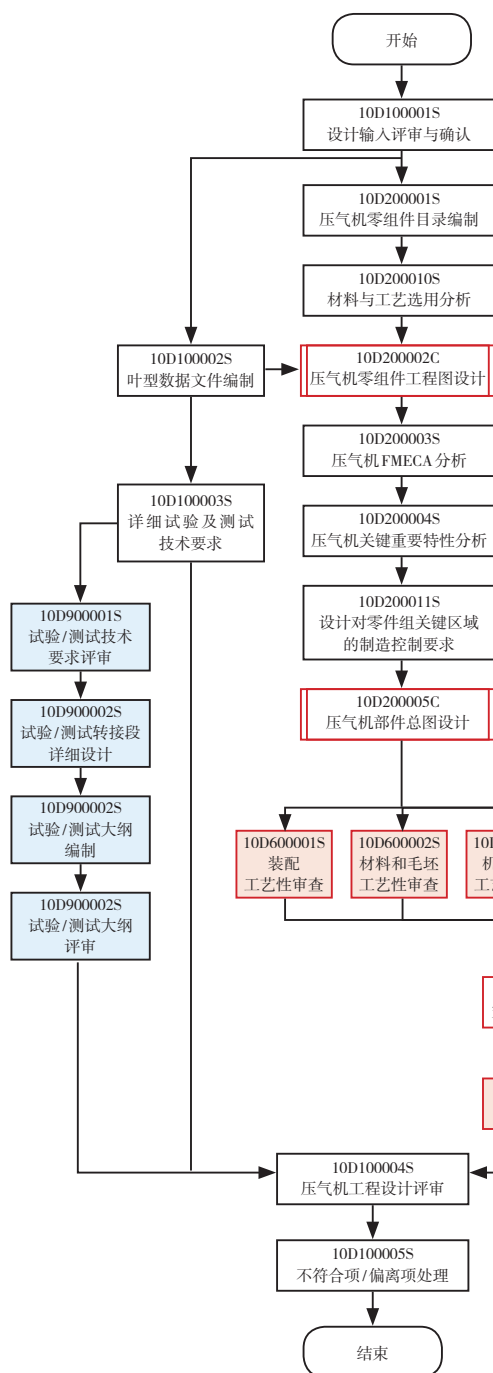


图2 压气机工程设计阶段(E)一级流程图

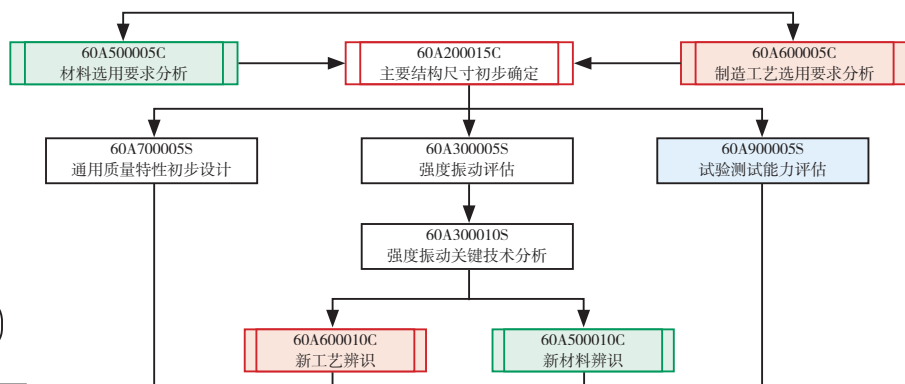


图3 附件传动方案论证阶段(A)一级流程图

专业的协同更加紧密，技术活动和接口更加明确。从图2压气机工程设计阶段(E)一级流程图可以看出，一共28个一级活动，其中设计活动16个、试验活动4个、制造相关工艺活动8个，初步实现了在设计阶段与制造、试验的协调设计活动的基本完结。

第二，在方案论证阶段开展试验能力和试制能力评估。如图3的附件传动方案论证阶段研发流程图所示，以降低后续的试验和试制风险，同时也可据此开展成本评估，对于重大项目课题可以提前启动技改工作，有利于项目的进展。

第三，在方案设计阶段融入工艺设计及工艺准备，开展零部件层级的技术验证试验。例如，在火焰筒研发流程中提前识别特种工艺及难点，识别长周期零件，早做准备降低试制风险；根据技术成熟度评估，决定是否开展零部件级别的试验验证，降低研制风险。

第四，在详细设计阶段的“预发图纸”环节，确保工艺性审查的充分详尽，减少后续反复。如图4所示，压气机的“压气机部件装配图预发图样”和“压气机主要零件预发图样”，通过这两个活动，工艺人

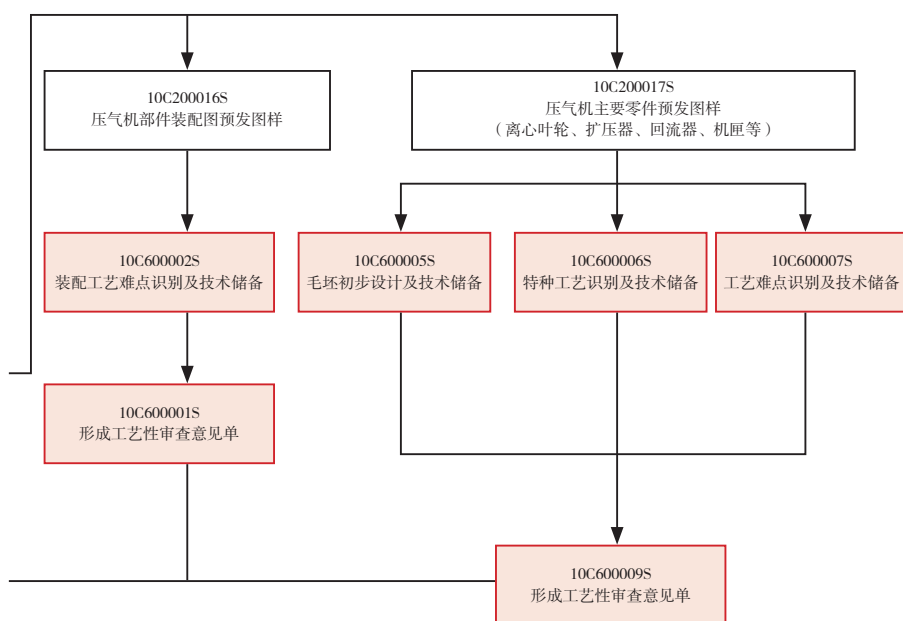


图4 预发图样相关流程

员对装配的难点进行识别，对毛坯进行初步设计，对特种工艺进行识别和技术储备，最后形成工艺审查意见。这样就在详细设计阶段，压气机的设计不会有大的颠覆性变化的情况下，完成主要装配图，长周期、关键件的工艺审查和技术准备，为后续的工艺制造赢得了时间。

第五，在工程设计阶段增加试验和制造相关活动。例如，在压气机

研发流程，增加了试验测试技术要求评审，试验测试阶段详细设计，试验测试大纲编制和试验测试大纲评审活动，在设计阶段将后续的设计验证方案全部敲定。增加了装配工艺性审查，材料、毛坯工艺性审查等工艺活动，这些活动是工艺和设计需要共同协调的，并要在压气机部件总图设计活动的基础上，完善设计图样、三维模型，这就意味

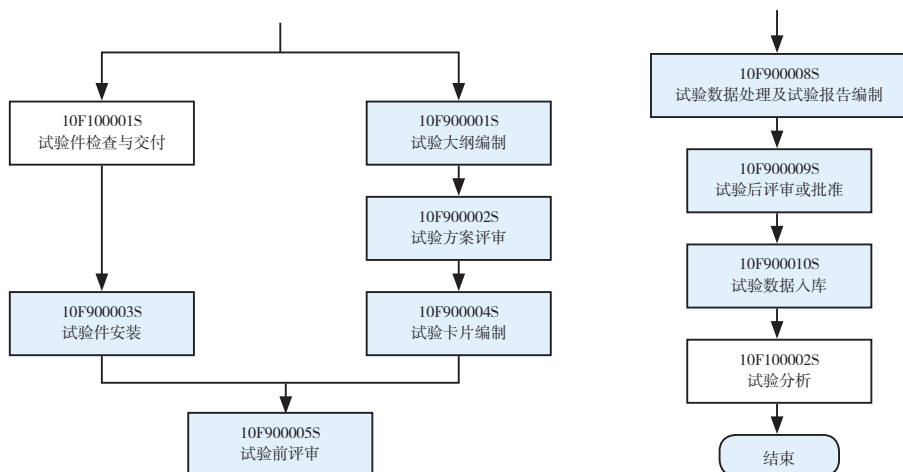


图5 试验验证阶段(F)增加的设计活动

着最后加工投产的工程图，已经全部经过工艺审查，图样已经完成双方会签确认，在工艺制造阶段，一般情况下不再需要反复协调。

第六，在工艺制造阶段，减少与设计的反复协调工作。由于设计阶段已经完成设计与工艺的协调，故在工程图样发放给工艺人员后，工艺人员快速开始工艺设计，此时不再需要设计介入，由工艺制造人员完成全部流程活动。

第七，在试验验证阶段增加设计活动。例如，在压气机增加试验件检查与交付和试验分析两个活动中，如图5所示，这两个活动由设计人员执行，从而保证试验件质量能够满足设计要求，试验结果能够快速获得设计分析。

结束语

根据“边建设，边验证，边使用，边完善”的原则，中国航发研所在型号研制中贯彻协同研发流程，并行开展设计、材料、制造、试验等工作，进而提高研发效率、缩短研制周期。

同时也要清醒地看到，试点流程的很多工作是需要多个单位协同开展的，相对于现有仅仅适用于企业内部研发流程是一个变革式的发展，也是未来建立集团“小核心、大协作”研发模式的基础工作。因此，如何建立相应的管理体制，如何通过信息化手段高效有序地开展协同研发工作，将是集团、厂所需要共同面对的重要课题。

航空动力

（邹学奇，中国航发研所副总工程师，研究员，主要从事中小型航空发动机研发体系、仿真及压气机技术研究等工作）