

以流程为核心的航空发动机产品研发体系的成熟度评估模式研究

Maturity Evaluation Model of Aero Engine Research and Development System with Process as Core

■ 史妍妍 王相平 刘庆东 王凯 陈鸿福 李锦花 侯羽石 李宜明 / 中国航发动力所

在航空发动机产品研发体系建设过程中,开展成熟度评估,能客观评价研发能力水平、有效识别研发业务短板,并科学确定研发体系成熟度提升途径,是航空发动机产品研发体系快速优化提升的有效抓手。

航空发动机产品研发体系是针对产品全生命周期研发过程的完整解决方案,以产品研发流程为牵引,以方法工具、标准和工程数据库等技术基础要素为支撑,以矩阵式管理模式下的跨组织、跨专业协同集成产品团队为组织模式,以产品研发管理为管控手段,以信息系统为运行环境,全面规范和支撑航空发动机产品全生命周期研发过程,是工业技术、信息技术和工程管理深度融合的体系。本文的产品研发流程,代表航空发

动机产品研发端到端的价值创造过程,如图1所示,既包括横向拉通的主流程,又包括纵向集成的支撑流程,是航空发动机产品研发体系其他各类要素得以综合应用的载体。因此,本文以产品研发流程为核心开展航空发动机产品研发体系成熟度评估模式研究,主要包括评估模型、评估标准和评估方法3个方面。

航空发动机产品研发体系成熟度评估模型

评估模型主要解决“航空发动机产

品研发体系成熟度评估,评什么内容”的问题。航空发动机产品研发体系成熟度评估的内容,并不局限于该体系内部各类组成要素,还包括如下两个方面:第一,航空发动机产品研发体系建设的目标是保证航空发动机产品高质量、高效率、低成本的交付,实现较高的客户满意度,因此评估模型应包括航空发动机产品研发体系运行的结果;第二,航空发动机产品研发体系本身,也是企业通过流程、信息技术(IT)、组织3个维度的能力建设而输出的产

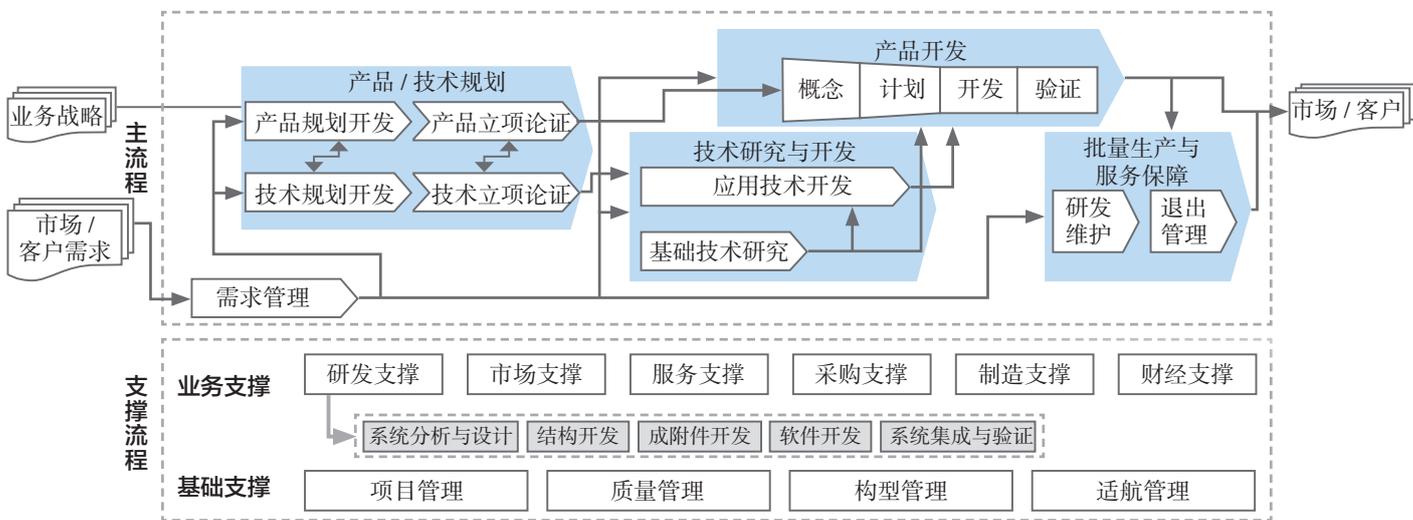


图1 航空发动机产品研发流程架构示意

品，因此评估模型还应包括支撑航空发动机产品研发体系建设和优化的体系治理机制。综上所述，航空发动机产品研发体系成熟度评估模型应以产品研发结果为导向、以产品研发流程（含随流程应用的其他体系要素）为核心、以体系治理机制为基础，具体包括业务目标与结果、业务过程与能力、业务基础与支撑3个层级，各层级之间为自下而上逐层支撑的关系。

业务目标与结果层，主要体现航空发动机产品研发流程对企业实现研发目标与结果的支撑能力。航空发动机产品的研发目标与结果，主要体现在企业对客户、质量、成本、效率4类关键绩效指标（KPI）目标值/挑战值的达成情况。企业对上述KPI目标值/挑战值的达成比例越高，说明背后运行的航空发动机产品研发体系越成熟；反之，不达标或达标比例较差的KPI，也提示企业应在相关方面查找航空发动机产品研发体系的问题和短板。就航空发动机产品而言，客户方面主要通过客户满意度呈现，这是一项综合性评价指标，反映了客户期望值与客户体验之间的匹配程度；质量方面主要通过平均故障间隔时间（MTBF）、试车一次合格率、试验一次成功率、遗留缺陷加权值等指标呈现；成本方面主要通过单机成本等指标呈现；效率方面主要通过计划完成及时率、进度偏差率等指标呈现。总之，业务目标与结果层的评估要素，就是从客户、质量、成本、效率4个维度选取的KPI。

业务过程与能力层，主要体现航空发动机产品研发流程自身（含随流程应用的其他体系要素）的运

行水平。该层级的评估要素是基于航空发动机产品研发流程架构（见图1），按照“无交叠，无冗余”的原则划分的流程组，此处的流程组可以与原流程架构中定义的不同，但是必须能体现出独立的业务价值。例如，可将制造支撑、服务支撑、采购支撑、财经支撑及市场支撑5个流程，划分为一个流程组，把除研发支撑之外的其他职能支撑流程作为一个整体，呈现企业这些领域与研发领域的协作能力、对整个航空发动机产品研发过程的支撑能力。

业务基础与支撑层，主要体现企业的体系治理机制对航空发动机产品研发体系建设和优化的支撑能力，主要体现在流程管理能力、组织支撑能力和IT支撑能力3个方面，相应的评估要素就是流程、组织和IT。

对于业务目标与结果层的评估要素，参考国际通用的卓越绩效模型，从水平和趋势两个维度进行评估。对于业务过程与能力层的评估要素，建议从方法、部署、学习、整合4个维度进行评估。上述各维度的具体含义如下：

- 水平维度代表“看现在”，反映本统计周期内的KPI达标能力，用于查找当前业务短板；
- 趋势维度代表“看未来”，反映临近几个统计周期的KPI达标趋势，用于预估未来的业务短板；
- 方法维度代表“通往结果之路”，反映航空发动机产品研发流程（含随流程应用的其他体系要素）建设的完备程度，用于查找航空发动机产品研发流程运行时缺失的体系要素；
- 部署维度代表“走了多远”，

反映航空发动机产品研发流程（含随流程应用的其他体系要素）的应用效果，用于查找航空发动机产品研发流程落地运行中的薄弱环节，以及方法维度在应用中是否存在“两层皮”；

● 学习维度代表“与时俱进”，反映航空发动机产品研发流程（含随流程应用的其他体系要素）在应用中持续完善的情况，鼓励方法维度各类体系要素在应用中不断创新、实现突破性改进；

● 整合维度代表“达到什么境界”，从企业全局视角审视航空发动机产品研发流程与其他流程形成合力的情况，反映发动机产品研发流程对外可能存在问题的业务接口。

航空发动机产品研发体系成熟度评估标准

评估标准主要解决“航空发动机产品研发体系成熟度评估，基准是什么”的问题。评估标准将航空发动机产品研发体系发展成熟的过程划分为不同的成熟度等级，并定义每个等级的典型特征；各等级之间具有顺序性，从最低级到最高级，每个等级都是前一级别完善后的结果，也是后一个级别实现的基础，体现了航空发动机产品研发体系从低层次向高层次不断发展的过程。该评估标准还应满足如下两项原则：第一，航空发动机产品研发体系是企业航空发动机产品研发领域的内核体系，因此该体系评估标准的最高能力等级必须能够支撑企业实现研发领域的战略愿景；第二，航空发动机产品研发体系成熟度评估标准的等级划分必须符合企业业务实际，避免出现等级过少、特征定

义过高等情况，避免标准失去牵引航空发动机产品研发体系优化提升的作用。参考能力成熟度模型集成(CMMI)，提出航空发动机产品研发体系成熟度评估标准由5个等级构成，其中最高等级为可持续优化级，可支撑企业的研发业务结果成为行业标杆，如图2所示。

按照由低至高的原则，依次概括上述5个等级的航空发动机产品研发体系典型特征。

成熟度1级，即初始级。航空发动机产品研发体系处于无序状态，组织成功主要依赖员工能力和经验。

成熟度2级，即已管理级。航空发动机产品研发体系从无序到有

序，组织成功主要依赖流程，业务能力可持续累积。

成熟度3级，即已定义级。航空发动机产品研发体系从有序到完善，流程体系、度量体系和流程型组织全面建立，业务能力可按需调整。

成熟度4级，即已量化管理级。航空发动机产品研发体系从完善到灵活，IT引领业务创新，组织通过量化管理实现自我高效运转和优化。

成熟度5级，即可持续优化级。航空发动机产品研发体系从灵活到卓越，在自我高效运转和优化的基础上，组织的研发业务结果已经成为行业标杆。

在上述每个等级标准的内部，又按照航空发动机产品研发体系成熟度评估模型，划分为业务目标与结果、业务过程与能力、业务基础与支撑3个部分。除业务目标与结果部分，可通过KPI统计结果直接进行对标分析之外，另外两个部分还应通过评估条款细化等级特征，以便后续进行对标分析。例如，业务过程与能力部分，可按方法、部署、学习、整合4个维度细化出每个等级下的标准条款，从而详细刻画航空发动机产品研发体系各类要素在各个维度持续提升成熟度的途径，也为航空发动机产品研发体系建设/治理指明了方向。



图2 航空发动机产品研发体系成熟度评估标准示意

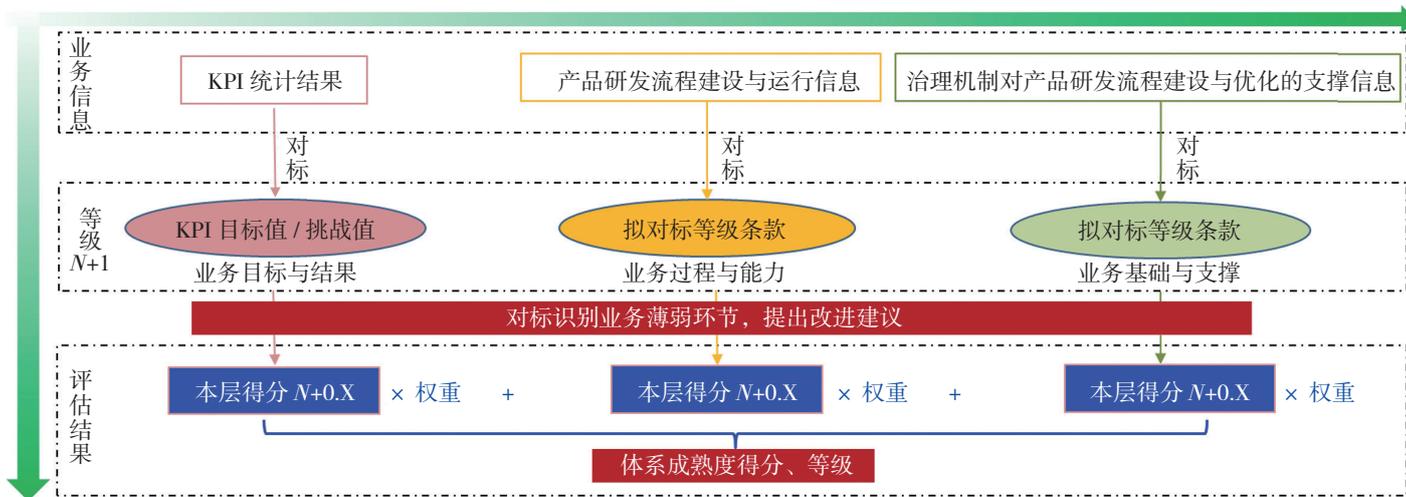


图3 航空发动机产品研发体系成熟度评估方法示意

航空发动机产品研发体系成熟度评估方法

评估方法就是在已建立航空发动机产品研发体系评估模型和评估标准的前提下，解决“航空发动机产品研发体系成熟度评估，如何评”的问题。总体思路是，先按照图2所示航空发动机产品研发体系成熟度评估标准，确定企业已全部满足的最高等级 N 级，之后将 $N+1$ 级作为拟对标等级，按照 $N+1$ 级的评估条款进行详细的对标分析。具体的对标分析过程应依据评估模型和评估标准开展，如图3所示。

图3所示纵向维度，着重获取真实的业务信息，主要原因在于航空发动机产品研发流程往往被多个项目所调用，而不同项目应用同一流程所产生的业务过程与结果，往往存在一定的差异，这都需要在航空发动机产品研发体系成熟度评估中进行综合考虑。其中，业务目标与结果层，着重获取各项目的KPI统计结果，建议从企业的IT系统中直接提取以保证数据的客观性；业务过程与能力层，着重从方法、部署、学习、整合4个维

度获取航空发动机产品研发流程的建设与运行信息，常见的信息收集方法包括资料收集、调查、访谈等；业务基础与支撑层，着重从流程管理能力、组织支撑能力、IT支撑能力3个维度，获取企业的体系治理机制对航空发动机产品研发体系建设与优化的支撑信息，建议由企业的研发体系建设/治理团队开展自评。

图3所示纵向维度，着重根据业务目标与结果、业务过程与能力、业务基础与支撑3个层级的真实业务信息，分别对照 $N+1$ 级评估标准中的KPI目标值/挑战值达成比例、业务过程与能力部分评估条款、业务基础与支撑部分评估条款，全面识别评估模型中各层级、各评估要素在各评估维度存在的问题，并且拉通各层级的评估信息从问题紧迫度和后果危害性两个方面筛选出问题，即为该企业在航空发动机产品研发体系中的薄弱环节/短板，进而从流程、IT、组织3个维度列出改进建议，作为航空发动机产品研发体系持续完善以达到 $N+1$ 级的技术途径。而且，根据KPI目标值/挑战值达成

比例、业务过程与能力部分评估条款达成比例、业务基础与支撑部分评估条款达成比例，可分别计算出业务目标与结果、业务过程与能力、业务基础与支撑3个层级的成熟度得分，再利用加权系数法就可以获得航空发动机产品研发体系的总得分、等级，从而实现客观评价研发能力水平的目的。

结束语

本着抓大放小的原则，建立以产品研发流程为核心的航空发动机产品研发体系成熟度评估模式，主要包括评估模型、评估标准、评估方法3个方面，解决了“航空发动机产品研发体系成熟度评估，评什么内容、基准是什么、如何评”这一系列关键问题，为企业在航空发动机产品研发体系建设过程中，客观评价研发能力水平、有效识别研发能力短板、科学确定研发体系成熟度提升途径，提供了系统解决方案。【航空动力

（史妍妍，中国航发动力所，研究员，主要从事AEOS建设相关研究）