

航空发动机预研项目技术评审方法研究

Study on the Review Approach for Aero Engine Advanced Research

■ 谈梦妮 宁怀松 隋岩峰 李昌红 / 中国航发动力所

预研项目是航空发动机产品研发的基石，通过对其实施阶段性的技术评审监督将不确定性降至最低，建立产品研发的技术货架，从而提升产品研发效率和质量。

航空发动机研制追求更高推力、更低油耗，因而对于材料、结构、冷却、仿真技术的要求越来越高。技术的预先研究肩负着为型号研制打好知识基础，做好技术储备的使命，是型号研制提高效率、降低风险的重要保证。预研项目的研究过程也遵循系统工程过程，其技术评审包括一系列预先规定好的项目进度评审，这些评审在预研项目的每一个技术开发阶段结束时进行。随着评审工作的推进，技术方案逐渐收敛，技术路线逐渐清晰和具体，项目的不确定性也随之降低，如图1所示。随着技术成熟度的提高，技术耦合关系愈加复杂，往往会出现从“投入1000个应用基础研究”到“10项可用的技术”应用到型号研制中的现象，主要是预研项目技术评审在其中起到把关的作用。在每次评审结束时，对已完成工作的成果进行评估，明确项目的发展方向、发现潜在的技术风险，以便及时协调研究工作与需求及资源之间的匹配性。

国内现行的对于航空发动机预研项目技术评审的相关可查资料均出自《国防科学技术预先研究管理》(1991年出版)、HB 7291—1996《预研质量管理规定》。这两份资料出版时间久远，管控要求是基于出资方对于承研方的外部审核要求、资金

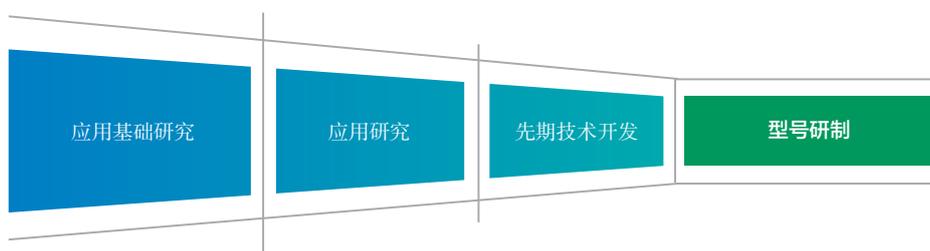


图1 技术项目的逐渐收敛示意图

管控等制定的，无法适应现行的航空发动机预研项目管理发展，对承研方的内部管理和技术过程无法起到详尽的指导作用。在预研项目技术评审应用中主要存在缺乏显性、规范的评审制度，评审点不适用，无技术评审工具等问题。

为解决上述问题，亟须建立适用于预研项目自身的技术评审体系，明确预研过程，在关键节点上设立技术评审点，确定主要评审内容，建设评审工具，检查评估需求、研究过程、验证过程、技术成熟度、成果转化、计划、经费等相关内容。

评审点设置

为了对预研项目的研究过程进行全方位的把控、降低研究风险，明确研究过程是建立评审的基础，在研究过程的关键节点上设置技术评审点，确立相应的原则来指导评审点设置。以系统工程理论为指导，参

考型号研发，通过提炼项目实践的通用流程来确定通用的技术研究过程，在此过程中需要考虑复杂架构各层级之间的技术研究过程的分配、传递；明确外部评审要求，在相对应的技术节点上设置评审点，先期开展内部评审，从而提高通过外部评审的确定性；确定有重要交付物的研发关键节点，如需求分析报告、方案设计报告等，若完成质量不高，将对后续技术开发有着较大的影响。

根据以上原则，应用基础研究和应用研究类预研项目的技术研究过程和交付物要求接近，但二者与先期技术开发类预研项目的技术研究过程和交付物要求差别较大，因此在预研项目评审体系的建设中，可合并建设应用基础研究和应用研究类预研项目，先期技术开发类预研项目则单独建设。

航空发动机应用基础研究、应

用研究的应用目标不确定，需求的创新性和探索性强，研究周期较短，研究过程也更需要专业技术人员的摸索和创新来完成，对此可给出“需求论证—研究—制造/试验—验证”这一通用研究过程，共设立项目立项评审、项目需求评审和验证结果评审3个评审点。评审不分层，不涉及到需求或者研究结果在各层级之间的传递，不评价部件/系统之间的相互影响。研究过程与评审点的对应关系如图2所示。

先期技术开发类预研为研制新型航空发动机和改进现役装备提供实用的技术成果，是从技术基础通向武器型号研制的桥梁，成熟度要求较高。先期技术开发类预研研究过程一般为需求论证、技术方案设计、详细设计、生产和试验5个过程。

表1中给出各过程的主要研究内容。

根据航空发动机的产品分解结构(PBS)，先期技术开发类预研项目可能包含整机、部件/系统、零组件3个层级的研究内容，且各研究内容之间有着需求分配、验证支撑的关系，其评审的层级与项目所包含的PBS层级一致，可分为整机层、部件层和零组件层，实际层级根据项目情况来裁剪，可能包含全部3个层级，也可能仅包含其中两个或一个层级。技术评审须在每个层级的研究过程中安排7个评审点，评审项目研究的全过程。各层级的评审点设置是相同的，分别为项目需求评审、技术方案评审、原理性试验准备评审、技术研究评审、生产准备评审、试验准备评审、验证结果评审，其中原理性试验准备评审根据项目

的具体需求视情开展。

先期技术开发类预研技术评审层级及评审点设置如图3所示。

评审内容的确定

相对比型号研制，航空发动机预研项目更关注能力发展是否具有牵引性，能力开发的成果是否可转化，是否具有可用性等方面，所以针对预研项目技术开发过程特点、成果要求，选取能力发展目标、风险、经费、进度、成果可用性等项目关键因素进行检查，评价项目开发程度，检查是否完成当前阶段的任务目标，为是否能够进入下一阶段研究任务提供判断依据。研究初期，审查的重点是需求确定工作，并确认研究方案是否能够满足技术要求，这是后续研究的基础；需求确定后，评审的重点转向具体的研究工作，从技术层面来规范研究活动，并验证解决方案是否符合研究要求；研究的后期，评审的重点是验证研究成果与需求的符合度、经费的使用情况、技术成果的迁移转化等内容。

应用基础研究和应用研究一般没有特定的应用目标，研究过程探索性较强，技术成果成熟度要求较低。所以，其主要评审内容包括项目立项评审针对初步的必要性分析、研究内容、预期成果等几个方面，对项目申报的必要性、预期成果的策划和对承研单位技术能力的提升进行评价，最终确定哪些项目可以开展深入的研究工作。项目需求评审对研究目标、研究方案、技术途径是否可行，研究计划、经费、周期等是否可实施等开展的评审，同时此评审也为顺利通过立项提供支撑。验证结果评审是对研究结果是

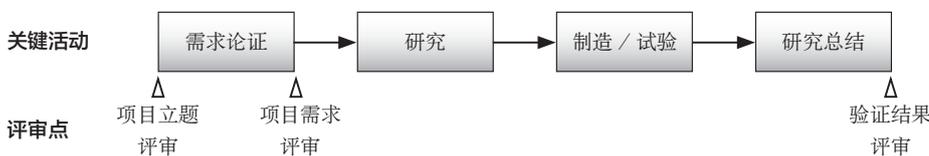


图2 应用基础研究和应用研究类预研评审点示意图

表1 先期技术开发类预研过程

过程	研究内容
需求论证	确定项目需求的过程，通过初步需求捕获、分析与研究方案的多轮迭代，最终确定具有先进性、引领性、可行性的需求
技术方案设计	制定详细、具体的技术方案，并对关键技术的解决途径做出充分分析的过程
详细设计	根据功能、性能等要求，进行系统分析，确定试验件、样件、样机的设计图样和有关设计文件的过程
制造/试验	根据设计图样和文件要求，制定相应的工艺文件，并生产出与详细设计技术状态相符的试验件、样件、样机的过程。根据试验任务书、试验大纲和有关标准、规范来验证项目需求的各种试验过程
验证	在试验完成后，对试验结果进行整理、总结，完成相关分析和试验报告编制工作

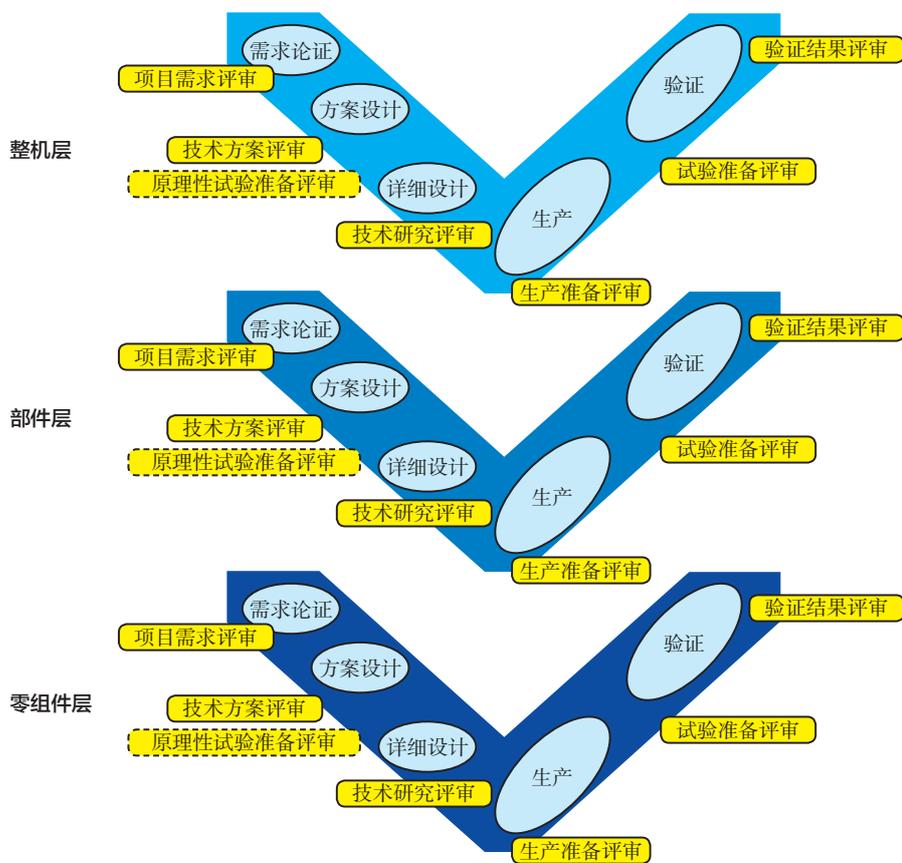


图3 先期技术开发类预研技术评审层级及评审点设置

否符合技术要求、研究计划的执行情况等内容所开展的评审。

而先期技术开发项目，大多数都是有着明确的应用对象，瞄准发动机型号应用的，且其研究成果可能影响型号研制的周期、成本、技术指标是否能够达到，对于型号、项目成败至关重要。这就要求除了在研究过程中需要严格把关，在研究工作完成后，对于研究成果往型号研制的迁移转化至关重要，这也是先期技术开发项目评审的特别关注点。

评审工具

检查单是决定评审的客观性和全面性的有效工具。检查单分为评审准入准则、问题清单和评审准出准则

3部分。评审准入准则是启动评审的必要条件，它由一系列问题组成，只有这些问题全部满足，才允许开展技术评审；问题清单是正式评审时评审专家使用的问题集，评审专家依据检查单中的问题逐项评审，并对问题满足情况进行评估和判断，是评审工具的核心和精华，它关注的是项目最具风险的方面，决定项目的开发质量；评审准出准则是通过评审的必要条件，它也是由一系列问题组成，只有这些问题全部满足，才允许通过技术评审。检查单一方面为被评审方自查提供依据，另一方面提醒专家评审中需要关注的问题点，在研究过程以及正式评审中都发挥了极大的作用。

因预研项目发展方向多，研究

成果的要求不尽相同，所以在其检查单建设时主要关注预研项目的共性特点，提示专家注意研究需求的先进性、引领性和可行性，从研究方法和验证条件的合理性、有效性等方面来考虑，并关注研究成果演示和转化应用等相关方面的问题。

拿型号研制做对比，在制定预研技术评审检查单时，充分考虑预研项目和型号研制的不同点，预研项目更注重创新性、引领性，型号研制更注重规范性、全面性。在需求方面，预研项目的需求更注重其指标的先进性。在设计方面，预研项目更注重技术的开拓创新，在研究过程的规范性、全面性方面可适度放松。在生产装配方面，预研项目更关注关键技术研究，对于维修保养方面可适度放松。在试验验证方面，预研项目关注试验项目是否能够真实反映研究结果，是否能够通过试验项目来确认需求的满足性。在验证结果方面，预研项目关注技术研究过程和技术成果对型号研制的可转化性，对于研究成果是否满足需求并不做硬性要求，允许项目偏离预定目标。相比于型号研制，预研项目的技术状态管理可适度放松。

结束语

预研项目的考核，结果要求要宽松，过程要求要严格，系统、完整的预研项目技术评审体系，是控制技术成果质量、加速技术转化的一项强有力的技术管理工具，为产品研发的技术竞争力和技术风险管控保驾护航。

航空动力

(谈梦妮，中国航发动力所，工程师，主要从事系统工程、技术评审相关工作)