

用“工程思维模式”加速航空发动机产业发展

■ 惠阳航空螺旋桨有限责任公司（河北保定 072152） 李国平

摘要：航空发动机，是集空气动力学、材料力学、控制技术、电子和测试技术、计算机及加工工艺为一体的多学科共融的产物。具有高温、高压、高速旋转、变工况、空间狭小、应力高等工作特点，其地位、重要性不言而喻，发动机技术已经是一个国家科技水平、工业水平和综合国力的重要标志，本文将对其发展和工程思维模式进行阐述。



研究员级高级工程师 李国平

1. 国内外航空发动机现状

航空发动机是一种高度复杂、可靠的精密装置。为此，欧美等发达国家制定了系统的专项

研制计划，并得到政府及国民长期、有力的支持，如美国将航空发动机技术列为9大核心技术第2位，加大科研投入，重视技术成熟度，始终占领航空事业制高点，在航空发动机技术中始终处于领先地位，F119-PW-100成为有史以来最长无故障运转间隔的发动机，成熟度（TRL）、稳定性高，F119战斗机涡轮发动机涡轮前温度最高达1 977K，处于世界领先地位。

自新中国成立以来，我国的航空事业有了很大的发展，实现了由喷气发动机向涡扇发动机的历史性跨越，由小推力到中等推力向大推力转变，由二代半向三

代机、四代机转变，目前正在开展四代机及大推力、大涵道比发动机的预研工作。

回顾历史，我国航空发动机经历了曲折的发展道路，几代航空人兢兢业业的劳作，不惧西方列强的欺凌、技术封锁，为之付出了毕生的心血。有成功的经验，更有失败的教训，许多机型因为种种原因而中途下马，让我们为之惋惜，也与发达国家航空技术形成鲜明对比。

主要差距表现：①材料问题，材料的纯度、配方、性能指标及内部组织的稳定性。②特种工艺问题，特别是表面处理和热处理技术能力与欧美国家差距明

显。喷丸更深残余压应力层，且残余压应力的数值也更大，同时表面粗糙度也好于传统喷丸。对于发动机复杂型面的零件强化和局部喷丸处理，超声喷丸将具有显著的优势和很大的发展潜力。

3. 结语

为了促进航空发动机制造

技术的提升，满足新型发动机的高质量、高效率和高标准的制造要求，表面工程技术还必须不断变革、创新和全面应用。目前，虽然我们在该技术领域取得不小的成绩，但我们与发达国家、与国际领先发展水平还有着相当的差距。关键把关设备受西方国家

封锁；很多关键前沿设备都在院所进行制造，技术和设备无法工程化应用；前沿制造技术储备不足；关键制造技术成熟度较低。所以，对我们来说，未来的使命任重而道远。**MW**

（收稿日期：20161116）

显, 环境适应性: 抗腐、抗裂、抗老化不足, 直接影响零部件的使用寿命和整机的可靠性。③冷工艺制造技术还需进一步提高, 特别是发动机叶片的制造瓶颈问题尤为突出, 存在诸多不可预知性工艺问题。④发动机试验技术还停留在试错试验阶段, 没有成熟的计算方法和相应的计算软件。⑤发动机整体结构设计及试验技术重视程度不够。

2. 工程思维模式

基于航空发动机的整体结构和基本工作原理, 它是由数万个零部件组成的非常复杂、庞大的机器群。单纯依靠传统的试错法和头脑风暴法等分析方法很难解决问题, 这样往往造成原因分析和采取措施不得当, 甚至造成成本浪费, 研制周期无限延长、生产效率低下, 技术瓶颈长期得不到有效突破。因此需要对思维方法进行创新, 涉及产品、工艺、市场和管理等各方面, 充分利用创新原理, 如TRIZ理论等促进创新。通过工程学习, 建立系统思维能力; 注重知识积淀和传承, 建立知识管理信息平台, 并按照“设计→试验→修正设计→再试验……”的迭代模式为设计、制造提供技术支持。

工欲善其事, 必先利其器。航空发动机要实现快速转型和又好又快的长远发展, 必须遵循科学发展规律, 以高新技术为根基, 引入现代化管理工具和方法, 不断提升自主创新能力, 在竞争中才能立于不败之地。

TRIZ理论是实现创新思维流程化的工具, 是以技术系统进化原理为核心, 解决发明问题的系

统化方法。使用适当的工具, 先将特定问题抽象成为标准或者一般性问题, 然后采用标准方法解决, 最后得到特定的解。

“工程思维模式”把中国近代落后的原因归结于国人的思维缺陷: 感性思维、整体思维、缺乏科学思维和逻辑思维。要适应技术的发展则应转变思维, 通过对流程思维、结构思维、图形思维等模式的逐一剖析, 让我们对工程思维模式有更好的理解。流程思维是基于全流程来思考问题所在, 要发现各环节之间的相互影响, 找到最好的解决办法。既要关注结果, 又要关注过程, 通过系统化思维、结构性思维、图形思维等方法, 去更全面、有逻辑性地思考问题, 从而提高独立思考的能力。以工程思维模式对现有的问题进行分析和创新, 不断提高我国航空发动机设计、试验、工艺和测试技术水平。

流程的制定, 一方面必须是对有价值的活动进行梳理, 去掉不增值、冗余的环节, 尽可能将判断性质的环节前置, 使流程本身不断优化, 做到精化、高效;

另一方面, 实现信息化管理, 更大的挖掘流程潜力。

我公司是从事航空发动机静子叶片、配套调速器及限速器研发企业, 由于航空产品性能要求高、结构复杂及寿命长的特性, 致使产品在平常的生产过程中, 经常出现各种结构和性能方面的故障。采用“工程思维模式”的方法有效解决了这些问题, 少走弯路。

针对调试器壳体等带有油路孔的关键件, 制定明确的油路检验手段及检测标准, 转变思维模式, 编制“油路孔加工过程中清洁度控制规范”, 细化工艺流程, 提高可操作性, 保证油路清洁, 持续满足产品质量要求, 附图所示为航空发动机静子叶片。

随着数字化设计与制造技术在航空发动机的推广应用, 航空发动机研制模式正在发生根本性变化, 由数字量向全数字量转型, 这就更需要用工程思维模式去制定流程, 执行流程, 让流程贯穿于科研、生产整个过程, 好马配好鞍, 通过持之以恒的努力, 必将迎来我国航空发动机的大发展、大振兴。



(a)



(b)



(c)

航空发动机静子叶片

3. 结语

面对差距与技术封锁, 只有奋斗、前行, 路在脚下, 注重管理, 明确目标、建立组织、规划

流程、沟通反馈及持续改进, 用工程思维模式加速航空发动机产业发展。MW

(收稿日期: 20161117)