



张森棠

发动机数字化加工专家

■ 张森棠 Zhang Sentang

中航工业发动机首席技术专家

Aero-Engine Chief Expert of AVIC

中航工业沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司研究员级高级工程师

Senior Professor Engineer of AVIC Shenyang黎明 Aero-Engine (Group) Corporation Ltd.

☞：您主持完成了多项航空发动机科技攻关项目，您认为要推进数字化制造技术在航空发动机产品中的应用，我国要重点做好或加大哪些研究？

张森棠：近年来，我国发动机制造企业在网络运行环境、计算机软件工具、数字化工艺装备方面得到很大的改善，数字化工程系统、工艺设计系统和数控加工仿真平台逐步成熟，初步建立了数字化制造支撑环境。同时，也暴露出了一些问题和不足，一是数字化制造技术含量低、附加值低；二是制造资源综合利用能力差，如机床利用率较低。

数字化制造技术要在航空发动机制造业取得更大发展，我认为需要关注以下几点：(1)提高制造资源利用能力。从技术、工具、功能和系统4个层次，研发支撑高效能批量生产的方式和方法。这是一项长期工程，需要不间断地滚动实施。(2)以技术的综合和融合为支撑。对关键技术问题进行攻关，开发适用工具软件，带动方法、工具、制造技术和研制模式的创新。(3)打造协同数字化制造研发平台。目前我国在协同研发方面发展滞后，主要软件工具依赖进口，长期受制于人。(4)发展3D制造。设计全三维发图和协同制造大势所趋，急需解决3D制造的方法、工具和环境等一系列问题。

☞：近几年高性能航空发动机上关键零部件结构要求越来越复杂，您如何看待仿真分析技术在该领域的应用？在技术攻关过程中您多次另辟蹊径解决关键性难题，您认为怎样才能研发中不断创新？

张森棠：目前的加工过程仿真仅能“仿假”，即对加工中的动作故障进行几何仿真分析，存在以下不足：(1)仿真目的单一，仅限对数控加工过程进行运行状态仿真，解决干涉碰撞、欠切过切、刀具悬伸和数控代码正确性等几何问题；(2)无法解决切

削机理等物理层面的问题，难以从加工机理和演变规律上对工艺决策、工艺优化提供理论依据。

航空发动机零件结构复杂、加工精度高、大量采用难加工材料，要达到仿真分析的科学性、准确性和前瞻性，几何层要与“实际一样”仿真，实现无故障或低故障加工；物理层要解决机理、规律仿真的方法和工具，实现低缺陷加工。这需要产学研联合攻关开展以下工作：(1)数控加工全过程仿真。对装夹定位过程、刀具走刀路径、零件加工过程和融合控制系统的机床运动过程进行统一环境下的仿真，属几何层的系统仿真。(2)基于仿真驱动的工艺优化策略。研究根据实际工况条件修正及调整工艺及参数的优化方法，提高机床切削负载和加工过程的稳定性。(3)开发仿真分析工具。侧重于仿真工具应用策略和分析方法。(4)虚拟加工平台。统一仿真工具、方法、流程和数据，使工程技术人员有章可循、重用知识和共享资源。

创新的关键词是超越。我所带领的团队始终遵循“问题-风险-借鉴-修正-传承”的攻关原则，提前思考问题、预先规避风险、及时修正错误、正视技术传承，取得了比较好的效果。近年来，研发了高效能数控加工、光整加工、高效放电铣等实用化技术，应用于整体叶盘、宽弦风扇叶片、圆弧端齿传动组件等新产品研制。为应对设计三维发图的现实需求，开发了数字化工艺设计系统，大幅降低了设计三维发图给企业所

带来的冲击。多年的技术攻关经验表明，技术的连续性和高效的科研能力与一个相对稳定的攻关团队密不可分。

张森棠：中航工业发动机数字化加工首席技术专家，主要研究方向为高效能数控加工工艺及装备、工艺优化方法及实施策略、虚拟加工技术、快速编程技术和三维数字化工艺设计技术。主持科研课题20余项，出版专著2部，发表论文8篇，拥有专利5项。

张森棠作为数字化制造专业领军人物和技术研发、预研项目负责人，参与完成了多项国家重点型号重大科研攻关项目。成功研制了宽弦风扇叶片、整体叶盘/叶轮、圆弧端齿传动组件等航空发动机新产品。在整体叶盘制造核心技术工程化应用方面取得重大突破，多项核心技术达到或超过国际先进水平。开发了面向工程的三维工艺设计系统、快速编程系统等应用软件工具，解决了设计三维发图后企业如何应对的技术难题。研发了高效能数控加工、光整加工、高效放电铣和数字化工艺设计等多项实用技术，仅“某新机静子叶片高效数控加工技术”一项技术的工程化应用，就为企业创造了每年数千万元的经济效益，彻底改变了“50年未变”的叶片工艺模式。



可分。

☞：航空发动机的发展离不开新材料、新工艺的研发，请您谈谈航空发动机材料的发展趋势。

张森棠：高性能航空发动机产品有两个特点：一是流线型的结构设计，特点是结构的整体化、薄壁化、空间化，结果是几何尺寸趋大、结构更加复杂、刚性相对变弱；另一个是极端化的性能要求，需要材料的轻质、高强度，结果是大量使用复合材料、高温合金、钛合金等航空材料。二者紧密相关。随着先进制造技术的发展，仿真与重构等科学理论越来越成熟，航空发动机材料将朝着更轻质、更高强、更高效、更耐高温的方向发展。（采访 良辰 责编 深蓝）