

A portrait of a middle-aged man with short dark hair and glasses, wearing a light purple short-sleeved button-down shirt and dark trousers. He is standing on a balcony with a black metal railing, leaning on it with his right hand. The background shows a multi-story residential building with red brick and yellow walls, and a red-tiled roof. The sky is overcast.

吕泉

发动机结构件加工技术专家

■ 吕泉 Lü Quan

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 Liming Aero-Engine (Group)

Corporation Ltd.

☞：您致力于航空发动机制造技术研究，并完成了多项科技攻关项目，您认为高性能航空发动机产品未来的发展趋势是什么？我国要重点做好或加大哪些方面的研究？

吕泉：未来高性能航空发动机为了追求高推重比、高可靠性和良好的维修性，其主要零组件结构趋于整体化、轻量化、复杂化，精度等级越来越高，材料加工难度越来越大，对零部件抗疲劳性能要求越来越高。

近年来，我国航空发动机制造技术发展较快，取得了显著成效。但是，随着新一代航空发动机研制批产进程的不断深化，我国航空制造业基础技术薄弱的缺陷逐渐显露出来。在机械加工工艺方面主要体现在基础数据和基础软件缺乏，现有加工方法过度依赖技术工人的加工经验，自动化程度低。应重点做好基础技术研究工作，如：加工资源库建设、仿真资源库建设、数字化制造软件开发、数控设备高级功能开发、先进数控加工及复合加工等技术方法研究等，应加大基础数据积累力度，形成适合我国国情的先进航空发动机制造模式。

☞：您在航空发动机零部件的冷工艺制造和装配技术方面积累了丰富经验，您认为目前制约相关技术发展的关键因素有哪些？可从哪些方面予以改进？

吕泉：目前，航空发动机主要零组件结构集成度越来越高，精度等级越来越高，材料加工难度越来越大，传统的常规加工方法已经不能适应新一代航空发动机的制造需求，存在加工效率低、加工质量不稳定、检测手段落后等问题，应当加以改进。

(1) 盘、轴等转动部件向着结构轻量化、盘轴一体化、盘叶片一体化、高精度、高抗疲劳性能的趋势发展，因此加工难度较大，周期长，质量难以保证。造成加工质量不稳定的原因较多，总体来说是对加工过程各个环节控制的手段不足。而整体化结

构零件复杂高精度空间曲面、最终表面质量仍然依靠手动抛光保证，这是制约该项技术发展的关键因素之一。因此，改进精加工方法，开展机械化、自动化抛光技术研究应是今后的重点研究目标。

(2) 目前，叶盘叶身型面三坐标检测尚无统一的评价标准，这也是影响检测结果的重要环节之一。不同的检测方法，评价结果差距较大，特别是叶身型面进排气边检测偏差较大，需要对检测方法等开展研究，形成统一的检测标准。

(3) 机匣、篦齿盘等薄壁零件加工中，零件变形问题是影响发动机产品质量和加工效率的重要因素。薄壁件变形的主要原因来自于零件毛坯材料的内应力，加工中的切削力、切削热以及零件装夹的作用力等，因而控制薄壁件变形应从零件毛坯材料组织结构、成型工艺以及零件加工工艺路线、工艺参数、加工和装夹方法等方面进行改进。

(4) 目前，航空发动机零组件制造主要采用数控加工技术，解决了许多普通加工方法无法加工的复杂结构零件的加工难题，但是我国航空发动机制造行业数控加工软、硬件水平与国际先进水平仍有较大的差距，许多数控设备功能没有充分发挥，数控加工过程人为干预较多，自动化水平较低，已经成为制约航空发动机批产质量稳定性因素之一。因此，大力开展数字化制造技术研究，深度开发应用先进数控设备高级功能，改进现有数控加工模式，减少加工过程人为干预，提高自动化程度应是批产工艺改进的重点目标。

(5) 随着新一代航空发动机预

研项目的开展，将面临许多复杂结构、难加工材料制造难题，如：空心叶片、夹层结构、薄壁结构及复杂整体结构等。许多新结构、新材料由单纯的机械加工方法难以加工，需要开展特种加工、复合加工等技术研究。如：叶片、叶盘及机匣的电火花成型、电解、电化学、摩擦焊及磨粒流等加工技术，有待进一步升华应用。

吕泉：中国航空工业集团公司精密/超精密和微细加工技术专业特级技术专家，中航工业发动机结构件加工技术专家。曾任车间工艺员、工艺室主任、技术主任，自2005年先后担任公司多个机种型号工艺师。

吕泉多年从事航空发动机机械加工工艺技术工作，具有较为丰富理论储备和处理现场技术质量问题的经验。2006年被中国航空工业第一集团公司授予“航空报国优秀贡献奖”，2011年被授予新中国航空工业创建60周年“航空报国突出贡献奖”。



☞：在任务攻关中您多次

解决关键技术难题，您认为怎样才能提高团队的技术攻关能力？

吕泉：(1) 提高团队技术攻关能力应从团队建设着手，着眼长期效应，组建由各专业技术人员参加的联合攻关团队，充分发挥各技术专家作用，本着科学严谨、事实求是的精神，扎扎实实解决关键技术难题，建立技术难题攻关档案及长效攻关机制。

(2) 配置软、硬件条件及试验设施，构建工艺试验平台，如动力学仿真分析软件、现场切削数据采集分析系统等，从而提高工艺试验、分析、决策能力。

(3) 充分掌握现场实际情况，了解现场需求，制定切实可行的解决方案，组织项目实施，跟踪项目实施进展，及时处理存在问题，保证项目顺利实施。

(采访 良辰 责编 春早)