

# 2020 年北京市科学技术奖提名公示内容（公告栏）

## 一、项目名称

航空发动机压缩系统失稳机理与调控

## 二、候选单位

1、中国科学院工程热物理研究所

## 三、候选人

1、杜娟;2、张宏武;3、卢新根;4、聂超群;5、李继超;6、徐纲;7、朱俊强

## 四、项目简介.

航空发动机压缩系统（压气机）气动稳定性是关乎发动机研制成败的关键技术问题。压气机级负荷的增加，对其稳定性提出了更高的要求。认识压气机流动失稳触发机理，并对其进行调控，拓宽稳定工作范围，对提高航空发动机的性能和可靠性具有重要意义。在国家自然科学基金、科技部 973 等项目支持下，团队聚焦压气机稳定性基础科学问题，从非定常特征角度，对压气机内部流动失稳与调控方法开展了系统性的研究，为宽稳定裕度高负荷压气机设计提供了指导。在以下三个方面取得了重要发现：

### 1. 自激非定常叶顶间隙泄漏流失稳机理、判定准则及预警方法

发现了自激非定常叶顶间隙泄漏流时空特征、起始机制和演化规律，构建了叶顶间隙泄漏流三维空间结构模型，诠释了压气机非定常失稳机理，提出了压气机自激非定常泄漏流空间分布的识别方法，建立了压气机失稳判定准则；发展了基于叶顶间隙泄漏流自激非定常性检测机理的失稳预警方法，与基于失速先兆的预警手段相比，预警时间提前 300 转，解决了国际上失稳预警不及时的难题。

### 2. 叶顶微喷气非定常扩稳机制及主动控制方法

提出了叶顶微喷气提高压气机稳定性的方法，即用仅占主流设计流量 0.08% 的微喷气量，就能成功将稳定工作范围拓宽 5.83%；探索了微喷气参数对压气机性能的影响，为压气机

实现最佳扩稳能力提供了微喷气设计准则；揭示了微喷气的非定常扩稳机制，证实了微喷气可通过削弱叶顶间隙泄漏流自激非定常性实现“四两拨千斤”的扩稳效果；发展了喷气与主流动量比预测扩稳能力的模型，诠释了非定常与定常扩稳机制的异同，提出了基于叶顶间隙泄漏流自激非定常性失稳预警方法的微喷气主动调控方法，为下一代自适应航空发动机的主动扩稳调控技术提供了支撑。

### 3. 机匣处理非定常扩稳机制及精准调控设计方法

建立了机匣处理与叶片通道之间耦合流动模型，阐明了机匣处理与转子叶顶流场相互作用机制，澄清了机匣处理将主流/泄漏流交界面向转子叶片尾缘推移实现稳定裕度拓宽的扩稳机理，揭示了周向槽位置影响压气机稳定性的内在机制；准确捕捉到了周向槽机匣处理轴向位置对稳定裕度的影响规律，将国际上对机匣处理扩稳机制的认识从定常层面提升到非定常层面，为航空发动机扩稳设计提供了理论支撑。

研究成果共发表学术论文 178 篇，授权发明专利 38 项。其中 SCI 收录 54 篇，论文他引 819 次，SCI 他引 519 次，5 篇代表作他引共 180 次，研究成果在我国第五代涡扇发动机和民用大涵道比涡扇发动机等型号和验证机中得到了应用。

## 五、代表作发表情况（限 5 篇）

检索机构：中国科学院文献情报中心										
序号	论文(著作)名称	刊名/出版社	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	论文全部作者	年卷期页码	SCI 他引 次数	他引 总次 数	是否国内 完成
1	Numerical Investigation on the Self-Induced Unsteadiness in Tip Leakage Flow for a Transonic Fan Rotor	JOURNAL OF TURBOMACHINERY-TRANSACTIONS OF THE ASME	2010-04-01	无	杜娟	杜娟, 林峰, 张宏武, 陈静宜	2010, 132(2):021017		39	是
2	Flow Structures in the Tip Region for a Transonic Compressor Rotor	JOURNAL OF TURBOMACHINERY-TRANSACTIONS OF THE ASME	2013-05-01	无	杜娟	杜娟, 林峰, 陈静宜, 聂超群, Christoph Biela	2013, 135(3):031012		52	是
3	Micro air injection and its unsteady response in a low-speed axial compressor	JOURNAL OF TURBOMACHINERY-TRANSACTIONS OF THE ASME	2002-10-01	程晓斌	聂超群	聂超群, 徐纲, 程晓斌, 陈静宜	2002, 124(4):572-579		51	是
4	The Dual Mechanisms and Implementations of Stability Enhancement with Discrete Tip Injection in Axial Flow Compressor	JOURNAL OF TURBOMACHINERY-TRANSACTIONS OF THE ASME	2015-05-01	林峰	李继超	李继超, 林峰, 童志庭, 聂超群, 陈静宜	2015, 137(3):031010		10	是

5	Numerical Investigations of the Coupled Flow through a Subsonic Compressor Rotor and Axial Skewed Slot	JOURNAL OF TURBOMACHINERY-TRANSACTIONS OF THE ASME	2009-02-01	无	卢新根	卢新根, 楚武利, 朱俊强, 张燕峰	2009, 131(1): 011001		28	是
合 计								0	180	

## 六、自然代表作被他人引用、应用情况（限 6 篇）

被引代表性论文、著作序号	引文名称/引文作者	引文刊名	引文发表时间 (年 月 日)
1	Effect of Inlet Distortion Features on Transonic Fan Rotor Stall/JamesH Page	JOURNAL OF TURBOMACHINERY-TRANSACTIONS OF THE ASME	2018-07-01
2	Aerodynamik axialer Turbokompressoren/Franz Joos	Springer Vieweg	2020-01-01
3	Spike-Type Compressor Stall Inception, Detection, and Control/Tan CS	ANNUAL REVIEW OF FLUID MECHANICS	2010-05-01
4	Optimization of the Efficiency of Stall Control Using Air Injection for Centrifugal Compressors-Additional Findings/Taher Halawa	JOURNAL OF ENGINEERING FOR GAS TURBINES AND POWER-TRANSACTIONS OF THE ASME	2018-12-01
5	Axial Compressor Stability Enhancement/Timothy Oliver Houghton	University of Cambridge Department of Engineering	2010-02-01

## 七、提名意见

该项目面向高推重比航空发动机对宽稳定裕度压缩系统的重大需求，在国家自然科学基金委、科技部等项目持续支持下，聚焦压缩系统失稳机理不清晰、失稳预警不及时、扩稳调控不精准等基础科学问题，历经 19 年的潜心钻研，在压缩系统失稳机理和调控方法上取得了系列突破。发现了叶顶间隙泄漏流自激非定常性及其时空演变规律，揭示了压缩系统非定常失稳机理；提出了基于叶顶间隙泄漏流非定常性检测机理的失稳预警方法，解决了失稳预警不及时的难题；揭示了叶顶微喷气的定常和非定常双重扩稳机制，构建了叶顶喷气主动调控策略；澄清了机匣处理抑制叶顶非定常泄漏流与主流交界面溢出的扩稳机制，发展了机匣处理精准调控设计方法。为我国航空发动机高负荷压压缩系统稳定性设计提供基础性支撑。研究成果已经在我国第五代涡扇发动机、民用大涵道比涡扇发动机等型号和验证机中得到了应用，军事和经济效益显著。该项目共发表学术论文 178 篇，其中 SCI 收录 54 篇，授权发明专利 38 项。

提名该项目为北京市科学技术奖自然科学奖（一等奖和二等奖）