

2026 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

一、项目名称

航空离心压气机全三维气动构型技术及应用

二、提名者及提名意见

提名者：

中共陕西省委军民融合发展委员会办公室

提名意见：

以离心压气机为载体的空气增压技术是飞机动力和机载环控系统最核心的技术之一，其研制难题在于内部流动的激波系调控、二次流抑制和转静部件匹配。该项目面向先进航空动力和机载环控系统对高性能航空离心压气机的重大需求，提出了全三维复合弯掠叶片气动构型，解决了跨音速离心叶轮的激波调控难题；提出了叶片/端壁三维一体化气动构型，解决了高压比/负荷离心叶轮的二次流抑制难题；提出了三维空间曲面扩压器气动构型，解决了受限空间下叶轮/扩压器的转静匹配难题。在航空发动机及燃气轮机国家科技重大专项等课题支持下，经过 10 年自主创新，突破了全三维复合弯掠叶片、叶片/端壁三维一体化、三维空间曲面扩压器等关键技术，显著提升了我国航空离心压气机的性能水平和自主创新能力，主导了我国航空离心压气机气动设计体系的升级换代，支撑了多型国家重点航空动力和机载环控型号/验证机的研制，取得了广泛的技术价值和社会经济效益。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。

提名该项目为陕西省科技进步奖二等奖。

三、项目简介

以离心压气机为载体的空气增压技术是航空动力和机载环控系统最核心的技术之一。气动构型是决定航空离心压气机性能好坏的基因和骨架，传统二维气动构型与强三维流动特性的失配是制约航空离心压气机性能水平的关键瓶颈。长期以来，我国航空离心压气机普遍面临“强激波系难调控、强二次流难抑制、转静部件难匹配”的三维设计难题，发展三维气动构型技术已成为先进航空离心压气机的必然选择。本项目面向先进航空动力和机载环控系统对高性能航空离心压气机的重大需求，在全三维复合弯掠叶片、叶片/端壁三维一体化、三维空间曲面扩压器 3 个方面突破了三维气动构型关键技术，解决了极端需求下的压气机激波调控、二次流抑制和转静匹配难题。项目主要技术创新具体如下：

1、提出全三维复合弯掠叶片气动构型，解决了跨音速离心叶轮的激波调控难题。采用复合弯掠造型打破了二维直纹叶片对叶尖激波系的组织调控约束，增加了三维设计自由度，揭示了全三维设计参数对激波结构的精细化调控作用及机理，创建了复合弯掠跨音叶轮“三维构型—负荷调节—激波重塑”的匹配模型和设计理论。

2、提出叶片/端壁三维一体化气动构型，解决了高压比/负荷离心叶轮的二次流抑制难题。通过气流通道造型理念从源头破解了传统二维构型割裂对待叶片和端壁的设计局限，直观刻画了二次流核心生成区（即离心叶轮径向段）的三维关键参数，保障了叶片/端壁曲率连续和一体化光滑融合，重塑了低能流体的力学关系和迁移路径，构建了三维一体化构型设计方法和设计平台。

3、提出三维空间曲面扩压器气动构型，解决了受限空间下叶轮/扩压器的转静匹配难题。通过展向多自由度积叠突破了传统扩压器二维叶片构型瓶颈，更好适应了叶轮出口高速畸变气流；借助三维倾转通道和沿程截面优化保障了紧凑高效扩压，提炼了三维空间曲面扩压器性能模型和设计准则。

基于上述技术创新，本项目在服务国家重大需求、推动产学研一体发展、构建知识产权体系、发展高端人才队伍方面取得广泛的技术价值和社会经济效益，直接应用于中国科学院、中国航发、中航工业、中国商飞等单位的 3 大类 20 余型国家重点航空动力和机载环控型号/验证机研制；项目授权发明专利 41 项，软件著作权 5 项，SCI/EI 论文 92 篇；技术成果近三年创造直接经济效益逾 5 亿元。

四、客观评价

（一）验收评价意见

（1）2023 年 12 月，工业与信息化部产业发展促进中心组织的验收专家组，对航空发动机及燃气轮机重大专项基础研究项目“先进离心组合压气机流动机理及设计基础研究”进行了验收，专家组认为：“该项目突破了高压比斜流/离心压气机全三维串列叶轮设计、紧凑高小扩压器设计、组合压气机大曲率部件设计等关键技术，成果应用于高效费比涡喷、高升限低油耗涡扇和高功重比涡轴发动机型号和验证机，提高了发动机性能，取得了显著的经济效益和社会效益”。

（2）2024 年 12 月，陆军装备部组织的验收专家组对装备预研关键技术攻关项目“超低比转速离心叶轮和流道一体化设计以及离心叶轮与扩压器匹配技术研究”进行了验收，专家组认为：“项目发展了具有超高负荷和超低比转速特征的离心叶轮叶片-流道一体化设计技术，突破了高度畸变流场下的离心叶轮与扩压器匹配技术，建立也离心压气机叶片-流道三维一体化设计平台，成果应用于 WZ-XX 新一代高功重比涡轴发动机型号验证机，实现了发动机压缩部件性能提升”。

（3）2025 年 1 月，工业和信息化部产业发展促进中心组织的验收专家组对“两机”基础科学中心重点项目“高效低阻扩压器流场组织方法”进行了验收，专家组认为：“项目突破了三维管式扩压器和径向-轴向一体化扩压器等关键技术，建立了高性能新构型扩压器气动性能数据库，实现了兼具超紧凑和低损失的扩压器构型设计，提高了离心压气机效率和裕度水平，成果已推广应用于中国航空发动机研究院、中科航星科技有限公司的多款航空动力型号研制。”

（二）成果鉴定

2025 年 12 月 26 日，中国工程热物理学会对“航空离心压气机全三维气动构型技术及应用”项目进行了成果鉴定，以李应红院士为主任、刘永泉院士和陶智院士为副主任的鉴定委员会评价：“该成果技术非常复杂、研究难度很大，有重大技术创新，完全自主可控。……，在航空离心压气机领域，研究成果总体达到国际先进水平，气动负荷和效率指标达到国际领先水平”。

（三）同行院士评价

刘大响院士、李应红院士和樊会涛院士等同行院士评价：“该成果技术面向航空应用场景下先进离心式空气增压需求，发展了具有全三维离心压气机气动构型技术，引领了离心压气机设计体系由二维迈向三维。成果技术复杂，创新性强，形成了完全自主的知识产权，是我国航空离心压气机领域的一项重大突破，整体技术达到国际先进水平，在压气机气动负荷和效率等方面达到国际领先水平。”

（四）主要用户评价

中航工业成都飞机设计研究所：离心压气机全三维气动构型技术应用于 XXXXX 氢能源无人机的环控系统，研制了具有超高压比、低功耗和轻量化特征的环控供气压气机，满足了 XXXX 系统高空环控需求，有效提升了无人机升限和航时航程，能够支撑升限提升 40%以上、航时航程提升 9%以上。

中国航空发动机研究院：在新一代航空涡电发动机研制中，采用了离心压气机叶片/端壁三维一体化设计技术，有效改善了低比转速离心叶轮的二次流动和流场畸变，使离心压气机级效率在负荷系数 0.68 的设计约束下达到 83%以上，破解了发动机研制中离心压气机效率和裕度不足的难题。

中国航发贵阳发动机设计研究所：西北工业大学发展的全三维复合弯掠叶片设计技术，能够在不增加结构复杂性的前提下抑制离心压气机进口激波损失，大幅改善高负荷跨音速离心压气机气动性能。该设计方法已应用于我所某小型涡喷发动机的压气机部件改型，支撑了叶尖马赫数 1.62 的高负荷离心叶轮设计，实现压气机效率提升 3%以上。

中国商飞北京民用飞机技术研究中心：该压气机采用单级离心形式并依托全三维气动设计理念，实现了集高压比、低功耗与紧凑化于一体的先进设计，支撑了我国新一代大型客机的环控系统研制，能够满足大型客机宽广空域客舱增压供气需求，取消了发动机引气，优化了机上能源利用，应用价值显著。

中航工业金城南京机电液压工程研究中心：在我单位主持研制的某型飞机辅助动力装置中，应用了西北工业大学李紫良教授团队发展的离心压气机全三维气动构型技术，解决了高效率宽裕度离心压气机设计难题，改变了我国军用辅助动力装置压气机性能不足的困难局面，实现了自主可控。

五、应用情况

本项目有针对性地在全三维复合弯掠叶片、叶片/端壁三维一体化、三维空间曲面扩压器 3 个方面突破了三维气动构型关键技术，解决了极端需求下的压气机激波调控、二次流抑制和转静匹配难题，显著提升了我国航空离心压气机性能水平和自主创新能力，主导了我国航空离心压气机气动设计体系升级换代，技术成果在采用离心压气机增压的航空发动机、辅助动力装置、机载环控系统 等 3 大场景中发挥作用。具体应用情况如下：

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	中国航发湖南动力机械研究所	整体技术	重型武装直升机用四代、五代高功重比涡轴发动机；AES 系列民用涡轴发动机；大型军用辅助动力装置	2018 年 1 月—至今	杨汉杰 /17773327350
2	中国科学院工程热物理研究所	整体技术	TWP 系列涡喷发动机；TWZ300 涡轴发动机	2017 年 1 月—至今	董旭 /15611552035
3	中航工业成都飞机设计研究所	整体技术	XXXX 氢能飞机	2023 年 1 月—至今	年鹏 /19382139594
4	中国商飞北京民用飞机技术研究中心	整体技术	C929 宽体客机环控系统	2024 年 1 月—至今	李瑞蒲 /18532372160
5	中国航空	整体技术	全增材打印涡	2022 年 10 月	吴云柯

	发动机研究院		扇发动机；升推一体动力系统；T04 航空涡电发动机	—至今	/13381020147
6	中航工业金城南京机电液压工程研究中心	整体技术	大型军用辅助动力装置；C919 国产辅助动力装置	2023 年 1 月—至今	黄松 /18210985758
7	中国航发贵阳发动机设计研究所	整体技术	高速无人机用涡喷发动机	2024 年 1 月—至今	曲宗磊 /15610041307
8	中科航星科技有限公司	整体技术	高升限低油耗涡扇发动机；高效费比单轴涡扇发动机；超音速加力涡扇发动机	2019 年 1 月—2026 年 8 月	曹浩波 /18191860398
9	势加透博洁净动力如皋有限公司	整体技术	FCC 系列高性能无油离心压气机	2020 年 9 月—至今	周舒琴 /13016963812
10	河北金士顿科技有限责任公司	整体技术	TCC 系列离心压气机；TMC 系列离心压气机	2022 年 3 月—至今	张前 /18600003063

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家 (地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	离心叶轮叶片及构型方法与离心压气机	中国	ZL201911057995.4	2021 年 3 月 2 日	4277349	中国科学院工程热物理研究所	李紫良；卢新根；韩戈；阳诚武；赵胜丰
2	发明专利	离心压气机级串列扩压器	中国	ZL202111545119.3	2024 年 9 月 10 日	7363981	西北工业大学	钱文韬；徐慎忍；王丁喜；黄秀全
3	发明专利	基于双四次 Bezier 曲面的离心叶轮设计方法及系统	中国	ZL202010552980.1	2022 年 8 月 9 日	5369814	中国航发湖南动力机械研究所	谢建；毛发金；陈璇；吴悠；银越千
4	发明专利	控制离心叶轮流动的非轴对称轮毂结构、离心叶轮	中国	ZL201910854074.4	2021 年 7 月 30 日	4581610	中国科学院工程热物理研究所	李紫良；卢新根；张燕峰；韩戈；赵胜丰；阳诚武
5	发明专利	一种叶片与机匣和轮毂相融合的离心压气机扩压器结构	中国	ZL201810128459.8	2020 年 3 月 24 日	3725296	中国科学院工程热物理研究所	韩戈；龚建波；郭磊；胡春艳；穆勇；卢新根；徐纲
6	发明专利	一种扩压器叶高可调节的离心压气机及叶高调节方法	中国	ZL202410016555.9	2025 年 9 月 5 日	8228430	西北工业大学	李紫良；李立涛；王子胥；杨容宽；吴艳辉

7	发明专利	一种设置有燕尾前缘的管式扩压器设计方法	中国	ZL20241152409.8	2025 年 4 月 18 日	7883588	西北工业大学	刘君男；王丁喜；黄秀全
8	发明专利	一种可调节的离心压气机环缝引气结构	中国	ZL201611211124.X	2018 年 11 月 6 日	3135023	中国科学院工程热物理研究所	韩戈；阳诚武；李紫良；赵胜丰；卢新根；朱俊强
9	发明专利	管式扩压器的设计方法及管式扩压器	中国	ZL201910663689.9	2020 年 9 月 22 日	3995761	中国航发湖南动力机械研究所	谢建；贺象；金海良；陈璇；银越千；黄生勤
10	发明专利	一种验证压气机叶尖间隙对性能影响的试验方法	中国	ZL202510509679.5	2025 年 6 月 27 日	8034348	西北工业大学	赵伟光；李紫良；楚武利；张皓光；董杰忠

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
李紫良	1	全国重点实验室办公室主任	研究员	西北工业大学	西北工业大学	对技术创新 1、2、3 均有贡献。提出了全三维复合弯掠叶片、叶片/端壁三维一体化和三维空间曲面扩压器气动构型，牵头开展了关键技术创新与攻关，并在多型装备上进行了推广应用。
韩戈	2	支部副书记	正高级工程师	中国科学院工程热物理研究所	中国科学院工程热物理研究所	对技术创新 1、3 有贡献。提出了紧凑高效扩压器布局方案，开展了技术先进性攻关验证，支撑了多型航空动力装备研制。
赵伟光	3	副部长	研究员	中国航发湖南动力机械研究所	中国航发湖南动力机械研究所	对技术创新 2 有贡献。完成了叶片/端壁三维一体化气动构型技术攻关和试验验证，支撑了多型航空动力装备研制。
谢建	4	室主任	研究员	中国航发湖南动力机械研究所	中国航发湖南动力机械研究所	对技术创新 3 有贡献。发展了高负荷离心压气机三维扩压器设计技术，完成了三维扩压器调控二次流动的试验验证，支撑了多型 APU 和机载环控压气机研制。
卢新根	5	实验室主任	研究员	中国科学院工程热物理研究所	中国科学院工程热物理研究所	对技术创新 1 有贡献。发展了跨音速离心压气机复合弯掠叶片设计技术，完成了复合弯掠调控激波结构的试验验证，支撑了多型航空动力装备研制，并在高性能无人机上进行了推广应用。
朱俊强	6	局长	中国科学院院士	中国科学院工程热物理研究所	中国科学院工程热物理研究所	对技术创新 1、2 和 3 均有贡献。开拓了离心压气机全三维气动构型应用场景，组织

						开展了三维设计方法攻关与验证，研制了系列中小型航空发动机，并在高性能无人机上进行了推广应用。
徐慎忍	7	/	研究员	西北工业大学	西北工业大学	对技术创新 2 有贡献。发展了离心压气机串列叶片设计技术，完成了串列叶片调控二次流动的试验验证。
王丁喜	8	/	教授	西北工业大学	西北工业大学	对技术创新 3 有贡献。发展了高性能扩压器前缘和空间倾转设计技术，完成了紧凑布局优越性试验验证。
张皓光	9	/	副教授	西北工业大学	西北工业大学	对技术创新 1、2 和 3 均有贡献。发展了离心压气机高可靠低成本试验验证方法，完成了相关技术优越性的试验验证，支撑了多型航空离心压气机产品应用。
吴艳辉	10	/	教授	西北工业大学	西北工业大学	对技术创新 2 有贡献。发展了高负荷离心叶轮三维一体化构型技术，揭示了叶尖泄漏流等二次流动的重构和抑制机理，形成了相关设计准则。

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献 (限 600 字)
西北工业大学	1	西北工业大学作为第一完成单位，主导了本项目的基础理论研究、关键技术攻关和实验室测试验证研究，是本项目成果 1、2、3 的主要完成单位，全面负责项目的管理、实施与保障，提供了相关的人员、设备和物质支持，是项目的诞生地和归属地。西北工业大学在“两机”专项等项目支持下，发展完善了三维复合弯掠叶片、叶片/端壁三维一体化和三维空间曲面扩压器气动构型，形成了相关设计方法和设计工具，主导了我国航空离心压气机气动设计体系升级换代，取得了显著的技术价值和社会经济效益：服务了 3 大类 20 余型国家重点航空动力和机载环控型号/验证机的研制，满足了动力及环控装置亟需；主导全国重点实验室在陕落地建设，助力了本省产学研一体发展；为“国家队”行业院所培养航空压气机专业总师/副总师 17 人次，打造了行业高水平人才高地。
中国科学院工程热物理研究所	2	中国科学院工程热物理研究所是本项目成果 1、2、3 的合作完成单位和推广应用单位，发挥了核心支撑作用。自 2017 年起，中国科学院工程热物理研究所与西北工业大学形成了长期稳定的技术联盟和协同创新机制，在本项目实施过程中，针对三维复合弯掠叶片、叶片/端壁三维一体化和三维空间曲面扩压器等关键技术开展了联合攻关、试验和型号设计，实现了离心压气机气动性能显著提升和系列化涡喷、涡轴、涡扇发动机的装机应用，满足了航空装备亟需。
中国航发湖南动力机械研究所	3	中国航发湖南动力机械研究所是本项目成果 2、3 的合作完成单位，是本项目推广应用单位之一，发挥了核心支撑作用。自 2018 年起，中国航发湖南动力机械研究所与西北工业大学形成了长期稳定的技术联盟和协同创新机制，在本项目实施过程中，针对叶片/端壁三维一体化和三维空间曲面扩压器等关键技术开展了联合攻关、试验和型号设计，实现了离心压气机气动性能显著提升，完成了多型军/民用涡轴、涡桨、辅助动力装置的研发和装机应用，填补了相关技术空白。

九、完成人合作关系说明

西北工业大学、中国科学院工程热物理研究所、中国航发湖南动力机械研究所、势加透博洁净动力如皋有限公司等单位分工明确且优势互补,形成了覆盖“技术攻关—技术验证—生成加工—推广应用”全链条的联合技术团队,合作突破了航空离心压气机全三维气动构型技术,并在我国多型采用离心压气机增压的航空发动机、辅助动力装置、机载环控系统重点型号中取得良好应用,推动了我国航空离心压气机气动设计体系升级换代,为提升我国先进航空装备研发提供了关键理论和技术支撑。

西北工业大学李紫良、张皓光、吴艳辉与中国科学院工程热物理研究所韩戈、卢新根、朱俊强自 2017 年开始合作,共同承研了“航空发动机及燃气轮机”国家科技重大专项项目—“先进离心组合压气机流动机理及设计基础研究”,合作完成了本项目中全三维复合弯掠叶片气动构型技术、叶片/端壁三维一体化气动构型技术和三维空间曲面扩压器气动构型技术等关键技术的创新与攻关,并在多型航空动力装备上进行了推广应用。在此基础上,西北工业大学李紫良、张皓光、吴艳辉与中国科学院工程热物理研究所韩戈、卢新根、朱俊强合作授权发明专利多项并发表论著多篇,详见主要知识产权附件 1、4、6、8 等。

西北工业大学徐慎忍是本项目技术骨干和主要完成人之一,与项目第一完成人李紫良围绕航空压气机开展了深入研究并取得多项论文、专利等合作成果,详见附件 16、17;同时,得益于西北工业大学王丁喜在航空离心压气机三维气动构型方面的研究突破,并与西北工业大学徐慎忍合作取得多项专利成果,其同样被列为本项目技术骨干和主要完成人之一。

西北工业大学李紫良、张皓光与中国航发湖南动力机械研究所赵伟光、谢建自 2018 年开始合作,并在 2021 年共同承研了 L 军装备预研项目“超低比转速离心叶轮和流道一体化设计以及离心叶轮与扩压器匹配技术研究”,合作完成了叶片/端壁三维一体化和三维空间曲面扩压器等关键技术攻关、试验和型号设计,实现了离心压气机气动性能显著提升,支撑完成了相关型号研制和装机应用。在此基础上,李紫良、张皓光与赵伟光、谢建形成了授权了发明专利等联合知识产权,详见主要知识产权附件 10 等。