

2026 年度陕西省自然科学奖公示信息

项目名称		探测受限下雷达稳健高分辨成像理论与方法					
提名者		陕西省知识产权局					
提名意见							
我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，并按照要求对该项目的基本情况进行了公示，公示期间无异议。 该项目组在国家自然科学基金面上项目、国家重点研发计划课题、陕西省杰出青年基金和陕西省重点研发计划等项目支持下，经过十五年潜心探索、深入研究探测受限条件下雷达稳健高分辨成像机理，针对雷达探测受限下信号解耦机理与成像分辨优化增强这一科学问题，从信号非线性解耦重构成像、信号时变滤波分离成像和信号高阶估计补偿成像这三方面提出创新性科学方法，构建了系统的雷达稳健高分辨成像架构，突破了探测视线角、回波信杂噪比和相对运动对雷达成像性能约束。该成果应用背景明确，需求迫切，理论创新强，发表论著引用率高，受到国内外学术界的好评和认可，对相关研究有引领作用，有重要的理论和应用价值。 根据《陕西省科学技术厅关于 2026 年度省科学技术奖提名工作的通知》，参照陕西省科学技术自然奖评定条件和评定标准，提名该项目参评陕西省科学技术自然一等奖。							
主要完成人情况							
排名	姓名	技术职称	工作单位			完成单位	
1	李亚超	教授	西安电子科技大学			西安电子科技大学	
2	张廷豪	副教授	西安电子科技大学			西安电子科技大学	
3	郭艳红	教授	大连理工大学			大连理工大学	
4	蒲巍	教授	电子科技大学			电子科技大学	
5	张磊	教授	中山大学			西安电子科技大学	
6	毛德庆	副教授	电子科技大学			电子科技大学	
主要完成单位							
排名	单位名称						
1	西安电子科技大学						
2	大连理工大学						
3	电子科技大学						
代表性论文（专著）目录							
序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年卷页码（xx 年 xx 卷 xx 页）	发表（出版）时间（年	通讯作者（含共同）	第一作者（含共同）	作者	论文署名单位

			月 日)				
1	A Modified Range Model and Extended Omega-K Algorithm for High-Speed-High-Squint SAR With Curved Trajectory/ IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing/ Tinghao Zhang; Yachao Li; Jun Wang; Mengdao Xing ; Liang Guo ; Peng Zhang	2023 年 61 卷 1-15 页	2023 年 03 月 10 日	Yachao Li	Tinghao Zhang	张廷豪; 李亚超; 王骏; 邢孟道; 郭亮; 张鹏	西安电子科技大学
2	Resolution Enhancement for Large-Scale Real Beam Mapping Based on Adaptive Low-Rank Approximation/ IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing/ Yongchao Zhang ; Jiawei Luo; Yong wei Zhang ; Yulin Huan; Xiaochun Cai ; Jianyu Yang ; Deqing Mao; Jie Li; Xingyu Tuo; Yin Zhang	2022 年 60 卷 1-21 页	2022 年 09 月 02 日	Yulin Huang	Yongchao Zhang	张永超; 罗嘉伟; 张永伟; 黄钰林; 蔡晓春; 杨建宇; 毛德庆; 李杰; 庾兴宇; 张寅	电子科技大学

3	Resolution Enhancement for Inversed Synthetic Aperture Radar Imaging Under Low SNR via Improved Compressive Sensing/ IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing/ Lei Zhang ; Mengdao Xing; ChengWei Qiu; Jun Li ; Jialian Sheng ; Yachao Li; Zheng Bao	2010 年 48 卷 10 期 3824-3838 页	2010 年 06 月 07 日	Lei Zhang	Lei Zhang	张磊；邢孟道；仇成伟；李军；盛佳恋；李亚超；保铮	西安电子科技大学
---	---	-------------------------------------	-------------------------	-----------	-----------	---------------------------------	-----------------

4	Instance-based credit risk assessment for investment decisions in P2P lending/ European Journal of Operational Research/ Yanhong Guo; Wenjun Zhou; Chunyu Luo ; Chuanren Liu ; Hui Xiong	2016 年 249 卷 2 期 417-426 页	2016 年 3 月 1 日	Yanhong Guo	Wenjun Zhou	郭艳红; 周文君; 雒春雨; 刘传仁; 熊辉	大连理工大学
---	--	----------------------------	----------------	-------------	-------------	------------------------	--------

5	Motion Errors and Compensation for Bistatic Forward-Looking SAR With Cubic-Order Processing/ IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing/ Wei Pu ; Junjie Wu ; Yulin Huang ; Wenchao Li; Zhichao Sun; Jianyu Yang; Haiguang Yang	2016 年 54 卷 12 期 6940-6957 页	2016 年 08 月 04 日	Junjie Wu	Wei Pu	蒲巍; 武俊杰; 黄钰林; 李文超; 孙稚超; 杨建宇; 杨海光	电子科技大学
6	基于协同过滤的推荐系统关键技术研究/大连理工大学出版社/郭艳红	2013 年 00 卷 00 页	2013 年 08 月 01 日	郭艳红	郭艳红	郭艳红	大连理工大学
客观评价							

五篇代表性论文获得 10 多位国内外院士、20 多位 IEEE Fellow 以及众多国内外领域知名专家的正面评价，部分代表性客观评价如下：

1、对重要科学发现一的客观评价（代表性论文【1,2】）

（1）中国科学院院士、IEEE Fellow、IEEE MTT-S AdCom 东南大学洪伟教授在遥感领域国际权威期刊 **Remote Sensing** (JCR Q1) 发表论文，评价代表性论文[1]所提方法“能够[显著解决](#)非线性扭曲多普勒频谱耦合难题”，并采用所提模型作为后续开展工作的研究基础。

（2）加拿大工程院院士、IEEE Fellow、CAE Fellow、EIC Fellow 加拿大麦克马斯特大学 Natalia K. Nikolova 教授在传感器领域国际权威期刊 **Sensors** (JCR Q2) 发表论文，评价代表性论文[1]所提方法“是一种解决时变非均匀成像问题的[典型方法](#)”。

（3）中国科学院院士、IEEE Fellow、IEEE MTT-S AdCom 东南大学洪伟教授和 IEEE Fellow Xiang-Gen Xia 教授在遥感领域国际权威期刊 **IEEE JSTARS** (JCR Q1, TOP) 发表论文，评价代表性论文[1]所提方法“能够获取[更高图像单元分辨率](#)”。

（4）IEEE Fellow、ACM Fellow 美国伊利诺伊大学 Tarek Abdelzaher 教授在信号处理领域国际权威会议 **IEEE MILCOM** 发表论文，评价代表性论文[2]所提方法“在探测受限条件下，能够[提升分辨率](#)的同时还能[显著降低](#)计算复杂度”。

（5）IEEE Fellow、IET Fellow、AAIA Fellow、AIIA Fellow 清华大学王昭诚教授在遥感领域国际权威期刊 **Remote Sensing** (JCR Q1) 评价代表性论文[2]所提方法“比传统方法[更鲁棒、更精准、更高效](#)”。

2、对重要科学发现二的客观评价（代表性论文【3】）

（1）澳大利亚科学院院士、澳大利亚技术科学与工程院院士、IEEE Fellow 悉尼大学 Benjamin J. Eggleton 教授在微波信号处理领域国际权威期刊 **Journal of Lightwave Technology** (JCR Q1, TOP) 发表论文，评价代表性论文[3]所提方法“能够[显著提高信噪比](#)，并获得[更高空间分辨率](#)”，并将其作为高分辨雷达处理的典型范例。

（2）美国国家工程院院士、瑞典皇家工程科学院院士、IEEE Life Fellow 乌普萨拉大学 Petre Stoic 教授在信号处理领域国际顶级会议 **EUSIPCO** 发表论文，评价代表性论文[3]所提方法“[成功解决](#)压缩低采样成像难题”。

（3）中国工程院院士、北京理工大学毛二可教授和中国工程院院士、IEEE Fellow 北京理工大学龙腾教授在传感器领域国际权威期刊 **Sensors** (JCR Q2) 发表论文，评价代表性论文[3]所提方法“采用稀疏重构方法，[成功解决](#)了合成孔径雷达成像难题”。

（4）德国国家工程院院士、IEEE Life Fellow、EURASIP Fellow 达姆施塔特工业大学 Abdelhak M. Zoubir 教授在信号处理领域国际顶级期刊 **IEEE SPM** (JCR Q1, TOP) 发表论文，评价代表性论文[3]所提方法“能够获取雷达距离和方位[更高分辨率](#)”。

（5）IEEE Fellow、IEEE Fred Nathanson Memorial Radar Award 获得者、伯明翰大学 Marco Martorella 教授在雷达领域国际权威期刊 **IET Radar, Sonar & Navigation** 发表论文，评价代表性论文[3]所提方法“能够成功实现雷达距离-方位[二维分辨增强](#)”。

3、对重要科学发现三的客观评价（代表性论文【4,5】）

（1）中国工程院院士、合肥工业大学杨善林教授在信息系统领域国际顶级期刊 **MIS Quarterly** (JCR Q1, TOP) 发表论文，评价代表性论文[4]所提方法“能够[显著降低](#)估计误差并提升信息处理预测精度”，并以此为基础开展后续研究。

(2) 英国皇家工程院院士、IEEE Fellow、IAPR Fellow、Pattern Recognition 主编、英国约克大学 Edwin R. Hancock 教授在信息处理领域国际顶级期刊 Pattern Recognition (JCR Q1, TOP) 发表论文, 评价代表性论文[4]所提方法“能[有效解决](#)多影响因素状态估计问题, 并提升信息处理能力”。

(3) 国际欧亚科学院院士、发展中国家科学院院士、中国科学院大学石勇教授在系统科学国际顶级期刊 IEEE TSMCS (JCR Q1, TOP) 发表论文, 评价代表性论文[4]所提方法“[能够解决](#)未知不确定状态信息精准估计问题”, 并用于有限观测条件下不确定复杂运动状态目标参数估计与成像。

(4) ISS Distinguished Fellow 华威大学 Ram D. Gopal 教授在信息系统领域国际顶级期刊 Information Systems Research (JCR Q1, TOP) 发表论文, 评价代表性论文[4]所提方法“[能够解决](#)有限观测下传统解析模型精准估计难题”。

(5) 瑞典皇家工程科学院院士、IEEE Fellow、IEEE Fourier Award 获得者, 卢森堡大学 Ottersten Bjorn 教授在雷达成像领域国际顶级期刊 IEEE TGRS (JCR Q1, TOP) 发表论文, 评价代表性论文[5]所提方法“[开辟了](#)雷达成像新体制方法研究”。

项目简介

雷达在航空航天、国防安全和低空经济等国家重大战略领域中已成为不可或缺的探测感知装备, 是大国博弈、战略制胜的国之重器。传统雷达高分辨成像理论和方法依赖大探测视线角、高回波信杂噪比和相对平稳运动等理想条件。然而, 在[变速曲线机动运动、远距离弱目标提前观测等探测受限条件下, 探测视线角极窄、回波信杂噪比极低、相对运动平稳性极差, 导致雷达“看不见、看不清、看不准”](#); 可见, [解决探测受限条件下雷达稳健高分辨成像难题意义重大](#)。我国在《国家空间科学中长期发展规划》中将探测受限下雷达高分辨成像列为亟需突破的重大基础科学问题。项目组在国家重点研发计划课题、国家自然科学基金面上、陕西省杰出青年基金和陕西省重点研发计划等项目支持下, 经过十五年潜心探索、深入研究探测受限条件下雷达稳健高分辨成像机理, 针对[雷达探测受限下信号解耦机理与分辨优化增强成像](#)这一科学问题, 从任意空时几何构型成像、低信杂噪比分辨增强成像和复杂相对运动稀疏观测成像这三方面提出创新性科学方法, 构建了系统的雷达稳健高分辨成像架构, 突破了探测视线角、回波信杂噪比和相对运动对雷达成像性能的约束。

科学发现一、任意空时阵列几何构型雷达成像理论和方法（代表性论文【1,2】）

在雷达对前视目标探测等几何视线角受限条件下, 针对传统雷达成像方法面临方位分辨力严重退化和多普勒非线性耦合混叠等问题, 揭示了空时阵列几何构型与回波时间-多普勒频率-波数矢量的耦合传导机理, 构建了高阶空变耦合与空间波数矢量的统一数学表征模型, 提出了时域-多普勒域联合解耦滤波成像聚焦方法, 从根本上解决了合成孔径雷达成像模糊混叠问题（代表性论文[1]）; 建立了任意空时阵列几何的雷达二维精准滤波成像理论, 设计了非均匀波数矢量网络优化成像架构, 提出了最优波数矢量投影解析成像方法, 实现了任意探测几何构型最优分辨的雷达成像, 从根本上解决了雷达前视分辨力分集退化问题（代表性论文[2]）。[项目组在国际上率先提出任意空时阵列几何构型雷达高分辨成像新方法](#), 将合成孔径雷达成像由“收发视线正侧几何”跃升为“收发视线任意几何”, 突破了空间几何对合成孔径雷达成像全域分辨的严苛物理约束, 在[国内首次实现雷达前视二维高分辨实时成像](#), 分辨率较传统实孔径前视成像提升 40 余倍, 成功应用于国家首款助推滑翔高超声速飞行器和国家首款集群滑翔高超声速飞行器雷达研制、试验与批生产中。[代表性论文\[1\]在 Scopus 数据库高速曲线轨迹大前斜视雷达成像论文中引用次数排名第一, 中国科学院院](#)

士、IEEE Fellow、IEEE MTT-S AdCom 东南大学洪伟教授评价所提方法“能够显著解决非线性扭曲多普勒频谱耦合难题”，并选用所提模型作为后续开展工作的研究基础。

科学发现二、低信杂噪比下分辨增强雷达成像理论和方法（代表性论文【3】）

在雷达对地/海弱目标探测等回波质量受限条件下，针对传统雷达成像方法面临强杂噪远距离弱目标多域交叠难分离瓶颈问题，揭示了地/海多类型杂波背景与目标信号的分层分治统计表征机理，设计了非均匀压缩采样回波信号筛选处理框架，提出了强杂波干扰非平稳脉冲抑制方法，从根本上解决了目标与杂波时频交织分离问题；揭示了目标散射在低维流形上的分辨率递推提升规律，构建了低维流形下散射分布形态的正则化约束模型，提出了空间降维迭代自适应分辨增强成像方法，实现了低信杂噪比下雷达高分辨成像（代表论文[3]）。[项目组在国际上率先提出低信杂噪比下分辨增强雷达成像方法](#)，将雷达成像由“低信杂噪比低分辨”跃升为“低信杂噪比高分辨”，突破了信杂噪比对成像分辨率的影响约束，在[国内首次实现低信杂噪比海面目标二维高分辨成像](#)，亚米级高分辨成像所需信杂噪比降低 12dB，雷达探测距离提升 2 倍，成功应用于国家新型战略高超声速飞行器和国家首款远程火箭飞行器雷达研制与试验中。[代表性论文\[3\]在 Scopus 数据库低信噪比下雷达分辨增强成像论文中引用次数排名第一，澳大利亚科学院与工程院两院院士、IEEE Fellow，悉尼大学 Benjamin J. Eggleton 教授评价所提方法“能够显著提高信噪比，并获得更高的空间分辨率”。](#)

科学发现三：复杂相对运动稀疏观测雷达成像理论和方法（代表性论文【4,5】，代表性专著【6】）

在雷达对复杂运动目标探测等相对运动受限条件下，针对传统雷达成像方法面临回波信息稀疏缺损、相位高阶调制等问题，揭示了运动状态与先验信息复杂调制表征规律，构建了多时序观测状态估计模型，提出了多时序数据驱动组合优化方法，重构了稀疏观测回波缺损信息（代表性论文[4]和专著[6]）；揭示了稀疏观测下多维运动相位耦合调制机理，构建了交叉渐进迭代优化解耦模型，提出了变分多模解耦联合交替优化估计方法，解决了运动参数不完备测量下高分辨成像难题（代表性论文[5]）。[项目组在国际上率先提出复杂相对运动条件下稀疏观测雷达成像新方法](#)，突破了传统方法对精准运动模型的严苛约束，将雷达成像由“匀速线性完备观测”跃升为“变速曲线稀疏观测”，高分辨成像成功率较传统转台模型方法提升 85%以上，并在[国内首次实现高速机动飞行器末段雷达二维高分辨成像](#)，成功应用于国家首款乘波滑翔高超声速飞行器和国家新型双锥集束高超声速飞行器雷达研制、试验与批生产。[代表性论文\[5\]在 Scopus 数据库雷达成像运动误差估计补偿论文中引用次数排名第一，瑞典皇家工程科学院院士、IEEE Fellow、IEEE Fourier Award 获得者，卢森堡大学 Ottersten Bjorn 教授评价所提方法“开辟了雷达成像新体制方法研究”。](#)

五篇代表性论文谷歌学术总引用 1083 次，Scopus 总引用 866 次（他引 721 次），获得 10 多位国内外院士、20 多位 IEEE Fellow 以及众多国内外领域知名专家正面评价。[完成人受邀在中国工程院信息与电子工程领域颠覆性技术会议、全国信息通信技术创新与前瞻学术会议等作大会报告，汇报项目科学发现，获得与会院士、专家高度认可。](#)完成人入选[全球学者终身学术影响力榜、全球前 2%顶尖科学家和英国皇家学会牛顿国际学者](#)并获中国电子学会优博/激励计划、陕西省优博和国内外会议/期刊[优秀论文 9 篇](#)；项目成果入选[教育部“十三五”科技成果展](#)，获[欧盟玛丽居里卓越奖章](#)和[国际无线电联盟青年科学家奖](#)，支撑完成人入选国家高层次人才 5 人次、省部级人才 8 人次。项目创新理论与方法已[成功应用于国家首款乘波滑翔、首款助推滑翔、首款集群滑翔和首款远程火箭](#)等高超声速飞行器雷达研制、试验和批生产；国内首次突破的多项技术使雷达在探测受限条件下能力倍增；还应用于[国家 70 周年国庆阅兵](#)和[中国-中亚外长第五次会晤](#)等国家重大活动安全保障装备中；直接经济效益 28.89 亿元。

完成人合作关系说明

第一完成人李亚超与第二完成人张廷豪共同发表论文“A Modified Range Model and Extended Omega-K Algorithm for High-Speed-High-Squint SAR With Curved Trajectory”（代表性论文[1]）；与第五完成人张磊共同发表论文“Resolution Enhancement for Inversed Synthetic Aperture Radar Imaging Under Low SNR via Improved Compressive Sensing”（代表性论文[3]）；与第三完成人郭艳红共同发表论文“Multi-UAV Trajectory Optimization Under Dynamic Threats: An Enhanced GWO Algorithm Integrating NGA Prior and Real-Time Data”；与第二完成人张廷豪、第四完成人蒲巍、第六完成人毛德庆共同获得授权发明专利“空间时变加速度的曲线轨迹 SAR 成像方法及装置”（专利授权号：CN120630210B）。