

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

高相位中心稳定电磁调控技术

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省科学技术厅

提名意见：

高相位中心稳定电磁调控技术能够实现天线在宽带内任意波束的高相位中心稳定度特性，项目技术复杂、研究难度大，创新性解决了宽波束范围内的高相位中心稳定度实现技术、多模多频工作时的高相位中心稳定度实现技术、整星条件下的多波束高相位中心稳定度实现技术等三大难题，总体技术达到国内领先、国际先进水平，其中多波束高相位中心稳定度技术达到国际领先水平。

应用高相位中心稳定电磁调控技术的掩星天线在风云三号气象卫星中有应用，在自然灾害监测和防灾减灾中作用显著，不仅可以对台风、暴雨、洪涝等气象灾害进行有效监测，而且能为农林灾害、海洋灾害、地质灾害监测和评估提供高精度定量探测资料，具有重大的社会效益。应用高相位中心稳定电磁调控技术的 GNSS-R 星载多波束测高天线在天绘六号卫星中成功应用，目前已经获取了丰富的地球中尺度海洋探测数据，它将进一步增强我国防灾减灾和海洋探测能力，试验星的成功飞行经历将能够推动组网星的布局进展，促进了北斗导航系统在海洋探测领域的应用，形成该领域我国的核心科技竞争力。符合陕西省科学技术进步奖二等奖提名条件。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

应用高相位中心稳定电磁调控技术的星载 GNSS-R 测高系统采用多波束相控阵天线和干涉互相关处理方式，接收北斗卫星和 GPS 卫星发射的 L 波段导航直射信号与海面反射信号，进行海面高度探测。该项目落实习总书记“创新性的利用北斗信号进行海洋探测”的重大战略，为国际首次利用干涉测高原理进行海洋探测。应总体型号要求，中国电子科技集团公司第二十研究所承担了 GNSS-R 星载多波束测高天线的研制工作。

2016 年~2018 年，研制了星载双波束天线试验件，突破了双极化相控双波束技术。2019 年~2022 年，先后研制了 GNSS-R 星载多波束测高天线电性件、鉴定件及正样件，实现了双阵面 16 波束高相位中心稳定性能。天绘六号卫星于 2023 年 3 月发射成功，GNSS-R 测高仪天线组目前已在轨无故障运行超过 1 年半。系统测高精度达到 15cm，全面超过设计预期，达到国际先进水平。同时，该技术已取得授权专利 8 项。

GNSS-R 星载多波束测高天线在天绘六号卫星中成功应用，目前已经获取了丰富的地球中尺度海洋探测数据，被广泛应用于在国内外天气、气候、环境和灾害监测中，它还将进一步增强我国防灾减灾和海洋探测能力，试验星的成功飞行经历将能够推动组网星的布局进展。后续将继续改进、提高性能将形成测高仪系列化产品，实现组网工作。已产生经济效益 4990 万元，预计每年可产生经济效益大于 5500 万元。

四、客观评价

应用高相位中心稳定电磁调控技术天绘六号卫星 GNSS-R 测高仪天线于 2023 年 3 月随整星发射升空，同时兼容北斗、GPS 和 Galileo 三大导航系统，至目前为止，在国际上与天绘六号测高仪接收机同样兼容多系统海洋探测功能的卫星计划为 GEROS-ISS，目前国际报道的星载海洋测高系统均只兼容 GPS。鉴于此，天绘六号卫星 GNSS-R 测高仪系统及其天线，应处于国际先进水平，部分指标处于国际领先水平。

国内目前也有单位在进行类似天线的研制，见公开报道的有上海航天电子技术研究所研发的星载相控阵测高天线，该产品并没有在轨运行验证，目前只完成了地面试验验证。因此，本项目星载多波束测高天线目前在在国内处于领先地位。

五、应用情况

GNSS-R 星载相控多波束测高天线目前应用在了天绘六号卫星，天绘六号卫星于 2023 年 3 月一箭双星发射成功，天线无故障在轨运行超过 2 年半，天线在轨性能指标保持优良，接收信噪比稳定。目前，试验星的中尺度海洋现象的观测测试精度达到 15cm，全面超过设计预期，满足了业务化海洋探测精度要求。试验星的成功飞行经历将能够推动组网星的布局进展。

应用于全球导航卫星掩星探测器的高相位中心稳定天线技术目前在风云三号系列卫星以及 QX-1 商业卫星中均有产品使用。其中风云三号系列卫星目前已有三个型号发射成功，掩星探测器天线在轨性能指标保持优良，接收信噪比稳定，部分型号天线无故障在轨运行超过 5 年，实现超期服役；两颗星型号的掩星探测器天线正样产品完成单机性能测试及试验验证，产品随整星进行各项测试试验，功能性能良好满足指标要求，具备发射状态。QX-1 商业卫星于 2021 年 10 月发射成功，卫星上的小型化商业 GNSS 掩星探测器天线自 10 月 15 日在轨开机以来，已经稳定运行一年，该星是国际首次成功发射的兼容北斗、GPS 和 Galileo 三大导航系统的高精度、小型化商业全球导航卫星掩星探测器。掩星探测器在商业卫星上的成功应用也拉开了百星量级维纳星座 GNSS 遥感应用的帷幕，在更广泛的民用、商用领域得到应用。

应用掩星探测器天线的风云三号气象卫星目前已经获取了丰富的地球大气探测数据，被广泛应用于在国内外天气、气候、环境和灾害监测中，它还将进一步增强我国防灾减灾和应对气候变化能力。后续风云三号还有多颗型号的研

制任务，风云五号掩星探测仪天线的论证工作也陆续开展，多颗型号的掩星探测仪天线将来可实现组网工作，极大提升系统总体功能。

表 6-1 高相位中心稳定电磁调控技术应用情况汇总

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	中国科学院国家空间科学中心	一种双面双极化天线架构技术、一种轻量化蜂窝式结构技术、基于多层 LTCC 的高集成度波束合成网络技术、多波束高相位中心稳定技术	30221801 卫星 GNSS-R 相控阵多波束测高天线 4990 万元	2023 年 3 月 10 日至今	杜起飞 13810012807
2	西安乾景防务技术有限公司	一种双面双极化天线架构技术、一种轻量化蜂窝式结构技术、基于多层 LTCC 的高集成度波束合成网络技术、多波束高相位中心稳定技术	GNSS-R 星载相控多波束测高天线 交付 4 套	2023 年 3 月至今	邹嵘 18081956685
3	中国科学院国家空间科学中心	基于加载磁电偶极子的单馈交叉振子天线技术、多波束高相位中心稳定技术	风云三号系列卫星 3000 万	2015 年 7 月至 2021 年 7 月	杜起飞 13810012807
4	极诺星空（北京）科技有限公司	基于加载磁电偶极子的单馈交叉振子天线技术、多波束高相位中心稳定技术	QX-1 商业卫星 3000 万	2020 年 3 月至 2021 年 10 月	刘成 18710272009

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	一种双阵面多波束相控阵波束交叉校准方法、结构及装置	中国	ZL202410039480.6	2024 年 12 月 31 日	第 7640671 号	中国电子科技集团公司第二十研究所	倪涛、姚近、王建辉、吕苗、魏明、巨景超、陈官韬、王卫东
2	发明专利	一种基于共模差模的宽频带紧凑型圆极化天线	中国	ZL202210033972.5	2022 年 10 月 28 日	第 5540457 号	西安电子科技大学	胡伟、陈雷、周博裕、姜文、高雨辰
3	发明专利	一种自解耦的圆极化滤波天线阵列	中国	ZL202211039504.5	2023 年 07 月 25 日	第 6177251 号	西安电子科技大学	魏昆、程泓钧、姜文、胡伟、洪涛、高雨辰
4	发明专利	超宽带 90° 移相网络	中国	ZL201611174290.7	2019 年 01 月 29 日	第 3234165 号	中国电子科技集团公司第二十研究所	姚近、刘卫强、王耀召、王拓、李宝洋
5	发明专利	一种宽带宽波束圆极化介质谐振器天线	中国	ZL202411065976.7	2025 年 10 月 24 日	第 8392295 号	西安电子科技大学	张立、伊良镛、翁子彬、李政益、李森豪、何林红、曹广岩
6	发明专利	一种低剖面具有宽带外抑制的滤波天线	中国	ZL202110658730.0	2022 年 07 月 26 日	第 5335262 号	西安电子科技大学	张立、孙季秋、翁子彬、鲁昊、曹志勋
7	发明专利	一种宽带法布里-珀罗谐振腔天线	中国	ZL202210843943.5	2022 年 07 月 18 日	第 5851677 号	西安电子科技大学	张立、房诗、问馨允
8	发明专利	一种多通道 SMP 盲插装置及方法	中国	ZL202410409507.6	2025 年 10 月 21 日	第 8379375 号	中国电子科技集团公司第二十研究所	韩博、马艳飞、方天宇、刘鹏、郭睿、王敏、张海岗、李宝洋
9	实用新型	一种用于相控阵外校准的波导天线	中国	ZL202320722463.3	2023 年 11 月 17 日	第 20019350 号	中国电子科技集团公司第二十研究所	张欢、吕苗、刘鹏、倪涛、巨景超、白昀初、姚近
10	论文	小型化微带双频阵列天线	中国		2018 年 12 月		中国电子科技集团公司第二十研究所	王伊、杨伯朝

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
倪涛	1	副主任	研究员级高工	中国电子科技集团公司第二十研究所	中国电子科技集团公司第二十研究所	作为项目负责人,负责项目立项及研制工作。
姚近	2	无	研究员级高工	中国电子科技集团公司第二十研究所	中国电子科技集团公司第二十研究所	负责 GNSS-R 测高仪天线总体方案论证把控,攻克宽带圆极化天线高相位中心稳定性实现多项关键技术。
胡伟	3	无	教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	主要负责项目的立项、方案论证工作。
魏明	4	无	高级工程师	中国电子科技集团公司第二十研究所	中国电子科技集团公司第二十研究所	负责对 GNSS-R 测高仪天线电气方案的论证和改进,针对性的对宽波束范围内的圆极化相位中心稳定性相关关键技术完成突破。
张立	5	无	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	负责对 GNSS-R 测高仪天线射频方案的总体设计和论证,针对性的对射频放大组件小型化、高集成、盲插相关关键技术完成突破。
高雨辰	6	无	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	负责 GNSS-R 测高仪天线阵面设计、方案对比论证及优化,创新性地提出了采用六边形单元网格三角排布方式,以保证在性能达标的同时降低阵元数量,且降低天线成本和重量。
韩博	7	无	高级工程师	中国电子科技集团公司第二十研究所	中国电子科技集团公司第二十研究所	全面负责 GNSS-R 测高仪天线的结构方案论证和优化设计。
王伊	8	无	高级工程师	中国电子科技集团公司第二十研究所	中国电子科技集团公司第二十研究所	负责 GNSS-R 测高仪天线阵面设计、方案对比论证及优化,创新性地提出了采用天线象限旋转方式提升圆极化

						天线阵面整体轴比特性。
张欢	9	无	高级工程师	中国电子科技集团公司第二十研究所	中国电子科技集团公司第二十研究所	负责对 GNSS-R 测高仪天线总体方案的论证和改进, 针对性的对圆极化天线轴比、阻抗及相位方向图带宽展宽相关关键技术完成突破。
陈官韬	10	无	高级工程师	中国电子科技集团公司第二十研究所	中国电子科技集团公司第二十研究所	负责阵面连接设计, 提出天线垂直互联结构固定模式, 大大提升天线单元本身结构可靠性。

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
中国电子科技集团公司第二十研究所	1	中国电子科技集团公司第二十研究所作为该项目的承研负责单位，根据项目承担的战术使命任务，以提升我国在干涉测高技术自主可控任务为牵引，充分利用现有科研建设成果，优化该项目相关的技术体制、建立标准设计规范和宇航产品研制体系，深入研究干涉测高天线各项核心指标的实现机理，有效促进我国自主海面测高数据探测能力的提升，突破了多项国际、国内领先的关键技术，在整星圆极化多波束高相位中心稳定度、超薄一体化双面双极化阵列天线设计等方面具有重大创新。 天绘六号卫星 GNSS-R 测高仪自 2023 年 3 月随整星发射成功后目前已在轨运行超过两年半，积累了大量的中尺度海洋现象探测数据，目前系统的海面高度测试实测精度达到了 15cm，全面优于系统总体设计预期，各项指标均达到国际先进水平。
西安电子科技大学	2	西安电子科技大学作为该项目的协作研制单位，根据项目任务需求，负责对高相位中心稳定电磁调控技术关键技术突破，把关应用该技术的 GNSS-R 测高仪天线组总体方案的论证和完善，针对性的对宽带窄波束天线高相位中心稳定度特性及相位中心精确求解等相关关键技术完成突破。在宽带宽波束圆极化天线高相位中心稳定度的特定技术上进行了深入的机理原理分析，提出了基于共模差模理论的分析方法，对圆极化天线高相位中心稳定度的实现奠定理论基础。研究人员充分利用现有科学研究成果，优化该项目相关的技术体制、在特定的工程实现约束条件下将理论分析与项目研制有效结合，深入研究测高仪天线各项核心指标的实现机理，积极促进了项目工程研制进度。突破了多项国际、国内领先的关键技术，在宽带圆极化天线的高相位中心稳定技术、圆极化天线模式调控分析技术等方面具有重大创新。 配合攻关研制的风云三号系列天线、天绘六号测高仪天线多个型号成功在轨运行，有力支撑了我国气象卫星领域掩星探测的自主国产研制。

九、完成人合作关系说明

本项目主要 10 位完成人来自中国电子科技集团公司第二十研究所与西安电子科技大学，均为任务来源课题的项目组成员。第三完成人胡伟、第四完成人张立和第五完成人高雨辰为本项目团队核心成员，参与该项目的论证、实施与结题

验收。第二完成人姚近，第四完成人魏明，第七完成人韩博、第八完成人王伊、第九完成人张欢及第十完成人陈官韬均来自中国电子科技集团公司第二十研究所，是任务来源课题的核心成员。10 名完成人均有专利授权或论文发表。