

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

复杂密集环境电磁频谱精准监测技术与应用

二、提名者及提名意见

提名者 1：张平、中国工程院院士、北京邮电大学、教授、通信与信息系统

提名者 2：崔铁军、中国科学院院士、东南大学、教授、电磁场与微波技术

提名意见：

电磁频谱是当今世界各强国抢占和控制的制高点，在国家重点研发计划等项目支持下，该项目历经近十年攻关，围绕电波实景匹配建模、用频状态感知、目标精准测向定位三大内容开展研究，原创性地形成了复杂密集环境电磁频谱精准监测核心技术创新及系列应用成果。该项目技术复杂度高、研制难度大、创新性强，目标精准测向定位技术达到国际领先水平，引领电磁空间安全监测体制从“电磁单域驱动”到“电磁-物理双域驱动”的技术变革。

授权国家发明专利 62 项、软著 19 项、论文 106 篇，获 2020 年“科学探索奖”，2022 年装发首届“电磁砺剑·频谱赋能”挑战赛总决赛中，获全国高校参赛团队排名第一，入选 2025 年度“中国电磁频谱领域十大科技进展”。技术成果应用于中兴通讯股份有限公司多系统频谱共享共存性能分析系统、中国电科第三十六研究所某型车载式/可搬移式电磁监测系统、成都中星世通电子科技有限公司国家海洋强国战略重点工程和边境专用型电磁监测设备等，有效推动了电磁频谱行业技术水平进步，累积产生经济效应超 100 亿元。所研制成果应用于 2021 年西安市举办的第十四届全国运动会保障任务、2023 年西安市举办的首届“中国-中亚峰会”、2024 年世界互联网大会-乌镇峰会、2026 年陕西省高考无线电保障任务等，保障了国家重要区域、重大活动的电磁用频安全，产生了良好的社会效益。

在此申请提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

百年未有之大变局下，国家安全是民族复兴的根基与安邦定国的基石。近年来大国博弈日趋加剧，电磁频谱已成为世界各强国抢占和控制的制高点，世界大国均将电磁空间安全上升至前所未有的战略高度，电磁空间安全是事关国家安全和战略发展全局的生命线。我国现有电磁空间安全监测体系主要依托国家、省市级常态化监测网络及应急机动装备，主要面向全国、省域等广域覆盖，而城市建筑群、山地丘陵等复杂密集环境内，电磁波传播受遮挡、多径等因素影响表现出强烈的畸变效应，导致现有设备在复杂密集环境下的感知、测向、定位性能普遍严重退化。

针对此困境，在国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目等支持下，

历经多年攻关，原创性地开展了复杂密集环境电磁频谱精准监测技术与系列设备研制，基于海量实测数据构建了国内首个适应城市建筑群、滨海沿海、绿地丛林、山地等典型环境下的高精度电磁环境数字孪生模型，将传统以宏观统计电磁参数驱动的静态计算模式，升级为耦合复杂地形地物实景电磁参数、融合随机多径传播机制的电磁空间安全监测新模式，实现了复杂密集环境电磁频谱监测从“电磁单域驱动”到“电磁-物理双域驱动”的技术变革，对我国电磁空间安全监测技术发展具有里程碑重要意义。具体创新点如下：

1.复杂密集环境电波传播实景匹配建模。针对复杂城市场景中电波传播计算与环境介质参数难以实景匹配的核心瓶颈，引入环境参数动态耦合机制，突破传统模型“重几何、轻介质”的固有缺陷，构建了“几何-介质”匹配实景高精度电磁特性模型，提出“路-波”协同介质参数测量技术，建立国内首套覆盖大规模电磁介质参数数据库；将图像语义分割与可微路损推演相融合，提出实景混叠介质识别与传播特性构建技术，通过 U-Net 逐像素分割实现介质自动识别与参数库匹配赋参，以实测数据为锚点将路损推演构建为可微分映射，通过梯度迭代校准各面元介质参数。经实测验证，电波传播计算误差较主流商业模型降低 3.5dB 以上，为电磁频谱精准监测提供了高保真环境数据基础。

2.电磁定量计算用频状态感知。针对复杂密集环境导致感知设备空间覆盖不足、重要用频状态检测准确性差的难题，提出基于电波传播损耗定量计算的稀疏监测站点优化部署框架，创建高密度、非规则地物要素的智能识别与数学表征方法，运用网格化分割与迭代收缩策略重构感知覆盖非凸优化模型，引入正交布尔矢量与贪婪选取机制实现高效求解，破解密集地物下的感知覆盖难题，性能逼近理论最优的穷举搜索，较美国陆军研究实验室全局最优算法感知覆盖性提升 30%以上，支持 COST231-Hata、ECC-33 及本地化实测等 150MHz~40GHz 频段电波传播模型。进而提出电磁态势推演计算与设备实测数据双驱动的用频受扰状态检测技术，基于 PatchCore 最近邻度量框架融合时频表征与关系适配，联合用频特性突变与电磁传播效应异常双维度判别，实现受扰告警低虚警率与高检测率，有效提升欺骗型干扰信号、弱干扰信号检测能力。

3.射线追踪反演非视距测向定位。针对复杂密集环境下非视距、多径传播导致信号波形严重畸变、测向定位精度骤降难题，突破传统体制仅依赖接收端数据处理固有范式，将电磁环境与电波传播先验信息引入非合作式测向定位。提出数模联动解析定位方法，利用电波传播模型反演信号传播路径，通过修正多维畸变参数重构几何构型、泛化增强构建频谱匹配数据库，实现精准匹配定位，在非视距条件下定位误差仅为 11.68m，较国际主流商用定位设备美国是德科技 N6841A，精度提升 67%；提出面向远距离电磁目标的分布式空间谱重构测向方法，借助多节点协同与传播先验信息突破单天线阵列测向的空间局限，外场目标测向精度 $<2^{\circ}@3\text{km}$ ，逼近克拉美罗理论下界；实现复杂密集环境电磁目标的精准定位或测向。

成果获授权国家发明专利 62 项和软件著作权 19 项，发表高水平学术论文

106 篇，ITU-R 提案 1 项。发表《China Communications》封面论文 2 篇，并获 2021-2023 年度期刊“最佳论文奖”（入选率仅为 0.4%），获 CSPS 2018、WCSP 2022、IEEE/CIC ICC 2025、全国电子战大会等国内外学术会议“最佳论文奖”9 项，入选 IEEE ComSoc 精选期刊 1 篇、IEEE TNSE 期刊焦点论文 2 篇，并获首届 UCOM 2023“青年科学家奖”。获 2020 年“科学探索奖”、2020 年中国国际“互联网+”创新创业大赛陕西省赛金奖、2022 年装发首届“电磁砺剑·频谱赋能”挑战赛总决赛全国高校第一名，入选“2024 年度中国信息通信领域十大科技进展”与“2025 年度中国电磁频谱领域十大科技进展”奖励。

本项目研制出 4 类 60 余型军民领域型号设备及专用软件，覆盖了频谱监测、卫星导航干扰监测、低空无人机侦察等主流应用领域，国内频谱领域市场占有率超 52%。研制了固定式、抛撒式、机载式、便携式、搬移式、机动式等全品类频谱监测设备体系，还研制了水上专用、航空专用、边境专用、北斗导航专用等多类专用型监测设备，具备 20MHz-40GHz 宽频段无线电信号监测和测向能力，适用于城市、高山、边境、沿海区域的各类复杂密集监测场景。HR81 宽带数字接收机核心指标超过全球公认最优的德国 R&S 公司 ESMD 设备；XDRF-6G 为国内首套抛撒式电磁频谱监测系统，较全球唯一灵活部署的美国“狼群”系统，设备重量降低 5/6、功耗降低 1/2 的前提下，定位精度提升 6 倍，入选装发“慧眼行动”项目并获“优秀转化成果奖”。

项目成果依托陕西省无线电监测站等省市无线电监管部门、中兴通讯股份有限公司等移动通信系统研究机构、陕西省公安厅等执法部门、边海防一线部队，已应用于机场、卫星发射中心、重要电力设施、军事要地要域等国家基础设施，还应用于 2021 年第十四届全国运动会（西安市举办）、2023 年首届“中国-中亚峰会”（西安市举办）、2024 年世界互联网大会-乌镇峰会、2025-2026 年陕西省高考无线电保障等国家重大活动，还应用于北斗导航系统防护、国家海洋强国、边海防等国家重大工程，有效推动了电磁频谱行业监测技术水平进步，累积产生经济效应超 100 亿元。保障了国家重要区域、重大活动电磁用频安全，具有良好的经济和社会效益，推广应用前景广阔。

四、客观评价

1、主要依托单位项目验收意见或评价意见

表 4-1 项目验收意见

序号	项目名称	项目来源	验收意见或评价
1	重要区域电磁安全威胁智能识别与精准防控技术与装备	“十四五”国家重点研发计划	突破了确定性与统计性融合的 混合型电波传播计算方法、介质模型反演与稀疏数据双驱动 的 电磁目标定位 等多项关键技术。
2	抛撒××微型频谱传感技术	军委装发部“十三五”预研目	验收“ 优秀 ”，专家组评价：“微型化实现技术、目标定位技术等 国内领先 ”。
3	电磁广域传感技术	军委装发部“慧眼行动”项目	转化应用于我国 某电子战装备主力研制单位 里程碑节点验收为“ 优秀转化成果 ”。

2、权威部门测试意见

2023 年 10 月，项目组委托公安部安全与警用电子产品质量检测中心对“无人机监测设备”进行第三方测试。2025 年 9 月，委托国家无线电监测中心检测中心对“重大活动安保区域的复杂电特性精确测量与建模方法”进行第三方测试。测试结果表明：全部指标项实测结果满足指标要求，电磁环境参数相对误差、电波传播计算误差、电磁计算节点定位精度等核心指标项优于指标要求。

表 4-2 主要测试指标

序号	指标类型		合同指标	实测指标	完成情况
1	电磁环境参数 数据集条数		≥5000 条	29966 条	优于合同指标
2	电磁环境参数相对误差		≤15%	11.06%	优于合同指标
3	电波传播计算误差		≤7dBm	6.10dBm	优于合同指标
4	部署后重要区域 定位精度		达到 10m 量 级	10m 量级	达到合同指标
5	电磁计算节点定位精度		≤15m	7.66m	优于合同指标
6	智能移动终端感知节点 方位测向均方根误差		≤3°	0.9°	优于合同指标
7	无人机监测设备对无人 机探测方位角精度误差 (均方根)		≤1.0°	0.5°	优于合同指标

3、国内外同行评价

(1) 国家重点研发计划项目首席科学家、重庆英才创新领军人才李国军教授评价：“‘路’-‘波’结合的“稀疏测量”方法，智能优化算法辅助的‘渐进重构’建模方法，突破了传统方法全数据普查、经验公式套用等方面的束缚，实现了复杂介质环境的电磁参数快速、准确建模、建库，解决了电波传播模型与环境介电参数难以匹配的难题。”

(2) IEEE Fellow、中国工程院张平院士及中国工程院费爱国院士在发表于《通信学报》的论文中评价：“文献[11]提出了一种空地融合定位网络架构，联合优化无人机位置和功率以发挥无人机辅助定位的优势。”

(3) IEEE Fellow、AAAS Fellow、美国发明家科学院院士、美国普渡大学 David J. Love 教授在发表于 IEEE Trans. Veh. Technol.期刊的论文中提及申请人论文 12 次，直接复制所提方法并全文分析对比，引用篇幅超 49 行。评价：“提出半正定松弛与启发式节点选择算法，对时差定位节点选择问题提供了有效见解。”（Both semidefinite relaxation and heuristic methods for sensor selection in TDOA-based wireless positioning were proposed in [22]… these prior works provide useful insights.）

4、国内外重要科技奖励或荣誉

(1) 项目组研发的“电波传播赋能的一体化电磁安全管控技术”入选 2025 年度电磁频谱领域十大科技进展。

(2) 项目组依托所研制的“电磁眼—灵巧式协同频谱监测系统”，参加教

育部、中央统战部、中国科学院、中国工程院等 14 个国家部委联合主办的中国国际“互联网+”创新创业大赛，获全国总决赛银奖、陕西省赛金奖，并获陕西省科技工作者创新创业大赛一等奖。

(3) 2021 年，军委装备发展部牵头组织首届“电磁砺剑·频谱赋能”电磁频谱技术创新挑战赛，项目组参赛队与中国航天、中船重工、中国电科等国家主力科研单位的 50 余支参赛队伍展开激烈角逐，获全国总决赛亚军，在全国高校参赛团队中排名第一，项目成果还入选 2022 年军委装发“慧眼行动”创新成果，验收委员会认定本项目综合得分为同组唯一“优秀”。

(4) 2021 年，采用项目成果中的多模态智能识别技术，进行基于域变换指纹特征提取与辐射源个体识别，获得由电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室主办的第七届“CEMEE 杯”电磁环境数学建模竞赛二等奖。

5、用户应用与评价

(1) 成都华日通讯技术股份有限公司评价：“该项目所涉及的关键技术整体应用于北斗卫星导航干扰监测设备及系统中，解决了密集地物环境电波传播高复杂性带来的电磁空间监测行业公认难题，使系统整体性能指标得到大幅提升。”

(2) 湖南省无线电监测站评价：“贵单位承建的‘应急保障一类移动监测站’及配套的‘无线电综合监测软件 V7.0’系统，性能卓越、实用功能和稳定表现，为保障‘纪念中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 80 周年大会’任务的圆满完成提供了坚实的技术支撑。”

(3) 四川省经济和信息化厅评价：“贵单位为全程参与并认真完成比赛场馆无线电监测、无线电发射设备检测核验、应急频率保障等重要工作任务，展现出专业的技术实力和优良的工作作风，为成都大运会成功举办做出了积极贡献。”

(4) 陕西省公安厅评价：“系统功能和性能指标满足重大活动安保要求，可有效支撑现场快速决策与精准处置；信号检测捕获概率 $\geq 95\%$ @5dB，电磁压制覆盖均方误差优于 2.45dB，能够满足在延安召开的中央军委政治工作会议重大活动保障要求。”

(5) 成都市郫都区经济和信息化局评价：“形成‘移动监测+定点防控+现场值守’的立体化保障体系，实现对会场及周边环境的全时全域电磁频谱监测，建立了‘监测+识别+预警+处置’闭环机制，高效排查处置各类非授权用频行为，为 2024 年成都世界园艺博览会的圆满举办提供了技术支撑。”

(6) 嘉兴市国家安全局评价：“协助我局对世界互联网大会会址及周边区域开展可疑电磁信号技术检测，廓清了世界互联网大会会址周边电磁信号特征，丰富了相关电磁信号频谱样本，排除了相关风险隐患，为圆满完成第十一届世界互联网大会安全保卫任务，发挥了重要技术支撑作用。”

五、应用情况

在国家重点研发计划、慧眼行动等项目的支持下，本项目围绕复杂密集环境

电波传播实景匹配建模、电磁定量计算用频状态感知、射线追踪反演非视距测向定位三大内容开展研究，形成复杂密集环境电磁频谱精准监测系列创新成果，已广泛应用于：中兴通讯股份有限公司、陕西省无线电监测站、国网陕西省电力有限公司电力科学研究院、陕西省公安厅、成都华日通讯技术股份有限公司、中国电子科技集团有限公司第三十六研究所、成都中星世通电子科技有限公司等多家单位及其研制的系列产品中，取得了显著的经济效益和社会效益，为国家基础设施、国家重大活动等提供了可靠的用频保障。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	国家无线电监测中心陕西监测站	技术点 1、 技术点 2、 技术点 3	该技术成果应用于第十四届全国运动会保障任务，完成 4 个核心场馆、4 项单项赛事共 17 天的频谱监测与管控。在中国-中亚峰会保障任务中，排查解决演艺对讲设备与广电频段的潜在用频冲突问题。为 2023 年我国首场主场外交活动的顺利举办筑牢了坚实的电磁安全屏障。	2020 年 11 月- 2026 年 6 月	赵延安 /15399067390
2	成都中星世通电子科技有限公司	技术点 1	我司承研的国家“海洋强国”重点工程—“蓝海浮台任务系统”应用了“复杂密集环境电波传播实景匹配建模技术”，为公司带来销售额超 9000 万元，该技术还应用于我公司水上无线电监测应用系统、海上无线电监测设备等产品项目，新增销售额 3000 余万元。	2018 年 6 月至今	吴帅 /1360803175
3	成都中星世通电子科技有限公司	技术点 1、 技术点 3	我司研制的边海防工程产品与系统，依托“复杂密集环境电波传播实景匹配建模技术和电波传播赋能精准测向定位技术”，为公司带来销售额超 25000 万元。此外，本技术还应用于我公司区域电磁安防、通信侦测与对抗等产品项目，新增销售额 1000 余万元。	2017 年 6 月至今	吴帅 /1360803175
4	成都中星世通电子科技有限公司	技术点 1、 技术点 2、 技术点 3	我司研制的“成都市网格化无线电监测系统”应用了“复杂密集环境电波传播实景匹配建模、电波传播赋能精准测向定位、电磁定量计算用频状态检测”，为公司带来销售额超 11000 万元。该技术还应用于我司小型无人电磁频谱感知设备、小型智能通信侦察设备等产品，新增销售额 1500 余万元。	2016 年 8 月至今	吴帅 /1360803175
5	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院	技术点 1、 技术点 3	我院参与建设的省内重要电力设施的反无人机系统应用了“复杂密集环境电波传播实景匹配建模、电磁信号精准测向定位等核心技术”。该技术应用后，外场入侵无人机无源感知距离由 1 公里拓展至 5 公里以上，方位测向精度优于 2°，对抵近电力设施 500 米以内的无人机定位精度优于 15 米，累计节省人力巡查、风险规避等成本超 1.5	2020 年 1 月至今	王南 /18066661276

			亿元。		
6	陕西省公安厅科信总队	技术点 3	我单位用“重要区域电磁安全威胁智能识别与精准防控技术与装备”中核心系统及装备顺利完成了中央军委政治工作会议 5 平方公里核心区域的电磁安保任务，可有效支撑现场快速决策与精准处置，电磁检测捕获概率 $\geq 95\% @ 5\text{dB}$ ，电磁压制覆盖均方误差优于 2.45dB。	2024 年 5 月-2025 年 6 月	石峰 /13909210255
7	中国电子科技集团公司第三十六研究所	技术点 1、技术点 3	我所研制的某无人值守设备应用了“全域定位增强的稀疏站点优化部署、混叠信号空间度隔离、多维畸变参数传播特性修正解析定位等技术”，可将目标方位测向误差优化至 2° 以内，对抵近重要目标 500 米以内的无人机定位精度达到 15 米以内，为公司带来销售额超 105537.23 万元。	2020 年 1 月-至今	王巍 /13758077296
8	中兴通讯股份有限公司	技术点 1、技术点 2	我公司移动通信相关产品中成功应用了西安电子科技大学“复杂密集环境电磁频谱精准监测技术与应用”项目技术成果，该技术有效支撑了多运营商、多系统间频谱资源的动态分配与干扰协调，显著提升了频谱利用效率。	2022 年 1 月至今	赵亚军 /13910120374
9	陕西省无线电监测站	技术点 2、技术点 3	我站应用“复杂密集环境电磁频谱精准监测技术与应用”项目成果对西安市 9 个高考考点实施频谱巡测，累计监测时长 16 小时。通过对重点频段的实时监控和快速响应，从技术手段上有效防范了无线电作弊行为，助力高考的平稳有序进行，取得了良好的社会效益。	2026 年 6 月 7 日-2026 年 6 月 8 日	朱文博 /13571842010
10	成都华日通讯技术股份有限公司	技术点 1、技术点 2、技术点 3	我司产品应用了复杂密集环境电波传播实景匹配建模、电磁定量计算用频分析与规划、电波传播赋能精准测向定位等关键技术，使得系统整体性能指标得到大幅提升，监测频率范围为 30MHz~46GHz，扫描速度最快达 1000GHz/s，能够实现 3 个及以上同频相干信号的识别及分离。	2017 年 1 月至今	高英 \15902804848

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	一种基于自适应混合插值的城市场强重构方法	中国	ZL201910090924.8	2023 年 12 月 01 日	6529144	国家无线电监测中心陕西监测站	李章义;赵延安;王大鹏;杨文丽;潘琳;李建平
2	发明专利	数据模型混合驱动的电波传播实测修正方法	中国	ZL202310719332.4	2025 年 07 月 01 日	8040895	国家无线电监测中心陕西监测站	杨文丽;赵延安;李宁;丁鲜花;纽莉荣;刘艳洁;陈媛
3	发明专利	一种基于双波束转换的阵列天线	中国	ZL202110414521.1	2023 年 01 月 31 日	5716687	国网陕西省电力公司电力科学研究院; 国网陕西省电力公司; 国网陕西省电力公司渭南供电公司	王南;任晓龙;戴光;韩肯龙;陈松博;金福涛;武剑;党蓓佳;王辰曦;吴子豪;唐露甜
4	发明专利	一种针对大气波导的无线通信干扰预测方法	中国	ZL201910796141.1	2021 年 08 月 17 日	4620196	西安电子科技大学	杨永赛;弓树宏;李良超;李仁先
5	发明专利	一种面向服务的频谱切片方法、装置及计算机存储介质	中国	ZL201910320434.2	2021 年 02 月 02 日	4233827	西安电子科技大学	赵钟灵;石嘉;白健;梁微;李赞

6	发明专利	一种基于多属性决策的空中目标威胁估计方法	中国	ZL202310702071.5	2025 年 07 月 04 日	8050569	西安电子科技大学	刘向丽;许明辉;李赞;余洪波;马浩瑜;司江勃
7	发明专利	一种 TDOA 定位中的鲁棒节点部署与选择方法	中国	ZL202210402115.8	2024 年 07 月 30 日	7240302	西安电子科技大学	赵越;黄兰兰;李赞;郝本建;张亚洲;王丹洋
8	发明专利	基于数据补偿的 TDOA 定位方法	中国	ZL202211582386.2	2025 年 11 月 21 日	8505910	西安电子科技大学	郝本建;张亚洲;赵越;赵曼;李赞;张佳雯;陈小军;司江勃
9	发明专利	一种基于 TDOA 定位的异常接收设备筛选方法、系统、设备和介质	中国	ZL202410349008.2	2025 年 12 月 02 日	8534946	西安电子科技大学	李赞;黄淑冰;郝本建;陈小军;赵越;王鑫磊;胡远杭;刘子君;鲁帅;赵曼;张亚洲
10	发明专利	一种基于短基线统一模型的目标测向方法	中国	ZL202211424566.8	2025 年 11 月 25 日	8520382	西安电子科技大学	郝本建;李思文;李赞;赵越;陈小军;司江勃;张佳雯;黎若瑶;王瑞仪;刘子君

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 赞	1	副校长	教 授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	负责整体技术架构设计、关键技术创新及成果推广应用
郝本建	2	无	教 授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 2、3 作出贡献
赵 越	3	无	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 3 作出贡献
莫舸舸	4	董事长	高级工程师	成都华日通讯技术股份有限公司	成都华日通讯技术股份有限公司	对技术创新点 3 作出贡献，负责技术创新点的转化应用
关 磊	5	无	教 授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 2 作出贡献
赵延安	6	站长	正高工程师	国家无线电监测中心陕西监测站	国家无线电监测中心陕西监测站	对技术创新点 1 作出贡献
王 巍	7	主任	研究员	中国电子科技集团公司第三十六研究所	中国电子科技集团公司第三十六研究所	对技术创新点 2 作出贡献，负责技术创新点的转化应用
高晶亮	8	无	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 1 作出贡献
弓树宏	9	无	教 授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 1 作出贡献
陈 刚	10	无	高级工程师	成都中星世通电子科技有限公司	成都中星世通电子科技有限公司	技术成果落地实施及转化应用
司江勃	11	无	教 授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 2 作出贡献
王 南	12	无	高级工程师	国网陕西省电力有限公司	国网陕西省电力有限公司	对技术创新点 2 作出贡献，负责技术创新点的转化应用

石 嘉	13	无	教 授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 2 作出贡献
刘向丽	14	无	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 2 作出贡献
李晨曦	15	无	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	对技术创新点 2 作出贡献

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)
西安电子科技大学	1	西安电子科技大学是国内最早开展电磁频谱领域研究工作的单位之一，在重要区域、重大活动电磁安全保障领域具有深厚的技术积累。在西安电子科技大学牵头承研的国家重点研发计划“重要区域电磁安全威胁智能识别与精准防控技术与装备”项目中，研究并突破了“复杂地物环境电波传播实景匹配建模”等关键技术，有力支撑了本申报项目的三大创新点；在该项目研究过程中，本单位形成了丰硕的科研成果，其中在本申报项目 10 项主要知识产权和标准规范中，该单位贡献了 ZL201910796141.1、ZL201910320434.2、ZL202310702071.5 等 7 项国家发明专利为核心成果；此外，该单位还将本申报项目的多项技术成果落地应用于支撑多项在陕西省举办的重大活动无线电安全保障任务，其中包括 2021 年 9 月在西安市举办的第十四届全国运动会保障任务、2023 年 5 月在西安市举办的首届中国-中亚峰会保障任务、2026 年陕西省高考无线电保障任务等，保障了国家重要区域、重大活动的电磁用频安全，实现了本项目技术成果的应用转化。
成都华日通讯技术股份有限公司	2	成都华日通讯技术股份有限公司是我国领先的无线电频谱管理系统整体解决方案提供商，是中国无线电频谱管理行业领军企业，是我军联合频管装备系统核心承制单位。对本次申报的“重要区域电磁安全精准管控技术与应用”3 个技术创新点作出贡献，将其应用至公司现有产品中，使得系统整体性能指标得到大幅度提升，监测频率范围为 30MHz~46GHz，扫描速度最快达到 1000GHz/s，能够实现对电磁目标的精准测向定位。在项目研发及成果转化过程中，形成了 10 件发明专利。相关技术转化后广泛应用于某国家级重大两用项目，在全国建设部署 100 多台（套）北斗卫星导航干扰监测设备及系统，负责全国范围内两用领域的北斗卫星导航干扰监测任务；十三五/十四五期间我国边海无线电监测网建设项目，主要涉及广东、广西、福建、辽宁等地地区的边海无线电监测网建设及升级。此

		外，相关技术转化后还应用于众多国家级重大保障任务中，包括：2025 年的 9.3 阅兵、二十大 2022 年冬奥会、“神舟”系列飞船发射、成都大运会、广东全运会等重大活动的无线电保障任务中。
成都中星世通电子科技有限公司	3	成都中星世通电子科技有限公司长期从事无线电监测系统与装备研制及电磁安全保障工作，是西安电子科技大学牵头承研的国家重点研发计划“重要区域电磁安全威胁智能识别与精准防控技术与装备”项目的联合承研单位。承研期间，该单位与西安电子科技大学保持深入技术交流，联合实现了重要区域电磁环境感知和定位课题设备研制和技术指标突破，促进了本申报项目技术点“多维畸变参数传播特性修正解析定位”、“分布式空间谱构建的远场目标直接测向”等 2 项创新技术点的研究突破与外场试验验证；同时，该单位将本申报项目多项技术成果引入到其多款产品，包括海上浮台电磁监测分系统、网格化小型站、边境专用型电磁监测系统等系列装备，并落地应用于其承研的多项国家重大工程或系统建设任务，包括国家“海洋强国”重点工程—蓝海浮台任务系统、我国首个网格化无线电监测系统实验网“成都市网格化无线电监测系统”、主导建设的西藏、云南、河北等省市“边海防工程”等，保障了国家海疆、城市和边境重要区域的电磁空间安全，实现了本项目技术成果的应用转化。
中国电子科技集团公司第三十六研究所	4	中国电子科技集团公司第三十六研究所是中国电科集团的骨干成员单位，是我国唯一的通信控制专业研究所、电磁空间安全全国重点实验室依托单位，是通信控制、电磁态势感知专业发展的引领者和装备研发生产的主要骨干单位。在西安电子科技大学牵头承研的国家重点研发计划“重要区域电磁安全威胁智能识别与精准防控技术与装备”项目中，该单位为“城市重点区域电磁安全威胁识别、防控装备与系统”课题的牵头负责单位，联合项目牵头单位研究研制了面向重大活动安保的电磁安全防控系统一体化软件，形成了一套电磁安全防控可复制原型系统一套电磁安全防控可复制原型系统，该系统为本申报项目的系统成果。2020 年 1 月至 2025 年 12 月期间，主导了某重

		要工程项目，从西南到东部和南部沿海共建设 70 多台套边境专用型电磁监测设备，负责对边海重要方向监测任务。西安电子科技大学与该单位联合研发的“重要区域电磁安全精准管控技术与应用”项目成果电波传播赋能精准测向定位技术应用于我单位研制的某无人值守设备，能够快速锁定并持续跟踪目标，实施迫降处置，大大提升了对境外干扰、非法、不明等类型电磁信号的精准锁定能力，有效提升了沿海区域管控系统技术水平，实现了本项目技术成果的应用转化。
国家无线电监测中心陕西监测站	5	国家无线电监测中心陕西监测站长期从事重要区域、国家级重大活动电磁安全保障工作，在西安电子科技大学牵头承研的国家重点研发计划“重要区域电磁安全威胁智能识别与精准防控技术与装备”项目中，该单位为“重大活动安保区域的复杂电特性精确测量与建模方法”课题的牵头负责单位，研究并突破了“实景电波传播特性建模与修正”关键技术，该技术被列为本申报项目技术点“复杂地物环境电波传播实景匹配建模”中的核心创新点；在该项目联合研究过程中，该单位形成了丰硕的科研成果，其中在本申报项目 10 项主要知识产权和标准规范中，该单位贡献了 ZL201910090924.8、ZL202310719332.4 等 2 项国家发明专利为核心成果；此外，该单位还将本申报项目的多项技术成果落地应用于支撑多项在陕西省举办的重大活动无线电安全保障任务，其中包括 2021 年 9 月在西安市举办的第十四届全国运动会保障任务、2023 年 5 月在西安市举办的首届中国-中亚峰会保障任务、2025 及 2026 年陕西省高考无线电保障任务等，保障了国家重要区域、重大活动的电磁用频安全，实现了本项目技术成果的应用转化。
国网陕西省电力有限公司	6	国网陕西省电力有限公司是国家电网有限公司控股的特大型省级电网企业，下辖 11 家地市级供电企业、116 家县区供电公司，负责陕西省域电网建设、运营与管理。针对重要电力设施安全防护的重大应用需求，国网陕西省电力有限公司与西安电子科技大学通信工程学院签署了科研合作协议，围绕电网关键基础设施电磁安全防护开展联合

		攻关，建立长期产学研协同机制，推动本项目电波传播赋能精准测向定位等技术成果成功应用于国网重要电力基础设施反无人机系统的改造升级中，累计开展电磁环境常态化监测数千小时，多次成功预警电力设施外围入侵无人机，保障了关键保电时段的全天候电磁安全防护任务，经济社会效益显著。在本申报项目 10 项主要知识产权和标准规范中，国网陕西省电力有限公司贡献了 ZL202110414521.1 国家发明专利为核心成果。
--	--	--

九、完成人合作关系说明

《复杂密集环境电磁频谱精准监测技术与应用》项目由西安电子科技大学、成都华日通讯技术股份有限公司、成都中星世通电子科技有限公司、中国电子科技集团公司第三十六研究所、国家无线电监测中心陕西监测站、国网陕西省电力有限公司六家单位联合申报，在国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目、装发“慧眼行动”等项目支持下，针对复杂地物环境电磁波非理想传播所造成的电磁频谱监测恶化效应，历经近十年攻关，从“环境建模-计算推演-目标锁定”三个核心环节入手，围绕电波实景匹配建模、电磁定量计算用频状态感知、目标精准测向定位三大内容开展研究，原创性地形成了复杂密集环境电磁频谱精准监测核心技术创新及系列应用成果。

申报项目牵头单位西安电子科技大学长期与联合单位保持长期紧密合作关系。在“十四五”期间，西安电子科技大学与成都中星世通电子科技有限公司、中国电子科技集团公司第三十六研究所、国家无线电监测中心陕西监测站联合申报并承研了国家重点研发计划项目，该项目隶属于“社会治理与智慧社会科技支撑”重点专项，题目为“重要区域电磁安全威胁智能识别与精准防控技术与装备”，15 名完成人中有 13 名参与，各完成人的项目分工合作关系如表 1 所示：

表 1 国家重点研发计划项目 13 名完成人合作关系表

完成人排序	完成人姓名	完成人工作单位	项目身份	隶属课题
第一	李 赞	西安电子科技大学	项目负责人	全部
第二	郝本建	西安电子科技大学	课题负责人	课题 2
第三	赵 越	西安电子科技大学	课题骨干	课题 2
第五	关 磊	西安电子科技大学	课题骨干	课题 4
第六	赵延安	国家无线电监测中心陕西监测站	课题负责人	课题 1
第七	王 巍	中国电子科技集团公司 第三十六研究所	课题负责人	课题 5
第八	高晶亮	西安电子科技大学	课题骨干	课题 1

第九	弓树宏	西安电子科技大学	课题骨干	课题 1
第十	陈 刚	成都中星世通电子科技有限公司	研究人员	课题 2
第十一	司江勃	西安电子科技大学	课题负责人	课题 4
第十三	石 嘉	西安电子科技大学	课题骨干	课题 3
第十四	刘向丽	西安电子科技大学	课题骨干	课题 5
第十五	李晨曦	西安电子科技大学	课题骨干	课题 4

项目第四完成人成都华日通讯技术股份有限公司莫舸舸高级工程师与西安电子科技大学保持长期的技术交流与科研合作,在成都华日通讯技术股份有限公司承研项目中,将本项目部分技术成果成功引入,实现了本项目技术成果的应用转化;项目第十二完成人国网陕西省电力有限公司王南高级工程师与西安电子科技大学保持长期的科研合作,代表国网陕西省电力有限公司与西安电子科技大学通信工程学院签署了战略合作协议,并从 2020 年开始,推动本项目部分技术成果成功应用于国网重要电力基础设施反无人机系统的改造升级中,实现了本项目技术成果的应用转化。

六家单位的科研项目、销售合同、专利、论文等相关成果联合用于申报该奖项,该奖项的完成人均为上述合作项目的参研人员。