

关于“碳监测关键技术装备和一体化感知网研究及应用”项目申报 2026 年度陕西省科学技术奖的公示

一、项目名称

碳监测关键技术装备和一体化感知网研究及应用

二、提名意见

陕西省生态环境厅提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

项目紧扣国家“双碳”战略实施重大需求，针对我国碳监测高端仪器与核心探测器长期依赖进口、传统地面数据反演精度低、多源异构数据分散割裂等痛点，依托国家重点研发计划及陕西省多级科技专项，历时 7 年开展全链条协同攻关，构建形成天空地一体化自主可控碳监测技术体系。

主要技术内容：

（1）碳监测装备国产化：首创全光双共振增强光声光谱检测机理，研制高精度监测设备， CO_2 、 CH_4 检测性能达国际先进水平；研发 CMOS 兼容硅锗雪崩光电二极管红外探测芯片，研制大量程工业 TDLAS 监测设备，成本降低 50%；开发轻量化便携走航设备，实现核心装备全国产化。

（2）卫星碳数据精准反演自主化：耦合 FLEXPART 与贝叶斯反演，构建网格尺度源-受体敏感性矩阵算法，搭建物理约束深度学习同化框架，反演不确定度降低 30%以上。

（3）碳监测数智一体化：采用 BME 方法实现多模态数据汇聚，基于 U-Net++ 与 GAN 网络统一时空基准，构建区块链可信存证与分级预警平台，异常处置时长压缩至 15 分钟。

（4）碳监测感知网工程化：改进 NSGA-II 算法优化布点，建成全国首个全部采用国产仪器的碳监测试点城市（铜川），推广至山西、安徽、新疆等地，服务零碳园区建设。

四、客观评价

项目成果总体达到国际先进水平，核心技术国内外未见报道，获省部级科技奖励及生态环境部领导批示，支撑铜川建成全国首个国产化碳监测试点城市并亮相联合国气候变化大会。

五、应用情况

支撑铜川建成全国首批碳监测评估试点城市，实现全链条技术集成应用，被生态环境部采纳为“十五五”温室气体监测网络建设参考方案，成套技术在陕西、安徽、山西等多省份落地应用，支撑火电、钢铁、化工重点园区碳排放常态化监管，服务零碳园区建设和减排成效评估。依托“秦创原”孵化铜川之光光电、知芯半导体 2 家高新技术企业，其中铜川之光光电科技有限公司入选 2026 年陕西省上市后备企业。

六、主要知识产权和标准规范等目录

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	专著	陕西省碳排放与碳汇监测技术及应用	中国	ISBN : 9787511164100	2025.9	/	陕西省环境监测中心站	张霖琳、杨震、梁磊、谭丽等
2	发明专利	波导耦合等离增强型 Ge 基红外光电探测器及其制备方法	中国	CN 113097335 B	2023.2.10	5735605	西安电子科技大学	王利明、孙浩等
3	地方标准	温室气体高精度自动监测技术规范	中国（陕西）	DB61/T2142-2025	2025.9.16	/	陕西省环境监测中心站、中国环境监测总站、中国科学院西安光学精密机械研究所、西安邮电大学、铜川市环境监测站	张霖琳、杨震、吕婧、梁磊、郑益朋等
4	发明专利	近红外双波段等离子体 Ge 基光电探测器及其制备方法	中国	CN 113097333 B	2023.3.31	5837585	西安电子科技大学	王利明、孙浩等
5	发明专利	一种紫外、可见与红外宽谱光电探测器及其制备方法	中国	CN 111952387 B	2023.6.30	6105247	西安电子科技大学	王利明、孙浩等
6	发明专利	红外光电探测器及其制作方法	中国	CN 113517363 B	2022.11.11	5574547	西安电子科技大学	王利明、孙浩等
7	发明专利	一种可见光与红外双波段光输运管探测器及其制备方法	中国	CN 111952395 B	2023.2.10	5735596	西安电子科技大学	王利明、孙浩等
8	标准	温室气体 ¹⁴ CO ₂ 手工	中国（陕	DB61/T214	2025.9.16	/	陕西省环境监测中心站、中国	杨震、张霖琳、吕婧等

		监测技术规范	西)	3-2025			科学院地球环境研究所、中国环境监测总站、铜川市环境监测站、陕西省标准化研究院	
9	论文	Sustained Increases in Hydrofluorocarbon Emissions from China and Implications for Global Emissions	美国	https://doi.org/10.1021/acs.est.4c08981	2025.2.10	Environmental Science & Technology. (2025) 59 (6): 3024–3033.	浙江大学、中国环境监测总站、四川省成都生态环境监测中心站、辽宁省沈阳生态环境监测中心、麻省理工学院全球变化科学研究中心、北京大学	谭丽等
10	论文	All-fiber pressure-adaptive CO ₂ concentration monitoring based on negative curvature anti-resonance hollow core fiber	美国	https://doi.org/10.1016/j.infrared.2025.105879	2025.4.20	Infrared Physics & Technology 148 (2025) 105879	西安邮电大学、中国环境监测总站	郑益朋、梁磊、张霖琳等

七、主要完成人情况（按排名）

排名	姓名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
1	杨震	处长	高级工程师	陕西省生态环境厅	陕西省环境监测中心站	项目总负责人，全面主持项目策划、组织协调与实施工作。提出项目总体技术路线，统筹协调各参研单位高效衔接，保障项目全链条协同推进；牵头推动国家碳监测评估试点在铜川落地实施，建

						成高精度监测站点并实现国家—省—市三级数据联网；作为主要起草人制定陕西省地方标准 2 项、出版专著 1 部；推动项目成果在排污许可管理和重点行业碳监测中的业务化应用；组织培养省市两级碳监测技术骨干 50 余人，为碳监测业务化运行奠定人才基础。
2	张霖琳	主任	正高级工程师	中国环境监测总站	中国环境监测总站	项目核心成员，陕西省创新人才推进计划“碳监测与评估创新团队” （2024RS-CXTD-48）负责人。全面负责铜川碳监测评估试点项目的推进实施，牵头完成总体技术方案设计、设备选型调研、现场组织实施及全过程质量保障；推动国产化温室气体监测设备的试点应用及性能比对测试验证；牵头出版专著 1 部，发布国家层面技术文件及地方标准，为碳监测技术体系的标准化建设做出突出贡献。
3	梁磊	副院长	副教授	西安邮电大学	西安邮电大学	项目核心成员，负责温室气体监测技术的工程化转化与产业化落地。主持完成高精度温室气体监测设备和大量程固定源碳排放在线监测设备的量产转化工作，打通了从实验室样机到工业化产品的技术瓶颈，实现了科技成果在铜川之光光电科技有限公司的产业化落地，为项目装备的规模化应用奠定基础。
4	王利明	董事长	教授	知芯半导体（义乌）有限公司	知芯半导体（义乌）有限公司	项目核心成员，负责核心探测芯片的自主研发与国产化替代。主持研发系列硅基锗光电探测器，采用“锗吸收层+硅倍增层”分离式芯片架构，性能与进口铟镓砷探测

						器相当、成本降低 80%以上，实现了工业 TDLAS 核心探测元器件的自主供应，为项目系列温室气体监测设备的大规模推广奠定了核心器件基础。
5	孙浩	副院长	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	项目核心成员，负责监测设备核心器件研发及数据反演技术攻关。主持新体制光电探测器和高灵敏光纤传感器的研发测试与优化工作；研发了基于深度学习的干扰补偿模型，提升了设备在复杂工况下的信号稳定性；参与碳排放数据反演溯源技术开发，为系列气体监测装备的实现和碳数据精准反演提供了关键技术支撑。
6	郑益朋	技术总工	副教授	铜川之光光电科技有限公司	铜川之光光电科技有限公司	项目核心成员，负责监测设备核心模组攻关与整机研发。主持突破高精度光源控制、解调算法和自动校准等核心模块技术攻关，完成了系列高精度温室气体监测设备的整机研发，为项目装备的国产化替代和规模化应用提供了技术保障。
7	谭丽	/	正高级工程师	中国环境监测总站	中国环境监测总站	项目核心成员，负责温室气体监测技术标准化体系建设。深入开展温室气体监测体系的标准化建设，牵头制订国家生态环境行业标准方法 3 项、技术文件 1 项，为项目成果的制度化推广提供了标准依据。
8	吕婧	/	正高级工程师	陕西省环境监测中心站	陕西省环境监测中心站	项目核心成员，负责温室气体监测技术标准化与业务化应用。作为主要起草人参与编制陕西省 2 项地方标准，承担标准框架设计、技术指标验证及文本撰写工作，规范了高精度温室气体自动监测设备的性能要求、安装验收和运维质控全流程；将技

						术规范应用到铜川城市尺度试点工作中，为区域碳减排核算提供了标准化数据支撑。
9	朱礼鹏	/	讲师	西安邮电大学	西安邮电大学	项目主要成员，负责监测设备核心模组研发。主持研发气体监测设备的吸收池模组、温压控模组等关键部件，解决了设备在宽温域工况下的稳定性问题，为项目高精度温室气体监测设备的整机量产提供了核心模组支撑。

八、主要完成单位及创新推广贡献

本项目由陕西省环境监测中心站牵头，联合中国环境监测总站、西安电子科技大学、西安邮电大学、铜川之光光电科技有限公司及知芯半导体（义乌）有限公司协同攻关。陕西省环境监测中心站作为第一完成单位，全面负责项目陕西省环境监测中心站作为第一完成单位，全面负责项目总体策划与实施推进，牵头承担铜川碳监测试点落地、陕西省天空地一体化监测网络建设及多项地方标准编制，推动成果在排污许可管理和重点行业碳监测中业务化应用，培养省市两级技术骨干 50 余人。中国环境监测总站作为技术指导单位，牵头建立温室气体排放监测技术方法及反演体系，制定发布 3 项国家生态环境行业标准，为试点工作提供全过程技术支撑，推动国产设备比对验证，相关成果获生态环境部领导批示并纳入“十五五”温室气体网络建设。西安电子科技大学聚焦核心探测器件研制，研发硅基锗光电探测器和全光型声探测器，性能与进口相当、成本降低 80%以上，同时参与反演溯源技术开发，支撑碳卫星数据高精度反演。西安邮电大学

围绕光谱法气体监测技术攻关，在光声光谱检测机理、宽温域自适应补偿等核心技术上取得突破，并将成果转化落地。铜川之光光电作为成果转化企业，完成国产高精度温室气体监测设备的研发生产与销售，承担铜川试点及重点行业企业监测项目，实现从样机到量产的产业化转化。知芯半导体负责硅基锗光电探测器研发与量产，为系列监测设备大规模推广奠定核心部件基础。六家单位紧密协作、优势互补，为项目实施提供了坚实的组织保障和技术支撑。

九、完成人合作关系说明

杨震与张霖琳、孙浩、郑益朋、谭丽、梁磊、吕婧、王利明，合作完成的“温室气体监测与核算关键技术及应用示范”获 2025 年度陕西省环境科学技术奖一等奖；杨震与张霖琳、梁磊、孙浩、郑益朋、谭丽共同编著出版专著《陕西省碳排放与碳汇监测技术及应用》；杨震与张霖琳、吕婧、梁磊、郑益朋共同编制地方标准-《温室气体高精度自动监测技术规范》（DB 61/T 2142-2025）；杨震与张霖琳、吕婧共同编制地方标准-《温室气体 14CO₂ 手工监测技术规范》（DB 61/T 2143-2025）；杨震与张霖琳、孙浩、郑益朋、谭丽、梁磊、吕婧、朱礼鹏共同参与铜川碳监测试点项目。