2023年度陕西省科学技术奖项目提名公示 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目名称** | | | | **通信及导航用晶体滤波器技术创新** | | | | | | | | |
| **项目简介** | | | | | | | | | | | | |
| 1、概述  随着现代通信技术的发展，作为信息传递，处理过程中频率选择的关键器件-晶体滤波器，其主要功能是作为各种电信号的提纯、分隔、抑制干扰。作为与放大器分开的独立单元得到广泛应用。  在现有技术基础上，针对不同频率、带宽及其他指标，选定典型参数，集中解决关键共性技术，提高批生产能力，形成系列化产品。在设计和生产过程在从晶体滤波器的理论设计的角度，详细推导了晶体滤波器的常用线路设计方法，结合多年的电路实践经验，总结了影响晶体滤波器关键特性的诸多因素，并提出了相应的解决措施，主要解决宽温工作稳定性、宽功率范围工作、小矩形系数和高选择性晶体滤波器的设计、制造和测试等方面的关键共性技术，对以后晶体滤波器的设计和批量生产具有借鉴意义。  2、晶体滤波器设计技术难点  小矩形系数：应选择合理的滤波器函数和电路形式，要求采用多级级联的电路方式以实现滤波器的高矩形系数，同时也给高阻带衰减设计要求增加了难度。  高阻带衰减：在较小体积内实现滤波器的阻带衰减大于70 dB，从晶体滤波器的设计、制作以及测试等源头出发，找出了影响晶体滤波器阻带衰减指标的因素并加以综合解决，实现高阻带衰减指标的设计。  宽功率范围工作：在-45dBm～+10 dBm的输入功率范围内，晶体滤波器插入损耗的变化小于1dB。通信及导航用晶体滤波器传输特性依赖于晶体谐振器的品质因数和频率稳定性，难点是最小的传输损耗随温度和输入电平变化而变化即插入损耗随输入信号功率的变化造成低功率信号时，滤波器的插入损耗增大，信噪比降低，不能锁定信号。  宽温度工作范围：晶体滤波器采用的元件均会随温度函数的不同而变化，因此着手于元件的设计和原材料选用，分析各类元件对晶体滤波器温度特性影响大小，在设计上保证晶体滤波器的宽温温度特性。  中心频率偏差小：由于多通道通信和导航技术的发展，在温度变化的条件下以及发射端和接收端两者振荡器频率误差的条件下，能在载波上收到音频信号，因此对晶体滤波器中心频率的允许误差要求较为严格。  3、晶体滤波器技术创新工作  3.1 高品质晶体谐振器的设计和加工  晶体滤波器电路主要由特殊设计的高Q值特性的晶体谐振器组成的选频电路和由差接变量器以及电感器电容器组成的匹配调谐电路组成。图1晶体谐振器等效电路中可以看出，它是由一个串联谐振支路和一个并联支路组成。晶体谐振器动态电感参数的一致性直接影响晶体滤波器的阻带衰减特性，晶体滤波器的中心频率偏差、宽功率范围工作主要取决于晶体谐振器的电阻和频率对激励电平的依赖性，宽温工作稳定性取决于晶体谐振器温度频率特性。  图1 晶体谐振器等效电路  3.2 高阻带衰减的设计  在较小体积内，实现晶体滤波器的阻带衰减大于70 dB，必须合理解决好晶体滤波器内部信号串扰、元器件的空间耦合、差接桥电路各桥型臂之间的平衡性问题。由图2差接桥电路幅频特性曲线和差接桥电路的平衡性原理可知，当桥型电路的各臂达到最佳平衡时，滤波器的阻带衰减将达到无穷大，而当平衡性较差时其阻带特性将大大变差，而滤波电路的平衡性主要涉及晶体谐振器设计制造的参数一致性、差接桥变量器的平衡性、各元件的一致性、分布参数的合理布局以及印刷电路板的合理布线等诸多因素。    图2 差接桥电路幅频特性曲线  3.3 宽温度范围内电性能的高稳定设计  在工作温度范围内保证滤波器电性能的高稳定性，设计时对元器件和原材料的选型就显得尤为重要，综合元器件及原材料对滤波器温度稳定性带来的影响，充分考虑滤波器电性能指标设计富余量的问题，确保滤波器宽温工作稳定性。  4、总结  （1）通过合理的电磁屏蔽设计、晶体谐振器参数一致性和寄生的控制措施，差接变量器平衡性设计以及设置晶体谐振器配置关键工序等措施，解决了晶体滤波器技术指标的设计难题。  （2）通过对原材料参数的严格控制及相关工艺保证措施，合理选用谐振回路的调谐元件，最终实现了晶体滤波器宽温工作稳定性。  （3）今后晶体滤波器的设计和生产搭建了更加成熟的设计，工艺及测试等技术平台，提高了工艺水平和批生产能力，解决了晶体滤波器设计、制造和测试等相关问题。  （4）授权实用新型专利2项。  5、经济效益  项目技术推广应用于多种通信和导航类晶体滤波器生产中，取得了较好的经济效益。 2019 年销售收入：355万元， 2020 年销售收入：280万元， 2021 年销售收入：308万元。2022 年销售收入：810万元。 | | | | | | | | | | | | |
| **提名单位：陕西电子信息集团有限公司** | | | | | | | | | | | | |
| **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，相关内容符合陕西省科学技术奖的提名要求。  晶体滤波器是通信和导航设备中频滤波电路中的关键器件，起着选择频率信号，有效防止干扰等作用。  项目系统研究了晶体滤波器的理论，技术及所涉及的晶片设计、晶体谐振器的设计、晶体滤波器共性设计方法，其主要创新工作包括高品质晶体谐振器的设计和加工、晶体滤波器高阻带衰减的设计、宽温度范围内电性能的高稳定设计等技术。1）通过对晶体滤波器电路的高阻带衰减设计及印刷线路板良好的大面积接地设计，差接变量器平衡性设计和制作，实现了高阻带晶体滤波器。2）利用铜制镀银屏蔽罩安装变量器电感线圈，减小器件间的相互干扰和空间信号干扰。输入、输出端采用50Ω同轴电缆设计原理形成良好的屏蔽效果防止信号在输入输出端耦合。3）晶体谐振器配对工序确保晶体谐振器动态电感、激励电平依赖性的一致性，确保宽功率范围晶体滤波器稳定工作。为晶体滤波器的设计和生产搭建起了更加成熟的设计，工艺及测试等技术平台，提高了工艺水平和批生产能力，解决了晶体滤波器设计、制造和测试等相关问题。  项目技术已应用于弹载雷达、机载雷达和通信发射机和接收机的中频滤波电路模块，应用前景广阔，社会效益显著。授权实用新型专利两项，通过了咸阳市科技局的科技成果鉴定。获得2022年本单位科技进步一等奖。  对照陕西省科技进步奖授奖条件，提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖。 | | | | | | | | | | | | |
| **客观评价** | | | | | | | | | | | | |
| 一、LST28.0125MHz型石英晶体滤波器科技成果鉴定  2015年11月24日，咸阳市科技局采用会议鉴定的方式对LST28.0125MHz型石英晶体滤波器进行了科学技术成果鉴定，鉴定证书号鉴字[2015]第015号。鉴定意见:  2015年11月20日，咸阳市科技局组织有关专家在咸阳对陕西华星电子集团有限公司研制的“LST28.0125MHz型石英晶体滤波器”进行了科技成果鉴定。鉴定委员会听取了研制总结报告，并审查了相关资料。经质询讨论，形成以下鉴定意见：  1、该项目技术资料完整、齐套、协调、统一，符合标准化管理相关规定，可有效地指导批量生产。  2、该产品采用契比雪夫电路及负温电容温度补偿综合设计减小了晶体滤波器宽温下的中心频率偏差；采用金属夹结构使晶体滤波器阻带衰减高；在晶片研磨工艺中采用丝网膜技术减少了寄生效应；通过改进镀膜工艺提高了产品的可靠性。产品性能指标达到国内先进水平。  3、该产品按照企业标准（Q/RW500-2012《LST28.0125MHz型石英晶体滤波器详细规范》）鉴定检验合格，满足用户使用要求。  鉴定委员会一致同意该项目通过科技成果鉴定。  获得2017年度咸阳市科技进步三等奖 证书号15K37  二、LST28MHz-B/E/F/G型设计定型鉴定评审  2019年4月18日，八院在上海组织召开了陕西华星电子集团的LST28MHz-B/E/F/G型石英晶体滤波器的设计定型鉴定评审会。参加会议的有代表室，八院科技二部，物资管理部、元器件专家组、八院、802所、808所、陕西华星电子集团等单位的专家和代表，会议成立了评审组（名单附后）。会议听取并审查了该产品的《研制总结报告》、《用户使用报告》以及文件资料的审查结论等有关资料，经评审讨论，形成评审意见如下：  （1）该产品根据详细规范进行了鉴定试验，产品性能指标满足详细规范规定及技术协议要求；  （2）关键工艺已完成工艺攻关，生产工艺稳定；  （3）原材料、配套件供货稳定、可靠；  （4）产品技术状态已固化，资料完整、齐套。  评审组同意该产品通过设计定型评审。  实现了通带范围波动小、中心频率偏差小，阻带衰减抑制高、整机多通道配对使用、环境适应性的特点以及在宽温下工作达到各项指标稳定。  通信及导航用石英晶体滤波器可以满足整机的技术要求，通过不断的技术改进，现已具备批量的生产条件，国内晶体元件的生产单位成都天奥电子科技有限公司，郑州原创电子科技有限公司。项目滤波器的生产厂家有成都天奥电子科技有限公司、中电科技26所、武汉海创、辽阳鸿宇。同其他厂家的产品相比， 在中心频率偏差、宽功率范围工作和长期稳定性方面具有优势。  项目产品的性能指标达到了预期目标，产品也得到用户的认可和好评；项目技术推广应用于多种通信和导航类晶体滤波器的设计和生产中，高品质、稳定可靠的晶体滤波器推入市场，取得了较好的经济效益。 | | | | | | | | | | | | |
| **应用情况** | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | | 应用单位名称 | | | 应用起始时间 | | | 应用截止时间 | | 应用单位联系人 | | 联系电话 |
| 1 | | 上海无线电设备研究所 | | | 2019.5 | | | 至今 | | 杨铭懿 | | 13817353777 |
| 2 | | 中兵通信科技股份有限公司 | | | 2019.5 | | | 至今 | | 郑运生 | | 15836046559 |
| 3 | | 陕西凌云电气集团有限公司 | | | 2019.2 | | | 至今 | | 孟 冲 | | 15891472034 |
| 4 | | 陕西烽火电子股份有限公司 | | | 2019.1 | | | 至今 | | 李 俊 | | 15091261026 |
| 5 | | 中国电子科技集团公司第七研究所 | | | 2019.5 | | | 至今 | | 王 涛 | | 13556168800 |
| 6 | | 成都航天通信设备有限责任公司 | | | 2019.1 | | | 至今 | | 熊文斌 | | 15928541060 |
| 7 | | 北京安达维尔航空设备有限公司 | | | 2019.5 | | | 至今 | | 董建强 | | 18625677671 |
| **排序** | | **主要完成人情况** | | | | | | | | | | |
|  | | 姓名 | 行政  职务 | | | 技术  职称 | 工作  单位 | | 完成  单位 | | 对本项目主要学术  和技术创造性贡献 | |
| 1 | | 张 辉 | 无 | | | 高级工程师 | 陕西华星电子集团有限公司 | | 陕西华星电子集团有限公司 | | 产品主要设计者，负责项目设计方案的制定、实施，产品开发及成果推广。在产品设计时创造性的提出了晶体设计方案，该设计方案属于创新设计方案，很好的解决了晶体频率精确度及晶体老化问题，攻克滤波器的温冲频率偏移及宽功率工作稳定性等技术难点。 | |
| 2 | | 高岗耀 | 副总经理 | | | 经济师 | 陕西华星电子集团有限公司 | | 陕西华星电子集团有限公司 | | 在产品设计时创造性的提出了改进滤波器电路设计方案，采用金属屏蔽电路属于创新设计方案，很好的解决了高频滤波器阻带衰减问题、通带波动、带外寄生抑制等技术难点。 | |
| 3 | | 马晓东 | 副总经理 | | | 正高级工程师 | 陕西华星电子集团有限公司 | | 陕西华星电子集团有限公司 | | 项目管理工作，在产品设计时创造性得提出了改进晶体滤波器所用元件标准化分析，在滤波器生产加工过程中对风险分析、六性报告等工艺规程提出见解性的意见，降低产品开发风险，节约开发成本。 | |
| 4 | | 向莉 | 生产部部长 | | | 高级会计师 | 陕西华星电子集团有限公司 | | 陕西华星电子集团有限公司 | | 项目管理、财务风险分析及成果推广，拟制相关技术文件资料及检验规范；参与产品的研制、监督产品加工工艺执行；采集产品周期试验数据，负责文件资料的整理及成果推广。 | |
| 5 | | 赵杨勇 | 无 | | | 工程师 | 陕西华星电子集团有限公司 | | 陕西华星电子集团有限公司 | | 拟制相关技术文件资料及检验规范；参与产品的研制、监督产品加工工艺执行；采集产品周期试验数据，负责文件资料的整理及成果推广。 | |
| 6 | | 杨军红 | 无 | | | 助理工程师 | 陕西华星电子集团有限公司 | | 陕西华星电子集团有限公司 | | 拟制相关技术文件资料及检验规范；参与产品的研制、监督产品加工工艺执行；采集产品周期试验数据，负责文件资料的整理及成果推广。 | |
| 7 | | 曹林海 | 无 | | | 工程师 | 陕西华星电子集团有限公司 | | 陕西华星电子集团有限公司 | | 拟制相关技术文件资料及检验规范；参与产品的研制、监督产品加工工艺执行；采集产品周期试验数据，负责文件资料的整理及成果推广。 | |
| **完成人合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | |
| 1、张 辉 第一完成人 产品主要设计者，负责项目设计方案的制定、实施，产品开发及成果推广。在产品设计时创造性的提出了晶体设计方案，该设计方案属于创新设计方案，很好的解决了晶体频率精确度及晶体老化问题，攻克滤波器的温冲频率偏移及宽功率工作稳定性等技术难点。  2、高岗耀 第二完成人 在产品设计时创造性的提出了改进滤波器电路设计方案，采用金属屏蔽电路属于创新设计方案，很好的解决了高频滤波器阻带衰减问题、通带波动、带外寄生抑制等技术难点。  3、马晓东 第三完成人 项目管理工作，与用户单位进行协调 在产品设计时创造性得提出了改进晶体滤波器所用元件标准化分析，在滤波器生产加工过程中对风险分析、六性报告等工艺规程提出见解性的意见，降低产品开发风险，节约开发成本。  4、向 莉 第四完成人 项目管理、财务风险分析及成果推广，拟制相关技术文件资料及检验规范；参与产品的研制、监督产品加工工艺执行；采集产品周期试验数据，负责文件资料的整理及成果推广。  5、赵杨勇 第五完成人 拟制相关技术文件资料及检验规范；参与产品的研制、监督产品加工工艺执行；采集产品周期试验数据，负责文件资料的整理及成果推广。  6、杨军红 第六完成人 拟制相关技术文件资料及检验规范；参与产品的研制、监督产品加工工艺执行；采集产品周期试验数据，负责文件资料的整理及成果推广。  7、曹林海 第七完成人拟制相关技术文件资料及检验规范；参与产品的研制、监督产品加工工艺执行；采集产品周期试验数据，负责文件资料的整理及成果推广。 | | | | | | | | | | | | |
| **排序** | **主要完成单位及对本项目的贡献** | | | | | | | | | | | |
| 1 | 陕西华星电子集团领导亲自挂帅，组织科研团队。集中力量解决项目实施过程中人员、财务、材料供应和市场推广环节存在的问题。从晶体滤波器设计的源头抓起，组织召开重点关键问题如晶片设计、晶体谐振器的设计及加工工艺、晶体滤波器设计及工艺攻关等专题论证和评审会议，投入人力和物力抓好设计平台、工艺平台和测试平台的建设。项目团队在实践的基础上解决了晶片温度系数问题，探索出晶体滤波器晶体滤波器共性设计方案并得到实施，解决了晶体滤波器设计、制造和测试等相关问题， 为晶体滤波器批量生产打下了良好的基础；总之，陕西华星电子集团投入人力和物力，使项目团队的技术创新工作得到了很好的保障，不仅在技术上起主导作用，在前期的研发中也是投入经费的支持，保证了项目的顺利进行。  本项目的实施确保了飞机的制导和导航精度，通信设备发射机和接收机性能得到了提高。关键技术应用于上海无线电设备研究所、中兵通信股份有限公司、陕西凌云电气有限公司、陕西烽火通信有限公司、中电科第七研究所、成都航天通信设备、北京安达维尔航空设备有限公司的雷达和机载雷达设备，通信设备的中频滤波模块。目前利用此技术生产总值接近2千万元。 | | | | | | | | | | | |
| **完成单位合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | |
| 无 | | | | | | | | | | | | |
| **完成人合作关系情况汇总表：** | | | | | | | | | | | | |
| 无 | | | | | | | | | | | | |

2023年度陕西省科学技术奖项目提名公示2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目名称** | | | | 基于无线电手段的多目标高效呼救与搜索策略与方法 | | | | | | | | |
| **项目简介** | | | | | | | | | | | | |
| 在遇险救援救生领域，时间就是生命。  对遇险人员/目标的快速有效搜索是实施具体救援的基础，遇险信息的及时、准确的告警与感知又是搜索的前提。只有呼救端（遇险呼救报告，简称“**呼端**”）与搜寻端（搜索探询定位，简称“**搜端**”）的紧密配合，呼端才能快速、准确地发出遇险信息，搜端才能快速、高效地获得遇险目标的即时位置和状态信息，制定合理可行的救援行动计划，引导救援人员抵达遇险人员/目标所处位置，安全隐蔽地实施营救。  在没有通信基础设施的野外地带或恶劣电磁环境下，或由于周围环境限制，基于卫星导航系统的定位设备无法正常工作，此时基于超短波的无线电救生设备将发挥关键作用。利用救生设备内置的超短波搜救波形的交互功能，有效实现遇险呼救报告和搜寻定位。  对于搜救领域的关键设备——救生电台来说，救生专用频率资源稀缺有限。一般情况下，同一时段同一个频率范围内，只能有一部电台处于发射状态，其余电台处于接收状态或静默状态。当机载台（搜端）发射搜索指令后，收到该指令的手持台（呼端）会随机退避一段时间后再发送搜索响应指令，机载台收到响应指令后就能获得手持台的相关信息（定位信息或状态），或者利用交互指令实现搜端对呼端的测距与测向，从而获得呼端在搜端的相对位置。  在单部机载台和单部手持台场景下，不存在相互间的收发干扰。但在呼端多部手持台情况下，每部手持台收到广播的搜索指令后都会随机退避一段时间后发送搜索响应指令，这就容易造成随机响应碰撞，影响搜索成功率和效率。为了提升搜索成功率，通常会增加搜索次数，由此会增加搜索时间，降低搜索效率，在某些场合下也增加大搜端的暴露风险（执行隐蔽任务）。  因此，如何让多部救生电台能在尽快短的时间内被搜端顺利搜索到，是一个非常关键的现实问题。其典型应用场景中地面出现多个遇险待救人员，空中有一架搜救直升机，直升机需要对多个遇险目标进行搜索，遇险人员收到直升机发送的搜索指令后，依据相关规则发送搜索响应指令。由于地面无线电传输距离较近，正常情况下，遇险人员之间不能保证通联。  实际应用情况下，遇险人数、时间和地点均随机变化，遇险人员之间并不知情，搜端救援人员数量不定，对遇险人员情况也不一定能事先预知。因此，基于无线电的搜索设备（搜索台）需要解决1对1（点对点）、1对多（点对多点）、多对1（多点对1点）和多对多（多点对多点）的搜索与探询任务，这其中都会涉及手持台的随机响应问题，即何时响应、如何响应机载台发出的搜索指令，才能保证在尽可能短的时间内完成搜索任务？这就是无线通信领域普遍存在的“随机退避碰撞”问题。  上述场景存在于多个应用领域，**属于无线通信中的共性问题**，只要涉及多个目标的同时响应，该问题就无法回避，需要采取相应技术措施尽量减少多个目标同时响应时出现的相互干扰（碰撞问题）。  与之对应，当呼端存在多部救生台时，此时呼救信号（遇险告警）比较集中，会抢占宝贵的频率资源。如果不能通过技术手段加以限制和协调，大量呼救信号会相互碰撞干扰，导致呼救信号无法及时发出（最终需要较长时间才能有效发出），导致搜端无法及时收到遇险告警信号，做出响应，影响后续救援计划和行动。  上述即为本技术要解决的多目标救援高效呼救与搜索问题，基于初始参数，采用不同搜索策略，可实现多目标的高效呼救与搜索，从而有效提升搜救效率。 | | | | | | | | | | | | |
| **提名单位：陕西电子信息集团有限公司** | | | | | | | | | | | | |
| **提名意见** | | | | | | | | | | | | |
| “基于无线电手段的多目标高效呼救与搜索策略与方法”通过相应的技术和验证手段（利用数学建模进行严格的理论分析，利用计算机进行大量的数值仿真验证，利用救生电台进行半实物仿真，利用救生台进行实际测试验证），对现有搜救波形适应性改造，结合呼救、搜索流程和优化策略，有效解决无线通信领域中的随机碰撞共性问题，显著提升多目标呼救效率，缩短搜索时间，提升遇险搜索效率。  提名该项目为陕西省技术发明奖二等奖。 | | | | | | | | | | | | |
| **客观评价** | | | | | | | | | | | | |
| **陕西电子信息集团有限公司**  本技术用于多目标遇险高效呼救与搜索领域，有效解决了无线通信中涉及“搜索-确认”应答响应这一大类通用共性问题（碰撞问题），提出完整的搜索碰撞解决思路、搜索参数选择方法和高效搜索实现途径。  基于自适应参数调整机制和搜索策略，能够解决包括大规模目标批量搜索、未知目标盲搜在内的一大类搜索问题。部分参数可由用户自定义，或运行中自适应调整，适应更多应用场景。参数设置与搜索选择算法易于工程实现，控制灵活，可以按需增加相应控制参数，具有较强的通用性、灵活性和扩展性。  与现有技术相比，在参数设置、搜救波形动态配置、搜索效率、搜索目标数量(尤其是呼救目标数量很多时，本技术的优势更为明显)、呼救端的态势感知能力、搜寻端与呼救端之间的交互控制能力、搜救任务执行的隐蔽性与安全性、软件升级、平台移植、应用灵活性和扩展性等方面，获得全面优化和性能提升，并且进一步推进相关领域无线电搜救技术体制和消息格式的统一与规范化，提升不同部门间的联合协同搜救效能。  除了搜救领域，本技术还可扩展应用于诸如无线自组网、无线通信协同共享、大规模空降空投快速定位集结，以及物资精准空投与人员精准空降等多个无线通信应用相关领域。 | | | | | | | | | | | | |
| **应用情况** | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | | 应用单位名称 | | | 应用起始时间 | | | 应用截止时间 | | 应用单位联系人 | | 联系电话 |
| 1 | | 陕西烽火电子股份有限公司 | | | 2020.12 | | | 至今 | | 杨立 | | 0917-3958388 |
| **排序** | | **主要完成人情况** | | | | | | | | | | |
|  | | 姓名 | 行政  职务 | | | 技术  职称 | 工作  单位 | | 完成  单位 | | 对本项目主要学术  和技术创造性贡献 | |
| 1 | | 梁峰 | 无 | | | 工程师 | 西安烽火电子科技有限责任公司 | | 西安烽火电子科技有限责任公司 | | 项目负责人，独立提出本技术核心思路，完成关键技术的建模、仿真验证，完成了性能仿真测试，配合完成搜救波形模块的研制。 | |
| 2 | | 张凡 | 无 | | | 工程师 | 西安烽火电子科技有限责任公司 | | 西安烽火电子科技有限责任公司 | | 负责项目验证硬件及设备保障，参与系统测试验证。 | |
| 3 | | 薛亚茹 | 无 | | | 工程师 | 西安烽火电子科技有限责任公司 | | 西安烽火电子科技有限责任公司 | | 负责实现半实物性能仿真测试验证 | |
| 4 | | 仇妙月 | 无 | | | 助理工程师 | 西安烽火电子科技有限责任公司 | | 西安烽火电子科技有限责任公司 | | 项目管理相关工作 | |
| **完成人合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | |
| 西安烽火电子科技有限责任公司独立完成了该技术的方案设计，软件实现和性能测试验证，并完成搜救波形模块的研制。  梁峰，作为整个项目负责人，独立提出本技术涉及的核心思路、完整的高效呼救与搜索流程与策略及其应用条件，完成关键技术的建模理论分析与数值仿真验证，指导完成半实物性能仿真测试验证，配合完成搜救波形模块的研制。  张凡，参与项目方案设计，负责项目验证硬件及设备保障，参与系统测试验证。  薛亚茹，参与项目方案设计，实现半实物性能仿真测试验证，配合完成搜救波形模块的研制。仇妙月，项目管理相关工作。  项目中成员间的技术合作不限于本项目，相关成果在项目结题后已应用于其它项目。 | | | | | | | | | | | | |
| **排序** | **主要完成单位及对本项目的贡献** | | | | | | | | | | | |
| 1 | 本单位独立完成了该技术的方案设计，软件实现和性能测试验证，并完成搜救波形模块的研制。随着项目成果的进一步推广与产品规模化生产，将提供更多的科研和生产岗位，产生可观的社会和经济效益。 | | | | | | | | | | | |
| **完成单位合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | |
| 无 | | | | | | | | | | | | |
| **完成人合作关系情况汇总表：** | | | | | | | | | | | | |
| |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果 | | 1 | 技术合作 | 梁峰/第一 | 2019年01月 | 2020年12月 | 专利证书 | | 2 | 技术合作 | 张凡/第二 | 2019年01月 | 2020年12月 | 专利证书 | | 3 | 技术合作 | 薛亚茹/第三 | 2019年01月 | 2020年12月 | 专利证书 | | 4 | 技术合作 | 仇妙月/第四 | 2019年01月 | 2020年12月 | 专利证书 | | | | | | | | | | | | | |

2023年度陕西省科学技术奖项目提名公示3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目名称** | | | | | | 面向多领域应用的轻量化机载气象雷达装备研制与推广 | | | | | | | | |
| **项目简介** | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. **项目背景**   直升机作为具有很强机动能力的平台，尤其是在执行运输、救援、巡查等任务方面。直升机对恶劣气象的探测和感知能力，直接影响到其飞行安全和任务完成效果，因此大多直升机平台对机载气象雷达设备提出了强烈需求。陕西长岭电子科技有限责任公司作为国内专业的雷达导航企业，在机载气象雷达领域深耕细作二十多年，坚持跟进机载气象雷达技术发展动向和用户实际使用需求，努力为客户提供技术先进、性能可靠的机载气象雷达设备。2015年陕西长岭电子科技有限责任公司根据型号直升机的任务背景、技术性能、进度要求和后续发展规划，自筹资金，启动了面向多领域应用的轻量化机载气象雷达（以下简称轻量化机载气象雷达）自主研制工作，厂内型号为661E-1（661E）气象雷达。   1. **项目主要技术内容**   由于我国飞机种类型号繁多，对机载气象雷达提出了更高的装机使用需求：如要求雷达体积小、重量轻、具备更好的保障性和能够适用我国复杂的地形等。为满足国内日益复杂的装机使用需求，陕西长岭电子科技有限责任公司研制了指标先进、功能多样、具有良好维修性和保障性的轻量化机载气象雷达。  该雷达由收发机、天线及驱动器2个LRU组成，具备气象探测、气象告警、地形测绘、海面目标搜索、辅助导航、信标定位、地杂波抑制以及公海里切换、电子对抗闭锁等功能，在直升机平台首次实现了机载气象雷达与电子自卫系统的交联，提升了载机平台的综合保障能力。该雷达可应用于执行空投、巡逻、搜索、搜救和运输等任务的直升机和固定翼飞机，也可以应用于支线民航客机，目前已装备了3种型号的直升机，并开始批量生产交付用户。  该雷达要求相比原型机实现减重近30%的目标，所以该单位在研制过程中采用了全新设计，在保持原型机的探测指标基本不变的基础上，满足减重需求，同时更加适应国内直升机平台特性。  与国内外同类型雷达相比，该雷达采用了轻量化、数字化、集成化和模块化设计方法，并针对国内使用环境进行了适应性改进，功能多样化、性能指标、重量等方面得到了进一步提升。该雷达取消了原型机独立的显示控制分机，可与机上综合显示控制设备交联，实现综合显控，提升了航电系统的集成能力。内部设计时将原型机的信号处理分机和控制盒2个LRU进行了集成化、模块化设计，形成一个高集成度的信号处理模块，并将该信号处理模块集成到收发机内部，有效的减少了系统LRU数量，提升了系统集成度。该信号处理模块作为雷达处理的核心部件，以FPGA和CPU为处理核心，将回波处理和显示的信号处理部分和显示处理部分以软件的形式实现，极大的减小了整机的体积和重量。该雷达相比于原型机减重近30%，并由原有的4个LRU变为了2个LRU，有效提升了产品的集成度，方便机上安装使用和日常维护。  该雷达信标处理算法采用全新设计，具有自主知识产权，能够有效提升信标信号的测量精度和检测概率。该设计能够实现符合GJB661-89规定的标准二脉冲信标和标准六脉冲信标的检测、识别和定位，可为直升机在野外/海上等执行任务时提供可靠的信标导航功能。  该雷达在国内同类装备中首次增加了基于多层扫描对比的地杂波抑制功能，能够根据载机飞行姿态和飞行高度自动进行俯仰角度调节，通过多层扫描对比实现地杂波抑制功能，从而减小飞行员对气象条件的误判，特别是在高原环境下执行任务时，可有效保障载机的飞行安全，提升任务效能。  该雷达采用具有自主知识产权的全新显示效果优化方法，能够有效提升气象云团目标回波显示效果，消除噪声，减轻毛刺，平滑边缘，提高显示清晰度，提升用户体验和感知结果，保证飞行器飞行安全。该设计能够根据雷达工作实时接收到的气象目标回波信息，通过中值滤波、膨胀、腐蚀等处理，优化云团显示边界和分布特性，提升总体显示效果。  该雷达具有探测距离远、体积小、重量轻、技术先进、工作稳定、可靠性高、操作简单、维护方便等特点，随着飞机陆续交付用户，该雷达已经得到了大量使用，经实际使用证明，该雷达性能稳定可靠，受到了用户的一致好评。  在雷达研制生产过程中，同步开展了气象雷达综合测试仪的研制。该仪器为全自主设计研制，能替代国外具有相同功能的RD-301A气象雷达测试仪，为国内首创，填补了相关领域的空白，提升了雷达的保障性；仪器中的脉冲信号频率测量器采用全新方法，有效提高了测频精度和速度。   1. **授权专利情况**   本项目研制先后共申请专利8项，其中：  已授权发明专利5项，分别为：基于FPGA的机载气象雷达、脉冲信号频率测试器、GJB661-89标准信标机信号的识别方法、基于多层扫描对比的地杂波抑制方法和气象雷达综合测试设备。  已授权实用新型专利2项，分别为：一种小型化的机载气象雷达、一种气象成像雷达综合航电模拟装置。  已申请并进入实质审核生效状态的发明专利1项：气象雷达显示效果优化方法。   1. **应用推广及效益情况**   该雷达面向直升机飞行气象安全保障需求，可广泛装备于执行运输、搜索、救援和巡查等任务的直升机，预计累计可产生超过数亿元的总产值。其中，用于直升机的设备已经累计产值将近亿元，“吉祥鸟”AC313A型机配套型号已交付多套，并于2022年5月份于江西省景德镇市吕蒙机场成功首飞，为中国13吨级直升机平台的重大发展做出了贡献。  该雷达的成功研制填补了国内轻量化、数字化机载气象雷达自主研制的空白，提高了飞机整体气象安全保障能力和电子自卫生存能力，为国内机载雷达地杂波抑制方法的探索积累了宝贵的经验。 | | | | | | | | | | | | | | |
| **提名单位：陕西电子信息集团有限公司** | | | | | | | | | | | | | | |
| **提名意见** | | | | | | | | | | | | | | |
| 为满足国内飞机日益复杂的装机使用需求，本项目研制了指标先进、功能多样，具备良好维修性和保障性的面向多领域应用的轻量化机载气象雷达。该雷达技术水平国内领先，可提升飞机的电子自卫生存能力和飞行安全，其成功研制填补了国内在轻量化、数字化机载气象雷达自主研制领域的空白，也为国内机载雷达地杂波抑制技术领域积累了经验。  成果涉及的技术已获授权国家发明专利5项、实用新型专利2项，雷达已在国内多个直升机项目中完成装机使用，并完成了针对民用AC313A型机的配套安装和适应性验证。该项目累计产生了上亿元产值，并可针对国内多种机型进行推广，有广阔的市场前景。  该项目成果技术先进，应用效益明显，材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术进步奖提名条件。  提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖。 | | | | | | | | | | | | | | |
| **客观评价** | | | | | | | | | | | | | | |
| a) 轻量化机载气象雷达目前已装备多种型号的军用、武警和民用直升机，该项目的成功研制，提高了我国轻量化数字化机载气象雷达的自主研制能力，预计可产生超过数亿元的总产值，具有重大应用价值；  b) 与国外同等类型的机载气象雷达相比，该雷达综合重量（不含电缆）由16.33kg减小到9.84kg，分机数量由3个LRU减小到了2个LRU，体积也相应缩小，更加适用于国内军民用直升机平台，方便安装和维护，也提升了航电设备自给和自主可控能力；  c) 轻量化机载气象雷达研制成功后，已装备多种型号的军用、武警、民机直升机，在使用过程中获得用户一致好评，其关键技术已得到验证，达到了国内先进水平，性能稳定，工作可靠，具备很强的市场竞争力；  d) 该项目的研制难度大，在国内首次将基于多层扫描对比的地杂波抑制技术应用于机载气象雷达，并且首次实现了机载气象雷达与电子自卫系统的交联，提高了载机的电子对抗能力；  e) 轻量化机载气象雷达项目已获得了陕西省电子信息集团科学技术进步奖，并且项目相关的技术创新已经获得了5项国家发明专利和2项实用新型专利授权。 | | | | | | | | | | | | | | |
| **应用情况** | | | | | | | | | | | | | | |
| 本项目在设计过程中，采用了轻量化、数字化、集成化和模块化设计方法，在保持探测性能不变的情况下，极大的减小了雷达整机的重量，同时增加了地杂波抑制功能、电子对抗交联能力和显示效果优化等功能，项目在国内同类产品中保持先进水平。  该项目在成功研制后，已批量装备多种型号的军用、警用和民用直升机，有效提升了直升机在恶劣气象条件下的飞行安全保障能力，提升了任务执行效能。同时以此雷达相关应用结果、技术成果和行业技术发展为基础，我单位已经开展了固态化、数字化、一体化升级换代产品的研制工作，期望针对新的用户需求和任务使命，承担起更多的责任，为用户提供更为先进的机载气象雷达装备。目前升级换代的雷达系统已经完成了样机研制。  同时，该雷达还根据飞机总体所要求，完成了民机“吉祥鸟”AC313A型机配套型号的适应性验证和配套安装，并与2022年5月份于江西省景德镇市吕蒙机场成功首飞，为中国13吨级直升机平台的发展和民航事业作出了巨大贡献。 | | | | | | | | | | | | | | |
| **排序** | | | **主要完成人情况** | | | | | | | | | | | |
| 序号 | | | 姓名 | 行政  职务 | | | 技术  职称 | | 工作  单位 | 完成  单位 | | 对本项目主要学术  和技术创造性贡献 | | |
| 1 | | | 李勇 | 副总工程师 | | | 高级工程师 | | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | | 项目负责人，负责雷达系统及仪器的理论计算、软硬件系统规划。 | | |
| 2 | | | 孟武亮 | 产品总师 | | | 高级工程师 | | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | | 协助项目负责人，负责雷达系统及仪器的理论计算复核，完成数字信号处理算法、人机界面设计，完成部分硬件设计，完成仪器软件设计。 | | |
| 3 | | | 姜文博 | 产品主管 | | | 高级工程师 | | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | | 完成信标处理的算法设计；完成程序构架和FPGA软件，部分C软件的程序设计及调试。 | | |
| 4 | | | 杜景青 | 产品总师 | | | 高级工程师 | | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | | 负责雷达系统研制具体实施和验证，完成测试仪器具体设计制作。 | | |
| 5 | | | 石晨方 | 室主任 | | | 高级工程师 | | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | | 完成部分嵌入式软件的程序设计及调试和雷达系统验证。 | | |
| 6 | | | 陈跃军 | 室主任 | | | 高级工程师 | | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | | 协调各部单位进行研制生产，完成部分软件设计。 | | |
| 7 | | | 邬聪明 | 产品主管 | | | 高级工程师 | | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | 陕西长岭电子科技有限责任公司 | | 完成部分硬件设计，负责进行相关试验。 | | |
| **完成人合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | | | |
| 李勇，项目合作第1完成人，陕西长岭电子科技有限责任公司副总工，硕士，高级工程师，曾获得陕西省国防科技航空工业二等奖1项，陕西省国防科学技术进步奖二等奖1项，陕西省国防科学技术进步奖三等奖1项，在项目完成过程中，担任项目负责人，主要负责雷达系统及仪器的理论计算、软硬件系统规划。  孟武亮，项目合作第2完成人，陕西长岭电子科技有限责任公司总师，高级工程师，曾获陕西省电子信息集团科学技术进步奖二等奖3项，在项目完成过程中，主要协助项目负责人完成雷达系统及仪器的理论计算复核，完成数字信号处理算法、人机界面设计，完成部分硬件设计和仪器软件设计。  姜文博，项目合作第3完成人，陕西长岭电子科技有限责任公司技术专家，高级工程师，曾获陕西省国防科学技术进步奖二等奖1项，陕西省国防科学技术进步奖三等奖1项，主要完成信标处理的算法设计，并完成程序构架和FPGA软件、部分C软件的程序设计及调试。  杜景青，项目合作第4完成人，在项目完成过程中，负责雷达系统研制具体实施和验证，并完成测试仪器具体设计制作。  石晨方，项目第5完成人，在项目完成过程中，负责完成部分嵌入式软件的程序设计及调试和雷达系统验证。  陈跃军，项目第6完成人，在项目完成过程中，负责协调各部单位进行研制生产，完成部分软件设计。  邬聪明，项目第7完成人，在项目完成过程中，负责完成部分硬件设计，并进行了相关试验。 | | | | | | | | | | | | | | |
| **排序** | | **主要完成单位及对本项目的贡献** | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | **陕西长岭电子科技有限责任公司**：  根据总体进度安排和项目的科研计划，提供项目研究所需的经费，为整个项目的研发、试验和生产提供了相应的保障，负责并完成了项目的整体规划和组织协调，保障了项目的顺利进行；支撑项目组完成了5项发明专利和2项实用新型的申报和授权；将该型雷达向军方、武警和民用等多型机进行推广并完成配套装机。 | | | | | | | | | | | | |
| **完成单位合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | | | |
| 无 | | | | | | | | | | | | | | |
| **完成人合作关系情况汇总表：** | | | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | 合作方式 | | | | 合作者/项目排名 | | | 合作起始时间 | | | 合作完成时间 | | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 共同知识产权 | | | | 陈跃军/1  李勇/2  姜文博/4  石晨方/5  邬聪明/7  杜景青/8 | | | 2015.06.01 | | | 2018.12.01 | | 基于FPGA的机载气象雷达 | 专利证书 |
| 2 | 共同知识产权 | | | | 李勇/1  杜景青/4  孟武亮/8  姜文博/9  陈跃军/11 | | | 2015.06.01 | | | 2018.12.01 | | 脉冲信号频率测试器 | 专利证书 |
| 3 | 共同知识产权 | | | | 姜文博/1  李勇/2  石晨方/3  邬聪明/5 | | | 2015.06.01 | | | 2018.12.01 | | GJB661-89标准信标机信号的识别方法 | 专利证书 |
| 4 | 共同知识产权 | | | | 陈跃军/1  李勇/2  石晨方/3  邬聪明/7  杜景青/8 | | | 2015.06.01 | | | 2018.12.01 | | 基于多层扫描对比的地杂波抑制方法 | 专利证书 |
| 5 | 共同知识产权 | | | | 杜景青/1  李勇/2  陈跃军/8  孟武亮/9 | | | 2015.06.01 | | | 2018.12.01 | | 气象雷达综合测试设备 | 专利证书 |
| 6 | 共同知识产权 | | | | 陈跃军/1  李勇/2  姜文博/4  石晨方/5  邬聪明/7  杜景青/8 | | | 2015.06.01 | | | 2018.12.01 | | 一种小型化的机载气象雷达 | 专利证书 |
| 7 | 共同知识产权 | | | | 李勇/4  孟武亮/5  姜文博/6  石晨方/12 | | | 2015.06.01 | | | 2018.12.01 | | 一种气象成像雷达综合航电模拟装置 | 专利证书 |

2023年度陕西省科学技术奖项目提名公示4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目名称** | | | | **新一代天地一体化数字集群通信系统** | | | | | | | | |
| **项目简介** | | | | | | | | | | | | |
| 1. **任务来源**   本项目由陕西烽火实业有限公司自主立项，项目编号：FHSY-JQ001；  项目名称：新一代天地一体化数字集群通信系统；  产品鉴定试验完成时间：2020年01月；  产品鉴定试验单位：中电科二十研究所校准/检测实验室；  项目鉴定时间：2020年12月；  项目鉴定单位：陕西烽火电子股份有限公司。   1. **应用领域和技术原理**    1. **应用领域**   本项目应用于我国公安、人防、武警、渔政、森林防火，景区监控、戈壁沙漠地质勘探、山洪暴发、海洋救灾、反恐应急景区等国民经济各个部门。同时，项目已取得出口立项批复，可以出口国外，目前已出口老挝和非洲某国。   * 1. **技术原理**   该项目包含集群系统（8款集群设备）和与集群系统互联的智能频谱感知系统等两大部分。集群系统包含手持台、车载台、转信台、背负式基站、车载基站、固定基站、区域交换设备、调度台等。智能频谱感知系统包含固定式频谱感知设备、通信卫星网络、移动便携式智能频谱感知模块以及具有控制卫星功能的分布式关口站等组成。  集群系统基站侧采用固定式智能频谱感知系统，终端侧采用移动便携式智能频谱感知模块或集群融合终端（采用天通卫星则为融合终端）。系统总体网络架构图如下图1所示。  本项目提出了基于频谱感知的天地一体化数字集群通信系统网络架构和系统空中接口。本项目承载二种通信模式，其一：所有集群终端（包含车载台、手持台）在数字集群网络覆盖区域内或通过转信台中继仍旧在覆盖区域，则按照原网络规范进行全业务通信；其二：在发生突发事件或自然灾害时，事发现场往往出现基站毁坏或终端不在集群网络覆盖范围内的情况，救援人员到达后无法进行通信也无法联系指挥中心，造成通信中断，为救援任务带来巨大困难。本项目通过在基站侧和终端侧的智能频谱感知系统和卫星链路，快速搭建集群终端—卫星---集群基站的双向通信通路，达到广域覆盖的全业务通信能力。  系统终端侧卫星通道工作原理：在应急通信现场，当集群终端检测不到集群网络，则按照终端需入卫星网的配置信息，自动发射以FBMC调制解调的全业务信号，智能频谱感知模块感知到集群终端的信号后，采用射频直接转发模式发送信号到高通量卫星，按照高通量卫星关口站分配的资源，高通量卫星转发该信息到已获取高通量卫星资源的集群基站，集群基站接收到相应信号后解码接入集群网络进行处理。集群基站按照需入卫星网的配置信息，发射信号到智能频谱感知系统，利用射频转发机制发送到高通量卫星，依据关口站分配的资源自动转发信号到指定卫星波束区域的智能频谱感知模块，该模块接收到高通量卫星的信号后进行射频转发，发送至集群终端，集群终端收到该信息后进行解码和相关处理。在本项目的整个系统中发射和接收的信号包含注册信息、鉴权信息、其他通信业务信息。  本项目通过通信卫星和现有集群网络资源的有效整合，实现了面向指挥、调度、通信联络为目的数字集群系统的广域覆盖和网络动态接入，满足现代应急通信全天候、全地域、无缝连接的通信保障要求，达到了广域覆盖、实时能通、可靠传输、远程控制、业务多样、安全稳定、现场有效处置的目标。    图1 系统总体网络架构图   1. **产品技术水平**   该项目是国内首家研制的基于数字集群通信和高通量卫星通信，满足广域覆盖的数字集群通信系统，首次制定并验证了天地一体化数字集群通信系统中集群终端-卫星-集群基站间空中应用接口规范和系统架构。本项目技术是现有地面集群通信技术的重要升级，通过融合集群通信和卫星通信网络技术，首次提出基于频谱感知和卫星通信的新一代天地一体化数字集群通信系统技术，解决了传统的地面数字集群网络通信覆盖范围受限、易受自然灾害影响等技术难题，大幅提高了数字集群通信的可靠性和应急效能。通过相关知识产权、查新报告、成果评价，用户评价，该项目系统技术总体达到国际先进水平。 | | | | | | | | | | | | |
| **提名单位：陕西电子信息集团有限公司** | | | | | | | | | | | | |
| **提名意见** | | | | | | | | | | | | |
| 我单位认真阅读了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关内容符合省科学技术进步奖的提名要求。  该项目针对在遇到突发事件或自然灾害时，地面数字集群通信系统所存在的缺乏高效可靠的网络覆盖、简单有效的多媒体传输手段和危险环境探测定位等应用瓶颈，通过联合攻关，首次制定并验证了天地一体化数字集群通信系统集群终端-卫星-集群基站间空中应用接口规范和系统架构，发明了“新一代天地一体化数字集群通信系统”。创新性地采用了多信道FBMC技术、高通量多通道实时转发技术、毫米波探测技术，解决了制约集群通信发展的网络复杂度高、天地一体化设计成本高、探测定位装置小型化设计等难题。多信道低复杂度FBMC物理层调制解调及同步增强技术，有效解决了单载波方式下的多媒体业务限制，并且以尽量少的灵敏度和功耗损失为代价，实现了天地一体化数字集群通信系统同一物理层模式下的地面集群网络和卫星网络的无缝切换和业务能力增强；基于高通量通信卫星的多通道实时转发广域覆盖技术，实现了较低时延的低成本一体化网络设计，解决了地面数字集群通信系统基于卫星的广域延伸；运用毫米波探测技术，解决了毫米波探测的低损耗、宽带宽、对电磁干扰免疫、集成化设计要求等难题。本项目形成了多项关键技术成果，在天地一体化数字集群通信系统应用领域取得了重大技术突破。  研究成果获国家发明专利10项，实用新型专利2项。项目成果已进行批量生产，实现销售收入2亿多元，创汇1280万美元，具有良好的经济和社会效益。  提名该项目为2023年度陕西省科技技术进步奖二等奖。 | | | | | | | | | | | | |
| **客观评价** | | | | | | | | | | | | |
| **陕西电子信息集团有限公司**  科学技术成果鉴定意见：  1. 关键技术及创新点  本项目通过采用基于窄带FBMC调制解调技术、智能频谱感知技术、射频直接转发技术，实现了集群系统基站侧和终端侧与高通量卫星的互联互通，构建了“新一代天地一体化数字集群通信系统”。  本项目实现的创新点包括：  1）基于窄带FBMC的天地一体化集群物理层增强技术。重点从 FBMC调制解调器的低复杂度设计技术和FBMC的时域和频域同步增强技术设计进行工程化研制，使本项目达到了可靠性高、传输距离远、能耗低、机动性强等特点。  2）基于高通量通信卫星的集群广域覆盖和抗干扰和智能感知卫星接入技术。重点从基于高通量通信卫星的集群广域覆盖技术和智能感知卫星接入技术进行接口设计，首次制定并验证了天地一体化集群系统中集群终端-卫星-集群基站间空中应用接口规范和系统架构。系统性解决了应急可靠覆盖、快速布设与天地一体场景无缝切换。  3）基于微波光子的集成化高频毫米波安全感知技术。重点从PDM-DPMZM调制器的高频毫米波产生技术和Mach-Zehnder型的光滤波器频率测量方法进行小型化，低成本、嵌入式设计，利用微波光子技术融合微波和光通信的优点，创新性地完成了基于微波光子技术设计了信号源和频率测量模块，实现了低损耗、宽带宽、对电磁干扰免疫、小型化需求，使该模块具备抗电磁干扰强、带宽大、损耗低、系统结构相对简单等特点。  2. 应用效益和经济社会价值  本项目研发成功后，完成了多批次系统及单体设备的生产，近三年实现销售收入2亿多元，新增利润3293万元，新增税收3000万元，出口创汇1280万美元。在国内市场先后应用到陕西、甘肃、山西、山东、新疆、内蒙、广东、云南等多省区的人防单位、公安系统、应急和武警等部门。在国际市场，已经成功出口到老挝、吉布提、非洲某国等国家和地区。陆续实施了老挝丰沙里平安城市的指挥调度系统；吉布提海军港口通信指挥系统和非洲某国的军事通信系统。目前已有多家单位签订了合同或达成了意向需求。  通过该项目的实施，在国内多省区的人防、公安、武警部门的通信建设和应对突发事件中发挥了关键作用。在国外市场的推广应用中，不仅取得了可观的经济效益，而且为多个发展中国家建设了通信保障设施，培养了所在国的技术和运维人才，提高了当地的通信发展水平，尤其填补了老挝缺少广域覆盖并融合宽窄带数字集群通信系统的历史空白。  本项目为我国公安、人防、武警、渔政、应急等部门提供了先进的设备，提高了这些部门资源管理、国土安全、信息分发与传输水平，提高了相关部门应急通信、事件处置和防灾减灾的能力，促进了我国多网融合技术的发展。特别是在森林防火，景区监控、戈壁沙漠地质勘探、山洪暴发、海洋救灾、反恐应急等场景应用提供了解决方案。  通过本项目的产业化应用和技术辐射，开发的铁路平面调度系统和列车调度系统已应用到重庆和成都铁路局，保障铁路机车客运站和货运站的列车调度，进而出口到肯尼亚，完成了肯尼亚铁路调度系统的建设。  通过卫星与集群相互融合，提高了该频段宝贵频谱资源的利用效率，提升了用户使用的服务质量和业务体验。采用互通融合技术整合相关传统设备，不仅大幅度提升了其在国内外市场上的竞争力，同时促进了专用通信领域的产品销售和扩大市场份额。  通过本项目国际贸易出口，进一步拓展了我省先进的系统集成产品及相关通信设备的出口市场，提升了烽火品牌的知名度，不仅为我国和我省创造了可观的外汇收入，而且为这些国家培养了一定的科技人才，提高了他们的通信技术水平，为这些发展中国家的经济社会发展做出了贡献。对于增强我省经济竞争力具有重大意义。  通过本项目产业化应用，购置科研开发、生产所必需的先进设备仪器，极大提高了研制开发和生产能力，进而提升了产品的质量和可靠性，增强了产品在国内及国际市场的竞争力，使我公司在数字集群通信研发生产方面保持行业领先水平。随着项目建设产能扩大和批量产出，直接带动出口相关行业和与本公司配套的行业的发展，促进上游企业的供给投入和产品输出，提高配套行业加工工艺水平和加工精度，降低生产成本，增加税收，直接或间接提供就业岗位，解决大量高校学生的就业难题。  通过与高校、研究院所的横向联合，专项技术和共性技术的研究，提升了高校院所的技术研究水平，促进“产、学、研”结合，为国家高校人才的培养提供了平台，驱动高校研究的科技成果本地转化，促进了高校的理论研究成果与工程化产品的有机结合，解决了高校大量研究成果无法就地转化的矛盾。  依托本项目，预计今后每年可生产数字集群系统30～50台套，配套设备或产品8000台以上，实现销售收入约5亿元，利润5300万元，税金数2500万元，出口创汇预计达数千万美元，为我省的经济发展做出贡献。  总之，通过本项目提升了企业自主创新能力，其经济效益和社会效益显著。  3. 技术水平及鉴定情况  本项目拥有自主知识产权，通过了中国电子科技集团公司第二十研究所校准/检测实验室的第三方鉴定试验，并通过了陕西烽火电子股份有限公司组织的的产品鉴定。通过科技查新和中国高科技产业化研究会科技成果评价，项目技术水平达到国际先进水平。  本项目的关联项目，其编号为2021ZDLGY04-04，项目名称为“面向应急通信的综合通信融合技术”已列入陕西省重点研发计划重点产业链项目。  4. 安全、可靠性以及自主可控情况  本项目中的关键器件、材料、软件平台、软件均采用了国产化产品和设计，严格按照GJB9001-2017质量体系进行研制和生产。  综上所述，研究成果具有创新性、实用性，推广应用前景广阔，社会经济效益显著，研究成果总体上达到了国际先进水平。 | | | | | | | | | | | | |
| **应用情况** | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | | 应用单位名称 | | | | 应用起始时间 | | 应用截止时间 | | 应用单位联系人 | | 联系电话 |
| 1 | | 广东德士嘉通讯系统有限公司 | | | | 2019.08 | | 2022.08 | | 杨妮妮 | | 020-39993010 |
| 2 | | 迈格康（深圳）科技有限公司 | | | | 2020.10 | | 2022.04 | | 蔡杰海 | | 400-9298-520 |
| 3 | | 上海三吉电子工程有限公司 | | | | 2021.08 | | 2021.12 | | 郑澔 | | 13818813760 |
| 4 | | 浙江汉邦通讯设备有限公司 | | | | 2021.12 | | 2022.03 | | 张凯 | | 057382067025 |
| 5 | | 北方信息控制研究院集团有限公司 | | | | 2020.09 | | 2022.06 | | 柴玮岩 | | 025-52859561 |
| 6 | | 联强国际贸易（中国）有限公司 | | | | 2021.12 | | 2022.10 | | 程昱瑾 | | 010-50855600 |
| 7 | | 茂名市住房和城乡建设局巴 | | | | 2020.03 | | 2021.01 | | 梁勇修 | | 17506282668 |
| 8 | | 广州桥承信息科技有限公司 | | | | 2021.09 | | 2022.05 | | 岑桥瑜 | | 13416827687 |
| 9 | | 深圳欧蓓电子商务有限公司 | | | | 2020.11 | | 2021.02 | | 曾海欣 | | 13728353248 |
| 10 | | 含德（新加坡）贸易有限公司 | | | | 2022.08 | | 2022.10 | | 张秋红 | | 17791995307 |
| **排序** | | **主要完成人情况** | | | | | | | | | | |
| 序号 | | 姓名 | 行政  职务 | | 技术  职称 | | 工作  单位 | | 完成  单位 | | 对本项目主要学术  和技术创造性贡献 | |
| 1 | | 董克成 | 公司总经理 | | 高级工程师 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 项目总负责人，负责制定项目总体研究框架和研究路线，在总体方案中提出了数字集群系统与卫星通信系统的融合思路，并在项目研制阶段负责宽窄带技术、卫星技术攻关，推进研究成果应用。 | |
| 2 | | 尚磊 | 无 | | 副教授 | | 西安电子科技大学 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 项目关键技术攻关负责人，结合本项目将5项发明专利通过算法改进应用，贯穿到数字集群系统和卫星通信中，保证了通信链路的稳定可靠。并通过开发毫米波技术应用到救援人员和被救人员的安全定位达到有效救援的目的。在系统中基于物理层的窄带增强应用，做出了重要贡献。 | |
| 3 | | 李杰 | 无 | | 研究员 | | 西安空间无线电技术研究所 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 项目卫星通信关键技术负责人。在本项目中重点解决了多波束高通量卫星与集群系统的接口，通信协议，信号延迟，无缝切换和信号转发的实现方案和技术难点，使集群系统和卫星系统形成了统一的一体化设计，为本项目网络广域覆盖的实现作出了重要贡献。 | |
| 4 | | 蒲云龙 | 副部长 | | 高级工程师 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 负责该项目窄带数字集群系统与宽带数字集群系统的融合，包括实施方案，系统接口，通信协议。 | |
| 5 | | 王勉 | 副总工 | | 高级工程师 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 负责该项目网络、有线网络与数字集群的融合。包括实施方案，系统接口，通信协议，软件交互的实现。 | |
| 6 | | 杨恒煜 | 研究所所长 | | 高级工程师 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 负责该项目北斗定位技术、北斗短报文技术与数字集群系统的融合设计，包括终端设备、基站设备、调度台等设备的改进和改造。 | |
| 7 | | 戚楠 | 无 | | 高级工程师 | | 西安空间无线电技术研究所 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 负责该项目高通量卫星与集群系统在链路联通。解决了卫星链路与集群系统链路信号转发和可靠通信的技术难题，为项目工程化应用作出了贡献。 | |
| 8 | | 郭永刚 | 副经理 | | 高级工程师 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 郭永刚同志是系统技术负责人，负责整个项目的技术研发和关键技术攻关。 | |
| 9 | | 张博 | 室主任 | | 高级工程师 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 负责与西安电子科技大学、西安空间无线电技术研究所的技术沟通，实施细节，可行性研究，解决技术合作中关键技术难题。 | |
| 10 | | 梁春龙 | 无 | | 工程师 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 陕西烽火实业有限公司 | | 负责系统中各单体设备的总体研发，包括终端设备、转信设备、基站、调度台等。 | |
| **完成人合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | |
| 本项目中的完成人均是开展新一代天地一体化数字集群通信系统研究团队骨干或长期合作伙伴，也是以本人为团队带头人的科技创新团队人员。  1、董克成，第一完成人，项目总负责人，陕西烽火实业有限公司总经理。负责制定项目总体研究框架和研究路线，在总体方案中提出了数字集群系统与卫星通信系统的融合思路。在项目研制过程中，对本项目产品组人力资源、项目资金、测试仪器设备统筹调配，促进了项目的有序开展。项目完成后积极实施了成果的推广应用。取得陕西电子信息集团科技进步一等奖和科学技术成果证书。  2、尚磊，第二完成人，项目关键技术攻关负责人，西安电子科技大学副教授。项目研制过程中，重点在FBMC相关算法技术、毫米波技术为本项目提供了强力支撑。与陕西烽火实业有限公司研究所密切合作，共同完成关键技术攻关，提供的设计原型和软件代码在新产品研制中发挥了重要作用，并取得了相关发明专利等知识产权成果。尚磊是5项发明专利《用于FPGA的FBMC/OQAM调制控制系统及方法、调制器》（ZL201810217449.1）、《发送信号同步处理方法、系统、存储介质、程序、终端》（ZL202010249360.0）、《一种基于TETRA II标准的信号频偏估计方法、无线通信系统》（ZL201811558823.0）、《一种基于PDM-DPMZM调制器产生毫米波的装置》（ZL201610850628.X）、《一种基于Mach-Zehnder型光滤波器频率测量的装置及方法》（ZL201810275848.3）的主要发明人。  3、李杰，第三完成人，卫星通信关键技术负责人，西安空间无线电技术研究所副总工程师，西安空间无线电技术研究所有效载荷总体部研究员，卫星通信关键技术负责人，在多波束高通量卫星通信技术与数字集群通信技术融合方面，与烽火实业有限公司共同完成了集群与卫星通信互联的关键技术攻关，将智能频谱感知的通信卫星接入技术和分布式关口站技术应用到本项目中。项目研制过程中在频谱感知与卫星接入算法设计、集群与卫星软硬件接口设计和面向集群应用的系统波束与频谱资源调度算法中发挥了重要作用，特别针对在出现紧急态势下应急区域集群基站不可用时，为集群移动终端侧“广域虚拟集群基站”高效便捷接入、应急现场信息可靠传达与指挥指令信息安全传递提供了强有力支撑和保障。是《一种基于应用层系统级约束的星载GMSK误码率改善系统》(ZL01510945503.0)、《一种基于基于伪多普勒AOA+TDOA频谱智能监测》(CN202111349299.8)、《一种基于高精度TDOA定位方法、系统及应用》(CN202110299109.X)的主要发明人。  4、蒲云龙，第四完成人，负责窄带数字集群系统与宽带数字集群系统的融合，包括实施方案，系统接口，通信协议。取得陕西电子信息集团科技进步一等奖和科学技术成果证书。是专利《一种高动态范围的超短波信道接收机》、《高速数据传输的超短波电台通信网系统》的主要发明人。  5、王勉，第五完成人，负责5G网络、有线网络与数字集群的融合。包括实施方案，系统接口，通信协议，软件交互的实现。取得陕西电子信息集团科技进步一等奖和科学技术成果证书。是专利《一种超短波车载台的中继通信装置》的主要发明人。  6、杨恒煜，第六完成人，负责北斗定位技术、北斗短报文技术与数字集群系统的融合设计，包括终端设备、基站设备、调度台等设备的改进和改造。取得陕西电子信息集团科技进步一等奖证书。  7、戚楠，第七完成人，本项目骨干，高级工程师。与陕西烽火实业有限公司签订技术协议。负责高通量卫星技术攻关，协助李杰，实施多波束高通量卫星通信技术在本项目中的具体应用。戚楠是《一种分布式关口站的高通量通信卫星转发器及关口站》(授权公布号：CN201910818248.1)发明专利的主要发明人。  8、郭永刚，第八完成人，陕西烽火实业有限公司副经理，系统技术负责人，负责整个项目的技术研发合计数攻关。取得陕西电子信息集团科技进步一等奖和科学技术成果证书。  9、张博，第九完成人，负责与西安电子科技大学、西安空间无线电技术研究所的技术沟通，实施细节，可行性研究，解决技术合作中关键技术难题。  10、梁春龙，第十完成人，负责系统中各单体设备的总体研发，包括终端设备、转信设备、基站、调度台等。取得陕西电子信息集团科技进步一等奖证书。是专利《一种超短波车载台的中继通信装置》的主要发明人。  陕西烽火实业有限公司与西安电子科技大学、西安空间无线电技术研究所共同完成了本项目多项课题，实现了科技成果转化并取得市场化推广。 | | | | | | | | | | | | |
| **排序** | **主要完成单位及对本项目的贡献** | | | | | | | | | | | |
| 1 | **陕西烽火实业有限公司**：  是本项目成果第一完成单位。是项目总体研究框架和技术路线制定、资源保障和成果推广应用单位，先后组织并实施了本项目调研、研制、批量生产和销售。。通过联合西安电子科技大学、西安空间无线电技术研究所，项目组实现了宽窄带集群的有机融合，5G网络、有线网络的互联互通，北斗短报文的可靠应用。重点解决了集群系统与高通量卫星的有效链路接入。创新性地运用了FBMC、分体式关口站、星载GMSK、太赫兹等技术，实现了集群系统的广域覆盖和无缝接入，达到了广域覆盖条件下的远程调度指挥控制。为事发现场有序救援和人身安全服务提供了有效的处置手段，为应对突发事件的应急通信保障提供了有力的支撑。  本项目是大型系统集成项目，通过横向联合，实现了科技成果就地快速转化，推动了我省高校院所科技成果产业化发展。以本项目为基础，公司在融合宽、窄带数字集群、北斗、5G通信、卫星通信以及短波、超短波、有线及网络等多种通信手段的应用领域取得重大成果，形成了新的利润增长点。产品已大量应用武警、海警 、人防、渔政、森林防火、航运、路桥、抗震、气象、铁路、港口以及各大院所等国民经济的各个领域；并出口非洲、东南亚、中亚、中东、拉美等三十多个国家和地区，已成为我国电子信息设备出口的骨干企业。直接或间接带动了出口行业、机械加工业、电子装配业等相关电子行业产业的发展。  **西安电子科技大学：**  是本项目成果的主要完成单位。西安电子科技大学与陕西烽火实业有限公司有着长期良好的科研合作关系，长期合作研究多模式通信系统异构网络融合通信技术。通过与西安电子科技大学通信工程学院的深度技术合作，及时将学校的专利应用到本项目，加快了新技术在本项目中取得应用，确保了项目技术优势。  西安电子科技大学拥有空天地一体化综合业务网全国重点实验室。实验室依托于信息与通信工程以及军队指挥学两个国家一级学科，实验室构建了五个开放性共享研究实验平台，拥有多项大型科研软件。完善的研发测试环境条件为本项目的顺利进行提供了有力支持。  本项目实施过程中，为了解决广域覆盖地域的多用户基于集群系统和卫星系统间的跨网可靠互联和传输难题，西安电子科技大学主要基于FBMC技术，同步增强技术、高频毫米波技术，在物理层使用FNMC和同步增强，实现窄带组网增强，在灵敏度损失较小的情况下提高了通信速率，使用微波光子技术实现高频毫米波的生成与检测，电磁兼容性能好，成本低、体积小，在危险品探测和人体感知方面具有技术优势。重点解决了集群系统地面覆盖的性能增强和速率提高，实现了卫星覆盖与地面覆盖的无缝切换，并且去除了高通量卫星中的时延冗余。同时，终端支持毫米波选配组件，可为救援安全提供保障。  **西安空间无线电技术研究所：**  是本项目成果的主要完成单位。西安空间无线电技术研究所有效载荷总体部与陕西烽火实业有限公司通过联合攻关的方式开展本项目研制工作。通过高通量通信卫星应用拓展了数字集群通信系统广域覆盖的应用，重点解决了新一代数字集群系统星地接口、基于频谱感知的频率自适应透明转发和集群系统与高波束高通量卫星无缝切换等技术难题。在本项目一体化设计方面，实现了路基集群信号的天基高可靠传输。  高通量通信卫星具有波束增益高、波束数量多和支持频率复用等特点，实现了频谱资源的高效利用、地域范围的广域覆盖和通信容量的大幅提升，可支持海量集群用户终端通过卫星进行集群基站接入或者集群系统的跨区星状组网；分布式卫星关口站为通过高通量通信卫星进行集群系统等地面终端类扩展应用提供了可行性便利，高通量卫星指向灵活的点波束特点满足集群覆盖要求；通过分布式关口站馈电转发链路，确保了用户接入卫星通信系统的高效性、时效性和多用户接入特点。  集群和通信卫星是各自分别独立运行的不同通信系统，通过直接射频转发机制，解决了频率资源高效动态分配和信道资源预约。并根据可选卫星的载荷设计规则动态分配频率变换，实现了通过通信卫星连接远端基站进行应急通信目的。 | | | | | | | | | | | |
| **完成单位合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | |
| 陕西烽火实业有限公司与西安电子科技大学、西安空间无线电技术研究所共同立项并完成了本项目多项课题，实现了科技成果转化并取得市场化推广。 | | | | | | | | | | | | |
| **完成人合作关系情况汇总表：** | | | | | | | | | | | | |
| |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果 | | 1 | 共同立项 | 董克成/1 | 2018-01-25 | 2022-12-25 | 实用新型专利证书、科技成果证书、重点产业链项目主要完成人 | | 2 | 共同立项 | 尚 磊/2 | 2019-05-18 | 2022-05-17 | 发明专利证书 | | 3 | 共同立项 | 李 杰/3 | 2019-05-18 | 2022-05-17 | 发明专利证书 | | 4 | 共同立项 | 蒲云龙/4 | 2018-01-25 | 2022-12-25 | 发明专利证书、科技成果证书 | | 5 | 共同立项 | 王 勉/5 | 2018-01-25 | 2022-12-25 | 发明专利证书、科技成果证书 | | 6 | 共同立项 | 杨恒煜/6 | 2018-01-25 | 2022-12-25 | 科技进步奖 | | 7 | 共同立项 | 戚 楠/7 | 2019-05-18 | 2022-05-17 | 发明专利证书 | | 8 | 共同立项 | 郭永刚/8 | 2018-01-25 | 2022-12-25 | 实用新型专利证书、科技成果证书、重点产业链项目主要完成人 | | 9 | 共同立项 | 张 博/9 | 2018-01-25 | 2022-12-25 | 产业链重点产业链项目主要完成人 | | 10 | 共同立项 | 梁春龙/10 | 2018-01-25 | 2022-12-25 | 发明专利证书 | | | | | | | | | | | | | |

2023年度陕西省科学技术奖项目提名公示5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目名称** | | | | 大电流功率MOSFET | | | | | | | | |
| **项目简介** | | | | | | | | | | | | |
| 1. **任务来源**   本项目由信息系统局2017年10月下达，协议编号：1707WQ0007，合同编号：JZX2017-1327/X791-002（1707WQ0007\_2）；  项目名称：大电流功率MOSFET ；  产品型号： CS5210（WVM40P10）、CS4710（WVM75N10）、CS4310（WVM140N10）、CS65R180（WVM21N65）和CS65R110（WVM45N65）；  产品鉴定试验完成时间：2021年12月；  产品鉴定单位：电子元器件北京第一检测中心；  项目鉴定时间：2023年03月；  项目鉴定单位：信息系统局合同验收。   1. **应用领域和技术原理**    1. **应用领域**   大电流功率MOSFET系列场效应晶体管主要应用在开关电源、整流电路、信号控制电路、信号放大电路、电机驱动、交直流转换等电子线路中。在电子装置中具有电机控制、高速开关、信号控制、交直流变换等功能。  该系列产品具有驱动功率小、安全工作区宽的特点，在大部分领域已经取代了双极型器件，使电力电子装置向着高效、节能的方向发展。产品开关速度快、热稳定性好，推动了开关电源的发展。   * 1. **技术原理**   功率MOSFET器件是电压控制型器件，它是由若干个单元并联组成的。平面VDMOS（垂直双扩散型MOS管）其单元结构如图1所示，并联结构如图2所示。以P沟道VDMOS产品为例，在栅极上施加一定的电压，使器件栅极下方的N阱表面反型，形成连接源区和漏区的导电沟道。控制栅源之间电压的大小，就能够控制沟道的开通和关断，进而实现对漏极电流的控制。  说明: temp  图1 平面VDMOS单元结构 图2 VDMOS整体并联结构  槽栅MOSFET单元结构如图3所示。以N沟道槽栅MOS为例，其基本原理为：当栅极处于适当的正电位时，在电场的作用下，其沟槽两侧的Pbody区表面聚集大量的电子，由P型转变为N型，形成N型沟道（垂直沟道），将漏极和源极连通，此时晶体管导通。由于沟道内电子浓度和沟道的形成将受栅压调制，所以，在一定的漏源电压下，从漏极到源极经过沟道的漏源电流受栅极电压的控制。    图3 槽栅MOSFET单元结构  超结MOSFET单元结构和并联结构如图4所示。漂移区由一系列交替排列的P型区和N型区组成，采用电荷补偿理论，器件在关断状态下加反偏电压时，N型区产生的带正电的电离施主，其不再产生向上的电场，几乎每个正离子产生的电力线都被左右两边P型区中带负电的电离受主所吸收，降低了纵向电场在表面的集中。这样在器件内部不仅存在纵向电场，在两个阱区之间还存在横向电场，使相邻的PN结耗尽。在电场达到临界击穿电场之前，若P型区和N型区完全耗尽, 漂移区就相当于一个本征层, 则击穿电压就只和漂移区的厚度有关而与掺杂浓度无关。工作原理与平面VDMOS相同。    图4 超结MOSFET单元结构   1. **产品外形及尺寸**   本项目CS5210和CS4710，采用SMD-1和TO-263金属表贴封装，CS4310采用TO-263金属表贴封装，CS65R180和CS65R110采用SMD-1和TO-258金属封装。    图5 CS5210产品组装结构    图6 CS4710产品组装结构    图7 CS4310产品组装结构    图8 CS65R180产品组装结构    图9 CS65R110产品组装结构   1. **产品技术水平**   该项目产品居于国内领先水平，国际先进水平，与进口件相比较，该项目产品参数达到了国外同类产品的水平，部分参数优于国外产品，且质量等级高于国外产品。 | | | | | | | | | | | | |
| **提名单位：陕西电子信息集团有限公司** | | | | | | | | | | | | |
| **提名意见** | | | | | | | | | | | | |
| 我单位认真阅读了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关内容符合省科学技术进步奖的提名要求。  该项目五款均为大电流系列产品，是在管芯设计、流片、封装和测试完全自主可控的条件下研发的新型电子元器件。产品质量等级达到JCT级，高于国外替代产品，且部分指标优于国外产品，实现国产化替代。  项目五个产品中包含4个N沟MOSFET和1个P沟MOSFET，产品特点：大电流、低导通电阻、快开关速度。设计过程中将五个产品分为三类，对于CS5210（WVM40P10）（-100V，-31A，60mΩ）和CS4710（WVM75N10）（100V，75A，16mΩ）两个低压大电流产品，采用平面VDMOS结构；对于CS4310（WVM140N10）（100V，75A，9mΩ）低压大电流、低导通电阻产品，采用槽栅（Trench Gate）结构；对于CS65R180（WVM21N65）（650V，21A，180mΩ）和CS65R110（WVM45N65）（650V，45A，110mΩ）两个高压大电流、低导通电阻产品，采用超结（Super Juction）结构。实现从了芯片设计、流片到封装测试在自有生产线完全自主可控。  该项目成果已进行批量生产，提供多家用户使用，年需求量在3000只以上，具有广泛的市场经济效益；该项目实现了关键核心技术突破以及自主可控，确保我国大电流MOSFET的研制、生产的安全可控；其技术成果可应用于同类型产品中。  提名该项目为陕西省科技技术进步奖三等奖。 | | | | | | | | | | | | |
| **客观评价** | | | | | | | | | | | | |
| **陕西电子信息集团有限公司**  科学技术成果鉴定意见：  1. 关键技术及创新点  ⑴ 深槽刻蚀工艺技术  对于本项目CS4310（WVM140N10）产品，采用槽栅（Trench Gate）结构设计，其工艺完全自我公司六英寸生产线进行，为此我公司进行了深槽刻蚀的单项工艺开发，确定了深槽刻蚀的工艺条件。  ⑵ 小尺寸金属孔填充工艺技术  槽栅结构正面的小引线孔采用Ti/TiN/Al金属结构，进行单项工艺开发，确保小尺寸孔填充充分。  ⑶ 多次外延注入工艺的电荷平衡设计技术  本项目CS65R110（WVM45N65）超结产品采用多次外延多次离子注入工艺形成漂移区，其漂移区N柱与P柱之间的电荷平衡对击穿电压影响非常大，通过工艺设计调整注入剂量以及工艺拉偏试验来确定离子注入剂量。  ⑷ 超结延伸型终端结构  本项目2款超结终端均采用延伸型终端设计，即P柱和N柱相互交替的结构。用超结结构本身作为超结器件的终端结构，在保证终端耐压的同时工艺也与元胞区兼容。  ⑸导通电阻优化的设计技术  对CS5210（WVM40P10）和CS4710（WVM75N10）两个平面产品，通过JFET注入技术，降低JFET区电阻。对CS4310（WVM140N10）采用槽栅结构，消除JFET电阻，缩小单元尺寸，提高电流密度。对CS65R180（WVM21N65）和CS65R110（WVM45N65）采用超结技术，利用P柱与N柱的横向耗尽，在相同耐压下，提高漂移区杂质浓度，减小其导通电阻。  ⑹ 开关时间优化设计技术  本项目5个产品，主要优化单元结构尺寸，导通电阻，尽量缩小芯片面积，降低米勒电容，以减小开关时间和栅电荷，从而降低器件动态损耗。  2. 应用效益和经济社会价值  该产品具有大电流、低导通电阻、快开关速度的特点，在使用中有安装方便、可靠性高、高频等优点，可广泛应用于各种电子整机产品的电源系统，还可为高可靠性要求的航空航天重点项目所需求的整机电源系统配套。  项目产品从2020年开始有合同订货，2020年的经济效益为47.67万，2021年的经济效益为88.9万元，2022年的经济效益为285.31万元，合计421.88。2023年还在进行推广，已有三家用户正在进行应用验证，一旦完成验证，就可以进行订货。随着产品不断推广，该产品将全面替代同类型进口器件，突破核心技术实现自主可控及批量生产。  3. 技术水平及鉴定情况本项目产品的工艺设计、流片、封装和测试均由本单位独立完成,产品部门指标优于国外进口型号且质量等级高于进口型号，已经通过了北京电子元器件第一检测中心鉴定试验，并出具了相关的检测报告  4. 安全、可靠性以及自主可控情况  本项目中的关键材料采购严格按照我司的采购管理制度和采购控制程序进行；工艺设计、流片生产、封装、测试均在单位内部进行，项目完全做到自主可控。  综上所述，研究成果具有创新性、实用性，推广应用前景广阔，研究成果总体上达到了国内先进水平。 | | | | | | | | | | | | |
| **应用情况** | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | | 应用单位名称 | | | 应用起始时间 | | | 应用截止时间 | | 应用单位联系人 | | 联系电话 |
| 1 | | 成都新欣神风电子科技有限公司 | | | 2020.7 | | | 至今 | | 吴志文 | | 18227671823 |
| 2 | | 洛阳隆盛科技有限公司 | | | 2020.8 | | | 至今 | | 韩冰 | | 1810397980 |
| **排序** | | **主要完成人情况** | | | | | | | | | | |
|  | | 姓名 | 行政  职务 | | | 技术  职称 | 工作  单位 | | 完成  单位 | | 对本项目主要学术  和技术创造性贡献 | |
| 1 | | 丁文华 | 副主任 | | | 高级工程师 | 西安卫光科技有限公司 | | 西安卫光科技有限公司 | | 项目总负责人，对项目过程中的质量控制负全责，从产品的设计开发、试制生产、鉴定检验到最后的鉴定验收。针对产品在试制过程中出现的技术问题，组织项目团队成员进行分析、讨论和验证，从而保证产品达到规定的设计要求 | |
| 2 | | 陈骞 | 副总经理 | | | 高级工程师 | 西安卫光科技有限公司 | | 西安卫光科技有限公司 | | 项目技术总监，对项目研制过程中的技术方案进行审核、评审和确认，确保项目研制总体技术路线正确、可行。 | |
| 3 | | 王维乐 | 主任 | | | 工程师 | 西安卫光科技有限公司 | | 西安卫光科技有限公司 | | 芯片工艺负责人，负责产品管芯工艺方案的审核和确认，确保项目芯片研制总体工艺路线正确、可行，同时负责芯片制造过程的质量控制 | |
| 4 | | 习毓 | 无 | | | 高级工程师 | 西安卫光科技有限公司 | | 西安卫光科技有限公司 | | 负责工艺开发，制定产品工艺方案，并跟踪工艺的实施情况，及时做出调整，保质保量完成管芯的生产；校对仿真软件工艺程序，提高软件和实际生产线的契合度，有效指导生产。 | |
| 5 | | 李朴 | 无 | | | 助理工程师 | 西安卫光科技有限公司 | | 西安卫光科技有限公司 | | 负责产品的版图设计和DRC检查，确保版图结构正确、合理，最小线宽设计满足工艺要求且有一定的工艺余量。 | |
| 6 | | 刘英 | 无 | | | 工程师 | 西安卫光科技有限公司 | | 西安卫光科技有限公司 | | 负责产品试验方案的制定，对产品进行可靠性试验摸底，配合检测机构完成产品的鉴定检验 | |
| 7 | | 贺瑞 | 无 | | | 工程师 | 西安卫光科技有限公司 | | 西安卫光科技有限公司 | | 负责产品封装结构设计、试制过程的全参数测试摸底，以及产品鉴定批封装跟踪、筛选测试，同时配合检测机构完成了产品的鉴定检验 | |
| **完成人合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | |
| 1. 该项目产品的研制过程由项目负责人总体负责，成立研发团队，团队成员分管芯片设计、工艺开发、封装设计、测试、可靠性试验及项目鉴定验收。 | | | | | | | | | | | | |
| **排序** | **主要完成单位及对本项目的贡献** | | | | | | | | | | | |
| 1 | **西安卫光科技有限公司**：  科技创新方面；建立沟槽栅、超结大电流MOSFET的设计、工艺和测试技术平台；完成产品的设计定型，使平面、槽栅、超结MOSFET在我公司完全自主可控设计、生产、封装、筛选测试；打破国外技术壁垒。  推广应用方面；产品已经供陕西群力电工有限责任公司固态继电器研究所和中国空空导弹研究院两家用户试用使用，经用户质检部门检验、老化筛选，上机试用，其性能测试和整机例行试验都达到了设计要求，用户使用满意 | | | | | | | | | | | |
| **完成单位合作关系说明：** | | | | | | | | | | | | |
| 无 | | | | | | | | | | | | |
| **完成人合作关系情况汇总表：** | | | | | | | | | | | | |
| |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果 | | 1 | 技术总监 | 陈骞/2 | 2017.10 | 2023.3 | 完成鉴定验收 | | 2 | 工艺负责人 | 王维乐/3 | 2017.10 | 2023.3 | 完成鉴定验收 | | 3 | 工艺开发 | 习毓/4 | 2017.10 | 2023.3 | 完成鉴定验收 | | 4 | 版图设计 | 李朴/5 | 2020.7 | 2023.3 | 完成鉴定验收 | | 5 | 可靠性试验 | 刘英/6 | 2018.7 | 2023.3 | 完成鉴定验收 | | 6 | 封装测试 | 贺瑞/7 | 2012.9 | 2023.3 | 完成鉴定验收 | | | | | | | | | | | | | |