2019年度国家技术发明奖

提名项目公示

（一）项目名称

移动通信测试关键技术及应用

（二）提名意见

本项目属于电子测试技术领域。全球信息通信产业呈爆炸式增长，3G/4G/5G作为我国主导的国际移动通信标准，已得到全球主流运营商和设备商广泛支持，对我国整个通信产业和国民经济发展起到巨大的拉动作用。“科技要发展，测试须先行”，测试是无线移动通信产业链中的重要一环，是衡量是一个国家通信行业是否成熟的标志。本发明主要针对移动通信产业链各环节测试和产业应用迫切需求，发明了高性能多模一体化通信测试平台设计、多标准多域物理层测试、异构网络空口监测与协议解析、宽带高精度多参数测试校准等移动通信核心测试关键技术，首次应用到终端、基站、外场和认证系列化仪表中，同时应用到智慧城市、智慧安防、智慧交通、智慧教育等领域的系列化专网通信设备中。本发明有效解决了高灵敏度、高实时性、高精度、高稳定性、高效率等通信测试难题，建立了通信测试仪器技术体系和产品体系，实现了我国通信测试仪器全面自主保障的跨越，使我国成为世界上少数具备通信全面自主测试解决能力的国家。本发明关键技术的应用推动了智慧城市、智慧安防等国家重大工程的专网建设进程。

该发明是中国电子科技集团公司第四十一研究所联合普天信息技术有限公司、重庆邮电大学共同完成的。本发明的主要发明点有系列发明专利予以支撑，总体技术居国际先进水平，部分达到国际领先。本发明成果已通过中国信息通信研究院、国家电子仪器质量监督检验中心等国家级机构的检验，本发明在核心技术上打破了国外技术垄断，并形成了测试仪器和专网设备等系列化产品。其中，测试仪器已在芯片研发、终端产线、基站测试、外场布网、入网认证等通信产业链各环节得到广泛应用，成效显著；专网设备已在智慧城市、智慧安防、智慧交通、智慧教育等领域得到广泛应用。本发明创新性和先进性显著，已经在国内推广应用形成重大影响，推进科技进步作用巨大。

项目材料填写规范，内容真实，经公示无异议。对照国家科学技术发明奖授奖条件，提名该项目为国家科技奖技术发明奖二等奖。

（三）项目简介

全球信息通信产业呈爆炸式增长，3G/4G/5G作为我国主导的国际移动通信标准，得到全球主流运营商和设备商广泛支持，对我国整个通信产业和国民经济发展起到巨大的拉动作用。“科技要发展，测试须先行”，测试是无线通信产业链中的重要一环，长期以来，移动通信测试关键技术始终是制约我国通信产业发展的瓶颈。本项目立项之初，国内通信产业链系列化测试技术及仪表基本上都处于空白，市场被国外通信巨头公司垄断，不仅价格昂贵，而且对我国主导的通信标准持观望态度，其测试仪器不支持我国主导的通信标准。国外厂家认为中国无法完成这样一个庞大的产业链，中国通信产业受到了挑战，中国通信技术能否从通信大国走向技术强国受到了质疑。我国新一代宽带无线移动通信网科学技术的发展面临严重的困难，相应的测试关键技术不能解决，终端和设备生产工作无法展开，阻碍了我国通信产业的步伐, 相关通信测试技术已成为制约我国通信产业发展的“瓶颈”因素。

本项目在国家科技重大专项“新一代宽带无线移动通信网”专项和部委计划项目支持下，历经10余年的科技攻关，创建了“超宽带预选+多射频并行收发+多中频高速采样+多标准多域物理层测试+异构网络空口监测与协议解析+宽带高精度多参数测试校准”的通信测试架构，实现了通信测试由“单模测试”向“多模协同测试”、“理想信号分析”向“全景通信建模分析”的跨越，实现了通信测试核心电路、算法、仪器、系统和应用全自主可控。建立完善的复杂通信信号模拟、调度、监测、分析体系化解决方案，研制出了覆盖通信产业链从终端、基站到外场网络完整通信测试系列化仪表，以及系列化通信设备。本发明关键技术及创新点如下：

发明点1：高性能多模一体化通信测试平台设计技术。首次构建了集高性能、宽带、多模于一体的新型通信测试平台，解决了大动态范围、高精度通信多时隙信号高稳定性收发难题。

发明点2：多标准多域物理层测试技术。创新性提出了基于频域预判小区同步、DCI盲检模型的低信噪比物理层测试算法，解决了通信多场景弱信号高灵敏度测试难题。

发明点3：异构网络空口监测与协议解析技术。率先提出并实现了基于根密钥预置与多UE并发实时解析的空口测试方法，解决移动通信外场异构网络场景下空口实时监测解析难题。

发明点4：宽带高精度多参数测试校准方法。首次实现了基于信道特征建模和信号性能检测拟合的系统校准、基于信道估计的多载波聚合幅频相频的补偿等多参数测试校准方法，解决了移动通信测试高精度高效率难题。

本项目已获授权发明专利74项，发表论文48篇，国内率先出版专著1部，培养一批人才，形成了研究团队。本发明成果已通过中国信息通信研究院、国家电子仪器质量监督检验中心等国家级机构的检验，在中国电科41所和普天信息技术有限公司生产，并形成了测试仪器和专网设备等系列化产品。其中，测试仪器已在芯片研发、终端产线、基站测试、外场布网、入网认证等通信产业链各环节得到广泛应用；专网设备已在智慧城市、智慧安防、智慧交通、智慧教育等领域得到广泛应用，成效显著。

（四）客观评价

**一）同行专家评价**

本项目围绕动通信产业链各环节测试和产业应用迫切需求，发明了高性能多模一体化通信测试平台设计、多标准多域物理层测试、异构网络空口监测与协议解析、宽带高精度多参数测试校准等移动通信核心测试关键技术，本发明应用到系列化测试仪表和通信专网设备中，总体居国际先进水平，部分达到国际领先水平。典型成果鉴定意见如下：1）高性能多模一体化通信测试平台设计技术应用到TD-LTE无线终端综合测试中，成果达到国际领先水平；2）多标准多域物理层测试技术应用到LTE-Advanced MIMO矢量信号分析中，成果达到国际领先水平；3）异构网络空口监测与协议解析技术应用到LTE/LTE-A空口监测分析中，成果达到国际先进水平；4）宽带高精度多参数测试校准技术应用到射频一致性测试、无线资源管理一致性测试中，成果达到国际领先水平。

**二）查新结论**

国家工业信息安全发展研究中心查新表明，没有检索到能够覆盖该项目的他人专利文献和非专利文献报道，该项目具有新颖性。

**三）已经获得科技奖励情况**

本发明的八个核心技术成果鉴定评价五个国际领先、三个国际先进水平，其中：1）“TD-LTE射频一致性测试系统”获2015年获安徽省科技进步一等奖；2）“高性能3G4G通信测试关键技术及系列化仪表开发”获2016年中国电子科技集团公司科技进步一等奖；3）“4G、4.5G移动通信系统测试关键技术与应用”获2017年安徽省科技进步二等奖；4）“高性能TD-LTE/TD-SCDMA终端设备测试关键技术及系列化仪表开发”获2013年安徽省科技进步二等奖。

（五）推广应用情况

本发明成果已在终端芯片厂商、基站设备厂商、入网认证中心、运营商、高校研发机构等部门的通信芯片研发测试、终端产线、基站测试、入网认证、外场测试和设备应用等方面得到广泛应用。本发明用于通信芯片厂商研发测试，为新研发芯片定制测试方案，解决其研发过程芯片性能精准测试难题，并形成终端产线配备全套测试解决方案。本发明应用于终端厂商量产产线测试，支持百万级终端产线长期稳定运行，提升终端产线测试效率，降低终端成本。本发明应用于基站设备厂商基站测试，为基站提供多通道高精度高可靠性测试支撑，提升通信设备性能和可靠性。本发明应用于运营商外场测试，为异构网络复杂外场环境提供空口实时信令跟踪和无缝切换测试能力，提升移动通信整体网络性能。本发明应用于认证中心入网认证测试，提升终端型号核准、GCF认证测试等一系列认证测试能力。本发明应用于通辽市智慧安监、山东智慧交通、开封智慧城市、金堂智慧教育等通信专网建设中，提升了通信信息监控、实时采集处理能力，在智能管控、智慧运营等智慧城市建设中，作用显著。

（六）主要知识产权证明目录

1、发明专利：一种5G移动通信数字调制信号发生装置及其发生方法 ，中国，ZL201510888709.4,2018年11月20日，中国电子科技集团公司第四十一研究所，刘祖深、凌云志，有效。

2、发明专利：异构融合网络带宽资源优化分配方法，中国，ZL 201210491366.4, 2016年04月06日，重庆邮电大学，陈前斌、王秀娟、柴蓉，有效。

3、发明专利： TD-LTE系统空中接口信号分析装置，中国，ZL201210188207.7, 2015年06月17日，中国电子科技集团公司第四十一研究所，凌云志，有效。

4、发明专利 ：一种基于双检波LTE信号电平闭环控制装置和方法 ; 中国，ZL201610616396.1, 2018年11月16日，中国电子科技集团公司第四十一研究所，张煜，刘祖深，凌云志，王先鹏，韦巍，有效。

5、发明专利：一种基于无网格稀疏感知技术实现噪声抵消的装置和方法，中国，ZL201610402283.1, 2018年07月20日，中国电子科技集团公司第四十一研究所，凌云志、刘祖深、张黎明、孙昊，有效。

6、发明专利 ：发明专利：可变码元速率矢量信号的实现方法及装置，中国，ZL201310141521.4, 2016年05月08日，中国电子科技集团公司第四十一研究所，凌云志，有效。

7、发明专利 ：基于双通道相位叠加的大带宽通信信号接收分析装置及方法，中国，ZL201610402198.5, 2017年10月16日，中国电子科技集团公司第四十一研究所，张煜、凌云志、铁奎、孙昊，有效。

8、发明专利 ：一种终端占用带宽测量分析方法与装置法，中国，ZL201410835502.6, 2017年9月26日，中国电子科技集团公司第四十一研究所，凌云志、徐波、邵玉成，有效。

9、发明专利：一种无线通信测试系统的符号同步方法及装置；中国，ZL201410835505.X, 2018年5月8日，中国电子科技集团公司第四十一研究所，徐兰天、凌云志、周建烨，有效。

10、发明专利：一种上行频偏补偿的方法，中国，ZL201310472816.X，2018年2月27日，[普天信息技术有限公司](http://www1.soopat.com/Home/Result?SearchWord=SQR%3A(%22%E6%99%AE%E5%A4%A9%E4%BF%A1%E6%81%AF%E6%8A%80%E6%9C%AF%E6%9C%89%E9%99%90%E5%85%AC%E5%8F%B8%22))，[于小红](http://www1.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR%3A(%E4%BA%8E%E5%B0%8F%E7%BA%A2)) [陶雄强](http://www1.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR%3A(%E9%99%B6%E9%9B%84%E5%BC%BA))，有效。

（七）主要完成人情况

1、刘祖深，排名第一，项目负责人，博士、研究员。工作单位与完成单位：中国电子科技集团公司第四十一研究所。对发明点第1、3、4项和整体发明思想做出了创造性贡献。发明了“高性能多模一体化通信测试平台设计技术”中通信多制式全数字宽带时隙信号调制与解调方法和高隔离快切换空口弱信号上下行分离解析方法。发明了“异构网络空口监测与协议解析技术”中基于根密钥预置特征参数关联的协议监测方法。构建了新一代通信标准信号测试硬件体系架构，解决超宽带一体化通信收发处理架构设计制造瓶颈技术难题，全面提升了带宽和性能，为我国通信测试仪器设计奠定了技术基础。

2、陈前斌，排名第二，博士，教授。工作单位与完成单位：重庆邮电大学。对发明点第1、3项和整体发明思想做出了创造性贡献。发明了“异构网络空口监测与协议解析技术”中基于多层参数并发跟踪的多用户数据流解析方法和异构融合网络带宽资源优化分配方法。

3、凌云志，排名第三，高工，硕士研究生导师。工作单位与完成单位：中国电子科技集团公司第四十一研究所。对技术发明点中第1、2、3项做出了创造性贡献。发明了“多标准多域物理层测试技术”中基于频域快速预判决小信号小区搜索同步方法，发明了“异构网络空口监测与协议解析技术”中基于协议参数交互反馈机制的空口实时分析方法。

4、陶雄强，排名第四，博士，教授级高级工程师。工作单位与完成单位：普天信息技术有限公司。对技术发明点中第2、3项做出了创造性贡献。发明了“多标准多域物理层测试技术”中上行频偏补偿的方法，发明了“异构网络空口监测与协议解析技术”中上行和下行联合资源分配方法。

5、张煜，排名第五，高工。工作单位与完成单位：中国电子科技集团公司第四十一研究所。对技术发明点中第1、4项做出了创造性贡献。发明了“高性能多模一体化通信测试平台设计技术”中 基于脉内数字化双检波的高速闭环控制技术方法，发明了“宽带高精度多参数测试校准方法”中基于信道估计的多载波聚合幅频相频的补偿算法。

6、铁奎，排名第六，高工。工作单位与完成单位：中国电子科技集团公司第四十一研究所。对技术发明点中第2、4项做出了创造性贡献。发明了“多标准多域物理层测试技术”中多制式数字基带发生调制方法，发明了“宽带高精度多参数测试校准方法”中信道特征建模和信号性能检测拟合的校准算法。

（八）完成人合作关系说明

本次提名2019年度国家技术发明奖项目“移动通信测试关键技术及应用”是中国电子科技集团公司第四十一研究所和普天信息技术有限公司、重庆邮电大学共同承担，由项目负责人刘祖深团队统一安排下分工协作完成的。

2008年，刘祖深、凌云志、陈前斌、陶雄强等共同完成需求论证和总体方案设计；2009年，刘祖深、凌云志、张煜、铁奎开展理论和新方法研究，提出了需要解决的关键问题，开展了TD-SCDMA增强技术综合测试和TD-LTE无线通信综合测试技术研究，形成了技术突破方案；2011年至2013年，刘祖深、凌云志、陶雄强、张煜、铁奎开展了TD-LTE射频一致性测试和无线资源管理一致性测试技术研究，并开展了专网设备开发与应用技术研究，基本完成了高性能多模一体化通信测试平台设计技术方法研究和宽带高精度多参数测试校准方法研究，并构建了专网应用体系架构；2013年至2014年，刘祖深、陈前斌、凌云志、张煜开展了LTE/LTE-A空口监测测试技术研究，完成了异构网络空口监测与协议解析技术研究； 2015年全体成员完成项目的全部方法、技术与应用研究，并开展推广应用工作。

该项目研究期间，完成人刘祖深、凌云志、张煜、铁奎等合作取得授权发明专利11项；刘祖深、陈前斌、凌云志、张煜、铁奎合作获得中国电子科技集团公司科技进步一等奖1项；刘祖深、凌云志、张煜合作获得安徽省科技进步一等奖1项；刘祖深、凌云志、张煜、铁奎合作获安徽省科技进步二等奖1项；刘祖深、陈前斌、凌云志、张煜、铁奎合作获得国家科技重大专项“LTE空中接口监测仪研发”立项课题1项。刘祖深、陶雄强、凌云志、张煜、铁奎合作获得国家科技重大专项 “毫米波5G信号源”立项课题1项。