

## 一、项目名称

新一代北斗敏捷精准微系统、格网云服务关键技术平台及应用

## 二、申报奖种

山东省科技进步奖

## 三、提名单位

山东大学

## 四、提名单位意见

我单位认真严格地审阅了该项目的提名书及全部附件材料，确认该项目符合山东省科学技术奖励规定的提名条件，全部材料真实有效，完成人、完成单位排序无异议，提名书相关栏目均符合填写要求。

本项目关键技术由《北斗 GNSSINS DR 敏捷精准微系统技术与集成应用》、《精准北斗新时空车联网关键技术、系统平台及应用》两项成果系统做支撑。项目成果经以刘经南院士为评审组长的专家组评价，通过审查项目成果资料、观看系统演示，经质询和讨论形成评价意见如下：项目行业需求定位明确，技术路线科学合理，成果已经广泛应用，经济社会效益明显，其中通过虚拟格网方式实现的车联网海量用户高精度数据并发处理技术、四星座四频点多信源高精度位系统集成技术达到国内领先水平。

项目关键技术，已孵化出新一代北斗新时空+智慧应用行业所需要的自主核心的关键集成微系统单元和终端产品，可实现复杂环境下实时精密位置解算、惯导组合连续导航（双天线时可测向），无缝替换国外和国内 GPS、北斗模块升级为高精度亚米级组合导航模块，具有高性价比和普适性。

已在交通、农业、港口、工程机械、海洋、教育、军民融合等多领域进行推广应用，未来可在全国范围内面向各精准位置服务行业、车联网以及行业位置大数据平台等领域进行大规模推广，市场前景广阔。

对照山东省科学技术奖授奖条件，提名该项目山东省科技进步奖一等奖。

## 五、项目简介

我国北斗三代卫星导航系统已初步建成，北斗已经由天上好用到地上用好的阶段；与此同时，高精度定位已不是测绘领域的专用，随着 5G 网络的建设与智能车路协同系统的逐步建设，可以提供毫秒级延迟的通信系统与车路交互信息系统联合为无人驾驶提供了基础平台，以无人驾驶为代表的智能终端对定位的精度和可靠性要求越来越高，且终端数量越来越多，这就要求在云端需要支持大用户并发来服务更多的终端，在终端支持多传感器融合实现更可靠的定位。

针对上述背景，本项目面向新一代北斗车联网+智能应用领域所需高性价比、复杂环境域下的北斗卫星车道级亚米高可靠性定位，以及海量用户大数据实时性并发、数据安全可信、专用服务平台等行业管理痛点及应用新需求。设计了高精度高可靠性定位软硬件系统所需的云端及终端，形成基于格网差分的大用户并发实时全系统单频 RTK/INS 车道级定位系统；新系统在云端采用格网差分模式解决了传统地基增强系统在基站数量增加和用户量增加时计算量增加、效率降低的问题，实现了大用户并发服务；在终端采用双 GNSS 芯片解决了目前因射频通道造成单个芯片不能支撑四系统卫星跟踪问题，与 MEMS 惯导组合形成单频 RTK/INS 组合导航模块，实现了终端低成本高精度高可靠性定位。本项目主要包括四个方面的技术研究内容，其中云端包括可以大用户并发的格网差分地基增强系统和行业 LBS 应用两大部分，形成“云网”；终端包括组合导航模块和行业应用终端两大部分，形成“智端”。并在“云网”和“智端”部分形成两大创新点群。基于项目研究成果，已授权国家发明专利 36 篇、实用新型专利 12 项、软件著作权 42 项，发表论文 47 篇，孵化产品 12 项。

项目研究关键点如下：（1）研发了四星座四频点高精度集成微系统，实现了高性价比、高集成度、低功耗单片封装，解决了在北斗二号到三号换代期芯片升级的部分应用难题；（2）提出了虚拟格网差分北斗卫星增强方法，解决了车联网海量用户高精度数据并发处理难题；（3）研发了通导一体高精度小型化天

线，通过双天线测向约束下的组合导航算法及工程实现，解决了信号有遮挡复杂环境下车辆运行定位和定向难题；（4）提出了无卫星信号条件下 INS/DR 组合航向处理算法，解决了隧道环境下车辆循迹补偿难题；（5）研发了北斗车联网安全通信网关，解决了车联网信息安全管理难题。

## 六、客观评价

本项目瞄准北斗卫星定位产业应用中定位精准性、系统稳定性、数据连续性、信息可靠性等高精度导航定位“卡脖子”瓶颈技术难题，进行了校企联合自主研发创新立项，研发了新一代北斗 GNSS/INS/DR 敏捷精准芯片级微系统产品，可实现复杂环境下实时精密位置解算、惯导组合连续导航（双天线时可测向），无缝替换国外和国内 GPS、北斗模块升级为高精度亚米级连续定位模块，具有高性价比和普适性，广泛作为智能定位终端产品基础。

在精准交通、智慧农业、数字海洋、国防军工、教育科研、应急救援、环保工程、车载位置服务及车联网等领域得到广泛应用，其发展前景广阔，并得到单位、企业和用户高度认可，提升了客户满意度，降低服务成本，对提高管理效率和运输安全生产具有重要的意义。

## 七、应用情况

本项目成果技术已在智慧海洋、精准交通、智慧农业、工程机械、科研教育、人才培养、军民融合等多领域进行了推广应用，用户认为本项技术产品定位精度高、系统稳定、性价比高，符合行业需求，经济社会效益显著。部分应用领域应用如下：

交通方面，在济南出租车安全监视和 BRT 公交车、海信网络科技公交报站器、北京北方尼奥普兰客车（中东卡塔尔等国家和地区）进行测试与应用，累计使用终端超过 2 万台次，效果优良。

在海洋应用领域，产品在单兵及应急搜救业务方向进行了应用，主要应用于海洋落水北斗应急搜救终端任务、海洋北斗定位增强系统、山东省海洋环境立体

监测北斗高精度位置服务系统等方面，同时在政府、港口、海洋研究所及多家海洋配套单位进行了应用。

在精准农业领域，基础产品已经在曹县、郓城、定陶、成武、鄄城、聊城等多地区进行了农业植保推广示范应用——自主北斗高端装备助力精准农业新动能示范应用项目，作业面积累计超过 300 万亩。

港口方面，已在全球吞吐量排名第一的宁波港（梅山港、舟山港、乍浦港）、国内吞吐量第二的青岛港（青岛港、前湾港）、日照港、深圳港等港口进行使用，并远销国外阿联酋港口。

科研教育，在北斗设计导航实验平台和慕课建设方面，已开发实验装置 5 套，录制完成混合课程，目前已为安徽理工大学、中国矿业大学、山东管理学院、山东农业工程学院等提供了相应产品，并已在上线使用，目前服务山大选课学生 3000 人次，累计全国选课人次超过 50 万人次。

工程机械方面，通过对济南市各区县超过 2 万台非道路移动机械进行信息登记核查、环保号码编码、北斗高精度定位设备安装、监控设备联网、环控平台搭建、监控管理信息录入、环保信息采集卡发放等工作内容，实现对济南市非道路移动机械的真实有效管控。

## **八、主要知识产权和标准规范等目录**

主要知识产权目录

序号	知识产权 (标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家 (地区)	授权号(标准编号)	授权(标准发布)日期	证书编号 (标准批准发布部门)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)	发明专利(标准)有效状态
1	发明专利	空地协同公交信号优先精准车道级控制区域的获取方法	中国	ZL 201611104782.9	2019年01月29日	3236959	山东大学	邢建平, 田欣玉, 李东轅	已授权, 有效
2	发明专利	一种具有时间维持特性的伪距差分方法	中国	ZL 201611107539.2	2019年05月17日	3379319	山东天星北斗信息科技有限公司	杨涛, 邢建平, 王胜利, 叶平	已授权, 有效
3	发明专利	一种兼容北斗 CORS 公交精准定位系统及其工作方法	中国	ZL 201510247171.9	2017年06月16日	2520496	山东大学	邢建平, 刘勇, 孟令国, 李慧恬, 崔冰, 吴川	已授权, 有效
4	发明专利	一种基于格网的差分平台服务器网络架构设置方法	中国	ZL 201610403174.1	2019年09月10日	3522565	山东天星北斗信息科技有限公司	王胜利, 叶平	已授权, 有效
5	发明专利	一种殊域车联网北斗精确行车安全行为记录分析装置及分析方法	中国	ZL 201510828198.7	2017年11月17日	2703399	山东大学	邢建平, 刘洋, 闫金昊, 刘绪	已授权, 有效
6	发明专利	一种高低频误差分流预测的无延时亚米级差分定位方法	中国	ZL 201510012441.8	2017年05月03日	2472124	山东天星北斗信息科技有限公司	王胜利	已授权, 有效
7	发明专利	一种 GNSS 与 WIFI 组合定位方法及系统	中国	ZL 201510464094.2	2018年08月14日	3032178	山东大学	邢建平, 张波, 武华, 刘洋, 孙晓婷, 赵庆涛	已授权, 有效
8	发明专利	一种基于虚拟网格的伪距差分定位方法	中国	ZL 201510688920.1	2018年06月05日	2950865	山东天星北斗信息科技有限公司	王胜利	已授权, 有效

9	发明专利	一种短基线多频多系统单历元解算方法	中国	ZL 201510589022.0	2017年09月15日	2607207	山东天星北斗信息科技有限公司	王胜利	已授权，有效
10	发明专利	一种载体姿态测量方法及设备	中国	ZL 201510732259.X	2018年01月23日	2790473	青岛杰瑞自动化有限公司	黄胜，周胜洪，张玉国，董蕾，魏培平，刘鹏，韩玉章，姜伟业，石璨，毕栋才，姜丽颖，陈晓智，林志浩，郭建，张龙龙，杨广军	已授权，有效

**承诺：**上述知识产权和标准规范等用于提名山东省科学技术进步奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的权利人（发明专利指发明人）的同意。

## 九、主要完成人情况

1、姓名：邢建平

排名：1

行政职务：创新创业学院副院长

技术职称：教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目贡献：项目负责人，统筹项目整体与关键技术问题分析、核心技术特别是芯片级四星座四频点高精度集成微系统导航优化算法、导航通信实现有突出贡献，提出使用 GNSS 作为时间同步的双 GNSS 芯片拼接、监管研发团队研究开发的整个过程，组织整个团队把控技术实现与成果转化、产品和应用开发。

2、姓名：王胜利

排名：2

行政职务：海洋技术系主任

技术职称：副教授

工作单位：山东科技大学

完成单位：山东科技大学

对本项目贡献：精准北斗新时空车联网关键技术、系统平台——“云网”创新群整体负责，发明格网差分算法；研发“智端”所需 GNSS/INS/DR 组合导航模块所需核心算法，在地基增强、算法优化核心技术有贡献，系统性解决了在北斗二号到三号换代期芯片升级的部分应用难题

3、姓名：杨涛

排名：3

行政职务：董事长兼总经理

技术职称：高级工程师

工作单位：山东天星北斗信息科技有限公司

完成单位：山东天星北斗信息科技有限公司

对本项目贡献：主要负责项目和产品生产管理，为本项目研发提供技术路线、资金支持，并对该项目在智慧农业、工程机械、精准交通的创新应用推广起到决定性作用，在通导一体天线核心技术有贡献。

4、姓名：于明卫

排名：4

行政职务：研发总监

技术职称：高级工程师

工作单位：山东天星北斗信息科技有限公司

完成单位：山东天星北斗信息科技有限公司

对本项目贡献：负责硬件系统方案设计和嵌入式系统实现，主要包括微系统的硬件架构和元器件选型，研究适用于伪距差分、载波相位差分和紧耦合算法适用的嵌入式硬件平台，系统迭代与测试。

5、姓名：赖贻翔

排名：5

行政职务：总经理

技术职称：研究员

工作单位：青岛杰瑞自动化有限公司

完成单位：青岛杰瑞自动化有限公司

对本项目贡献：研发兼容 INS 和载体运动信息等多传感器数据融合的北斗 GNSS/INS/DR 敏捷精准测控微系统架构，并设计出高性价比、高集成度、低功耗单片封装。

6、姓名：周胜洪

排名：6

行政职务：副总经理

技术职称：研究员

工作单位：青岛杰瑞自动化有限公司

完成单位：青岛杰瑞自动化有限公司

对本项目贡献：具体设计四星座、四频点高精度集成微系统，实现了高性价比、高集成度、低功耗单片封装，从硬件解决了在北斗二号到三号换代期芯片升级的部分应用难题。

7、姓名：刘海青

排名：7

行政职务：智能交通实验中心副主任

技术职称：高级工程师

工作单位：山东科技大学

完成单位：山东科技大学

对本项目贡献：基于精准定位系统的交通车路协同、多源感知车辆全时空状

态数据融合分析与车辆精细化监控管理应用技术研究,并在复杂环境下进行了路网和产品实测。

8、姓名: 宁亚飞

排名: 8

行政职务: 讲师

技术职称: 讲师

工作单位: 山东大学

完成单位: 山东大学

对本项目贡献: 负责北斗空间信息处理优化算法实现,在地基增强新化处理、导航信号处理与可靠性验证方面做出贡献,解决高动态环境下的快速模型建模分析与优化问题。

9、姓名: 薛玉磊

排名: 9

行政职务: 博士生

技术职称: 工程师

工作单位: 山东大学

完成单位: 山东大学

对本项目贡献: 在新型通导一体化天线新技术和方法方面有积极贡献,同时在产品小型化、电磁干扰辐射优化、时空信息可靠传输方面工作突出。

10、姓名: 刘海锐

排名: 10

行政职务: 研发总监

技术职称: 助理工程师

工作单位: 山东慕客空间信息技术有限公司

完成单位: 山东慕客空间信息技术有限公司

对本项目贡献: 研制实现具备四系统单频 GNSS/INS/DR 多传感器融合的定位型模块和具备三系统 (GPS/BDS/GALILEO) GNSS/INS/DR 多传感器融合的定向型模块,同时实现北斗+教育系统的优化。

11、姓名: 王金亮

排名: 11

行政职务: 总经理助理

技术职称: 工程师

工作单位: 齐鲁交通信息集团有限公司

完成单位：齐鲁交通信息集团有限公司

对本项目贡献：负责应用平台的系统架构设计，主要包括大数据并发性应用网关的框架方案设计和数据可视化方案设计，负责车联网安全通信网关，主要包括研究支持百万计用户秒级海量信息明码加密数据自适应处理，研发高实时高可信引领行业的异构网关集群装备。

12、姓名：王月忠

排名：12

行政职务：董事长

技术职称：工程师

工作单位：齐鲁交通信息集团有限公司

完成单位：齐鲁交通信息集团有限公司

对本项目贡献：构建广域普适性数据通信网络安全体系，解决属于车联网信息安全管控难题，主要负责项目产品技术在智慧高速、智慧护栏、高速收费自由流、高速无人驾驶封闭测试路段方面的测试、应用方案顶层规划设计与市场推广应用。

## 十、主要完成单位及创新推广贡献

1、 山东大学

排名：1

对本项目科技创新推广应用情况的贡献：负责项目整体研究框架搭建与研究思路确定，统筹组织项目技术研究与应用示范的进展与调度，协调并组织管理各参与单位的工作，保障本项目的顺利实施，为项目研究挖掘和培养优秀人才，负责完成整体目标与考核指标。并进行惯导融合技术、传感器技术、无线通信技术、网关集群技术等关键技术难点攻克；利用学校的资源与平台，开展项目的宣传，推广，战略合作。已在山东电视台、山东网、大众网、济南教育电视台等媒体上进行了宣传推广。同时在中国北斗区域高峰论坛、山东省北斗卫星导航定位基准站网高精度导航与位置服务应用、智慧高速等论坛上进行推广。专门建立了新一代自主北斗+人工智能+路协同新能源示范平台展示车，随时随地宣传推广项目。

2、 山东天星北斗信息科技有限公司

排名：2

对本项目科技创新推广应用情况的贡献：在本项目中主要负责将协同精准定位技术与系统结合，GNSS（多普勒测速，SPP，RTD，RTK，星基增强）算法，GNSS/INS/DR 组合导航算法开发，模块硬件设计，形成安全可信车联网终端装备，实现高精度、高可靠性的终端整体设计与产品化，并在精准交通、港口机场、消防安全、智慧农业、工程机械、车联网管理等领域进行示范推广。

### 3、青岛杰瑞自动化有限公司

排名：3

对本项目科技创新推广应用情况的贡献：负责通导一体化天线设计、北斗星基增强信息接收及解调等技术难题攻克，解决复杂环境下高效星地联合增强处理技术及车联网数据通信中数据管理和数据“可信传输”问题等技术难题。并负责核心部件生产、测试。相关产品在军队特种车辆导航、智慧海洋高精度位置服务进行了应用。

### 4、山东科技大学

排名：4

对本项目科技创新推广应用情况的贡献：在项目中主要负责 GNSS/INS/DR 组合导航算法中的运动学约束算法研究，以及数据分析结果与多源传感器融合的轮式载体导航数据处理，实现局部环境感知数据与地图数据的统一。结合工程机械领域的应用需求，牵头以项目成果的核心技术为基础，搭建了工程机械辅助施工系统的研究平台，同时参与了海洋项目的科研研究。未来将在工程辅助施工系统领域形成一系列的产品化，弥补山东市场该领域的应用空白。

### 5、齐鲁交通信息集团有限公司

排名：5

对本项目科技创新推广应用情况的贡献：在项目中主要负责关键定位模块产品的性能测试与应用效果测试，并负责项目新技术、新产品在精准交通、智慧高速方面（智慧护栏、智慧养护、自由流等）的推广应用。同时推动项目技术与持续创新技术在无人驾驶高速测试路段的测试应用。

### 6、山东慕客空间信息技术有限公司

排名：6

对本项目科技创新推广应用情况的贡献：负责协调项目推广应用示范，组织项目产品化阶段功能检测、技术指标验证等小试阶段产品试验，负责项目产品系统的现场安装试验、总结与反馈。并结合项目技术开发科研教育、人才培养领域的创新应用产品，与高校进行深层次合作，协调试验推广示范基地，将产品与新工科教育融合，并负责推广应用。

## 十一、完成人合作关系说明

邢建平作为项目第一完成人，从 2012 年开始从事高精度北斗项目研发，统筹项目整体与关键技术问题分析解决，组织把控技术实现与成果转化。项目第二完成人王胜利、第三完成人杨涛、第四完成人于明卫、第五完成人赖贻翔、第六完成人周胜洪、第七完成人刘海青、第八完成人宁亚飞、第九完成人薛玉磊、第十完成人刘海锐、第十一完成人王金亮、第十二完成人王月忠共同参与了两个自主立项项目《北斗 GNSSINS DR 敏捷精准微系统技术与集成应用》、《精准北斗新时空车联网关键技术、系统平台及应用》的研究开发与持续创新推广应用。这两个项目已经经过专家评价，并在山东省科技厅进行了成果登记，并实现了专利、论文、产品、市场推广等多方面的成果转化。项目第一完成人邢建平与项目第二完成人王胜利有论文代表作，以及发明专利 2 的合作；项目第一完成人邢建平与第三完成人杨涛、第四完成人于明卫有论文代表作的合作；另有项目第一完成人邢建平与第四完成人于明卫有论文代表作的合作，项目第一完成人邢建平与第四完成人于明卫有论文代表作的合作。项目第一完成人邢建平与第五完成人赖贻翔论文代表作的合作、第六完成人周胜洪论文代表作的合作；项目第二完成人王胜利、项目第七完成人刘海青有代表作的合作。

目前，项目第一单位山东大学与第二完成单位山东天星北斗信息科技有限公司、第三完成单位青岛杰瑞自动化有限公司、第六完成单位山东慕容空间信息技术有限公司等联合成立了山东省工业技术研究院北斗新时空智慧产业协同创新中心。项目第一单位山东大学与上述单位，以及第四完成单位山东科技大学前期有 2 个成果项目共同成果鉴定。项目第一单位山东大学与项目第二完成单位山东天星北斗信息科技有限公司在本项目第五完成单位齐鲁交通信息集团有限公司（项目第二完成单位主管上级集团）进行了项目示范性试验和应用。