

附件 2

面向厘米级精度的北斗三号卫星关键技术及应用

拟推荐奖项：技术发明奖

推荐专家：杨长风，装备发展部

杨元喜，西安测绘研究所

谭述森，北京卫星导航中心

郭树人，北京跟踪与通信技术研究所

胡海鹰，中国科学院微小卫星创新研究院

一、专家推荐意见

1. 杨长风（装备发展部）：

北斗三号全球卫星导航系统目标是为全球用户提供全天时、全天候高精度导航定位与授时服务，“高精度空间基准、高精度时频基准、高精度信号基准”等影响厘米级空间信号精度的根源性挑战。

该项目发明了面对面 1Ka 时分多址建链拓扑结构，基于国内地面站可实现全弧段观测，解决了星间测量拓扑构型的动态维持难题，观测几何因子（PDOP）提升 $10\sim 30$ 倍，实现了厘米级时空基准测量与传递；揭示了星载原子钟三维磁致频移机理，从源头上保证了导航卫星的厘米级空间信号精度；发明了基于耐冲抗振框架面板式卫星结构的 Ka、RNSS 天线共面安装，确保卫星轨道运动及外热流变化时相位中心的稳定性。

我推荐本项目作为中国科学院杰出成就奖（技术发明奖）候选者。

2. 杨元喜（西安测绘研究所）：

北斗三号是我国独立自主的全球卫星导航系统。面向高精度定位技术需求，厘米级高精度北斗卫星导航信号生成是实现用户高精度定位导航的必要条件。该项目率先突破并验证了全球首创 Ka 星间链路及路由指向技术，实现了厘米级时

空基准测量与传递；创建了“高精度星载原子钟+无缝切换”的频移驾驭星载时频服务体系，实现星载时频天稳等核心指标优于 GPS；发明了基于耐冲抗振框架面板式卫星结构的 Ka、RNSS 天线共面安装技术，卫星质心、Ka 天线及 RNSS 天线相位中心稳定性达毫米级，满足厘米级空间基准要求；相关发明为北斗三号跨越式发展提供了有力支撑，成果已成功应用于北斗三号首发试验星及组网星研制，具有显著的军事、经济和社会效益。

我推荐本项目作为中国科学院杰出成就奖（技术发明奖）候选者。

3. 谭述森（北京卫星导航中心）：

高精、高准、高稳是北斗三号全球卫星导航系统建设的重要目标，项目团队历经关键技术攻关、重大专项等长达数年时间，突破了影响厘米级空间信号精度的根源性问题。

该项目发明了单 Ka 相控阵时分建链拓扑结构，解决了北斗服务全球面临的巨大挑战-星座全球测定轨；创建了基于星间链路的时频监测评估技术，创新性提出基于星间链路的时频驾驭方法，解决了北斗星座不同钟组下长期钟差预报精度发散问题，钟差精度与 GPS 基本持平；首次突破“单独星敏定姿技术”、“基于模型的姿态导引技术”等关键技术，解决了因卫星存在动偏、零偏两种状态而导致的切换过程 URE 精度下降难题。相关发明成果已成功应用于北斗三号卫星研制。

我推荐本项目作为中国科学院杰出成就奖（技术发明奖）候选者。

4. 郭树人（北京跟踪与通信技术研究所）：

面向自动驾驶、无人机等高精度定位需求，高精度北斗卫星导航信号生成是实现厘米级空间精度的必要条件。

项目团队攻克了高精度空间信号基准问题，率先突破并验证了全球首创 Ka 相控阵星间链路及路由指向技术，导航核心指标-用户测距误差 URE 优于美国的 GPS；攻克了高精度时频基准问题，创建了频移驾驭时频基准体系，解决了在轨星载原子钟受卫星磁力矩器工况变化等引发的时频信号稳定度恶化难题；首次突破“单独星敏定姿技术”、“基于模型的姿态导引技术”等关键技术，解决了因卫星存在动偏、零偏两种状态而导致切换过程 URE 精度下降难题。相关技术发明已经在北斗三号全球卫星导航系统试验卫星及组网卫星中得到应用。

我推荐本项目作为中国科学院杰出成就奖（技术发明奖）候选者。

5. 胡海鹰（中国科学院微小卫星创新研究院）：

北斗三号卫星导航系统使我国在战略层面摆脱了对 GPS 的依赖。高精度北斗卫星导航信号生成是实现厘米级空间精度的必要条件。

项目团队提出了基于指向性规划查询的路由及窄波束动态指向技术，解决了星间测量拓扑构型的动态维持难题，观测几何因子（PDOP）提升 10~30 倍；发明了基于星间链路的时频监测评估技术，钟差精度与 GPS 基本持平；创建了专用导航卫星平台，卫星质心、Ka 天线及 RNSS 天线相位中心的稳定性达毫米级，满足了厘米级空间基准的要求。相关技术发明为厘米级北斗卫星导航信号生成奠定了源头基础，成果全面应用于北斗三号卫星备份卫星，推动了北斗三号导航卫星技术快速发展。

我推荐本项目作为中国科学院杰出成就奖（技术发明奖）候选者。

二、主要发明专利列表（技术发明奖、科技攻关奖）

序号	发明专利名称	国家(地区)	授权号	授权日期	发明人	发明专利有效状态
1	一种导航电文正确性的自主判断系统及方法	中国	ZL202110740660.3	2024年4月26日	林宝军, 龚文斌, 田小莉, 赵帅, 戴永珊, 邵瑞强, 沈冠浩	有效
2	准一维冷原子源制备装置及方法	中国	ZL202111235256.7	2024年4月12日	万金银, 刘亮, 孙远, 王鑫, 张孝, 王文丽	有效
3	导航卫星自主时频基准的构建方法、装置和系统	中国	ZL202210555658.3	2024年8月9日	林宝军, 易晓, 杨士涛, 龚文斌, 张军, 任前义, 董日昌	有效
4	在轨导航卫星主备钟切换方法	中国	ZL202010009606.7	2022年10月28日	王宇凯, 董日昌, 陆新颖, 任前义, 龚文斌, 李绍前, 李光, 张军, 蒋桂忠, 沈苑	有效
5	一种星载原子钟在轨磁致频移补偿方法	中国	ZL202010107688.9	2021年3月2日	李绍前, 董日昌, 常家超, 邵丰伟, 任前义, 龚文斌, 林宝军	有效
6	导航卫星时间系统及其自主恢复方法	中国	ZL201980020430.0	2024年4月16日	林宝军, 龚文斌, 陆新颖, 沈苑, 陈婷婷, 任前义, 戴永珊, 余志洋, 李光, 洪霞, 田小莉	有效
7	粗轨航天器与北斗三号卫星星间链路信号双向捕获方法	中国	ZL202011048441.0	2023年12月29日	赵帅, 龚文斌, 林宝军, 赵亚慧	有效
8	卫星构型及其分离方法	中国	ZL202080002017.4	2022年4月19日	安洋, 林宝军, 蒋桂忠, 陈鸿程, 田艳, 曹冬冬, 解放, 刘佳伟	有效

序号	发明专利名称	国家(地区)	授权号	授权日期	发明人	发明专利有效状态
9	一种导航卫星自主姿态控制软件的设计方法	中国	ZL202110072053.4	2022年3月15日	王正凯, 贺芸, 王学良, 林宝军, 沈苑	有效
10	北斗三号卫星处于地影期时预报姿态的方法	中国	ZL202110920677.7	2022年9月13日	邵瑞强, 林夏, 龚文斌, 赵帅, 石碧舟, 董明佶, 刘欢, 林宝军	有效

三、其他知识产权和标准等列表

序号	类型	名称	著录信息	全部完成人
1	论文专著	基于功能链的导航卫星系统工程	科学出版社 2021年1月第42-54页	林宝军
2	论文专著	一种天文导航信息导引的星间链路自主定轨算法	宇航学报 2021, 42(02) 第230-238页	林夏, 林宝军, 刘迎春, 白涛, 武国强
3	论文专著	Satellite-borne atomic clock based on diffuse laser-cooled atoms	Front. Phys. 10 985586 (2022);	孟艳玲, 蒋小军, 武靖, 叶美凤, 成华东, 李琳, 刘亮
4	论文专著	Architecture and Algorithm Design of Navigation Satellite Robust Ensemble Clock System	IEEE SENSORS JOURNAL 2024年24(10)卷 17054 - 17066 页	易晓, 杨士涛, 董日昌, 龚文斌, 任前义, 张军, 帅涛
5	论文专著	Long-term autonomous time-keeping of navigation constellations based on sparse sampling LSTM algorithm	Satellite Navigation 2024年5(15)卷 1-14 页	杨士涛, 易晓, 董日昌, 吴一凡, 帅涛, 张军, 任前义, 龚文斌

四、成员贡献情况

排序	姓名	工作单位	主要贡献（100字内）
1.	林宝军	中国科学院微小卫星创新研究院	作为北斗三号卫星总设计师，带领团队完成厘米级北斗卫星关键技术突破及应用推广，提出了导航星座 1ka 星间链路技术路线，创建了频移驾驭时频基准体系，发明了耐冲抗振框架面板式卫星结构，对北斗三号建设做出重要贡献。
2.	刘亮	中国科学院上海光学精密机械研究所	研制了星载冷原子钟，首创微波腔和积分球一体化、柱形激光冷却、冷原子分布控制、微波腔激光加热控制等，获得星载钟的最高性能。该钟从原理到技术均是我国提出并实现，对我国卫星导航系统的升级换代有深远的意义。
3.	李绍前	中国科学院微小卫星创新研究院	参与研制了导航卫星专用平台，L 天线、ka 天线采用共面安装方式，支撑卫星质心、天线相位中心的稳定性达到毫米级；发明了基于 GPU 的导航卫星模拟器，验证了北斗系列关键技术，为厘米级空间信号精度提供了验证平台。
4.	董日昌	中国科学院微小卫星创新研究院	揭示星载原子钟磁致频移机理，发明磁致频移动态补偿技术，有效抑制磁致频移影响，有效提升星载时频长期频率稳定度。设计星座综合原子时架构、星载最小钟组驾驭架构，完成技术攻关，为北斗三号精稳运行提供了解决方案。
5.	陆新颖	中国科学院微小卫星创新研究院	发明了基于星间链路的时频监测评估技术，解决了中高轨道空间环境恶劣导致时频信号发生异常波动甚至中断，保证了北斗星座不同钟组下长期钟差预报精度发散问题，钟差精度与 GPS 基本持平。
6.	张军	中国科学院微小卫星创新研究院	作为主任设计师和卫星副总师，全过程参与关键技术攻关、北斗导航卫星研制，参与创建了频移驾驭时频基准体系，发明的“钟组无缝切换”技术应用于中国科学院研制的全部 14 颗导航卫星，为厘米级空间信号精度做出贡献。