

月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨 技术研究

拟推荐奖项：科技攻关奖

推荐专家：沈志强，中国科学院上海天文台

吴伟仁，深空探测实验室

童小华，同济大学

叶叔华，中国科学院上海天文台

胡 浩，国家航天局探月与航天工程中心

谢剑锋，北京航天飞行控制中心

李海涛，北京跟踪与通信技术研究所

一、专家推荐意见

1、 沈志强（中国科学院上海天文台）

中国科学院月球与深空 VLBI 测轨团队，突破了 X 频段动态双目标同波束测量和火星探测器 VLBI 高精度测轨等关键技术。在嫦娥五号月面起飞、无人交会对接过程中发挥了关键作用，解决了复杂的多目标 VLBI 实时测定轨难题，确保了我国嫦娥五号、嫦娥六号连续两次月球采样返回任务的圆满成功。在天问一号任务中，VLBI 测定轨在地火转移、近火捕获等关键飞行段发挥了重要作用。

在上述月球与火星探测任务中，VLBI 测定轨精度达到国际先进水平，实时性处于国际领先，为工程的圆满成功做出

了杰出贡献。

我郑重推荐“月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨技术研究”为 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖科技攻关奖候选者。

2、 吴伟仁（深空探测实验室）

中国 VLBI 网突破了 X 频段双目标同波束 VLBI 测量和火星探测器实时 Δ DOR 高精度测定轨等关键技术,为嫦娥五号、六号完成月球正面及背面采样返回和天问一号在国际上一次实现“绕、着、巡”圆满成功做出了不可替代的重要贡献。

中国 VLBI 网的探测器时延测量和测定轨精度均处于我国最高水准,达到国际先进水平,测量实时性为国际领先,将为后续深空探测和载人登月任务奠定基础。

VLBI 在月球与火星探测工程中的成功应用,是中国科学院射电天文领域长期积累,面向国家重大需求的应用典范。我郑重推荐“月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨技术研究”为 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖科技攻关奖候选者。

3、 童小华（同济大学）

中国科学院上海天文台长期致力于 VLBI 前沿技术研究。为解决我国深空探测工程测控瓶颈,上海天文台组织构建中国 VLBI 网,坚持自主创新。VLBI 测轨团队针对月球采样返回、交会对接和火星探测等国际一流水平任务的高难度技术挑战,攻坚克难,突破了实时动态双目标测定轨等一系列关键技术,在嫦娥五号、六号和天问一号任务中成功应用并取

得佳绩。

月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨技术杰出成就，是中国科学院面向世界科技前沿、面向国家重大需求，坚持高水平科技自立自强，抢占科技制高点的必然产物。

我郑重推荐“月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨技术研究”为 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖科技攻关奖候选者。

4、 叶叔华（中国科学院上海天文台）

上海天文台长期致力于 VLBI 前沿技术研究，并将其引入探月工程，解决月球距离测控瓶颈。近年来，VLBI 测轨团队发挥射电天文技术优势，根据国家战略需求，抢占深空测定轨制高点，在 X 频段双目标同波束干涉测量和高精度定轨技术方面取得了创新成果。我国深空探测器 VLBI 时延精度和实时性已达到国际先进水平，为嫦娥五号、六号的月球正面及背面采样返回任务，以及天问一号“绕、着、巡”任务的成功发挥了关键作用。

这些杰出成就将在深空探测领域继续发挥重要作用，为建设科技强国做出更大贡献。我郑重推荐“月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨技术研究”为 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖科技攻关奖候选者。

5、 胡 浩（国家航天局探月与航天工程中心）

VLBI 是月球和深空探测定轨不可或缺的重要技术手段，中国科学院上海天文台等单位通过自主科技创新，突破了多项月球与火星探测任务 VLBI 高精度测定轨关键技术，首次

构建了 X 频段实时高精度双目标 VLBI 测定轨能力，为嫦娥五号和嫦娥六号任务连续圆满完成月球正面和月球背面采样返回创举，做出了杰出贡献。

VLBI 时延测量精度、实时性和测定轨精度均达到国际先进水平。

我郑重推荐“月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨技术研究”为 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖科技攻关奖候选者。

6、 谢剑锋（北京航天飞行控制中心）

上海天文台组织中国科学院大型射电天文望远镜构建的 VLBI 测轨分系统，是深空探测任务测控系统不可或缺的重要组成部分。VLBI 测轨团队以国家深空探测重大任务需求为导向，发挥中国科学院的学科优势，突破技术壁垒，不断创新，抢占科技制高点。

月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨多项技术成果，已成功应用于嫦娥五号、六号两次月球采样返回及天问一号火星探测等技术特别复杂的高难度任务，为多个重要飞控事件的测控提供了关键支持。VLBI 双目标测量实时性为世界领先，测定轨精度则达到了国际先进。

我郑重推荐“月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨技术研究”为 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖科技攻关奖候选者。

7、 李海涛（北京跟踪与通信技术研究所）

VLBI 是我国月球与深空探测工程不可或缺的测定轨技

术。上海天文台首次突破 X 频段动态双目标实时同波束干涉测量技术，极大地支持了国际首次月球轨道无人交会对接，成功应用于嫦娥五号我国首次地外天体采样返回和嫦娥六号国际首次月球背面采样返回任务。火星探测 VLBI 高精度测定轨技术，在我国首次火星探测“天问一号”任务中发挥了重要作用。深空专用 VLBI 终端及双目标测定轨技术，显著提高了深空多目标测定轨能力。

上海天文台牵头创新构建了中国 VLBI 网，掌握关键核心技术，为深空探测国家重大专项工程多个任务的圆满成功做出了杰出贡献。

我郑重推荐“月球与火星探测器实时高精度 VLBI 测定轨技术研究”为 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖科技攻关奖候选者。

二、 主要发明专利列表

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	用于多目标 VLBI 测轨验证的通用信号仿真方法	中国	ZL202110648631.4	2023 年 10 月 27 日	郑为民;童力;童锋贤	有效
2	一种基于改进型锁相环的多普勒频率测量方法	中国	ZL202011102036.2	2023 年 07 月 14 日	邓涛; 马茂莉; 刘庆会; 吴亚军	有效
3	大型射电望远镜的副反射面位姿测量系统及测量方法	中国	ZL201910497113.X	2024 年 08 月 16 日	江永琛; 王锦清; 苟伟; 虞林峰; 蒋甬斌	有效
4	一种天线绝对链路时延监测系统	中国	ZL202110894180.2	2023 年 03 月 14 日	常捷; 王锦清; 江永琛; 舒逢春	有效
5	一种基于对称错频往返校正的频率标准信号稳相传输系统	中国	ZL202011579485.6	2022 年 09 月 09 日	常捷; 王锦清; 江永琛; 舒逢春; 虞林峰	有效
6	一种射电天文接收机使用的四通道中频均衡放大模块	中国	ZL202011451513.6	2022 年 06 月 17 日	宁云炜; 闫浩; 曹亮; 马军; 李笑飞; 刘烽; 陈勇	有效
7	低频射电天文观测和电离层主动探测系统	中国	ZL202110256381.X	2023 年 04 月 25 日	董亮; 闫小娟; 扎姆里·扎纳尔·阿比丁; 任维佳; 杨峰; 张效信; 敦金平; 郭少杰; 汪敏	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	Dual-target Signal Simulation of Very Long baseline Interferometry for Chang'E-5	Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 134:084502, 2022 August	Xu Zhao; Wei-Min Zheng(郑为民) ; Li Tong; Mao-Li Ma
2	论文	Trajectory Determination of Chang'E-5 during Landing and Ascending	Remote Sens. 2021, 13, 4837	Peng Yang; Yong Huang(黄勇) ; Peijia Li; Siyu Liu; Quan Shan; Weimin Zheng(郑为民)
3	论文	The Tianma 65 m radio telescope at Shanghai	Astronomical Techniques and Instruments, Vol. 1, September 2024, 239–246	Qinghui Liu (刘庆会) ; Zhiqiang Shen; Xiaoyu Hong (洪晓瑜) ; Qian Ye; Bin Li; Jinqing Wang(王锦清) ; Rongbing Zhao; Li Fu; Weiye Zhong; Lingling Wang; Juan Li; Zhen Yan; Wu Jiang; Bo Xia
4	论文	天问一号 VLBI 测定轨技术	中国科学: 物理学 力学 天文学, 2022, 52: 239507	刘庆会; 黄勇; 舒逢春; 王广利; 张娟; 陈中; 李培佳; 马茂莉; 洪晓瑜
5	论文	动态双目标 VLBI 软件相关处理技术研究	中国科学: 物理学 力学 天文学, 2021, 51: 119505	张娟; 郑为民; 刘磊; 童力; 童锋贤; 芮萍

四、成员贡献情况

排序	姓名	工作单位	主要贡献
1	郑为民	中国科学院上海天文台	作为探月工程三期 VLBI 测轨分系统总设计师，负责嫦娥五号 VLBI 测轨分系统总体技术，主导技术方案设计、关键技术攻关及初、正样天地对接试验，确保系统在实时任务中的成功应用。对创新点 1、3、4 有突出贡献。
2	洪晓瑜	中国科学院上海天文台	作为探月工程（三期）VLBI 测轨分系统总指挥及首次火星探测任务 VLBI 测轨分系统总指挥，负责嫦娥五号和天问一号方案的论证工作。对创新点 1、2、3 有突出贡献。
3	刘庆会	中国科学院上海天文台	作为天问一号 VLBI 测轨分系统总设计师和嫦娥六号 VLBI 测轨分系统总指挥，负责天问一号 VLBI 测轨分系统总体技术工作和嫦娥六号方案论证工作，主导天问一号技术方案设计。对创新点 1、2、3 有突出贡献。
4	陈中	中国科学院上海天文台	作为嫦娥六号 VLBI 测轨分系统总设计师，负责嫦娥六号 VLBI 测轨分系统总体技术工作，负责总体技术方案设计、关键技术突破、重大试验和任务实施。对创新点 1、2 有突出贡献。
5	黄勇	中国科学院上海天文台	作为嫦娥五号 VLBI 测轨分系统定轨定位及科学应用中心主任设计师，负责定轨定位相关关键技术研究，研发高精度定轨软件。对创新点 2、3 有突出贡献。

6	张娟	中国科学院上海天文台	作为天问一号 VLBI 测轨分系统运行与指挥中心指挥，负责动态双目标同波束实时相关处理关键技术突破，并研发具备动态双目标同波束实时相关处理能力和条纹搜索能力的系统。对创新点 1、2、4 有突出贡献。
7	王锦清	中国科学院上海天文台	作为嫦娥五号佘山站主任设计师和天问一号佘山站指挥，研制了天线标校系统和基准信号传输系统，分别实现了天线指向与面形自动化检测和氢钟信号长距离稳定传输。对创新点 1、2 上有突出贡献。
8	马军	中国科学院新疆天文台	作为乌鲁木齐南山站总工，承担探月三期 NSRT 改造项目中的接收机改造项目；参与国家专项任务“火星探测工程 VLBI 测轨分系统研制”。优化了天线系统性能。对创新点 1、2 有突出贡献。
9	汪敏	中国科学院云南天文台	在探月三期中，任 VLBI 测轨分系统昆明测站指挥，领导完成了昆明站 40 米天线的改造，以及接收机等关键设备的更新更换，协调各项保障工作，确保昆明站正常运行，圆满完成各项测轨任务。对创新点 1、2 有突出贡献。
10	王文彬	中国科学院上海天文台	作为嫦娥五号 VLBI 测轨分系统运行与指挥中心主任设计师和嫦娥六号 VLBI 测轨分系统运行与指挥中心指挥，负责组织中心的工作及技术方案设计，负责数据遴选与通信配置项关键技术攻关。对创新点 1、2 有突出贡献。