

## 2024 年度自然资源科技进步奖提名项目公示

项目名称	国产重力梯度卫星系统设计与数据处理关键技术
推荐单位	自然资源部国土卫星遥感应用中心
主要完成人	常晓涛、徐新禹、朱广彬、文汉江、刘焕玲、程鹏飞、仇越、梁伟、郭金运、褚永海、刘伟、黎明、金涛勇、张立华、赵永奇
主要完成单位	自然资源部国土卫星遥感应用中心、武汉大学、中国测绘科学研究院、莫干山地信实验室、航天东方红卫星有限公司、山东科技大学

### 成果基本情况：

重力卫星为全球提供精准的地球重力场观测数据，广泛用于全球及区域大地坐标系统的构建、维持与精化，自然资源的调查、监测与勘探，以及气候、环境、应急、减灾等多个行业，创造了巨大的科技、经济和社会效益。在国家民用航天预先研究、高分对地观测重大专项等项目的支撑下，面向我国自主重力梯度卫星研制与应用面临的关键问题开展了技术方法体系构建与应用方法攻关等系统化研究工作，全面突破了制约我国梯度测量模式重力卫星发展的指标论证设计、在轨检校与重力场建模、基准模型构建与遥感工程应用等技术瓶颈，实现了我国重力梯度卫星关键技术自主可控，为卫星遥感应用提供了高程基准构建与应用技术支撑。

### 推荐意见：

重力梯度卫星作为国家民用空间基础设施中更加基础的组成部分，通过高效快速观测实现地球重力场高精度高分辨率反演，是地球坐标系统高程基准构建与维持的核心技术手段，为国家空间基础设施遥感卫星定量化观测和全球化应用提供重要的基础性支撑。项目面向国产重力梯度卫星指标设计与仿真验证、在轨检校与数据处理、基准模型构建与遥感工程应用等迫切需求，根据我国民用空间基础设施发展规划安排，通过民用航天预研项目与高分重大专项项目实施完成以下工作并取得良好效果。

项目开展重力梯度卫星超低轨道降混频设计、星地一体化误差分析、卫星指标论证技术研究，为重力梯度卫星工程立项提供技术支撑；开展卫星多途径多层级检校、大型最小二乘有色噪声滤波处理、极空白区谱分析等技术研究，为我国重力梯度卫星在轨检校与数据处理提供关键技术；开展区域高程基准模型精化、全球大地水准面模型构建、高程基准高精度转换技术研究，并开发卫星数值仿真软件平台与遥感卫星立体测图高程基准转换软件，为全球统一的高程基准构建与维持以及我国重力梯度卫星产品生产与应用提供自主解决方案。

项目突破了重力梯度卫星系统设计与数据处理以及全球高程基准统一系列关键技术，相关成果在国产重力梯度卫星任务规划、工程设计、载荷研制、1:1 万立体测图产品生产、星载激光测高数据处理以及境外测图高程基准转换等方面得到广泛应用，并创造了十分显著的经济与社会效益。

综上，特此推荐本项目申报自然资源科技进步奖一等奖。

### 成果简介：

重力梯度卫星通过卫星平台精密测控实现重力场精准反演，为全球高程基准构建与维持提供关键支撑，其平台控制技术是光学与雷达等遥感卫星开展定量化观测的基础，其观测成果广泛用于自然资源监测、勘探以及应急减灾等诸多行业。随着全球合作深化，我国亟需解决全球统一高程基准构建、大地坐标系自主维持及重力场精细探测等问题。在国家民用空间基础设施发展规划指导下，项目完成了卫星需求论证、技术指标设计完成了卫星需求与技术指标论证，并针对高分七号等卫星立体测图产品全球化应用难题，开展了全球高程基准建设方案设计及其关键技术研究。

项目攻克了国产重力梯度卫星的需求论证、指标设计、在轨检校、数据处理等关键技术难题，构建了自主可控的高分辨率全球高程基准模型，有力支撑了遥感卫星立体测图业务化应用。创新成果主要包括：突破了超低轨道降混频设计、星地一体化误差分析等技术，建立卫星指标仿真验证体系，填补了国内技术空白；

发展了多层级检校技术，实现了卫星重力梯度数据高精度处理和全球中长波大地水准面的高精度解算；提出了 EHA-CT 重力场建模新方法，构建了国际先进的 5'×5' 全球重力场模型，开发了高程基准转换软件系统。

项目成果已应用于国产重力梯度卫星关键指标设计、载荷研制、1:1 万立体测图产品生产及境外测图基准转换中，并在海洋、交通、电力等行业推广使用。项目实现了我国自主全球高程基准模型的高精度构建，推动了我国航天技术进步，提升了全球地理信息产品质量，产生了显著的社会经济效益，为我国重力梯度卫星研制及自然资源遥感卫星业务化应用提供了重要技术支撑。

**客观评价：**

项目针对国产重力梯度卫星系统设计与数据处理技术，开展了星地一体化指标设计论证、卫星在轨检校与精细化数据处理技术研究，构建了高分辨率全球重力场模型，设计了工程化应用方案，解决了国产重力梯度卫星系统指标自主设计、数据处理技术体系不完善、我国全球自主重力场模型精度与分辨率不足等难题。

项目突破了国产重力梯度卫星星地一体化误差分析、卫星指标论证关键技术，构建了观测要素技术指标分析评价体系；发展了国产重力梯度卫星多途径多层级检校技术方法，实现了卫星重力梯度观测数据的高精度处理和全球中长波大地水准面的高精度解算；提出了基于椭球面重力异常的 EHA-CT 重力场确定严密积分方法，计算了全球大地水准面与我国高程系统的转换参数，构建了我国自主的 5'×5' 全球重力场模型。

项目相关成果成功应用于国产重力梯度卫星关键指标设计、载荷研制、1:1 万立体测图产品生产，在我国高分七号卫星测图、星载激光测高数据处理、陆海地理信息产品融合及境外测图高程基准转换中发挥了重要作用，并广泛应用于海洋、应急、交通、电力等行业。项目社会效益十分显著。

**主要知识产权和标准规范等目录**

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
专利	一种遥感卫星的全球高程基准模型的应用方法	中国	ZL 2019 1 1307260.2	2023 年 05 月 16 日	第 5972328 号	自然资源部国土卫星遥感应用中心	朱广彬, 付兴科, 常晓涛, 周苗等	有效
专利	快速解算 GOCE 卫星重力场模型的 Torus 方法和系统	中国	ZL 2019 1 0514792.7	2023 年 06 月 06 日	第 6031448 号	中国测绘科学研究院	刘焕玲, 文汉江, 董杰	有效
专利	一种基于张量不变理论的卫星引力梯度粗差探测方法	中国	ZL 2022 1 0972892.6	2022 年 08 月 15 日	第 5839576 号	自然资源部国土卫星遥感应用中心	朱广彬, 常晓涛, 刘伟等	有效
专利	基于张量不变理论的卫星引力梯度数据精度的验证方法	中国	ZL 2019 1 1307301.8	2021 年 09 月 14 日	第 4680139 号	自然资源部国土卫星遥感应用中心	朱广彬, 常晓涛, 瞿庆亮, 刘伟等	有效
专利	一种卫星重力测量中的海潮混频误差估计方法	中国	ZL 2022 1 0985887.9	2023 年 10 月 10 日	第 6387786 号	自然资源部国土卫星遥感应用中心	刘伟, 常晓涛, 朱广彬等	有效
专利	全球重力场模型反演方法	中国	ZL 2018 1 0333372.4	2019 年 07 月 12 日	第 3454523 号	武汉大学	吴汤婷, 徐新禹, 卢立果, 赵永奇	有效