

国家科学技术进步奖提名公示内容

(2019 年度)

项目名称	中国高精度数字高程基准建立的关键技术及其推广应用
提名意见	作为国家(地区)重要的空间信息基础设施,高程基准是工程建设中的必要信息。大地水准面(数字高程基准)为国家高程基准的建立与维持提供了全新的思路。 项目瞄准国家高程基准现代化和位置服务的重大需求,突破了数字高程基准精密确定的一系列理论和技术难题,研制了新一代数字高程基准模型,满足了国家重大工程建设和精密位置服务的要求。主要技术内容和创新有:(1)发展了高精度数字高程基准建立的整套严密理论模型;(2)创建了精密数字高程基准确定和工程化应用的技术体系;(3)提出了高程基准维持与高程测定的新模式;(4)建立了一批厘米级区域和首个优于 1 分米级国家的数字高程基准模型,项目在数字高程基准确定理论方法及其精度方面跻身世界一流行列,总体达到国际领先水平。 项目成果革新了我国现代高程测定和基准维持的模式,广泛用于国土、规划、水利、交通等领域,并在国家重大工程中发挥了重要作用,产生了显著的社会经济效益。 提名该项目为国家科学技术进步奖一等奖。 提名单位:中国地理信息产业协会

项目简介

高程基准是一个国家(地区)重要的空间信息基础设施。地面点的海拔高程是一切工程建设与设计施工所必需的基础性信息，其测定依然采用传统水准测量技术，费时费力效率低。将海拔高程测量纳入卫星定位技术系统，是高程测量现代化的发展方向。要在 GPS 定位技术框架中实现海拔高测定功能，目前最有效的办法是利用大地水准面模型（数字高程基准）将 GPS 测定的大地高转换为海拔高，但其精确确定长期以来是一个世界性难题。受限于我国重力资料匮乏、地形变化复杂以及大地水准面非线性特征显著，建立高精度数字高程基准更为困难。本项目实施之前，国家级数字高程基准模型精度约 40 厘米，省级在 5-10 厘米，难以满足工程建设和精密位置服务的要求。

项目瞄准国家高程基准现代化和位置服务的重大需求，历经十余年技术攻关，突破了数字高程基准精密确定的一系列理论和技术难题，研制了新一代数字高程基准模型，实现了将我国的数字高程基准模型精度由分米级提升到厘米级的重要跨越，提出了高程基准建设与维持新模式，大大推动了我国高程基现代化进程。主要技术内容与创新有：

(1)从理论上，首次揭示了第二类赫尔默特(Helmert)凝集法存在的重力归算边界面定义不正确的问题，推导了 Stokes-Helmert 边值问题理论的严密表达式，并建立了顾及地球曲率的地形引力与地形位确定的系列完整严密模型，率先在国际上从理论方面解决了建立 1 厘米精度数字高程基准的难题。

(2)从技术上，创建了精密数字高程基准建立的技术体系，解决了地形复杂地区重力数据稀疏、多源数据质量控制、高性能数据处理等影响工程化的难点问题，为数字高程基准从科学研究走向工程化应用提供了技术支撑。

(3)从模式上，提出了利用数字高程基准面实现基准维持与高程测定的新模式，克服了传统水准测量地面标石易破坏、维护难等难题，实现了卫星导航定位快速精密测定海拔高程的实用化能力。

(4)从工程应用上，研制了我国首个优于 1 分米陆海统一高精度数字高程基准模型，较已有模型精度提高 5 倍，分辨率提高 1 倍；并建立了全国 100 多个省市及适用于国家重大工程的高精度数字高程基准模型，实现了规模化应用。

项目确定的数字高程基准，国家级、省级和城市级的精度分别达到了 12.6 厘米、3 厘米、0.8 厘米。在中国重力数据更少、大地水准面起伏更大的情况下，国家数字高程基准与美国相当，优于加拿大等与我国面积相当的其他国家。省级模型精度优于德国等面积相近的国家模型。项目成果革新了我国现代高程测定和基准维持的模式，在湖北、山西、浙江、武汉、宁波、重庆等 100 多个省市实现了工程应用，广泛用于国土、规划、水利、交通等领域，并在“南水北调”和“地理国情监测”等国家重大工程中发挥了重要作用，产生了显著的社会效益和经济效益。制定国家行业标准 1 项，获中国卫星导航定位科技进步特等奖 1 项、地理信息科技进步一等奖 2 项和湖北省科技进步特等奖 1 项，发表论文 160 余篇。

客观评价

项目突破了中国数字高程基准模型确定的一系列理论和技术难题，研制并发布了中国新一代重力似大地水准面模型 CNGG2011 及陆海统一模型，取得了多项原创性成果。现将部分验收鉴定意见和学术评价意见等摘录如下：

（一）技术检测报告和项目验收意见、鉴定结论

（1）“中国高精度数字高程基准建立的理论与实现”科技成果鉴定

由杨元喜、许其凤、王家耀、刘先林四位院士等专家组成的科技鉴定委员会，对武汉大学完成的“中国高精度数字高程基准建立的理论与实现”科技成果进行了鉴定，认为该项目多项研究成果取得突破性进展，整体达到了国际领先水平，鉴定委员会一致同意通过鉴定。研究成果作为我国现代测绘基准的重要组成部分，对测绘基准建立、维持和服务方式的变革产生深远的影响。部分具体评价如下：“该项目的创新有：1) 提出将精密重力似大地水准面模型作为高程基准现代化的重要基础设施新理念，…；2) 导出 Airy-Heiskanen 地形均衡模型的严密均衡改正积分公式，…；3) 突破了确定高精度数字高程模型的一系列理论和技术难题，…；4) 导出了顾及地球曲率的地形引力、引力位、凝集位和均衡改正严密积分公式系列严密快速卷积算法，…；5) 研制了中国高精度数字高程基准模型 CNGG2011，与 649 个国家 B 级 GPS 水准独立比较的精度为 $\pm 0.126\text{m}$ ，…”。

（2）927 一期工程《海域大地水准面精化与陆海拼接》审定意见

由陈俊勇、宁津生、许厚泽院士等专家组成的成果审定委员会对 927 一期工程《海域大地水准面精化与陆海拼接》项目进行了审定。认为“项目综合利用 927 一期工程航空重力与船载重力测量数据、沿岸陆地 GNSS 水准和跨海高程测量数据，…，确定了与陆地一致的我国高精度海域似大地水准面。经沿海陆地及近海岛礁实测 GPS 水准点检核，不符值中误差优于 8cm”。

（3）《浙江省似大地水准面精化(海洋部分)》项目验收意见

由宁津生、董石麟、潘德炉院士等专家组成的验收委员会对《浙江省似大地水准面精化(海洋部分)》项目进行了验收。认为“项目理论严密，技术先进，创新性强，…，满足浙江海洋开发的工程需求，所取得的成果整体达到了国际先进水平”。部分具体评价如下：“项目采用第二类 Helmert 凝集法完成似大地水准面的计算；…，突破了陆海统一大地水准面确定中的卫星测高数据反演精细格网重力异常、多类重力数据融合、与国家高程基准统一等技术难题。经过检验，所计算的重力似大地水准面与 179 个 GPS 水准点资料独立比较精度为 0.043m，…”。

（4）《江苏省高精度动态三维测绘基准研究与建立》项目验收意见

由宁津生院士等专家组成的验收委员会对《江苏省高精度动态三维测绘基准研究与建立》项目进行了验收。认为“建成了我国第一个省级 CORS 服务系统，…，网络 RTK 服务精度平面优于 3cm、大地高优于 5cm，…；确定了精度为 0.025m，空间分辨率达到 $2' \times 2'$ 的江苏似大地水准面模型，是我国目前分辨率和精度最高的省级似大地水准面模型；…”。

项目组完成了超过 100 个省市的大地水准面精化项目，全部通过验收，得到了验收专家的一致好评，在这里不再详细叙述。

应用情况

项目突破了高精度数字高程基准建立的多项理论与技术难题，成功研制了中国最高精度的陆域似大地水准面模型 CNGG2011 及陆海统一的似大地水准面模型。成果使我国东部省级数字高程基准整体提升至 $\pm 0.030\text{m}$ ，市级数字高程基准整体提升至 $\pm 0.008\text{m}$ ，为我国现代高程的建立模式、测定模式和维持模式的转变奠定了坚实基础，同时，为我国高程基准的全面现代化提供了经大规模实践验证的可靠技术保证，具有重要的科学价值和广阔的市场应用前景。

项目成果先后规模化推广到 100 多个省、市及区域的现代测绘基准建立工程，包括河南、内蒙古、山西、江苏、四川、浙江、广西、福建、江西等省，沈阳、青岛、呼和浩特、苏州、玉树、增城、佛山、西安、宁波、厦门、嘉兴、徐州、台州、西宁、文山、长沙、包头、南京、常州、永定、金华、三亚、玉溪、绍兴、贵阳、衢州、珠海、长春、福州、天津、贵安、南昌、丽水、南宁、惠州、舟山、太原、温州、长春等城市，准格尔盆地、东海、浙江海域、港珠澳大桥、珠江口等区域，并结合各省市 CORS 提供三维一体化的测绘基准服务，产生了显著的社会经济效益。

此外，项目组还与长江水利委员会合作，将成果应用于国家大型水利工程项目南水北调中线干线工程的高程传递，满足了南水北调中线干线工程建设、后期项目维护的需求。2012 年，项目组将 CNGG2011 相关技术和成果成功应用到了港珠澳大桥区域的高程测量中， $2' \times 2'$ 格网似大地水准面精度达到 $\pm 0.009\text{m}$ ，为我国超长距离跨海大型桥梁的设计和施工提供了技术支持，具有重要的工程实用价值。该项技术在平潭大桥的建设中得到了推广应用。

近年来，随着国家海洋战略的实施，项目研究成果在海洋数字高程基准的建设中得到了示范应用。早在 2012 年，项目组在珠江口区域进行了我国局部海区数字高程基准建立方法的验证，在珠江口区域建立了精度为 $\pm 0.011\text{m}$ 的局部海洋数字高程基准，并使用高精度的似大地水准面为媒介，实现了国家 85 高程基准和海洋深度基准的无缝转换，并研制相应的软件平台。2014 年，项目组将海洋数字高程基准建模技术在浙江海洋进行推广，建立了精度达到 $\pm 0.043\text{m}$ 的浙江海域似大地水准面。2015 年，项目建立了东海似大地水准面，其重力大地水准面精度为 $\pm 0.048\text{m}$ 。

该成果成功还应用于国土、测绘、水利、交通、规划等行业，产生了巨大的社会效益；同时，也在市政重大工程中发挥了重要作用，应用于轨道交通的规划、选址以及地铁、过江隧道等的精确对接与贯通。

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 准实施) 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
标准	城市坐 标系统 建设规 范	中国	GB/T2 8584- 2012	2012-1 0-1	GB/T28584- 2012	中国标 准出版 社	李建成 等	有效
发明专利	垂线偏 差确定 中球面 地形位 间接影 响严密 方法及 系统	中国	ZL201 71015 4425. 1	2018-0 9-11		武汉大 学	李建成	有效
发明专利	国家三 维坐标 系与任 意地方 平面坐 标系间 七参数 转换方 法	中国	ZL201 61058 0387. 1	2016-0 7-22		武汉大 学	姚宜斌 等	有效
软件著作 权	GNSS 数 据分析 处理工 作站软 件(简 称: PASSION)	中国	2012S R0425 2	2012-5 -24	0410558	武汉大 学	姚宜斌 等	有效

主要完成人情况表

姓 名	李建成	性 别	男	排 名	01
行政职务	副校长	技术职称	教授	国 籍	中国
工作单位	武汉大学				
完成单位	武汉大学				
对本项目技术创造性贡献					
项目负责人，负责关键技术攻关与实施协调，对创新点 1、2、3、4 有贡献。具体包括：（1）提出将精密大地水准面数值模型作为高程基准现代化关键基础设施的新理念；（2）首次在国际上提出了基于 Stokes-Helmert 理论确定 1 厘米级精度大地水准面的严密方法；（3）突破了大地水准面甚短波分量恢复的关键技术难题；（4）主持研制了精度为 0.126m 中国高精度数字高程基准模型 CNGG2011 和我国首个优于 8cm 精度的海域似大地水准面模型。					

主要完成人情况表

姓 名	邹贤才	性 别	男	排 名	02
行政职务		技术职称	教授	国 籍	中国
工作单位	武汉大学				
完成单位	武汉大学				
对本项目技术创造性贡献					
项目主要完成人，对创新点 1、2 有贡献。具体包括：（1）负责似大地水准面建模中的重力数据预处理和高性能计算工作；（2）参与了 Stokes-Helmert 边值问题应用于我国大地水准面精化的理论和方法研究。					

主要完成人情况表

姓 名	姚宜斌	性 别	男	排 名	03
行政职务	院长	技术职称	教授	国 籍	中国
工作单位	武汉大学				
完成单位	武汉大学				
对本项目技术创造性贡献					
项目主要完成人，对创新点 3、4 有贡献。具体包括：（1）负责组织了浙江、武汉等多个省市的大地水准面精化工程的具体实施和 GPS 数据处理及坐标转换工作；（2）负责组织了东海、浙江沿海、珠江口等多个海洋大地水准面精化工程的具体实施工作；（3）将似大地水准面模型成果集成到 CORS 服务平台，实现了基于 CORS 的真三维一体化测量。					

主要完成人情况表

姓 名	申文斌	性 别	男	排 名	04
行政职务		技术职称	教授	国 籍	中国
工作单位	武汉大学				
完成单位	武汉大学				
对本项目技术创造性贡献					
项目主要完成人，对创新点 1、4 有贡献。（1）参与了大地水准面建模的理论研究。（2）协助开展了东海、浙江沿海、珠江口等多个海洋大地水准面精化工程的具体实施工作。					

主要完成人情况表

姓 名	魏辉	性 别	男	排 名	05
行政职务		技术职称		国 籍	中国
工作单位	武汉大学				
完成单位	武汉大学				
对本项目技术创造性贡献					
项目主要完成人，对创新点 2、4 有贡献。（1）负责了似大地水准面建模中的重力数据预处理工作，制订了数据质量控制的分类编辑准则。（2）参与了地形数据质量检核工作。					

主要完成人情况表

姓 名	王彬	性 别	男	排 名	06
行政职务		技术职称	讲师	国 籍	中国
工作单位	南京工业大学				
完成单位	武汉大学				
对本项目技术创造性贡献					
项目主要完成人，对创新点 2、4 有贡献。（1）参与了似大地水准面建模中的重力数据预处理工作。（2）组织了地形数据质量检核工作。					

主要完成人情况表

姓 名	张士柱	性 别	男	排 名	07
行政职务	副院长	技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	湖北省测绘工程院				
完成单位	湖北省测绘工程院				
对本项目技术创造性贡献					
项目主要完成人，对创新点 3、4 有贡献。具体包括:（1）组织实施了湖北省似大地水准面成果外业检测方案设计及其具体工作;（2）咸宁市、宜昌市、鄂州市等城市大地水准面项目中 GPS/水准控制网的设计与组织实施。					

主要完成人情况表

姓 名	刘秀	性 别	男	排 名	08
行政职务	副局长	技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	内蒙古自治区测绘地理信息局				
完成单位	内蒙古自治区测绘地理信息局				
对本项目技术创造性贡献					
项目完成人，对创新点 3、4 有贡献。具体贡献为：（1）组织实施内蒙古数字高程基准工程；（2）参与 GPS 网布设方案以及数字高程基准的示范应用工作。					

主要完成人情况表

姓 名	石强	性 别	男	排 名	09
行政职务	副大队长	技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	深圳市地籍测绘大队				
完成单位	深圳市地籍测绘大队				
对本项目技术创造性贡献					
项目完成人，对创新点 3、4 有贡献。具体贡献为：（1）负责深圳市数字高程基准的项目管理及其示范应用工作。（2）负责 SZCORS、高精度三维空间控制网和高程控制网的设计与实施。					

主要完成人情况表

姓 名	陈为民	性 别	男	排 名	10
行政职务	副局长	技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	宁波市规划局				
完成单位	宁波市规划局				
对本项目技术创造性贡献					
项目完成人，对创新点 4 有贡献。具体贡献为：（1）负责宁波市高精度三维空间控制网的设计方案与工程质量控制。（2）负责宁波市大地水准面项目的管理及其示范应用工作。					

主要完成人情况表

姓 名	杨一挺	性 别	男	排 名	11
行政职务		技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	浙江省第一测绘院				
完成单位	浙江省第一测绘院				
对本项目技术创造性贡献					
项目完成人，对创新点 4 有贡献。（1）负责浙江省似大地水准面精化（海洋部分）项目的组织与实施。（2）负责浙江省台州大地基准框架测量项目的组织与实施。					

主要完成人情况表

姓 名	向泽君	性 别	男	排 名	12
行政职务	副院长	技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	重庆市勘测院				
完成单位	重庆市勘测院				
对本项目技术创造性贡献					
项目完成人，对创新点 4 有贡献。参与重庆市现代测绘基准的建立的管理、技术研究及其推广应用。					

主要完成人情况表

姓 名	张孝成	性 别	男	排 名	13
行政职务	院长	技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	重庆市国土资源和房屋勘测规划院				
完成单位	重庆市国土资源和房屋勘测规划院				
对本项目技术创造性贡献					
项目完成人，对创新点 4 有贡献。（1）参与重庆市大地水准面精化项目的管理、技术研究及其推广应用。（2）高等级 GPS 控制网的设计与观测方案、质量控制。					

主要完成人情况表

姓 名	陈弘奕	性 别	男	排 名	14
行政职务	院长	技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	山西省测绘工程院				
完成单位	山西省测绘工程院				
对本项目技术创造性贡献					
项目完成人，对创新点 4 有贡献。（1）参与山西现代测绘基准项目的管理及其推广应用。（2）组织实施了山西省连续运行卫星测量基准站服务体系的建设与推广应用。					

主要完成人情况表

姓 名	李国鹏	性 别	男	排 名	15
行政职务	大队长	技术职称	高级工程师	国 籍	中国
工作单位	自然资源部第一大地测量队				
完成单位	自然资源部第一大地测量队				
对本项目技术创造性贡献					
项目完成人，对创新点 4 有贡献。（1）负责现代测绘基准外业数据的采集、质量控制等。（2）数据预处理软件研究。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	武汉大学				
排 名	1	法定代表人	窦贤康	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
项目总体负责单位，负责项目的组织实施、关键技术攻关及项目成果的推广和应用，并为项目提供了人力物力等的长期支持，对创新点 1、2、3、4 有贡献。 1、揭示了第二类赫尔默特(Helmert)凝集法存在的重力归算界面定义不准确的问题，从理论方面解决了建立 1cm 精度数字高程基准的难题。 2、提出将精密重力(似)大地水准面数值模型作为高程基准现代化关键基础设施的新理念，实现了基于传统水准测量的地面标石高程基准向基于现代 GNSS 测量的数字高程基准转变的一整套理论方法与实现方案，从根本上改变了高程基准的维持和测定模式，极大地推动了高程基准维持与高程测定的现代化。 3、突破了构建中国数字高程基准模型的一系列关键技术难题，具体包括:实现了对中国大陆现有重力数据全面统一的数据预处理;提出了利用精细地形数据通过高阶级数展开核函数，恢复大地水准面甚短波分量的新方法;提出了海量数据的并行计算解决方案，大幅度缩短计算时间，满足了工程时效性要求。 4、研制了中国高精度数字高程基准模型 CNGG2011，将我国陆域重力大地水准面精度提高到了 0.126m，分辨率由 $5' \times 5'$ 提高到 $2' \times 2'$，使我国大地水准面精度实现了对欧美发达国家的赶超;并确定了新一代陆海统一的数字高程基准模型。 5、建立了全国 100 多个省市级的高精度数字高程基准模型，实现了规模化应用。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	湖北省测绘工程院				
排 名	2	法定代表人	范小洁	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 3、4 有贡献。 1、湖北省测绘工程院是“湖北省似大地水准面精化”项目牵头单位，负责项目管理、协调和项目成果的推广应用。 2、湖北省 A、B、C 级 GPS 控制点成果收集与分析及湖北省似大地水准面成果外业检测方案的设计与实施。 3、宜昌市、孝感市等城市似大地水准面项目中 GPS/二等水准测量技术设计、实施及质量控制。 4、与武汉大学合作建立了优于 3cm 精度的湖北省似大地水准面。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	内蒙古自治区测绘地理信息局				
排 名	3	法定代表人	张瑞新	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 3、4 有贡献。 1、负责了内蒙古高程基准测绘服务软件的组织与协调管理。 2、组织了 GPS 网络数据的观测实施与质量控制。 3、与武汉大学合作，参与了内蒙古自治区数字高程基准模型的研制。研制了格网地形均衡重力异常模型、格网平均空间重力异常模型；计算了重力大地水准面高和高程异常模型；完成了重力似大地水准面与 GPS 水准似大地水准面的融合。 4、将项目成果在内蒙古基础测绘工作中进行了应用推广。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	深圳市地籍测绘大队				
排 名	4	法定代表人	成建国	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 3、4 有贡献。 1、负责了“深圳市高精度似大地水准面建立”项目的组织与实施。 2、利用高精度 GNSS 定位技术和精密水准方法，建立了深圳市高精度三维空间控制网和高程控制网。 3、与武汉大学合作，采用严密数据处理方法，确定了 1985 国家高程系统下的 1cm 精度似大地水准面。 4、负责了该项目的过程管理、协调和成果推广应用。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	宁波市规划局				
排 名	5	法定代表人	王丽萍	单位性质	行政机关
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 4 有贡献。 1、负责了“宁波市似大地水准面精化数据处理”项目的组织与实施。 2、负责组织实施了覆盖宁波大市区的二等水准网和 GPS 全面网。 3、确定了各级 GPS 点的 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系和宁波独立地坐标系坐标。 4、与武汉大学合作，利用 Stokes-Helmert 方法，精化了宁波市大市区似大地水准面，为城市规划、环境监测、交通、水利、资源开发等领域提供了基础性测绘服务。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	浙江省第一测绘院				
排 名	6	法定代表人	骆光飞	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 4 有贡献。 1、负责了“浙江省似大地水准面精化（陆地部分）”与“浙江省似大地水准面精化（海洋部分）”项目的组织与实施。 2、采用高精度的 GPS 静态相对定位和精密水准严密方法，建立了浙江省（陆地部分）的三维空间控制网和高程控制网。 3、以“927”一期工程的海洋大地测量基准建设为基础，进行了浙江省海洋 GNSS 大地控制网静态相对定位测量和二、三等水准测量。 4、与武汉大学合作，按 Molodensky 和 Stokes-Helmert 理论框架，应用重力大地水准面建模的严密理论，建立了陆海统一的省级似大地水准面。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	重庆市勘测院				
排 名	7	法定代表人	陈翰新	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 4 有贡献。 1、负责了重庆市规划区新一代数字高程基准项目的组织与实施。 2、与武汉大学合作，建立了重庆市主城区及周边（约 6000 平方公里）高精度似大地水准面，分辨率达到 $2' \times 2'$，精度达到亚厘米级。 3、将项目成果推广到市政工程建设中，提供了可靠的基础测绘保障。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	重庆市国土资源和房屋勘测规划院				
排 名	8	法定代表人	张孝成	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 4 有贡献。 1、负责了“重庆市国土资源 GNSS 网络信息系统——似大地水准面精化”项目的组织与实施。 2、搜集了地面重力数据、高分辨率数字地面模型和可靠的水准数据。 3、与武汉大学合作，应用最新的似大地水准面严密理论和最新的计算方法，确定了重庆市高精度似大地水准面模型（覆盖范围约 8.24 余万平方公里），精度优于 3cm。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	山西省测绘工程院				
排 名	9	法定代表人	陈弘奕	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 4 有贡献。 1、负责了“航飞区域大地水准面精化及其技术服务”项目的组织与实施。 2、搜集了三峡屏障区支流测绘区域（包括乌江、小江、溪河、大宁河、香溪河等）区域的多种测绘资料，完成数据预处理、坐标联测计算以及质量控制。 3、与武汉大学合作，完成了高精度区域大地水准面的精化工作。					

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	自然资源部第一大地测量队				
排 名	10	法定代表人	李国鹏	单位性质	事业单位
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
对创新点 4 有贡献。 1、负责了“全国开展基础性航空重力测量技术体系研究及业务化应用示范”项目的组织与实施。 2、与武汉大学合作，完成了航空重力测量软件的研制。					

完成人合作关系说明

本项目由武汉大学和多家测绘地理信息部门共同完成。主要包括 1 项 927 一期工程，1 项国家自然科学基金重点项目和多项省部级工程项目。项目的完成单位和完成人均有着良好的合作关系。前 2 个项目是技术基础，为主要课题，后 3 个是应用研究，两者有着紧密的联系。

项目主要完成人李建成、邹贤才、姚宜斌、申文斌近 20 年以来，长期在全球重力场模型构建、大地水准面确定与应用、卫星导航定位、CORS 技术应用等方面开展合作研究，共同致力于我国高程基准现代化的建设与推广。项目完成人主持或参与了 927 一期工程“海域大地水准面精化与陆海拼接”、国家自然科学基金重点项目“确定高精度卫星重力模型和厘米级精度局部大地水准面及水文学时变重力效应的研究”。李建成和姚宜斌共同起草完成了《城市坐标系建设规范》国家标准。李建成、邹贤才、姚宜斌、申文斌共同获得湖北省科技进步奖特等奖一项（2018 年）。魏辉与王彬为李建成指导的研究生，参与了项目的研究。

李建成与张士柱、刘秀、石强、陈为民、杨一挺、向泽君、张孝成、陈弘奕分别通过项目合作，完成了湖北省、内蒙古、深圳市、宁波市、浙江省、重庆市、山西省等地的似大地水准面精化工程，推广了“GPS+大地水准面”观测海拔高的应用。相关的理论技术方法、外业技术方案可为省、市等区域现代高程基准面的建立提供了有效可行的模式和标准。与自然资源部第一大地测量队李国鹏合作完成了毛乌素等航飞区域的航空重力测量数据处理研究。