

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	<p>我单位按照《国家科学技术奖励工作办公室关于 2019 年度国家科学技术奖提名工作的通知》（国科奖字〔2018〕41 号）的要求，对“中国高精度数字高程基准建立的关键技术及其推广应用”项目提名书进行了审阅，相关材料符合有关要求。该项目所有完成单位均已对提名项目进行了公示，公示期内无异议。</p> <p>高程基准是确定国家（地区）高程控制网中所有水准点高程的起算依据。建立并维持统一的国家高程基准是国家基础测绘中的重要内容。随着空间技术的进步，数字高程基准（高精度似大地水准面）为国家高程基准的建立与维持提供了全新的思路，代表了国家高程基准现代化的发展方向。</p> <p>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 分米级精度的国家数字高程基准模型，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。</p> <p>项目成果革新了我国现代高程测定和基准维持的模式，广泛应用于国土、规划、水利、交通、石油等领域，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。</p> <p style="text-align: center;">提名该项目为国家科学技术进步奖一等奖。</p> <p style="text-align: center;">提名单位：中国地理信息产业协会</p>

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,耗时费力效率低。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 GNSS 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 GNSS 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提升为优于 1 分米的重要跨越,提出了高程基准建设与维持新模式,极大推动了我国高程基准现代化进程。主要技术内容与创新有:

(1)从理论上,首次揭示了目前国际上第二类赫尔默特(Helmert)凝集法中凝集地形质量引力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、高效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、维持难等难题,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 分米精度的陆海统一高精度数字高程基准模型;省级、城市级数字高程基准精度分别达到 3 厘米、8 毫米。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。

在中国重力数据少、地形极其复杂、大地水准面起伏大的情况下,国家数字高程基准精度优于加拿大等与我国面积相当的发达国家。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、石油等领域,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 240 余篇。项目成果显著地提升了我国高程基准现代化建设的能力,推动了测绘科学技术的进步。

客观评价

项目突破了我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系列模型 CNGG 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）《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系列模型 CNGG 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，建立了湖北、山西、浙江、武汉、宁波、重庆等 100 多个省、市及区域的现代测绘基准建立工程，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 2011 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、规划、水利、交通、石油等行业，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
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	ZL2017 1015442 5.1	2018年10月26日	3122562	武汉大学	李建成	有效专利
标准	城市坐标系统建设规范	中国	GB/T28 584-201 2	2012年10月01日	GB/T28 584-201 2	武汉大学、国家测绘局测绘标准化研究所、国家测绘局第一大地测量队	李建成、肖学年、姚宜斌、岳建利、姜卫平、席青骥	其它有效知识产权
计算机软件著作权	GNSS 数据分析处理工作站软件(简称: PASSION)	中国	2012SR 042522	2012年05月24日	0410558	武汉大学	姚宜斌等	其它有效知识产权
计算机软件著作权	CORS 综合管理服务系统	中国	2013SR 009284	2013年01月29日	0515046	武汉大学	姚宜斌等	其它有效知识产权
计算机软件著作权	区域坐标系统设计软件	中国	2016SR 107747	2016年05月17日	1286364	武汉大学	姚宜斌等	其它有效知识产权
计算机软件著作权	超大规模卫星大地观测网整体平差软件(NetAdj)	中国	2016SR 107742	2016年05月17日	1286359	武汉大学	姚宜斌等	其它有效知识产权
计算机软件著作权	网络 RTK 数据处理系统 V1.0	中国	2017SR 179306	2017年05月15日	1764590	武汉大学	姚宜斌等	其它有效知识产权
计算机软件著作权	独立坐标系管理系统	中国	2016SR 108339	2016年05月17日	1286956	武汉大学	姚宜斌等	其它有效知识产权
计算机软件著作权	多源空间大地测量数据组合软件(CSGT)	中国	2010SR 019260	2010年04月29日	0207533	武汉大学	姚宜斌等	其它有效知识产权

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					
<p>项目负责人。负责项目的顶层设计，总体负责关键技术攻关与实施协调，指导项目的推广与应用。对创新点 1、2、3、4 均有突出贡献。主要包括：（1）首次在国际上提出了采用 Stokes-Helmert 理论确定 1 厘米级精度大地水准面的严密方法，并形成了成熟的技术体系；（2）主持研制了中国高精度数字高程基准模型和我国首个精度优于 1 分米的陆海统一似大地水准面模型；（3）提出了将高精度高分辨率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，在工程建设中大力推广数字高程基准，形成了规模化应用。</p>					

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					
<p>项目主要完成人，创新点 1、2 的主要贡献者。具体包括：（1）负责似大地水准面建模的重力数据预处理和高性能计算工作；（2）参与了 Stokes-Helmert 边值问题确定我国大地水准面的理论和方法研究。（3）作为主要成员参与了高精度高分辨率数字高程基准计算中的软件研制。</p>					

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，创新点 3、4 的主要贡献者。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					
<p>项目主要完成人，创新点 1、4 的主要贡献者。（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。</p>					

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					
<p>项目主要完成人，创新点 2、4 的主要贡献者。（1）负责了似大地水准面建模中的全国陆海重力数据预处理工作，确定了兼顾数据观测精度、数据密度和局部地形的重力数据自适应质量控制准则。（2）参与了我国陆海统一高精度数字高程基准模型建立过程中的数据处理工作。</p>					

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					
<p>项目主要完成人，创新点 2、4 的主要贡献者。（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。</p>					

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					
<p>项目完成人，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。</p>					

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					
<p>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。（3）组织实施内蒙古 1cm 级城市似大地水准面精化项目。</p>					

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					
<p>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。</p>					

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					
<p>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。</p>					

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/277130164106010005>