

湖北省科学技术奖励提名书

(适用于自然科学奖、技术发明奖、科学技术进步奖和科学技术成果推广奖)

一、项目基本情况

奖种：自然科学奖

学科（专业）评审组代码：103

省成果登记编号：

项目名称	中文	地球负荷动力过程的模型研究		
	英文	Study on the models for Earth's loading dynamic process		
主要完成人	汪汉胜、相龙伟、贾路路、江利明			
主要完成单位	中国科学院测量与地球物理研究所			
提名者	中国科学院武汉分院	项目名称可否公布	可	
		项目简介可否公布	可	
		是否涉密	否	
主题词	全球变化，末次冰期，陆地多相态水体，质量负荷，动力学响应，模型			
学科（专业） 分类名称代码	1703540	所属国民经济行业	科学研究和综合技术服务业	
所属行业领域	环境			
任务来源	Y、B、D			
计划(基金) 名称和编号	国家杰出青年科学基金，冰后回弹，40825012；国家自然科学基金，横向非均匀地球负荷动力学，40574010；973 项目课题，全球海平面变化与质量平衡，2012CB957703；中科院方向项目，重力场恢复和应用，KZCX3-SW-132；中科院创新团队，地球圈层过程大地测量，KZZD-EW-TZ-05			
授权发明专利 (项)	无	授权的其他知识产权 (项)	无	
项目起止时间	起始：2004.01.01		完成：2016.12.31	

湖北省科学技术奖励工作办公室制

二、提名意见

(适用于提名机构和部门)

提名者	中国科学院武汉分院		
通讯地址	武汉市武昌区小洪山1号	邮政编码	430071
联系人	邱红英	联系电话	87198742
电子邮箱	hyqiu@ms.whb.ac.cn	传真	89199480
提名意见:			
<p>精确模拟了新的球对称弹性地球模型的超高阶负荷勒夫数, 精确计算了位移、重力扰动等格林函数, 发展了非圆滑观测数据球谐分析的算法, 可满足各种不同尺度负荷响应的精确模拟和根据大地测量反演地球系统质量变化的需要。利用该成果首次揭示青藏高原东部河源地区地下水上升趋势, 特别是该成果在国外许多相关应用研究中发挥了关键的作用, 例如用于研究喜马拉雅主逆冲断层的深慢滑动和地震的季节性调制 (Panda et al., Nature Communications, 2017)。</p> <p>建立了粘弹性横向非均匀地球的冰川均匀调整 (GIA) 模型L20和RF3S20, 揭示横向非均匀对位移、重力等响应预测的影响非常显著, 说明该横向非均匀地球的GIA模型是对传统的粘弹参数仅径向变化模型的重要修正。此外, 揭示不同深度地幔粘滞度横向非均匀对GIA响应预测的影响机理和地表剪切运动具有穿过冰盖的新“流动模式”等规律。主要成果发表在高端期刊EPSL (2篇), 独立研究证实了该模型的合理性 (Guo et al., 2012, J. of Geodyn.), 美国国家研究理事会2012海平面报告应用该新模型, 揭示了美国东西海岸海平面上升趋势, PNAS论文还应用该模型研究格陵兰冰质量变化 (Bevis et al., 2012)。</p> <p>提出了GRACE联GNSS观测分离古冰盖水文和GIA信号的理论途径, 首次精准给出北美北欧的分离结果, 揭示了加拿大草原大干旱后的水储量恢复过程, 解决了在GRACE发射近十年后, 在北美北欧水储量变化信号不能有效提取的局面。相关成果以Highlight形式发表在Nature Geoscience, 2次列入该杂志研究焦点, 入选中科院《2013科学发展报告》第四章“2012年中国科学家代表性成果”。</p> <p>提名该项目为湖北省自然科学奖一等奖。</p>			
<p>声明: 本单位遵守《湖北省科学技术奖励办法》及其实施细则的有关规定, 承诺遵守评审工作纪律, 所提供的提名材料真实有效, 且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如有材料虚假或违纪行为, 愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议, 保证积极调查处理。</p>			
法人代表签名:		提名单位 (盖章)	
年 月 日		年 月 日	

三、项目简介 (限1页)

项目所属科学技术领域、主要内容、特点及应用推广情况等：

本项目属于大地测量与地球动力学的交叉研究领域即动力大地测量学（1703540）。

成果1-4 精确模拟和计算了一系列球对称弹性地球模型超高阶的负荷勒夫数和位移、倾斜、重力扰动和大地水准面扰动等格林函数，指出当提高负荷变形尺度分辨率，需要利用较新的地球模型甚至考虑详细地壳结构。研究结果已大量用于陆地水储量变化等负荷响应模拟和陆地水储量变化的反演，还用于研究喜马拉雅主逆冲断层的深慢滑动和地震的季节性调制性（Panda et al., Nature Communications, 2017）。提出了一套独立的球谐分析算法，并发布了相关软件，已成功用于GIA模拟的有限元迭代过程和国际上的大地测量正反演的数据球谐分析。相关参数结果和算法，成功应用到青藏高原地区，在高原东部河源地区、柴达木盆地、羌塘自然保护区中部、印度河上游流域和阿克苏河流域，首次发现了地下水呈现增加趋势（EPSL, 2016）。

成果5-7建立了粘弹性横向非均匀地球的冰川均匀调整（GIA）模型L20和RF3S20，揭示横向非均匀对位移、重力等响应预测的影响非常显著，说明该横向非均匀地球的GIA模型是对传统的粘弹参数仅径向变化模型的重要修正。此外，揭示不同深度地幔粘滞度横向非均匀对GIA响应预测的影响机理和地表剪切运动具有穿过冰盖的新“流动模式”等规律。主要成果发表在高端期刊EPSL（2篇），独立研究证实了该模型的合理性（Guo et al., 2012, J. of Geodyn.），美国国家研究理事会2012海平面报告应用该新模型，揭示了美国东西海岸海平面上升趋势，PNAS论文还应用该模型研究格陵兰冰质量变化（Bevis et al., 2012）。

成果8 提出了GRACE联合GPS观测分离古冰盖水文和GIA信号的理论途径，首次精准给出北美北欧的分离结果，揭示了1999-2005年加拿大草原发生大干旱后的水储量恢复过程，解决了此地水储量变化信号不能有效提取的巨大困难。相关成果以Highlight形式发表在Nature Geoscience，2次列入与Nature Climate Change的“水资源利用”和“地下水”焦点，已有大引用，国际著名的ICE-6G C模型参考了该成果，也将其发现的加拿大西部大草原和五大湖水量重力上升趋势归结为干旱后的水量恢复（Roy & Peltier, 2017）。

四、重要发现、发明、创新与推广措施 (不超过 6 页)

1. 重要科学发现(适用于自然科学奖), 主要技术发明 (适用于技术发明奖), 主要科技创新 (适用于科技进步奖), 主要推广措施 (适用于成果推广奖) ---不超过 5 页

在末次冰期旋回和近百年全球气候变暖(全球变化)背景下, 地球系统陆地多相态水体(冰川、积雪水、冻土水、地表水和地下水等)和海水质量分布发生改变, 因此, 固体地球在不同时期的质量负荷作用下, 产生形变(或位移)、重力场扰动、海平面变化、倾斜扰动、应变和地球自转的变化等负荷响应。从末次冰期到全球变化时期, 两种质量负荷施加的时间尺度从几千上万年到近百年, 因此, 固体地球分别可当作粘弹性体和弹性体处理, 根据地球粘弹性负荷理论和弹性负荷理论, 可以建立各种负荷动力过程的模型。粘弹性和弹性模型可给出上述不同类型的负荷响应预测, 是根据大地测量反演不同负荷质量的时空变化的重要基础, 而粘弹性模型通常称为冰川均衡调整(GIA)模型, 还提供地幔粘滞度的估计, 则可服务于地幔动力学、核幔耦合研究。本项目在地球弹性和粘弹性负荷动力过程模型研究上均取得重大进展, 重要科学发现如下:

重要科学发现 1, 属于动力大地测量学(1703540), 对应代表性论文 1。采用他们所发展的 R 幂因子变换法, 精确模拟了球对称弹性地球模型 PREM(1981)、iasp91(1991)、ak135(1995)和 Crust2.0(2012)地壳结构修正的 PREM 模型的直至高达 45000 阶的弹性负荷勒夫数, 计算了可靠的位移、倾斜、重力扰动和大地水准面扰动等弹性负荷格林函数。主要结论: 1) iasp91 和 ak135 的负荷勒夫数和格林函数非常接近, 但与 PREM 的结果在 200 阶与更高阶、 $0.1^\circ < \theta < 1.0^\circ$ 与 $\theta < 0.1^\circ$ 则差异很大, 推测分别由 220km 不连续面与地壳弹性参数差异引起; 2) Crust2.0 软地壳导致修正模型勒夫数在 200 阶与更高阶、格林函数在 $\theta < 0.1^\circ$ 有较大的变形。因此, 当研究 1 度范围内的负荷变形, 需要考虑较新的 iasp91、ak135 模型, 当研究 0.1 度范围内的变形, 则要考虑详细的地壳结构。相关论文发表在 Computers & Geosciences (Wang & Wu, 2012), 他引 33 次, SCI 他引 31 次, 已用于海潮、大气潮、陆地水储量变化等负荷响应模拟, 也直接被用于基于大地测量(GRACE、GNSS 等)观测的陆地水储量变化的反演, 特别是 Nature Communications 论文 (Panda et al., 2017) 应用这里 ak135 的勒夫数计算 CF 框架下的变形, 研究喜马拉雅主逆冲断层的深慢滑动和地震的季节性调制性。

重要科学发现 2, 属于动力大地测量学(1703540), 对应代表性论文 2。针对地球表面观测的非圆滑网格数据, 使用双线性函数插值, 推导出球谐系数相关积分的回归公式, 提出了一套独立的地球观测和模拟数据的球谐分析算法, 并发布了相关软件。论文发表在 Computers & Geosciences (2006), 他引 15 次, SCI 他引 10 次。相关算法和软件已成功用于 GIA 模拟的有限元迭代过程, 用于国际上的大地测量正反演的数据球谐分析。

重要科学发现 3, 属于动力大地测量学(1703540), 对应代表性论文 3。较早利用 GRACE 时变重力场反演了三峡水库补给水系的水储量变化, 与全球水文学同化模型(CPC)比较, 揭示基于 GRACE 重力数据监测反演该区水储量变化的能力。当高斯平

均半径为 1000km, 该区总水储量变化的峰谷差为 14cm, 其年变化振幅为 5.8cm, 相位为 -40.8 天, 与 CPC 模型比较, 结果发现总体均方差为 2.1cm, 年变化振幅相差 1.7cm, 相位相差 9.3 天, 因此显示 GRACE 能监测该区每月的水储量变化。该项研究证实观测的水储量变化主要来自水库外围区域, 而不是一般认为的三峡水库(Boy and Chao, 2002)。相关成果发表在地球物理学报 (Wang et al., 2007), 他引 33 次, SCI 他引 12 次。

重要科学发现 4, 属于动力大地测量学 (1703540), 对应代表性论文 4。了解青藏高原地下水储量的变化, 对高原生态恢复、农牧业发展、地质灾害防治、工程设计和地热开发等具有重要价值, 同时对水文循环和全球气候变化研究具有重要意义。长期以来, 在青藏高原广阔的地区, 由于可利用的水井水位测量数据极少, 对地下水状况知之甚少。2002 年以来 GRACE 卫星重力观测使评估整个高原地下水的变化成为可能, 但一个新的挑战是, 卫星的重力观测同时受土壤湿度、冰川与积雪、冻土、湖泊与水库变化等的影响, 如何排除这些影响是精确获得地下水储量变化信息的关键。利用了国际最新的 GRACE 重力场数据, 应用代表性论文 1 的精确模拟的勒夫数, 结合水文模型提供的土壤湿度和积雪数据、冰川湖泊水位卫星测高分析结果、冻土模型和最新的冰川均衡调整模型, 在青藏高原及周边地区分离出 2003-2009 年期间的地下水变化趋势, 在金沙江流域、怒江-澜沧江源地区、长江源地区、黄河源地区、柴达木盆地、羌塘自然保护区中部、印度河上游流域和阿克苏河流域, 首次发现了地下水呈现增加趋势, 每年总增加量为 186 ± 48 亿立方米, 相当于三峡水库 175 米水位时近一半的库容量。分析表明, 在高原东部河源地区, 分布广泛的石灰岩和碎屑岩的裂隙孔隙和岩溶有利于地下水储存; 地下水增加与流域或盆地周边地区的冰/雪、冻土融水和或降水增加所产生的径流补给有关; 对于三江(澜沧江、长江和黄河)源区, 2005 年来中国政府实施生态保护和重建工程, 所采取的生态移民、限制放牧、森林湿地保护和人工降雨等措施, 有利于地下水的储积; 地下水增加还与高原西部的内流盆地地下水沿北西-南东向活动断层的可能渗漏有关。相关成果发表在 EPSL (Xiang et al., 2016), 他引 30 次, SCI 他引 25 次。

重要科学发现 5, 属于动力大地测量学 (1703540), 对应代表性论文 5。采用有限元算法, 利用地震层析 S 波速异常转换粘滞度异常, 考虑自引力和引力自恰的海平面方程, 建立横向非均匀的 GIA 模型 L20, 研究地幔粘滞度横向非均匀对冰川均衡调整 (GIA) 响应 (即地表运动速率) 预测的敏感性。主要结论如下: 1) 根据 L20, 揭示了地幔粘滞度的横向非均匀性对现今垂直和剪切运动速率的影响分别可达 5.8 毫米/年和 1.3 毫米/年, 特别是, 发现横向非均匀模型的地表剪切运动具有穿过冰盖的“流动模式”, 与过去横向均匀模型的向冰盖外发散的模式则完全不同, 这一新的剪切运动模式将有可能改变人们对冰后回弹效应的认识。由于这些影响能在大地测量技术观测中不可忽略, 因此指出, 在今后的冰后回弹研究中要考虑使用横向非均匀模型; 2) 揭示了不同深度粘滞度的横向非均匀性对地壳运动速率的影响机理。发现南极剪切运动模式受上地幔控制, 在北美和北欧, 剪切运动由下地幔下部控制, 而转换带和下地幔上半部的影响与上地幔的贡献相互抵消; 3) 揭示了不同地理位置的冰盖冰后回弹之间的相互作用。在引入岩石圈厚度和地幔粘滞度横向非均匀时, 发现北美冰盖、北欧冰盖和格陵兰冰盖激发的剪切运动相互明显叠加,

但它们与南极冰盖激发的剪切运动则不存在显著的相互影响，这些冰盖引起的垂直运动基本上也是独立分布的，因此在研究北半球冰后回弹剪切运动时，要注意和考虑不同区域冰盖贡献的影响。相关成果发表在 EPSL (Wang & Wu, 2006a)，他引 21 次，SCI 他引 16 次。

重要科学发现 6，属于动力大地测量学 (1703540)，对应代表性论文 6。在上述研究基础上，研究地幔粘滞度横向非均匀对相对海平面变化 (RSL) 和长波长 (2-36 阶) 重力变化 GIA 预测的敏感性。主要结论：1) 使用横向非均匀 GIA 模型 L20，RSL 的 GIA 预测与历史 RSL 观测的吻合度较横向均匀模型好，低度引力位系数速率预测也与经过现今冰川消融影响改正后的 SLR 分析结果相吻合，显示地幔粘滞度横向非均匀估计的合理性；2) 北美 GIA 重力场长期变化在哈德逊湾南部高达 1.6 微伽/年，可以被 GRACE 观测到；3) 由于过渡带粘滞度横向非均匀影响与相邻层是相反的，因此，北美 RSL 和重力场长期变化主要是由下地幔下部控制的，RSL 在劳伦冰盖周围和芬诺斯坎底亚则主要受岩石圈厚度变化的影响；4) 低度引力位系数的横向非均匀效应由深部地幔横向非均匀决定。相关成果发表在 EPSL (Wang & Wu, 2006b)，他引 18 次，SCI 他引 14 次。

重要科学发现 7，属于动力大地测量学 (1703540)，对应代表性论文 7。使用多种 GIA 观测约束，包括全球历史 RSL 数据、劳伦地区和芬诺斯堪底亚地区 GPS 速度场、五大湖卫星测高结合验潮站分析的地壳垂直运动速率等资料，评估热效应对地幔粘滞度横向非均匀变化的贡献。尝试取地震层析剪切波速异常 (S20A) 不同的系数 beta，就构成横向的粘滞度扰动，建立不同的地幔粘滞度横向非均匀模型，结合 ICE4-G 末次冰期历史模型，利用有限元 GIA 模拟算法，进行多种 GIA 响应量的预测，直到与相应观测吻合为止。结果表明：1) 当对 Peltier 的径向粘滞度剖面 VM2 进行修正即增加下地幔粘滞度差异，且当 $\beta=0.2-0.4$ ，即指出热对地幔粘滞度横向非均匀的贡献为 20-40%，其它部分为化学和非各项同性预应力的效应。所构建的横向非均匀模型 RF3S20 的 GIA 模型预测能解释全球绝大部分 RSL 数据、劳伦和芬诺斯堪底亚地区的 GPS 速度场；2) 发现随 beta 改变的 GIA 预测信号变化完全能被观测到，因此随着未来大地测量的进步，利用 GIA 观测约束热对地幔粘滞度横向非均匀性的贡献，是非常有前景的研究方向。相关成果发表在 J. of Geodyn. (Wang et al, 2008)，他引 18 次，SCI 他引 16 次。其中包括喷气推进实验室 Ivins 教授的引用 (Ivins & Wolf, 2008, J. of Geodyn.)、PNAS 论文参考这里 GIA 模型预测的地壳运动速率、利用 GNSS 研究格陵兰冰质量变化 (Bevis et al., 2012)。

重要科学发现 8，属于动力大地测量学 (1703540)，对应代表性论文 8。在末次冰期北美、北欧地区发育巨厚的冰盖，固体地球对盛冰期以来的冰川消融一直进行均衡调整 (即地壳回弹，高密度的地幔物质回流)，这一地球动力学过程现在严重影响 GRACE 重力卫星探测该地区的陆地水量变化趋势，因此，虽然 GRACE 发射超过十年，但在这些地区一直未给出结果。他们通过对冰川均衡调整理论进行深入研究，提出了 GRACE 联合 GPS 观测网络分离现今水量变化趋势的途径，在北美中部的加拿大三省草原 (艾伯塔、萨斯喀彻温和马尼托巴省)、五大湖地区，发现过去十年陆地水量剧增，每年增加 $(43.0 \pm$

5.0) $\times 10^9$ 吨, 在北欧斯堪的纳维亚半岛南部也发现陆地水量增加, 每年增加 $(2.3 \pm 0.8) \times 10^9$ 吨。GRACE 所揭示的水储量变化均为验潮站和井中水位观测所证实。最大的水量增加出现在萨斯喀彻温省, 每年达 20 毫米, 反映了加拿大草原 1999 年~2005 年发生极端干旱后的水量恢复过程。这里发现的显著陆地水量上升, 意味着冰融水和降水流入海洋的量减少, 因此如果用海平面上升评估全球变化, 则会低估全球变暖的响应。2012 年 12 月 Nature Geoscience 上发表了相关成果, 题目为“GRACE 卫星重力数据揭示北美和斯堪的纳维亚半岛南部水储量增加”(“Increased water storage in North America and Scandinavia from GRACE gravity data”, DOI: 10.1038/NGEO1652), 被选为研究亮点 (Research highlight), 并入选该杂志和与 Nature Climate Change 共同研究焦点(focus)——水资源利用 (water availability, 2012) 和地下水 (groundwater, 2016)。国际著名的 ICE-6G C 模型参考了该成果, 将加拿大西部大草原和五大湖水量重力上升趋势归因为干旱后的水量恢复 (Roy & Peltier, 2017)。他引 33 次, SCI 他引 31 次

2.局限性: 研究局限性 (适用于自然科学奖), 技术局限性 (适用于技术发明奖), 科技局限性 (适用于科技进步奖) ---限 1 页;

研究中还存在的局限性:

1) 关于球对称弹性地球的负荷响应研究, 可用的全球参考模型仅有 3 个(1981-1995), 无疑不利于改善负荷勒夫数和格林函数的结果, 限制了进一步提高大地测量观测的正演和陆地水储量变化反演的精度。

2) 开展横向非均匀地球的 GIA 模拟研究, 依赖粘弹地球模型的构建, 而其弹性参数和地幔粘滞度横向非均匀分布则依赖地震反演的波速模型, 然而在地幔特别是下地幔当前波速模型的分辨率较差, 因而降低了横向非均匀的 GIA 效应预测的分辨率。

3) GIA 模型的研究严重依赖地质和大地测量的观测约束, 然而, 下列不利的观测条件使 GIA 模型的研究受到严重影响。相对海平面数据分布在全球海岸线, 分布不均匀, 且在冰盖中心缺乏数据; 在冰盖及其外围地区 GNSS 测量的地壳运动速率往往为不同时期的观测, 且测点分布十分不均匀; GRACE 卫星重力具有较大的条带误差和高阶测量误差。

4) 尽管已提出根据 GRACE 重力扰动和 GNSS 位移分离水文信号和 GIA 的途径, 但相关观测质量或数据获取时间不同步或空间分布不均匀, 不利于两种信号的分离。

今后的主要研究方向:

1) 利用最新的参考地球模型, 开展球对称弹性地球的负荷响应研究; 2) 利用最新较高分辨率的地震波速模型, 构建横向非均匀模型, 开展 GIA 模型研究, 推估地幔粘滞度和改善 GIA 响应预测; 3) 收集下一代高质量的卫星重力资料和时间一致性好、空间分布均匀的 GNSS 连续观测, 开展水文和 GIA 信号的分离研究。

五、客观评价 (不超过 2 页)

项目主要成果(代表性论文 4、5、6、8)基本在国际顶级行星地学综合专业期刊(EPSL、Nature Geoscience) 发表, 代表论文 8 还是以 Nature Geoscience 研究亮点形式发表的。

1.代表性论文在评审过程中获得很高的评价:

1) Reviewers' comments to Ms. Ref. No.: EPSL-D-05-00836 (代表性论文 5)

Reviewer #1: I find the manuscript to be very interesting and a major contribution to the currently rapidly evolving field of fully three-dimensional Earth models in glacial rebound studies...; Reviewer #2: This is an interesting paper dealing with lateral variations of mantle viscosity in a very unique and original manner...

2) Reviewers' comments to Ms. Ref. No.: GEOD-D-07-00056 (代表性论文 7)

Reviewer #1: The topic is clearly one of fundamental importance for arriving at accurate estimates of mantle viscosity structure from seismic velocity models...; Reviewer #2: The paper addresses an important issue, which is related to determination of lateral viscosity variations (LVV) in the mantle and their impact to mantle dynamics coupled with surface processes..., but one of the principal issues is that lateral viscosity variations were not considered in the most of these studies. Thus, determination of their impact to the global dynamics is a vital issue. For that reason I think that the paper is very relevant to the Journal topic and might be required by a broad community..., These remarks don't affect the overall high quality of the paper... M. Kaban

3)Reviewers' comments to Nature Geoscience manuscript NGS-2012-03-00495A10th Oct 2012 (代表性论文 8) : Reviewer #1:The study makes a significant novel contribution to understanding mass variations and transports in the Earth system, in particular with regard to the global water cycle and its exchange processes between atmosphere, hydrosphere and ocean, alluding to relevant questions such as water availability and sea level rise..., The approach overcomes considerable uncertainties that traditionally exist when trying to resolve individual contributions from integrative geodetic observations by hydrological and/or GIA models..., The mere results of the study are novel because a significant water storage increase for parts of northern America and Fennoscandia during the last decade could not be revealed by any previous work.

2.代表性论文 7 在美国著名地球物理学喷气推进实验室 (JPL) Ivins 教授的引文 “Glacial isostatic adjustment: New developments from advanced observing systems

and modeling” (Ivins & Wolf, J. of Geodyn., 2008)中获得中肯评价: Wang et al. (2008) develop a strategy for retrieval of new constraints on the thermal contribution to the lateral viscosity structure of the mantle, using a 3D self-gravitating Earth model for GIA predictions and a simple relation between seismic S-wave velocity and temperature as well as viscosity and temperature. Comparison of model predictions to observations suggests that the thermal contribution accounts for some 30–60% of the lateral heterogeneity. The strategy indicates that horizontal motion data inferred from GPS experiments in Scandinavia provide the most promising constraints. (旁证: 附件 2.3)

3.论文发表后产生了非常好的学术和社会反响: 1) 代表性论文 8 (北美北欧水文和 GIA 信号分离) 被 2013 年中科院《科学发展报告》列入 23 篇中国科学家代表性成果 (旁证: 附件 2.1); 2) 该论文为 Nature Geoscience 的研究亮点, 两次列入 Nature Geoscience 或与 Nature Climate Change 的研究焦点 “water availability” (2012) 和 “groundwater”(2016) (旁证: 附件 2.1); 3) 代表性论文 4 (关于青藏地下水的发现) 和代表性论文 8 被新华社、科学网和中国日报等主流平面媒体和网络媒体广泛报道。

4.代表性论文 5 被第三方独立检验, 国外研究 (Guo et al., 2012, Journal of Geodynamics) 对国际上大量 GIA 模型进行沃尔准则检验, 发现代表性论文 5 的 Wang-Wu 模型 (L20) 理论合理性位居前列 (旁证: 附件 2.2)。

5.根据中国科学院武汉科技查新咨询检索中心检索报告, 8 篇代表论文他引 201 次, SCI 他引 155 次。值得说明, 很多引用是实实在在的重要应用, 而不是简单提及: 1) 代表性论文 1 (负荷响应参数) 被广泛用于相关负荷响应模拟和陆地水储量的反演; 2) 代表性论文 2 (球谐分析方法和软件) 被广泛用于相关全球数据的球谐分析处理。

6.论文结果被大量应用, 帮助解决一些重大的科学问题: 1) 代表性论文 1 的 ak135 勒夫数计算 CF 框架下的变形被用于 Nature Communications 论文 (Panda et al., 2017), 研究喜马拉雅主逆冲断层的深慢滑动和地震的季节性调制性 (旁证: 附件 1.2.1); 2) 代表性论文 5 的 Wang-Wu GIA 模型为美国国家研究理事会 (2012) 专题报告《Sea-Level Rise for the Coasts of California,》所用, 以校正美国东西海岸海平面变化监测结果, 揭示了区域验潮站海平面海平面变化速率 (旁证: 附件 2.4); 3) 代表性论文 7 的 GIA 模型预测的地壳运动速率被 PNAS 论文参考用于研究格陵兰冰质量变化 (Bevis et al., 2012) (旁证: 附件 2.5); 4) 澳大利亚塔斯马尼亚大学知名教授 Matt King 大量应用代表性论文 7 的 GIA 模型, 研究 GIA 对地表大地测量观测的贡献 (旁证: 附件 1.2.7); 5) 代表性论文 8 的加拿大西部水储量长期增加的发现被用于研制全球著名的 GIA 模型 ICE-6G C (Roy & Peltier, 2017) (旁证: 附件 2.6)。

六、应用情况和效益

(适用于技术发明奖、科学技术进步奖、科学技术成果推广奖。自然科学奖项目可不填写此栏目)

1、应用情况 (不超过 2 页)

2、经济效益和社会效益 (不超过 2 页)

七、代表性论文专著目录（适用于自然科学奖）

（一）代表性论文（专著）目录（不超过8篇）

序号	论文专著名称/刊名/作者	年、卷、页码	发表时间(年月日)	通讯作者(含共同)	第一作者(含共同)	国内作者	SCI他引次数	他引总次数	论文署名单位是否包含国外单位
1	Load Love numbers and Green's functions for elastic Earth models PREM, iasp91, ak135, and modified models with refined crustal structure from Crust 2.0/Computers & Geosciences/ Wang H., Xiang L., Jia L., Jiang L., Wang Z., Hu B., Gao P.	2012、49、190-199	2012/07/07	Wang H.	Wang H.	汪汉胜 相龙伟 贾路路 江利明 王志勇 胡波 高鹏	31	33	否
2	An approach for spherical harmonic analysis of non-smooth data/Computers & Geosciences/ Wang H., Wu P. and Wang Z.	2006、32、1654-1668	2006/03/13	Wang H.	Wang H.	汪汉胜 王志勇	10	15	是
3	基于 GRACE 时变重力场的三峡水库补给水系水储量变化/地球物理学报/汪汉胜, 王志勇, 袁旭东, Wu Patrick	2007、50(3)、76-82	2007/05/15	汪汉胜	汪汉胜	汪汉胜 王志勇 袁旭东	12	33	是
4	Groundwater storage changes in the Tibetan Plateau and adjacent areas revealed from GRACE satellite gravity data/Earth and Planetary Science Letters/ Xiang L., Wang H., Steffen H., Wu P., Jia L., Jiang L., Shen Q.	2016、449、228-239	2016/06/15	Wang H.	Xiang L.	相龙伟 汪汉胜 贾路路 江利明 沈强	25	30	是
5	Effects of lateral variations in lithospheric thickness and mantle viscosity on glacially induced surface motion on a spherical, self-gravitating Maxwell Earth/Earth and Planetary Science Letter/ Wang H. & Wu P.	2006、244、576-589	2006/03/22	Wang H.	Wang H.	汪汉胜	16	21	是

6	Effects of lateral variations in lithospheric thickness and mantle viscosity on glacially induced relative sea levels and long wavelength gravity field in a spherical, self-gravitating Maxwell Earth/Earth and Planetary Science Letters/ Wang H. & Wu P.	2006、249、368-383	2006/08/24	Wang H.	Wang H.	汪汉胜	14	18	是	
7	Using postglacial sea level, crustal velocities and gravity-rate-of-change to constrain the influence of thermal effects on mantle lateral heterogeneities/J. Geodyn./ Wang H., Wu P., van der Wal W.,	2008、46、104-117	2008/03/02	Wang H.	Wang H.	汪汉胜	16	18	是	
8	Increased Water storage in North America and Scandinavia from GRACE gravity data/ Nature Geoscience/ Wang H., Jia L., Steffen H., Wu P., Jiang L., Hsu H., Xiang L., Wang Z. and Hu B. doi:10.1038/ngeo1652	2013、6、38-42	2012/12/02	Wang H.	Wang H.	汪汉胜 贾路路 江利明 许厚泽 相龙伟 王志勇 胡波	31	33	是	
合计								155	201	
<p>补充说明（视情填写）：</p> <p>承诺：知识产权归国内所有且无争议。以下情况和规定已向所有未列入项目主要完成人的作者明确告知并征得同意：①上述论文专著用于提名2019年湖北省自然科学奖；②湖北省科技奖获奖项目所用论文专著不得再次参评。其中，未列入项目主要完成人的第一作者、通讯作者（含共同第一作者、共同通讯作者）已出具知情同意书面签字意见，与其他作者的有关知情证明材料均存档备查。因未如实告知上述情况而引起争议，且不能提供相应存档备查的证据，本人愿意承担相应责任，并接受处理。</p> <p style="text-align: right;">第一完成人签名：</p>										

(二) 代表性论文专著被他人引用的情况 (不超过 8 篇)

序号	被引代表性论文专著序号	引文名称/作者	引文刊名	引文发表时间 (年月日)
1	1	Seasonal modulation of deep slow-slip and earthquakes on the Main Himalayan Thrust / Dibyashakti Panda, Bhaskar Kundu, Vineet K. Gahalaut, Roland Bürgmann, Birendra Jha, Renuhaa Asaithambi, Rajeev Kumar Yadav, Naresh Krishna Vissa ¹ & Amit Kumar Bansal	NATURE COMMUNICATIONS (IF=12.353)	2018/10/08
2	2	Evaluating the hydrological consistency of evaporation products using satellite-based gravity and rainfall data / Lopez, Oliver; Houborg, Rasmus; McCabe, Matthew Francis	HYDROLOGY AND EARTH SYSTEM SCIENCES (IF=4.256)	2017/01/18
3	3	Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) detection of water storage changes in the Three Gorges Reservoir of China and comparison with in situ measurements / Wang, Xianwei; de Linage, Caroline; Famiglietti, James	WATER RESOURCES RESEARCH (IF=4.361)	2011/12/02
4	4	Review article: Hydrological modeling in glacierized catchments of central Asia - status and challenges / Chen,	HYDROLOGY AND EARTH SYSTEM	2017/02/02

		Yaning; Li, Weihong; Fang, Gonghuan.	SCIENCES (IF=4.256)	
5	5	Glacial Isostatic Adjustment over Antarctica from combined ICESat and GRACE satellite data / Riva, Riccardo E. M.; Gunter, Brian C.; Urban, Timothy J.	EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS (IF=4.58)	2009/11/15
6	6	Holocene relative sea-level changes and glacial isostatic adjustment of the US Atlantic coast / Engelhart, S. E.; Peltier, W. R.; Horton, B. P.	GEOLOGY (IF=5.073)	2011/08/15
7	7	Improved Constraints on Models of Glacial Isostatic Adjustment: A Review of the Contribution of Ground-Based Geodetic Observations / Matt A. King, Zuheir Altamimi, Johannes Boehm, Machiel Bos , Rolf Dach , Pedro Elosegui, Francois Fund, Manuel Herna´ndez-Pajares, David Lavallee, Paulo Jorge Mendes Cerveira, Nigel Penna, Riccardo E. M. Riva, Peter Steigenberger, Tonie van Dam , Luca Vittuari, Simon Williams , Pascal Willis	SURVEYS IN GEOPHYSICS (IF=3.760)	2010/06/16
8	8	A data-driven model for constraint of present-day glacial isostatic adjustment in North America / Simon K. M.; Riva R. E. M., Kleinherenbrink M. & Tangdamrongsub N.	EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS (IF=4.58)	2017/09/15

八、主要完成人情况表

排 名	1	姓名	汪汉胜	性别	男	国籍	中国	党派	民主促进会
出生年月	1964年3月			出生地	湖北黄冈市		民族	汉	
身份证号	42011196403155518			归国人员	是		归国时间	2003.06	
技术职称	研究员			最高学历	研究生		最高学位	博士	
毕业学校	中国科学院测量与地球物理研究所			毕业时间	1999.12		所学专业	固体地球物理学	
电子邮箱	whs@asch.whigg.ac.cn			办公电话	68881341		移动电话	15337248153	
通讯地址	武汉市徐东大街 340 号						邮政编码	430077	
工作单位	法人单位名称：中国科学院测量与地球物理研究所						行政职务	国家重点实验室副主任/研究所学委会主任	
	具体二级单位名称：大地测量与地球动力学国家重点实验室								
完成单位	中国科学院测量与地球物理研究所						所在地	湖北武汉	
							单位性质	事业单位	
国内任职起止时间	至								
参加本项目的起止时间	2004-01-01 至 2016-12-31								
<p>对本项目技术创造性贡献：(请如实地写明该完成人对本项目独立做出的主要学术(技术)贡献，要求与《重要发现、发明与创新》栏中的内容相对应，并列出具支持本人贡献的旁证材料，该旁证材料应是支持本项技术创新点的材料之一。)</p> <p>创造性贡献包括：在要科学发现 1，精确模拟计算了超高阶负荷勒夫数和格林函数，满足不同负荷过程的响应模拟和地表质量变化的反演；在重要科学发现 5-7，发展了顾及横向非均匀的冰川均衡调整 (GIA) 模型 (L20、RF3S20)，揭示了显著的横向非均匀效</p>									

<p>应和时空规律，GIA 预测有利于陆地水和海平面变化监测的改正，揭示横向地幔粘滞度的分布并服务于地幔动力学；对应重要科学发现 8，发展了联合 GRACE 和 GNSS 分离水文和 GIA 信号的理论途径，解决了北美北欧 GRACE 单独不能分离陆地水储量变化的问题。旁证材料：1.1.1~1.1.8、1.2.1~1.2.8、2.1~2.6。</p>	
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>2002 年 湖北省自然科学奖 三等奖 负荷形变理论及其应用研究 排第一 获奖编号：2002z-037-3-21-007-R01</p> <p>2002 全国（百篇）优秀博士学位论文</p> <p>2004 首批新世纪百千万人才工程国家级人选</p> <p>2004 夏坚白院士测绘事业创业奖</p> <p>2008 国家杰出青年基金获得者</p> <p>内容包括获奖年度、奖种、等级、项目名称、排名及证书编号等内容（没有内容填写“无”）</p>	
<p>完成人声明：本人遵守《湖北省科学技术奖励办法》及实施细则的有关规定和湖北省科学技术奖励工作办公室对提名工作的具体要求，保证所提交材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有虚假，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名： 年 月 日</p>	<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人报奖无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章） 年 月 日</p>

八、主要完成人情况表

排 名	2	姓 名	相龙伟	性 别	男	国 籍	中国	党 派	党员
出生年月	1985 年 3 月			出 生 地	山东临沂		民 族	汉	
身份证号	371328198503031014			归国人员	否		归国时间	-	
技术职称	博士后			最高学历	研究生		最高学位	博士	
毕业学校	中国科学院测量与地球物理研究所			毕业时间	2016.07		所学专业	固体地球物理学	
电子邮箱	xianglongwei@126.com			办公电话	68881341		移动电话	18007166950	
通讯地址	武汉市徐东大街 340 号						邮政编码	430077	
工作单位	法人单位名称：中国科学院测量与地球物理研究所						行政职务	无	
	具体二级单位名称：大地测量与地球动力学国家重点实验室								
完成单位	中国科学院测量与地球物理研究所						所 在 地	湖北武汉	
							单 位 性 质	事业单位	
国内任职起止时间	至								
参加本项目的起止时间	2011-01-01 至 2016-12-31								
<p>对本项目技术创造性贡献：(请如实地写明该完成人对本项目独立做出的主要学术(技术)贡献，要求与《重要发现、发明与创新》栏中的内容相对应，并列出具支持本人贡献的旁证材料，该旁证材料应是支持本项技术创新点的材料之一。)</p> <p style="margin-left: 40px;">创造性贡献包括：对应重要科学发现 1，完成 4 个模型超高阶的勒夫数计算，可用于不同负荷过程的响应模拟和地表质量变化的反演；对应重要科学发现 4，提取了地下水储量变化的信号，并进行了 mascon-fitting 反演，揭示了青藏高原地下水储量变化时空分</p>									

<p>布规律；对应重要科学发现 8，完成了部分水文信号和 GIA 信号的模拟分离研究。旁证材料：1.1.1、1.1.4、1.1.8。</p>	
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>无。</p> <p>内容包括获奖年度、奖种、等级、项目名称、排名及证书编号等内容（没有内容填写“无”）</p>	
<p>完成人声明：本人遵守《湖北省科学技术奖励办法》及实施细则的有关规定和湖北省科学技术奖励工作办公室对提名工作的具体要求，保证所提交材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有虚假，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名： 年 月 日</p>	<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人报奖无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章） 年 月 日</p>

八、主要完成人情况表

排 名	3	姓名	贾路路	性别	男	国籍	中国	党派	群众
出生年月	1984 年 5 月			出生地	山东德州		民族	汉	
身份证号	371482198405205416			归国人员	否		归国时间	-	
技术职称	副研究员			最高学历	研究生		最高学位	博士	
毕业学校	中国科学院测量与地球物理研究所			毕业时间	2012 年 6 月		所学专业	固体地球物理学	
电子邮箱	iceagejia@163.com			办公电话	01088015756		移动电话	18201615171	
通讯地址	北京市海淀区复兴路 63 号						邮政编码	100036	
工作单位	法人单位名称：中国地震局发展研究中心						行政职务	无	
	具体二级单位名称：政策研究室								
完成单位	中国科学院测量与地球物理研究所						所在地	湖北武汉	
							单位性质	事业单位	
国内任职起止时间	至								
参加本项目的起止时间	2009-01-01 至 2016-12-31								
<p>对本项目技术创造性贡献：(请如实地写明该完成人对本项目独立做出的主要学术(技术)贡献，要求与《重要发现、发明与创新》栏中的内容相对应，并列出具支持本人贡献的旁证材料，该旁证材料应是支持本项技术创新点的材料之一。)</p> <p>创造性贡献包括：对应重要科学发现 1，完成 4 个模型位移、倾斜大地水准面、重力和应变格林函数的计算，可用于不同负荷过程的响应模拟和地表质量变化的反演；对应重要科学发现 4，研究了青藏高原增厚的地壳结构，对不同的水文分量进行了模拟，为地下水储量变化的分离奠定基础；对应重要科学发现 8，为发展联合 GRACE 和 GNSS 分离水文和 GIA 信号的理论途径，进行了大量的公式理论推导和实际计算。旁证材料：1.1.1、1.1.4、1.1.8。</p>									

<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>无。</p> <p>内容包括获奖年度、奖种、等级、项目名称、排名及证书编号等内容（没有内容填写“无”）</p>	
<p>完成人声明：本人遵守《湖北省科学技术奖励办法》及实施细则的有关规定和湖北省科学技术奖励工作办公室对提名工作的具体要求，保证所提交材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有虚假，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名： 年 月 日</p>	<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人报奖无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章） 年 月 日</p>

八、主要完成人情况表

排 名	4	姓名	江利明	性别	男	国籍	中国	党派	党员
出生年月	1976年8月			出生地	江西抚州		民族	汉	
身份证号	362528197608022515			归国人员	是		归国时间	2011年1月	
技术职称	研究员			最高学历	研究生		最高学位	博士	
毕业学校	武汉大学			毕业时间	2006年12月		所学专业	摄影测量与遥感	
电子邮箱	jlm@asch.whigg.ac.cn			办公电话	027-86778612		移动电话	13807187585	
通讯地址	武汉市徐东大街 340 号						邮政编码	430077	
工作单位	法人单位名称：中国科学院测量与地球物理研究所						行政职务	国家重点实验室副主任/研究所学委会主任	
	具体二级单位名称：大地测量与地球动力学国家重点实验室								
完成单位	中国科学院测量与地球物理研究所						所在地	湖北武汉	
							单位性质	事业单位	
国内任职起止时间	至								
参加本项目的起止时间	2011-01-01 至 2016-12-31								
<p>对本项目技术创造性贡献：(请如实地写明该完成人对本项目独立做出的主要学术(技术)贡献，要求与《重要发现、发明与创新》栏中的内容相对应，并列出具支持本人贡献的旁证材料，该旁证材料应是支持本项技术创新点的材料之一。)</p> <p>创造性贡献包括：对应重要科学发现 1，对 3 种全球模型和青藏高原地壳增厚增厚模型的较高阶勒夫数结果差异和近场负荷格林函数的差异进行了合理的解释，例如归结为地壳</p>									

<p>变软和 220km 间断影响等；对应重要科学发现 4，对分离和反演的地下水储量增加趋势结果，用河流冬季流量、降水和冰川冻土融水补给径流等解释；对应重要科学发现 8，完成了部分水文信号和 GIA 信号的模拟分离研究。旁证材料：1.1.1、1.1.4、1.1.8。</p>	
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>无。</p> <p>内容包括获奖年度、奖种、等级、项目名称、排名及证书编号等内容（没有内容填写“无”）</p>	
<p>完成人声明：本人遵守《湖北省科学技术奖励办法》及实施细则的有关规定和湖北省科学技术奖励工作办公室对提名工作的具体要求，保证所提交材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被提名的唯一项目。如有虚假，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名：</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>	<p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人报奖无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>

九、主要完成单位情况表

单位名称	中国科学院测量与地球物理研究所				
排名	1	法定代表人	罗志强	所在地	湖北武汉
单位性质	事业单 位	传真	027- 68881362	邮政编码	430077
联系人	郭 鹏		单位电话	027-68881362	
移动电话	18627061567		电子信箱	rockwok@whigg.ac.cn	
主 要 贡 献	<p style="text-align: center;">本项目仅有一个完成单位，即中国科学院测量与地球物理研究所，独立完成了全部重要科学发现 1 至 8 和相应 8 篇代表性论文。</p> <p style="text-align: center;">值得说明，项目主要完成人贾路路在项目完成过程中身处中国科学院测量与地球物理研究所学习，后期到地壳运动检测工程研究中心（National Earthquake Infrastructure Service）工作，但大部分且重要的研究工作是在中国科学院测量与地球物理研究所完成的。</p>				
<p>完成单位声明：本单位同意完成单位排名，遵守《湖北省科学技术奖励办法》及实施细则的有关规定和湖北省科学技术奖励工作办公室对提名工作的具体要求，保证所提交的材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: center;"> 法定代表人签名：_____ 单位（盖章） _____ 年 月 日 _____ 年 月 日 </p>					

十、主要附件

一、必备附件

1.1 代表性论文专著（全文 pdf 电子版和首页纸质版）

1.1.1 代表性论文 1

1.1.2 代表性论文 2

1.1.3 代表性论文 3

1.1.4 代表性论文 4

1.1.5 代表性论文 5

1.1.6 代表性论文 6

1.1.7 代表性论文 7

1.1.8 代表性论文 8

1.2 他人引用代表性引文专著（首页、引用页和文献页 pdf 电子版和首页纸质版）

1.2.1 他人引用代表性引文 1

1.2.2 他人引用代表性引文 2

1.2.3 他人引用代表性引文 3

1.2.4 他人引用代表性引文 4

1.2.5 他人引用代表性引文 5

1.2.6 他人引用代表性引文 6

1.2.7 他人引用代表性引文 7

1.2.8 他人引用代表性引文 8

1.3 检索报告（pdf 电子版和纸质版）

1.4 完成人合作关系说明及情况汇总表（pdf 电子版和纸质版）

二、其他附件 (JPG 电子版和纸质版)

2.1 代表性论文 8 作为研究热点在 Nature Geoscience 发表 (新闻稿, Press releases)、2 次成为 Nature Geoscience 与 Nature Climate Change 的研究焦点 “water availability” (2012) 和 “groundwater” (2016) 的论文、入选中国科学院《2013 科学发展报告》第四章 “2012 年中国科学家代表性成果”。

2.2 沃尔准则对 Wang-Wu GIA 模型 (代表性论文 5) 的检验结果

2.3 喷气推进实验室著名地球物理学家 (JPL) 的 Ivins 教授对代表性论文 7 的评价

2.4 美国国家研究理事会专题报告《Sea-Level Rise for the Coasts of California,》应用 Wang-Wu GIA 模型 (代表性论文 5) 揭示美国东西海岸海平面上升趋势

2.5 PNAS 应用代表性论文 7 成果研究格陵兰冰质量变化。

2.6 多伦多大学著名地球物理学家 Peltier 接纳代表性论文 8 关于加拿大西部大草原大旱灾后的水储量上升趋势的发现, 用于研究新的当前最新的 GIA 模型 ICE-6G_C

完成人合作关系说明

本项目由汪汉胜、贾路路、相龙伟和江利明合作完成，我们是一个研究团队，项目执行期为 2004 年 1 月 1 日至 2016 年 12 月 31 日。贾路路（2009-2012）、相龙伟（2011-2016）在汪汉胜指导下作硕士和博士研究，2011 年江利明从香港中文大学完成博士后研究来到本研究团队从事中科院百人计划项目的研究，一直参与项目研究（2011-2016），贾路路 2012 年博士毕业后继续与我们团队合作（2012-2016）。大家分工协作，合作紧密，卓有成效。

重要科学发现 1 为汪汉胜、贾路路、相龙伟和江利明合作完成；

重要科学发现 4 为相龙伟、汪汉胜、贾路路、江利明合作完成；

重要科学发现 8 为汪汉胜、贾路路、江利明、相龙伟合作完成；

重要科学发现 2、3、5、6、7 主要由汪汉胜完成；

通过国际合作，加拿大卡尔加里大学 Patrick Wu 教授参与重要科学发现 2-8，瑞典国土勘测局 Holger Steffen 研究员参与重要科学发现 4、8，中方作者（汪汉胜或相龙伟）及其完成单位均为相关合作论文的第一署名。

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：

