

## 项目进展与成果介绍

# 美国地质调查局 2006 年地震灾害 研究工作计划和预算\*

赵 勇 王 瑀 李建一 崔秋文

(中国地震台网中心, 北京 100045)

中图分类号 P315 文献标识码 A

## 1 2006 年项目概述

2006 年美国地质调查局为地震灾害研究项目的预算申请了 51 337 000 美元。

美国地质调查局地震灾害项目 (EHP) 将提供科研信息和必备的相关知识, 用于减少地震和由地震引起的海啸、山体滑坡和沙土液化所导致的人员死亡和经济损失。项目内容包括: 及时报告震中位置、震级及其可能的破坏; 区域和国家对地震的灾害评估; 增加对地震的成因和地震影响的认识, 提升地震预测能力。

在美国所面临的所有自然灾害中, 地震是造成人员伤亡、毁坏、经济损失和混乱可能性最大的灾害。尽管破坏性地震发生的频率很小, 可一旦发生, 其破坏性却非常之大。最新的研究显示, 如果大地震发生在美国的城市化地区, 会造成 2000 亿美元的损失和数千人死亡, 给国家经济以重创。虽然加利福尼亚州是众所周知的地震灾害高发区, 可是美国的其他地区也同样存在着危险, 其中包括密西西比河流域、西北部太平洋一带、西部山间地带、阿拉斯加州、夏威

夷和东海岸部分地区。事实上, 美国有 7500 万人口居住的城市都是重要的地震灾害危险区, 其中, 4600 万人口居住在加利福尼亚州以外的地区。

美国沿海岛屿, 与其他岛屿国家一样最容易遭受大地震、海底滑坡、火山斜坡失稳和强烈的热带风暴所引起的海啸的侵袭。美国有灾害危险的重要居住区包括整个西海岸、阿拉斯加南部海岸、太平洋和加勒比海地区和东部的沿海地区。增加沿海居住区域的安全性, 除了研究地震和海啸的成因及过程外, 还需要制定广泛的监测、预警和公众教育计划。印度洋海啸完全说明了地震引发海啸的潜在的危险性, 同时也给一个国家提供了以下几方面提高能力的机会: 快速确定大地震的震中、大小和深度; 将可能引起海啸的地震区分出来; 与联邦政府、地方和国外的同行合作, 确保可能发生的海啸被及时预警。例如, 依据从美国地质调查局国家地震情报中心传输过来的地震数据, 由国家海洋和大气管理局 (NOAA)、太平洋和阿拉斯加海啸预警中心发布海啸警报。

2004 年, 报告了几个全世界范围内的破坏性严重并造成死亡的大地震有日本、摩洛哥、印度尼西亚和阿富汗, 以及自 1964 以来

\* 收稿日期: 2005-11-10。

由地震引起的全世界最大海啸——2004年12月26日印尼海啸。美国最近的一次致命地震于2003年的9月发生在加利福尼亚州的中心，震级为6.5，震中位于圣·锡米恩。该地震造成这一地区两人死亡和大量的老房屋倒塌。如果地震发生在洛杉矶和旧金山之间的人口稀疏地区，由地震引起的人员伤亡和破坏就会大大减少。无论如何，对于比较大的地震，有效的预报服务是城市居民的期望。

地震是不可避免的，但是经过努力，地震造成的破坏和人员伤亡却是可以避免的。美国在面对地震时的第一防线是具有能够抵御强烈震动的建筑物的结构。美国的地震防灾计划将提供现代建筑物规范中的地震灾害评估，提供减少地震造成的伤亡和经济损失的科研信息和有关知识。

2004年10月25日颁布的公共法律108—360再次批准了2004年“国家地震灾害减轻计划”批准法案。地震灾害项目是该多学科计划中的应用地球科学子计划。美国国家标准与技术研究院是“国家标准和技术学会”，是“国家地震灾害减轻计划”的牵头机构，协调美国地质调查局、国家科学基金会和联邦紧急事务管理局3个机构的工作。

管理和预算局“项目评估评价工具”软件对“地质灾害项目”做出的评价认为，地震灾害项目的任务划分是明确的，与其他联邦机构、州、地方或私营实体的项目比，此项目是独一无二的。2003年财政年度“项目评估评价工具”软件对“灾害计划”2005年的预算进行评价中，认为受资助的“地震灾害项目”与合作者进行了有效合作，完成了任务，得分为82分。国家也采用美国地质调查局“国家地震灾害图”作为建筑物标准。

“地震灾害计划”全部目标构成一个5年计划，由内部和外部共同提议产生，例如，美国地质调查局和内务部的战略计划，地震科学研究顾问委员会定期的评价报告，

来自美国地质调查局内外的资深科学家的建议。在“地震灾害计划”目标满足一个5年计划的合理性方面，已在项目概念和最终项目建议的管理和科学评价两方面予以证明。

1997年在《地震损失减轻、地震信息和地震复发性和影响研究成果报告》中提出的“地震灾害”5年计划的目标已经演化成下面3个方面：

- (1) 地震灾害的评估和描述。
- (2) 监测和报告地震活动和地壳形变。
- (3) 进行地震成因和地震后果的研究。

截止2005年1月，《2004—2008年的五年计划》的最终报告还在管理和预算局审查。“地震灾害计划”将使社会各界在制定地震减灾、防备和避免计划方面有信息可用，从而支持内务部的保护生命、资源和财产方面“服务于大众”的战略目标。为了科技成果的转化，帮助社会管理自然灾害风险，将采用3方面成果转化指标：成果的使用率；信息量多少；地震科技成果满足的顾客的百分比。为了达到上述科技成果转化的目标，将采取以下措施：维护灾害监测网；向客户发送风险或危险的评估；正式召开用户研讨会或举办用户培训班；增加“先进的国家地震系统”传感器的数量。

美国地质调查局还在这3方面支持外部研究和监测活动。“地震灾害计划”预算的大约25%直接用于资助大学、州级单位、私营技术企业的科研活动和与这些机构签订合作协议。对外的资助对吸引其他联邦机构、州政府和私营企业的投资，将起到了非常大的杠杆作用。

## 2 2006年地震灾害计划具体项目内容

### 2.1 地震灾害的评估和描述

(估计费用：2004财年：1900万美元，2005财年：1850万美元，2006财年：1850万美元)

美国地质调查局通过以下两方面为地震灾害减轻战略服务: 对美国的高危险区(如南加州和西北太平洋地区)的中强地震概率和可能的影响进行估计和描述; 向其他部门传播这些知识, 使其应用于减少可能发生的灾害性大地震所造成的影响。联邦、州和地方机构、建筑师和工程师、保险公司和私营企业、土地利用规划者、应急响应官员和普通大众都要依靠美国地质调查局的信息细化建筑规范、制定土地利用战略、保护生命线和关键性的设备、制定应急响应计划和采取其他的预防行动, 减少未来的地震所造成的损失。

国家地震灾害图项目——美国地质调查局编制的全国范围地震灾害图用于美国制定新的、统一的国家建筑物规范。此图集成了地质填图、断层位置、断层滑动速度和地震重复间隔; 还有地壳形变、地壳运动图像和最近地震的分析。国家地震灾害图是数字化的, 具有经纬度、未来 50 年、100 年和 250 年内最严重的地面振动(以水平加速度表示), 这些都是将抗震设计标准应用于建筑规范的基础。这个图和与其有关的数据库也应用于预测地震损失和定义保险风险方面。增加一些新的信息, 定期地回顾和修改地震灾害图, 是地震灾害项目最优先要做的事情。最近一代的地震灾害图是 2003 财政年度公布的。此图计划每 5 年更新一次, 与国内和国际的建筑规范修改周期一致。美国地质调查局与全国范围内的地震研究人员、工程师、州和地方政府的代表紧密合作, 确保地质数据能反映最先进的精确、可用信息。美国地质调查局通过提供信息, 帮助社会管理自然灾害风险, 保护生命、资源和财产, 实现内务部战略计划的最终目标。

城市地震灾害图项目——国家级的地震灾害图, 不可能考虑到各地区因地质结构和土质条件不同造成的地震动的振幅和周期的不同。美国地质调查局正在编制的地震灾害

图, 针对高度和中度灾害危险的城市地区, 这些地区的人口多, 风险最大。像加州的旧金山海湾和洛杉矶地区、华盛顿州的西雅图、犹他州的盐湖城、密苏里州的圣路易斯、伊利诺斯州的埃文斯顿、田纳西州的孟菲斯和南卡罗来纳州的查尔斯顿等城市。大比例尺地图揭示了预期地震的振动强度, 这些帮助地方官员决定什么地方允许发展, 也应用于工程地振动模拟。结合这些针对性的评估报告的公布, 美国地质调查局将举办研讨会, 确保这些知识向应用领域转化, 帮助有效减轻灾害的设计。

2006 年财政年度, 美国地质调查局将完成 2004 年财政年度开始的, 人口密度高、灾害风险高的圣路易斯城市地区和印地安那一肯塔基—伊利诺斯 3 州交界地区的城市地区的地震灾害合作填图项目。在两个项目中, 美国地质调查局主要承担协调工作, 做更多的技术工作。圣路易斯地区填图的合作者, 包括密苏里州大学罗拉分校、密苏里州自然资源局和伊利诺斯州地质勘测队。3 州交界填图工作的合作者包括印地安那州、肯塔基州和伊利诺斯州的州地质调查局、印地安那西南抗灾社区联盟、美国中部州区地震联盟地质调查局和普度大学。此外, 肯塔基州地质调查局与美国地质调查局国家地质填图项目合作, 在俄亥俄河印地安那州一侧进行详细的地质填图。

## 2.2 监测与报告地震活动和地壳变形

(估计费用: 2004 财年: 2050 万美元; 2005 财年, 2050 万美元; 2006 财年, 2410 万美元)

根据 1974 年减灾法令 (P. L. 92-288) 的要求, 联邦政府指派美国地质调查局负责监视和报告美国范围内的地震活动。美国地质调查局是美国国内和国外地震活动常规和连续报告的唯一机构。美国地质调查局通过运行先进的国家地震系统 (ANSS) 完成这项任务, 该系统包括美国国家测震台网、国家地

震信息中心、国家强地面振动台网,以及高地震活动地区的15个区域台网的支持。

可能的破坏性地震报告提供给国家指挥中心、白宫、国防部、国土安全部(包括联邦紧急事务管理局)、交通部、能源部、内务部、各州灾害服务办公室;众多的公共和私营基础设施(如铁路和输油管道)管理中心;新闻媒体和公众。快速地震报告通过电子邮件、寻呼机、传真和美国地质调查局网站传送。美国地质调查局也向国家海洋和大气局的海啸预报中心提供近实时的数据,支持太平洋地区的海啸监测,支持阿拉斯加、夏威夷、华盛顿、加利福尼亚和美国西部太平洋海岸灾害警报。

先进的国家地震监测体系(ANSS)项目——这一项目的宗旨是扩展和提升美国国家、区域和城市地震监测台网的性能和综合能力。这一体系2000年启动,2006财年的实施重点是在犹他州的盐湖城、加州的旧金山和华盛顿的西雅图3个大都市建设新的记录场地、安装新的记录仪器,并且在田纳西州的孟菲斯、阿拉斯加州的阿克雷奇和内华达的里诺安装新的记录仪器。在城市地区增加的地震监测能力,有两个主要的好处。一是震后快速地评估强地面运动的分布和严重程度,这些信息能帮助应急反应官员确定他们所面临的危机范围和大小。二是能提供破坏性地震造成的地面和建筑物振动的详细和精确的数据。这些数据能用于震后恢复和重建中更好的抗震设计和建设。2002财政年度,新的地震仪器继续在6个地方安装并扩展到夏威夷和美国的东北部。2003和2004财政年度,在美国全国增加126个地震台。下表提供了到目前为止资助这些台站仪器安装的历史数据。

ANSS计划的一个目标是2004年完成ANSS国家骨干台网的100个台站,ANSS设立了10个新的骨干台站,台站总数增长了20%。美国地质调查局希望在2005年和

国家地震监测系统获资助情况 (单位:百万美元)

财政年度	基数	调整	年度经费	累计
2000	0.0	+1.6	1.6	1.6
2001	1.6	+2.0	3.6	5.2
2002	3.6	+0.3	3.9	9.1
2003	3.9	0.0	3.9	13.0
2004	3.9	+0.5	4.4	17.4
2005	4.4	+0.85	5.25	22.65
2006	5.25	+2.816	8.066	30.716

2006年,重要的合作伙伴国家科学基金会骨干台网提供资助,用于增加17个新的台站,为另外8个台站升级。有了这笔合作投资,ANSS的骨干台网将不再要求2006年度增加经费。在现有的经费水平上,美国地质调查局希望加速国家地震台网的发展,以支持国家科学基金会的“地球透镜计划”。作为“地球透镜计划”的一部分,从2004年开始到大约2012年结束,将建立一个覆盖美国大陆的密集的地震台网。在18~24个月内可以在任一地区设置“流动台阵”。该项地震台网布设成功需要对美国大陆进行统一、稳定的地震数据收集,以便ANSS骨干台网可以利用这些资料。机构间的合作受美国地质调查局和国家科学基金会的谅解备忘录附件指导。

地震报告创新——地震动图软件系统项目——ANSS的目标是提供城市地区最新的地面震动数据。这些数据用于绘制一个城区中心或其附近地震产生的地面震动的分布和强度图。这种数据成果,称之为“地震动图软件系统”,由美国地质调查局的科学家开发,地震发生后10min内便可以绘制完成地震动图。利用从最新布设的台站获得的数据和综合处理数据的方法,“地震动图软件系统”在加利福尼亚州的洛杉矶、加利福尼亚州的旧金山、华盛顿州的西雅图、犹他州的盐湖城、阿拉斯加州阿克雷奇的城市区域都可以很好地发挥它的作用。

政府官员、应急管理、市政和交通监管人员可以利用该地震动图对地震情况做

出快速评估, 制定应对计划; 新闻媒体和公众则可以用它获得本地受到地震影响的概况。“地震动图软件系统”应用的一个最近例子是, 对 2003 年 12 月 22 日发生在加利福尼亚州圣西米恩 6.5 级地震的预期损失进行的快速评估。初始震动图在地震发生后 9 min 后成形, 使加州州长的应急服务办公室得以快速厘定震毁的范围, 并使联邦紧急事务管理局在 1 h 内得出损失评估的数据。在地震动图软件系统开发以前, 上述两机构需要等待受地震影响的各个地区提交报告, 初始的损失评估也需要若干天的时间。不仅如此, 加州交通运输局还利用“地震动图软件系统”确定需要检查的桥梁数量及其位置, 排定优先检查点顺序。

国家地震信息中心的地震学家也提高了全球“地震动图软件系统”对全球范围剧烈地震震动范围和分布进行评估的能力。这种“地震动图软件系统”缺乏 ANSS 的台站支持, 所以在震动及破坏情况的信息资源得到共享之前是处于非常临时性的。但是, 全球地震动图可以在美国地质调查局新的技术产品——全球地震反应快速评估系统 (PAGER) 的支撑下快速计算得到, 并结合附有人口密度和基础设施薄弱点的地震强度图快速地评估出世界范围强烈地震对人类的影响。有关 PAGER 的细节和例子请见本卷全球测震网络部分中对 12 月所发生的 9.0 级地震的介绍。

区域地震监测项目——作为 ANSS 的一部分, 美国地质调查局和其合作大学在多震区建立了区域性地震监测网络。利用所有美国地震台网的数据, 监测活动构造比仅用国家级台网得到的细节更多。每一地区都有本地的数据中心, 在这里可以进行数据处理和编制区域性地震目录。这些数据中心作为一个地方性信息发布站点为公众、地方当局、州政府及其他感兴趣的人士服务。地方的数据中心将在第一时间把地震数据传输给国家地震信息中心和其他区域性网络。它们也提

供本地地震危害和一般可行的减灾措施信息, 那些位于大学的数据中心还为学生提供培训和研究设备。为了支持区域性地震监控方面的合作活动, 将根据合作协议投入 51 万美元, 其中 30 万美元来自基础项目基金、21 万美元来自国会指定用于 ANSS 建设和维护的基金。

监测地震强地面运动项目——地震监测网络中的常规地震仪无法精确地记录由大地震、近源地震引起的强地面运动。而这些技术数据对于抗震建筑设计及其他建筑物设计则非常有价值。如同帮助模拟重建航空事故的“黑匣子”一样, 记录了发生在建筑物本地或其附近强烈地震运动的数据, 使工程师不仅可以重建场地剧烈地震震动的过程, 还可重建建筑对地面震动的反应。如果没有这些数据, 分析、了解建筑物如何在强地震中损毁 (或保存下来) 则是不可能的。利用数据及分析得出的模型, 工程师和建筑师能够设计出更加安全的建筑结构, 从而提高公众的恢复能力, 并减小地震对经济方面的影响。通过 ANSS 强地面运动项目, 美国地质调查局记录了 35 个州及地区的 850 次强地面运动。强地面运动数据显示了地震所引起的强加速度的振幅、频率及持续时间。这些参数直接输入到建筑计算机模型和检测模型中就可以测量它们在实际地震情况下的反应。在 2006 财政年度, 这些项目数将全部集成到 ANSS 中。

地形变的监测项目——大地测量网提供了地震附近地表的块体和静态形变 (应变) 的基本信息。美国地质调查局与许多大学和地方机构合作, 利用全球定位系统 (GPS) 和激光测距进行大地测量。为了解决洛杉矶及其周围地区的地震灾害问题, 美国地质调查局通过持续工作的 GPS 台站所构建的一种高新技术网络系统处理并发送数据。美国地质调查局与国家宇航局 (NASA) 喷气动力试验室、斯克里普斯海洋研究所及南加州地震中心 (SCEC) 共同建立了南加州综合 GPS 观

测网络 (SCIGN)。该系统测量地球表面形状的变化,从而揭示地震断层带的应力积累过程以及这些断层如何向纵深发展(在2005年初,SCIGN的一部分目标将转向对板块边界观测台(PBO),它是国家科学基金会地球透视镜项目的测量分项目)。除此之外,美国地质调查局还应用了一种新的卫星技术,即InSAR,来快速精确地绘制地震前后地表变形的大型航空摄影地图。美国地质调查局不断发展对InSAR数据进行有效分析、说明和建模所必要的计算机工具。在南加州,InSAR的成果将用于放大、核对以及纠正GPS独立系统的测量结果。

### 2.3 地震成因及影响的研究

(估计费用:2004财年:800万美元;2005财年:750万美元;2006财年:770万美元)

美国地质调查局开展地震成因、特征及影响的研究工作。这些研究直接应用于提高对地震灾害的财产评估的准度和精度、地震预测及减灾的工作水平。以下的段落概括了在这个广泛领域内取得的一些值得注意的成就。

地震过程的研究项目——美国地质调查局地震研究的课题主要集中在认识地震发生的地点和时间。美国地质调查局正在进行的调查主要是探索地震开始和发展时的物理状况;地震触发的过程;同一区域各独立断层相互作用的方式;有些断层滑动缓慢并不引起地震而有些却引发地震的原因;以及控制地震在同一断层再次发生时间间隔的因素。

地震影响的研究项目——美国地质调查局对地震后果的研究也促进了人们对地震引起强烈的地面震动及其影响的认识。特别是,美国地质调查局的研究人员研究震源、地壳及近地面土壤沉积物的复杂性如何影响地震波的传播和强地面运动。现有改进强地面运动后果的预测技术将大大改进行市地区的地震灾害预测图。这些成果对地震灾害减轻工作的成本—效益分析是非常关键的。另

一项优先研究是对软弱土受到地震动影响时的液化和地基失效情况的判别和认识。与结构工程师和土工工程师协作展开的地基失效研究,将使抗震基础设施和生命线的设计水平得到提高。例如,桥梁、机场、建于饱和土或软弱土层上的普通工民建。

地震预测的改进与创新项目——对地震发生及后果的预测是对区域地震概率预报、国家自然灾害分布图和其他更加专业化研究(如余震及前震的预报)的基础。目前,这些研究非常依赖于地震活动的经验性评定。科学家现在处在地震研究临界平衡点。全美国乃至全世界布设了新型高密度地震台阵,包括了高精度的地震和大地形变观测台阵。同时,卫星遥感系统也为地球测量观测——即地表变形、电磁场和其他关键的地球物理观测的实施提供了令人兴奋的全新手段。借助新型的高精度测定年代技术,在关键断层上的古地震研究使地震历史更加详细,可追溯至几千年前。加州帕克菲尔德的6.0级地震完好的记录提供了一次地震过程的详细画面,该过程包括地震孕育、开始、断裂以及强烈地面震动向附近区域的传播。地球物理学数据的质量提高和数量的巨增可以改善地震灾害评估精度,改进地震预报的方法,为应急管理人员提供更多的地震信息产品。新的信息流同时提供了检验地震预报的机会。尽管,对中、短期地震预报早期曾过于乐观,能否实现中、短期地震预报仍然还不清楚。但是,美国地质调查局和其他研究小组正在利用改良的数据,评价根据小地震、地表应变和电磁场变化图像预报地震的方法。

国家地震预报评价委员会的恢复——出于对地震预测预报高度的兴趣和高标准的详细审查要求,迫使美国地质调查局在评价地震预测方法,指导政府采取恰当的公众政策,乃至做出地震预报时控制公众的预期方面处于领导地位。为达此目的,美国地质调查局将恢复国家地震预报评价委员会,以便美国和世界范围内任何个人和组织提出地震

预报时, 向美国地质调查局局长和国家提供权威的评价。委员会是按照 1977 年《地震灾害减轻法案》和 1974 年《灾害减轻法》成立的。其成员将由来自美国地质调查局内和美国地质调查局外的科学家共同组成。为了达到预期效果, 国家地震预测评价委员会将依靠美国地质调查局来保持其广泛的国内专家和充满活力的研究项目基础, 这些基础是对各种预报方案提议做出权威评论的不可或缺的要素。

史前地震研究项目——为了确定过去的地震年表, 美国地质调查局在美国很多地方开展了古地震研究。与加州地质调查所和 Lawrence Livermore 国家实验室合作完成的对旧金山湾地区的研究, 使科学家们第一次将这一区域 2000 年活断层的滑动历史拼接起来。新的数据表明, 1600—1776 年发生了 6 次大地震 (其中包括一次与 1906 年地震相似的圣安德烈斯断裂)。这个地震年表突出 1906 年旧金山大地震以后地震活动水平异常地低下, 从而动摇了以前地震发生不规则性的认识。南加州和北加州大量的研究表明, 圣安德烈斯断层系统的部分地段在以前所认为的地震后不久经历了另一场大地震。这可能包括邻近棕榈泉和圣贝纳迪诺—里弗塞德地区的断层部分以及旧金山湾地区的海沃德断层。这些发现作为有关圣安德烈斯断层系统报告的一部分, 刊登在 2003 年 11 月中旬的 *Bulletin of the Seismological Society of America* 上。

旧金山大地震百年纪念活动项目——2006 年的 4 月 18 日是旧金山地震和火灾的 100 周年, 这对于地震研究乃至加利福尼亚州的文化和历史研究都是一个极其重要的事件。1906 大地震通常被视为现代地震科学的开端。即将到来的 100 周年纪念将是提高公众地震灾害及防灾减灾意识的绝好机会。美国地质调查局已经加入 1906 地震百年纪念联盟的合作小组, 帮助协调北加州各

参与地震纪念的组织的工作和活动。该联盟将: 提出共同决策人、科学家、工程师、历史学家、教师和应急响应人员; 利用这个特殊的宣教机会向加州公众宣传: “对于地震科学家了解什么”与“地震研究目前到什么水平”; 与工程师和应急响应人员一道, 鼓励实施可使未来地震影响最小化的政策方针。美国地质调查局及合作部门将借此次机会准备并公布一系列研究成果和报告, 包括: 活动断层的数据库; 1906 大地震引起的地面运动的高精度仿真模拟; 大旧金山湾地区的现代地质基岩图; 一部 45 min 的介绍地震及其影响百年认识过程的电视纪录片; 用于广泛派发的宣教印刷材料。

地震研究钻孔的钻探活动项目——沿着加利福尼亚州中部的圣安德烈斯断层, 地震研究者定向地钻了一个大约 3000 m 深的钻孔, 其中的几百米穿过加利福尼亚州帕克菲尔德附近的断层。这完成了作为国家科学基金会的“地球透镜计划”开端组成部分的圣安德烈斯断层深部观测子计划的第一阶段。美国地质调查局是圣安德烈斯断层深部观测计划的最初提议者并在科学规划、场地选择、钻探实施及钻孔观测分析中担任关键角色。钻探地点的选择突出了美国地质调查局在帕克菲尔德地区进行长期研究的优势。现在进行的数据分析是为了已在 2005 年 4 月开展的第二阶段钻探而作的准备。这将延伸原本大约长为 3 km、穿过圣安德烈斯断层的钻孔, 使其达到地震频繁核心区域。圣安德烈斯断层深部观测计划是第一个深入地震活动断层区的地下观测站, 由此可以提供给地震科学家一个绝无仅有的机会去连续地观察在地震孕育、发生和震后时期的断层行为。通过钻探时的观测以及将置于断层地带多年的仪器的监测, 可以帮助科学家更好地研究 800 英里长的断层上地震的形成原因, 更好地预测地震活动的时间和强度。

震后调查项目——美国地质调查局对国内大地震和一些外国地震作出反应，部署便携式地震仪和大地测量仪，进行详细的野外地质调查，评价与地质条件和地震影响有关的破坏类型。这些调查提供了紧急情况时的必要信息，并提供一个在地震地质学认识方面，以及抗震设计、建设和工程实践方面作出实质性进展的机会。2004年10月23日日本西部遭受6.9级地震袭击时，美国地质调查局的地震和滑坡专家就参加了派去评价地震破坏和研究地震影响的工作队。同年早些时候，美国地质调查局派科学家参加了造成26000人死亡的2003年12月伊朗巴姆6.6级地震的调查。

南加州地震中心资助项目——南加州地震中心得到美国地质调查局与美国国家自然科学基金会共同资助，该中心是总部设在南加州大学的一个有40个研究机构参加的研究社团，成立于1991年，其使命是：收集有关南加州的地震信息；将这些信息整合成综合的、可预测的、对地震现象的认识；将这些认识和知识传达给终端用户和一般公众，促进地震知识宣传，减少地震损失，拯救生命。来自全国的一流科学家参与南加州地震中心的工作。为了支持这个群体，南加州地震中心也从事信息技术研究，改善合作研究及在线发表研究成果的方法。此外，南加州地震中心的通讯、教育和宣传计划还向学生提供研究经验、网络教育工具、课程、博物馆展示、公共信息小册子、在线时事通讯，以及技术研讨会和出版物。

南加州地震预测模型的联合开发项目——美国地质调查局正在与南加州地震中心合作，开发、试验并评价该地区地震预测模型的灾害意义。区域地震概率工作组正在利用多种可行的模型，进行以下工作：界定现有地震灾害分析中的不确定性；确定减小这些不确定性的研究课题；确定可用于其他地区的模型。该项目的很大一部分

是社区模拟环境建设。在这种环境下，每个区域地震概率工作的参与者都可以将自己的预测模型插入到分布式地震灾害分析的计算机结构中。这种方式为政府机构、学术机构和私立机构提供了试验、评价、共享地震发生的模型、代码和思想的机会。

对外资助项目——地震灾害计划提供了竞争性的、同行评价的外部研究资助，通过合作协议、基金提供方式，招募州政府、地方政府、学术界和私营机构的人才和专家。通过对外资助方式资助的调研和活动与美国地质调查局内部的项目目标密切相关，是内部项目的补充。

2005年度，计划资助100个研究项目，其中68个资助大学，7个项目资助州地调局，25个资助私营企业。许多外部项目是与其他机构共同资助的，美国地质调查局的资助起着杠杆作用。外部项目包括：大都市地区的地震灾害填图；制定可信的地震预计情景（包括损失估计）；确定史前大地震事件；调查地震起因；改进地震影响预测的方法。通过与外部合作，美国地质调查局的计划增加了地理和机构的影响，促进了地震知识在全国的传播，鼓励了州和地方政府以及私营企业使用新的灾害评估技术，提高了州和地方政府技术知识水平。为了资助外部工作，2005年提供490万美元用于竞争性的地震研究项目，50万美元通过合作协议资助区域大地测量网的运行和维护，以及其他长期研究工作，110万美元提供给南加州地震中心。2006年申请同样水平的资助和工作。2006年的地震灾害计划将资助定点研究项目，以改进快速精确地确定地震震级的算法。该算法在南加州地震中心的实施，将缩短报告破坏性地震所需的时间。

(编者电子信箱，赵勇：yzhao@seis.ac.cn)

(编译自：U. S. Geological Survey FY 2006 Budget Justification)