

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2008年4月15日 第8期（总第38期）

地球科学专辑

中国科学院资源环境科学与技术局

中国科学院规划战略局

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆
邮编：730000 电话：0931-8271552

甘肃省兰州市天水中路8号
电子邮件：anpj@llas.ac.cn

目 录

地球科学前沿

21 世纪地球科学研究的十大科学问题 1

海洋科学

科学家以沙层形成时间进行海啸预测研究 6

美科学家揭示 50 年之久的海洋微震之谜 7

固体地球科学

美研究生因哥斯达黎加大陆运动研究获国家奖 9

科学家预测海沃断层可能成为美国最危险断层 10

21 世纪地球科学研究的十大科学问题

2008年3月12日美国国家研究理事会 (National Research Council) 发布了研究报告《地球的起源和演化：变化行星的研究问题》(Origin and Evolution of Earth: Research Questions for a Changing Planet)，该报告确定了地质学和行星科学（也称为“固体地球科学”）的10大研究问题。这些问题反映了地球科学在21世纪面临的重要科学挑战。

应美国能源部 (DOE)、国家科学基金会 (NSF)、美国地质调查局 (USGS) 和美国宇航局 (NASA) 等的共同要求，美国国家科学院成立了一个委员会——固体地球科学重大研究问题委员会 (Committee on Grand Research Questions in the Solid-Earth Sciences)，委员会主要成员来自美国加州大学、犹他大学、哥伦比亚大学、哈佛大学、芝加哥大学、麻省理工学院、马里兰大学、密歇根大学、乔治梅森大学等。委员会以超脱各相关机构的任务与使命的授权，来独立地提出和探讨当今需要研究的地球科学重大问题。该委员会确定了构成“重大”问题的标准，重大问题需要至少符合以下3条准则中的2条：①跨越地质学和行星科学各自学科领域的界限；②涉及永恒性的问题（如地球和生命起源）；③与对人类福祉具有重要影响的现象存在联系。委员会挑选了涵盖各种空间和时间尺度的问题，对相关问题进行了遴选，并在地质学界广泛征求意见，最后确定了固体地球科学的十个重大研究问题。

现代科学根源于一些与地球和生命起源有关的基本问题。在古希腊学者的一些著作中对这些重大问题早就有记录，对地球科学的产生奠定了基础，并且许多地学术语都来源于这些著作。解答这些问题的分析方法可以追溯到16世纪的行星科学和18世纪的地质科学。也许近代地质学重大研究问题中的第一个也是最具争议性的一个问题来自于人们对沉积岩石的观测。James Hutton 根据沉积岩层的厚度、变化特征、结构以及岩层内的化石推断，地球应该非常古老 (Hutton, 1788)。地球的年龄成为当时最重大的问题。但是直到约200年以后，人类认识到物质是由包含原子核的原子构成的，以及部分原子核不稳定而会发生衰变，这才使得地质年代表的建立成为可能。对地球年龄（45.5 亿年）的首次准确测量是在1950年代中期 (Patterson, 1956)，这是建立地球、生命和宇宙的年代表的重要一步。

直到1960年代，地质科学几乎完全建立在对大陆上岩石和地形的研究上，对海底几乎没有了解。这种以大陆为中心的观点，以及主要研究集中在矿产与水资源和古生物发现方面，对20世纪早期的重大研究问题产生深远的影响。当时的重大研究问题是：火山、山脉和沉积盆地是如何形成的？矿床和油藏为何形成于其所在的特定地点以及是何时形成的？山脉的隆起和侵蚀的速率有多快？为什么5亿年前化石

首次变得丰富？以及是什么引发冰期和地震？另一个迫切需要回答的问题是：为什么南美洲和非洲的大西洋海岸线看起来非常相似，它们可能是曾经连接在一起的两部分。

这些在 20 世纪中叶存在的表面上看起来毫无联系的重大问题，随着板块构造理论的出现被很好地组织和联系在一起。在 1963—1968 年仅仅 5 年时间里，在对海底地磁和海底深度的首次观测结果的巨大刺激下，一幅行星地球的动力学行为的图像被绘就。由此推测，地球表面是由十多个非规则的刚性板块构成的，这些板块每年移动几个厘米，地震、火山和山脉位于板块的边界。板块运动与地球深部全球尺度的固态对流联系在一起，这种观点是十年前大多数地质学家不敢想像的。

板块构造模型，包括与其相应的地幔对流、海底扩张以及大陆漂移，不仅可以解释地震、火山和山脉的格局，而且最终可以提供关于大陆和海洋的产生、地球气候在地质历史上的演化、影响地质演化的过程等的可能机理。到 1960 年代这一分界性时代结束，美国宇航员首次登上月球，他们带回了与地球有很大不同的其他行星的岩石样品，这提供了认识其它星体的机会。这种新的视角将地球科学研究引入当代时期，科学家们将地球作为一个行星来认识，并将其结构、历史和特征与其他行星进行比较。

在 1980 年，另外一个突破来自 6 500 万年以前地球被一个大的陨星撞击的证据，这次撞击可能导致当时地球上恐龙和其他生物的灭绝（Alvarez et al, 1980）。在随后的几年时间中，就在地球上发现了一些来自火星的陨石（Bogard and Johnson, 1983）。开始于研究地球和月球上的撞击坑的这两个方面的发展，强调了这样一个观点，即科学家必须将地球放在其天文学范畴来进行认识，例如，生命演化可能会被不速的地外物体或来自太阳系其它行星的物体输入而中断。

在过去 20 多年，地球科学发生持续变化。技术方面的重大进步使得科学家可以在大和小两个尺度上更好地对地球进行观测，同时对行星的持续探测和先进计算方面也有贡献。现在我们可以看到矿物里面并区分出单个的原子、测量极端温压条件下地球内部岩石的性质、实时观测大陆漂移和山脉隆升、理解有机体如何进化以及有机体如何基于它们的 DNA 与地球相互作用。也能从陨石获取新的信息，其可以告诉行星是如何形成的，甚至星体内部是如何运动变化的。在新工具的武装下，地球科学已转向更深度的基本问题——地球起源；生命起源；行星的结构与动力学；生命、气候与地球内部的联系；以及未来地球将如何承载人类。

以下是固体地球科学的十大研究问题，这些研究问题可以归为四大类主题：①“起源”——地球与太阳系其它行星的起源，地球的早期历史，生命起源；②“运行”——地球内部的运行与地表的现状，包括地球的物质特性及其对地球过程的基础作用；③地表环境的“可居住性”——气候与气候变化，地球—生命相互作用；④“地质灾害与地球资源”——地震、火山，以及与地球内、地球上的水和其它流体相关的现代环境问题。

1 地球和其它行星是如何形成的？

太阳系具有奇特的几何形态和拥有各种各样的行星和卫星。随着人类利用太空船获得新的观测资料和对陨星更精确的测量，太阳系呈现出一些更为细致和迷人问题。尽管科学家普遍认为，太阳和行星都来自于同一片星云，但对地球如何获得其独特的化学组成却知之甚少，尚不能完全理解地球形成后的演变以及地球与其它行星和其它行星之间演化的不同。例如，地球在演化过程中保留了一些允许生命出现的挥发性物质（包括水），就这点来说，地球与其他行星完全不同。虽然先进的计算能力能为科学家提供更可靠的早期太阳系的模型，但只有对太阳系的其他星体和太阳系外天体作进一步观测，才是人类进一步了解地球和太阳系起源的主要途径。

2 地球“黑暗时期”（地球诞生后的最初5亿年）究竟发生了什么？

科学家们认为，在地球形成的后期，一颗火星大小的行星与地球发生了碰撞，撞击出一大块星云碎片，其后来形成了月球，同时碰撞过程中产生的巨大热量使整个地球发生熔化。但对这些岩浆是如何分异出现在的地核、地幔和岩石圈，或地球是如何形成其大气层和海洋，科学家们却了解不多。这个被称作冥古宙的时期对我们解开行星演变之谜至关重要，但科学家对此却知之甚少，因为来自这个时期的岩石在地球上几乎没有保存下来。可是，随着对陨星和其它行星认识的不断深入，以及从地球上古老的锆石晶体获得新的信息，来自这个时期的线索在不断增多。

3 生命是如何起源的？

生命起源是科学史上最令人好奇、最难、也是最持久的问题之一。因为太阳系中生命形成于数十亿年以前，因此，有关生命起源的一些最根本性问题属于地质学研究领域。有关生命起源以及生命最早形成的地点、时间和生命形式的现有唯一证据，来自于对岩石和矿物质的地质研究。当生命首次在地球上出现时，地球表面的环境可能与现在差别很大，准确弄清楚适合早期生命的地球物理环境和化学条件图景是当前研究中的一项重大挑战。对生命起源的探索本身就是一个多学科的问题，涉及到了有机化学、分子生物学、天文学、行星科学以及地质学和地球化学等学科。由于火星上有关行星早期历史的沉积物记录早于地球上年代最久远的岩石以及其它拥有行星的恒星系统，科学家对火星探测的兴趣与日俱增。

4 地球内部如何运动及其如何影响地表？

随行星形成时间的增加，行星逐渐冷却，这引起它们的内部过程、大气和地表过程也进入逐步变化的阶段。热量从行星内部传递到地表的最基本方式是行星尺度的固态和液态对流。尽管科学家们知道地幔和地核处于不断的对流运动中，但科学家既不能精确描述这些运动的目前状态，也无法自信地计算它们在过去的不同之处。地核对流产生了地球磁场，其可能对地表状况产生了重要影响。而地幔对流则是火山作用、海底扩张和造山运动的原因，诸如水和碳等物质则不断在地表和地球深部

之间交换。因此，缺乏对地球内部作用过程的详细了解，科学家们既无法推断过去的地表环境，也无法预测将来的地表环境。

5 地球为何拥有板块构造和大陆？

尽管板块构造学说已经相当成熟，但地球什么会有板块构造，以及板块构造与地球的其他独特特征——丰富的水、存在大陆和海洋、拥有生命等——联系有多么密切仍存在问题。我们无从知道地球仅有一种特征而没有其它特征是否可能，也无法知道这些特征是如何相互依赖的。大陆地壳的存在和持续维持所展现出的问题与板块构造所展现出的问题一样具有基础性。大陆地壳使地球对非海洋生命来说具有可居住性，并通过其表面的风化作用扮演着调节地球气候的角色。但科学家们仍然不知道大陆最初形成的时间；以及大陆如何能存在数十亿年，或者准确地说大陆是如何演化到目前的状态的。新的数据和观测资料表明，气候和侵蚀作用在山脉的形成和定型中扮演着重要的角色，因而也是大陆地壳形成和破坏的基本作用。

6 地球过程如何受物质特性的控制？

对地球和其它行星上岩石记录的秘密的破解始于科学家们对大规模地质过程的了解。行星物质的基本物理和化学属性是了解这些过程的关键。地球内部的高压和高温、地球及其结构的巨大体积、地质时间的超长范围，以及地球组成物质及其性质的巨大差异，所有这一切都呈现出特殊挑战。科学家们可以借助同步加速器辐射、对大范畴非均质材料的最新测量和模拟结果、以及对极端条件下材料性能的量子力学计算来面对这些挑战。围绕天然纳米粒子研究、微生物对化学过程调解的一些新研究领域将得到发展。

7 什么原因引起气候变化，气候变化的幅度能有多大？

虽然在过去1万年中全球气候条件保持相对适宜和稳定，但科学家们从地质证据得知在数十年或数百年的时间尺度上地球气候也可以发生重大变化。尽管可以改变气候的因素众多，从太阳光照强度的缓慢变化到新的山脉的形成和大气成分的变化等，但在过去40亿年中，地表温度一直保持在较小的变化范围之内。地表温度变化在长期内是如何保持良好的调控的，即使其变化可能非常剧烈？最近的发现揭示出地球上气候非常冷、非常热或变化特别快的历史时期。了解这些特殊条件可以对地球的气候进行重新认识，对古老沉积岩的新的地球化学观测结果和改进的气候系统模型最终将能使科学家们预测气候变化的量级和后果。

8 生命如何改变地球，地球又如何塑造生命？

地球科学家们倾向于将地球的地质演化过程看成是一个基本无机过程。同样地，生命科学家们则倾向于将生命演化看成是一个基本生物学问题。但是，生命的演化明显受地表环境的影响，同时地表环境也受生命活动的影响。如果不是为了生命，大气中将不包含氧气，正是氧气的存在激发了其他生命形式的进化。虽然科学家们

知道地质事件和陨石撞击导致过去生物的大灭绝并影响生物的进化过程，但地质与生物进化间的准确联系仍然是个谜。对现在的地球来说，科学家们的兴趣在于生命在地质作用过程（如风化和剥蚀）中所扮演的角色。科学家们致力于理解生命是如何出现的，以及如何在其他行星的地质记录中留下遗迹。

9 能够预测地震、火山喷发及其后果吗？

由于灵敏的新检测仪器和对火山成因的更好认识，地质学家对火山喷发的预测能力正在提高。就地震而言，虽然科学家们在长期预测方面取得了进展，但也许永远不能预测出地震发生的准确时间和地点。深入了解断层破裂如何启动和停止、改善对大地震附近震动预测的模拟，以及增加对危险性地震开始的预警时间，是科学家们面临的持续挑战。由于对地表下活动过程的实时地震、大地测量和电磁探测的测量成果，火山活动研究已进入一个新的时代，但是，仍然存在着将这些实时数据与火山野外调查和火山物质的实验室研究资料相统一的挑战。火山研究的最终目标是描绘出一幅能清楚描述岩浆从上地幔（岩浆来源地）运动到地壳（岩浆临时存储并最终从火山口喷出地表的地方）的图像。

10 流体流动和输运如何影响人类环境？

对自然资源和环境的有效管理要求管理人员拥有有关地下和地表流体特性的相关知识。主要的科学目标是了解流体如何流动、如何输送物质和热量、以及它们如何与周围环境相互作用并对其进行改造。虽然新的实验工具和野外测量技术，加之航空和航天测量，为地表和地下过程的研究提供了史无前例的视角，但是，在确定以下问题方面仍存在困难：地下流体是如何分布在非均质岩石和地层中？它们流动究竟有多快？它们如何有效传输溶解的和悬浮的物质？以及与宿主地层的化学和热交换如何影响它们？如果要准确评价人类影响和气候变化是如何影响地表景观演化的，以及如何管理这些影响以维持生态系统和重要的流域特征，就需要有更好的流量和相关的侵蚀与输运的模型。研究的最终目标是建立可以预测未来自然系统行为的数学模型，虽然仍未实现，但其在人类对支撑其生存和发展的土地和资源的未来做出有科学依据的决策时非常重要。

参考文献

- [1] Committee on Grand Research Questions in the Solid-Earth Sciences, National Research Council. Origin and Evolution of Earth: Research Questions for a Changing Planet. <http://www.nap.edu/catalog/12161.html>
- [2] Ten Questions Shaping 21st-Century Earth Science Identified <http://www8.nationalacademies.org/onpinews/newsitem.aspx?RecordID=12161>
- [3] Origin and Evolution of Earth Research Questions for a Changing Planet http://dels.nas.edu/dels/rpt_briefs/origin_and_evolution_of_earth_final.pdf

（郑军卫 张志强 赵纪东 编译）

科学家以沙层形成时间进行海啸预测研究

对于地震所引发的破坏性地震波，每一种古老的语言都有其自己的记述，近几个世纪以来，印度南方的泰米尔纳德邦（Tamil Nadu）的人民似乎都在周期性地经历着海啸。加拿大达尔豪斯大学（Dalhousie University）地球科学部的副研究员 Alan Ruffman 表示，发生在 2004 年 12 月份，曾致使 12 个国家 24 万人死亡（其中仅印度就有 1.5 万人）的印度洋大海啸极其罕见，因此，灾难发生地人民未能采取有效的防御措施。

Ruffman 称，海啸的相关证据就在地球表面下的地层中。当前，更好的预测海啸威胁的方法就是研究其过去的发生模式。海岸沉积物为最近及古代的海啸提供了有力的地质记录，并且，通过沙粒的大小还可推测出海啸发生时水柱的实际高度。其带领的研究团队在泰国进行海啸实地探查时，发现了 4 个明显不同的沙层。最外面的沙层由 2004 年的海啸沉积而成，紧挨着的第二个沙层的形成时间则可以追溯到 400~600 年前。Ruffman 称，形成第二个沙层的海啸很可能与 2004 年的海啸一样巨大。现在，这方面的研究相对较新，更多的研究需要进行统计并制作时间表，以帮助指导东南亚国家的人民更好地防御下一次海啸。

据悉，Shastri 印加研究所（Shastri Indo-Canadian Institute, SICI）已经批准了达尔豪斯大学的一个基金项目，以帮助其与印度马德拉斯大学（University of Madras）合作进行海啸研究。在资助请求中，Ruffman 设计了一个长期的合作研究计划，他希望通过两个海岸城市的老师和学生对孟加拉湾海啸历史的深入研究，产生出一些可真正拯救生命的新知识。相关研究将不仅仅包括详细的地质沉积物研究，而且还将分析印度南部的早期著作和民间传说，探寻人类对早期海啸的研究。Ruffman 表示，现在有 1 500 多份未经分析的由泰米尔语记录的文件。泰米尔语是印度泰米尔纳德邦的公用语，已经有 1 000~2 000 年的历史。

如果泰米尔纳德邦的沉积物与在泰国发现的沙层反映出同样的事实，那么，Ruffman 的研究团队应该可以很快地对这种破坏性事件的再次发生做出可靠估计，这将使社会和政府为预防未来将发生的灾害而开始落实必要的海啸预警系统和人员疏散程序。不仅仅是这些，他们还将采取一系列主动措施，比如，恢复红树林植被以防止海啸对海岸线的侵蚀，以及将整个村庄迁移到更安全的地点等。

Ruffman 称，如果对于当前海啸灾害的认识和理解能够使沿海村庄、房屋和基础设施等处于一个更好的位置，那么今后海啸中资金和人力的损失将大大降低。但是，计划者和各国政府将不得不相信 2004 年海啸不是一次唯一性的事件，没有任何像发现历史事件记录这样的事情能够让当地政策制定者确信灾难曾经发生过，而且

它还有可能再次发生。

Shastri 研究所的资助计划中建议达尔豪斯大学举办一次为期一周的由马德拉斯大学的研究人员，以及当地学者和加拿大哈利法克斯的 SICI 成员参加的讨论会。地球科学家们也将利用这一时间为他们的合作研究计划制定具体的实施计划，并寻求机会促进两所大学研究生之间的交流。资助计划的核心研究团队的成员将包括马德拉斯大学的 4 个学者，达尔豪斯大学地球科学与海洋科学领域的 6 名老师，以及加拿大贝德福德海洋研究所（Bedford Institute of Oceanography）。

Ruffman 从事海啸研究已经有 20 多年，到目前为止，他的研究重点主要涉及发生在大西洋的一系列历史性事件，比如 1755 年的葡萄牙里斯本（Lisbon）海啸，1929 年致使纽芬兰（Newfoundland）29 人丧生的大浅滩（Grand Bank）海啸。据 Ruffman 介绍，1929 年的大浅滩海啸有 1 000 多米高，淹没了半个内陆，很多房屋漂到了海上，可其中的油灯却依然亮着。这些事件虽然罕见，却也实实在在地发生在了大西洋。

在最近一次出席大西洋地球科学协会（Atlantic Geoscience Society, AGS）的会议时，Ruffman 讨论了气候变化和海啸的关系。他指出，沿海地区的地壳运动将因为冰川的迅速消失而加强，这将引发地震活动，触发海啸。海啸不是一个明天即将发生或经常发生的灾难，但是，一旦研究者从孟加拉湾有所发现，那么将需要在格陵兰、冰岛和拉布拉多（Labrador）进行更多的研究工作。

（赵纪东 编译）

原文题目：Forecasting Tsunami Threats Through Layers Of Sand And Time

译自：<http://www.sciencedaily.com/releases/2008/03/080318224409.htm>

检索日期：2008 年 4 月 1 日

美科学家揭示 50 年之久的海洋微震之谜

人们普遍认为，地球科学上所谓的海洋地震的“嗡嗡声（buzz）”来自于深蓝色的海洋。近日，美国科学家们第一次发现了北大西洋的一个特殊区域，当以相反方向传播的海浪在该区域会合的时候，大洋的深处将产生微震即非常小的地壳震动。

科学家们早就已经知道微震，但是到目前为止，没有人能够知道它们来自何处。研究人员通常利用地震检波器研究来自洋底大地震到细小微震的所有事物。最早的以 1 秒钟或几秒钟的时间间隔记录地球震动的地震检波器第一次将微震作为一种奇怪的、持续性的嗡嗡声记录了下来。这些微小震动每年累积的能量相当于地球地震活动每年平均释放的能量。寻找海洋微震产生的源地能够帮助科学家们以一种被称作噪音层析成像（noise tomography，利用地震波对地壳某一部分进行成像）的方法监测地球地壳的应力变化。

美国宇航局喷气推进实验室（Jet Propulsion Laboratory）的地球物理学家 Frank

Webb 表示，微震活动的记录使人们能够了解 20 世纪初以来地球上海洋波浪相互作用的历史，同时，它们也可以被用来研究海洋上的暴风历史。Webb 已经对这些现象进行了广泛的研究，他是 2008 年 3 月 8 日在《皇家学会学报 A 辑》(Proceedings of the Royal Society, Series A) 上发表有关微震新研究成果的合著者。进行该项研究的多学科团队由喷气推进实验室的 Sharon Kedar 领导，团队成员分别来自喷气推进实验室、加州大学圣地亚哥分校、加州理工学院、以及圣地亚哥水文研究中心 (Hydrologic Research Center)。

Webb 表示，这是一个很有趣的项目，来自不同领域的很多科学家一起共同研究、解决这个问题，研究团队不仅包括海洋学家，还包括地震学家。这样的研究之前很少进行过，因为这是第一次对微震的发源地进行研究。

微震起源的理论最先由 Michael Longuet-Higgins 于 1950 年从英国剑桥大学 (University of Cambridge) 引入，其现在也在该项目中工作。Longuet-Higgins 认为，位于海洋某一深度的微震起源处具有这样的特点：海浪传播频率相同，但方向相反。按照他的理论，相互作用的海浪在广阔海域形成了静止波，之后，这些波形成非常高的压力柱，重复性击打洋底，使其以两倍于海浪的频率震动。震动又产生地震面波，其传播数千英里，并以噪音形式被地震检波器检测到。

Longuet-Higgins 的理论被用来预测海洋上可能产生微震的区域。但 Webb 表示，在实际情况下，要在海洋上找到一个具备微震产生的适当条件的区域相当困难。产生压力波动的两条海浪的方向可能相反，但是，在洋底发生共振的精确深度范围内，它们肯定发生了相互作用。或者，洋底某一深度的某一部分有利于微震的发生，但是需要暴风产生能够恰巧在该区域相遇且方向相反的海浪。

通过利用可以确定不同地区海洋状况的海洋波浪模型，以及（方向相反）海浪间的相互作用与同一地区地震记录的比较，研究团队从拉布拉多海（在格陵兰和加拿大东北海岸之间）到冰岛南部之间的北大西洋区域发现了一个可满足 Longuet-Higgins 的理论标准的地区。Webb 表示，在 Longuet-Higgins 的理论指导下，他们在北大西洋发现了很可能发生微震的海洋区域，该地区恰好满足微震产生所需的深度和暴风系统，但是该地区的暴风能否形成符合条件的海浪呢？这还需要进一步的研究。该区域不是一个唯一可发生微震的地区，它只是第一个被发现的微震源地所在之处。

(赵纪东 编译)

原文题目: Scientists Solve 50-Year-Old Mystery of Oceans' Seismic 'Buzz'

译自: <http://www.jpl.nasa.gov/news/features.cfm?feature=1626>

检索日期: 2008 年 4 月 3 日

固体地球科学

美研究生因哥斯达黎加大陆运动研究获国家奖

最近，美国迈阿密大学（University of Miami）海洋地质与地球物理学院的博士研究生 Kim Psencik 因其在美国地球物理联盟（American Geophysical Union）2007 年秋季会议上的报告，获得了非常著名的由美国国家科学基金会设立的 MARGINS 学生奖。其会议论文题目为“持续性监测美国哥斯达黎加尼科亚半岛滑动模式及分布的 GPS 网络的现状与未来（Current Status and Future Directives of the Nicoya Peninsula Continuous GPS Network, Costa Rica, In Regard to Slip Style and Distribution）”。其研究在迈阿密大学 Tim Dixon 教授的指导下完成，在对哥斯达黎加西海岸的科科斯-加勒比俯冲带（Cocos-Caribbean）进行研究的过程中，得到了美国加州大学圣克鲁兹分校以及哥斯达黎加国立大学（National University of Costa Rica）相关研究人员的帮助。

通过使用高精度 GPS（全球定位系统）设备以及地震仪，Psencik 及其团队能够研究和评估哥斯达黎加太平洋沿岸的尼科亚半岛（Nicoya Peninsula）的地球动力学变化。科学家最初打算评估断层闭锁模式（locking pattern）的变化，以更好地理解地震的物理学特征和能量释放。但是，当到达研究地点的时候，他们发现了“慢滑事件（Slow Slip Event）”。慢滑事件中所释放出的能量大小与普通的地震一样，但是这些能量的释放时间非常长，一般有好几周，而普通的地震却在很短的时间内释放出巨大的能量。能量的慢速释放减小了对地表环境的破坏，由于没有很明显的地震波，所以“慢滑”很少被人察觉。

因为尼科亚半岛与科科斯-加勒比俯冲带的海沟非常接近，所以该地区是利用全球定位系统研究板块边界过程（如地震、海啸、断层闭锁区区域动力、偶发性震动等）的黄金地段。Psencik 表示，在利用美国最先进的 GPS 网络、地震系统及 10 个地震台站后，他们能够汇编出一份非常好的记录，来帮助人们更好地了解地震过程。该研究小组现在计划对断层平面的瞬时运动和慢滑事件前后的闭锁模式进行建模，以此确定慢滑事件的发生是否会对未来地震的性质和分布造成影响。

由于断层在孕育过程中积累了大量能量，一旦断层发生整体断裂和滑移，被积累的能量就因为断层的运动和变形而迅速释放，从而导致地震。但后来的研究发现，地震并非在整个断层的所有段落上都是同时发生的。因此有人提出了断层闭锁段（the locked section）的概念（Byerlee, 1970），认为在断层内部往往存在着一到多处闭锁段，它（们）在断层开始作整体变形和运移时，只发生剪切应变而不发生宏观滑移，即处于闭锁状态。

Psencik 在纽约的罗彻斯特出生、长大，于 2005 年 5 月份获得迈阿密大学海洋科学与地质学学士学位，目前是迈阿密大学 Rosenstiel 学院四年级的博士研究生。

美国国家科学基金会（NSF）的大陆边缘（MARGINS）计划通过推动研究战略

的转变，重新定向传统的研究方法，促进活动大陆边缘的相关研究。它使观测、数字模拟、实验模拟、实验室分析、计算机分析等方面的专家集中到一起，共同为制定一个目标系统的完整蓝图而努力，并通过地质学家、地球物理学家、水文学家、地球化学家、数学家们的通力合作，使人们更好地了解大陆边缘演化的基本控制因素，如地震和火山活动、地壳与地幔的变形、熔融岩的产生和运动、化学通量和物质通量、沉积和流体流动等。

迈阿密大学罗森斯蒂尔（Rosenstiel）海洋与大气科学学院成立于 1940 年，现在已经发展成为一个世界一流的海洋与大气研究机构。该学院提供动态的跨学科知识，致力于帮助社会更好地了解地球，参与环境政策的制定，并帮助改善美国人民的生活质量。

（赵纪东 编译）

原文题目：Slow Slip and Slide Dynamics ——UM Geology and Geophysics Student Wins National Award for Research on Continental Movement in Costa Rica

译自：<http://www.rsmas.miami.edu/pressreleases/20080305-psencik.html>

检索日期：2008 年 4 月 3 日

科学家预测海沃断层可能成为美国最危险断层

2008 年 3 月 17 日，美国地质调查局（USGS）公布了一份有关 1868 年海沃断层（Hayward Fault）大地震的最新地震图。相关专家表示，海沃断层最近五次大地震的发生时间平均间隔约为 140 年，其未来发生 6.8 级或 6.8 级以上大地震的可能性正在不断增加，所造成的损失将可能超过 2005 年的卡特里娜飓风（Hurricane Katrina）。因此，一些研究人员称，海沃断层将可能成为美国最危险的断层。

1 1868 年海沃大地震

海沃断层最近 5 次大地震分别发生于 1315 年、1470 年、1630 年、1725 年及 1868 年，每两次地震的间隔年数分别为 155 年、160 年、95 年、143 年、139 年，平均 138.4 年。1906 年，圣安地列斯断层（San Andreas fault）在旧金山（San Francisco）地区引发了闻名全球的毁灭性大地震，这使 1868 年的海沃大地震几乎被人们遗忘。

1868 年海沃大地震发生于当年 10 月 21 日，震级为 6.7 至 7 级，强度为 9 级，涉及地区从海沃（Hayward）、圣利安曲（San Leandro）、纽瓦克（Newark）等东湾城市一直到旧金山地区，造成东湾 30 人丧生，旧金山 5 人死亡，是美国地震史上排名第 12 位的地震。最近，1868 年海沃大地震越来越受人关注，2008 年 10 月将是这次里氏 7 级地震爆发 140 周年。

1868 年之后 11 年，也就是 1879 年，美国联邦政府正式成立了美国地质调查局。在过去几年中，美国地质调查局的地质专家们根据历史遗留的 1868 年大地震见证人的口述资料，加上现代的电脑科技手段，在地震学家 Jack Boatwright 的领导下，绘制了最新的 1868 年地震地图，这也是迄今为止关于该次地震最完整的地震图。

2 下次地震的发生时间

现在，科学家们都在争相预测下次大地震的发生时间。美国地质调查局地震学家 Tom Brocher 表示，他们并不知道下次地震爆发的确切时间，但他们的新调查结果显示海沃断层比以前预计的还要长，这预示着这场灾难性的地震可能比想象中要大 2~4 倍。地震的震中很可能就在奥克兰（Oakland），震动可能比以前更强烈，也更具破坏性。

美国地质调查局的地球物理学家 Fred Pollitz 通过对旧金山湾区（San Francisco Bay Area）规律性活动断层的研究，成功地建立了预测模型。在对持续性小规模断层运动（这种运动不足以引发地震）的重复出现现象及传播速率进行研究的基础上，Fred Pollitz 得出结论：未来 30 年沿海沃断层发生地震的可能性为 45%~75%。在旧金山召开的美国地球物理学联盟（American Geophysical Union）2007 年秋季会议上，Pollitz 表示，未来 30 年海沃断层发生地震的几率将很可能明显高于以前的估计。

2003 年，美国地质调查局加利福尼亚地震工作组（USGS Working Group on California Earthquake）曾发布报告称，2032 年前旧金山湾区发生 6.7 级或 6.7 级以上地震的几率为 62%。美国地质调查局地震灾害小组（Earthquake Hazards Team）的科学家 James Lienkaemper 表示，他们的发现比地震预测工作组的研究更具意义，他们发现了海沃断层过去 11 次地震的物理证据，并且还发现平均每隔 170 年，这一断层带都会发生地震。同时，他还指出，下次大地震不会简单地在 1868 年之后 170 年，也就是 2038 年爆发。他的分析表明，下次地震很可能要到 2105 年才发生。

对于根据最近 5 次地震分析得出下次地震将于最近几年发生的结论，Lienkaemper 表示赞同。同时，他也指出，两项研究都是对数据进行的极具争议性的解释。

3 更大的毁灭

Brocher 表示，因为太平洋板块和北美板块在海沃断层处的相互碰撞、挤压、抬升比在圣安德里斯断层（San Andreas Fault）处还要明显，所以海沃断层早已闻名。大自然喜欢储存能量，所以它很可能利用海沃断层，因为该断层有更好的位置，利于能量储存。更加复杂的是，海沃断层与周围另一个断层即卡拉瓦拉斯断层（Calaveras Fault）相连接，这让研究变得更加困难。之前，很多科学家认为这两个断层是相互独立的构造。最近，结合三维制图的地震分析表明，这两个断层是一个大系统的两部分。断层越长，地震强度就会越大，因此，研究人员应该对已建立的模型进行改进，考虑更长断层引发更强地震的可能性。

因为海沃断层的能量积蓄已久，所以它在旧金山湾区中心位置引发的地震将可能是毁灭性的。根据 1868 年海沃大地震联盟（1868 Hayward Earthquake Alliance）成员的研究结果，未来可能发生的海沃断层地震将影响到断层周围六个县的 500 万人，造成的财产损失将超过 1.5 万亿美元。另据美国风险管理决策公司（Risk Management Solution, RMS）估计，如果与 1868 年强度相同的海沃大地震再度发生，

居民区和商业区的总经济损失将超过 1650 亿美元，地震引发的火灾、建筑损毁等将大大增加损失。这些损失中有一半在阿拉米达县（County of Alameda），四分之一在圣他克拉拉县（County of Santa Clara）。现在旧金山已有 250 万人聚集在该断层线上，这一数字是 1868 年的 100 倍；旧金山的商业区由于更靠近海沃断层，其损失将比居民区更严重。

另外，2005 年卡特里娜飓风造成的损失有 60%~70% 没有保险赔偿，而在未来的海沃大地震中，将可能有 95% 的居民及 85% 的商业区损失无法以保险形式来赔偿。

4 防震准备

一些科学家估计即将到来的地震将达到 7 级，几乎和 1989 年 Loma Prieta 大地震一样。许多城市的政府部门和非盈利性机构，诸如 1868 海沃地震联盟，已经鼓励公众开始为下一场灾难做准备。Brocher 称，成为地震生还者的机会非常大，但地震后的生活状况取决于现在准备的好坏。

2008 年 3 月 20 日，来自 1868 海沃地震联盟、旧金山湾区政府协会（The Association of Bay Area Governments, ABAG）、海沃市政府、奥克兰市政府、美国红十字会湾区分会（American Red Cross Bay Area Chapter）等机构的代表，参加了当天在东湾纽瓦克市 RMS 公司召开的记者会，他们从不同的角度介绍了应该如何应对随时可能发生的地震。

RMS 的地震专家 Mary Lou Zoback 表示，公布这些讯息的目的是不是要让民众感到恐慌，而是希望湾区所有居民、企业、政府部门都行动起来，采取积极措施以减少未来可能的损失。当地民众十分理解预防地震灾害的重要性，政府在过去曾多次通过法案筹资，提高重要设施的防震能力，比如现在正在进行的湾区快速交通网（Bay Area Rapid Transit, BART）的改造。

Brocher 表示，湾区政府及私人机构已经投资 300 多亿美元，用于加固或改造那些容易在地震中受到破坏的建筑，但是这还不够，仍然需要更多的资助。如果不对海湾大桥和湾区快速交通网进行改造，它们将更容易受到地震的破坏，到时每天有 18 万通行者受到影响。美国地震工程研究所（Earthquake Engineering Research Institute, EERI）的代表 Keith Knudsen 指出，几乎湾区所有的重要管道线都跨越海沃断层带，它们在地震中很可能受到破坏，必须做好应急准备措施。

另外，儿童是最容易在地震中受到伤害的弱势群体，必须确保他们在地震灾害中的安全。Brocher 要求湾区的学校参加今年 10 月 21 日举行的海沃大地震 140 周年纪念活动，并希望各大企业机构在这一天举行防震救灾演习。

（赵纪东 编译）

原文题目：The Hayward Fault: America's Most Dangerous?

译自：<http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=1899&from=rss>

检索日期：2008 年 4 月 8 日

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《快报》）遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法权益，并要求参阅人员及研究人员认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将《快报》用于任何商业或其他营利性用途。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能以任何方式整期转载、链接或发布相关专题《快报》。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题《快报》内容，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其它单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》(简称系列《快报》)是由中国科学院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中科院上海生命科学信息中心编辑出版的科技信息报道类半月快报刊物,由中国科学院规划战略局、基础科学局、资源环境科学与技术局、生命科学与生物技术局、高技术局研究与发展局等中科院职能局、专业局或科技创新基地支持和指导,于2004年12月正式启动。每月1日或15日出版。2006年10月,国家科学图书馆按照统一规划、系统布局、分工负责、系统集成的思路,对应院1+10科技创新基地,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象首先是中科院领导、中科院专业局职能局领导和相关管理人员;其次是包括研究所领导在内的科学家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科学家。系列《快报》内容将恰当地兼顾好决策管理者与战略科学家的信息需求,报道各科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大研发与应用、科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。

系列《快报》现有13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《交叉与重大前沿专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由上海生命科学信息中心承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100080)

联系人:冷伏海 朱相丽

电话:(010)62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; zhuxl@mail.las.ac.cn:

地球科学专辑

联系人:安培浚 侯春梅

电话:(0931)8271552

电子邮件:anj@llas.ac.cn; lm@lzb.ac.cn