

中国科学院国家科学图书馆

# 科学研究动态监测快报

---

2009年6月1日 第11期（总第65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  
<http://www.llas.ac.cn>

## 目 录

### 固体地球科学

- 关于我国建立地震预警系统的一些思考 ..... 1
- 研究发现俯冲板片的超慢速层可用于识别静地震 ..... 7
- GPS位移速率与汶川地震的危险性分析 ..... 8
- 行星撞击事件可能促进了地球早期生命的繁荣 ..... 10

### 大气科学

- 科学家在高空云层中首次直接探测到生物微粒 ..... 11

## 固体地球科学

编者按: 2008年5月12日, 毁灭性的8.0级汶川大地震发生, 导致四川、陕西、甘肃等省市的大量人民生命和财产损失。目前, 我国在法律上规定由专门的地震工作机构提出地震预测意见, 然后由国务院或有关政府部门发布地震预报。而其他一些国家, 如日本、墨西哥、美国等则更多地采用地震预警系统来应对地震的威胁, 且已取得了一定的成效。地震预警系统主要利用电磁波与地震波、地震纵波与横波的速度差来实现地震发生后的及时预警。虽然预警的时间非常短, 往往只有几秒或十几秒, 但是如此短的时间仍然可以挽救很多生命, 减少很大的损失。在目前地震预测、预报还很不成熟的情况下, 为了应对突发性、毁灭性的地震灾害, 最大可能地降低损失, 发展地震预警系统具有非常现实的意义。

### 关于我国建立地震预警系统的一些思考

准确的地震预测或预报是地震防灾减灾最为有效的方式, 在大地震发生前, 准确提出地震即将发生的地点、时间及大小, 可以大幅度地减少人员伤亡及财产损失。但是, 由于地震发生的原因及其破裂过程受到许多非常复杂的因素与过程影响, 导致目前尚无法做出准确的地震预测或预报。因此, 现今国际上地震防灾减灾的重大课题侧重于“real-time seismology”的研究与发展, 我国台湾学者称之为即时地震学, 国内还有人(如中国科技大学的倪四道)称之为应急地震学, 也有人称之为实时地震学(本文沿用即时地震学的称谓)。

即时地震学是地震学研究中较新发展的一门学科, 主要借助于科技的进步, 包括地震仪器设计的更新、通讯技术的发展以及计算机技术的进步等。地震预警系统的研究则是该学科的一项主要研究内容。1868年, 美国的 Cooper 最先提出建立地震早期预警系统的构想。他设想在当时地震活动强烈、距离旧金山约 100 km 的 Hollister 地区布设地震探测装置, 当地震发生后生成一个电磁信号, 以此信号便可在地震波到达之前敲响旧金山市政大楼上的大钟, 发出地震警报。1972年, 日本的 Hakuno 博士等再次提出了与 Cooper 基本相同的想法。1985年, Heaton 为美国南加州提出了电脑现代化后的地震警报系统; 此后, Bakun 等利用现代设备建立了一个针对 1989年加州 Loma Prieta 地震余震的早期预警系统。

20世纪90年代后, 计算机技术、数字通信技术和数字化强震观测技术日趋成熟, 日本、墨西哥等国纷纷开始建立地震预警系统。当前国际上典型的地震预警系统: 如墨西哥城地震预警系统 SAS (Seismic Alarm System)、日本地震早期预警系统 EEW (Earthquake Early Warning) 及铁路地震预警系统 UrEDAS (Urgent Earthquake Detection and Alarm System)、美国加州地震预警系统 ElarmS (Earthquake Alarm Systems)、我国台湾地震速报系统等已经在防震减灾领域以及重大工程(如水坝、

核电站)中得到发展和应用,并且取得了一些效益。

汶川地震后,我国也已准备开始建设地震预警系统。倪四道表示,“我国在进一步加密地震台网的基础上,可实现 6.5 级强震发生后 20 秒内快速确定震中,通知相关单位实施应急措施,实现地震极早期预警,尽量减少人员、财产损失。”但是,地震预警系统目前仍处于发展阶段,存在诸多问题。鉴于此,本文在分析地震预警系统的缺陷与潜在效益的基础上,以地震预警系统的特点结合我国实际情况,从基础的断层研究、地震台网建设、信息发布等方面对地震预警系统建设的相关问题进行了一些思考。

## 1 地震预警系统的缺陷

### 1.1 预警范围及时间

如果预警系统恰好位于地震带正上方,也就是 P 波和 S 波几乎同时到达地表的区域,预警就失去了意义。日本在其预警系统的宣传手册中提到,如果距离震中太近,预警信息和地震波可能同时到达。

一般来说,地震预警系统只对距离破裂断层 50~200 km 的范围有效。对于 50 km 以内的地区,即使发出了预警,人们也可能已经来不及反应;而对于 200 km 以外的地区,地震产生的破坏可能又不严重,没有必要发出预警。与此同时,震中距 20 km 以内的地区则被认为是地震预警的盲区。以汶川地震为例,离震中不到 20 km 的映秀镇,处于预警系统的响应盲区,基本没有可能获得提前预警。

在有效的预警范围内,地震预警时间的长短依据预警地区至震中的距离远近而定。预警地区愈靠近震中,预警时间愈短;距离震中越远,则预警时间愈长(图 1),人们可以作准备的时间也就越长。例如:发生在台湾花莲的地震,地震预警系统无法对花莲地区提供充分的预警时间,但是能对宜兰、台北地区或更远的地区提供较长的预警时间。再以汶川地震为例,距离震中约 1 500 km 的北京,可获得大约 3 min 的提前预警,但其意义不大,而距离震中非常近的映秀等地却很难获得预警。

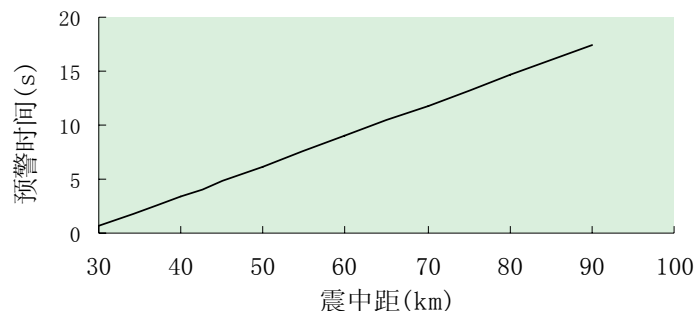


图 1 地震预警系统的预警时间与震中距的关系

此外,预警系统的部署位置对预警时间也有很大影响。假如有一个地震其发生地点距某城市 100 km,地震发生后,P 波大约于 15 s 后到达,而 S 波及面波大约于

25 s 后才到达。若在该城市设置一套侦测地震波的仪器，理论上便有 10 s 的预警时间。如果更进一步在震中附近设置地震仪，则该城市将有更长的预警时间。

再者，预警系统的原理也决定了其能够提供的应急时间是有上限的。美国的 ElarmS 预警系统，对于绝大多数地震，能够提供的有效预警时间不超过 30 s；对于不到一半的地震，能够提供 10 s 以上的预警时间。

## 1.2 迟报、不报或误报

评价地震预警系统成败的一个重要标志，是看其快速、准确地确定地震震级及震中位置的能力。但是，目前这种系统还处于发展阶段，存在很多迟报或不报等情况，其中谈论最多的是日本的地震预警系统。

如果发生大地震（七级以上），因为断层破裂的时间较长，日本的地震预警系统 EEW 就会无法完整推估地震强度；当两个地震连续发生在同一地点时，EEW 亦无法精确识别出两个先后发生的地震。2008 年 5 月 8 日，日本东京东北 200 km 处发生了一次 6.7 级地震，日本的 EEW 系统却未及时发出警报，日本专家表示，这次失败是因为此次地震的烈度恰好处在 EEW 发出警报的阈值边界线上。2008 年 4 月 28 日，日本南部的 Miyakojima 岛发生了烈度为 5 级的地震，而 Miyakojima 岛的居民在感受到地震后 6 s 才收到警报。此外，墨西哥的 SAS 系统以及其他的一些预警系统也被证明存在误报等现象。

此外，《美国地震学会通报》(BSSA) 2009 年 2 月的一期上发表的爱尔兰都柏林大学和意大利地球物理与火山研究所的两位研究人员的合作文章指出，如果地震的震级超过 6.5 级，地震台站将由于断层面积太大而不能在几秒钟内迅速捕获断层的边缘，进而致使以“地震动位移峰值”技术 (peak ground displacement technique) 来确定地震震级的地震预警系统低估了地震的大小（强度）。

## 2 地震预警系统的潜在效益

目前，地震预测、预报尚处于初期的科学探索阶段，总体水平仍然不高，特别是短期与临震预报的水平与社会需求仍相距甚远。所以说，精准的地震预测或相对准确的地震预报仍然是世界性的难题。

相比之下，地震预警的时间虽短，但其准确率却相对较高，很多国家也早已开始重视地震预警系统在防震减灾中的作用。对于可有效预警的某一地区而言，如果地震前几秒钟发出预警，就理论而言，哪怕只有几秒的预警，也可以做很多事情。比如：通过自动或人工方式，将煤气、电、水等的供应暂停，可避免火灾等次生灾害发生；火车、汽车等其他交通工具也可获得短暂的避险时间；小学校或住家平房里的人们则可以跑到室外；高层建筑的人也可以尽快寻找安全角落避险。

目前，地震预警系统大体上仍处于摇篮阶段，但发展中的这种系统还是十分有效的。1995 年 9 月 14 日墨西哥 Copala 发生 7.3 级地震，在地震波到达墨西哥市前

72 s, 其 SAS 系统发布了警报, 86 台接收机中除 12 台外都收到了警报, 因此得以及时采取防震措施。据估计, 在这次地震期间约有 438.9 万人听到了这个警报。尽管这是由于震中距远达 320 km 而产生的特殊事例, 但它确实证明了地震预警系统的功能。

2004 年, 一次 6.5 级地震袭击日本中部, 一列高速火车正在该地区行驶, 幸亏有地震预警系统, 才切断电源并踩住了刹车。日本的 UrEDAS 不仅可以用于火车的紧急制动, 也可以扩展应用于建筑物主动控制装置的启动、化工厂和核电站紧急防震措施的实施、高层建筑电梯的地震控制、海啸报警以及消防部门和医院及时采取措施等。

2000 年, 夏玉胜、杨丽萍从理论上预测了地震预警系统可减少的人员伤亡: 如果预警时间为 3 s, 可使人员伤亡比减少 14%; 如果为 10 s, 人员伤亡比减少 39%; 如果为 30 s, 人员伤亡比减少 78%。日本东京的一个非赢利组织——实时地震情报利用协议会 (REIC) 测试结果表明: 如果主震区提前 2 s 获得了警报, 其区域的死亡人数将能减少 25%; 如果能提前 5 s 获得警报, 死亡人数将能减少 80%。

### 3 我国建立地震预警系统的思考

我国位于全球两大地震带——环太平洋地震带与喜马拉雅-地中海地震带之间, 受太平洋板块、印度板块和菲律宾海板块的挤压, 地震断裂带十分发育, 50% 的国土面积位于 VII 度以上的地震高烈度区域, 23 个省会城市和 2/3 的百万人以上的大城市位于地震高烈度区域。

2008 年 5 月 14 日, 也就是 5·12 汶川大地震后的第三天, 美国麻省理工学院出版的 *Technology Review* 在线刊登了一篇题为《中国缺少地震预警系统》(China Lacks Earthquake Early-Warning System) 的文章。该文一开篇就指出: “中国四川星期一的地震再次唤起人们的注意, 需要更好的技术来预警这种毁灭性的自然活动。虽然目前中国缺少地震预警系统, 但这不仅仅是中国”。美国加州理工学院地震学实验室前主任 Kanamori 更是在文章中指出: “虽然地震预警系统仍处在探索阶段, 但目前, 这是对将要发生的事情 (地震) 作出某种预测的唯一方法。”

现在, 我国已经准备建立类似的地震预警系统。2009 年初, 上海开始建设其海域海底实况的“直播室”, 该观测平台的一项重要功能将是以灵敏度和信噪比最高的地震监测手段连续观测洋底地壳变化过程, 进而“预报”地震, 但其与真正的地震预警系统还有一定区别。未来我国要建立地震预警系统, 应当注意抓好以下方面。

#### 3.1 探清断层, 修订地震区划

地震发生的时间和强度很难预测, 但发生地点都无一例外地位于断层。但是, 直至今日, 人类对地震断层的了解和观测还远远不够。2008 年 6 月 14 日, 日本东北部发生了里氏 7.2 级地震, 其地震预警系统提前几秒发出了警报。但事后第二天

日本气象厅官员召开新闻发布会表示，此前专家们并不知道此次发生地震的地区存在断裂带，因此没有将该地区视为地震高风险地区。2008年3月份 *Geology* 上的一篇文章《全球9级地震的频率》(Global frequency of magnitude 9 earthquakes) 更是指出：超级大地震可能发生在任何一个俯冲带，比如2004年的印尼大地震，事前人们根本没有想到这个地方会发生地震。

对于地震学研究而言，一直以来，我国普遍比较注重理论研究，而实际操作却相对比较薄弱，基础性的研究也不够深入。法国有“地球透镜计划”(GEOSCOPE)，日本有“海神计划”，美国也有“地球透镜计划”(Earthscope)。另外，美国还有“洛杉矶地区地震试验”(LASE)、“板块边界观测计划”(PBO)、“圣安德烈斯断层深部观测”(SAFOD)等研究计划。而我国能够与国外这些重大计划相提并论的基础性研究项目实在是太少。

因此，我国目前的当务之急应该是基础资料的观测，把地下每条断层的位置探测清楚，把每条断层的历史活动状况研究清楚。在摸清断层的基础上，需要不断修订地震区划，提高区划图的精细程度。5·12汶川大地震所发生的四川龙门山断裂带的危险性就曾经被低估，这说明我国的地震危险性区划工作远远滞后。与此同时，在地震危险性区划中的断层就应当成为未来地震预警系统的重要监测点所在。

### 3.2 完善地震台网

地震预警系统的基础是庞大而密集的地震台网，其数目越大，获得的资料越丰富，震中和震级的计算越准确，预警也越迅速。对我国而言，这项基础工作还有待完善。与国际水平相比，我国数字台网建设依然不足。以强震台覆盖密度为例，日本为1323台/万 $\text{km}^2$ ，美国为53台/万 $\text{km}^2$ ，我国只有0.3台/万 $\text{km}^2$ 。

2008年4月11日，“十五”规划中建设总投资近23亿元的“中国数字地震观测网络”通过验收。根据这一计划，该观测网络将保证全国各省、区、市和市县的地震信息网络连通，24小时地震信息共享；在烈度4度以上地震发生后，我国地震局将有能力在10分钟内向政府和社会报告震动强度和地震烈度分布。如果该工程的整套系统得以正式投入运行，我国的地震工作将得到全面提升。但是，很显然，其还不能进行有效的地震预警。目前，不断完善中的美国国家地震监测台网系统ANSS (Advanced National Seismic System) 就包含了地震预警系统，这一点应该值得我们学习。

此外，地震台网的管理也不可忽视。日本的地震观测点主要隶属于日本气象厅、大学、防灾科学技术研究所和国土交通省等机构，平时分散管理，但发生地震时可以立刻形成一个完整的网络。我国目前的地震监测网络大体有三级：国家级地震台网和前兆台网、省区市一级的地震台网、重大工程（如三峡水库）的局域性地震台网。在关键时刻，这三级网络能不能联合起来形成一个大网络，以及以何种方式来

联合等，都是非常值得思考的问题。

### 3.3 其他问题

对我国而言，今后若要加强地震预警系统来进行防震减灾，以下问题同样无法回避。

(1) 如何部署？一般来说，部署地震预警系统的地区，有如下特点：① 有较强的经济实力。地震预警系统由于整合度高，对地震台站密度有要求且需要仪器长期不间断地稳定运作，因此部署的成本并不算是低廉，可能会产生一定的经济压力。② 地震发生频繁。如日本、台湾、墨西哥和美国加州都位于环太平洋地震带上，地震活动频繁。只有频繁的地震活动才需要频繁的地震预警，以此来减轻地震造成的损失。如果不能减少一定的损失，那么部署这套昂贵的系统本身就是一笔损失。③ 设防区域小。日本、我国台湾均为整体设防，因为它们需要防御的总面积偏小。美国的地震预警系统主要针对旧金山周边区域，同时，这些区域经济相对发达，高科技产业密集，人口密度大，长期预警的经济社会价值可观。我国幅员辽阔，人口众多，未来地震预警系统到底在哪部署，如何部署等等，都是不得不考虑的问题。

(2) 信息如何发布？即使建立地震预警系统，预警信息如何发布？这是一个直接涉及地震预警系统效果的话题。2008年6月14日日本地震后，预警信息发布渠道过于单一成为日本地震地区民众讨论的焦点话题之一。由于预警信息主要通过电视台等发布，对于那些因各种原因无法随时收看电视的民众来说，地震预警毫无意义。而据日本《每日新闻》报道，在宫城县石卷市的一所学校内，只有校长室和特别教室才配备电视机。

(3) 民众如何反应？民众获得预警信息后，是否有能力及时准确地作出适当的反应，这不是一个机构或组织所可以决定的。一个类似于地震预警的例子便是海啸预警。破坏性海啸波的传播速度比地震波要缓慢得多，这为人们撤离危险区提供了更多的时间。这使人们似乎有理由相信，如果建立了海啸预警系统，2004年印度洋海啸所造成的灾害可能会大大减轻。但是，即使是在美国这样一个通信基础设施非常好，教育水平也很高的国家，其海啸预警系统的实际效能仍然值得忧虑。2005年6月美国加州北部海岸发生7.2级地震，技术上对由此可能引发的海啸的预警近乎完美——警报非常及时（地震发生后4 min），但人们的第一反应却千差万别。在少数几个应对海啸准备充分的城镇（已经进行了培训、签名，并制定了完备的预案），超过90%的人能够从可能的淹没区妥善地撤离。但是，对于其他大多数地区而言，人们对警报的反应各不相同，有的无动于衷（即使已经收到警报），有的对警报消息的含义理解混乱，甚至部分应急部门、媒体和公众也不知所措。

此外，监测、通讯等基础性仪器设施能否长期、稳定地工作，同样也是不可忽视的问题。



## 4 小结

地震预警的过程涉及很多环节，相当复杂，如果某个环节出现故障，预警就会部分甚至全部失效，进而造成灾难性的后果。因此，地震预警的可行性必须对包括最终用户如何使用预警信息等在内的各方面因素进行综合性评估，如果过分强调技术能力，而忽略人的因素将会导致令人失望的结果，在某些特殊情况下，科学和技术有可能被滥用，有时甚至会制造或加剧社会风险。并且，预警系统的投入和产出跟企业有别，不是一件立竿见影的事。因此，我们距离真正实现可靠的地震预警还有相当长的路要走，未来仍然是任重而道远。

### 参考文献：

- [1] 陈运泰. 地震预测——进展、困难与前景. 地震地磁观测与研究, 2007, 28 (2): 1-24
- [2] 袁志祥, 单修政, 等. 地震预警技术综述. 自然灾害学报, 2007, 16 (6): 216-223
- [3] 夏玉胜, 杨丽萍. 地震预警(报)系统及减灾效益研究. 西北地震学报, 2000, 22(4): 452-457
- [4] 萧乃祺, 辛在勤, 吴逸民. 地震速報與預警系統. 台湾活动断层与地震灾害研讨会, 2005: 115- 122
- [5] 孙巍. 日本东北地区地震显示地震预报的难度. 科学时报, 2008.6.17
- [6] Cooper J D. Earthquake indicator. San Francisco Daily Evening Bulletin, 1868.11.3
- [7] Heaton T H. A model for a seismic computerized alert network. Science, 1985, 228: 987- 990
- [8] Allen R, Kanamori H. The potential for earthquake early warning in South California. Science, 2003, 300: 786- 789

(赵纪东 张志强 编写)

## 研究发现俯冲板片的超慢速层可用于识别静地震

最强烈的地震往往发生在两个收缩板块的交界处，其中一个板块在另外一个板块下滑动或俯冲。现在，由卡内基研究所地磁学系的 Teh-Ru Alex Song 所领导的一个研究小组发现了一俯冲板块顶部的一个不规则层，其符合慢地震和非火山性震动的位置特征，该项研究成果发表在 2009 年 4 月 24 日的 *Science* 上。

在相似的背景情况下，其他任何地方出现这样的岩层可能暗示该地区有发生慢地震的可能。慢地震，也叫静地震，其往往需要几年、几个星期甚至几个月来释放所储存的能量，而不像通常的地震，只需要几秒钟或者几分钟。

科学家们分析了墨西哥南部过去 20 年的地震数据，在这一地区，科科斯板块 (Cocos plate) 在北美板块 (North American plate) 下部滑动。Song 解释称，他们能够通过不同地震波的速度、强度，以及波间的干涉得知关于地球内部的矿物质的信息。其中最为典型的是 P 波，其速度最快，P 波之后是速度在中等强度范围内变化的分散波。研究过程中，研究人员用在当地记录到的 100~150 英里范围内的观测数据来绘制俯冲板块顶部的结构图。

通过观测和建模，研究者们发现有 30 次地震事件有相似的波形，这给地震震源处的结构提供了更可靠的细节性信息。非常值得一提的是，研究人员发现了位于俯

冲板块顶部的一个层，在这个层上 S 波（不能通过液体传播，并且比 P 波速度慢）的速度比在典型的承受大量海水载荷的洋壳中要慢 30%~50%。

研究者们称为超慢速层的不规则层在 15~30 英里（约 25~50 km）的深度内被发现，这一深度比板块交界处的位置稍深一点。同时，这种结构的分布也被 3 000 英里以外的位于加拿大的观测站记录到的观测数据所证实。

此外，科学家们还研究了有慢地震和非火山性地震发生的地区。他们发现，发生慢地震的地区和超慢速层成群出现，并且他们还与非火山地震区非常邻近。

但是，这个层究竟是什么，并且它与这些地震有什么联系呢？Song 和他的研究小组认为，很可能是不寻常的、高水饱和程度下的俯冲洋壳。这种反常的高孔隙水压的成因目前仍然是未知的，但是，非火山地震集中发生在温度为 840 °F（450 °C）地区的这样一种事实可能会为此提供一些线索。研究者认为，在这样的温度及周围环境压力（液体带来的压力及其渗透性降低所造成的一种环境）下，可能使得高孔隙水压和出现地震活动的可能性增加。

Song 表示，超慢速层很可能是将世界上其他慢地震活跃区展现在人们面前的标记，更多地开展慢地震研究，特别是慢地震如何在时间上和空间上与强烈破坏性地震相联系的研究，将是极其重要的。绘制超慢速层的结构是完成这一目标的第一步，与此同时，这项研究还提供了能够用于对慢地震和大地震之间的应力相互作用进行数值模拟的观测数据。

该项工作由以下机构支持：加州理工学院构造观测研究所（Tectonic Observatory，其由 Gordon 和 Betty Moore 基金会资助）、加州大学洛杉矶分校（UCLA）的嵌入式网络系统中心（CENS）、美国国家科学基金会、以及卡内基研究所。

#### 参考文献：

[1] Fingerprinting Slow Earthquakes

[http://www.ciw.edu/news/fingerprinting\\_slow\\_earthquakes](http://www.ciw.edu/news/fingerprinting_slow_earthquakes)

[2] Subducting Slab Ultra-Slow Velocity Layer Coincident with Silent Earthquakes in Southern Mexico

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/324/5926/502?rss=1>

（汤天波 编译，赵纪东 校对）

## GPS 位移速率与汶川地震的危险性分析

2009 年 5 月 14 日，*Nature* 发表了题为《沉睡的巨龙》（The Sleeping Dragon）的特稿，较为详细地回顾了自汶川地震一年来，中外科学家对这一罕见而独特的大地震的思考，文章指出龙门山断裂带危险性被低估的重要原因是 GPS 位移速率低。

与其他地震所不同的是，中国和其他国家的科学家，对于汶川地震均暴露出认识上的缺陷。以前科学家评估地震风险，往往把重点放在那些经常移动、并频繁形成地震的断层上。这一策略因很多地震遵循这些原则而取得成功，但是在四川西部，这却是一个灾难性的错误。

20 世纪 80 年代末，麻省理工学院（MIT）的地质学家 Clark Burchfiel 和他的同事们开始在龙门山地区进行地质填图工作，他们相信会发现一些证据来证实沿龙门山大规模的地面运动：高原与平原之间的挤压和山脉的抬升会使这个地带每年大概缩短 10 mm。但经过多年的研究，这个地带并没有以他们预计的尺寸缩短。通过对岩层填图，他们发现每年位移其实只有 1~2 mm，而并不是预计的 10 mm。

随着时间的推移，新的研究证实了他们的结论。研究人员利用全球定位系统（GPS）测量地面运动，发现在垂直龙门山方向上有低速的滑动，速度正如 Burchfiel 所提出的那样是每年 1~2 mm。

在地质学家看来，这一速度并不会产生太大的危害，因为断层对有可能引起地震的能量的积累与该区域地壳运动速度是成比例的。比如，在一个山脉两侧的两点，如果一个相对于另一个移动得很快，那么岩体之间的应力会很快地累积——应力需要通过岩体沿断层的运动释放。通常情况下，这种运动不太稳定但是极少发生。当应力积累到足够大，超过岩体之间的摩擦力的时候，就会忽然发生释放，这就引起了地震。

中国地震局汶川地震科学考察队队长张培震认为：“低估龙门山地震危险性的重要原因其低滑动速率。不同时间尺度、不同方法的研究均表明，龙门山断裂带的滑动速率只有 2~3 mm/a。国际上普遍认为，断裂滑动速率愈低，其地震危险性也愈低。但低滑动速率并不代表低地震危险性，因为断裂滑动速率反映的是长期和平均活动水平，地震危险还与地震原地复发周期有关，低滑动速率的大断裂也有可能发生大地震，只不过其复发间隔可能更长”。

几乎没有人想到是龙门山造成了主要的地震灾害。事后，人们很容易意识到忽略龙门山地震的可能性是多么危险。有些事情很少发生，但并不意味着它永远不会发生。

对于“GPS 位移速率低，构造活动性就不强，地震危险性就低”这样一种观点，加拿大蒙特利尔大学工学院地球物理学教授嵇少丞则表示出了不同的看法：“龙门山地震断裂是粘滑的，不是蠕滑的。事实上，在 GPS 观测的时间段（几年到十几年）内，龙门山断裂带处于闭锁状态（岩石脆性变形的普遍特征），完全并不证明龙门山断裂带是不活动的构造，毕竟人们对地壳深部知之甚少”。

汶川地震证明了 Burchfiel 等仅用历史地震和现代 GPS 数据来评估区域地震危险性是有其局限性的。一般来说，大陆板块内部的大地震的复发间隔都很长（几千到几万年），而历史地震记录很短，即使像中国这样历史地震记载悠久的国家，较完整的地震记载历史也不过几百年至近千年，边远地区和少数民族地区则更短，这些记录不足以反映大陆地壳内部地震真实的、完整的复发历史。汶川 8 级地震在人类文字记载历史地震活动水平较低的龙门山中段突然爆发，再一次说明研究活动断裂带古地震的重要性。正如许志琴院士和邓启东院士等在论文所说，只有系统地研究了

整个地区所有的古地震发生的地点、强度与年龄，才能正确判断断裂带的地震活动水平、复发周期以及最后一次地震事件至今的离逝时间。

参考文献:

[1] Seismology: The sleeping dragon

<http://www.nature.com/news/2009/090513/full/459153a.html>

[2] 龙门山断裂的危险性何以被低估?

<http://www.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2009/5/219210.html?id=219210>

(赵纪东 整理)

## 行星撞击事件可能促进了地球早期生命的繁荣

美国科罗拉多大学波尔德分校的一项最新研究表明，近 40 亿年以前，一些如同堪萨斯州一样大小的小行星对地球的撞击所产生的能量不但不足以使地球上潜在的早期生命灭绝，反而甚至可能使其更加繁荣。该项研究成果发表在 2009 年 5 月 21 日的 *Nature* 上。

来自月岩样品、陨石和太阳系内行星表面陨石坑等的证据描绘出了 45 亿~38 亿年前冥古宙，特别是约 39 亿年前被称作晚期重大撞击事件 (Late Heavy Bombardment) 发生时期的太阳系残酷环境。尽管许多人认为撞击导致了地球上的生物灭亡，但新研究表明，撞击仅造成一小部分地壳的熔化，生活在地下环境中的微生物可能存活了下来，避免了被毁灭的恶运。

科罗拉多大学波尔德分校的研究员 Oleg Abramov 认为，这些新的研究成果有力地将地球生命的可能起源时间提前到 39 亿年前的撞击期以前，早在 44 亿年前的原始海洋形成期就存在出现生命的可能性。

因为多个地质时期的风化作用和板块构造运动已经破坏了地球早期撞击事件的痕迹，研究人员利用阿波罗 (Apollo) 月岩样数据，月球、火星和水星撞击记录，以及先前的理论研究建立了三维计算机模型来模拟地球上的撞击事件。在模拟过程中，Abramov 和其同事 Mojzsis 以不同的行星大小、撞击频率及撞击分布的估计值来研究持续了 2 000 万年到 2 亿年的晚期重大撞击事件对地球的伤害程度。

Abramov 指出，为了评价地球的可居住性，所建的三维模型允许研究者对单个撞击坑下的温度进行监测，以此来判断撞击事件后地壳的增热和降温。而研究表明，在这种大撞击下，地壳熔化部分不超过 25%。

研究人员在模拟中甚至将行星撞击的强度加大到了晚期重大撞击事件的 10 倍，如此的强度足可以使地球上海洋全部蒸发。Abramov 认为，即使是在研究人员模拟的这种极端环境下，撞击事件也不可能造成地球上生物的完全灭亡。Mojzsis 指出，与此相反，撞击后的热液喷口可能为“嗜热菌”提供了避难所。即使在 39 亿年前没有生物出现，这些地下避难所仍然可以为地球生命提供发源地。

研究人员推断在晚期重大撞击事件期间，生存温度在 175~230 °F 下的微生物将更加繁荣。模型显示，大撞击造成适合这类微生物生存的地下环境的范围和持续时间增加。现今地球上的一些极端微生物种，包括在美国黄石国家公园热液喷口发现的所谓“煮不死的虫子（unboilable bugs）”，其在 250 °F 下仍然生长旺盛。

Mojzsis 表示，地质证据显示至少在 38.3 亿年前地球上就存在生命，因此，推测在 39 亿年前地球上存在生命并不是没有理由。从地球化学记录可以知道那个时期的地球具有非同寻常的可居住性，而新研究涵盖了地球生命多种起源的必要性，因而解决了生命起源研究中的一个重要问题。

多数行星科学家认为，45 亿年前一颗如火星大小的行星对地球的突然撞击造成了其自身和部分地球物质的蒸发，由此产生的巨大蒸汽云聚合形成了小卫星及后来的月球。Mojzsis 认为，这一发生在晚期重大撞击事件之前至少 5 亿年的撞击事件有效地按下了地球的重启按钮（Earth's re-set button）。

该项研究结果表明，自月球诞生后，就没有任何事件可以摧毁地球的表面，并使延续至今的生物圈遭到灭绝。Mojzsis 指出，小行星撞击并没有砍断地球的生命之树，而只是对其修枝剪叶。Abramov 认为，这些研究成果也支持其他行星（如火星），甚至是其他太阳系中曾受撞击改造的类地行星上存在微生物生命的可能性。

NASA 天体生物学科学家，外空生物学和进化生物学计划负责人 Michael H. New 指出，严格来说，地球上生命的起源时间是一个存在争议的热点话题。这些发现意义重大，因为它们显示生命可能开始于晚期重大撞击事件之前，即被称作冥古宙的时期。

（郑军卫 编译）

原文题目：Asteroid Attack 3.9 Billion Years Ago May Have Enhanced Early Life On Earth

译自：<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/05/090520140403.htm>

检索日期：2009 年 5 月 22 日

## 大气科学

### 科学家在高空云层中首次直接探测到生物微粒

一个由大气化学家组成的研究小组已经接近于被认为是“圣杯”的气候变化科学研究：他们第一次在冰云中探测到了生物微粒。作为由美国国家科学基金会（NSF）和美国大气研究中心（NCAR）资助的层状云内冰实验（Ice in Clouds Experiment-Layer Clouds, ICE-L）的研究成果，其发表在 2009 年 5 月 17 日的 *Nature Geoscience* 网络版上。

由来自加州大学圣地亚哥分校和斯克里普斯海洋研究所（Scripps Institution of Oceanography）的 Kimberly Prather、Kerri Pratt 领导的这个小组，在搭乘飞机高速穿越怀俄明州上空的云层时候，对云层中的水滴和冰晶残体进行了取样。

对冰晶体所进行的分析显示，触发这些冰晶体增长的微粒几乎完全由尘埃或者是诸如细菌、真菌孢子和植物材料的生物粒子组成。尽管长久以来，人们已经知道

微生物通过空气传播，并且可以传播很远的距离，但该项研究第一次给出了关于这些微生物如何影响云形成的直观数据。这篇文章的主要作者 Pratt 解释说，如果他们知道使云集结的粒子的来源，以及它们的相对丰度，他们就能够确定这些微粒对气候的影响。

这些被称作浮质的、通过空气传播的小微粒对云的形成有很大影响。对于科学家来说，这正是有关天气和气候中最难理解的部分。在气候变化科学中，通常通过计算机模拟气候现象来得出结论。科学家们认为，空气中的浮质与云的相互影响关系将对未来的预测建模产生很大的不确定性。

美国国家科学基金会大气科学部的 Anne-Marie Schmoltner 解释称，通过在飞机上对云层进行实时取样，调查人员能够取得有关云层中冰微粒的十分详尽的信息。通过确定个体冰微粒的核心化学成分，研究人员发现矿物尘埃和生物微粒都在云的形成中扮演了令人意想不到的重要角色。

从尘埃、烟灰和海盐到有机物，这些浮质有些甚至传播了几千英里，它们构成了云的“骨架”。在这些凝结核的周围，大气中的水和冰不断凝结和增长，最终形成降雨。由于云在冷却大气层和影响地区降雨过程中扮演着重要的角色，科学家们正在试图了解这些凝结核的形成过程。

ICE-L 实验小组在 C-130 飞机上装载了一个质谱仪，该质谱仪由位于科罗拉多州 Boulder 的美国大气研究中心操控，飞机在一种被称作波状云的云层中进行了一连串的飞行。研究人员对云层中的冰晶体进行现场测量后发现，其一半是由矿物尘埃构成，1/3 是由无机离子混和物组成，其中包括氮、磷和碳等元素，而这些元素同时又是构成生物物质的主要元素。

以一秒接一秒的速度所进行的分析使研究人员可以区分出水滴和冰颗粒，并且冰核比小水滴核要少的多。研究小组证实，尘埃和生物原料确实是构成这些冰颗粒的核心成分，而以前这只能在实验室中进行模拟研究。因此，Prather 表示，能够进行这种程度的测量对于他们来说真可谓是找到了基督教的圣杯。

了解了哪些粒子构成了冰晶体的核，哪些粒子有极低的浓度而且难于测定，人们就可以开始了解导致降水的过程，其中得到的任何新信息都具有非常重要的意义。

研究还指出，在尘暴中被刮走的生物粒子导致了云冰的形成，且生物粒子的来源不同造成的影响似乎也不同，例如，种种迹象显示，从亚洲传播过来的尘埃影响了北美洲的降水。当这些粒子在触发降雨或降雪过程中扮演更重要角色的时候，研究人员则希望可以应用 ICE-L 试验所获得的数据来设计未来的实时研究。

(汤天波 编译，赵纪东 校对)

原文题目：Scientists Make First Direct Observations of Biological Particles in High-Altitude Clouds

译自：[http://www.nsf.gov/news/news\\_summ.jsp?cntn\\_id=114802&govDel=USNSF\\_51](http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=114802&govDel=USNSF_51)

检索日期：2009年5月21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》。其他单位如需链接、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(100190)

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:高峰 安培浚 赵纪东

电话:(0931)8270322 8271552

电子邮件:gaofeng@lzb.ac.cn; anpj@llas.ac.cn; zhaojd@llas.ac.cn