

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2010年5月1日 第9-10期（总第87-88期）

地球科学专辑

地震专辑

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

玉树地震

- 国内外专家对玉树地震的成因分析及思考建议 1
克什米尔高原地震的救灾举措 5
玉树地震灾后救援面临的特殊挑战 9

地震科学

- 2010年初以来全球主要地震活动分析 11
鲜水河断裂带未来的地震风险 19
中美科学家联合开展板内地震研究 22
MIT Technology Review: 中国缺乏地震预警系统 23
美国地质调查局加强地壳变化监测 24

玉树地震

编者按：2010年以来，全球相继发生海地 7.3 级地震、琉球群岛 7.2 级地震，智利 8.8 级巨震、台湾高雄 6.7 级地震，这些地震造成了巨大破坏并引起广泛的影响。近期全球地震频发，我国大陆共发生 6 次 5 级以上地震，其中最大地震是 4 月 14 日青海玉树 7.1 级地震，这 6 次 5 级以上地震都分布在青藏南部和川滇地区。在中东部也相继发生了山西河津 4.8 级、河北唐山 4.2 级等一系列有影响的中小地震。

在全球地震是否进入活跃期热议背景下，青海玉树 7.1 级浅源地震破坏力大，受到国内外专家、媒体的广泛关注，都在积极分析与评论地震的成因、未来趋势，及其与汶川地震的关系等，我们将相关观点整理归纳如下。

国内外专家对玉树地震的成因分析及思考建议

1 玉树地震成因的各家观点

(1) 日本筑波大学地震学副教授八木勇治分析称，14 日发生在青海玉树的 earthquake 属于板块内断层横移的直下型地震，地震的能量与 1995 年日本阪神大地震为同等程度。引发地震的断层长约 50 km、宽约 15 km，最大约偏移了 1.8 m。至少有 3 个不同的断层保持联动，“因为容易发生窄幅摇晃且周期较短，可能会给低层建筑带来巨大危害”。日本静冈大学地震地质学教授林爱明认为，可能是横跨中国内陆西北至东南 1 000 km 以上的“鲜水河断层”的一部分发生了横移。据称，该断层附近最近约 100 年间发生了多次里氏 7 级左右的地震。虽然汶川地震与玉树地震都是因印度板块和欧亚板块发生碰撞而导致地壳变形，但是四川大地震是逆断层型。断层的位置和方向也不同。

(2) 英国开放大学的地球环境科学系的 David Rothery 认为，这次玉树地震和不久之前的海地地震有相似之处，都是周边地区地壳突然发生变化造成的。玉树地震是印度北部地区的地壳发生变化导致，这是数百万年来的渐进过程。玉树地震的程度要比海地低一些，但越是地震强度不大，就越会频发。

(3) 美国国家地震信息中心的 Randy Baldwin 指出，青藏高原板块自产生之日起便在不同作用力的挤压下持续隆起，导致内部出现了大量断层。目前还不清楚这次地震是什么断层发生断裂。Baldwin 认为很有可能是一个较浅的走滑断层，断层的两边发生滑动从而释放出巨大的积压能量。玉树地震后发生了多起 4.8~5.8 震级的余震，Baldwin 称余震的数量和强度会逐渐减少和降低。

(4) 英国广播公司新闻网 (BBC News) 报道称，青海地区自 1900 年以来很少发生大型地震，而这次地震与 2008 年 5 月发生在四川的毁灭性地震并无直接关系。英国密尔顿凯恩斯 (Milton Keynes) 开放大学的罗德雷博士 (Dr. David Rothery) 也认为，两者并非同一断层，是不同的机制形成。他认为，汶川地震是印度板块向亚洲板块冲撞的推力运动造成，而玉树地震则是断层本身侧向运动造成的走滑现象。

(5) 中国地震局地球物理研究所陈学忠博士认为，此次青海玉树地震属于汶川地震后巴颜喀拉地块的回弹，玉树地震发生的断裂带属于巴颜喀拉地块南边界，汶川地震属于巴颜喀拉地块东南边界。汶川地震是青藏板块冲击扬子板块，玉树地震属于该板块的回弹，其断裂带走向基本与汶川地震一致，说明玉树地震就是上次汶川地震板块回弹的着力点。最近他提出了一个新的地震成因观点，认为地震的根本原因在于地球自转速率的变化。地球岩石圈由大小不同、质量不同的块体组成。比如，大洋块体薄、质量轻，大陆块体厚、质量重。地球自转速率变化时，就会造成这些块体运动的差异性。这种差异运动可能使块体之间发生“追尾”、“分离”、“摩擦”三种情况，汶川地震是属于明显的“追尾”运动，玉树地震就属于“摩擦”类地震。

(6) 中国地震台网中心预报部主任刘杰认为，这次玉树地震发生的断裂带是甘孜—玉树—风火山断裂带，属于巴颜喀拉地块南边界，汶川地震属于巴颜喀拉地块东南边界。这个地区自 1900 年以来，200 km 范围内没记录到 7 级以上地震，但有 5~6 级地震的记录，相对来说该地区地震活动不是太活跃。经过青海玉树 7.1 级地震后，中国大陆将进入一个比较活跃的地震时期，近期，中国大陆仍然有发生 6 级以上地震的可能性。由于在玉树地震之前，发生过一次 4.7 级地震，主震发生后，又发生了 6 级地震，目前专家对玉树地震的定位是前震—主震—余震型地震，余震活动可能较为丰富。

(7) 中国地震台网中心研究员孙士铨分析，青藏高原本身是地震多发地区，这个地区强地震活动多，分布上也比较散，很多专家也将这一地区称为“三江地震带”，这个地区地震分布大致沿着三条江分布，是活动水平比较高的地区。他认为玉树地震与汶川地震是有一定关系的，汶川地区也处于青藏板块的边缘。他分析，从地质构造上看，玉树历史上曾多次发生地震。玉树地处青藏高原块体的中部，该板块的地质活动较为强烈，中强度以上的地震在历史上持续不断，因此玉树地震不是一个偶然的现象。台湾、青海相继发生地震，虽然属于不同板块，但是反映了全球地震活动进入高活跃期。

(8) 中山大学地球科学系张珂教授认为，玉树地震与汶川地震相关，可能是地壳应力释放所致。汶川所属的龙门山断裂带与玉树所属的鲜水河断裂带有一定的关联。汶川地震后，块体东移，但整个板块的移动却不会那么步调一致。比如玉树所在的鲜水河断裂带，可能就是一个“掣肘”的牵引点。“掣肘”的地方，自然摩擦力更大，也会集中更多应力。因此，鲜水河断裂带就成为了一个应力释放的区域，从而导致了玉树的 7.1 级地震。历史上，由地壳应力调整所导致的地震有很多。比如，1920 年宁夏海原县的 8.5 级地震，与七年后甘肃古浪的 8 级地震直接关联。最近的一个案例是海地地震后加勒比海附近的地震。因此，虽然玉树强震已距汶川地震两

年，但不过是地壳活动的短暂一刻。

(9) 中国科技大学地球和空间科学学院的倪四道教授认为，玉树地震属于“走滑型”，与2001年发生在昆仑山口西的8.1级地震属于同一类型。与属于“逆冲型”的汶川大地震相比，倪四道用了一个比喻来区别两种类型的地震：逆冲型，导致地震的两个地块如同汽车迎面相撞；走滑型，两个地块如同两辆汽车相向运行时发生摩擦。

2 关于玉树地震的“震源深度”

玉树地震，已出现了三个不同版本的震源深度数值：①据国家地震局发布的信息，此次玉树地震，震级7.1级，震源深度为33 km（4月18日，中国国家地震局将玉树地震修订为14 km）；②美国地质调查局给出的数字是：玉树地震的震级6.9级，震源深度为6英里（约10 km）；③中国科技大学地球和空间科学学院测得的震源深度比国家地震局的也小很多，只有15 km左右。

地震台网在玉树地震震中周围所设的台站比较稀少，导致测得的数据都不是那么准确。但可以肯定的是，这是一个浅源地震，更浅的震源将意味着更严重的破坏。

3 未来趋势

上海市地震局预测分析中心主任尹京苑研究员分析，玉树地震，很可能拉开本年度青藏高原板块地震的序幕。地处青海省东南部的玉树县位于青藏高原板块中部，历史上曾多次发生地震。受印度洋板块“推土机式”的不断挤压，青藏高原板块一直是我国的强震多发带。我国90%的强震都发生在青藏高原板块及其周边地区，单单一次7.1级地震无法将蓄势已久的地下能量全部释放出来，未来几个月，这一板块仍可能发生几次“连锁地震”。

中国地震局地质研究所研究员、国家减灾委员会专家委员会成员高建国称，汶川地震发生之后，专家们曾经做过分析，预测汶川地震可能向三个方向发展：一个是向南，波及川滇地区，攀枝花地震印证了这个说法；另一个就是向西，现在可以说是应验了；第三个，就是向北，现在还没有结果。玉树地处青藏高原块体的中部，该板块的地质活动较为强烈，中强度以上的地震在历史上持续不断，因此玉树地震不是一个偶然的現象。

4 玉树地震灾害特点

玉树地震灾害主要有以下5个特点：

(1) 地震发生的地点靠近城镇。此次地震的震中位于玉树县城附近，震害是沿着活动断裂呈带状分布，穿过了州政府所在地的结古镇，烈度达到了IX度，对城镇的房屋基础设施和生命线工程系统造成了比较大的破坏，供电、通信一度中断。

(2) 浅源地震。震源深度14 km，和前段时间智利地震的震源深度是一样的。震源越浅，影响的面积虽然会小，但受影响范围的强度会大一些。

(3) 灾区的设防薄弱，土木结构的房屋破坏严重。由于当地经济发展水平所限，灾区的房屋结构类型以土木、砖木结构为主，抗震能力差，损害比较严重。

(4) 这次地震的地形效应和地震构造效应明显，灾区居民点的分布与发震构造的方向比较一致，因此造成的破坏较大。灾害沿江、沿河谷地带房屋震害破坏明显严重。

(5) 灾区环境恶劣，救灾难度较大。地震发生在高原山区，地形复杂，交通困难，抢险救援人员出现不同程度的高原反应，加大了救灾的难度。

5 思考和建议

5.1 建议将后续工作重点放在医疗救治和卫生防疫上

与汶川地震相比，玉树地震受灾区域分布较为集中，便于搜救，但由于倒塌的建筑物以单层土木结构的房屋为主，土坯房一旦倒塌就是粉碎性坍塌，被压埋的人员死亡率可能较高。因此，建议将后续工作重点放在医疗救治和卫生防疫上。

5.2 应当重视地震频发、地震增强的态势

从频度、强度上来说，全球地震活动水平都高于历史上的平均水平，可以说进入了相对活跃的阶段，主要的地震活动集中在太平洋地震带和欧亚地震带。中国作为多地震国家，处于环太平洋地震带和欧亚地震带，应该高度重视地震频发、地震增强的态势。

5.3 加强地震知识的宣传和普及

我国地震活动呈现频度高、强度大、分布广、震源浅的特点。要掌握地震发生以后紧急避险方面的知识。如进行应急演练、快速有序避险，科学应对地震，以避免或减少人员伤亡。

5.4 亟待加强地震预警系统研究

地震所导致的惨剧再一次提醒，我们对这种毁灭性自然灾害迫切需要预警技术。地震警报系统虽然只能提供几秒钟的预警，但这足够让人们采取适当的保护措施。

参考文献：

- [1] 日专家青海玉树地震能量堪比阪神大地震
<http://news.163.com/10/0415/10/64A8Q5TJ000125LI.html>
- [2] 英专家称印度北部地壳变化致青海玉树地震
<http://news.sina.com.cn/c/2010-04-15/074420078193.shtml>
- [3] 青海地震与众不同——发生在地壳板块中间
<http://www.cn1n.com/sci/nature/20100416/044158437.htm>
- [4] 陈学忠：玉树地震是汶川地震的板块回弹着力点
<http://news.dili360.com/zhdl/dzzh/2010/0415/27503.shtml>
- [5] 中山大学教授：时隔两年地震仍与汶川相关
<http://news.dili360.com/zhdl/dzzh/2010/0415/27530.shtml>
- [6] 玉树地震为何有三个版本“震源深度”？
<http://www.caijing.com.cn/2010-04-14/110416559.html>

(安培浚 整理)

编者按：玉树地震灾区地处高原，在抗震救灾方面面临高海拔缺氧、低温等多种不同形式的挑战。2005年10月8日，巴基斯坦克什米尔高原地区发生7.6级地震，此次地震与玉树地震在海拔、天气气候、发生时间等方面都有不同程度的相似之处，其抗震救灾举措和经验可以为玉树当前的抗震救灾工作参考借鉴。

克什米尔高原地震的救灾举措

2005年10月8日当地时间8时50分，在巴基斯坦北部克什米尔地区发生7.6级地震。此次地震为印度次大陆板块向北运移与欧亚大陆板块碰撞引发的浅源地震，震源深度26 km（USGS），震中位于巴基斯坦首都伊斯兰堡东北95 km的Muzaffarabad，地震影响范围波及巴基斯坦、印度和阿富汗等多个国家。

克什米尔地区地处青藏高原西部和南亚北部的交界处，主要地形以山地为主，平均海拔4 000 m以上，气候多变、环境复杂。此次地震造成死亡总人数超过7.45万人，受伤总人数超过10.6万人，330万人无家可归，230万人食物短缺。直接经济损失23亿美元，非直接经济损失5.76亿美元，倒塌房屋20 3579间，损毁房屋19 6574间。在受灾最重的巴基斯坦AJK和NWFP地区，房屋损毁率分别达84%和36%。用于灾害重建和恢复的资金估计达35亿美元，其中用于房屋重建的费用约为16亿美元。

地震发生之后，为减轻地震引发的重大环境灾难对人民生命安全所构成的威胁，应巴基斯坦政府的请求，联合国人道主义事务办公室和联合国环境项目委员会组成联合环境小组，对震区实施了紧急环境评估，并为减轻环境灾难造成影响向当地提供了实践指导、应对措施及技术应用等方面的援助。

1 灾害的环境效应及其响应等级

重大灾害都会对环境产生严重的负面影响，进而对人生命安全造成威胁。这些负面效应包括工业设施损坏（如化工厂）、严重的废弃物管理问题、土壤侵蚀及山体滑坡风险。根据上述灾害可能对人生命安全造成的危害的风险程度不同，可将灾害的环境响应等级划分为不同等级，如图1所示。

2 整体环境紧急响应方案

整个方案分为三个阶段：

第一阶段：环境专家确定主要影响及风险；

第二阶段：不同领域专家基于阶段1明确具体问题；

第三阶段：将所确定的环境问题整合纳入灾后恢复行动。

3 关键问题

通过联合小组的紧急环境评估，最终明确以下需要紧急响应的关键问题。

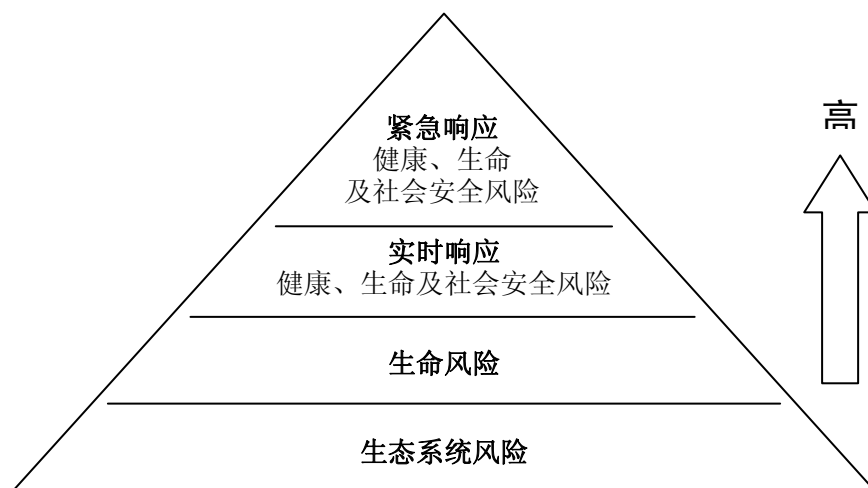


图 1 重大灾害环境响应等级

3.1 废弃物管理与废墟处理

3.1.1 卫生废弃物

地震对当地本身就十分薄弱的卫生保健体系构成严重威胁，需要紧急提供卫生及医护方面的援助，以防控疾病。

3.1.2 庇护场所/宿营地

临时建立的庇护场所和宿营地由于难民大批的涌入和安置，导致卫生设施的短缺，而存在过高的卫生风险。基于自发和有组织的安置措施，应该为其提供改善废弃物管理方面的指导，并建议加强废水处理以避免水媒疾病的爆发。

3.1.3 废墟

地震产生的大量废墟需要进行紧急临时处理，应当在尽可能早的阶段，对震后废墟进行分选和隔离处置。

3.2 由工厂设施或原料导致的潜在次生风险

具体包括：天然气管道，石油及天然气田、水库/水坝、小型工业设施、杀虫剂或化学废料存储设施、石棉物料场所以及变电站等。此外，专家还建议对各加油站的燃料存储罐和可能导致污染的聚乙烯联苯存储点进行评估。

3.3 地震所引发的其他灾害对自然资源产生威胁

3.3.1 滑坡

地震所导致的滑坡不仅对道路、居住区及交通产生严重威胁，而且常常阻塞江河干流或支流。必须确定发生滑坡的位置，并对滑坡区域的稳定性进行评估。

3.3.2 森林破坏、土壤侵蚀及土壤肥力降低

震后往往由于恢复重建所需木材的急剧增加而导致严重的森林破坏，进而使得震区土壤侵蚀和滑坡的潜在风险迅速升高。因此，建议紧急向灾区提供能效高的燃具或其他可选燃料，以减轻灾区的森林资源压力。

4 具体应对措施

4.1 废弃物管理

4.1.1 固体废弃物管理

由于震区缺乏废弃物收集及运输等方面的管理实践，震后废弃物的处理成为整个灾区所面临的普遍问题。在此方面面临的最大问题在于处置废弃物的合适地点的选择。其他方面还包括：

- (1) 缺乏适宜的物理处理系统；
- (2) 缺乏用于废弃物挖掘和压制的交通工具及机械设备；
- (3) 缺乏合适的通往废弃物处理点的通道；
- (4) 亟需在难民中宣传卫生及废弃物处理方法。

针对以上问题，专家组采取的主要措施如下：

- (1) 紧急制定废弃物管理指南；
- (2) 指导改进固体废弃物的收集及处理手段。

4.1.2 卫生废弃物处理

针对震区应急卫生保健设施无法达到世界卫生组织要求、当地政府所制定的卫生废弃物管理条例无法有效落实、缺乏污染隔离设施以及缺乏卫生废弃物内部收集、运输和存储措施的现状，专家组采取了如下措施：

- (1) 紧急制定卫生废弃物处理指南；
- (2) 专门干预：由废弃物管理专家就震区的卫生保健设施方面的问题提供指导，并散发世界卫生组织、联合国儿童基金会和当地政府制定的有关水及卫生保健方面的注意事项；
- (3) 废墟处理：包括估计废墟规模、废墟综合管理及有关财产权和建筑标准的立法工作等；
- (4) 对震区多氯化联苯物质进行评估。

4.2 滑坡稳定性及滑坡风险管理

4.2.1 应对滑坡灾害的主要措施

(1) 紧急道路清理：在实施紧急道路清理、挖掘、加固不稳定滑坡以及修复受损桥梁方面提供指导，这可在减少继发事故推动顺利救援方面发挥了重要作用；

(2) 在应对地震影响及灾后重建方面提供指导：包括：居民安置点重建选址注意事项、不稳定滑坡（特别是受余震影响）对人及基础建筑设施的影响、因雨水渗流和融雪而导致的滑坡风险的增加、因地震所致的耕地和牧场退化对农牧区所造成的长期影响，以及减轻牧区民众牧场损失等；

(3) 房屋重建指导：建议重建房屋采用轻型结构屋顶设计，特别是在粘土质丰富的地区；

(4) 建立并完善灾区地图系统：建议完善地震影响区域的地图系统，详细标明未来将要采取滑坡风险减轻措施的地点。

4.2.2 堰塞湖

有关专家强调必需密切关注地震造成的滑坡所形成的堰塞湖的隐患，因为这些堰塞湖可能因春季季节性雪融而引发溃坝威胁下游安置点，具体应对措施如下：

(1) 对滑坡及排水区域展开地形勘察，包括坝区可能的通道；

(2) 应当对相应区域实施 1:10000 的详细地理勘测，尤其特别关注发生裂缝和大型位移区域以及下游的土壤疏松区域；

(3) 进行地表取样和深部钻孔岩心样本采取，以供滑坡物质的地学技术特性分析、实验研究及样本试验；

(4) 在排水区域展开水文学、水文地质学以及气象学调查以及水坝渗流观测；

(5) 监测并测量可能的地震裂缝及滑坡面位移，监测水坝稳定性；

(6) 对地震滑坡可能引发的湖水泛洪进行建模分析；

(7) 对可能发生的泥石流进行建模分析以帮助下游居民撤离方案的建立。

4.3 自然资源问题

震区因地处高海拔，加之正值冬季，环境条件恶劣，使得被困灾民急需临时安置及基本生活物资，灾民临时安置及灾区重建所需大量的燃料及木料使震区面临极大的环境压力。由此所引发的森林破坏和过度放牧将导致土壤侵蚀，并由此可能造成滑坡风险增加。因此，震区自然资源问题将主要关注抗震救灾物资的合理配置，主要建议包括：

(1) 灾民安置设施应当包括高效燃具，以减轻灾区能源需求对森林资源的压力；

(2) 灾民营区及安置点的选址应当考虑滑坡风险及营区/安置点的管理（如，生活废水管理、植被保护等）；

(3) 满足灾民营区及安置点的能源需求应当注重因地制宜的措施，如兼顾能源的易获取性和当地的生活习惯等；

(4) 房屋重建设计应当考虑安全性和耐久性，应当推广轻质屋顶与轻质墙体结构的设计，减少木材的使用等；

(5) 利用卫星资料辅助基础设施恢复和土地利用规划的改进；

(6) 积极采取不同的机械土壤固化及保持措施，鼓励灾区的自然重建，如植树造林、牧区种草等，防止进一步的土地侵蚀和滑坡。。

5 主要经验教训

从克什米尔高原地震的救灾行动及过程中，专家们得出以下经验教训：

(1) 整体及时有序的灾后响应极为重要；

(2) 国家政府的导向尤为关键；

- (3) 需要地方政府的积极合作与参与；
- (4) 灾后环境应急响应工作的部署能力至关重要；
- (5) 响应行动部署初期应当制定并分发行动指南；
- (6) 建立响应行动部署前的物资清单；
- (7) 建立标准的灾害风险评估方法；
- (8) 保证灾害响应与灾后重建的持续性；
- (9) 建立规范有序的灾后报告程序。

参考文献：

- [1] A. Naeem, Qaisar Ali. et al. A Summary Report on Muzaffarabad Earthquake, Pakistan
http://www.crisbasilicata.it/admin%5Callegatidocumenti%5Cupload%5CPakistan_Ali_report584819938772.pdf
- [2] UNEP. Environmental Emergency Response to the South Asia Earthquake
[http://www.reliefweb.int/rw/RWFiles2006.nsf/FilesByRWDocUNIDFileName/HMYT-6MFMBY-unep-southasia-28feb.pdf/\\$File/unep-southasia-28feb.pdf](http://www.reliefweb.int/rw/RWFiles2006.nsf/FilesByRWDocUNIDFileName/HMYT-6MFMBY-unep-southasia-28feb.pdf/$File/unep-southasia-28feb.pdf)

(张树良 整理)

编者按：玉树地震发生在高海拔、寒冷的少数民族地区，因而其灾后救援工作与其他地区的地震灾后救援有所差别，这些特殊性主要体现在：高海拔缺氧，低温、大风和雨雪天气，人口分散，次生地质灾害风险，交通转运，后勤保障，语言交流和文化习俗，低温和污染疾病风险，以及鼠疫风险等，这些情况给灾后救援工作带来了特殊的挑战。

玉树地震灾后救援面临的特殊挑战

1 高海拔条件增加救援难度

玉树县地处青藏高原东部，境内平均海拔 4 493.4 m (3 510~6 621 m)，地形复杂，地势高耸，气候寒冷，日温差大。灾区环境恶劣，来自低海拔地区的救援人员在高原地区难以有效展开工作，存在高原反应威胁，救灾难度较大。

2 低温、大风和雨雪天气威胁较大

目前玉树天气方面存在的三大不利因素：

(1) 气温。高原地区，昼夜温差大，夜间气温依然比较低，会降到零下 2 度，昼夜温差整整有 20 度。

(2) 降水。从 16 日到 19 日，玉树这一带地区都出现了雨雪天气，18、19 日两天有雨雪落下。雪量虽不大，但是一方面道路会比较湿滑，另一方面雨雪会让天气变得又湿又冷，会给救援工作带来一定程度的不利影响。

(3) 大风。每年 4 月份，玉树地区大风天气都比较频繁，且每天下午到晚上这

段时间风会比较大，这也给救援工作造成一定的影响。从西宁前往玉树最主要的通道214国道沿途的风都不小，途径共和、河卡、玛多这些地方风都会有5、6级，阵风可能达到7到8级。而且受大风影响，在河卡所属的海南州一部分地区还有可能出现沙尘天气，救援车辆一定要对大风和沙尘天气有所防范。

3 高山和偏远地区居民救援难度大

此次救援的主战场就是在结古镇上，但也需要关注附近镇子以及处于高山村子中的震后情况。在高原牧区，农牧民一般都居住得比较分散，而且很多地方都是车辆或者普通车辆难以到达的地方，救援难度更大，而且可能存在山体滑坡风险。

4 潜在的次生地质灾害风险不容忽视

中国科学院成都山地灾害与环境研究所韦方强研究员认为，青海玉树震后次生地质灾害不会像汶川地震那样严重。这是因为玉树地区属于高原，位于长江上游，主要河流是通天河，当地高山峡谷区少，地形并不陡峻。而且，现在未到雨季，不会像汶川地区那样出现大量崩塌、滑坡以及泥石流。

当地可能发生的地质次生灾害主要是崩塌滑坡和水库坝体震毁。玉树地区是半干旱地区，小水库较多，当地的一些水库坝体有震裂情况。对这些重点区域，应进行风险评估，并采取必要防范措施。

5 交通运输和救援转运存在困难

第四军医大学国家医学应急救援队队长、西京医院院长熊利泽指出，青海玉树海拔达3000多米，目前的最低温度在零下4℃左右，在低温缺氧的天气下，人的行动较为不便，不利于救治伤员，而且也会直接影响到废墟下幸存者的生存时间和质量，对展开救援工作极为不利。

受灾地点沿峡谷地带展布，交通畅通度受到了不同程度影响，运送伤员的时间和效率受到影响，直接影响到救治伤员的效果。此外，源源不断调向灾区的物资运输也存在较大困难。

6 救援队伍后勤保障存在困难

中国地震局震灾应急救援司副司长苗崇刚在4月15日下午举行的新闻发布会上指出：当地后勤保障条件非常有限，加之处于高寒地带，救援队伍自我保障遇到困难。由于灾区受灾很重，各专业救援队伍很难从当地政府得到充足保障，必须依靠自我保障。在灾民安置遇到很大困难的情况下，救援队伍也不同程度的面临着缺少驻地及食品补充等问题。

7 语言交流等存在困难

灾区超过90%的人口是藏族同胞，在此次地震救援过程中，救援人员需要面对语

言、宗教、文化和生活习惯等多方面的挑战。

8 感冒和腹泻需要格外提防

由于气温低，所以伴随地震而来的，除了大量需急救的外伤人员，还会出现呼吸系统疾病、胃肠道疾病等患者，因此，震区人们和赶赴救援人员都要对此有所防备，除了做好保暖工作外，还需在饮用水和食物方面做好卫生防疫工作。

9 存在灾后鼠疫暴发风险

中国国际救援队队员樊豪军表示，青海玉树在 2005 年曾经发生过鼠疫，防疫工作形势严峻。该地区属于青藏高原喜马拉雅旱獭鼠疫自然疫源地，近几年该州动物间鼠疫疫情活跃。玉树每年 4 月份旱獭将陆续结束冬眠出蛰，灾后鼠疫防控形势比较严峻。

参考文献：

- [1] 低温、降水、大风将给玉树地震救援增加难度
<http://env.people.com.cn/GB/11385166.html>
- [2] 专家预计玉树震后次生地质灾害没汶川地震严重
www.cns.hk:89/gn/news/2010/04-16/2230111.shtml
- [3] 玉树地震有四特点，救灾面临三大困难
<http://www.longevitys.com/n388650c26.aspx>
- [4] 感冒和腹泻：震区人员最该防
http://health.ifeng.com/news/news/detail_2010_04/15/527182_0.shtml
- [5] 青海玉树地震灾区曾发生过鼠疫 防疫工作形势严峻
http://news.ifeng.com/mainland/special/qinghaiyushudizhen/zuixin/201004/0414_9954_1603273.shtml

(王勤花 王金平 张波 整理)

地震科学

编者按：进入 2010 年以来，全球相继发生了一系列强震：海地 7.0 级地震、智利 8.8 级地震、印尼 7.7 级地震等。这些地震有什么样的特征，他们之间有没有关联，全球是否从此进入了一个地震活跃期？为此，我们对 2010 年初以来的全球主要地震活动进行简要分析。

2010 年初以来全球主要地震活动分析

1 主要地震活动情况

1.1 海地地震

2010 年 1 月 12 日，海地发生 7.0 级强烈地震。海地是加勒比海的一个岛国，全境位于西大西洋第二大岛伊斯帕尼奥拉岛西部，与多米尼加共和国接壤。

1.1.1 成因分析

此次地震发生在加勒比海与北美洲板块交汇处附近的一个高度复杂的构造断层上，这是一条走滑断层，断层线以南的加勒比板块向东滑动，而断层线以北的更小的 Gonave 小板块向西滑动。但更为复杂的是，除了加勒比以及北美板块外，在这两个板块之间的大片区域由更小的“块状”板片或“小板块”（例如 Gonave 小板块）镶嵌而成（图 2）。

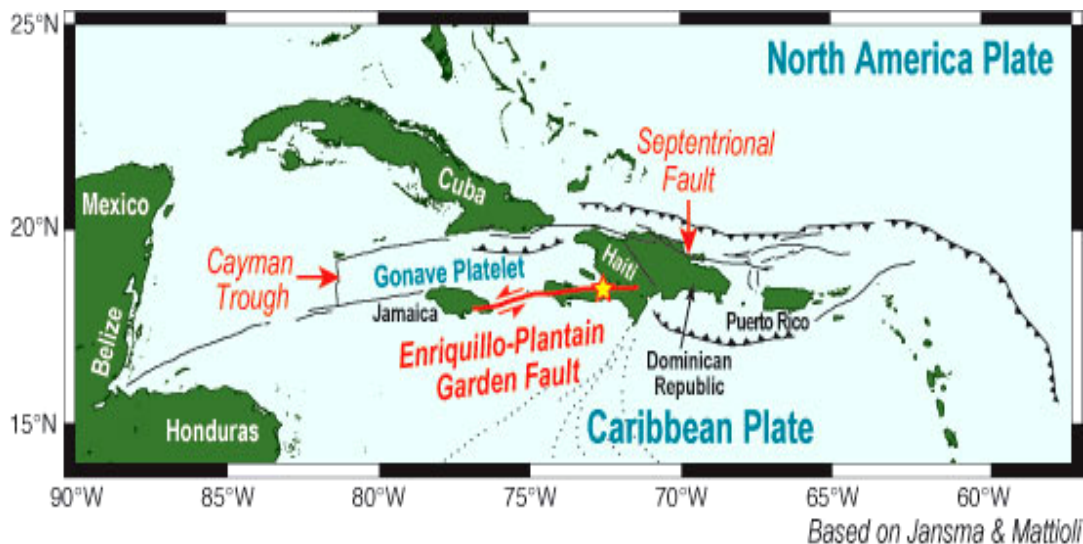


图 2 海地地震构造背景图（来源：WHOI）

美国伍兹霍尔海洋研究所（WHOI）地质学和地球物理学资深科学家 Jian Lin 表示，有三个因素让此次地震变得极具破坏性：①震中位于首都太子港西南方向只有 10 英里（约 16 km）的地方；②震源浅，距地面只有 10~15 km；③更重要的是，海地这个经济贫困国家的许多住宅和建筑并没有被建造得能够抵御如此大的地震破坏力，结果房屋大量倒塌。最终，所有这些因素使得让 1 月 12 日的海地地震成为了最坏情境。

此外，法国巴黎地球物理学院（Institut de Physique du Globe de Paris, IPGP）地震学家 Yann Klinger 还指出，世界上其他地方发生的地震大多是一个板块俯冲到另一板块下导致，而海地地震却是两大板块发生水平运动碰撞所致，这种类型的地震通常会释放出巨大的能量，因此会造成很大破坏。

1.1.2 震前“预警¹”

2008 年 3 月，在多米尼加举行的一次会议上，美国普渡大学（Purdue University）Eric Calais 教授和得克萨斯大学（University of Texas）的 Paul Mann 等曾公布了有关 Enriquillo-Plantain Garden 断层带地震隐患的发现。

Calais 通过全球定位系统探测发现，由于应力不断增加，Enriquillo-Plantain Garden 断层带所在位置的地壳正缓慢变形。结合 Mann 的研究以及海地 1770 年发生

¹ “预警”在本文指地震发生前一些预报地震可能发生的时间、地点及与震级有关的信息

的一次大地震，两人预测，这一断层带可能将发生里氏 7.2 级地震。这一预测接近于海地 12 日发生的里氏 7.3 级地震，但是并没有给出可能发生地震的时间范围。

1.1.3 未来地震风险

在美国科罗拉多州威斯敏斯特市地球科学顾问委员会（Earth Scientific Consultants Inc.）任职的 McCann 表示，此次海地地震仅仅破坏了断层的一部分，因此还有很多积聚的应力等待释放，这将很可能形成另一场里氏 7.5 级的地震，到时太子港将会被全部摧毁。

此外，在伊斯帕尼奥拉岛（海地和多米尼加共和国所在地）的其他地方依然存在大破坏的可能性。1751 年，一场里氏 8.0 级的地震沿着潜伏在该岛下的相同断层袭击了多米尼加共和国的南岸。两个月后，这里又发生了一场 7.5 级的地震，而随后便是发生在 1770 年的大地震。

1.2 智利地震

2010 年 2 月 27 日凌晨，智利发生里氏 8.8 级地震，震中位于智利外海，距智利第二大城市康赛普西翁（Concepcion）北北东方向 115 km 处，地震还引发环太平洋沿岸的中等规模海啸。

1.2.1 成因分析

南美洲西海岸是一个地质俯冲带（subduction zone），在这里，纳斯卡板块（the Nazca Plate）在南美洲板块下面以年均 80 mm 的速度移动。两个板块的碰撞形成了壮观的安第斯山脉，同时也带来了毁灭性的大地震（图 3），2010 年 2 月 27 日发生在智利的地震就是一例。

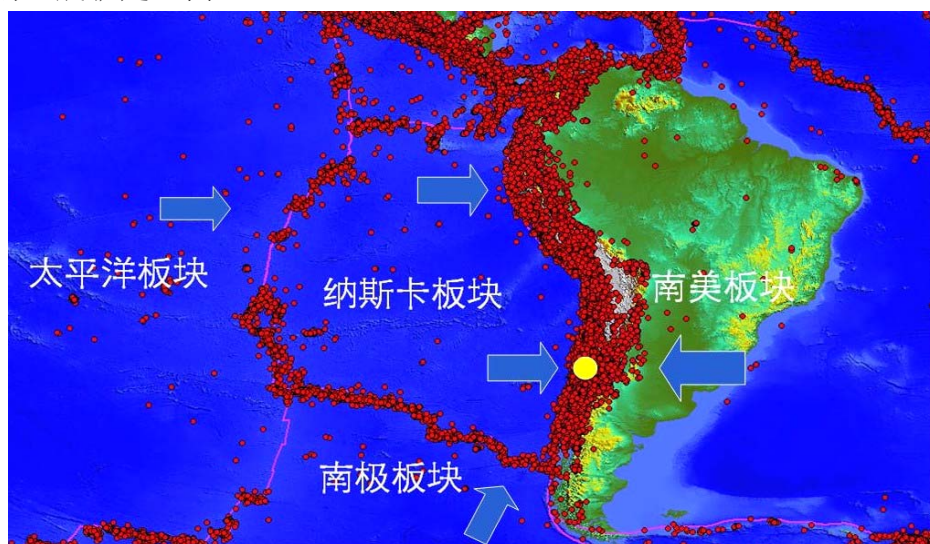


图 3 智利地震构造背景图（来源：中国地震局地球物理研究所）

日本名古屋大学研究生院地震、火山和防灾研究中心的主任山冈耕春指出，在阿拉斯加、智利以及日本以南的海槽沿线，当板块发生沉降时，由于其沉降角度较小等特点会产生非常大的摩擦力，容易发生较大地震，同时海底会急剧隆起，容易

发生海啸。该中心副教授山中佳子表示，此次地震发生后，距离震中约 340 km 的圣地亚哥出现强烈晃动。据此可以认为，震源的断层从海沟沿线延伸到圣地亚哥附近，所以才发生如此强烈的晃动。因为此次板块破裂的起始点比较深，但板块破裂主要在距地表较浅的范围出现，所以仍然引发了海啸。

1.2.2 震前“预警”

2009 年，地球物理学家 Jean-Claude Ruegg 及其同事在《Physics of the Earth and Planetary Interiors》上发表了根据 GPS 观测的报告，通过测量因 Nazca 板块挤压海岸导致的陆地缓慢上升和下降，他们计算了新的累积应力，预测未来几十年内可能发生里氏 8.0 至 8.5 级大地震。海地大地震和智利大地震发生的时间要比地震学家预言的早得多。

1.2.3 造成的影响

(1) 偏转地轴

美国航空航天局 (NASA) 的科学家经过研究发现，2010 年 2 月 27 日的智利大地震不仅仅造成了地表的人员伤亡和财产损失，还可能移动了地球形状轴，改变了整个地球质量的平衡。

NASA 喷气推进实验室的地球物理学家 Richard Gross 表示，如果他们的计算是正确的，此次智利地震让地轴移动了 8 cm (2.7 毫弧秒)，使一天的时间缩短了 1.26 微秒。但由于幅度是如此之小，因此人很难察觉到。但地震造成的其它变化可能更为明显，比如岛屿移动。靠近智利第二大城市 Concepcion 的圣玛丽亚岛，在地震后升高了 2 m。

(2) 平移城市

2010 年 3 月 10 日，美国《连线》杂志网站报道，美国俄亥俄州地球科学家 Mike Bevis 等通过对震前和震后全球定位系统 (GPS) 的精确测量结果进行分析发现，智利首都圣地亚哥被向西平移了 11 英寸 (约 28 cm) 的距离，即使距离震中近 800 英里 (约 1 288 km) 的阿根廷首都布宜诺斯艾利斯也位移了 1 英寸 (约 2.54 cm) 的距离。

1.3 印尼地震

2010 年 4 月 7 日，印度尼西亚苏门答腊附近发生里氏 7.7 级强烈地震。此次地震的震源深度为 31 km，强震发生后，当地又发生了 5.0~5.3 级的几次余震。此外，地震后还引发了海啸。

1.3.1 成因分析

澳大利亚板块和欧亚板块的共同作用，使得印度板块东部成为多发地震带和强烈变形带，其显著标志为大量断层活动和大地震发生。2010 年的此次印尼地震的主要原因是澳大利亚—印度板块与巽他板块的活动 (图 4)。

具体的板块活动情况是：印度洋板块沿着巽他海沟以 6~7 cm/a 的速率向北北东 23°方向运动，与南亚板块发生斜向聚敛俯冲。印度洋板块与南亚板块之间的这一斜向聚敛俯冲，在缅甸微板块的两侧表现为两种不同形式的断层运动。一是沿着巽他海沟发生在印度洋板块与缅甸微板块之间的正向俯冲，另一是发生在缅甸微板块与南亚板块主体之间的大规模右旋走向平移运动。

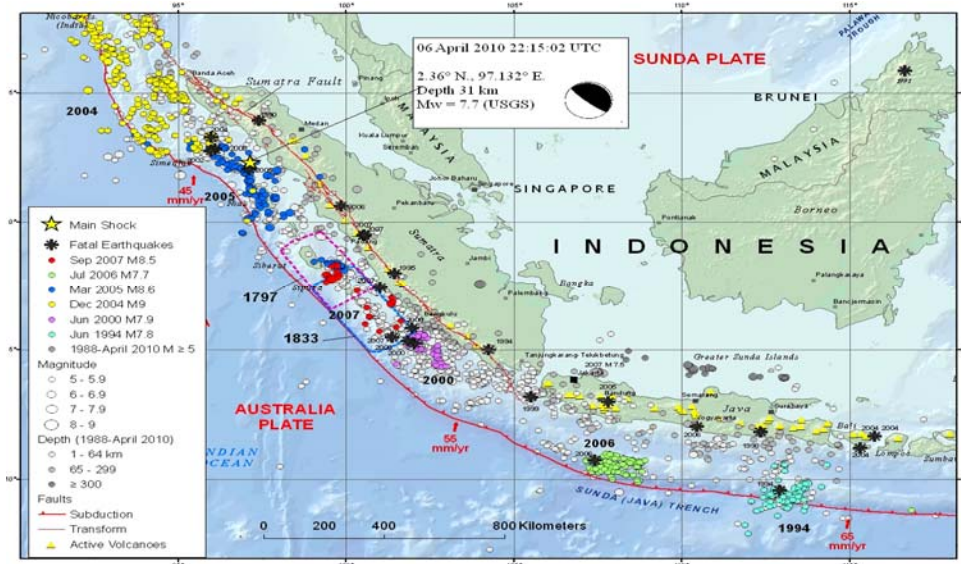


图 4 印尼地震构造背景图（来源：USGS）

1.3.2 震前“预警”

2010 年 1 月 17 日，北爱尔兰阿尔斯特大学（University of Ulster）的 John McCloskey 等在线发布在 Nature Geoscience 上的一封 Correspondence 指出，不能放松对印度尼西亚发生地震风险的警惕。

研究者认为，2009 年 9 月袭击印度尼西亚巴东的大地震不是地球科学家所预计的那场大地震，因为巴东地震没能释放从缅甸到北澳大利亚延伸 5 500 km 的巽他大型逆冲断层的应力，这条断层是欧亚构造板块和印度-澳大利亚构造板块相遇的地方，其经过苏门答腊岛的西南一侧。该断层在西比路岛下面的一小段 200 年来都没有破裂，据此，科学家预计，下一场大地震将来自该区域，而且很可能是导致海啸的地震类型，估计震级可能达到里氏 8 级。

印度尼西亚科学研究院的 Danny Hilman Natawidjaja 表示，面临风险最大的地区是苏门答腊的西南沿海地区，包括巴东和明古鲁，以及明打威群岛在苏门答腊附近的巴盖岛、西比路岛和锡波拉岛。

2 主要地震活动情况分析

2.1 震前存在不同程度“预警”

在海地、智利以及印尼地震发生前，均存在不同程度上的“预警”。但是，这些信息不够全面、准确。

具体来说，地震预测需要同时给出未来地震的位置、大小、时间和概率四种参数，并且每种参数的误差应小于、等于下列数值：①位置： $\pm 1/2$ 破裂长度；②大小： $\pm 1/2$ 破裂长度或 ± 0.5 级；③时间： $\pm 20\%$ 复发时间；④概率：预测正确次数/（预测正确次数+预测失误次数）。而这些地震发生前的“预警”信息均存在不同程度上的遗漏，往往不涉及地震发生的确切时间，以及具体的震中位置。实际上，这些“预警”应该算是对未来地震的风险性分析，人们则可以借此提高对未来地震的警惕性。

2.2 发生于复杂的地质背景

海地地震的构造背景除了加勒比以及北美板块外，还有镶嵌在这两个板块之间更小的板片或“小板块”（例如 Gonvave 小板块）。此外，海地地震主要是加勒比与北美板块的水平碰撞所致（释放能量大，破坏性强），而世界上其他地方的大多数地震则是由于板块间的相互俯冲所致。

日本名古屋大学研究生院地震、火山和防灾研究中心研究人员的分析表明，智利地震的震源断层可能从海沟沿线延伸到距离震中约 340 km 的圣地亚哥附近，所以圣地亚哥才出现强烈晃动。印尼的苏门答腊地区是一个大地震活跃区，由于地质构造背景的复杂，科学家们一直无法准确预报该地未来大地震的发生时间。

2.3 多发于环太平洋地震带

除了以上提及的三次地震外，2010 年初以来全球还发生了其他几次大地震：①2010 年 1 月 4 日，所罗门群岛发生 7.1 级地震；②2010 年 2 月 27 日，日本琉球群岛发生 7.0 级地震；③2010 年 4 月 5 日，美国下加利福尼亚和墨西哥交界处发生 7.2 级地震。从这些地震发生的地理位置来看，多位于环太平洋地震带上（图 5）。

环太平洋地震带是全球分布最广、地震最多的地震带，所释放的能量占全球的 80% 以上。全球约 90% 的地震都发生在环太平洋地震带上，而 7 级以上的强震有 80% 以上发生在这一区域。

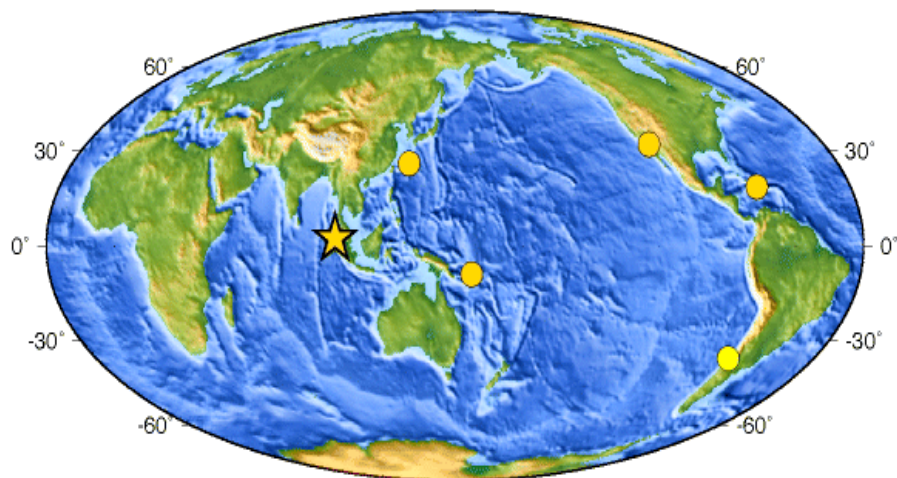


图 5 2010 年初以来全球 7 级以上地震发生位置（数据截止日期为 2010 年 4 月 15 日；2010 年 4 月 14 日中国青海玉树地震 USGS 定为 6.9 级，故该图没有标出）

2.4 这些地震间不存在关联

法国巴黎地球物理学院的地震学家 Eléonore Stutzmann 表示，海地和智利地震都是板块移动造成的，但两次地震没有任何关联。海地地震是加勒比板块和北美板块发生水平运动碰撞所致，而智利地震则是紧邻南美洲西海岸的纳斯卡板块俯冲到了南美板块之下。

美国地质调查局的 Paul Caruso 表示，由于发生在智利、海地和日本的地震间的距离太大，很难将他们联系起来。

亚利桑那大学的地质学家 Ramon Arrowsmith 也认为智利地震与日本的 7.0 级地震没有直接关系。因为距离太遥远了，不可能是直接引发的。因为如此遥远的距离，海地或日本地震传来的地震波在衰减之后变得非常微弱。但是，如果智利的断裂带已经近乎断裂，这些微弱的地震波也可能使之越发接近于断裂。

2.5 抗震建筑突显防灾力

海地与智利两个地震相隔不到 50 天，一个 7.0 级，发生在中美洲，死亡近 30 万人；另一个 8.8 级，发生在南美洲，几百万人受灾，死亡 799 人。此外，智利地震释放的能量是海地地震的近 800 倍，而监控录像表明，智利地震时，地面震动幅度非常之大，震动时间非常之长，非其他地震可以与之相比。但是，为什么智利地震造成的损伤却比海地地震小呢？加拿大蒙特利尔大学地球物理学教授嵇少丞表示，答案其实很简单——建筑的质量。

地球科学顾问委员会的 McCann 指出，海地的首都建立在沉积层上，而非坚硬的岩床，因此整个地区在地震时就像是在一个碗中抖动的果冻。作为西半球最贫穷的国家，海地缺乏合理的建筑标准，而这正是强化建筑以抵抗震动所必需的。同时他还指出，海地这个国家“几乎没有执行”已有的建筑标准，而这导致数以万计的人死亡。

2.6 争议：全球进入地震活跃期？

鉴于 2010 年初以来的多次强震，人们感觉全球似乎进入了地震活跃期。但是，专家们的意见却各不相同。

(1) 支持者

密苏里科技大学的地球物理学家 Stephen S. Gao 认为，相对于 20 世纪 70 年代中期到 20 世纪 90 年代中期的 20 年，地球在过去 15 年间确实更加活跃。人们尚未找到其中的原因，这可能只是因为地球岩石圈的应力场由于自然原因而发生了暂时性的改变。

中国地震台网中心的研究员孙世铤也认为目前地球已进入强震高发期，他的依据是对过去 100 年地震历史资料的分析。20 世纪 100 年前 60 年，全球发生 8.5 级以上地震是 7 次，也就是从 1964 年的阿拉斯加 8.5 级地震以后，在之后的四五十年里，

全球没有发生过一次 8.5 级地震。但自 2004 年底的印尼 9.1 级大地震以来 5 年多的时间，全球发生了 4 次 8.5 级以上的强震。

(2) 反对者

亚利桑那大学的地质学家 Ramon Arrowsmith 表示，人类的记忆相对短暂而不完整，世界各地的通信则越来越发达。在这种情况下，人们了解到更多关于地震的消息，所以地震好像更加频繁了。但是，这可能并不表明强烈地震的发生频率出现了全球性的变化，因为全世界平均每年也只发生一次 8 级地震（表 1）。

表 1 全球地震发生频率统计（来源：USGS）

震级	年平均
8.0 以上	1 (1900~2009)
7~7.9	15 (1990~2009)
6~6.9	134 (1990~2009)
5~5.9	1 319 (1990~2009)
4~4.9	13 000 (估计)

英国剑桥大学地球科学系教授 Keith Priestley 认为，近来发生在海地和智利的地震广受关注，不过海地地震单从震级上讲并不罕见，其造成巨大破坏主要是因为当地人口密集和建筑抗震性能较差，全球每年都会发生十多次类似的里氏 7 级以上地震。智利地震震级虽然较高，但从过去全球平均每年会发生一次里氏 8 级以上地震来看，这也算不上异常。

牛津大学地球科学系教授 Mike Searle 称，当前全球地震活动并未明显超出正常水平。此外，他还指出，在地质板块冲突的地区，如喜马拉雅山地区、印度尼西亚苏门答腊岛附近地区、秘鲁和智利附近地区都可能是近期发生地震的热点地区。

参考文献：

- [1] Jian Lin. WHOI expert: Haiti quake occurred in complex, active seismic region.
<http://www.who.edu/page.do?pid=7545&tid=282&cid=66766&ct=162>
- [2] 美科学家称两年前就曾发出海地地震预警.
<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2010/1/227314.shtm?id=227314>
- [3] Richard A. Kerr. Foreshadowing Haiti's Catastrophe. Science, 2010(327):328
- [4] 日本专家详解智利大地震成因.
<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2010/3/228944.shtm?id=228944>
- [5] Chile Earthquake Moved Entire City 10 Feet to the West.
<http://www.wired.com/wiredscience/2010/03/chile-earthquake-moved-entire-city-10-feet-to-the-west/>
- [6] John McCloskey, Dietrich Lange, et al. The September 2009 Padang earthquake. Nature Geoscience, 2010: 70-71
- [7] Wyss M. Evaluation of proposed earthquake precursors. American Geophysics Union, Washington D C, 1991, 94pp

(赵纪东 整理)

鲜水河断裂带未来的地震风险

2010年4月14日,地处青藏高原东部的青海省玉树州发生了7.1级地震。此次地震发生在左行走滑的鲜水河断裂带西段,震源机制为左行走滑兼逆冲性质。

进入21世纪以来,处于我国大陆的青藏高原内部一共发生了4次7级以上大地震,分别是2001年11月14日昆仑山里氏8.1级大地震、2008年3月21日新疆于田里氏7.3级大地震、2008年5月12日四川汶川里氏8.0级大地震以及此次玉树7.1级地震。这四次地震中有三次(昆仑、汶川、玉树)发生在夹持于鲜水河断裂带、东昆仑断裂带和龙门山断裂带之间的松潘—甘孜活动块体的边界断裂带上。

在此次玉树地震发生三小时后,加拿大蒙特利尔大学地球物理学教授嵇少丞在其博客中指出(中国科学院地质与地球物理研究所研究员付碧宏等以博文推荐的方式认同该观点):玉树地震可能会带动同一断裂带的中段(四川省甘孜、炉霍、道孚)和东段(康定、磨西、石棉)以及龙门山南段(宝兴、天全)等地发生强震。

1 鲜水河断裂带的定义及背景情况

1.1 狭义的鲜水河断裂带

狭义的鲜水河断裂带是一条北西走向的弧形左旋走滑断裂带,位于青藏高原东北缘的四川西部地区。在几何结构上,其大致划分为三大段:①北西段,由炉霍断裂、道孚断裂和乾宁断裂呈左阶斜列而成,各断裂之间在走向上有 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 的偏折,形成向东北突出的弧形,总体结构较单一;②南东段,其进一步向南偏转,由康定断裂和磨西断裂连接而成,结构比较复杂;③中段,北西段和南东段之间有约 20° 的偏转角,是一个新破裂的连接区,由大致平行的折多塘断裂和色拉哈断裂等组成,可称为中段。断裂带北西段、中段和南东段的晚第四纪平均走滑速率分别为:12~14 mm/a、2~5 mm/a 和 8 mm/a。

1.2 广义的鲜水河断裂带

广义的鲜水河断裂带是松潘—甘孜(巴颜喀拉)地块与羌塘地块的分界线(图6),该断裂带自青海省的玉树向东南延伸,经四川省的甘孜、炉霍、道孚、康定、磨西,过了石棉之后转为近南北走向,并分成两支:东支叫普雄河断裂;西支叫安宁河—则木河断裂,途经西昌、普格和会理。普雄河断裂和安宁河—则木河断裂在云南境内称之为小江断裂,小江断裂向南延伸,最后在云南省元江附近与红河断裂相交。

因此,玉树—甘孜—鲜水河—安宁河(则木河)—小江断裂带即为广义的鲜水河断裂带(即为本文所指,简称鲜水河断裂带),所以由北西向南东可将其划分为四段:玉树—甘孜断裂带,狭义的鲜水河断裂带,安宁河—则木河断裂带及小江断裂带。在整体构造上,整个鲜水河断裂带穿过了三江褶皱带、甘孜复理石带、义敦火山岩带,以及康滇地轴(图7)。

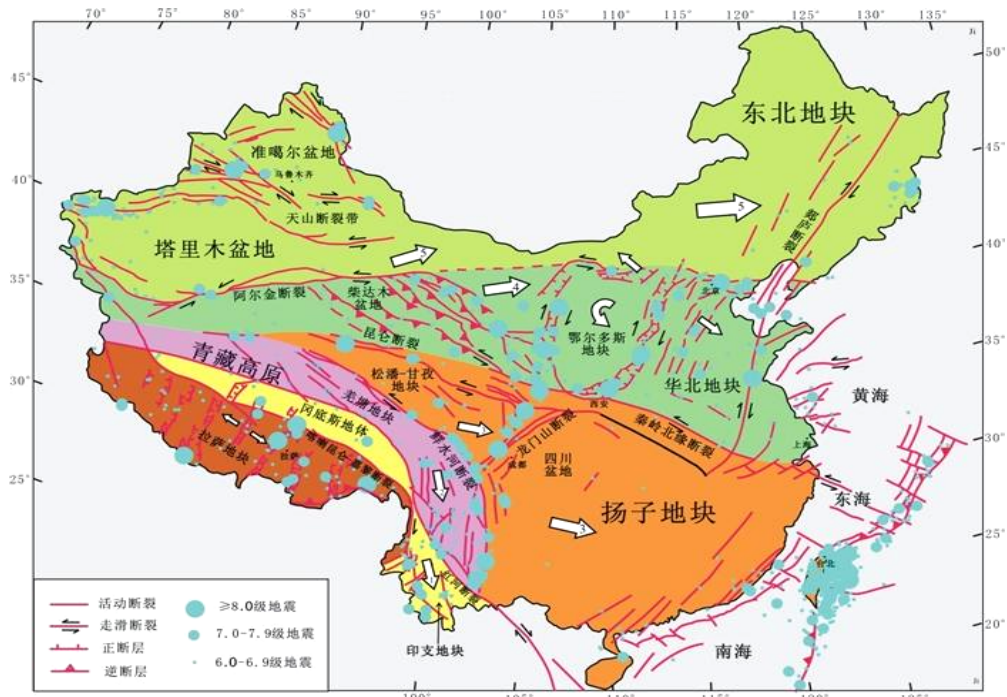


图6 中国现代活动构造与 $M_s \geq 6.0$ 级地震分布

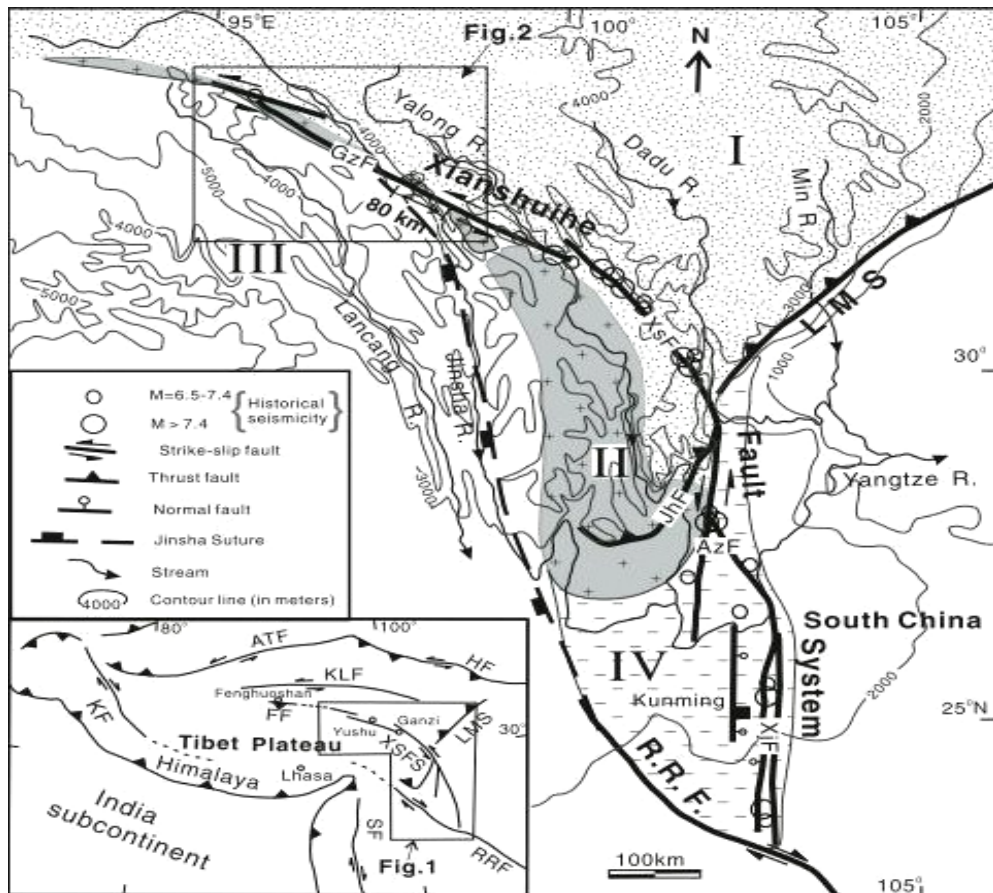


图7 鲜水河断裂带区域构造图（注：GzF为甘孜—玉树断裂；XsF为狭义的鲜水河断裂；AzF为安宁河—则木河断裂；XjF为小江断裂；jhF为小菁河断裂；RRF为红河断裂；I为甘孜复理石带；II为义敦火山岩带；III为三江褶皱带；IV为康滇地轴）

总体上讲，鲜水河断裂带是一条大型的左旋走滑剪切带。晚新生代，其总走滑位移量从西北向东南逐渐减小：在玉树—甘孜段为 78~100 km，炉霍—康定段有 60 km，安宁河—则木河段 13~15 km，整个小江断裂带上有 30 km。现今，鲜水河断裂带左旋走滑速率为 10~13 mm/a。

2 未来地震风险

2.1 中段和东段

历史上，鲜水河断裂带曾发生过至少 13 次 7 级或大于 7 级的强震（图 6），如：

（1）1923 年 3 月 24 日，四川炉霍一道孚发生 7.25 级地震。炉霍全县的官署民房全部倾陷，死 3 000 余人，道孚县死亡总数超过 1 500 人。

（2）1955 年 4 月 14 日，康定折多塘发生 7.5 级地震。地震裂缝密集成带，总长约 30 km。山崖垮塌严重，飞沙走石，埋没公路，河水上涨。

（3）1981 年 1 月 24 日，甘孜藏族自治州道孚县发生 6.9 级地震。地震引起地裂缝、鼓包、滑坡、崩塌以及喷砂冒水。

鲜水河断裂带上其他段历史上都发生过强震，惟独青海玉树和四川石棉地区没有强震记载（玉树目前已经发生强震，可暂不包括在内），仅有 1989 年 5 月的 5.3 级地震和 2008 年 6 月 18 日的 4.7 级地震。唐汉军等（1995）曾在石棉县新民乡花岗岩中发现出现在 16 000~17 000 年前一次强烈古地震的遗迹，说明鲜水河断裂在石棉地区目前呈闭锁状态，有发生大震的危险。

加州理工学院的 Allon 等曾利用 Bonilla 等（1984）的统计结果，估算出鲜水河断裂带 1786 年 7.75 级地震平均位错为 1.3 m（平均位错=最大位错的 30%），这样求得地震复发周期约为 260 年。考虑到 $M=7.75$ 地震的平均破裂长度可达 135 km，他们预测，以康定为中心的该断裂带南东段，下次地震产生的破裂可能从乾宁南东直抵石棉附近，届时一个很大的地区将受到震撼。

2.2 龙门山南段

云南省境内的小江断裂是川滇活动地块和稳定的扬子地块边界，它北起滇川边界金沙江的巧家县北，向南经东川、宜良、通海、建水，最后并入红河断裂，走向近南北，平均水平滑移速率 10 mm/a。自东川小江村起，小江断裂分东西两支，近乎平行向南延伸。小江断裂是一条构造成熟度较低的断裂带，带内有多条次级断层，彼此雁行排列，形态复杂，不仅断裂阶区多，断层面陡且转弯亦多，这些部位常处于闭锁状态，应力易强烈集中而引发强震。

1500 年以来，仅在小江断裂的云南段上就发生 10 多次大于 6 级的地震，如：1500 年 1 月 4 日宜良 7.5 级地震、1588 年 6 月 18 日曲江 7.75 级地震、1789 年 6 月 7 日华宁 7.0 级地震、1887 年 12 月 16 日石屏 7.0 级地震、1909 年 5 月 11 日华宁 6.5 级地震、1966 年 2 月 5 日东川 6.5 级地震。

最近的一次强震是 1970 年 1 月 5 日的通海 7.7 级地震，此次地震使通海、建水、峨山、华宁、玉溪一带 15 621 人死亡，32 431 人伤残。地震后，沿曲江断裂分布许多地裂缝，全长近 60 km，构成了巨大的地裂缝带。其中主干地裂缝不受任何地形约束，跨沟越岭，长达数千米，最宽处达 20 m 左右，具右旋水平错动性质，最大水平错距 2.2 m。

嵇少丞等（2008）通过分析认为：在四川省境内，映秀—宝兴—泸定一线的龙门山南段以及它与鲜水河—安宁河断裂交界的地区是一个重要的地震空白区，随时都有发生强震的可能，但具体的发震时间目前尚无法预测。

参考文献：

- [1] 嵇少丞. 青海玉树地震的背景情况
http://www.sciencenet.cn/m/user_content.aspx?id=311826
- [2] Shifeng Wang, Chun Fan, et al. Late Cenozoic deformation along the northwestern continuation of the Xianshuihe fault system, Eastern Tibetan Plateau. *GSA Bulletin*, 2008(120): 312- 327
- [3] 嵇少丞, 许志琴, 等. 亚洲大陆逃逸构造与现今中国地震活动. *地质学报*, 2008 (12): 1643-1667
- [4] Allen, C. R., Qian H., Wen X., Zhou H., and Huang W., 1991, Field study of a highly active fault zone: The Xianshuihe fault of southwestern China: *Geological Society of America Bulletin*, v. 103, p. 1178~1199
- [5] 徐天德. 鲜水河断裂带研究进展. *四川地质学报*, 2009(29): 65- 69

（赵纪东 整理）

中美科学家联合开展板内地震研究

俄克拉荷马大学（University of Oklahoma, OU）研究人员协同中国科研人员对板内地震（通常远离板块边界）进行深入研究，旨在通过该项研究来减小中国和俄克拉荷马州发生地震所造成的生命财产损失。

历史上伤亡最惨重的地震发生在中国（明嘉靖关中大地震），遇难人数达 830 000 人，而这次强震的发生地远离地震板块边界。

最近数月以来，一支由俄克拉荷马大学 Randy Keller 教授率领的康菲地质与地球物理学院（ConocoPhillips School of Geology and Geophysics）的地球物理学家们在中国同行的协助下完成了两个较大规模的地震研究项目，这将有助于深入了解毁灭性板内地震的成因。对于该项工作做出贡献的还有 Keller 教授在俄克拉荷马州地震调查局的同行，他们对俄克拉荷马州境内的板内地质构造进行了考察。

在中国境内的首次研究中，该团队在从北京附近延伸至蒙古的剖面上部署了 500 个地震仪。基于此，俄克拉荷马大学联合中国地质科学院成功绘制了地表至地下约 40 英里处的地震波速变化图像。该项工作同时也是中国“深部探测技术与实验研究”（SinoProbe）项目的一部分。SinoProbe 专项是一个历时五年的综合性研究计划，共

包括对岩石圈以及地表外层进行地质和地球物理研究的八个子项目。

2010年1月，Keller及其同事与中国地震局和中国部分高校共同组队进行了第二次野外实验，他们在1976年曾遭受强震的唐山城区及其周边部署了一系列地震仪。唐山市处于断裂带之上，因此该项工作的目的是基于新数据重新判定断裂带边界，并评估地震灾害风险。研究小组将利用采集来的数据绘制该区域地表下20英里内的地质构造图像。

该项目所采用的地震记录仪器最初由Keller与他人共同设计，美国国家科学基金会提供给密苏里大学和俄克拉荷马大学200万美元的科研经费为Keller团队提供部分经费支持，中国政府对该项目在中国境内进行的大多数研究活动提供资助。俄克拉荷马大学通过吸纳中国科研人员与研究生参与数据处理、建模以及分析来继续其与中国合作。

（白光祖 译 赵纪东 校）

原文题目：Understanding Intraplate Earthquakes

来源：<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100412175829.htm>

MIT Technology Review: 中国缺乏地震预警系统

青海玉树地震所导致的惨剧再一次提醒人类，迫切需要预警技术来应对这种毁灭性的自然灾害。加州理工学院地震实验室前主任、地球物理学教授、著名地震学家 Haroo Kanamori 表示，中国无疑缺乏地震预警系统，但这并非个例。大多数国家，包括美国，都仍处在研究阶段。即使是部署了这种系统的日本、墨西哥和台湾地区，也仍在使用中不断改进。

地震预警系统只能提供几秒钟的预警时间，但这足够让人们采取适当的保护措施。未来，更多的投资和研究将会改进这种系统预警的速度和效率。地震预警系统的原理非常简单。地震首先从被称为 P 波的震动开始，P 波波长很短，一般不会引起损害，但人类感觉不到。几秒钟之后被称为 S 波的长波震动到达（精确的时间取决于与震中的距离），它导致大地和建筑物晃动，引发灾害。地震预警系统由一系列监测 P 波并发出电子警报的地震仪组成，将这些传感器联网可以提高系统的准确度。

总的来说，地震预警系统目前还不够成熟。Haroo Kanamori 称，现在预警系统还是种探索，仍处于发展阶段，但它是目前进行“短期预报”的唯一方法。日本拥有世界最先进的地震预警系统，2007年10月，日本启用了通过大众媒体（包括电视和因特网）发布警报的地震预警系统。此前很早，日本就采用了一种专门用于警告和令子弹头火车减速的系统。新的预警系统面向普通民众，让他们采取相应措施，包括离开电梯、藏身于桌下或避开砖墙等。几秒钟的预警在建筑工地足以救命，比如，让工人抱住房梁或将吊车停在安全位置。台湾地区和墨西哥也在推广类似系统，此外，还有七八个国家也在进行相关研究。

地震预警系统的一个重要问题是需要广阔的地理区域布设大量传感器，传感器越多，地震震中和强度就计算得越准确。为了弥补传统地震仪的不足，一些研究者提出在笔记本电脑里加装传感器件，使之成为分布式 P 波传感器。虽然笔记本电脑传感器不是很敏感，但因为它们数量巨大会有价值。Haroo Kanamori 指出，如何将笔记本电脑联合起来使用是个技术问题，但如果数量足够大，就会有效果。

如果在地震之前中国安装了地震预警系统，它的效果也会被建筑物的低劣质量所抵消。Haroo Kanamori 认为，那些地区（中国发生地震的地区）根本没有地震预警系统，即使有，糟糕的建筑物里有那么多人，他本人真不知道在那样的环境下预警系统会有多大效果。

当然，即使是像日本那样很完备的系统，也受制于预警时间的短暂。例如，2004 年，日本中部发生地震。一趟子弹头火车正好经过那里，多亏火车地震预警系统，列车断开电流，紧急刹车。但是，3 s 后，6.5 级的地震就呼啸而至，列车因来不及完全减速而出轨，这是子弹头火车 40 年来第一次出轨。

目前，美国和几个欧洲国家正在对地震预警系统进行研究。虽然加州的几所大学研制并实验过一套预警网络，但美国政府并没有安装面向公众的系统。Haroo Kanamori 称，没有发生大地震是幸运的，但是，也正因为没有发生地震，就没有动力来启动面向公众的预警系统。

（赵纪东 整理）

原文题目：China Lacks Earthquake Early-Warning System

来源：<http://www.technologyreview.com/computing/20772/?a=f>

美国地质调查局加强地壳变化监测

在《美国恢复与再投资法案》（ARRA）的框架下，美国地质调查局（USGS）近日（2010 年 4 月中旬）向加州大学伯克利分校、中央华盛顿大学（Central Washington University）、加州大学圣地亚哥分校、以及美国卫星导航系统与地壳形变观测研究大学联合体（UNAVCO）提供共计 270 万美元的经费，以改善现有监测网络，加强对地震多发区断层活动所引起的地壳细微变化的监测。

监测地壳的细微变化（一般监测不到，除非采用先进的大地测量技术）是评估大地震发生概率的重要组成部分。为了获得实时监测的最佳效果，现有的很多监测站需要采用现代化传感器，并改善其通讯系统。通过 6 个合作协议所提供的资金将用于更换过时（可能已有 10 多年之久）的传感器，并升级现有的通讯系统，进而使数据实时传输更加可靠。地震与地质灾害高级科学顾问 David Applegate 表示，测地学方面的这些改善将大大增强 USGS 及其合作者对危险断层应力累积过程的实时监测。

（赵纪东 编译）

原文题目：USGS Awards \$2.7 Million in Stimulus Funding to Improve the Detection of Changes in the Earth's Crust

来源：http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=2443&from=rss_home

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(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 王金平

电话:(0931)8270322 8271552

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