

张勇, 许力生, 陈运泰. 2010. 2010年2月27日智利地震破裂过程快速反演. 地震学报, 32(2): 242-244.
Zhang Yong, Xu Lisheng, Chen Yun-tai. 2010. Fast inversion of the rupture process of 27 February 2010 Chile earthquake. *Acta Seismologica Sinica*, 32(2): 242-244.

2010年2月27日智利地震 破裂过程快速反演^{*}

张 勇¹⁾ 许力生^{1,†} 陈运泰^{1,2)}

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所

2) 中国北京 100871 北京大学地球与空间科学学院

摘要 运用地震破裂过程快速反演方法, 在2010年2月27日智利地震发生后, 采用全球地震台网(GSN)的宽频带地震资料, 反演了这次地震的破裂过程, 在震后约3.5小时得到了这次地震破裂过程的反演结果。结果表明, 这次智利地震的破裂过程具有如下基本特征: ①矩震级为 M_w 8.6; ②地震破裂持续时间约为150 s; ③包括4个滑动量集中分布区域, 最大滑动量约为8 m, 最大滑动速率约为0.8 m/s; ④这次地震总体上是一次不对称的双侧破裂事件, 破裂从破裂起始点(震源)开始, 同时向南北两个方向扩展, 但以向北扩展的破裂为主。

关键词 地震破裂过程 快速反演 智利地震 地震应急响应

doi:10.3969/j.issn.0253-3782.2010.02.012 中图分类号: P315.3 文献标识码: A

Fast inversion of the rupture process of 27 February 2010 Chile earthquake

Zhang Yong¹⁾ Xu Lisheng^{1,†} Chen Yun-tai^{1,2)}

1) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

2) School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

Abstract: The rupture process of 27 February 2010 Chile earthquake was obtained by inverting the broadband seismic data of Global Seismographic Network (GSN) based on the fast inversion method of earthquake rupture process. It is found that the Chile earthquake has several basic characteristics as follows: ① Moment magnitude is about M_w 8.6; ② Rupture duration time is about 150 s; ③ There are 4 slip patches and the peak slip and sliprate are about 8 m and 0.8 m/s, respectively; ④ This earthquake is mainly a bilateral rupture event with the rupture propagating both southward and northward from the rupture initiation point (hypocenter), and mainly propagating northward.

Key words: earthquake rupture process; fast inversion; Chile earthquake; earthquake emergency response

* 基金项目 国际合作项目(2008DFA21340)和中国地震局地震行业科研专项(200808068, 200708031)资助。中国地震局地球物理研究所论著 10AC1014。

收稿日期 2010-03-15 收到初稿, 2010-03-20 决定采用修改稿。

† 通讯作者 e-mail: xuls@cea-igp.ac.cn

据我国国家地震台网中心测定, 协调世界时 2010 年 2 月 27 日 6 点 34 分(北京时间 2010 年 2 月 27 日 14 点 34 分), 智利中部发生了 $M_s 8.5$ 地震, 震中位置 $35.8^{\circ}\text{S}, 72.7^{\circ}\text{W}$, 震源深度 33 km。地震发生后, 作者运用近 10 年来发展的地震破裂过程快速反演方法 (Chen, Xu, 2000; Xu *et al.*, 2002; 张勇, 2008; 张勇等, 2008), 快速反演了这次地震的破裂过程, 并于 2010 年 2 月 27 日 17 时 45 分左右(北京时间)得到和发布^①了这次地震的破裂过程结果。本文报道这次智利地震破裂过程快速反演结果。

反演中采用由 IRIS 数据中心下载的全球地震台网(GSN)远震宽频带竖直向 P 波波形数据, 运用反射率方法(Kennett, 1983)和经过展平变换的 IASPEI91 速度结构模型(Kennett, Engdahl, 1991)计算格林函数。根据智利地区的构造背景, 确定倾向南东的节面为发震断层的断层面。

1 反演结果

图 1a 是下载得到的 18 个地震台的位置分布图。参考 USGS 最早发布的 W 震相矩张量测定结果(节面 I: 走向 16° 、倾角 14° 、滑动角 104° ; 节面 II: 走向 181° 、倾角 75° 、滑动角 86°), 我们选择了倾向南东的发震断层面: 走向 16° 、倾角 14° 。采用了滑动角可变的破裂过程反演方法, 得到了这次地震的破裂过程结果(图 1)。由反演得到的断面上的滑动量分布(图 1b)可见, 地震破裂主要发生在走向 16° 、倾向南东(SE)、倾角为 14° 、长约 500 km、宽约 200 km 的断面上, 滑动角总体上为 112° , 走滑分量略大于矩张量反演的结果。断面上包括 4 个主要的滑动量集中分布区域(图 1b 中深红—红—黄色区域), 分别位于震中以南, 震中附近, 震中以北和震中以北偏西(图 1d 中深红—红—黄色区域), 有效破裂面积约为 $100\,000 \text{ km}^2$ 。断面上最大滑动量达到 8 m, 对应的最大滑动速率约为 0.8 m/s, 位于震中附近滑动量集中区域(图 1b 和图 1d 中深红色区域)。从震源时间函数(图 1c)看, 这次地震包括多个子事件, 其中最大的一次子事件的峰值出现在破裂起始后约 80 s。整个地震的地震矩 $M_0 = 1.04 \times 10^{22} \text{ N} \cdot \text{m}$, 相当于矩震级 $M_w 8.6$ 。滑动量分布在地面的投影表明(图 1d), 滑动量较大的区域主要位于震中和震中南北方向上, 其中北侧略占优势, 表明这次地震是一次不对称的双侧破裂事件。

2 讨论

智利位于太平洋板块和南美板块之间, 太平洋板块在这里俯冲至南美板块下面, 形成了一个地震活动极其活跃的一个区域。历史上, 智利曾经发生过多次大地震和特大地震, 其中最大的一次为 1960 年发生的 $M_w 9.5$ 地震, 破裂长度超过 1000 km, 引发的巨大海啸贯穿整个太平洋。这次地震也是人类历史上用仪器记录到的最大的一次地震。

2010 年 2 月 27 日智利地震震中位于 1960 年地震震中以北, 其主要破裂区介于智利两大城市圣地亚哥和康塞普西翁之间(图 1d)。由于这次地震的发震断层倾角较小(14°), 对位于断面上盘的区域而言, 造成破坏的破裂主要来源于该区域正下方的断面上的破裂。圣地亚哥和康塞普西翁都位于此次地震断层的上盘, 对圣地亚哥造成破坏的破裂主要发生在圣地亚哥下方约 60 km 深处; 而对于康塞普西翁, 对其造成破坏的破裂主要发生在

^① http://www.ceic.ac.cn/subjects/20100227143416/20100227143416_polie.jsp

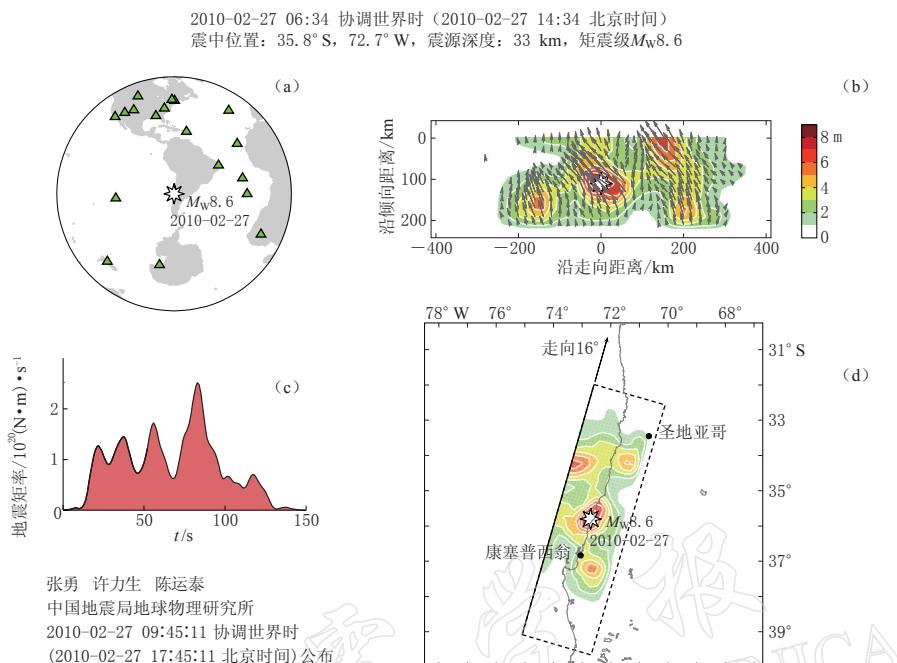


图 1 2010 年 2 月 27 日智利地震破裂过程快速反演结果

(a) 震中和地震台位置分布; (b) 静态滑动量分布; (c) 震源时间函数; (d) 断层面和滑动量分布在地面的投影。图(a)、(d)中八角星表示震中位置; 图(b)中八角星表示震源在断面上的位置; 图(d)中的实线表示断层线, 即断层面与地面的交线, 虚线表示断层面的边界在地面的投影

Fig. 1 Fast inversion results of 27 February 2010 Chile earthquake

(a) Distribution of locations of earthquake epicenter and seismic stations; (b) static slip distribution; (c) source time function; (d) projection of rectangular fault plane and static slip distribution on the ground surface. Aniseed stars denote the location of epicenter in (a) and (d), and the position of hypocenter on fault in (b). Full line in (d) is the fault trace, *i.e.*, the intersection of fault plane and ground surface. Dot lines in (d) are the projection of the other 3 edges of the rectangular fault plane on the ground surface

地表以下约 30 km 处, 相对圣地亚哥要浅一些。此外, 康塞普西翁下方的破裂剧烈程度也比圣地亚哥下方的破裂强一些。因此通过本文得到的破裂过程快速反演结果可以推测, 康塞普西翁遭受的破坏可能会比圣地亚哥更为严重。

参 考 文 献

- 张勇. 2008. 震源破裂过程反演方法研究[D]. 北京: 北京大学地球与空间科学学院: 1-158.
- 张勇, 冯万鹏, 许力生, 周成虎, 陈运泰. 2008. 2008 年汶川大地震的时空破裂过程[J]. 中国科学: D 辑, **38**(10): 1186-1194.
- Chen Y T, Xu L S. 2000. A time-domain inversion technique for the tempo-spatial distribution of slip on a finite fault plane with applications to recent large earthquakes in the Tibetan Plateau[J]. *Geophys J Int*, **143**: 407-416.
- Kennett B L N. 1983. *Seismic Wave Propagation in Stratified Media*[M]. Cambridge: Cambridge University Press: 1-339.
- Kennett B L N, Engdahl E R. 1991. Travel times for global earthquake location and phase identification[J]. *Geophys J Int*, **105**: 429-465.
- Xu L S, Chen Y T, Teng T L, Patau G. 2002. Temporal and spatial rupture process of the 1999 Chi-Chi earthquake from IRIS and GEOSCOPE long period waveform data using aftershocks as empirical Greens functions[J]. *Bull Seism Soc Amer*, **92**: 3210-3228.