

2007年甘肃部分地震的震源参数反演

李英, 许康生

(甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 2007年甘肃测震台网记录到 $M_L > 3.0$ 的地震43次, 本文选取了其中17例, 利用垂直向PG波初动波形进行了地震矩张量反演, 给出了最佳双力偶解, 并对一些地震发震背景和发震机理进行了分析讨论。对地震机理研究及未来地震预报提供了参考依据。

关键词: 地震; 地震矩张量; 反演; 震源机制; 甘肃

中图分类号: P315.75

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2009)04-0355-03

Focal Mechanism Inverssion of Partial earthquakes in Gansu Province, 2007

LI Ying, XU Kang-sheng

(Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In 2007, total 43 $M_L > 3.0$ earthquake were recorded in Gansu province. Among them 17 events are selected for focal mechanism inversion, using the method of seismic moment tensor inversion with P wave onset. The basic parameters of best double-couple are gotten. Based on the result, the earthquake tectonic backgrounds and mechanism in some areas of Gansu province are discussed. The result could afford reference to earthquake prediction in the region.

Key words: Earthquake; Seismic moment tensor; Inversion; Focal mechanism; Gansu

0 引言

甘肃处于青藏活动地块北部的昆仑—祁连山活动地块, 地跨新疆亚板块东部和青藏亚板块的甘青块体北部。除了受青藏块体构造活动控制外, 还受相邻地块运动的影响, 形成了地震活动的独特性和构造活动的复杂性。2007年甘肃数字地震台网共记录到 $M_L > 3.0$ 的地震43次。本文选取了其中17例地震, 采用地震矩张量反演方法, 给出这些地震的震源参数。

1 资料选取

资料选取依据有三条: (1) 震中距小于220 km, 保证初至波是PG, 避免初至波出现Pn, 影响反演结果的稳定性。 (2) 台站架设的仪器为宽频带地震仪, 以利于反演提取的是震源信息, 而非介质或背景场的信息。 (3) 保证仪器工作状态是正常的, 剔除波

形不连续或记录失真的资料。据此从43例 $M_L \geq 3.0$ 地震中选出了17例符合要求。

选取的台站包含两种仪器型号: 一种地震计为FBS-3, 频带范围20秒—20赫兹, 速度量输出, 数据采集器为EDAS-16, 分辨率为16位, 动态范围为96 dB, 工作采样率为50 sps; 另一种地震计为BBVS-60, 频带范围60秒—100赫兹, 速度量输出, 数据采集器为EDAS-24IP, 分辨率为24位, 动态范围为114 dB, 工作采样率为100 sps。为了计算的方便, 反演时将所有资料的采样率统一为50 sps。

2 资料处理

(1) 矩张量反演方法

由位移表示定理^[1], 震源体内在 t' 时刻 r' 处由等效体力密度为 f_i 产生的 t 时刻 r 处的位移为

收稿日期: 2009-01-05

基金项目: 地震行业科研专项(200708031-1); 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2009013

作者简介: 李英(1972-), 女(汉族), 山东掖县人, 工程师, 主要从事地震应急工作。

$$U_i(r, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_V G_{ij}(r, t; r', t') f_j(r', t') dV' dt'$$

这里 G_{ij} 表示介质效应的格林函数分量; U_i 表示位移分量; j 为等效体力的作用方向; V 为 f_i 不为 0 处的震源体积。在适当频率范围内可将格林函数在震源体内的某点附近展开为泰勒级数, 在点源近似情况下只取展开式的第二项(二阶矩张量), 那么泰勒级数的展开式可为

$$U_i(r, t) = G_{ij,k}(r, t; \xi, t') * M_{ij}(\xi, t')$$

假定地震矩的所有分量具有同样的随时间变化关系 $S(t')$ 的源, 则

$$U_i(r, t) = M_{jk} G_{ij,k}(r, t; \xi, t') * S(t')$$

U_i 表示位移分量; $G_{ij,k}(r, t; 0, 0)$ 为格林函数; $M_{jk}(0, t)$ 就是地震矩张量。

从上式可知, 位移可从地震记录数据得到, 格林函数可由本区域的水平层状地壳模型计算得到。在频域内用体波反演地震矩张量的问题就是一个求解线性方程组的问题, 从而求出地震矩张量 6 个独立分量的频谱; 变换到时域后, 经积分就可得到随时间变化的地震矩张量的 6 个独立分量。

(2) 格林函数的获得

在本地区地壳速度结构已知的情况下, 格林函数由理论地震图计算。根据甘肃地区的平均水平分层地壳模型, 通过广义反射透射系数法和离散慢度积分法, 计算出了甘肃地区的格林函数库, 这个库包含了半径为 500 km 范围内, 径向等分成 20 km 间隔的环形区域, 方位方向等分成 2° 间隔的扇形区域, 从而得到 4 522 个点的格林函数形成甘肃地区的格林函数库。本项研究所需的格林函数取自这一格林函数库^[3]。

(3) 地震矩张量反演

对所选的每一震例, 选取震中周围 3 个以上台站的数字地震记录, 采用中国地震局地球物理研究所许力生等编写的 quickMT 程序包, 截取垂直向的 PG 波进行地震矩张量反演, 观测波形和理论波形的拟合。平均相关系数为 0.83, 最好的相关系数为 1, 最差的相关系数为 0.55。从波形拟合情况来看, 反演结果可以接受。最后得到的最佳双力偶解见表 1。

表 1 2007 年甘肃地震(ML>3.0)的震源机制解

序号	日期	时间	纬度 N/ $^\circ$	经度 E/ $^\circ$	震级 /M _L	深度 /km	震中	节面 I			界面 II		
								走向/ $^\circ$	倾角/ $^\circ$	滑动角/ $^\circ$	走向/ $^\circ$	倾角/ $^\circ$	滑动角/ $^\circ$
1	2007-01-25	011:45:53.1	39.08	100.05	3.1	19	临泽	95	51	118	234	46	59
2	2007-02-01	06:38:13.1	35.27	106.63	3.8	13	华亭	186	84	-78	299	14	-156
3	2007-05-08	20:36:54.5	35.27	106.65	3.1	15	华亭	116	79	163	209	73	12
4	2007-06-18	08:23:03.6	35.27	106.62	3.6	18	华亭	186	85	-77	298	14	-158
5	2007-07-01	10:26:54.3	35.30	106.63	3.3	26	华亭	287	31	-178	195	89	-59
6	2007-07-10	21:07:14.7	35.25	106.80	3.1	37	平凉	36	20	29	278	81	107
7	2007-07-21	19:01:50.0	38.37	101.25	3.3	11	山丹	346	67	-43	95	51	-150
8	2007-07-22	17:34:31.7	38.35	101.30	5.3	19	山丹	112	38	78	307	52	99
9	2007-02-22	17:38:22.0	38.43	101.28	3.3	21	山丹	90	70	-145	346	57	-24
10	2007-08-03	12:36:52.0	35.22	106.65	3.3	18	华亭	286	82	-59	29	32	-164
11	2007-08-04	22:31:32.2	35.27	106.67	3.1	22	华亭	165	84	-91	355	6	-80
12	2007-09-04	08:50:52.3	35.25	106.63	3.1	22	华亭	75	14	-47	211	80	-100
13	2007-09-19	12:20:58.7	35.18	106.75	3.3	14	华亭	35	7	117	187	84	87
14	2007-09-28	23:40:18.3	35.25	106.58	3.4	11	华亭	34	74	28	295	63	162
15	2007-10-16	13:16:59.3	38.48	102.17	3.3	35	金昌	300	35	-176	207	88	-55
16	2007-10-16	14:11:26.8	38.47	102.15	3.0	31	金昌	200	87	-61	296	29	-173
17	2007-11-04	17:10:29.2	35.33	106.58	3.2	16	华亭	219	58	-117	83	41	-54

3 发震背景的初步分析

3.1 华亭地震的发展背景

如图 1 所示, 华亭地震多发生在云雾山断裂的南端, 从计算结果看不出走向和倾角的规律性, 但我们注意到滑动角多为负值, 应具有正断层性质。由于华亭地震多发生在华亭煤矿的矿区, 从地震记录的波形形态看与其它的通常意义上的地震有明显区别, 显示出触动较弱, 高频成分损失较大的特征, 初

步认为华亭地震应属矿震, 孕震过程和发震受到构造应力和人类采矿引起的附加应力双重因素的影响, 所以表现出走向和倾角的不规律性, 从得到的滑动角推测, 这些地震多为受云雾山断裂控制的顶板冒落型矿震。当然较为肯定的结论还有待于进一步积累资料和研究。

3.2 山丹地震的发展背景

如图 2 所示, 2007 年山丹地震的计算结果表明

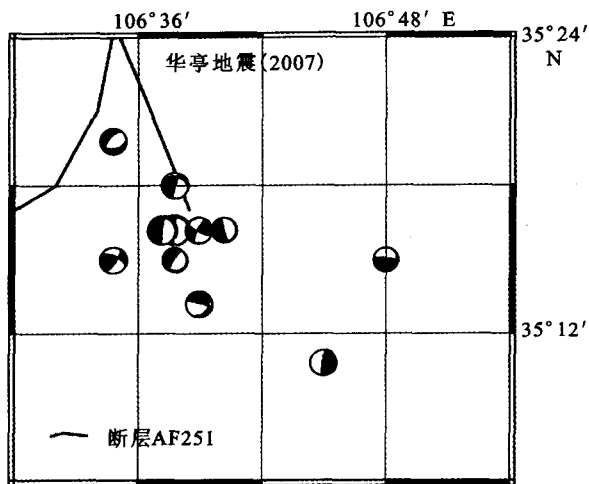


图1 华亭地震震源机制解

Fig. 1 Focal mechanisms of earthquakes in Huating area.

地震的断层走向在 $307^{\circ}\sim 345^{\circ}$ 之间,倾角在 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 之间,与实际的地质资料结果相一致,可以认为是祁连山北缘断裂活动的结果。甘青块体向北东向运动受到阿拉善地块的阻挡,形成强烈的挤压推覆构造运动,是这一区域主要的发展背景。

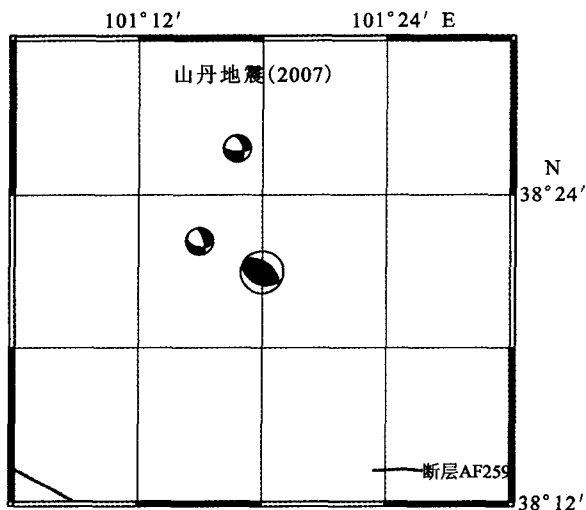


图2 山丹地震震源机制解

Fig. 2 Focal mechanism of earthquakes in Shandan area.

3.3 金昌地震的发展背景

如图3所示,计算结果表明金昌地震的断层走向约 300° ,倾角在 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 之间,与实际的地质资料结果相一致,可以认为2007年金昌发生的地震是龙首山南缘断裂活动的结果。其大地构造背景与山丹地震的背景是一致的,所不同的是金昌地震表现出正断层兼走滑性质。

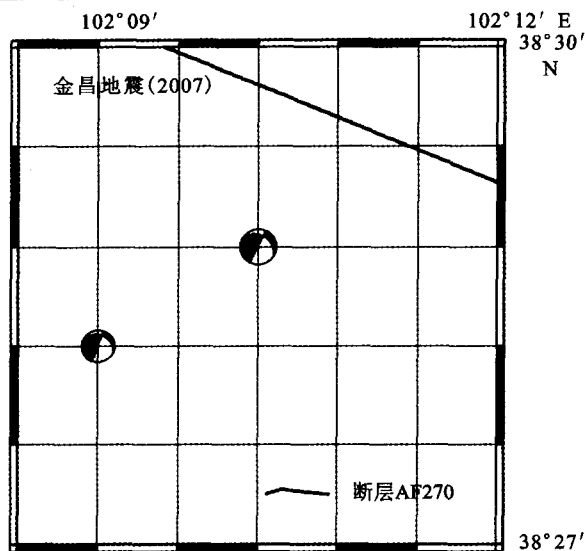


图3 金昌地震震源机制解

Fig. 3 Focal mechanism of earthquakes in Jinchang area.

4 结果与讨论

(1) 从反演的拟合精度与实际的区域地质背景对比分析表明,反演的结果是可靠的;

(2) 对华亭地震震源参数的分析,初步认为华亭地震是云雾山断裂构造应力和人类采矿引起的附加应力双重因素作用的结果;

(3) 山丹地震和金昌地震是处在西南部的甘青块体和处在东北部的阿拉善地块共同作用的结果;

(4) 本文结果可为研究本地区震源物理过程及地震预报提供参数。

[参考文献]

- [1] 倪江川,陈运泰,陈祥雄.地震矩张量及其反演[J].地震地磁观测与研究,1991,12(5):2-3.
- [2] 李英,张淑贞,许康生.小波降噪方法在地震信号处理中的应用[J].西北地震学报,2006,28(2):159-162.
- [3] 许康生.兰州数字地震台网的格林函数库与快速矩张量反演研究[J].地震地磁观测与研究,2004,25(增刊):103-109.
- [4] 杨立明,刘小凤.祁连山地震带地震短期综合预报方案研究[J].西北地震学报,2006,28(3):193-203.
- [5] 袁道阳,何文贵,刘小凤,等.10余年来甘肃省中强地震的发展构造特征[J].西北地震学报,2006,28(3):235-241.
- [6] 安张辉,吕子岚,杜学彬,等.甘肃各数字地震台下方地壳速度结构研究[J].西北地震学报,2008,30(3):270-275.