

张慧, 2015, 海南东北部地区地壳异性特征地震各向初步研究, 中国地震, 31 (2), 362 ~ 371。

# 海南东北部地区地壳地震各向异性特征 初步研究

张慧

海南省地震局, 海口市美苑路 49 号 570203

**摘要** 基于海南省地震台网 2000 ~ 2013 年的区域地震波形数据, 用剪切波分裂系统分析方法 (SAM) 获得了海南琼东北部地区“九五”数字台网中 2 个台站的剪切波分裂参数。结果表明, 快剪切波偏振优势方向代表了原地最大主压应力方向。七星岭台 NE 方向的快剪切波偏振优势方向与区域水平主压应力场方向不一致, 与 NE 走向的断裂一致, 体现了局部构造和局部应力场的复杂性; 青山岭 NNE 向的快剪切波偏振优势方向揭示了 NNE 走向断裂的构造意义。同时, 本研究证实, 位于活动断裂上或几条活动断裂交汇部位的台站的快剪切波偏振优势方向与对所选用的小地震起控制作用的活动断裂走向一致, 而快剪切波偏振优势方向较为离散则反映了该区域复杂的断裂构造和应力分布特征。

**关键词:** 地震各向异性 剪切波分裂 主压应力 活动断裂 海南东北部

[文章编号] 1001-4683 (2015)02-0362-10 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

大量地震学研究表明, 不同深处的地壳介质均呈各向异性 (太龄雪等, 2008), 剪切波在各向异性介质中传播会发生分裂现象, 利用地壳中的剪切波分裂可以研究地壳介质的地震各向异性。剪切波分裂对介质的各向异性特征比较敏感, 一个地区的应力状态及应力变化对剪切波的分裂会产生一定影响 (高原等, 2008), 剪切波分裂参数能比较好地反映区域应力状态及局部构造特征, 尤其是对分析小尺度应力环境特征非常有效。此外, 剪切波分裂参数的分布特征与断层性质密切相关, 能很好地体现区域内部断裂的活动特征 (石玉涛等, 2009)。因此, 利用剪切波分裂特性可以分析区域地壳应力场的状态以及断裂分布特征。Gao 等 (2004) 研究表明, 剪切波分裂参数可以反映震前的应力积累和临震前的应力释放过程, 并可用于地震预测研究。

本文利用海南区域数字地震台网地震波形资料, 依据剪切波分裂基本原理, 研究了海南东北部地区地壳介质的地震各向异性, 并结合区域主压应力场和台站周边断层分布情况, 讨论了剪切波分裂特性与区域构造的关系。

[收稿日期] 2014-03-11; [修订日期] 2014-08-19

[项目类别] 2013 年海南省地震局科研项目资助

[作者简介] 张慧, 女, 生于 1983 年, 硕士, 工程师

## 1 构造背景

海南岛位于中国大陆东南沿海地震带的雷琼地震亚区,包括海南岛和雷州半岛及附近海域,大致以王五-文教断裂(F14)为界,分为南、北两个部分,地震活动呈“北强南弱”的特点,该区发育多条近EW向、NW向和NE向3组活动断层(图1)。在近EW向断裂中,王五-文教断裂带(F14)的规模最大,长达190km,控制了雷琼断陷的南界。琼东北地区展布有NW向长流-仙沟断裂带(F26)、海口-云龙断裂带(F27)、铺前-清澜断裂带(F28)、近EW向的马袅-铺前断裂带(F13)以及NE向的文昌-琼海-三亚断裂(F10)。海南岛属于少震地区,但历史上岛内也有中强震的记载,即铺前-清澜断裂带(F28)和马袅-铺前断裂带(F13)交汇处曾于1605年发生琼山 $M 7 \frac{1}{2}$ 地震,1524年文昌-琼海-三亚断裂带(F20)也曾发生5级地震。

东南沿海地震带的构造应力场来源于太平洋板块的向西挤压和印度洋板块的向北、向东的推挤。雷琼地震亚区 $M \geq 4.5$ 地震和小震统计的震源机制解显示:海南琼北至雷州半岛地区的平均主压应力方向为NNW向,琼南地区平均主压应力方向为近NS向;断层面走向主要为NW向和NE向,断层面倾角较大<sup>①</sup>。本文研究的海南琼东北地区主压应力场方向为NNW向(如图1)。

## 2 研究方法及结果

本研究基于海南省数字遥测地震台网中心提供的地震目录,收集并整理了2000~2013年的地震波形数据,根据剪切波窗口的约束条件,挑选观测质量较好的三分向波形记录。但由于海南岛属于少震区,符合约束条件的有效地震记录较少,本文仅针对海南东北部地区的地壳各向异性特征进行分析讨论,主要分析该区七星岭(QXL)和青山岭(QSL)台的剪切波分裂参数、图1给出了“九五”数字台网中各台站分布图,同时给出了琼东北地区断层、地质构造等相关信息。

### 2.1 基本原理

地壳中引起地震各向异性的主要因素是地壳中存在定向排列且充满液体的微裂隙(EDA),这已被大量观测研究所证实。所谓EDA是指岩石中按应力取向排列的充满流体的晶间(intergranular)微裂隙和低纵横比孔隙的结构。EDA裂隙结构介质是各向异性结构,当剪切波穿过定向排列的EDA裂隙结构传播时,分裂成两个(或更多个)近似互相垂直偏振的剪切波列,这两个分裂的波列具有不同的传播速度和不同的振动方向,速度较慢的剪切波相对快剪切波有时间延迟。若地壳中的裂隙是近似直立的平行排列,剪切波相对于地表是小角度入射,那么,剪切波穿过这种裂隙各向异性介质后,在水平面上观察,快剪切波偏振近似平行于裂隙面,慢剪切波偏振近似垂直于裂隙面。因此,快剪切波的偏振方向与应力引起的定向排列裂隙面的走向一致,即快剪切波与原地最大主压应力方向一致,而慢剪切波的时间延迟反映了地壳介质的各向异性程度。研究表明,剪切波分裂是研究地壳各向异性与探

<sup>①</sup> 沈繁奎等,海口市活断层探测与地震危险性评价工程技术报告(内部资料),2007。

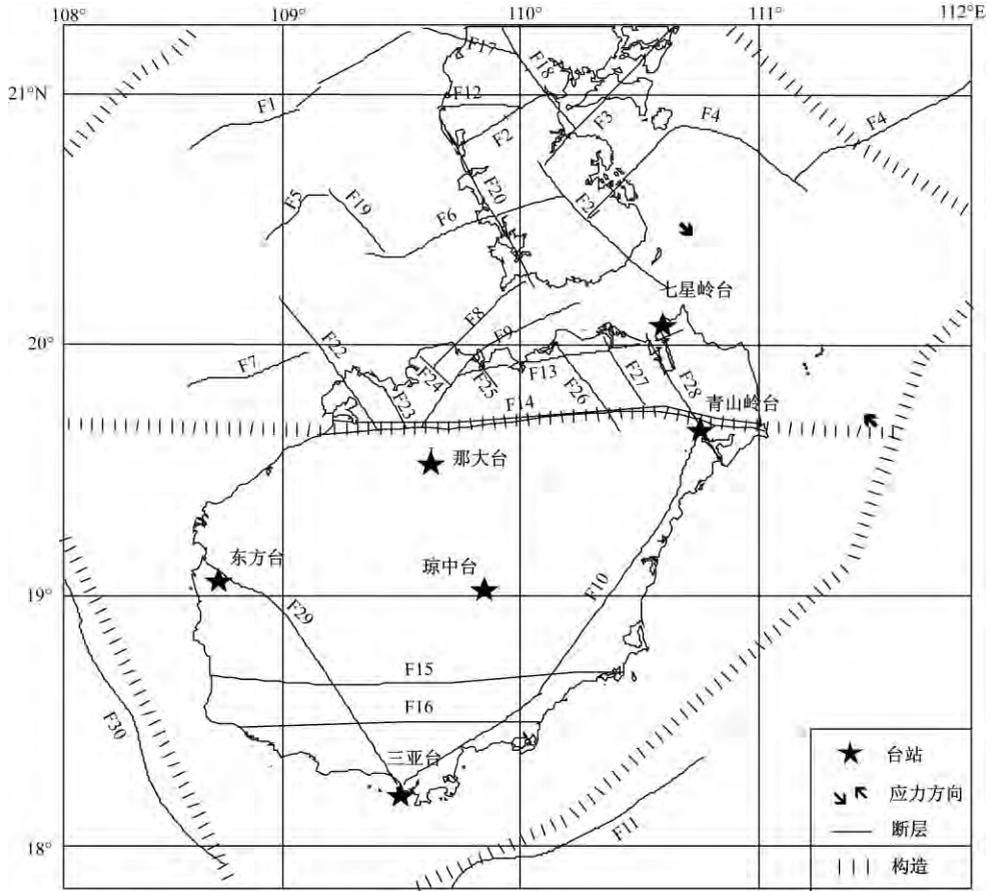


图1 海南岛地质构造与地震台站分布

讨区域应力场状态的有效方法。

### 2.2 地震资料选取

选取波形时,要满足两个条件:一是地震波形的信噪比要高;二是要满足剪切波窗口内的波形记录条件。当剪切波入射角达到临界角时会发生全反射现象,因此我们约定剪切波窗口是指剪切波相对于地震台站的入射角要小于临界角,对于泊松比为 0.25 的介质,临界角约为  $35^\circ$ ,即选取入射角  $\leq 35^\circ$  范围内的波形记录。若选用华南走时表提出的双层地壳速度模型(地壳厚度分别为 21.4 和 11.0km, P 波速度分别为 6.01 和 6.88km/s)(柯龙生, 1994),速度结构过于粗糙,造成波形选取误差较大,因此本研究采用单层模型(地壳厚度为 32.4km, P 波速度为 7.98km/s)(柯龙生, 1994)。但若使用单层模型概念下的  $35^\circ$  入射角作为剪切波窗口,获得的地震波形数据将大大减少,并且考虑到地表沉积层的存在,实际射线比理论地震射线的入射角更小,因此可适当扩展窗口到  $55^\circ$ (高原, 1996)。综上所述,本文选用单层模型下入射角为  $55^\circ$  作为剪切波窗口,挑选窗口内的波形记录进行剪切波各向异性研究。从图 2 可以看出,采用 Butterworth 滤波器滤波后的地震事件波形信噪比较高,剪切波清晰可见。

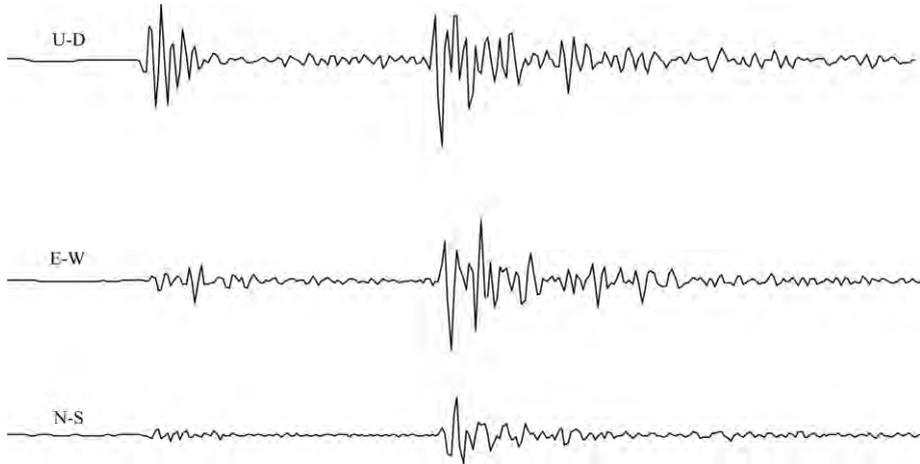


图2 七星岭台(QXL)记录到2004年9月24日09时17分46秒地震记录(滤波后)

震级  $M_L 1.4$ , 震源深度为 10km, 震中距为 13.14km, 采样率为 50Hz

### 2.3 研究方法

国内外学者提出了很多有关分析剪切波分裂的方法。为了增强数据分析的客观性,本研究采用剪切波系统分析方法(systematic analysis method of shear-wave splitting,以下简称SAM方法)(高原等,2004a,2004b)进行数据处理,该方法是在相关函数的基础上建立的,主要包括了相关分析、偏振检验和时间延迟3个方面,并具有自我检验的特点。

剪切波穿过各向异性介质时会分裂成快慢剪切波,这两列波的方向近似垂直,时间上相对延迟,并且理论上快慢剪切波源于同一列剪切波,故其在波形方面最为相似,在此基础上,通过相关分析计算两个剪切波波形的最大相关系数,并得到最大相关系数对应的旋转角度和延迟时间,即为快剪切波的偏振角度和慢剪切波的时间延迟,以此获得剪切波分裂参数。

但是由于地震波形受到台基岩性、场地条件、观测环境、局部地质构造等多种因素的影响,相关分析得到的结果有可能不是最优解,因此必须对结果作进一步的偏振检验和时间延迟分析。图3(a)给出了剪切波偏振图,反映了水平方向上两列剪切波的质点运动轨迹,通常呈椭圆偏振现象。假设快剪切波偏振方向与正北方向呈 $\alpha$ 角,将NS分量的剪切波按 $\alpha$ 角进行旋转,旋转后得到的剪切波为快剪切波,其正交方向的剪切波为慢剪切波,同时能较为明显地看出快慢剪切波之间存在时间差(图3(b))。在此基础上进行时间延迟校正,如果时间延迟 $\Delta t$ ,则将慢剪切波适当前移,以此消除时间延迟影响,此时得到的两列剪切波的偏振图应更接近线形偏振(图3(c))。通过剪切波旋转、时间延迟和偏振图分析,可以确定通过相关分析计算的结果是否为最优解,若有偏差,则需要根据波形和偏振特性进行修正,这也是SAM方法的特性所在。

### 2.4 结果

根据SAM方法,本研究获得海南岛东北部地区七星岭台(QXL)和青山岭台(QSL)的剪切波分裂参数(表1)。

图4给出了七星岭台(QXL)和青山岭台(QSL)快剪切波偏振方向的下半球等面积投影玫瑰图,显示出每个台站的快剪切波偏振方向。通过对这2个台站的剪切波分裂结果统计

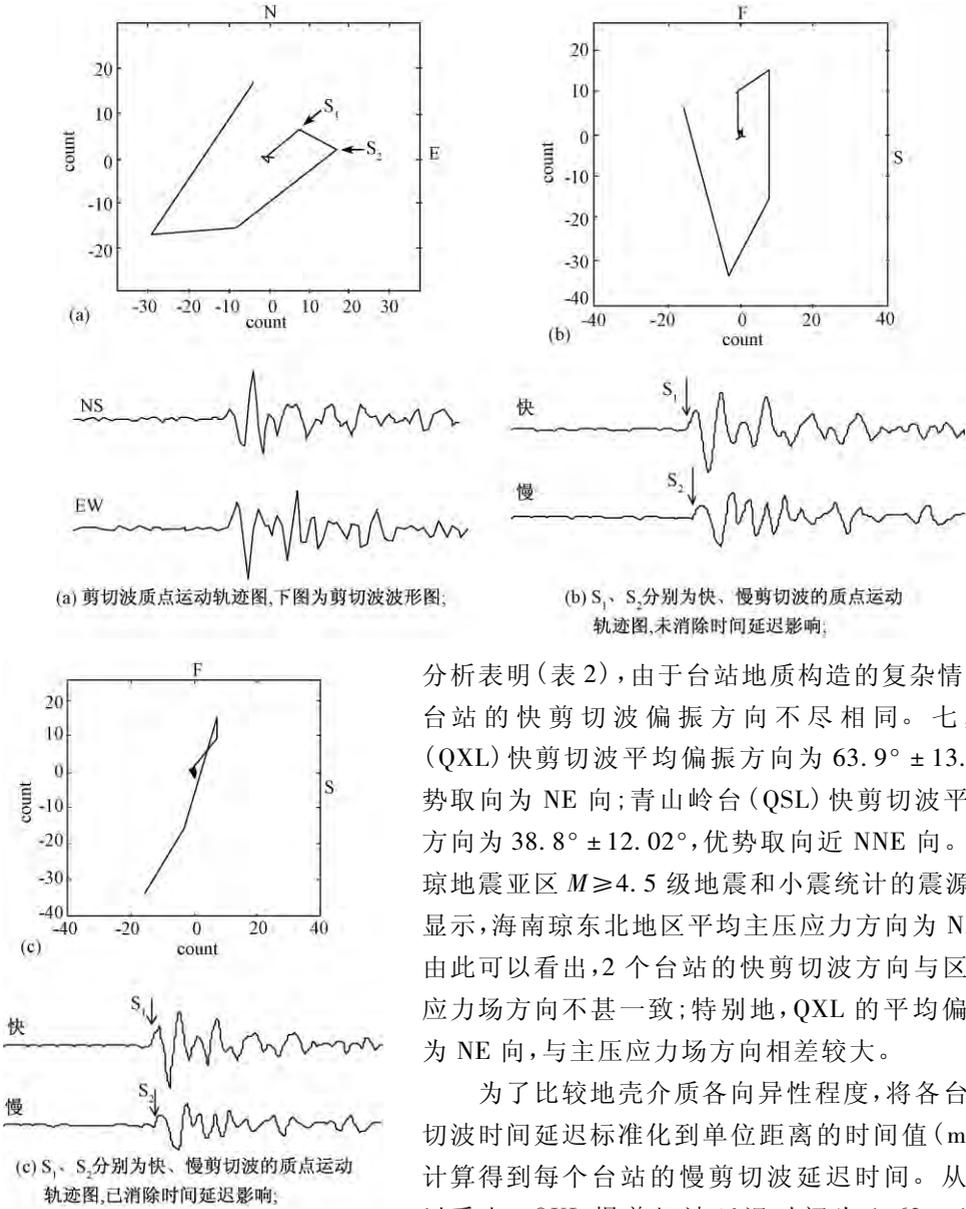


图3 QXL台剪切波分裂分析

分析表明(表2),由于台站地质构造的复杂情况,2个台站的快剪切波偏振方向不尽相同。七星岭台(QXL)快剪切波平均偏振方向为  $63.9^\circ \pm 13.18^\circ$ , 优势取向为 NE 向;青山岭台(QSL)快剪切波平均偏振方向为  $38.8^\circ \pm 12.02^\circ$ , 优势取向近 NNE 向。根据雷琼地震亚区  $M \geq 4.5$  级地震和小震统计的震源机制解显示,海南琼东北地区平均主压应力方向为 NNW 向,由此可以看出,2个台站的快剪切波方向与区域主压应力场方向不甚一致;特别地,QXL的平均偏振方向为 NE 向,与主压应力场方向相差较大。

为了比较地壳介质各向异性程度,将各台站慢剪切波时间延迟标准化到单位距离的时间值(ms/km),计算得到每个台站的慢剪切波延迟时间。从表1可以看出,QXL慢剪切波延迟时间为  $1.62 \pm 1.01$ ms/km,QSL为  $1.32 \pm 1.12$ ms/km,均小于1992年海南岛东方震群地区的剪切波延迟时间(高原,1996)。

### 3 剪切波分裂特征

#### 3.1 快剪波偏振方向特征

海南岛发育多条近EW向、NW方向和NE向3组活动断层,多数为张剪性断层、兼右旋走滑。琼东北地区主要展布有EW向王五-文教断裂带(F3)、马袅-铺前断裂带(F2),NW向长流-仙沟断裂带(F5)、海口-云龙断裂带(F6)、铺前-清澜断裂带(F7),以及NE向文

表 1 地震台站与剪切波分裂参数

台站名称	地震序号	发震时刻	震中		震源深度 /	震中距 /	震级	入射角	方位角
		年.月.日.时:分:秒	纬度 /°N	经度 /°E	km	km	$M_L$	(°)	(°)
七星岭台 (QXL)	1	2000.09.07 04:56:55	20.04	110.52	10.0	11.34	2.1	48.50	242.69
	2	2000.09.11 20:16:56	19.97	110.67	10.0	14.08	1.8	54.50	156.19
	3	2001.09.15 01:43:56	19.98	110.63	10.0	12.03	2.7	50.50	172.71
	4	2001.12.07 17:42:49	19.97	110.65	10.0	13.47	1.2	53.50	164.40
	5	2002.02.20 21:57:30	20.00	110.70	10.0	13.00	1.3	52.50	137.35
	6	2002.03.02 00:47:03	19.98	110.63	10.0	12.03	1.1	50.50	172.71
	7	2002.11.16 10:49:24	19.97	110.67	10.0	14.08	1.1	54.50	156.19
	8	2003.02.15 01:02:51	19.97	110.63	10.0	12.92	1.9	52.50	173.33
	9	2003.03.20 09:47:01	19.97	110.62	10.0	12.93	1.3	52.50	177.94
	10	2004.03.16 16:51:19	20.02	110.70	10.0	11.56	1.5	49.00	129.86
	11	2004.04.13 01:54:44	20.00	110.65	10.0	10.22	1.8	45.50	159.41
	12	2004.09.24 09:17:46	19.98	110.67	10.0	13.14	1.4	52.50	154.24
	13	2004.09.25 19:04:54	19.97	110.63	10.0	12.92	1.5	52.50	173.33
	14	2004.12.20 02:51:36	19.97	110.67	10.0	14.08	1.0	54.50	156.19
	15	2005.09.04 19:49:26	20.18	110.68	10.0	12.48	1.4	51.50	33.10
	16	2006.10.20 20:25:54	19.97	110.62	10.0	12.93	1.2	52.50	177.94
	17	2006.10.28 04:22:00	19.97	110.65	10.0	13.47	1.0	53.50	164.40
	18	2007.01.21 02:36:12	19.98	110.65	10.0	12.45	1.8	51.00	163.02
	19	2007.07.09 01:02:30	19.97	110.63	10.0	12.92	1.4	52.50	173.33
青山岭台 (QSL)	1	2000.07.28 03:40:44	19.62	110.65	10	12.78	1.3	52.00	237.79
	2	2000.07.28 03:46:35	19.65	110.67	10	9.26	1.6	43.00	248.01
	3	2000.07.29 08:17:16	19.47	110.79	25	23.71	1.9	43.50	170.90
	4	2000.07.29 08:22:11	19.47	110.81	25	24.03	1.5	44.00	165.99
	5	2000.07.29 09:45:23	19.45	110.77	27	25.74	1.6	43.50	176.30
	6	2000.07.29 12:43:50	19.45	110.79	27	25.88	1.5	44.00	171.67
	7	2000.07.29 12:44:33	19.47	110.81	26	24.03	1.4	42.50	165.99
	8	2000.07.29 12:49:55	19.47	110.81	26	24.03	1.0	42.50	165.99
	9	2000.07.29 13:01:05	19.47	110.81	25	24.03	1.1	44.00	165.99
	10	2000.07.29 13:11:43	19.47	110.81	24	24.03	1.3	45.00	165.99
	11	2000.07.29 13:26:21	19.47	110.81	25	24.03	1.1	44.00	165.99
	12	2001.06.07 11:18:35	19.78	110.67	10	13.86	1.4	54.00	320.83
	13	2001.07.11 03:44:58	19.67	110.65	10	10.82	1.6	47.50	262.96
	14	2001.09.29 03:34:02	19.68	110.67	10	8.65	1.0	41.00	268.42
	15	2002.08.12 17:14:06	19.63	110.63	10	14.06	1.2	54.50	246.08
	16	2002.10.22 18:52:48	19.68	110.72	10	3.23	2.0	18.00	266.07
	17	2002.12.08 16:42:14	19.63	110.63	10	14.06	1.3	54.50	246.08
	18	2004.06.14 02:03:09	19.67	110.65	10	10.82	1.7	47.50	262.96
	19	2004.12.07 22:34:34	19.67	110.68	10	7.59	1.7	37.00	260.14
	20	2004.12.07 22:46:20	19.67	110.68	10	7.59	1.6	37.00	260.14
	21	2004.12.07 22:51:05	19.68	110.67	10	8.65	1.0	41.00	268.42
	22	2004.12.08 22:51:17	19.68	110.68	10	7.58	1.0	37.00	268.20
	23	2006.01.26 10:08:04	19.68	110.67	10	8.65	1.8	41.00	268.42
	24	2006.03.14 18:31:47	19.7	110.65	10	10.98	2.1	47.50	280.23
	25	2006.06.11 22:38:42	19.68	110.63	10	12.85	1.2	52.00	268.94

总结表 1, 可得表 2。

表 2

台站名称	纬度 / °N	经度 / °E	有效事件数	平均快波偏振方向 (°)	平均慢波时间延迟 / S
七星岭台 (QXL)	20.09	110.60	19	$63.9 \pm 13.18$	$1.62 \pm 1.01$
青山岭台 (QSL)	19.67	110.75	25	$38.8 \pm 12.02$	$1.32 \pm 1.12$

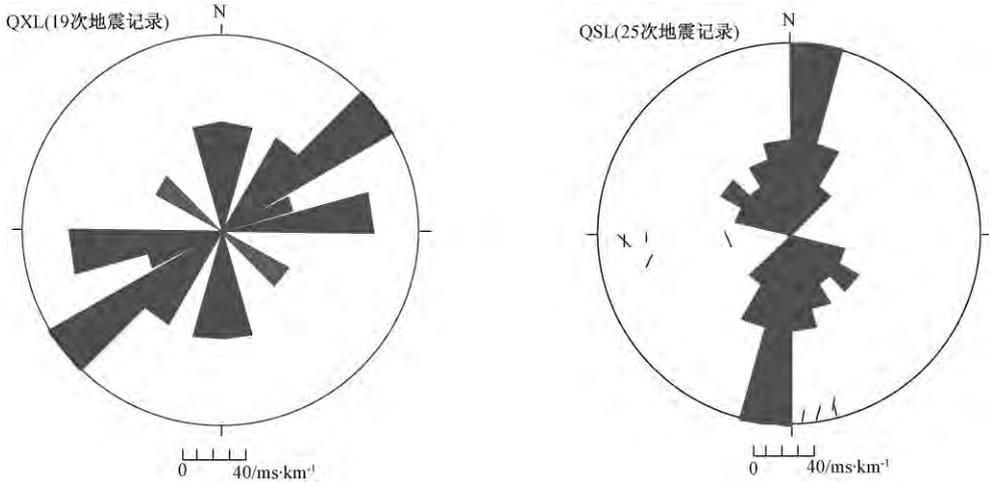


图 4 快剪切波偏振方向下半球等面积投影玫瑰图

(数据记录时间为 2000 ~ 2013 年)

昌 - 琼海 - 三亚断裂 (F9, 图 5)。

本研究结果表明, 由于琼东北地区内部不同位置的构造差异以及断裂不均匀分布, 应力场局部特征较明显, 使得该地区不同位置的地壳介质各向异性表现出差异, 主要反映在琼东北地区七星岭台 (QXL) 和青山岭台 (QSL) 的快剪切波方向呈现局部差异。同时, 图 5 也显示出偏振方向的优势取向与区域主压应力场的方向不一致, 这说明区域的主要应力背景是主压应力场, 快剪切波偏振方向的优势取向反映的是台站所在位置的水平主压应力场方向, 与局部构造和断裂分布有密切联系。

图 5 显示, QXL 台位于两条不同走向的断裂交汇处, 即近 EW 向的马袅 - 铺前断裂东段 (F2) 与 NW 向铺前 - 清澜断裂 (F7) 交汇处, 该交汇处 1605 年发生了琼山  $7\frac{1}{2}$  级地震, 并且马袅 - 铺前断裂在新构造时期仍有活动, 是 1605 年琼州大地震的主要控震断裂。根据海口市活断层探测结果, 马袅 - 铺前断裂东段走向大致为  $80^\circ$ , 断错性质以张性正断层为主、兼右旋走滑 (沈繁奎等, 2010)。本文研究结果显示, QXL 台快剪切波偏振方向为  $NE62.4^\circ \pm 13.18^\circ$ , 优势方向与马袅 - 铺前断裂东段走向大体一致 (图 5), 表明该断裂对 QXL 台附近的小震起了控制作用, 并对局部应力状态有较大影响。

位于东部的文昌 - 琼海 - 三亚断裂 (F9) 与其它断裂不同, 呈 NNE 向, 与横亘东西的王五 - 文教断裂 (F3)、NW 向铺前 - 清澜断裂 (F7) 交汇。QSL 台位于该交汇处, 快剪切波平均偏振方向为近  $NNE38.8^\circ \pm 12.02^\circ$ , 优势方向与 NNE 向的文昌 - 琼海 - 三亚断裂走向基本一致, 这反映了该台站下方局部区域可能受到 NNE 走向断裂构造的制约。

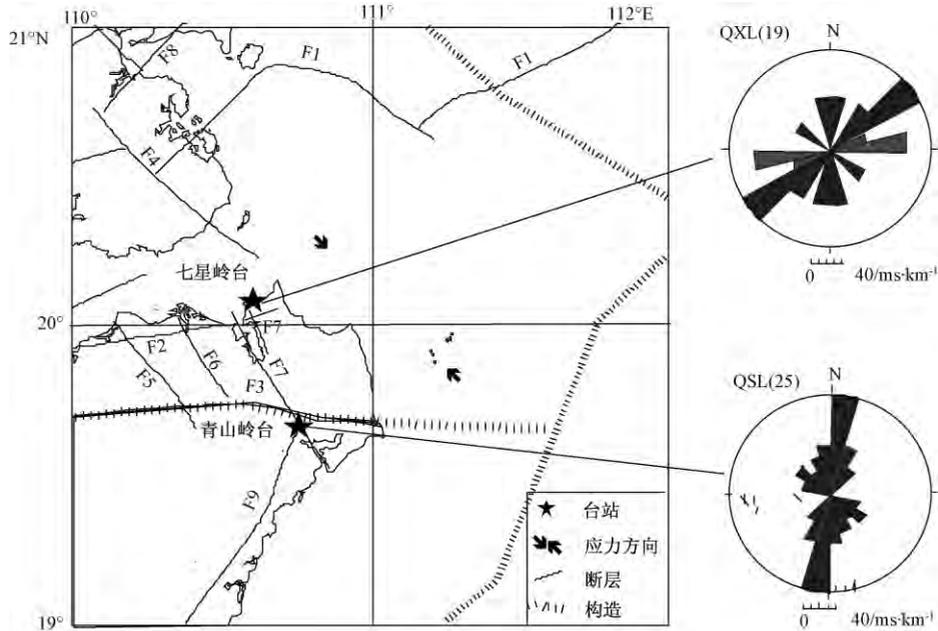


图5 海南东北部地区地质构造、应力场及七星岭台、青山岭台快剪切波偏振方向分布图

此外,虽然 QXL 台和 QSL 台快剪切波偏振优势方向与主要活动断裂走向大体一致,但由于这 2 个台站位于不同走向断裂的交汇处,快剪切波偏振方向比较离散,造成了快剪切波偏振图像的复杂性。这表明,局部活动断裂的分布特征对剪切波分裂造成一定的影响,也体现区域内局部构造的复杂性。

### 3.2 慢剪切波时间延迟

慢剪切波的时间延迟与应力环境的变化有密切联系(高原等,2005;吴晶等,2009),根据 EDA 理论,应力诱发了 EDA 裂隙的定向排列,因此可以通过剪切波分裂来研究地壳介质特性和地壳应力状态。从标准化的慢剪切波时间延迟结果来看(表 1),QXL 台为  $1.62 \pm 1.01 \text{ ms/km}$ ,QSL 台为  $1.32 \pm 1.12 \text{ ms/km}$ 。我们假设入射波经过的介质中充满裂隙,入射波与裂隙方向平行,根据标准化结果和 Hudson 关于具有稀疏、充水、平行、直立排列裂隙的岩石波速异常公式(Hudson J A,1981;吴晶等,2007),可以大致地估算出稀疏的定向排列裂隙在介质中的密度,因此,我们得到 QXL 台站下方介质裂隙密度为  $0.0064 \pm 0.0039$ ,QSL 台站下方介质裂隙密度为  $0.0052 \pm 0.0044$ 。可以看出,QXL 台和 QSL 台下方介质的裂隙密度相差不大,QXL 台略大于 QSL 台,似乎表明 QXL 台局部构造背景相对 QSL 台构造背景要复杂,另一方面,QXL 台和 QSL 台的裂隙密度均小于 1992 年海南岛东方震群地区的裂隙密度(高原,1996),反映了地震活动活跃与平静期应力水平、裂隙密度等参数的不同,从而可以推断应力水平较高时,裂隙密度较正常水平可能有一定的差异性。另外,裂隙密度与剪切波速度各向异性直接相关,是反映地壳介质物理性质的参数之一,并随着应力场的变化而变化。从这一角度考虑,琼西南部地区应力状态相比琼东北部地区可能更为复杂,但由于海南岛地震资料较少,在取得丰富资料后将做进一步研究。

## 4 结论

基于海南省地震台网 2000 ~ 2013 年的区域地震波形数据,本文采用了 SAM 方法,获得海南琼东北部地区“九五”数字台网七星岭台(QXL)和青山岭台(QSL)的剪切波分裂参数。通过对剪切波分裂的研究,初步认识了海南东北部地区地壳介质的地震各向异性特征。

本研究证实,快剪切波优势偏振方向反映了原地(台站或其附近)的水平主压应力场方向,并且活动断裂的分布对剪切波观测结果有很大影响,具体表现在快剪切波优势偏振方向与区域主压应力场方向不一致,趋向与主要控制地震的活动断裂走向基本一致,显示了区域主压应力场的局部应力特征。

不同断裂交汇处,加剧了快剪切波偏振方向的离散性与复杂性,说明了复杂的局部构造影响或控制台站的快剪切波偏振方向,反映了地震活动和区域构造的局部信息,有助于理解局部构造和局部应力特征。

慢剪切波延迟时间,反映了琼东北地区不同位置的地壳各向异性程度。此外,七星岭台(QXL)和青山岭台(QSL)的裂隙密度均小于海南岛西南部东方地区(高原,1996),这表明琼西南部地区应力状态可能比琼东北部地区较为复杂。

利用剪切波分裂研究地壳介质的地震各向异性特征是一个有重要意义的科学研究方向,国际上通过对冰岛地震活动研究,已经有了利用剪切波分裂方法进行地震应力预测的成功例子(Crampin et al, 1999),并且在国内研究中也发现了慢剪切波时间延迟反映震前应力积累和临震前应力释放的过程(吴晶等,2009;高原等,2004a、2004b)。本研究受地震资料较少的限制,研究结果处于初级阶段,未能明显地发现震前应力变化的过程,进一步研究还需要更丰富的资料。

致谢:感谢高原、石玉涛、沈繁奎及李志雄诸位老师对本研究的帮助和支持。

## 参考文献

- 高原,1996,海南省东方地区 1992 年小震群剪切波分裂研究,地球物理学报,39(2),221~231。
- 高原、吴晶,2008,利用剪切波各向异性推断地壳主压应力场:以首都圈地区为例,科学通报,53(23),2933~2939。
- 高原、刘希强等,2004a,剪切波分裂系统分析方法(SAM)软件系统,中国地震,20(1),101~107。
- 高原、梁维等,2004b,云南 2001 年施甸地震的剪切波分裂参数变化特征,地震学报,26(6),576~582。
- 高原、滕吉文,2005,中国大陆地壳与上地幔地震各向异性研究,地球物理学进展,20(1),180~185。
- 柯龙生,1994,华南地区近震走时表(速度模型)的精度检验,华南地震,14(1),44~59。
- 沈繁奎、杨马陵等,2010,华南强动力分析,华南地震,30(1),1~5。
- 石玉涛、高原等,2009,汶川地震余震序列的地震各向异性,地球物理学报,52(2),398~407。
- 太龄雪、高原,2008,地壳介质剪切波分裂研究的部分进展,地震,28(2),65~73。
- 吴晶、太龄雪、高原等,2009,辽宁岫岩  $M_s 5.9$  地震前应力积累的讨论,地震,29(3),37~44。
- 吴晶、高原、陈运泰等,2007,首都圈西北部地区地壳介质地震各向异性特征初步研究,地球物理学报,50(1),209~220。
- Crampin S, Atkinson B K, 1985, Microcracks in the earth's crust, First Break, 3(3), 16~20。
- Crampin S, Volti T, Stefánsson R, 1999, A successfully stress-forecast earthquake, Geophys J Inter, 138, 1~5。
- Gao Y, Crampin S, 2004, Observations of stress relaxation before earthquakes, Geophys J Int, 157(2), 578~582。
- Hudson J A, 1981, Wave speeds and attenuation of elastic waves in material containing cracks, Geophys. J R Astr Soc, 64, 133~150。

## **Preliminary study on seismic anisotropy in the crust in northeast of Hainan**

*Zhang Hui*

Earthquake Administration of Hainan Province, Haikou 570203, China

**Abstract** With SAM shear-wave splitting analysis, shear-wave splitting parameters of 2 stations at digital seismic stations are obtained in northeast of Hainan based on the data from 2000 to 2013 of Hainan Digital Seismic Network. The results show that the predominant polarization direction of fast share-wave indicates the direction of in-situ maximum principal compressive stress. The predominant polarizations of Qixingling seismic station are in NEE direction, which is different from the direction of principal compressive stress of Hainan area, but same with the strikes of faults in NE direction. It means that the local tectonic and stress field are complicated. The predominant polarizations of Qingshanling seismic station is in NNE-NS direction, which shows the significance of the strikes of the faults in NNE direction. At the same time, the study confirms that if the station is on active faults or at the junction of several active faults, the predominant polarization is parallel to the strikes of faults which control the earthquakes used in this analysis, and the predominant polarization is scattered which means that the background of faults and stress distribution are complicated.

**Key words:** Seismic anisotropy Shear-wave splitting Compressive stress Active faults  
Northeast of Hainan