

# 2010年4月14日青海省玉树县7.1级

地震分析报告

中国地震局地球物理研究所





断裂名称: F1达日断裂; F2巴彦喀喇山主峰断裂; F3五道梁-长沙贡玛断裂; F4五道梁一曲麻莱断裂; F5玉树-甘孜断裂; F6乌兰乌拉湖一玉树南断; F7打贝通一小苏莽断裂; F8杂多断裂带; F9巴青-类乌齐断裂 地震参数: 时间: 2010年4月14日07:49 震级(M):7.1 纬度:33.1°N 经度:96.7°E





# 地震震源机制和破裂过程快报

陈运泰院士研究小组:张勇、刘超、许力生、陈运泰等



利用全球31个台站的波形资料反演得到的这次地震的 地震矩张量解。根据反演结果,这次地震的标量地震矩约 为4.4×10<sup>19</sup>Nm,对应的矩震级为7.0,表征震源机制的两 个节面分别为:走向119°/倾角83°/滑动角-2°和走向 209°/倾角88°/滑动角一173°。根据玉树地区的断层构 造背景,判定走向119°/倾角83°的断层为发震断层。这 次青海玉树地震的发震断层是一条沿着走向119°近乎直立 的左旋走滑断层。



2010/04/13 23:49:37 UTC (2010/04/14 07:49:37 Beijing Time) Epicenter: 33.271 96.629

IGP-CEA MOMENT TENSOR SOLUTION Chao Liu, Li-sheng Xu, Yun-tai Chen

Depth 10km No. of sta:31 Mw=7

Moment Tensor; Scale 10\*\*19 Nm Mrr=-0.33 Mtt= 3.84 Mpp=-3.51 Mrt= 0.18 Mrr= 0.48 Mtp= 2.35

Principal axes: T Val= 4.55 Plg= 4 Azm= 344 B -0.30 83 222 P -4.24 6 74

Best Double Couple:Mo=4.4\*10\*\*19 NP1:Strike=119 Dip= 83 Slip= -2 NP2: 209 88 -173



Institute of Geophysics China Earthquake Adiministration 2010/04/14 00:53:26 UTC (2010/04/14 08:53:26 Beijing Time) released 2010/04/13 23:49:37 协调世界时 (2010/04/14 07:49:37 北京时间) 震中: 33.271 96.629

中国地震局地球物理研究所矩张量解 刘超 许力生 陈运泰

震源深度 10千米 台站数:31 矩震级∭w=7

矩张量; 单位 10\*\*19牛顿\*米 Mrr=-0.33 Mtt= 3.84 Mpp=-3.51 Mrt= 0.18 Mrp= 0.48 Mtp= 2.35

主轴参数: T轴 主值=	4.55	倾角= 4	方位角= 344
B轴	-0.30	83	222
P轴	-4.24	6	74

最佳双力(	禹解: 7	标量地震艇	4.4*10**19
节面1:走	句=119	倾角= 83	滑动角= −2
节面2:	209	88	-173



中国地震局地球物理研究所 2010/04/14 00:53:26 协调世界时 (2010/04/14 08:53:26 北京时间)公布



### 震源机制测定结果 (中国地震局地球物理研究所陈运泰院士研究小组提供)



在矩张量反演结果工作的基础上,对这次地震的破裂过程进行了反演分析。 经过仔细筛选,选用了全球范围内26个台站的远震资料,通过快速反演得到了这 次地震的破裂过程。结果表明,这次地震的地震矩约为2.98×10<sup>19</sup>Nm,对应的矩 震级约为M,6.9,和矩张量反演结果比较一致(只相差0.1级)。

反演得到的断层面上主要有两块滑动集中的区域: 第一个破裂区域位于震中 附近,最大滑动量约为2.0m,最大滑动速率约为0.9 m/s;第二个破裂区域位于 走向方向上距震中约10-30 km处,最大滑动量和最大滑动速率约为2.0m和0.9 m/s。反演得到的震源时间函数表明,此次地震的破裂过程持续了约23s,包括两 次主要的子事件:第一个子事件位发生于震后0~5.5s;第二次子事件位于震后 5.5~23s左右。两次子事件的峰值分别发生于震后3.5s和10s,第二次子事件的 规模远大于第一个子事件。从断层面上的滑动量(位错)在地表的投影来看,两 块破裂区域分别位于震中附近和震中东南20km处,表明这次地震的破裂主要向东 南方向扩展。从地理位置上讲,玉树城区正好位于震中东南方,由此可见,第二 块破裂区域接近玉树城区,势必造成玉树城区及周边地区比较强烈的震感,因此 不排除引发一定伤亡的可能。



2010/04/13 23:49 协调世界时 (2010/04/14 07:49 北京时间) 震中位置: 33.1°N, 96.7°E, 震源深度: 10千米, 矩震级Mw6.9



破裂过程反演结果 (中国地震局地球物理研究所陈运泰院士研究小组提供)

青海玉树7.1级地震分析报告



为利用破裂过程计算的合成波形与观测波形的比较。在全部26个台站的资料中, 有23个台站的计算的合成波形与观测波形的相关系数达到近80%或80%以上,有3个台 站计算的合成波形与观测波形的拟合情况较差,其原因有待进一步核查与研究。

3.3×10 <sup>-6</sup> 0.85 2.6×10 <sup>-6</sup>	BTDF Z P	6.9×10 <sup>-6</sup> 0.84 3.5×10 <sup>-6</sup>	KAPI Z P	7.4×10 <sup>-6</sup> 0.36 4.3×10 <sup>-6</sup>		UGM Z P	4.9×10 <sup>-6</sup> 0.78 3.9×10 <sup>-6</sup>	COCO Z P
$3.9 \times 10^{-6}$ 0.79 $1.7 \times 10^{-6}$	RAYN Z P	3×10 <sup>-6</sup> 0.83 1.3×10 <sup>-6</sup>	EIL Z P	$2.8 \times 10^{-6} \\ 0.58 \\ 1.2 \times 10^{-6}$		MSEY Z P	3.9×10 <sup>-6</sup> 0.77 2.5×10 <sup>-6</sup>	SMY Z P
$     \begin{array}{r}       1.8 \times 10^{-6} \\       0.88 \\       1.6 \times 10^{-6}     \end{array} $	GAMB Z P	$\begin{array}{c} 1.2 \times 10^{-6} \\ 0.87 \\ 8.1 \times 10^{-7} \end{array}$	DAG Z P	${}^{1.7\times10^{-6}}_{0.9}_{1.2\times10^{-6}}$		DAVA Z P	$ \begin{array}{c} 6.5 \times 10^{-6} \\ 0.79 \\ 2.1 \times 10^{-6} \end{array} $	PMG Z P
$2.5 \times 10^{-6}$ 0.77 $1.2 \times 10^{-6}$	CEL Z P	$6.1 \times 10^{-6}$ 0.87 2.8×10^{-6}	WRO Z P	2.8×10 <sup>-6</sup> 0.8 1.2×10 <sup>-6</sup>		VLC Z P	$1.9 \times 10^{-6}$ 0.78 $1.2 \times 10^{-6}$	CLF Z P
$2.2 \times 10^{-6}$ 0.77 $1.2 \times 10^{-6}$	VSL Z P	1.5×10 <sup>-6</sup> 0.79 9.8×10 <sup>-7</sup>	ESK Z P	4.8×10 <sup>-6</sup> 0.88 2.4×10 <sup>-6</sup>		CTAO Z P	$1.6 \times 10^{-6}$ 0.89 $1.4 \times 10^{-6}$	FYU Z P
$ \begin{array}{c} 1.4 \times 10^{-6} \\ 0.85 \\ 1.5 \times 10^{-6} \end{array} $	RND Z P	$1.3 \times 10^{-6}$ 0.88 $1 \times 10^{-6}$	DYA Z P	9.7×10 <sup>-7</sup> 0.92 8.9×10 <sup>-7</sup>		RES Z P	$1.8 \times 10^{-6}$ 0.87 $1.1 \times 10^{-6}$	TAM Z P
$2.2 \times 10^{-6}$ 0.65 $1.3 \times 10^{-6}$	LSZ Z P	1.2×10 <sup>-6</sup> 0.85 7.7×10 <sup>-7</sup>	FRB Z P		40 s			

利用破裂过程计算的合成波形与观测波形的比较 (中国地震局地球物理研究所陈运泰院士研究小组提供)





## 二、利用P波初动法得到的主震震源机制解

全球地震活动与核查技术研究室、地震预报推进组

郭祥云等提供



选用区域台网(震中距500km之内)和CDSN台站的初至波P波初动 符号资料,采用下半球等面积投影,用格点尝试法计算了青海两次地 震的震源机制结果。

1. 2010年04月07时49分7.1级地震的震源机制解 采用25个区域台站和6个CDSN台站的数据,利用P波初动格点尝试 法计算了震源机制解结果。

2. 2010年4月14日09时25分6.3级地震的震源机制解 采用24个区域台站和6个CDSN台站的数据,利用P波初动格点尝试 法计算。







2010年04月07时49分7.1级地震的震源机制解 (全球地震活动与核查技术研究室郭祥云等提供)







2010年4月14日09时25分6.3级地震的震源机制解 (全球地震活动与核查技术研究室郭祥云等提供)





## 三、采用体波和面波联合反演的震源机制解

研究所地震预报推进组 蒋长胜等提供



采用体波和面波联合反演的Cut and Paste (CAP)方法反演得到了两次 地震震源机制解。反演结果显示,两次地震机制解均为走滑型。两次地震震 源深度分别为27和19km。

CAP方法将宽频带区域地震记录分成体波(Pn1)和面波(Sur)两个部 分,分别对两部分的三分量共5部分波形(Pn1不存在切向分量)给定不同 的权重反演,这样可充分考虑各部分波形对矩张量结果的贡献。CAP方法对 速度模型和地壳横向变化的依赖性相对较小,对地震深度有比较好的约束。 通过使用不同震源深度的格林函数用于反演计算,由最小反演误差还可确定 地震可能的矩心深度。格林函数计算中采用了频率-波数(F-K)方法来计算, 其中地壳速度模型使用了水平分辨率2°×2°的CRUST 2.0全球地壳速度模 型 (http://igppweb.ucsd.edu/~gabi/crust2.html) 结果。















### 青海玉树M<sub>s</sub>6.3地震矩张量解 (研究所地震预报推进组蒋长胜等提供)





# 四、震区历史地震和区域构造

工程地震学与城市减灾(地震社会学)研究室 防灾减灾工程技术研究院

青海玉树7.1级地震分析报告



### 此次地震发震断裂为玉树-甘孜断裂,为左旋走滑断裂,历史上曾经 发生过多次6级以上的地震,最大的地震为1896年3月的7级地震。



断裂名称: F1达日断裂; F2巴彦喀喇山主峰断裂; F3五道梁--长沙贡玛断裂; F4五道梁--曲麻莱断裂; F5玉树-甘孜断裂; F6乌兰乌拉湖--玉树南断; F7打贝通--小苏莽断裂; F8尔多断裂带; F9巴青·类乌齐断裂 青海玉树县区域构造图 (工程地震学与城市减灾研究) 室李金臣等提供)





青海玉树县区域历史地震分布图 (工程地震学与城市减灾(地震社会学)研究室、防灾减灾工程技术研究院 张志中、李金臣等提供)





# 五、震动图(ShakeMap)

工程地震学与城市减灾(地震社会学)研究室

陈鲲等提供

青海玉树7.1级地震分析报告

中国地震局地球物理研究所 ShakeMap 青海省海西玉树藏族自治州玉树县 版本号: V2.0 2010年4月14日,07:49:00,震级:7.1,震中:96.7°,33.1°。



中国地震局地球物理研究所 制



根据震动图,极震区烈 度IX度以上,可能的受灾范 围大约3万平方公里。青海玉 树县城地震烈度可能达XI度, 除了房屋破坏,供水管道等 基础设施也将受到严重影响。 青海省玉树县7.1级地震 震动图

居民点

县名 铁路站点

铁路 高速公路

国道

湖泊

单位: gal

PGA

1,240 800

> > 90 40 0

三级以上河流

(工程地震学与城市减灾研 究室陈鲲等提供)

134





# 六、地震社会背景

工程地震学与城市减灾(地震社会学)研究室

顾建华、吴新燕等提供

### (一) 自然地理

玉树县位于青藏高原东部,地处玉树藏族自治州东部,东和东南与 西藏自治区接壤, 西南与囊谦县为邻, 西和杂多县毗连, 西北与治多县 联境,北和东北与曲麻莱、称多县以及四川省相望。东西最宽189.5公里, 南北最长194.3公里,国土总面积1.57万平方公里。全县地形以高原为主, 西北和中部高,东南与东北低,最高山峰保俊色海拔5752米,东部正达 金沙江水面海拔3350米,平均海拔4493.4米,境内海拔5000米以上的山 峰有951座,大部分终年积雪。地形地势东临川西山地,南接横断山脉北 段,西近高原主体,北靠通天河,全县纵跨长江与澜沧江两大水系,地 势高耸,地形复杂,由唐古拉山余脉色吉嘎牙——格拉山构成地形骨干, 从东向西横贯县境中部,蜿蜒曲折,形成树枝形山地,是两大流域的分 水邻。地貌以高山峡谷和山原地带为主,间有许多小盆地和湖盆。



### (二) 人口与经济

玉树县下辖结古、隆宝、下拉秀、巴塘、安冲、仲达、上拉秀、小 苏莽五乡三镇,62个村委会,262个生产合作社。总人口93535人。2007 年国内生产总值30746万元,其中第一产业产值18596万元,第二产业产 值5841万元,第三产业产值6039万元。地方财政收入1688万元,农牧民 人均纯收入2298.82元。



### (三) 自然资源

县境内野生动植物、矿产资源等十分丰富。植物资源800余种,其 中优良牧草70余种,乔灌木树种80余种。多达400余种药材的药用价值 和经济价值非常可观。野生动物种类繁多,包括寒温带动物区和高原高 寒动物区系,有兽类31种,鸟类73种,属国家保护动物16种。玉树县矿 产资源分布广,矿种多,门类全,储量丰富,初步探明的矿点资源有26 个,其中铁矿点5个,铅铜矿点6个,锌、铝、金、银矿点3个,自然硫 矿点1个。具有开发前景的矿产资源有赵卡隆多金属矿,属P级储量,隆 宝镇可漏砂金矿属C级储量,巴塘乡当托铅锌矿及岗软铜矿等。



### (四) 公路交通

全县公路通车里程1700余公里,其中县乡公路400余公里,乡村公 路1300余公里,公路总里程中黑色油路150余公里。全县八个乡(镇)人 民政府所在地全部通车, 能通车的行政村62个, 占全县行政村总数的 100%, 通车生产合作社230余个, 占全县生产合作社总数的88%, 连接 巴塘草原、巴塘民用机场、隆宝湖自然保护区、藏娘佛搭、新寨嘛呢 石堆的环结古镇旅游公路开始建设,部分路段已开通。经过几年的建 设,已基本形成了以结古镇为中心,国道214线、玉治、玉杂公路为依 托,县、乡公路为骨架,乡村公路为脉络的公路网络体系。





# 七、青海玉树地震余震序列定位

实时地震学与地震监测预报技术研究室 王未来、王长在、房立华、吴建平等提供



利用从全国地震编目系统下载的青海地震台网提供的2010年 4月14日07时49分36秒至2010年4月15日11时09分12秒的震相数 据(95.95°E-97.15°E, 32.55°N-33.75°N),使用双差定位方法,对 玉树地震的余震序列进行了精定位。观测目录中共48个余震, 重定位后得到了44个余震的震源参数。 初步定位结果表明:余震序列的震源深度主要分布在0-10km之间;余震主要发生在玉树主震的南侧;余震震中的优势 分布方向为北西西向。





震中分布及震源深度分布。左图中黄色五角星表示主震震中,圆点表示余震 震中。不同圆点的颜色随时间增加由蓝变红。 (实时地震学与地震监测预报技术研究室王未来、王长在、房立华、吴建平 等提供)





震源深度沿经度、纬度方向的分布 (实时地震学与地震监测预报技术研究室王未来、王长在、房立华、吴建平 等提供)



震源深度沿AA′、BB′剖面方向的分布。

(实时地震学与地震监测预报技术研究室王未来、王长在、房立华、吴建平等提供)





## 八、地震波形数据支持的快速响应

国家数字测震台网数据备份中心

郑秀芬等



国家数字测震台网数据备份中心在已有软件技术系统的基础上 创新性地研制开发了准实时波形数据自动截取软件技术系统,为震 后科研人员快速开展矩张量反演、震源破裂过程和地震精定位等相 关工作提供数据支撑。

该系统与中国地震台网中心发布速报结果的EQIM数据库连接, 自动读取速报结果,按照指定的震级和发震地点规则,对实时传输 的测震台网一定范围内的台站选取后进行近场和远场的快速数据处 理,按照理论初至波到时前后指定时间长度进行地震事件波形数据 的自动校验和截取处理。



2010年4月14日07时49分M7.1级青海玉树地震发生后,在自动读取中 国地震台网中心发布速报结果后不到1分钟的时间里,自动截取了发震地 点50范围内包含青海、四川和西藏区域地震台网30个地震台站的波形数 据。根据数据下载日志记录,后续从事震源机制解等计算的郭祥云、王 勤彩、赵翠萍和蒋长胜分别于08时04分、08时15分、08时41分和09时21 分开始从数据备份中心用于数据服务的服务器下载数据。 波形图已按照"大地震快速响应与产出专项"工作的约定上传至台 网中心的IGP服务器,上传时间为08时18分,并及时通知台网中心。



15-005	Press Press Like I		
4E+000	- Martin - Martin - Martin		
18488	TUS ON BHC 1 12 2040 03 12 20 40 26 005		_
35-000	Muguestin	MMM MANNA COMMANDA	
6E+006 2E+006	CAD X2 BHZ wak Trans at 2010 D4 13 23 49 25 095 Peak+3 547444-005		
1E+006	mono	man Man ( MANNY MA	~
15-005	NAKO GH BHZ wak titatta at 2010 (H.13 22 HK 25 201 Reak-6 20113+4001		_
-35-005			
15:00	020 SC BHZ: unk Istatz at 2010.04.13 22:49:35.095 Peak-2.79158e+006		
15-000		Mar (VV/MM (VV/M	~
101000	Peak-1.00916e-009		_
-400000		Maximum r A A N N N N N N N N N N N N N N N N N	$\sim$
45+000	Peak+5 3044e-006 e0		_
25-005		Man Mar	
25000	Feature 2 41957e+006		
1E+000	The Distant of New a 1990 Day 19 19 45 04 044	Min ( ) V ( / V / M / M / M / M / M / M / M / M / M	
16-000	Peger 2 2020-44-408		_
-15-000	THE ONE BHC? Long. Streets on 2010 OK 13 21 48-24 005	and the second of the second s	~
7E-006 (E500	Feat = 2.0453e+008		
18-55	RTA SC 8HZ unk literts at 2010 04.13 23 49 36 006	toward AND	~
25+005	Peak-2.71581++008 184		
-1E-000	17 17 BHC web State at 2010 04 11 12 49 26 064	the second secon	~
推翻	Feak=0.09548+408 1M		
15:00	STA SC BHZ was fasts at 2010.04.13 22-49-25.005		
iE:00	Peak2 82040e-006 1M		
11:22	NAQ XZ BHZ: wik famili at 2010-04.13 23-49-31-046	- Ward and a construction of a	~
125+008	Peak1.37741e+009 1M		
400000	OLH OH BHZ, wiki Statts at 2010.04.13 22:49:35.095		~
1253000	Feak-2.16723++006 1M		
-400000	TTH OH BHZ wik State at 2010 04.13 23:49:35.095		$\sim$
35+000	Peak - 6.44422x+006 1M		
35-000	OFU SC BHZ: wik Stats # 2010.04.13 23-49-35.095		
\$00000	Peak-1.77212+408 1M		~
-1000000	TU OH 8HZ wek Itats at 2010.04.13 23.49.36.095		
123	Peak-3.59229++006 1M		
11:30	LTA SC BHZ, we starts at 2010 04.13 22:49:35.095		
15+000	Peak-2 47993e-005 1M	the second of Anno and	~
-18+008	CHY X2 8HZ we Starts at 2010 04 13 23 49 35 005		
000000	Peak+1,47057e+008 1M		
18230	LYX OH BHZ we Statu at 2010.04.13 23:49:35.095		~
2E-006	Peak=5.1540e+005 1M	- A manut	~
115:882	YJI 5C 8HZ, wek Stats at 2010.04 13 22:48:36.004	~ ~ V V	
500000	Pege-1.30912e-000		~
400000	DCD OH BHZ wek litarts at 2010.04.13 23:49:35.045		
12:200	Peak-2 /01026-000	A management	~
15-008	MEX SC 8HZ unk Starts at 2010 04.13 23 49-25 095		-
15-000	M M		~
38208	ECE SC BHZ wik Stats at 2010.04.13 23-49:35.085		

部分近场地震台站垂直方向波形记录图 (国家数字测震台网数据备份中心郑秀芬等提供)





# 九、地球物理背景场

地球内部物理学与深部孕震环境研究室

何正勤等提供







### Moho面深度示意图 (地球内部物理学与深部孕震环境研究室 何正勤等提供)

青海玉树7.1级地震分析报告





### 布格重力异常图 (地球内部物理学与深部孕震环境研究室 何正勤等提供)