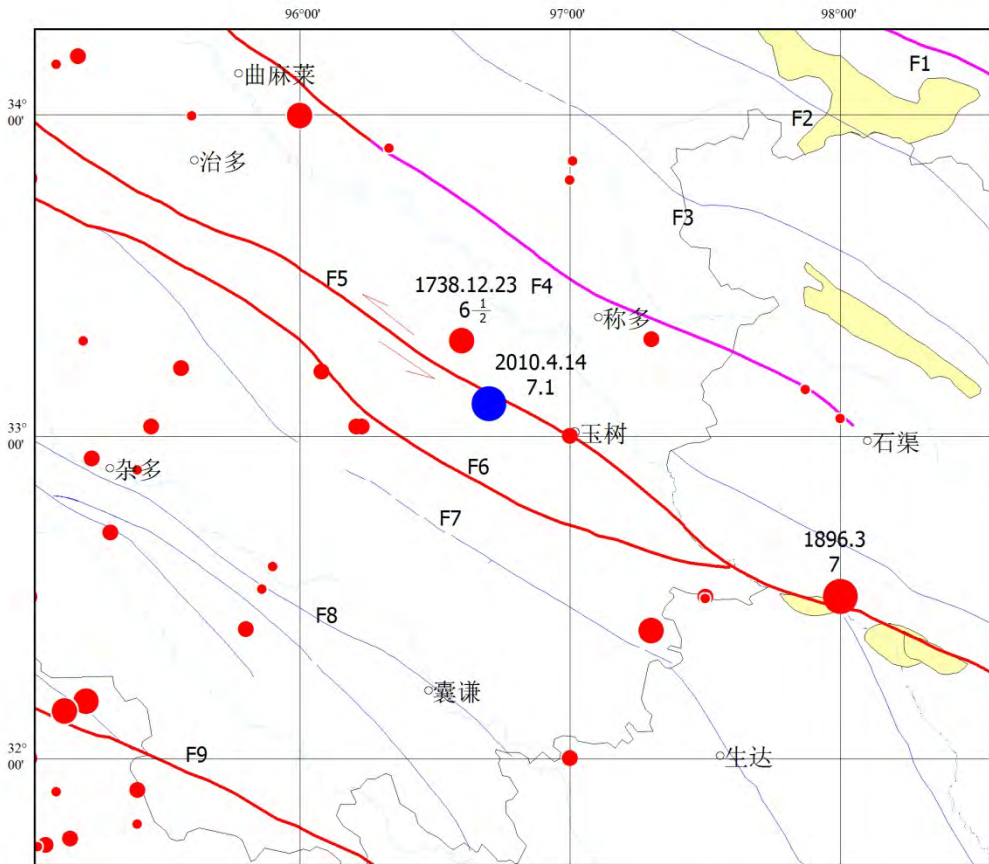




2010年4月14日青海省玉树县7.1级 地震分析报告

中国地震局地球物理研究所

青海玉树7.1级地震分析报告



比例尺 0 20 40 80km

早、中更新世断裂 晚更新世断裂 全新世断裂 第四系 前第四系

Ms7.0-7.9 Ms6.0-6.9 Ms5.0-5.9 Ms4.7-4.9 2010.4.14 7.1 发震日期 震级

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



一、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 $4.4 \times 10^{19} \text{Nm}$ ，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 -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。

青海玉树7.1级地震分析报告



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

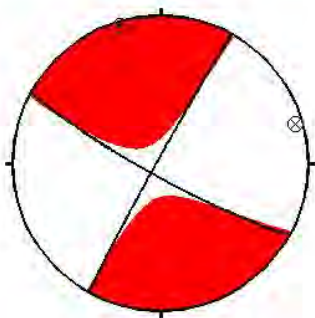
IGP-CEA MOMENT TENSOR SOLUTION
Chao Liu, Li-sheng Xu, Yun-tai Chen

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
Mrp= 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 Administration
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

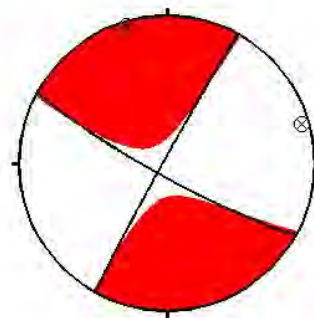
中国地震局地球物理研究所矩张量解
刘超 许力生 陈运泰

震源深度 10千米 台站数:31
矩震级 Mw=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

最佳双力偶解: 标量地震矩4.4* 10^{19}
节面1: 走向=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)



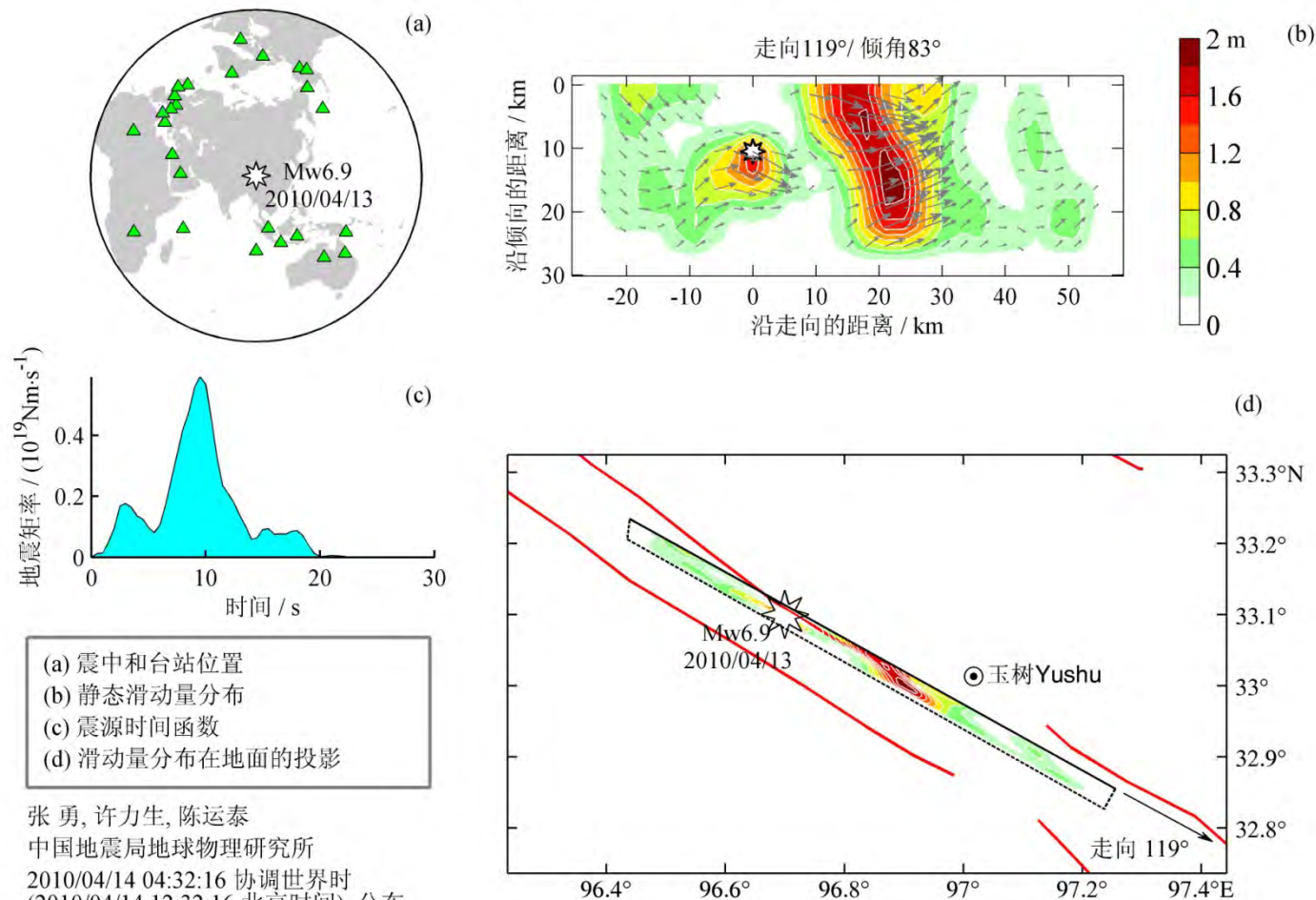
在矩张量反演结果工作的基础上，对这次地震的破裂过程进行了反演分析。经过仔细筛选，选用了全球范围内26个台站的远震资料，通过快速反演得到了这次地震的破裂过程。结果表明，这次地震的地震矩约为 $2.98 \times 10^{19} \text{Nm}$ ，对应的矩震级约为 M_w 6.9，和矩张量反演结果比较一致（只相差0.1级）。

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。

青海玉树7.1级地震分析报告



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



张勇, 许力生, 陈运泰
中国地震局地球物理研究所
2010/04/14 04:32:16 协调世界时
(2010/04/14 12:32:16 北京时间) 公布

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 ⁻⁶ 0.85 2.6×10 ⁻⁶	BTDF Z P	6.9×10 ⁻⁶ 0.84 3.5×10 ⁻⁶	KAPI Z P	7.4×10 ⁻⁶ 0.36 4.3×10 ⁻⁶	UGM Z P	4.9×10 ⁻⁶ 0.78 3.9×10 ⁻⁶	COCO Z P
3.9×10 ⁻⁶ 0.79 1.7×10 ⁻⁶	RAYN Z P	3×10 ⁻⁶ 0.83 1.3×10 ⁻⁶	EIL Z P	2.8×10 ⁻⁶ 0.58 1.2×10 ⁻⁶	MSEY Z P	3.9×10 ⁻⁶ 0.77 2.5×10 ⁻⁶	SMY Z P
1.8×10 ⁻⁶ 0.88 1.6×10 ⁻⁶	GAMB Z P	1.2×10 ⁻⁶ 0.87 8.1×10 ⁻⁷	DAG Z P	1.7×10 ⁻⁶ 0.9 1.2×10 ⁻⁶	DAVA Z P	6.5×10 ⁻⁶ 0.79 2.1×10 ⁻⁶	PMG Z P
2.5×10 ⁻⁶ 0.77 1.2×10 ⁻⁶	CEL Z P	6.1×10 ⁻⁶ 0.87 2.8×10 ⁻⁶	WR0 Z P	2.8×10 ⁻⁶ 0.8 1.2×10 ⁻⁶	VLC Z P	1.9×10 ⁻⁶ 0.78 1.2×10 ⁻⁶	CLF Z P
2.2×10 ⁻⁶ 0.77 1.2×10 ⁻⁶	VSL Z P	1.5×10 ⁻⁶ 0.79 9.8×10 ⁻⁷	ESK Z P	4.8×10 ⁻⁶ 0.88 2.4×10 ⁻⁶	CTAO Z P	1.6×10 ⁻⁶ 0.89 1.4×10 ⁻⁶	FYU Z P
1.4×10 ⁻⁶ 0.85 1.5×10 ⁻⁶	RND Z P	1.3×10 ⁻⁶ 0.88 1×10 ⁻⁶	DYA Z P	9.7×10 ⁻⁷ 0.92 8.9×10 ⁻⁷	RES Z P	1.8×10 ⁻⁶ 0.87 1.1×10 ⁻⁶	TAM Z P
2.2×10 ⁻⁶ 0.65 1.3×10 ⁻⁶	LSZ Z P	1.2×10 ⁻⁶ 0.85 7.7×10 ⁻⁷	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

全球地震活动与核査技术研究室、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。

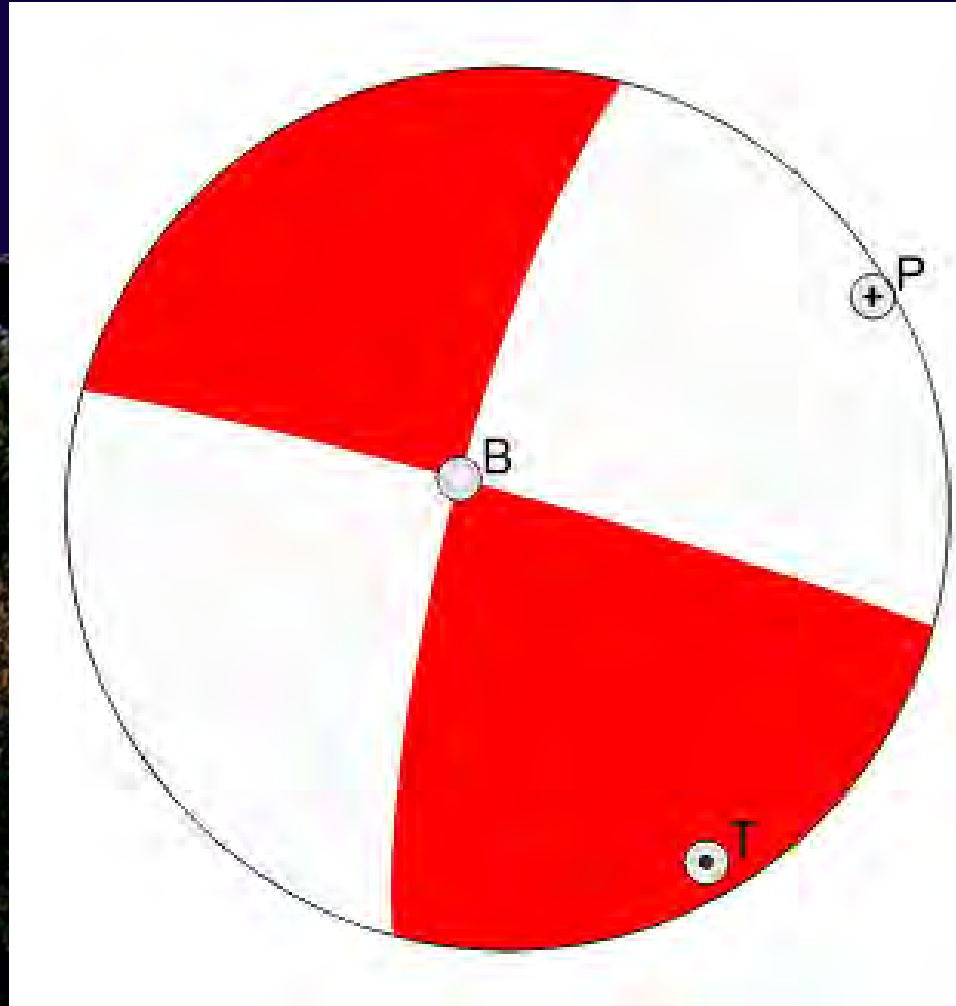
1. 2010年04月07时49分7.1级地震的震源机制解

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

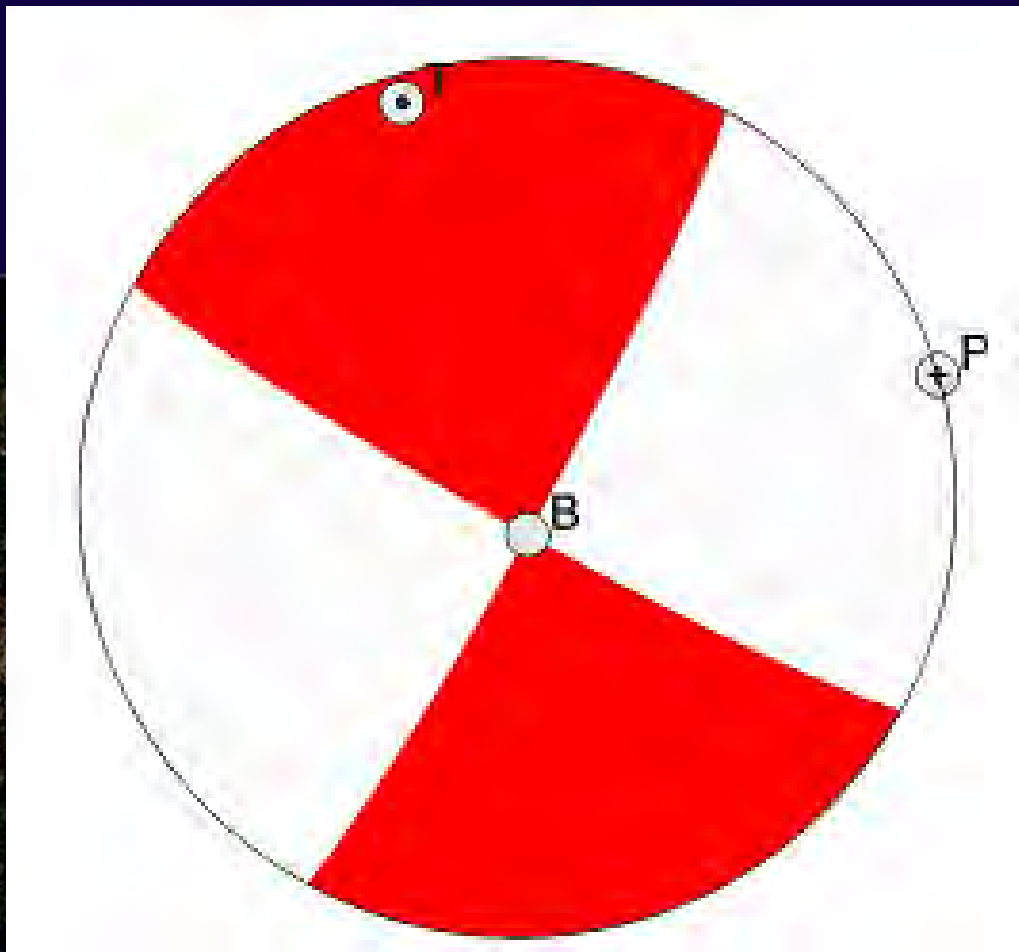
采用24个区域台站和6个CDSN台站的数据, 利用P波初动格点尝试法计算。

青海玉树7.1级地震分析报告



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)

青海玉树7.1级地震分析报告



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

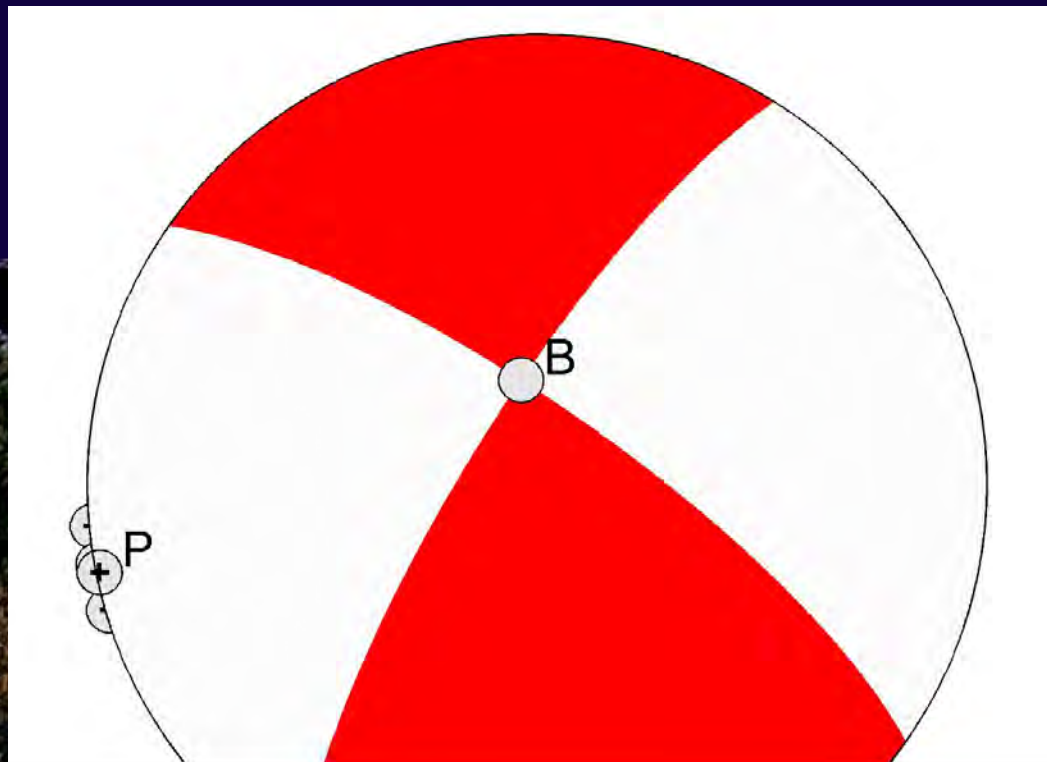
研究所地震预报推进组 蒋长胜等提供



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。

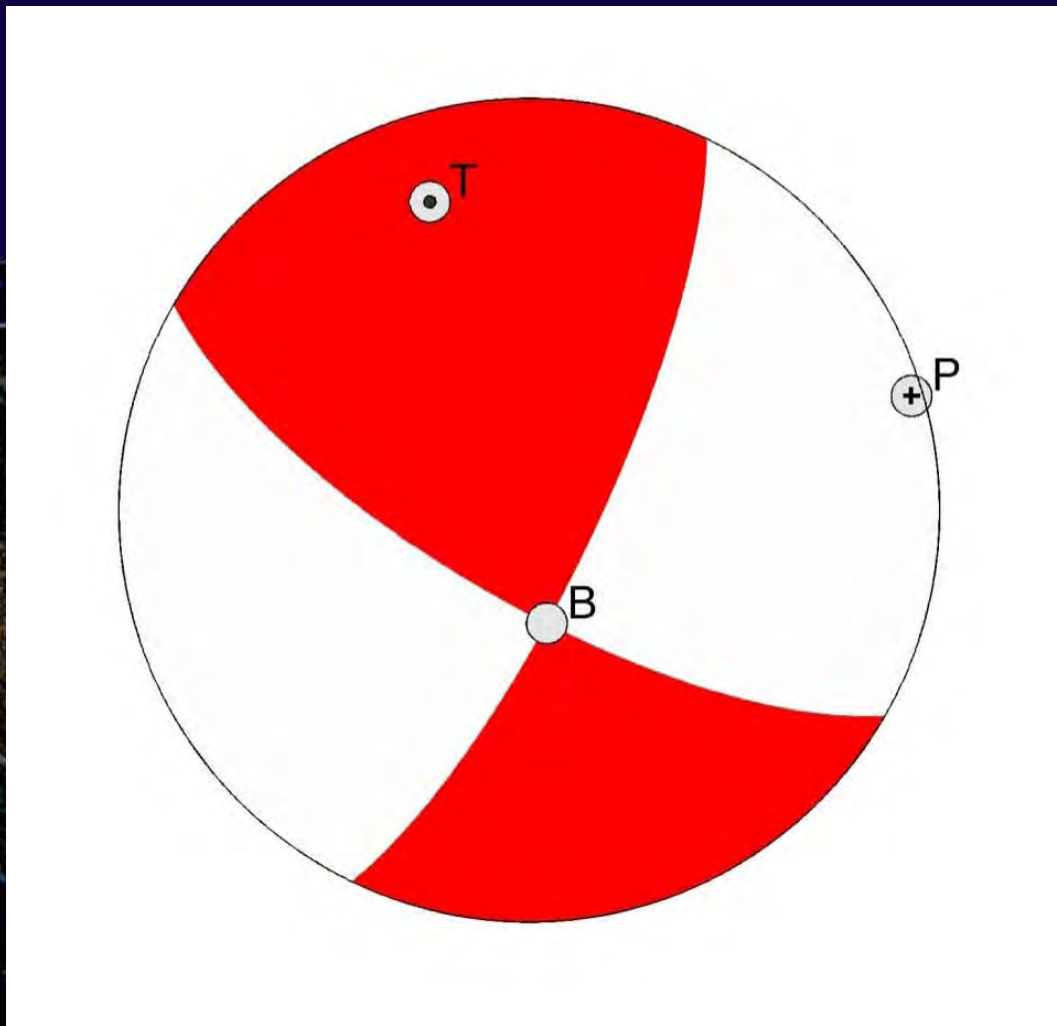
CAP方法将宽频带区域地震记录分成体波 (Pnl) 和面波 (Sur) 两个部分，分别对两部分的三分量共 5 部分波形 (Pnl不存在切向分量) 给定不同的权重反演，这样可充分考虑各部分波形对矩张量结果的贡献。CAP方法对速度模型和地壳横向变化的依赖性相对较小，对地震深度有比较好的约束。通过使用不同震源深度的格林函数用于反演计算，由最小反演误差还可确定地震可能的矩心深度。格林函数计算中采用了频率-波数 (F-K) 方法来计算，其中地壳速度模型使用了水平分辨率 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 的CRUST 2.0全球地壳速度模型 (<http://igppweb.ucsd.edu/~gabi/crust2.html>)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

青海玉树7.1级地震分析报告



青海玉树 M_s 7.1地震矩张量解
(研究所地震预报推进组蒋长胜等提供)

青海玉树7.1级地震分析报告



青海玉树 M_s 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

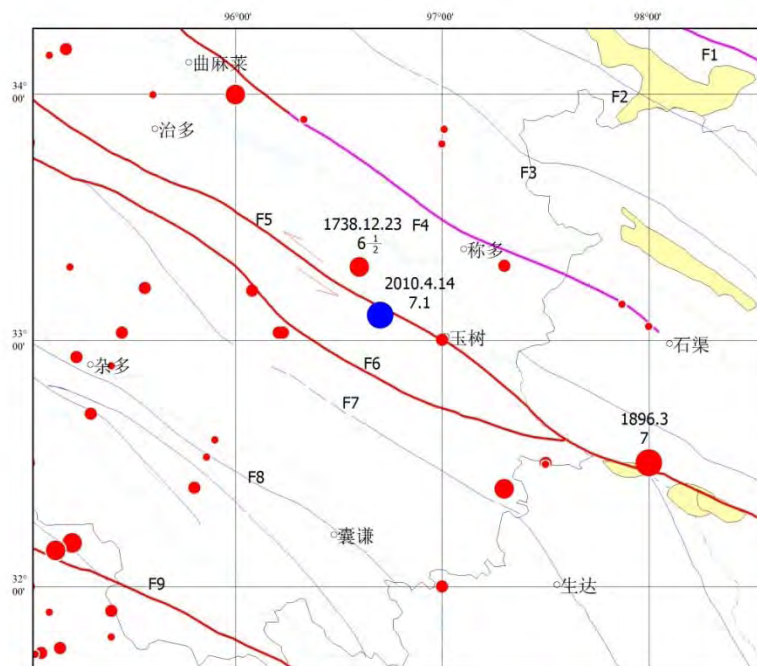
工程地震学与城市减灾(地震社会学)研究室

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。



比例尺 0 20 40 80km

玉树地震

早、中更新世断裂 晚更新世断裂 全新世断裂 第四系 前第四系

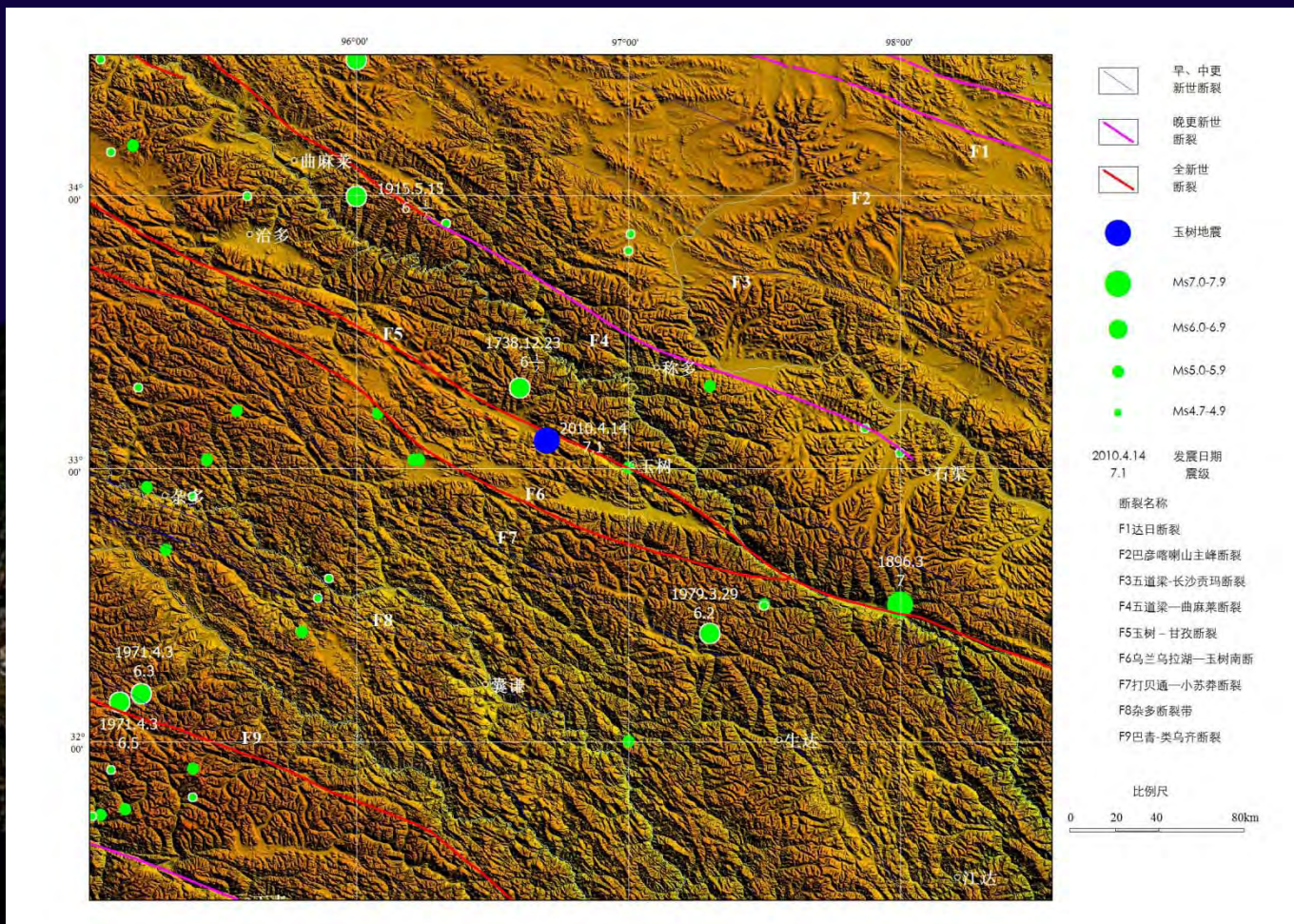
Ms7.0-7.9 Ms6.0-6.9 Ms5.0-5.9 Ms4.7-4.9 2010.4.14 发震日期 震级

断裂名称：F1达日断裂；F2巴达喀喇山主峰断裂；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杂多断裂带；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7.1级地震分析报告



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)

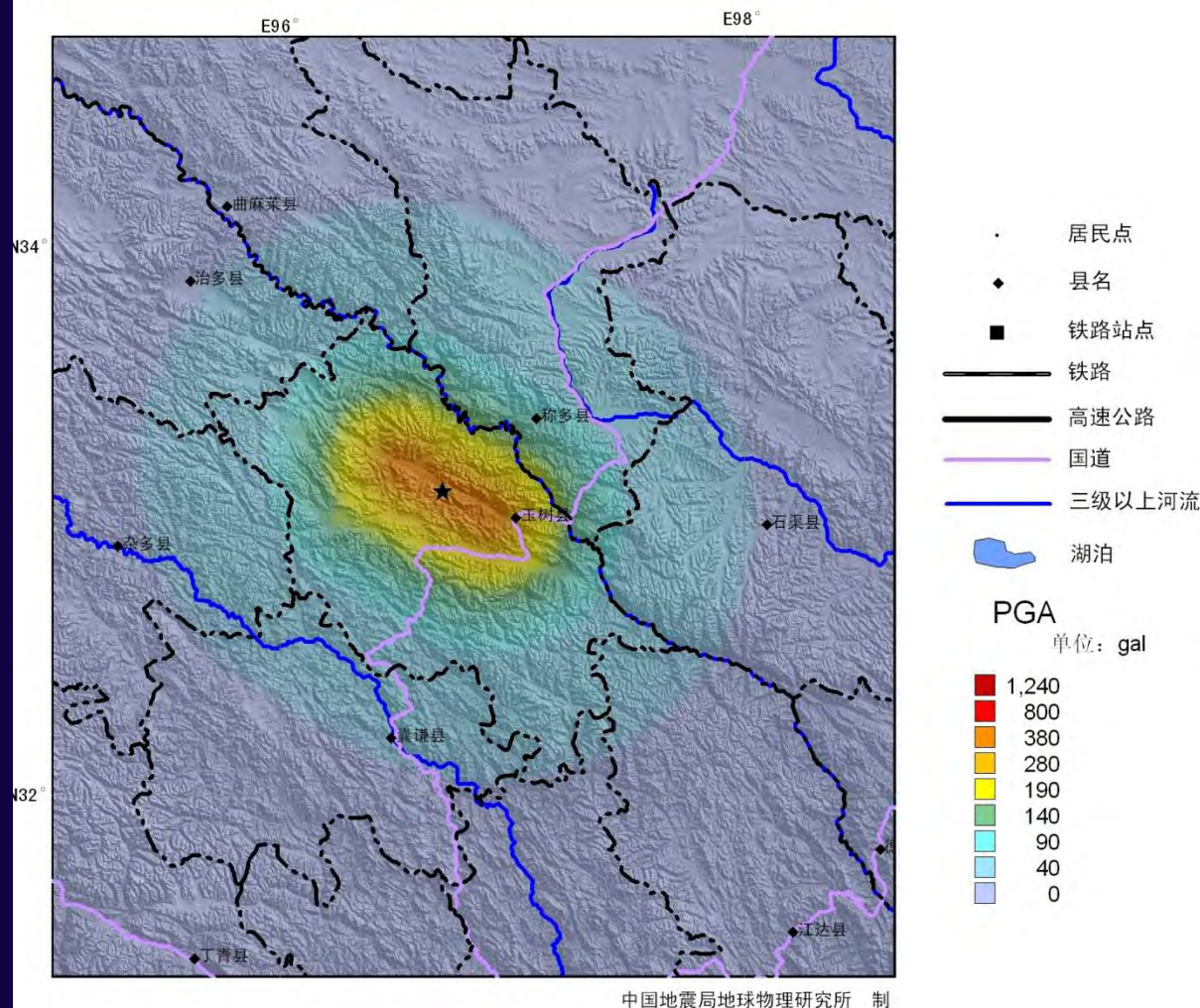
工程地震学与城市减灾(地震社会学)研究室

陈鯤等提供

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°。



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

(工程地震学与城市减灾研究室陈颢等提供)



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，是两大流域的分水岭。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钦铜矿等。



（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

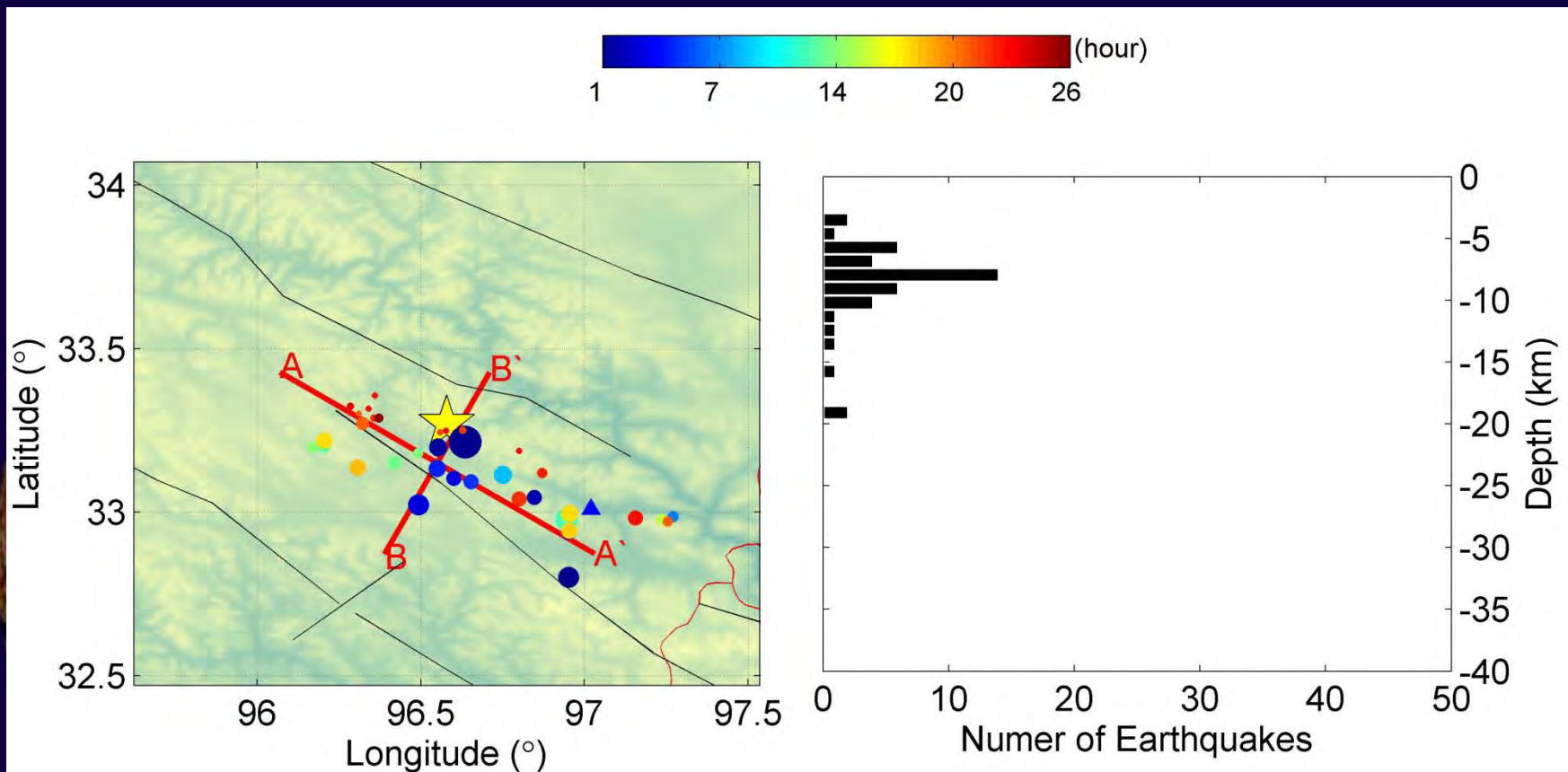
王未来、王长在、房立华、吴建平提供



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。

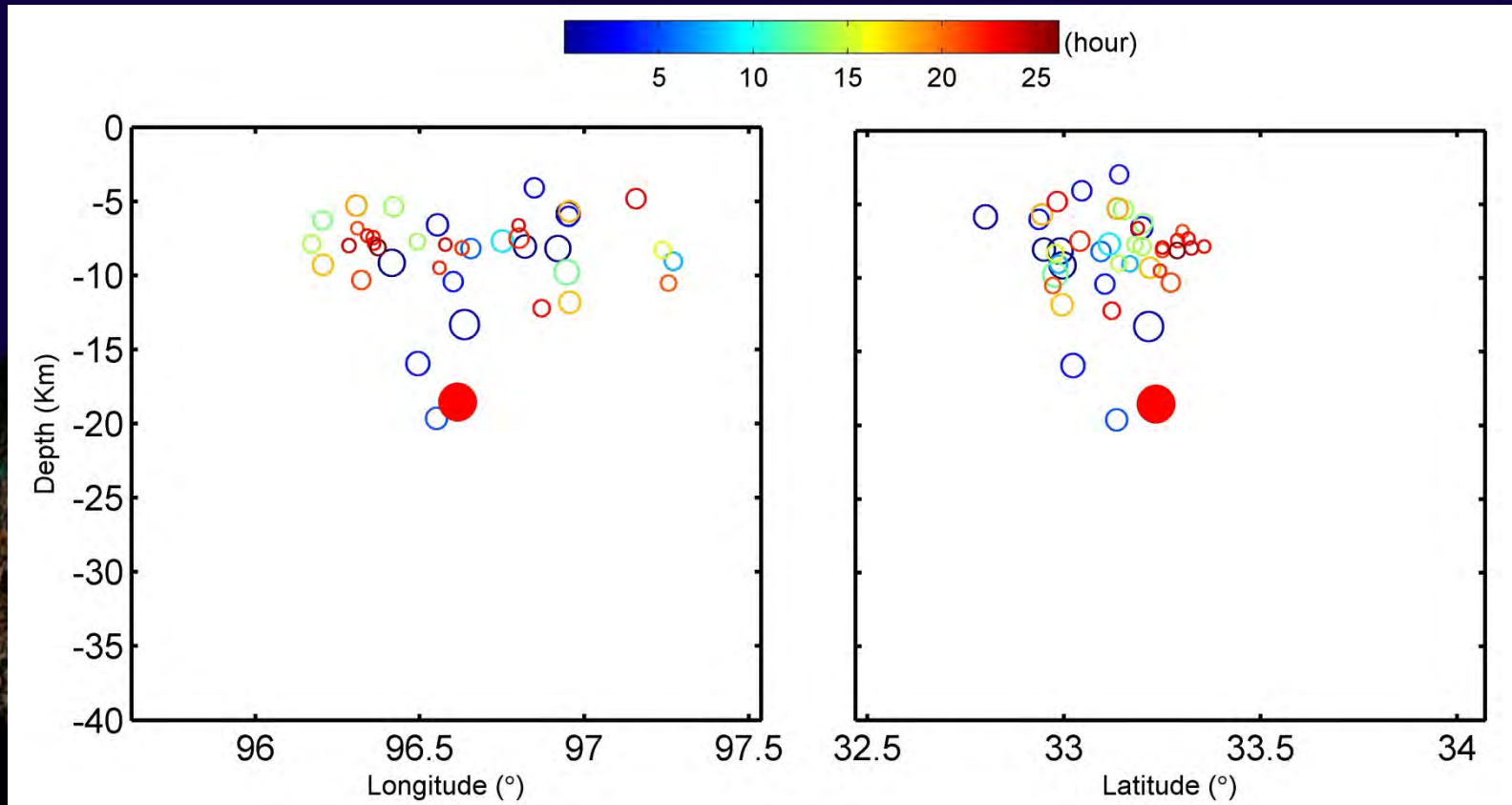
青海玉树7.1级地震分析报告



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)

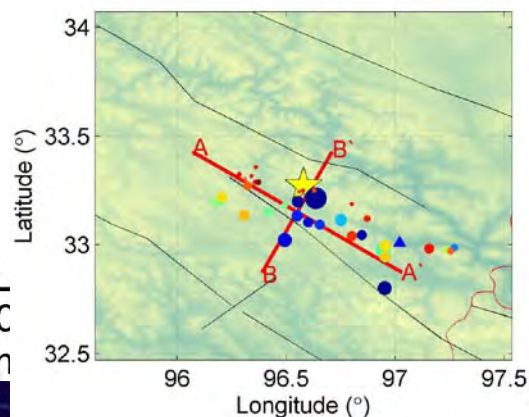
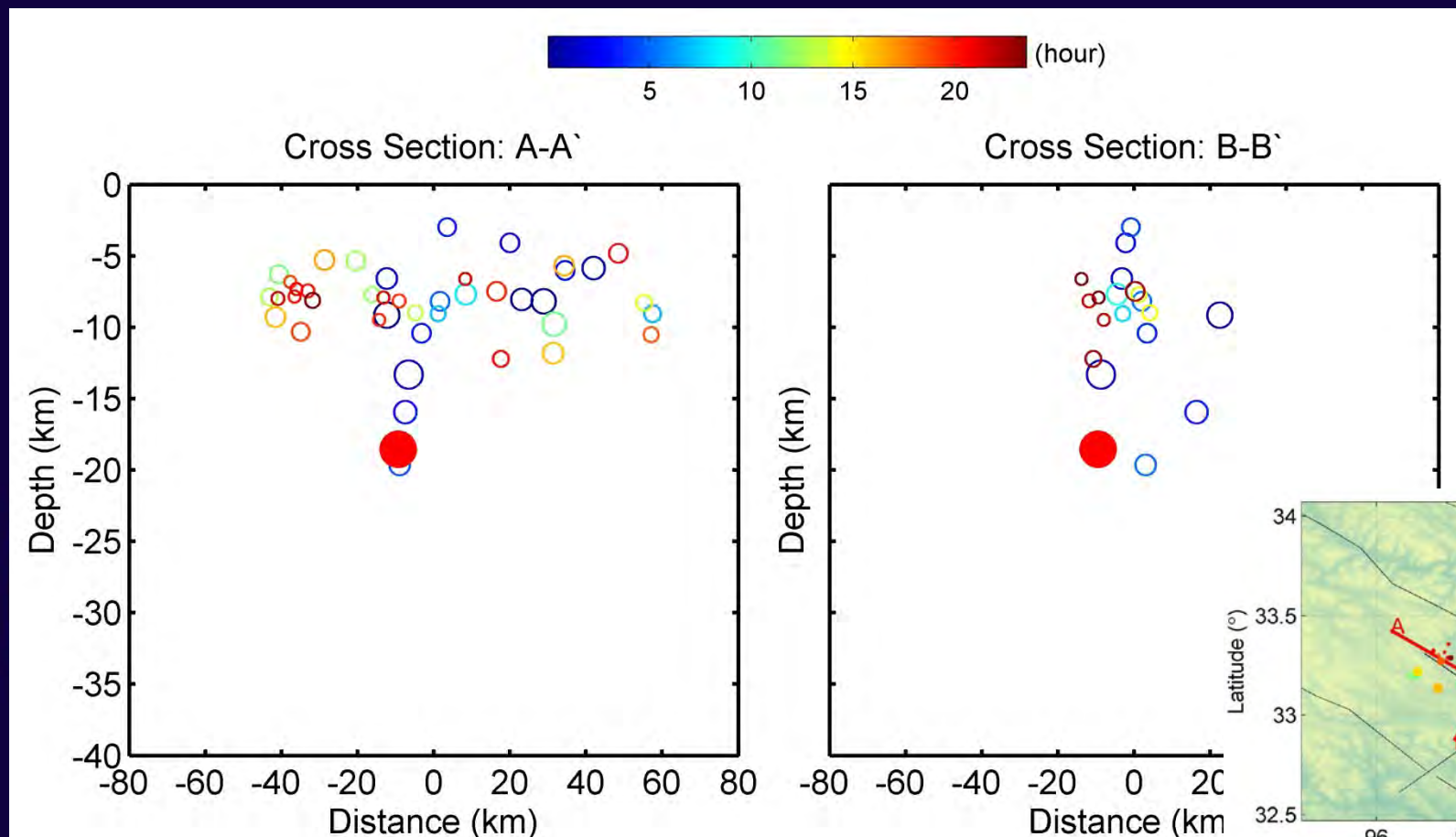
青海玉树7.1级地震分析报告



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)

青海玉树7.1级地震分析报告



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。

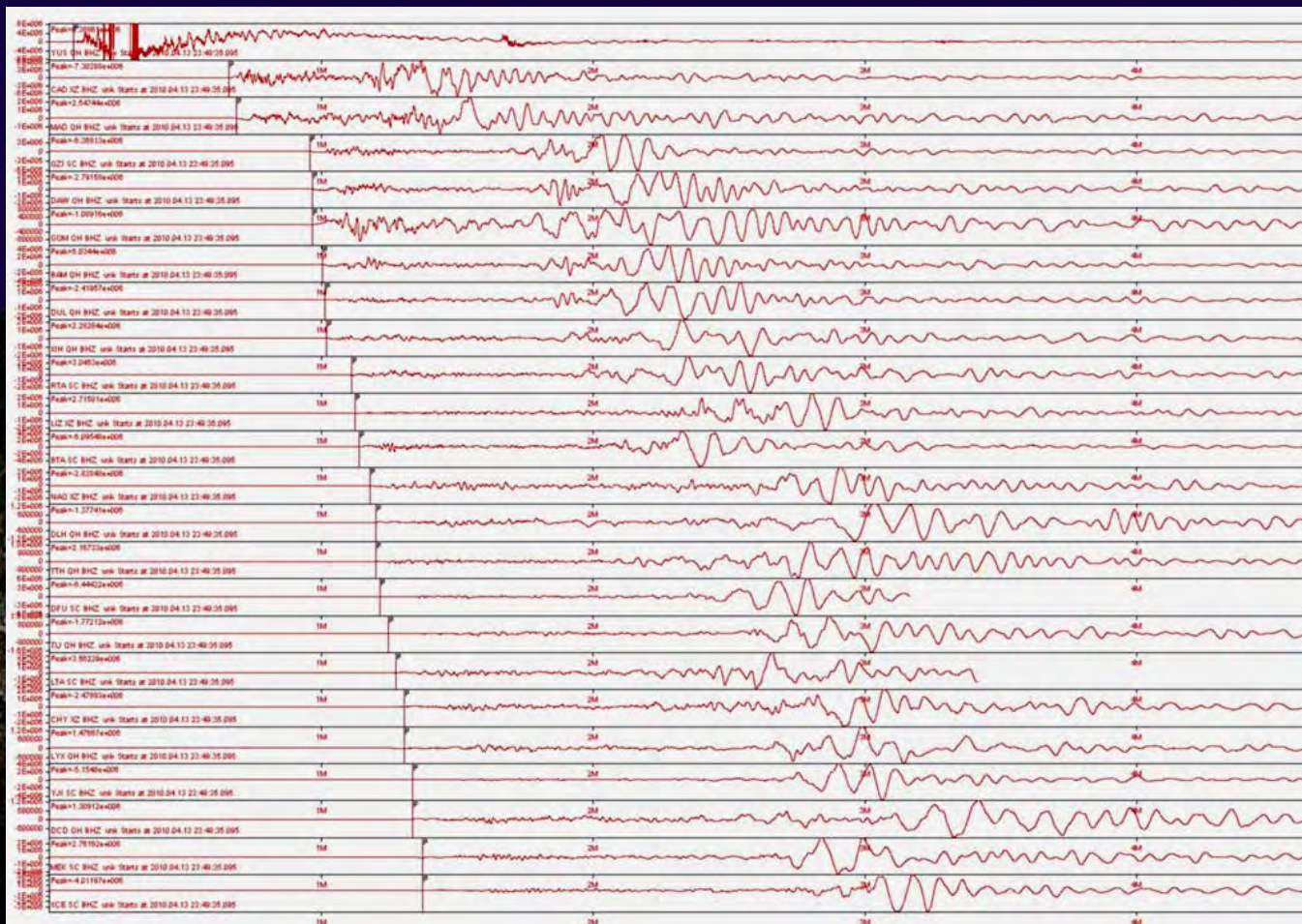
该系统与中国地震台网中心发布速报结果的EQIM数据库连接，自动读取速报结果，按照指定的震级和发震地点规则，对实时传输的测震台网一定范围内的台站选取后进行近场和远场的快速数据处理，按照理论初至波到时前后指定时间长度进行地震事件波形数据的自动校验和截取处理。



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。

青海玉树7.1级地震分析报告



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)

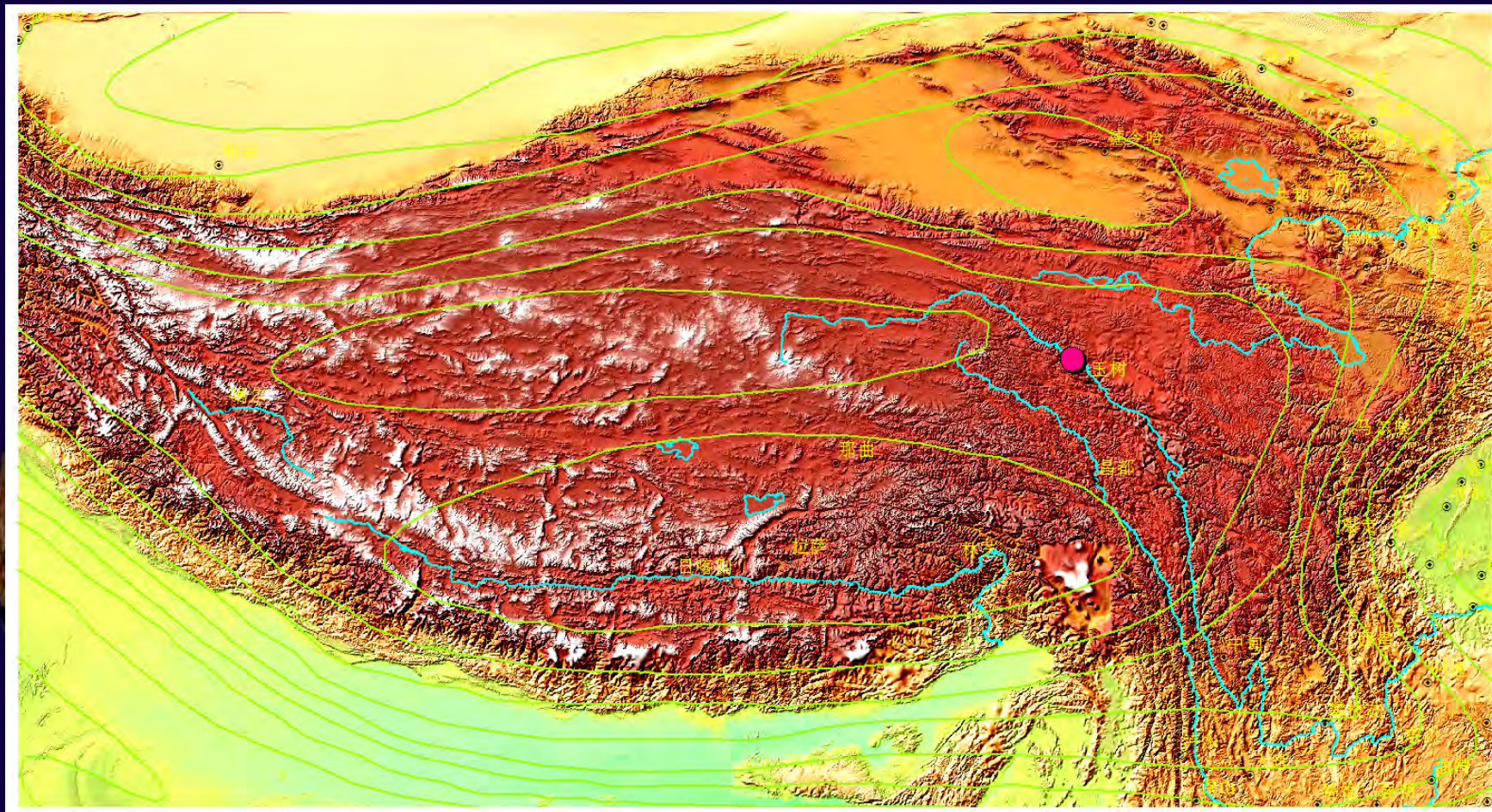


九、地球物理背景场

地球内部物理学与深部孕震环境研究室

何正勤等提供

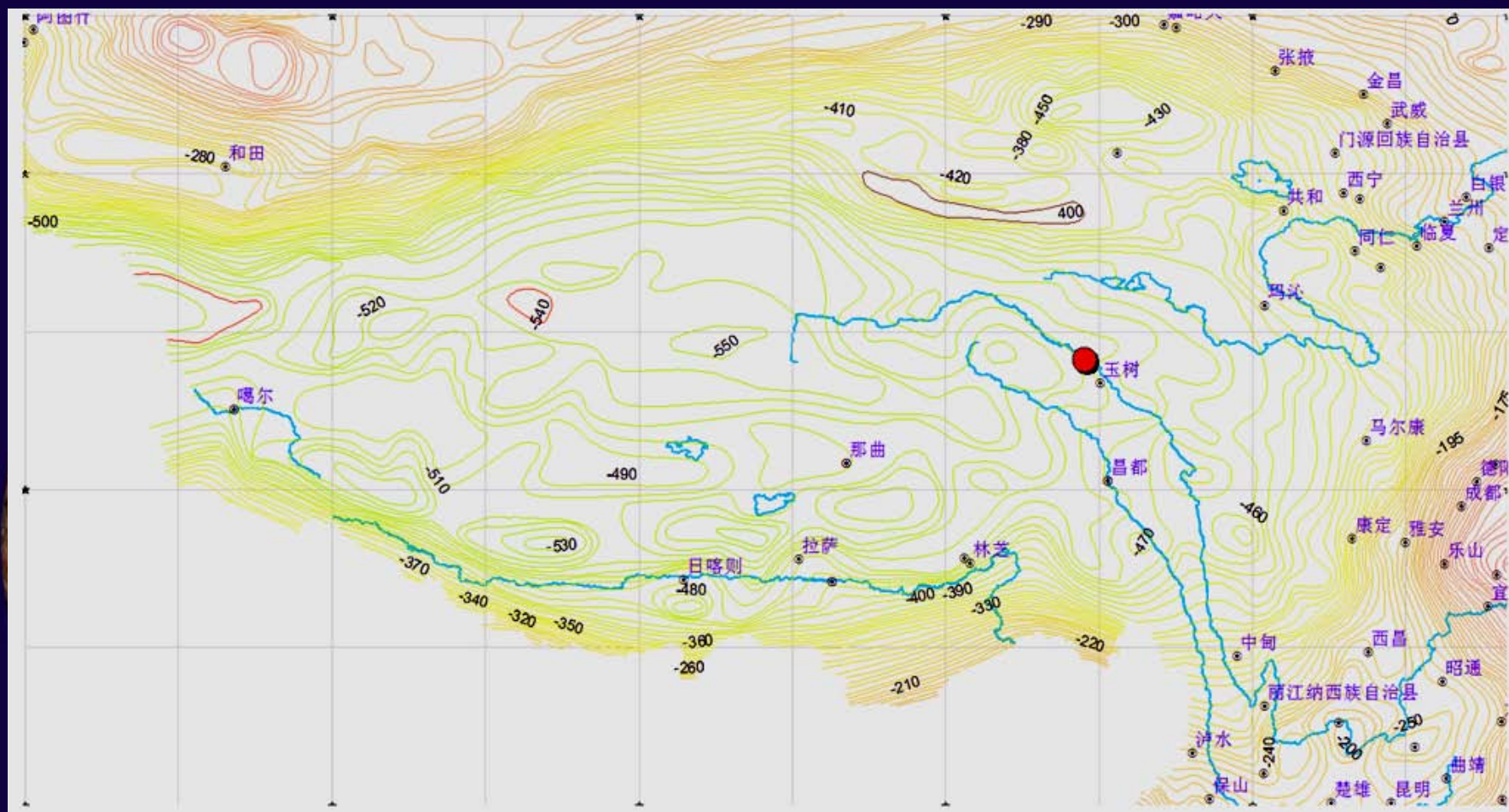
青海玉树7.1级地震分析报告



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)