

马玉虎、陈玉华, 2011, 2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震前异常特征及强震动力学关系探讨, 中国地震, 27 (2), 136 ~ 146。

# 2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震前异常特征 及强震动力学关系探讨

马玉虎 陈玉华

青海省地震局, 西宁市兴海路 1 号 810001

**摘要** 系统地分析了 2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震的地震活动性异常、前兆异常以及震前动物反常行为。研究表明, 玉树 7.1 级地震前异常并不丰富, 但觉察到的异常突出。其中中长期异常有 6 级、5 级和 4 级的平静区; 前兆观测有玉树表层水温、德令哈表层水温和平安电磁波等显著异常; 同时震前 1 周还存在数量较多的动物宏观异常现象; 主震前 130min 发生了一次 4.7 级地震。结合 1996 年以来巴颜喀拉地块边界的强震震源机制解, 探讨了玉树地震孕育的动力学过程。结果表明, 1996 年喀喇昆仑山口 7.1 级、1997 年玛尼 7.5 级和 2010 年玉树 7.1 级地震是同一动力学过程下的强震事件, 且中长期存在的不同震级档平静区演化可能与上述动力学过程有关。还对强震原地复发、前震识别和玉树地震中的前兆观测等科学问题进行了讨论。

**关键词:** 玉树地震 地震活动异常 前兆异常 动力学过程 强震复发 前震识别

[文章编号] 1001-4683(2011)02-0136-11 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 前言

2010 年 4 月 14 日 07 时 49 分 37.9 秒青海省玉树藏族自治州玉树县境内发生 7.1 级强烈地震, 地震夺去了 2698 人的生命, 270 人下落不明。这次地震是青海省有史料记载以来死亡人数最多、影响最广泛的一次地震, 也是汶川特大地震之后我国大陆又一次使生命、财产遭受巨大损失的地震, 更是近 30 年来青海境内发生的第 3 次 7 级以上强烈地震(之前曾发生了 1990 年 4 月 26 日共和 7.0 级地震和 2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 8.1 级地震)。

本次地震发震断层为玉树-甘孜断裂带。对于玉树 7.1 级强烈地震, 震前没有作出具有减灾实效的临震预测。但中短期有所察觉, 震前已注意到该地区的强震背景和强震危险性<sup>①</sup>。震后总结表明, 玉树地震前存在直接前震 6 级、5 级、4 级不同震级档构成的平静区演化, 震前中等地震活动显著增强等地震活动性异常; 玉树表层水温、德令哈表层水温和平安

[收稿日期] 2011-04-13

[项目类别] 中国地震局监测预报司 2011 年震情跟踪(2020 地震短临攀登计划 2011016301)资助

[作者简介] 马玉虎, 男, 1977 年生, 副研究员。主要从事地震预测预报研究和实践工作。

E-mail: mayuhu77@163.com

① 青海省地震局 2011, 2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震预测预报工作总结与思考。

电磁波等前兆异常;在临震阶段还存在数量众多的动物反常行为。本文系统地清理了这些异常,总结了震前异常的特点,并结合 7 级以上强震的震源机制解,探讨了玉树地震孕育的动力学过程,并对玉树-甘孜断裂带的强震原地复发、前震识别和玉树地震中的前兆观测等科学问题进行了讨论。

## 1 区域地震构造和历史地震概况

玉树-甘孜断裂全新世活动的微地貌非常发育,沿山前多形成规模较大、分布连续的地震拗槽,在山前的洪积扇坡上多形成坡中反向地震拗槽。玉树-甘孜断裂带西起青海治多县那王草曲塘,经玉树、邓柯、玉隆,至四川甘孜县城南,长约 500km,由一组斜列状的 NW 向断层组成,左旋走滑性质,断裂走向为 NNW-NW,倾向呈波状陡立,断层倾向以 NE 向为主,倾角近直立,约  $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。该断裂规模巨大,其破碎带宽 50m 至数百米,主要发育在三叠纪地层中(李闽峰等,1995)。玉树-甘孜断裂第四纪活动具有明显的分段活动特征,根据地貌表现特征、地震活动时代、活动方式及 2010 年玉树地震破裂特征等,可分别以结隆西北和玉树为界划分为 3 段(李闽峰等,1995),即:东南段(玉树-甘孜段),根据断错地貌得到的东南段晚第四纪平均水平滑动速率为 5.4mm/a;闻学泽等(1985,2003)认为近 5 万年来断裂的东南段平均左旋滑动速率为  $12 \pm 2$ mm/a,沿断裂带的上古地震遗迹众多。中段(结隆西北-玉树段),以强烈走滑运动为主。西北段(结隆西北-拉日段)。周荣军等(1996)通过断错地貌和年代学研究认为,中段和西北段的滑动速率约为 7.2 ~ 7.3mm/a;王阎昭等(2008)基于 GPS 资料约束的连接断层元模型反演结果认为,中段和西北段的滑动速率为  $3.1 \pm 2.8$ mm/a。玉树-甘孜断裂带与左阶错列的鲜水河断裂共同组成了巴颜喀拉地块的南边界,仪器记录以来发生的最大地震为 2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震。1890 年以来,震中周边 180km 范围内共记录 5 级以上地震 33 次(图 1),其中 6.5 级以上地震 6 次(图 1 和表 1)。

表 1

玉树及邻区 6.5 级以上地震目录

序号	发震时间 (年-月-日)	震中位置			震级 $M$
		纬度( $^{\circ}$ )	经度( $^{\circ}$ )	参考地名	
1	1738-12-23	33.3	96.6	青海玉树西北	7.5 <sup>*</sup>
2	1896-03	32.5	98.0	四川石渠洛须	7.0
3	1915-04-28	34.5	96.0	青海曲麻莱东	6.5
4	1915-05-05	34.0	96.0	青海治多东	6.5
5	1971-04-03	32.2	95.4	青海杂多东南	6.5
6	2010-04-14	33.2	96.6	青海省玉树县	7.1

\* 据周荣军等(1997)。

## 2 地震前的主要异常

### 2.1 中长期异常背景

青海中南部-藏东地区存在 6 级、5 级、4 级档地震的平静区演化过程。1995 年 12 月 18 日玛多 6.2 级地震后,该地区形成了 6 级以上地震的围空区。在空区形成过程中,其边缘先后发生过 2001 年昆仑山口西 8.1 级地震和 2008 年汶川 8.0 级地震,是该空区最大的两个围空地震,同时空区边缘也发生了一系列 6 级以上地震。2007 年 5 月 7 日西藏妥坝 5.6 级

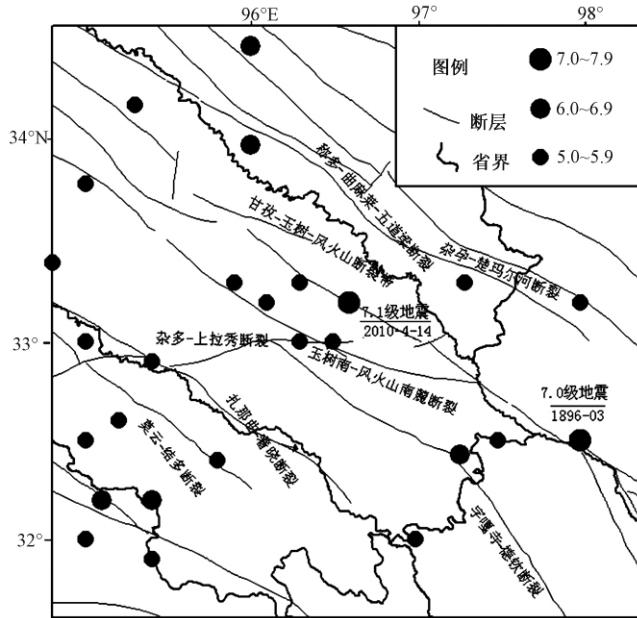


图1 震中附近构造及历史地震分布图(1890~2010年)

地震之后,在青海中南部-藏东地区形成了大面积的5级平静围空区,5级空区的形状与6级空区相比略有变动。2010年3月24日空区西边缘发生西藏聂荣5.7、5.5级地震,表明空区趋于成熟。2009年5月29日治多4.2级地震之后,青海中南部-藏东地区出现了4级围空区。2009年8月31日在4级围空区边缘发生了都兰4.6级地震,4级空区略有向南收缩的趋势;2010年3月6日曲麻莱与都兰交界地区发生 $M_s 4.1$ 地震,4级空区进一步向南收缩,实际上平静区范围更加向未来震中收缩。于是,在青海中南部-藏东地区 $M_s 6$ 、 $M_s 5$ 及 $M_L 4$ 以上地震逐渐形成配套出现的地震空区,分别显示出中长期和中期的异常特征(图2)。

2006年2月26日治多5.5级、4月14日5.6级地震,2006年7月玉树5.0、5.6、5.4级震群,2007年2月25日青藏交界5.3级地震,2008年6月9日~7月17日唐古拉震群活动(包括了6月9日5.0级,10日5.5、5.1和5.4级、18日5.0级和7月17日5.3级地震),2008年6月18日治多5.4级、29日班戈5.5级地震以及2010年3月24日空区西边缘的西藏聂荣5.7、5.5级地震显示,唐古拉地区中强地震活动显著活跃,是一种7级以上强震前地震活动显著增强的标志。期间(2006年2月~2010年3月31日)唐古拉地区共发生5级以上地震16次<sup>②</sup>。

## 2.2 短临异常

### 2.2.1 短期异常

震中300km范围内前兆观测仅有玉树地震台1个前兆观测点(图3),测项包括形变、地磁和表层水温。震前已经发现表层水温出现了较为显著的异常<sup>②</sup>。玉树表层水温观测数据为“十五”数字地震观测的前兆资料,2007年8月开始观测,同年10月后测值趋于稳定。

② 青海省地震局 2009-2010年青海省年度地震趋势会商研究报告。

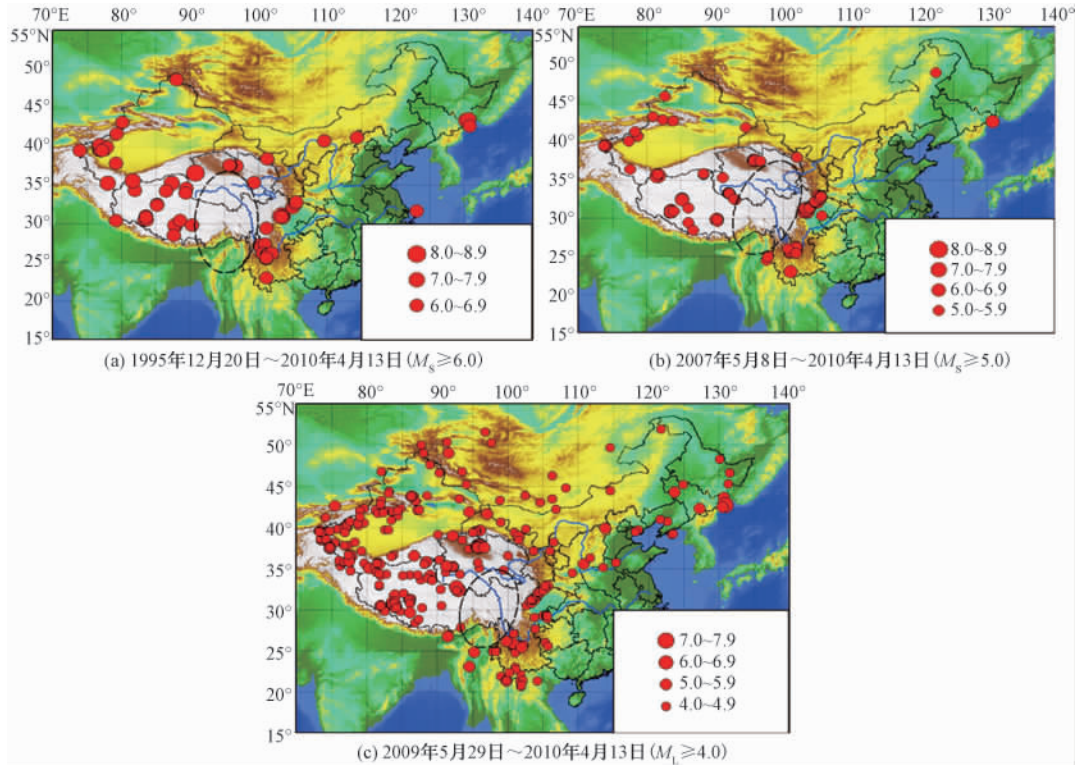


图 2 青海中南部-藏东地区不同震级档平静区演化过程

2008 年 3 月 17 日测值突降, 3 月 27 日回升, 幅度约  $0.03^{\circ}\text{C}$ 。分析认为, 此异常变化可能与汶川 8.0 级地震有关 (玉树台距汶川地震  $\Delta = 670\text{km}$ )。2009 年 11 月 21 ~ 30 日该测项又下降  $0.02^{\circ}\text{C}$ , 31 日后恢复正常走势; 2010 年 1 月 20 日 ~ 2 月 3 日测项再次下降  $0.03^{\circ}\text{C}$ , 两次变化形态和幅度均与汶川地震前极相似, 并且玉树 7.1 级地震时该测项出现同震下降变化, 这是距玉树地震最近的异常 (图 4)。

另外, 德令哈表层水温也出现了明显异常, 该测项数据也为“十五”数字地震观测的前兆资料。2007 年 6 月观测, 2008 年 1 月后测值趋于稳定。汶川地震前, 2008 年 5 月 10 ~ 11 日水温上升  $0.02^{\circ}\text{C}$ 。2009 年 5 月 16 ~ 19 日再次上升  $0.02^{\circ}\text{C}$ , 之后在高值持续, 6 月 16 ~ 17 日突降  $0.01^{\circ}\text{C}$ 。2009 年 8 月 29 日距该测点 140km 的大柴旦发生 6.4 级地震。2010 年 4 月 2 ~ 3 日上升  $0.01^{\circ}\text{C}$ , 14 日发生玉树 7.1 级地震。分析认为, 德令哈井孔水温突变与周边强震有较好的对应关系 (图 4)。

平安台的电磁波在青海南部地区的中强地震前有较好的反映, 特别是在 1994 年共和系列强震预测中起到过关键性作用。作为青海省震情跟踪和研究探索的重点前兆观测, 在地震前有较好的预测效能。自 2009 年 12 月以来, 平安电磁波持续出现强脉冲信号, 玉树 7.1 级地震后, 这种强脉冲信号消失, 异常持续 4 个月, 距离震中 630km (图 5)。除上述显著异常外, 距离震中 640km 的青海循化台水氡在 2010 年 3 月 30 日 ~ 4 月 6 日再次快速上升  $4.3\text{ Bq/L}$ , 距离震中 500km 以外的四川康定二道桥、55 泉、57 泉、58 泉在玉树地震之前出现

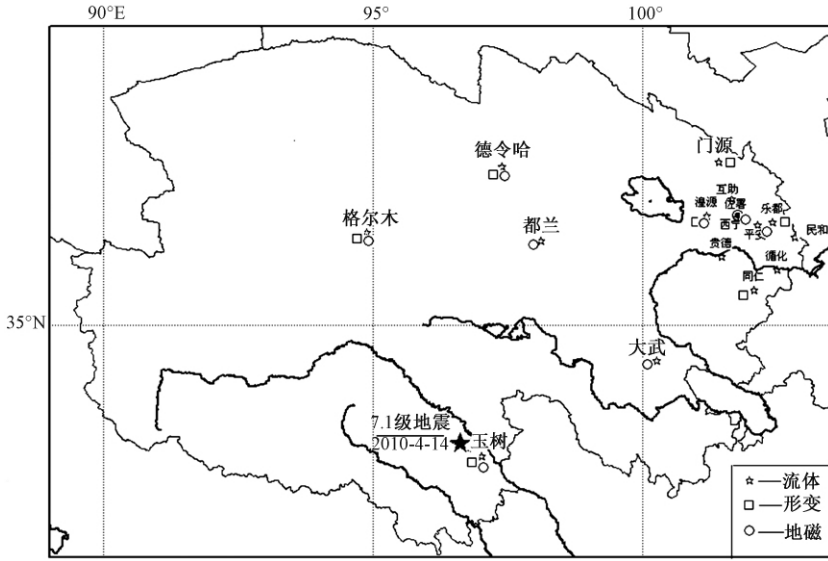


图3 2010年玉树地震前青海省前兆监测台站分布图

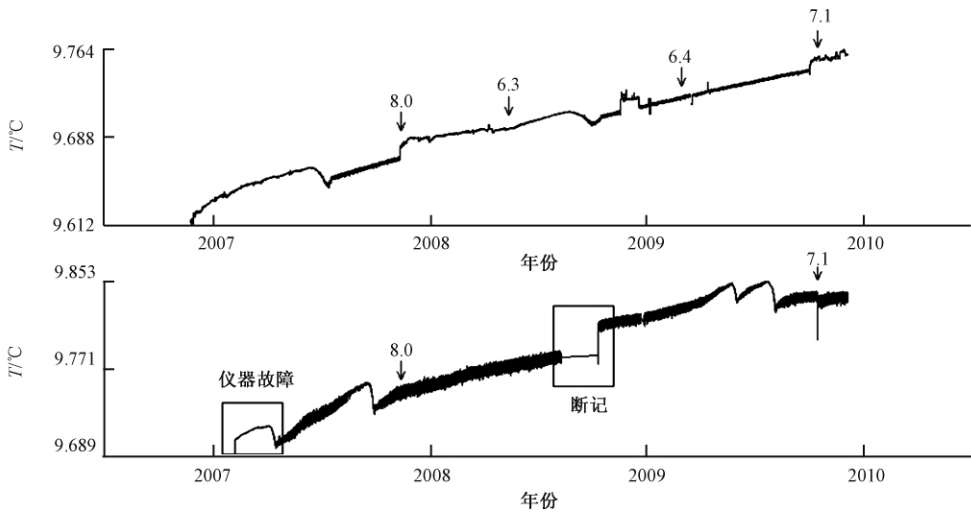


图4 表层水温观测整点值曲线图(上为德令哈测点的观测曲线,下为玉树测点的观测曲线)

不同程度的升温或降温现象。

### 2.2.2 临震异常

玉树7.1级地震前的4月14日05时39分59秒该震中区发生一次M4.7地震,截止到06时56分46秒,震中区内还记录到15次 $M_L$ 1.0~1.5地震。震后总结分析认为,该次地震为7.1级地震的直接前震,距主震时间间隔为130min(图6)。

### 2.2.3 宏观现象

2011年初青海省地震局在系统总结了各类异常后,开始收集动物宏观反常现象,并设计了严格的表格。表格中明确了动物反常的具体地点、时间、属性和反常行为特征描述,并

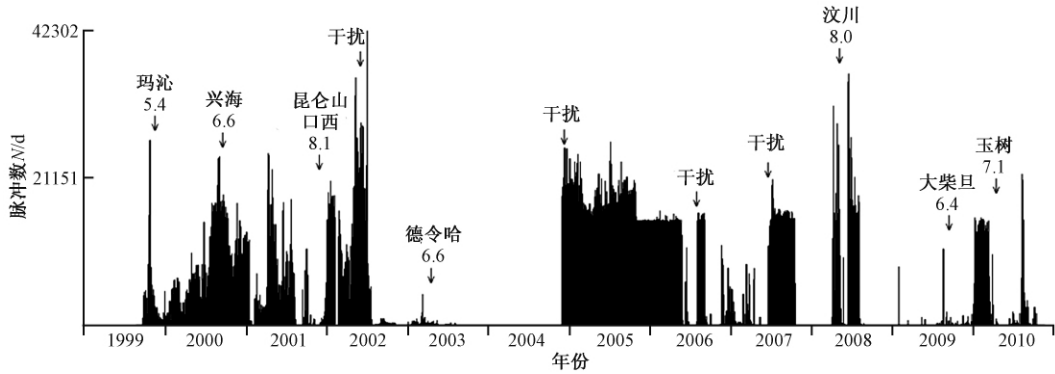


图 5 平安台电磁波日均值曲线图

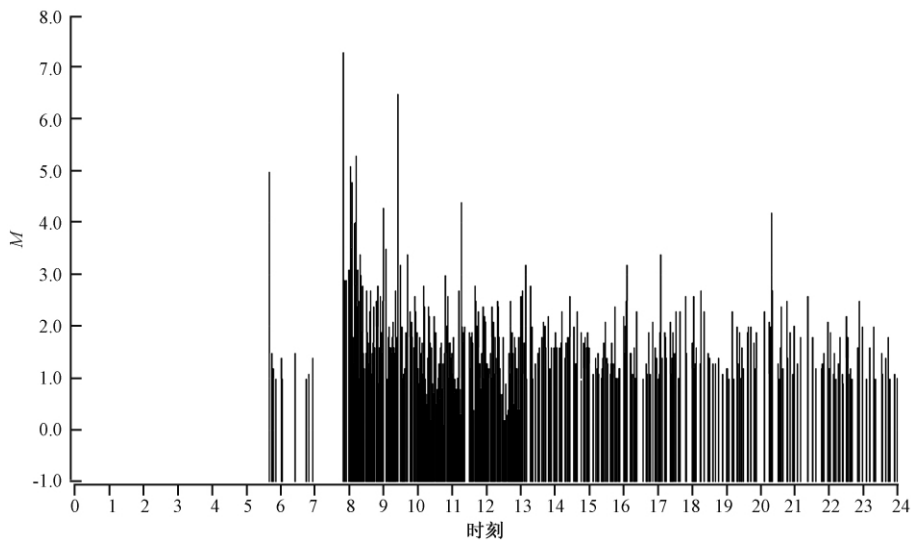


图 6 玉树 7.1 级地震 M-T 图(2010 年 4 月 14 日 00 ~ 24 时)

要求填写被调查人和调查人的姓名等信息并附签字,该信息的收集由玉树藏族自治州畜牧兽医工作站完成(站长宋仁德博士),信息中滤除了由于疾病等生理或病理原因造成的动物反常现象。经过清理,共收集到玉树 7.1 级主震前有效率的动物宏观反常行为现象 65 条,其中狗类 22 条,牛类 13 条,猫类 8 条,鸡类 6 条,鼠类 7 条,马类 5 条,羊类 3 条,鱼类 1 条。动物宏观反常行为开始于 3 月 28 日,3 月 28 日~4 月 9 日动物反常行为 13 条,4 月 10 日至主震前动物反常行为 31 项,其他 21 条具体时间表述相对模糊(图 7)。据收集的信息分析,该次玉树 7.1 级地震之前确实存在动物宏观反常行为,并集中出现在主震发生前一周,空间上集中在玉树县结古镇和国营牧场(甘达村以南约 2km)。

#### 2.2.4 异常的特点

玉树 7.1 级地震孕育经历了中长期、中期及短期的演化过程。6、5、4 级地震空区的形成与发展演化过程显示了玉树 7.1 级地震的孕育过程。5 级地震空区的形成与唐古拉地区 5 级地震活动增强在时间上具有同步性的特点,而 4 级地震空区逐步向未来震中收缩靠拢的过程可能是大地震孕育过程中应力在震源区由大到小逐级闭锁过程的直接表现形式,最终

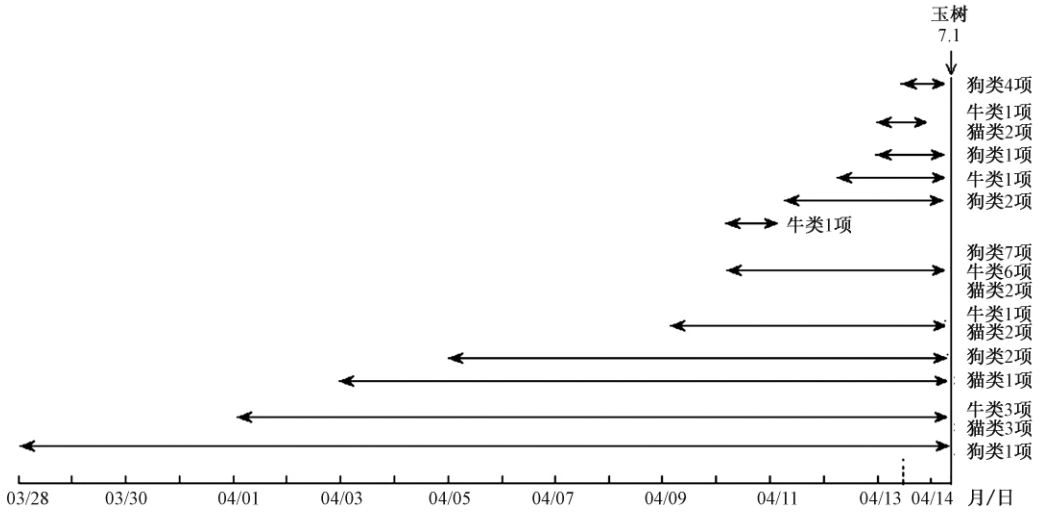


图7 玉树地震前动物宏观现象时序图

空区内部发生的 4.7 级地震终结了这种闭锁。震中周围自 2006 年以来出现了中等地震的增强活动现象,但震源区范围中等地震活动呈现弱活动或平静状态。由于震中周围地区前兆观测点较少,因此前兆异常并不丰富,但出现的部分异常形态突出、变化幅度大。震后收集的宏观异常现象显示,震前确实存在大量的动物宏观异常,而且宏观异常具有一定的阶段性和典型性,集中发生在震前一周,但可惜的是这些宏观异常现象并未被及时发现,且在玉树地震科学考察中也没有将动物宏观异常现象的收集作为一项工作内容,令人遗憾。

### 3 地震孕育的动力学过程

由于印度洋板块的 NE 向推挤作用,青藏地块总体上向 ES 向运动。已有的研究结果显示,1996 年以来中国大陆 7 级以上地震主要发生在青藏高原地震区的巴颜喀拉地块。据哈佛大学 CMT 显示(图 8) 2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 8.1 级地震为近 EW 向的直立节面纯左旋走滑的运动方式,2008 年 3 月 21 日于田 7.3 级地震的 CMT 解是正断层错动,2008 年 5 月 12 日汶川 8.0 级地震的 CMT 解也是逆断层错动,而地表破裂带具有逆冲抬升和右旋走滑双重属性,这种地震破裂的类型显示出巴颜喀拉地块的向东运动,致使巴颜喀拉地块西部呈拉张状态,东部呈 SEE 向推挤、北部呈边界带左旋走滑状态。据上述震源机制解判断,2001 年昆仑山口西 8.1 级、2008 年于田 7.3 级和汶川 8.0 级地震是同一个动力学过程下的 3 次强震事件,其地震发生和孕育的动力学背景是一致的,显示出巴颜喀拉地块向东运动的过程。而 1996 年 11 月 19 日喀喇昆仑山口 7.1 级地震、1997 年 11 月 8 日玛尼 7.5 级地震和 2010 年 11 月 14 日玉树 7.1 级地震等的破裂类型都是左旋走滑运动,且这些地震都位于巴颜喀拉地块的南边界,同时也是羌塘地块的北边界上。由此表明,上述 3 次地震实际上可能反映了与巴颜喀拉地块毗邻的羌塘地块的向东运动。刁桂苓等(2010)的研究显示,羌塘地块的北部左旋走滑,中部 SEE 向拉张,呈向东运动。由此推断,1996 年喀喇昆仑山口 7.1 级、1997 年玛尼 7.5 级和 2010 年玉树 7.1 级地震等 3 次事件的破裂类型与羌塘地块的

北部边界带运动方式一致(即巴颜喀拉地块的南边界带),表明这 3 次地震是在同一个动力学过程下的强震事件。根据上述的判断,1996 年以来围绕着巴颜喀拉地块的 7 级强震都是巴颜喀拉地块和羌塘地块向东运动的表现,而这两个块体的运动具有非常大的差异性。1996 年喀喇昆仑山口 7.1 级、1997 年玛尼 7.5 级和 2010 年玉树 7.1 级地震是同一动力学过程的事件,而 2001 年昆仑山口西 8.1 级、2008 年于田 7.3 级和汶川 8.0 级地震则是另一个动力学过程下的事件,这些强震尽管都围绕着巴颜喀拉地块展布,但其孕育的动力学过程却不尽相同。如前所述,2010 年玉树 7.1 级地震前最明显的中长期异常为在青海中南部-藏东地区形成了配套的 6 级、5 级和 4 级地震空区,而 6 级地震空区最早形成于 1995 年,这与玉树 7.1 级地震孕育的动力学过程密切相关。

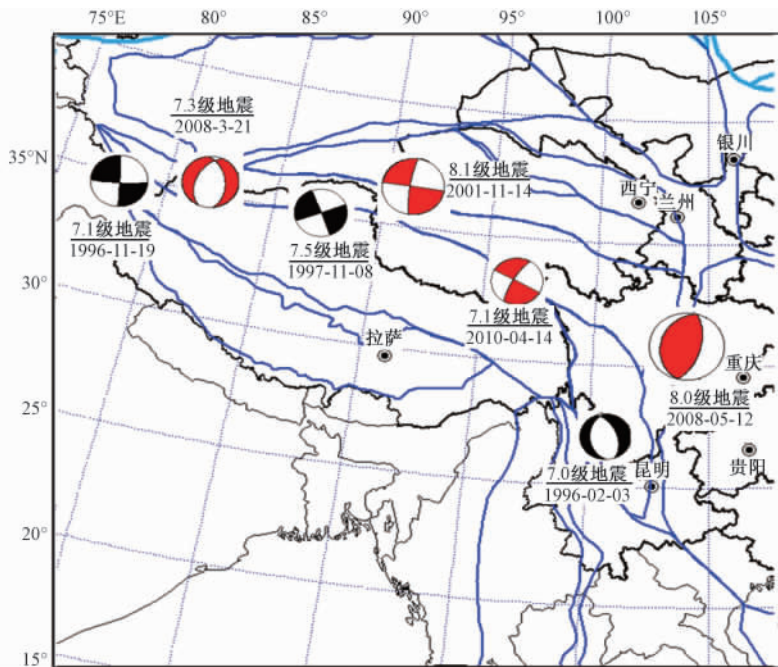


图 8 1996 ~ 2010 年青藏高原  $M_s 7.0$  以上地震震源机制解(资料来源哈佛大学)

## 4 讨论

### 4.1 关于前兆观测

玉树地震前在震中区 300km 范围内有玉树综合观测台,但仅有玉树表层水温在震前 3 个月出现了异常,周围缺乏前兆观测,该项观测还缺乏相应的震例,资料积累时间短;同时,玉树地震前未有宏观异常报告,因而对地震作短临预测,依据不足。

### 4.2 直接前震的识别

在所有的地震短临前兆中,前震是较受认可的预测强震的最有效的指标之一。一些研究者认为只有 10% 的地震有前震,另外一些研究者则认为高达 50% 的地震有前震。这些分歧可能源于对前震的不同定义。目前多数震源物理学家认为,只有距离主震震中很近(数公里或更近)、且发生在主震之前的地震才是真正意义上的前震。4 月 14 日 05 时 49 分玉



树  $M_s4.7$  地震和 7.1 级主震的震中非常接近,两者距离小于 2km,因此  $M_s4.7$  地震是一个严格意义上的前震。陈颢(1978)研究认为,前震在空间上集中、震源机制解也都比较类似,并提出利用震源参数的一致性可以判别一个地震序列是前震序列还是正常的主震-余震序列。倪四道等(2010)研究认为,几十个前震都具有相似的波形,震源机制解较为相似。前震序列事件的 S-P 的到时差有最大 0.4s 的差异变化,表明事件集中在大约 3km 的前震区内,因此被判定为直接前震。震后通过系统地分析 4.7 级地震的波形,发现在  $M_s4.7$  地震发生后,小震活动性急剧增强,截止到 06 时 56 分 46 秒,共记录到 15 次  $M_L1.0 \sim 1.5$  地震,而 1.0 级以下地震记录不清晰,之后出现了长达半个多小时的平静。可见 4.7 级地震的表现特征均符合判别前震的标志。因此,在有中长期地震异常的背景下如何识别前震是工作的重点和难点。

### 4.3 玉树-甘孜断裂强震原地复发行为

历史记载的甘孜-玉树断裂上发生的破坏性地震的资料很不完整。最近 200 余年里,有正式记载的强震共 3 次:1738 年 12 月 23 日青海玉树及其西北  $6\frac{1}{2}$  级地震(周荣军等(1997)根据野外破裂带考察结果认为震级为  $7\frac{1}{2}$ )、1896 年 3 月四川石渠洛须-青海玉树间 7 级地震以及 1979 年 3 月 29 日青海玉树东南 6.2 级地震,它们均发生在断裂的洛须以北。最近 20 余年来的历史地震和地震地质调查工作陆续发现了洛须以南最近约 200 年间的大地震线索、地表破裂与位错的遗迹和证据。研究显示,在藏历木虎年(1854 年)和火虎年(1866 年),甘孜-玉树断裂洛须-错阿和错阿-甘孜分别发生了 2 次大地震,其中洛须-错阿段地震矩震级为 7.7,破裂自洛须附近,向 SE 至垭口附近,全长约 180km。而第 2 次地震很可能于 1866 年发生在断裂的错阿-甘孜段上,矩震级为 7.3 左右,破裂由垭口至庭卡之间,长约 65km(图 9)。这些皆说明沿甘孜-玉树断裂强震活动十分频繁。其中 1738 年 12 月 23 日青海玉树地震等震线图显示的震中位置与 2010 年 4 月 14 日地震的发震段落吻合,意味着大地震已实现原地复发。

## 5 结论与思考

2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震震前没有作出具有减灾实效的临震预测,但中短期有所察觉,震前已注意到该地区的强震背景和强震危险性。震前出现了与 6 级、5 级和 4 级不同震级档配套的地震空区等中长期异常,同时在唐古拉地区(青海西南部)出现了 5 级以上中强地震活跃的态势,中等地震在震源区外围出现了相对的活跃状态,在震源区呈现平静状态。前兆方面存在玉树表层水温、德令哈表层水温和平安电磁波等前兆异常,但震中周围由于前兆监测能力薄弱,前兆异常并不丰富。有部分异常形态突出、变化幅度大,这些变化在震前均已察觉。在临震阶段还存在数量众多的动物反常行为和直接前震。总结分析认为,4.7 级地震符合判定前震的标志,但如何识别前震是一个非常复杂和困难的科学问题。巴颜喀拉地块近年来的 7 级以上强震的震源机制解释显示,1996 年喀喇昆仑山口 7.1、1997 年玛尼 7.5 和 2010 年玉树 7.1 级地震等是同一动力学过程的事件,而玉树地震前形成的 6 级地震空区在时间上与这一动力学过程同步。这就表明,在 7 级以上强震的分析预测和判定过程中要以动力学过程和大视野的角度来看待一些地震活动性方面的异常。当然,在各类研究中我们也得知 2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震的发震断裂具有强震原地复发的行

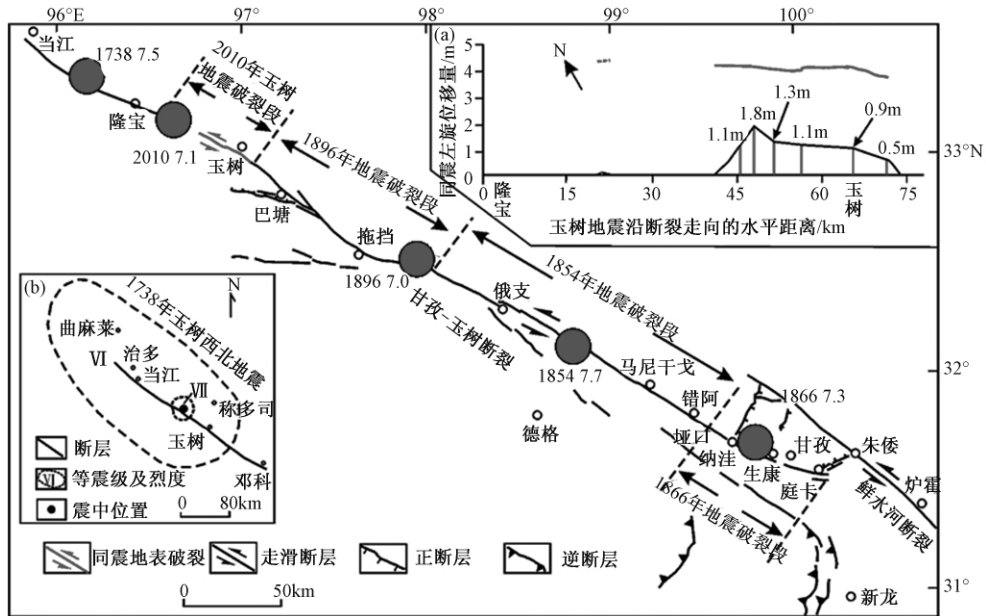


图9 甘孜-玉树断裂分段、地表破裂、与位错量和历史强震分布图  
(据陈立春等(2010)底图绘制)

为。关于玉树地震直接前震的识别和玉树-甘孜断裂带的强震原地复发等问题值得高度重视并开展深入的科学研究。

作者衷心感谢两位审稿专家非常重要的指导和修改意见。

致谢:青海省地震局预报中心王培玲、张晓清、马震、屠泓为、杨晓霞、刘文邦、姚家俊等参与了玉树地震的跟踪研究工作,并提供了部分前兆观测资料,特表示感谢。

## 参考文献

- 陈立春、王虎、冉勇康等, 2010, 玉树  $M_s 7.1$  级地震地表破裂与历史大地震, 科学通报, **55**(13), 1200 ~ 1205。
- 陈颢, 1978, 用震源机制一致性作为描述地震活动性的新参数, 地球物理学报, **21**, 140 ~ 159。
- 刁桂苓、王晓山、高国英等, 2010, 以震源机制解类型划分汶川、玉树地震构造块体归属, 地球物理学报, **53**(8), 1778 ~ 1783。
- 倪四道、王伟涛、李丽, 2010, 2010年4月14日玉树地震: 一个有前震的破坏性地震, 中国科学, **40**(5), 535 ~ 537。
- 李闽峰、邢成起、蔡长星等, 1995, 玉树断裂活动性研究, 地震地质, **17**(3), 218 ~ 224。
- 王阎昭、王恩宁、沈正康等, 2008, 基于GPS资料约束反演川滇地区主要断裂现今活动速率, 中国科学D辑: 地球科学, **38**(5), 582 ~ 597。
- 闻学泽, 1985, 甘孜-玉树断裂带的新构造特征与地震危险性估计, 地震地质, **7**(3), 23 ~ 32。
- 闻学泽、徐锡伟、郑荣章等, 2003, 甘孜-玉树断裂的平均滑动速率与近代大地震破裂, 中国科学D辑, **33**(B04), 199 ~ 208。
- 周荣军、马声浩、蔡长星, 1996, 甘孜-玉树断裂带的晚第四纪活动特征, 中国地震, **12**(3), 250 ~ 260。
- 周荣军、闻学泽、蔡长星等, 1997, 甘孜-玉树断裂带的近代地震与未来地震趋势估计, 地震地质, **19**(2), 115 ~ 124。

## Study on the characteristics of anomaly before the April 14 , 2010 Yushu $M_s7.1$ earthquake and its dynamic relationship

Ma Yuhu    Chen Yuhua

Earthquake Administration of Qinghai Province , Xining 810001 , China

**Abstract** The authors studied on the seismic activity , precursory anomalies and abnormal animal behavior before the Yushu  $M_s7.1$  earthquake on April 14 , 2010. Analysis showed that anomalies were not rich before the Yushu  $M_s7.1$  earthquake , but those observed were prominent. There were  $M_s6.0$  ,  $M_s5.0$  and  $M_s4.0$  seismic calm regions of long and medium-term trend anomalies. Precursor anomalies included Yushu and Delingha surface temperatures and Ping'an electromagnetics. There were a large number of animals macro phenomenon week before the earthquake. There was a  $M_s4.7$  earthquake 130 minutes before the main shock. The authors studied the dynamic process of Yushu earthquake preparation with the Bayan Har block boundary earthquake focal mechanism since 1996. The results showed that the Karakorum  $M_s7.1$  earthquake 1996 , the Mani  $M_s7.5$  earthquake and the Yushu  $M_s7.1$  earthquake were events in the same dynamic process. And long and medium-term trend anomalies may be related to the dynamics of the evolution of different earthquakes. The paper also discusses strong earthquake recurrence interval , foreshock identification and precursor observation of Yushu  $M_s7.1$  earthquake.

**Key words:** Yushu  $M_s7.1$  earthquake    Anomaly of seismic activity    Precursory anomaly  
Dynamic process    Strong earthquake recurrence interval    Foreshock  
identification