

高丽娟、邢喜民、高歌等,2014,2014年2月12日于田 $M_s7.3$ 地震前形变异常,中国地震,30(2),226~232。

2014年2月12日于田 $M_s7.3$ 地震前形变异常

高丽娟 邢喜民 高歌 张治广 滕海涛

新疆维吾尔自治区地震局,乌鲁木齐市新市区科学二街338号 830011

摘要 介绍了2014年2月12日新疆于田 $M_s7.3$ 地震周围区域前兆监测能力及震前和田台金属摆存在的趋势性异常和中短期异常,并与2008年3月21日于田 $M_s7.3$ 地震前兆异常进行对比分析。研究表明,本次地震前趋势性异常表现为2012年以后金属摆倾斜趋势性东倾变化,中短期异常表现为两分量的速率变化加速、停滞,矢量方向和模长突变的特征;2次7级地震前和田台金属摆倾斜趋势性异常相同,都发生在趋势性东倾阶段,而中短期异常在持续时间、异常特征和发震间隔等方面存在显著不同。

关键词: 于田 $M_s7.3$ 地震 和田台金属摆 前兆异常

[文章编号] 1001-4683(2014)02-0226-07 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

据中国地震台网测定,北京时间2014年2月12日17时19分在新疆维吾尔自治区和田地区于田县(36.1°N,82.5°E)发生 $M_s7.3$ 地震,震源深度约12km。震中30km范围内平均海拔约5100m。根据现场科学考察结果初步判定此次地震发生在阿尔金断裂带上,震中周边有记录以来的最大地震为2008年3月21日于田 $M_s7.3$ 地震,距此次地震震中约100km。

震中附近属新疆地震监测能力较弱的地区,周围300km范围内的前兆台站只有和田台(图1),此观测点距离震中253km,观测手段有金属摆倾斜、钻孔倾斜以及大地电场等3项(表1)。前兆观测资料效能评估结果显示,其中数据观测质量可靠的仅金属摆倾斜1项,其它2项观测资料为D类,观测资料信度较低。于田 $M_s7.3$ 地震前发现的异常仅金属摆倾斜1项,表现为趋势性异常和中短期异常。杨又陵等(2002、2005)曾讨论了昆仑山口西8.1级地震前兆定点形变异常,其中讨论到和田台金属摆倾斜NS向分量年变幅小的异常变化。邱大琼(2001)曾利用滤波法对和田台金属摆倾斜资料进行分析研究。

[收稿日期] 2014-03-09; [修定日期] 2014-04-11

[项目类别] 新疆地震科学基金(201302)资助

[作者简介] 高丽娟,女,1984年生,硕士,工程师,主要从事地震前兆分析预报工作。

E-mail: budian_0219@yahoo.com.cn

表 1 和田台观测项目概况

测项	仪器类型	预报效能	开始观测时间	仪器工作状态及环境干扰
金属摆倾斜	JB 型	B	1988 年	浇水干扰
钻孔倾斜	CZB 型	D	2012 年	断电干扰;数采故障
大地电场	ZD9A 型	D	2007 年	浇水干扰;电极老化影响

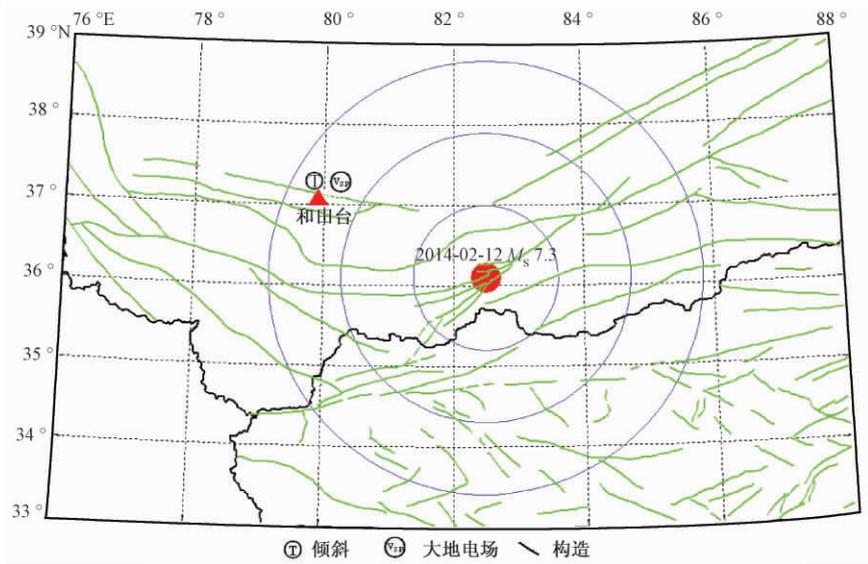


图 1 于田 7.3 级地震前震中附近地震台站及观测项目分布

1 前兆异常分析

1.1 趋势性异常

和田台金属摆倾斜自 1988 年开始正式观测。地倾斜观测的年周期变化主要来自两个方面(冯锐,1987):一方面是仪器的热效应,当采用温度系数较小的材料(如石英、钢等)时,可部分地减少这种干扰;另一方面来自地表的热效应,这种影响只能随深度的增加而变小。其主要干扰因素为抽水、浇水干扰和气候干扰。每年地表冰冻、解冻期间,两分量均呈快速的、不稳定的变化。2009 年 9 月 18 日和田台地下室漏水对资料的影响比较大。

和田台金属摆倾斜自 2012 年以来 EW 向分量发生转折,呈趋势性东倾状态(图 2)。统计结果显示,自 1988 年以来 EW 向分量共发生 8 次趋势性转折(表 2)。由表 2 的 EW 向分量的趋势性转折与周围地震的对应情况可见,台站周围 300km 内的 3 次 7 级以上地震(1996 年喀喇昆仑山口 M_s 7.1、2008 年于田 M_s 7.3 以及 2014 年于田 M_s 7.3 地震)均发生在东倾时段,周围 6 级地震也主要发生在东倾时段。趋势性西倾期间测点周围 300km 范围内无 6 级以上地震发生,对应的均是 5 级地震。2014 年 2 月 12 日于田 7.3 级地震也发生在东倾阶段,符合 EW 向分量趋势性转折与地震对应的特征。

1.2 中短期异常

2014 年于田 M_s 7.3 地震前,和田台金属摆倾斜两分量表现为明显的年变畸变异常。

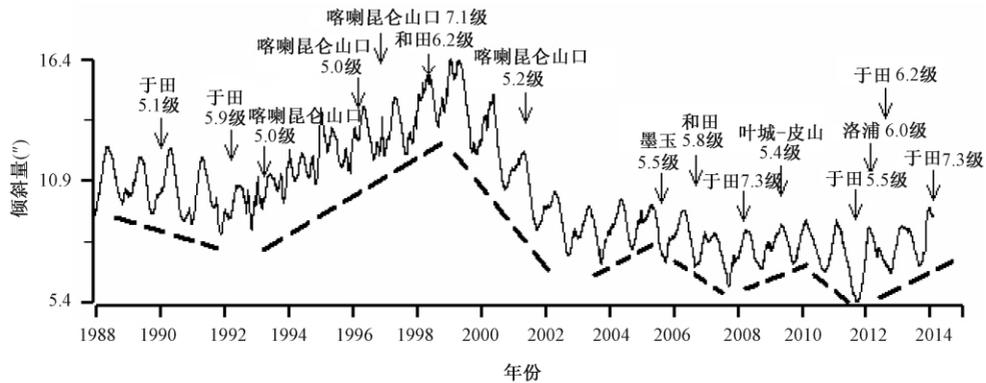


图2 和田台金属摆倾斜 EW 分量趋势性转折异常

表2 和田台金属摆倾斜 EW 向分量趋势性转折与地震的关系

年份	速率(" / a)	地震	震中距(km)
1988 ~ 1992	-0.347	1990-01-12 于田 5.1 级	153
		1992-04-05 于田 5.9 级	155
1993 ~ 1999	0.745	1993-04-08 喀喇昆仑山口 5.0 级	245
		1996-03-05 喀喇昆仑山口 5.0 级	185
		1996-11-19 喀喇昆仑山口 7.1 级	231
		1998-05-29 和田 6.2 级	97
2000 ~ 2002	-1.813	2000-06-20 喀喇昆仑 5.2 级	287
2003 ~ 2005	0.139	—	—
2005 ~ 2007	-0.352	2005-08-26 墨玉 5.5 级	48
		2006-09-12 和田 5.8 级	234
2008 ~ 2010	0.357	2008-03-21 于田 7.3 级	195
		2009-05-21 叶城-皮山 5.4 级	206
2011	-0.745	2011-09-15 于田 5.5 级	228
2012 ~ 2014	1.036	2012-03-09 洛浦 6.0 级	285
		2012-08-12 于田 6.2 级	263
		2014-02-12 于田 7.3 级	253

注: 速率为年均速率, 正负表示方向, 正代表东倾, 负代表西倾

EW 向分量 2013 年 9 月 25 日 ~ 10 月 15 日反向西倾变化, 10 月 24 日 ~ 11 月 14 日速率变化呈停滞状态, 11 月 15 日后东倾加速, 2014 年 1 月 4 日 ~ 2 月 1 日 EW 向分量转向后西倾加速(图 3(a)); NS 向分量 2013 年 9 月 1 日转向后北倾速率变慢, 10 月 15 日 ~ 12 月 15 日北倾速率变化加快, 2014 年 1 月 4 日 ~ 2 月 1 日转向后南倾加速变化(图 3(b))。总之, EW 向分量较 NS 向状态更不稳定, 呈起伏波动, 除了速率加速变化以外, 还伴随反向、速率变化停滞的现象(图 3(c)); 而 NS 向分量主要以速率加速变化为主。两分量均在 2 月 1 日后基本恢复正常。

图 4 显示 2010 ~ 2014 年的倾斜矢量变化。由图 4 可见, 2010 ~ 2011 年矢量形态规则, 属正常年变化。2012 年 4 月 14 日 ~ 5 月 28 日矢量偏离往年正常方向, 发生转折, 之后发生于田 $M_s 6.2$ 地震。2013 年 9 月后矢量形态显著异常, 方向和模长发生突变。矢量方向于

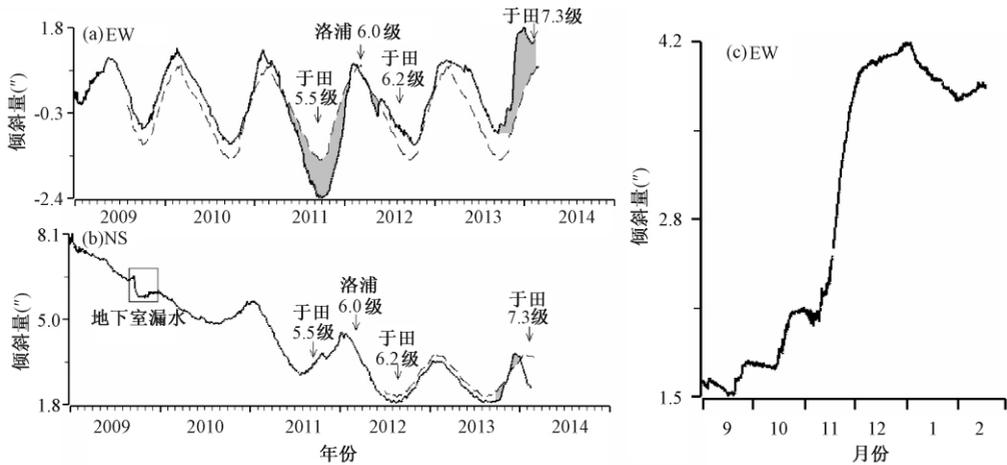


图3 和田台金属摆记录到的地倾斜中短期异常

实线为原始曲线;虚线为正常年变曲线

(a) 2009~2014年EW分量时序曲线;(b) 2009~2014年NS分量时序曲线;

(c) 2013年9月~2014年2月EW分量畸变

2014年2月1日后基本恢复,之后发生于田 $M_s7.3$ 地震。目前EW向和NS向两分量都基本恢复正常,此中短期异常基本与地震的发生相对应,但仍需跟踪后续资料的变化,以及时对后续震情做出判定。

2 历史震例回顾

和田台金属摆记录到的地倾斜在周边6级以上地震前,中短期异常显著。历史震例如下:①1996年喀喇昆仑山口 $M_s7.1$ 地震(曲延军等,2002)前1个月,NS向分量表现为北倾加速,异常结束后10天发震(图5(a));②1998年皮山 $M_s6.2$ 地震(曲延军等,2003)前出现近1个月的矢量打结异常,异常结束后50天发震(图5(b));③2008年于田 $M_s7.3$ 地震前,NS向分量表现为南倾幅度减小,EW向分量发生年变畸变,两分量异常出现时间较早(图6);④2011年洛浦 $M_s6.0$ 地震发生前,EW向分量表现为明显的年变幅增大,其间还发生了于田 $M_s5.5$ 地震(图3(a));⑤2012年于田 $M_s6.2$ 地震前,EW向分量先西倾加速变化,之后发生反向东倾,异常结束后76天发震(图3(a))。

由和田台金属摆记录到的地倾斜的震例特征(表3)可见:①异常持续时间短,持续时间为28~211天,表现为中短期异常;②几次地震均是在异常结束后发震,一般异常结束至发震时间间隔为10~295天,主要集中在异常结束后3个月内发震;③中短期异常主要表现为打破年变形态、速率变化加速、矢量打结和转折。

由表3还可见,2次于田7级地震前中短期异常表现不同,主要体现在:①2008年于田 $M_s7.3$ 地震前,中短期异常出现得早。震前506天EW向分量先出现异常,震前294天NS向分量出现异常变化;而本次于田 $M_s7.3$ 地震前164天NS向分量先出现异常,EW向分量震前140天才出现异常变化。②2008年于田 $M_s7.3$ 地震前兆异常表现为破年变,即EW向分量形态畸变,NS向分量年变幅小;而本次地震前兆异常表现为速率不稳,即加速或停滞变

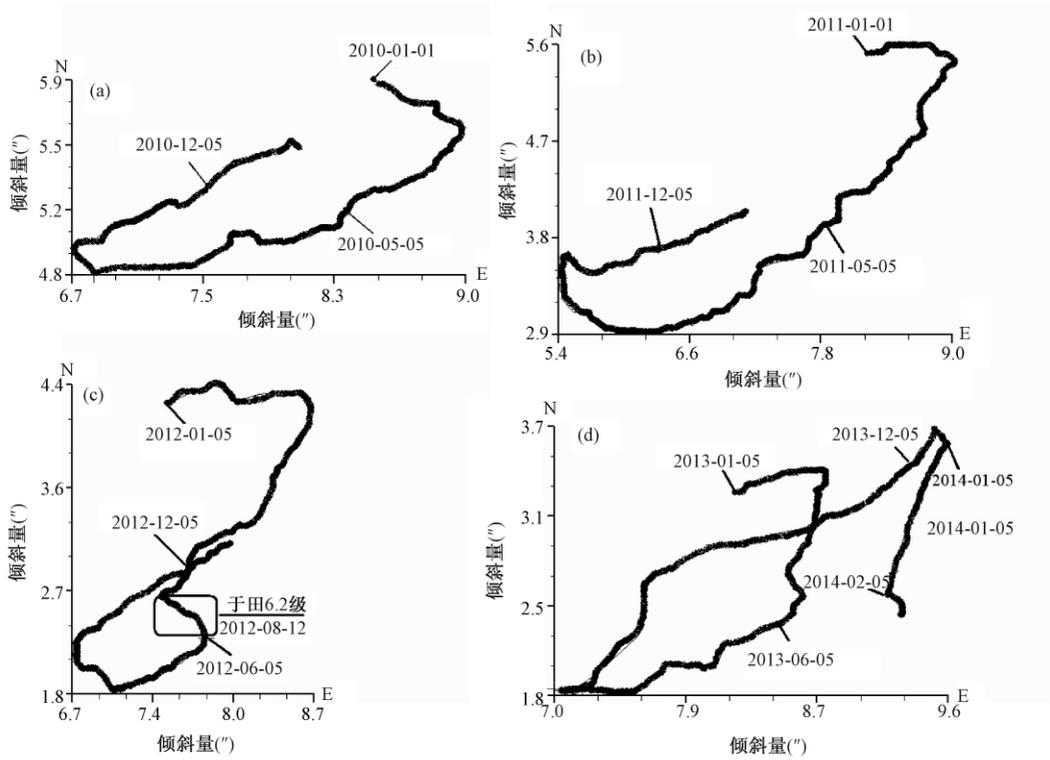


图4 和田台金属摆记录到的2010~2014年地倾斜矢量
(a) 2010年; (b) 2011年; (c) 2012年; (d) 2013~2014年

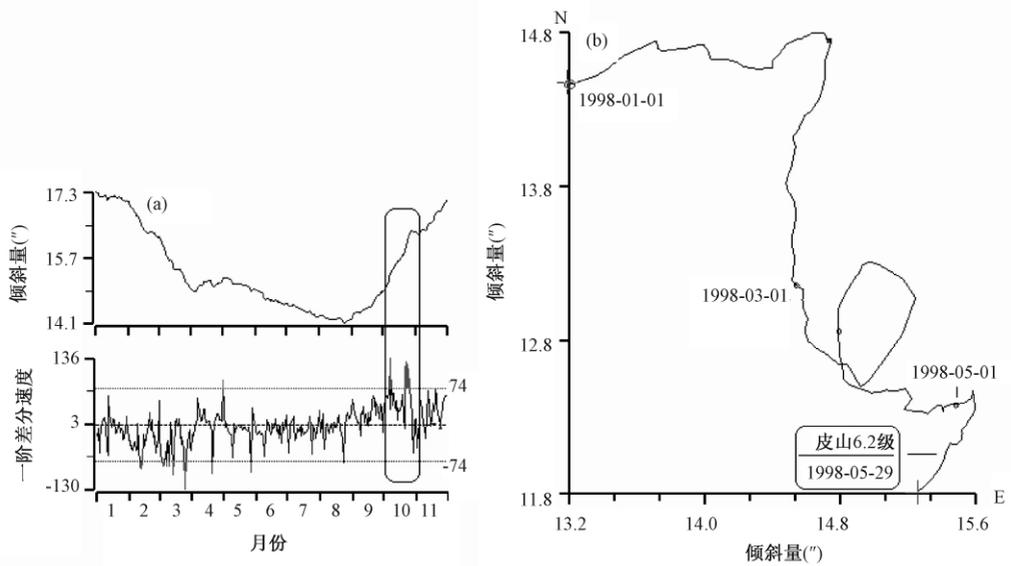
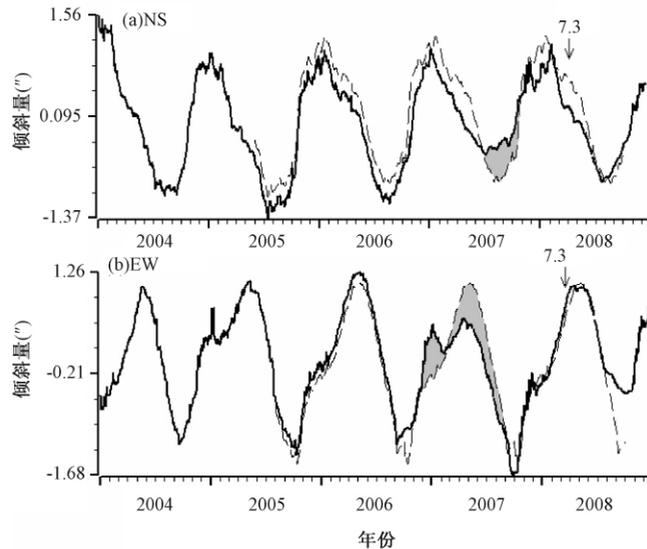


图5 1996年1~11月喀喇昆仑山口 $M_s7.1$ (a)和1998年皮山 $M_s6.2$ (b)地震前兆异常

图6 2008年于田 $M_s7.3$ 地震的前兆异常

实线为原始曲线;虚线为正常年变曲线

表3

和田台金属摆记录到的地倾斜前兆异常震例

地震	异常情况				地震对应情况		
	开始时间 (年-月-日)	结束时间 (年-月-日)	持续 时间(天)	异常特征	异常结束 至发震 (天)	震中距 (km)	发震时间 (年-月-日)
喀喇昆仑山口 $M_s7.1$	1996-10-01	1996-11-19	49	NS 向速率加速	10	231	1996-11-29
皮山 $M_s6.2$	1998-03-12	1998-04-09	28	矢量打结	50	97	1998-05-29
于田 $M_s7.3$	2007-06-01	2007-10-31	152	NS 向南倾幅度小	142	195	2008-03-21
	2006-11-01	2007-05-31	211	EW 向年变形态畸变	295		
洛浦 $M_s6.0$	2011-07-01	2011-12-31	183	EW 向年变幅增大	69	285	2012-03-09
于田 $M_s6.2$	2012-04-14	2012-05-28	44	EW 向西倾加速、反向	76	263	2012-08-12
	2013-09-01	2014-02-01	153	NS 向速率加速	11		
	2013-09-25	2014-02-01	129	EW 向加速、反向、 速率停滞、矢量异常	11		

化,尤其是EW向分量出现几起几伏的异常突变。③2次地震前异常的持续时间不同,2008年于田 $M_s7.3$ 地震前异常持续时间长,本次地震前异常持续时间短。初步分析认为,2次地震前异常表现的不同,可能与震源机制的不同有关。2008年于田 $M_s7.3$ 地震震源断错性质为左旋正断层,走滑分量很小;而本次地震震源机制为走滑型,主要是水平向的错断。

3 结论和讨论

2014年2月12日于田 $M_s7.3$ 地震前,主要形变异常为和田台金属摆倾斜EW向分量趋势性转折异常及两分量的中短期异常。趋势性转折与地震对应的特点显示,6级以上地震均发生在EW向分量东倾时段,2012年以后截至2014年3月,EW向分量均属东倾变化,

此次地震的发生符合映震规律。

由于此次地震发生在地震监测能力较弱的地区,中短期异常所占比例很低,仅有 1 项。其主要表现为速率不稳的特征,尤以 EW 向分量更为显著。地震发生前 10 天,异常已经结束,属异常恢复后发震的类型。

通过对比 2 次于田 7 级地震发现,其趋势性异常相同,都是在两分量东倾阶段发震,中短期异常的表现则存在很大不同,即 2008 年于田地震主要是形态畸变,而此次地震主要是速率不稳,这可能与 2 次地震的震源机制不同有关,水平错断性形变更易引起显著突变的异常。

致谢:在论文的撰写中,曲延军研究员提出了宝贵的修改意见和建议,在此表示感谢!

参考文献

冯锐,1987,地倾斜与地震,北京:地震出版社。

邱大琼,2001,和田地震台地倾斜观测资料某些震例分析,内陆地震,15(4),372~375。

曲延军、王海涛、杨又陵,2002,1996 年 11 月 19 日新疆维吾尔自治区和田 7.1 级地震,见:陈祺福,中国震例(1995~1996),429~442,北京:地震出版社。

曲延军、王海涛、杨又陵等,2003,1998 年 5 月 29 日新疆维吾尔自治区皮山 6.2 级地震,见:陈祺福,中国震例(1997~1999),208~219,北京:地震出版社。

杨又陵、高国英、温和平等,2005,新疆地震前兆异常特征研究,地震,25(1),89~96。

杨又陵、温和平、张翼,2002,昆仑山口西 8.1 级地震前新疆定点形变异常初析,内陆地震,16(4),317~324。

Deformation anomalies before the Yutian earthquake with $M_s7.3$ on February 12, 2014

Gao Lijuan Xing Ximin Gao Ge Zhang Zhiguang Teng Haitao

Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China

Abstract The Yutian earthquake with $M_s7.3$ happened on February 12, 2014. The precursor monitoring ability was weak in the area. We found tendency anomalies and med- and short-term anomalies of metal pendulum in Hotan before earthquake. And we also compared anomalies with those of the Yutian earthquake with $M_s7.3$ on March 21, 2008. The tendency anomalies of metal pendulum appeared since 2012 with east direction while med- and short-term anomalies showed acceleration, pulse and rapid change with two directions. The tendency anomalies of metal pendulum were the same before the two earthquakes. There both happened in the east direction. But the differences are time of duration, characteristic and earthquake interval of the med- and short-term anomalies.

Key words: The Yutian earthquake with $M_s7.3$ Metal pendulum Precursor