

2006年乌苏 $M_s 5.1$ 地震前后 北天山地倾斜资料异常分析

孙甲宁, 温和平, 杨晓芳

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 分析了 2006 年 11 月 23 日新疆乌苏 $M_s 5.1$ 地震前后距震中 250 km 范围内的北天山地倾斜观测资料。认为 2005 年初以来绝大多数测项存在明显的准同步性趋势异常, 以趋势性加速 E 倾、N 倾为主, 地震发生在大多数异常结束并出现返向加速变化之后, 少数在趋势性 E 倾、N 倾过程中; 空间上愈接近震中, 异常开始时间愈早, 异常测项也较为集中。与以往震例比较该次地震前中短期和短临异常不明显, 震后绝大多数趋势异常仍在持续, 可能表明北天山地区依然存在发生中强地震的背景。

关键词: 乌苏 $M_s 5.1$ 地震; 北天山; 地倾斜; 异常

中图分类号: P315.72⁺⁷ 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2008)01-0066-05

Analysis on Anomalies of Ground Tilts Data in Northern Tianshan Area before and after Wusu $M_s 5.1$ Earthquake in 2006

SUN Jia-ning, WEN He-ping, YANG Xiao-fang

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

Abstract: The observational data of ground tilts in the range of 250 km around the epicenter, before and after Wusu $M_s 5.1$ Earthquake on November 23, 2006 are analyzed. The result shows, since the beginning of 2005, there were evident quasi-synchronous trend anomalies in most ground tilts observational data. The main abnormal characteristics were trend E and N directions inclination quickly, and most earthquakes occurred after the anomalies ending and speeding up in the opposition, only minority of them did in the process of anomalies. Analyzing spatio-temporal distribution of the anomalies, the nearer to the epicenter, the earlier the anomalies began, and the more the number of abnormal items were, too. Comparing with previous earthquake cases, the mid-short and impeding anomalies are not obvious and most trend anomalies are still standing after the earthquake, which indicates occurring of Wusu $M_s 5.1$ earthquake doesn't relieve the earthquake risk in northern Tianshan Mountain area.

Key words: Wusu $M_s 5.1$ earthquake; Northern Tianshan area; Ground tilt; Anomaly

0 前言

2006 年 11 月 23 日在新疆乌苏西南山区发生了 $M_s 5.1$ 地震。震中位置为北纬 44.2° , 东经 83.5° ; 震源深度约 17 km。据考察本次地震发震构

造可能为博罗科努—阿其克库都克断裂带^①。该断裂总体为 NW—EW—NE 向延伸, 全长大于 1 400 km, 呈向南突出的弧形, 断裂带上有几十米到数公

收稿日期: 2007-05-23

基金项目: 中国地震局国家科技支撑计划子专题(2006BAC01B02—02—01); 中国地震局科研项目(120602—0957—03)

作者简介: 孙甲宁(1977—), 男(汉族), 甘肃宁县人, 硕士, 助理研究员, 主要从事地倾斜资料分析和地震预报研究工作。

① 新疆维吾尔自治区地震局. 新疆乌苏 5.1 级地震科学考察报告. 2006.

里的挤压破碎带,构造较为复杂。该次地震震源断错性质为走滑逆断层。震中周围250 km范围有5个地倾斜观测台站、7套观测仪器,其中4套仪器在震前记录到了较为明显的趋势异常,但无中短期和短临异常显示,这与1995年乌苏5.8级地震和石河子5.4级地震前震中周围地区的前兆异常特点有较大差异^[1-2]。

本次地震发生在北天山西段地震活动较为强烈的区域,历史上曾发生过1944年的乌苏西南7.2级地震和1955年的尼勒克6.5级地震。1970年以来震中附近曾发生过1973年精河6.0级地震(11 km左右)和1990年乌苏5.2级双震(35 km左右)。该次地震的震源错动性质与6.0级地震明显不同,但与5.2级双震的第一次结果较为一致^[2]。本文试图对乌苏M_s5.1地震前后北天山地区的地倾斜趋势异常进行总结和分析,为未来该地区可能发生的中强地震提供较为可靠的判定依据。

1 资料处理及分析

首先把定点形变资料归零,去掉由于每年调仪器所带来的观测值阶变,使资料更加连续;然后对年变较好的观测值用傅立叶滑动去掉年变周期,消除因年变带来的变化;对有长期线性趋势变化的观测值再去掉线性趋势,以便更加突出一些较短周期的变化^[3]。对经上述处理后的地倾斜日均值资料进行分析和提取震前异常信息。

1.1 精河台

精河台处于博罗科努、准噶尔南缘和科古琴三大断裂交汇区,观测山洞位于精河县城东南11 km处,洞内架设有3套形变观测仪器,在上世纪90年代以来北天山多次中强地震前记录到了较为完整的地倾斜前兆异常。该地震位于精河台约60 km处,震前精河台有2套地倾斜观测仪器记录到了明显的趋势异常。

(1) 石英摆倾斜仪1990年以后连续观测,日变形态正常、年变清晰。在去除年变和长期线性趋势变化之后发现该资料NS向在2005年8月初出现趋势性加速N倾变化,10月8日发生了巴基斯坦7.8级强震,震后资料逐渐减速并转向S倾。2006年2月初再次转向趋势N倾变化,直至9月初快速转向S倾,11月23日发生了乌苏5.1级地震(图1)。以往资料分析表明,在绝大多数近场中强震及新疆周边强震前精河石英倾斜仪NS向存在明显的加速N倾变化,地震多发生在由趋势N倾转为S倾

变化之后,也有部分地震发生在趋势N倾过程中。特别是1994年初至1998年期间资料变化幅度明显增大,过程中台站周围300 km范围内先后发生过4次中强地震。类似的大幅度变化在2004年以来再次出现并持续至今,分析认为可能预示着近场再次出现中强震成组活动,乌苏5.1级地震后近场发生中强地震的可能性依然存在。

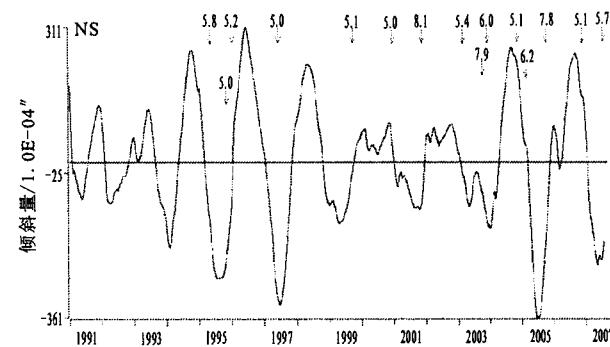


图1 精河石英倾斜仪NS向去年变、去趋势时序曲线

Fig. 1 The time sequence curve of ground tilt (SQ-70) at SN direction with annual and trend change removed in Jinghe station.

(2) 水管倾斜仪从2001年开始连续观测,年变形态清晰。在去除年变和长期线性趋势变化之后发现自2005年4月和8月开始,NS向和EW向分别出现加速N倾、E倾变化,在持续加速变化过程中发生了发生了乌苏5.1级地震(图2)。类似的加速E倾变化在2002年以来先后出现过3次,前两次E倾变化结束之后不但在近场发生了中强地震,新疆境内及周边地区也有6级以上强震发生;第三次之后虽然近场无中强地震发生,但发生了巴基斯坦7.8级强震。同样,以往出现的加速N倾变化与地震的相关性也比较明显。乌苏5.1级地震发生在加速N倾、E倾变化持续过程中,与以往相比震级相对偏小,故认为后期在近场还会有中强地震发生。

1.2 新源台

新源台竖直摆倾斜仪从1992年正式投入观测,NS分量长趋势S倾,EW分量长趋势E倾。乌苏5.1级地震震中位于台站近正北100 km处。在去除长期线性趋势变化之后发现自2005年7月开始NS向出现加速N倾变化,在N倾变化过程中存在明显的速率和方向不稳定变化,直至2006年6月初恢复S倾变化,11月23日发生了乌苏5.1级地震

^② 新疆维吾尔自治区地震局. 新疆维吾尔自治区2007年度地震趋势研究报告. 2006.

(图3)。回顾以往的资料变化发现,在近场的绝大多数中强地震前也存在类似的加速N倾变化,地震一般发生在加速N倾变化结束并转为S倾变化之后。因此该资料2005年7月开始的加速N倾变化很可能是乌苏5.1级地震的前兆异常信息。

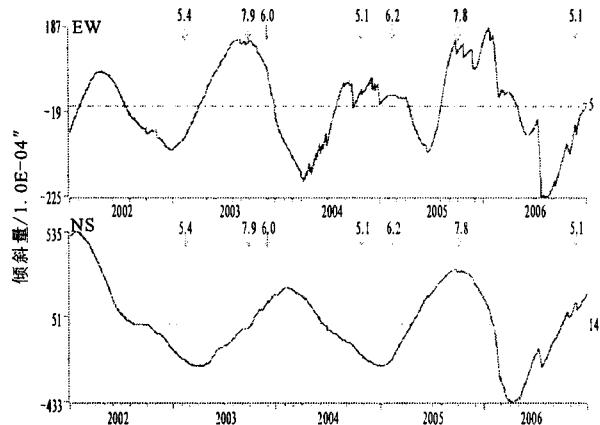


图2 精河水管倾斜仪去年变、去趋势时序曲线

Fig. 2 The time sequence curves of ground tilt (FSQ) with annual and trend change removed in Jinghe station.

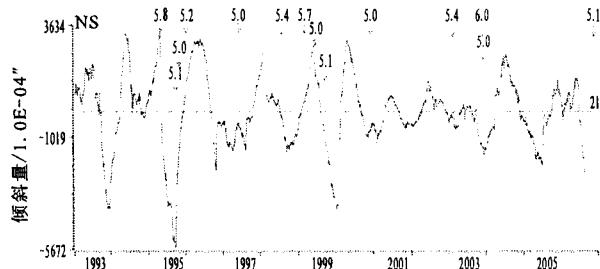


图3 新源竖直摆倾斜仪NS向去趋势时序曲线

Fig. 3 The time sequence curve of ground tilt (CZB) at NS direction with annual and trend change removed in Xinyuan station.

1.3 石场台

石场台1991年开始进行地倾斜观测,观测值年变清晰。乌苏5.1级地震震中位于石场台西北180 km处。在去除年变和长期线性趋势变化之后可以看出2005年初EW向出现加速E倾变化,持续长达1年之后转为W倾变化,在此过程中发生了巴基斯坦7.8级地震,异常结束1年后发生了乌苏5.1级地震;同样,该资料NS向于2004年6月份出现加速N倾变化,持续时间长达1年之后转为S倾变化,4个月之后发生了巴基斯坦7.8级地震,2006年5月类似的加速N倾变化再次出现,在N倾速率逐渐减慢后发生了乌苏5.1级地震。以往震例研究表明,乌苏5.1级地震之前该资料两分向均存在较为明显的趋势异常。乌苏5.1级地震后1个月与以往

类似的加速E倾变化再次出现,可能表明近场范围内仍有发生中强地震的可能。

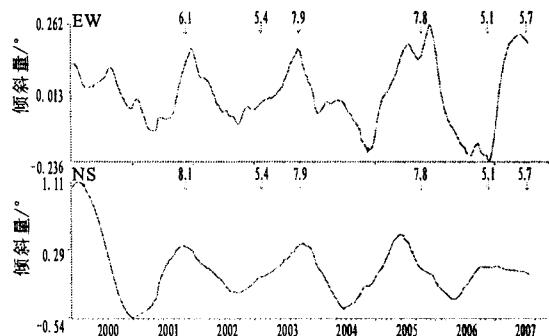


图4 石场台地倾斜去年变、去趋势时序曲线

Fig. 4 The time sequence curves of ground tilt with annual and trend change removed in Shichang station.

2 异常分析和论证^③

2.1 与以往北天山中强地震的对比分析

1995—1997年北天山先发后生过4次5级地震,在时间和空间上较为接近,可视为一组中强地震。这组地震前北天山有4/5的台站记录到了大于2年的趋势异常,中短期异常也比较丰富,异常大多数分布在震中周围300 km范围之内,部分趋势异常一直持续到该组中强地震后才结束,趋势异常和中短期异常均存在由远及近并向震中发展的迹象。

2000年以后,精河台石英倾斜仪、新源台竖直摆倾斜仪的NS向趋势性S倾速率逐年减慢;精河水管仪NS向2001年底趋势S倾速率减慢,2002年8月转为趋势N倾;石场台石英摆英倾斜仪EW向2002年初趋势E速率减慢。自2002年5月份开始,距离震中较新的新源和石场台前后经历了3组速率和方向的不稳定变化,呈现出明显的长、中、短阶段性异常;在中短期异常结束后1周之内发生了石河子5.4级地震;震后部分趋势异常并没有结束,同年9月和12月相继在中、俄、蒙交界和昭苏发生了7.9级和6.0级地震。

与以往北天山的两组中强地震前相似,这次乌苏南5.1级地震前震中周围70%的地倾斜测项记录到了长于1年的趋势性异常,所有测项无明显的短期和临震异常显示。目前乌苏南5.1级地震后北天山各测项的趋势异常均没有结束,趋势异常持续时间之长、量级之大是前两组中强地震前无法相比

^③ 杨又陵. 2004年新疆前兆异常的综合论证. 新疆维吾尔自治区2005年度地震趋势研究报告. 2004.

的。

2.2 与北天山流动观测、地下流体部分异常测项的对比分析

1995—1997年一组中强震前2年即1993年4月,北天山中部流动重力测量段差异常较为明显,当时地下水资料因为短及较多致使异常信度明显降低;2002年北天山流动观测、地下水动态和水化学资料分析认为北天山中部地区地壳构造活动显示出垂直运动增强的特点,北天山21号井动水位中短期异常较为明显。

2005年北天山流动水准、流动重力、测距网和GPS观测均表明北天山呼图壁—精河地区地下物质迁移变化显著,应力积累逐渐加强,区域处于整体性膨胀状态^④。根据李杰等(2003年)研究认为该区域可能会成为未来中强地震的危险区。

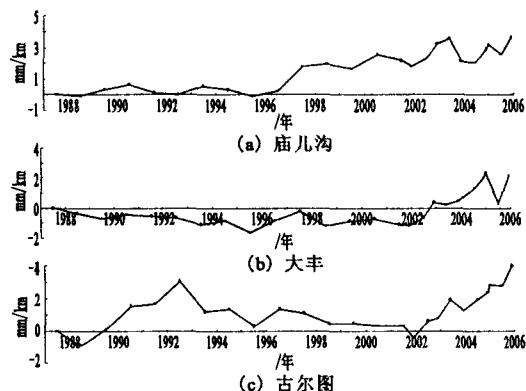


图5 庙儿沟(a)、大丰(b)和古尔图(c)
测线垂直高差变化图

Fig. 5 The vertical height change curves of
Miaoergou, Dafeng and Guertu survey line.

乌苏新33号井距震中70 km,自2004年7月13日开始水位快速上升,2005年5月20日流量再次增大,最大时达1321.8 L/min,10月1日前后喷涌水中出现了数天的明显浑浊现象,10月28日喷涌流量高达2370 L/min;该井水温自井喷后快速上升,2004年10—11月达到39 °C多,各种分析方法认为很可能是区域应力场的调整导致了这次井喷^⑤,截至震前,该井流量基本稳定在200 L/min,温度在39 °C左右波动,水质成份变化不明显。

乌苏5.1级地震前,北天山地区各种前兆观测资料出现的唯一短临异常是乌苏东南26号泥火山泉动水位^⑥。该泉距震中160 km,其动水位自2006年9月26日出现流量增大现象,且涌流液体中含有大量气体;9月30日,因气体含量猛增导致水位记录图纸上出现许多幅度达2~3 cm的“脉冲峰”;10

月26日后“脉冲峰”幅度有所减小,截止震前仍在持续。分析认为这次涌流及动水位记录出现的幅度“脉冲”现象既反映了乌苏5.1级地震前的短临异常,也有可能是北天山地区未来中强以上地震的背景性前兆异常。

3 异常特征分析

2004年初新源台竖直摆倾斜仪和石场台石英倾斜仪NS向先后出现加速N倾变化,7月中旬乌苏新33号井水位和水温快速上升;2005年1至8月,石场台石英倾斜仪和精河水管倾斜仪EW向先后出现加速E倾变化、精河石英倾斜仪和新源竖直摆倾斜仪NS向也出现类似加速N倾变化,乌苏新33号井水位和水温再次出现快速增大变化,异常测项明显增多且具有从东向西迁移的态势,在此过程中虽然远场有7.8级地震发生,但在乌苏5.1级地震之前近场并未发生中强地震;2006年5月份以后,精河水管倾斜仪两分向再次出现趋势性加速变化,新源台竖直摆倾斜仪NS向异常结束,乌苏东南26号泥火山泉动水位9月26日出现流量增大现象且涌流液体中含有大量气体,新源—精河地区异常分布格局出现明显的变化,乌苏5.1级地震恰好发生在这一地区。从异常时空演化过程来看,最早出现异常的是新源台竖直摆倾斜仪NS向,在震前恢复正常的是新源台竖直摆倾斜仪NS向。绝大多数异常测项集中在新源—精河地区,因此乌苏5.1级地震北天山地倾斜资料异常具有从东向西迁移的时空演化态势,地震最终发生在异常测项最为集中的地区。

4 讨论与结论

2003年12月1日昭苏6.2级地震以后至2006年10月,新疆北部周边地区未发生7级以上强震,境内北天山地区未发生5级以上地震,可以认为研究区内的前兆资料未受其他地震前兆的叠加影响。在排除了可能的环境干扰之后,乌苏5.1级地震发生在相对平静的背景下,因此本次地震的异常信度比较高。

北天山绝大多数地倾斜资料的趋势异常基本上起始于2005年年中,具有一定的准同步性,与历史中强震例前的资料变化相似,但异常持续时间和量

^④ 新疆维吾尔自治区地震局.新疆维吾尔自治区2006年度地震趋势研究报告.2005.

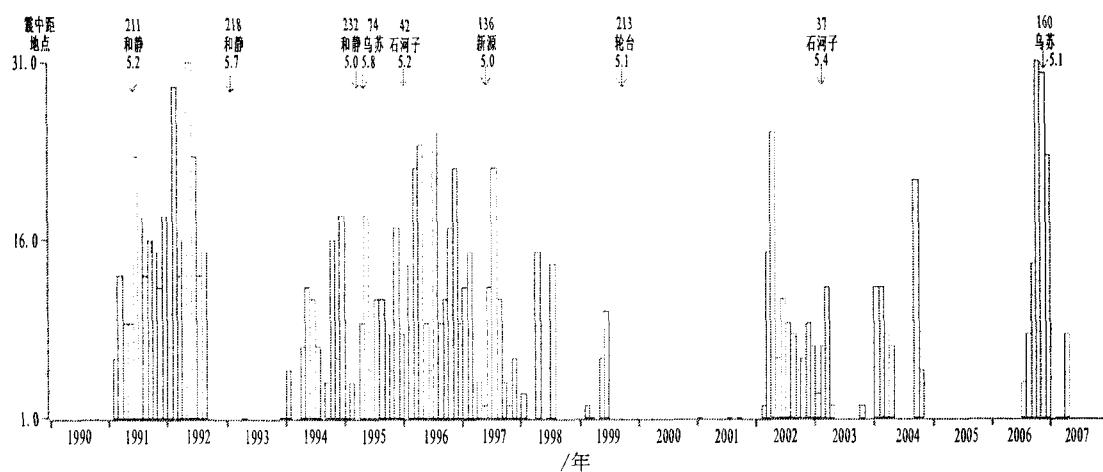


图 6 沙湾 26 号井流量“脉冲”异常月频次变化趋势图

Fig. 6 The monthly “pulse” abnormality frequency of NO. 26 well flow in Shawan.

级均强于历史中强震例。这种准同步性趋势转折可能是中、俄、蒙交界 7.9 级地震和昭苏 6.2 级地震后区域应力场的明显调整,也可以理解为孕育下一次(组)中强地震的应变积累过程。

2006 年 11 月 23 日乌苏 5.1 级地震发生地震发生在新疆地震局 2006 年度划定的 5~6 级地震危险区内。震前北天山地区准同步性趋势异常持续时间长、异常幅度大,在 2006 年年中和 2007 年年度会商意见均认为未来半年或稍长时间北天山呼图壁—精河之间存在发生中强地震的背景,但由于震前无明显的中短期和短临异常显示,故震前未做出任何中段期或短临预测。震后所有资料的趋势异常仍然在持续。根据文献^[4]对北天山西段几次中强地震前地倾斜异常的演化分析认为,在 1 次中强地震结束

后若趋势异常未完全结束,可能意味着在未来一年还会有相当量级的地震发生。因此,北天山和新疆北部边境地区仍然存在发生中强地震的背景,还需要继续跟踪各项前兆资料的变化,努力捕捉中短期乃至临震异常信息。

〔参考文献〕

- [1] 杨又陵,张翼. 2003 年 2 月 14 日石河子 M5.4 地震地形变异常及其演化分析[J]. 内陆地震,2005,19(3):241-248.
- [2] 杨又陵,孙甲宁,高国英,等. 新疆地倾斜地震短期异常特征研究[J]. 西北地震学报,2006,28(1):64-68.
- [3] 王永安,刘强,王世芹,等. 云南地区大震前地倾斜趋势性异常的典型特征[J]. 地震研究,2003,(增刊):126-132.
- [4] 杨又陵,高国英. 北天山西段中强地震前地倾斜异常的演化分析[J]. 大地测量与地球动力学,2005,25(1):98-101.