



邢台地震窗对华北6级以上地震的预测

薛 丁, 张建业, 韩晓明

(内蒙古自治区地震局, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘 要:在分析1966年邢台7.2级地震的构造背景基础上划定邢台地震窗的范围并选取地震资料, 分析和计算了地震窗地震活动高频次异常对华北地区6级以上地震的预测效能。结果表明邢台地震窗高频次异常具有较高预测信度。

关键词: 邢台; 地震窗; 构造背景; 高频次异常; 预测

中图分类号: P315.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2011)02-0206-03

Prediction of Earthquake ($M \geq 6$) in North China Region Using Representative Shock Window

XUE Ding, ZHANG Jian-ye, HAN Xiao-ming

(Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010010, China)

Abstract: Based on the analysis of tectonic background of Xingtai $M_s 7.2$ earthquake in 1966, the range of Xingtai shock window is determined and the data of earthquake are selected. The predicting value of seismic high frequency anomaly in this shock window for $M \geq 6.0$ earthquakes in north China are analyzed and calculated. It is found that the high frequency anomaly showed better assessment of prediction efficiency.

Key words: Xingtai region; Shock window; Tectonic background; High frequency anomaly; Prediction

0 引言

1966年在华北的邢台地区发生了7.2级地震, 40多年来震区地震活动仍起伏不断, 积累了丰富的地震资料, 成为反映华北地区地震活动的“地震窗”地区之一。2008年汶川8.0级地震后, 人们都非常重视和担忧华北地区的地震形势。鉴于此, 本文研究邢台地震窗地震频次异常特征对华北地区6级以上地震的预测效能。以期对华北地区地震形势分析、判定和预测有一定参考价值。

1 邢台地震窗及其资料选取

“地震窗”是区域应力场与震源应力场变动效应的一种表现。所以我们把握窗的应力变化来实现对相关地震区地震的预测^[1]。邢台地震窗的应力变化可以用其地震活动起伏来反映。

1966年邢台7.2级地震震中($N37^{\circ}30'$, $E115^{\circ}06'$)位于华北平原束鹿断陷盆地内。束鹿断陷盆地为冀中拗陷南部的一个走向NNE的单边断陷(箕状断陷), 是在中生代部分断陷的基础上进一步发展而成的新生代盆地, 经历了早第三纪断陷和晚第三纪以来区域沉降(拗陷)两个主要发展阶段。束鹿断陷盆地总体呈狭长条形, 长约70 km, 宽14~20 km。

盆地东部以新河断裂与新河凸起相接; 西缘的宁晋凸起为斜坡状延伸到盆地之下, 以NNE向晋县断裂与西侧的晋县断陷盆地毗邻; 北部以NW向衡水断裂与深县断陷盆地相邻; 南部以大曹庄断裂与隆尧凸起相连。盆地内部被曹庄陆梁次级小断裂分成主体凹陷、曹庄横向凸起和南部次凹三部分。束鹿断陷盆地是一个典型的半地堑, 新河断裂是主控边界断裂。该断裂走向NNE, 倾向NWW, 正断层性质, 全长70余公里。控制了中生界和下第三系地层的分布, 向上穿过上第三系并延入第四系, 上端位于地表下200 m, 向下延伸达10 000 m, 断至结晶基底。断裂剖面上为上陡下缓的铲状形态, 上部倾角 45° 左右, 下部倾角约为 35° (图1)。

震区深浅构造耦合关系的探测研究表明^[2]新河断裂和深部的高角度断裂是邢台7.2级地震的发震断裂。基于此深浅部发震构造背景作者分析了余震的分布, 认为不管是深部还是浅部发生余震, 余震震中应分布在新河断裂附近及其西侧的束鹿断陷盆地内, 据此划定了邢台地震窗的范围(图1)。选取的地震为仪器记录(1970年~2009年10月)全部地震活动资料^①。经过对监测能力和发震构造的分析, 认为

收稿日期: 2010-01-18

基金项目: “中国近现代重大地震考证研究”项目(200808017)

作者简介: 薛 丁(1963—), 男(汉族), 内蒙古呼和浩特人, 高级工程师, 硕士, 主要从事地震预报、地震活动性、构造地质等研究。

① 全国地震目录库(电子版)(1970年~2009年10月, $M_L \geq 1.0$), 中国地震局台网中心(cc01)

选取震级下限为 $M_L 1.5$, 资料定位精度相对较高, 并能满足 多年最低监测能力一致下的计算要求。

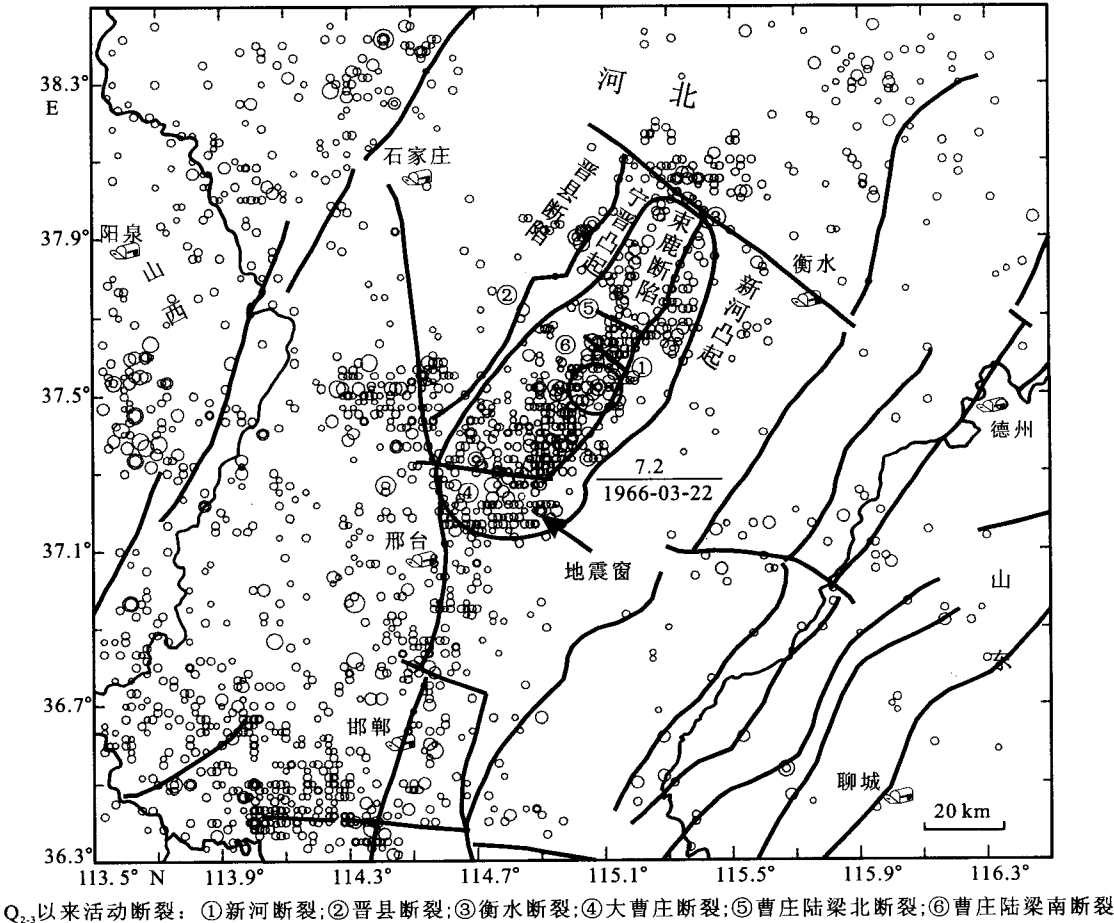


图 1 邢台地震区地震构造和地震窗范围(据文献[2]、[3])
Fig. 1 Map of seismic structure and the range of Xingtai shock window.

2 邢台地震窗 6 级以上地震的预测

做邢台地震窗地震月频次曲线, 时间范围 1970—2009 年 10 月, 起始震级是 $M_L 1.5$, 用该曲线对华北地区的 6 级以上地震做预测分析。结果发现, 以月频次高于 2.0 倍方差线(月频次 17 次)为异常判别依据, 在研究时间内, 自 1970 年以来共有 12 个月(1971 年 1 月、1973 年 8 月、1974 年 6 月、1981 年 11 月、1983 年 4 月、1985 年 12 月、1986 年 2 月、1986 年 6 月、1987 年 12 月、1989 年 12 月、1996 年 5 月、2002 年 12 月)出现过高频次异常(图 2)。高频次异常的特征表现为有的为单点异常; 有的为群次异常(频次 N 超过方差线且在短期内出现 2 次以上)。邢台地震窗出现过 2 次群次异常, 分别较好地对应了 1975—1976 年海城、唐山等强震成组活动和山西大同 1989—1991 年强震群活动; 其余几次单点异常也较好地对应了华北发生的南黄海 6.0、菏泽 6.2、包头 6.4、长江口 6.1、张北 6.2 和巴林左旗 6.1 级地震。邢台地震窗低频次期间华北地区发生过 1979 年溧阳和五原 2 次 6.0 级地震, 为漏报。从总体上的分析看, 邢台地震窗对华北地区 6 级以上地震具有较好的预测应用效果。

进一步分析邢台地震窗的预报效能: 1970—2009 年共 490 个个月的时间内华北地区共发生 14 次 6 级以上强震。按

照高频次异常出现后, 预报 2 年内对应地震; 如在 2 年内不发生地震情况下, 再延迟半年的预报有效期发生 6 级以上强震为报准, 否则为虚报。按照许绍燮^[4]的方法, 对邢台地震窗异常特征进行了预测效能评价计算, 结果显示(表 1): 报准 12 次, 漏报 2 次, $R=0.435$, 具有 97.5 置信水平的 R_c 值为 0.258, 因此, 邢台地震窗地震活动起伏的高频次异常具有较高的预报价值和信度。

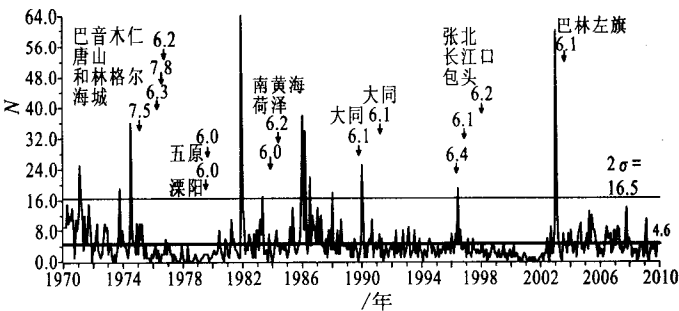


图 2 邢台地震窗地震活动($M_L \geq 1.5$)月频次
与华北地区 $M_S \geq 6.0$ 地震关系图
Fig. 2 Diagram of monthly seismic frequency ($M_L \geq 1.5$) in Xingtai shock window and $M_S \geq 6.0$ earthquakes in North China.

表 1 邢台地震窗地震月频次对历史震例预报效能评价结果表

指标	σ 异常判别	研究时间 T /月	预测时间 t /月	N /次	报准/次	虚报/次	漏报/次	R	R_0	效能	异常
N	+2.0/16.5	490	209	14	12	4	2	0.435	0.258	有	✓

3 认识与讨论

研究认为利用有较高监测能力的台网监测统计典型地震窗的地震活动,如邢台地震窗,对华北地区震情判定是有意义的。

由于大震后的初期震区处于调整阶段,一般不反映外围地震,在大震的后期能反应区域应力的变化,有一定的区域震兆反应^[1]。而且从监测能力和资料完整性考虑,1970 年前也缺乏小震资料,因此本文对 1966—1970 年间地震没做分析,如 1967 年河间地震、1969 年渤海地震,只研究了 1970 年以后的 6 级以上地震。

当区域应力场增强时,潜在地震区都是应力集中点,而邢台地震窗介质的抗剪强度因大为降低出现小震频次增高,且可能出现反复,即群次异常,对应地震孕育过程。因此利用这一异常特征可判定华北地震区地震时间,华北地区可进入预报期。但对具体发震地点不好判定。引起区域应力场增强有许多因素,如地震构造活动、大震应力触发^[5]等。近年来有研究表明:大震产生的正库仑破裂应力变化的地区明显有利于后续中强地震的发生,以此来预测发震地点^[6];大震如 2003 年 2 月 24 日新疆巴楚—伽师 6.8 地震触发其强余震群发生,通过计算静态库仑破裂应力变化,6.8 地震不仅有利于分布与主破裂面方向一致的强余震发生,而且触发了与其共轭方向的地震发生^[7]。

华北地区的空间范围究竟选取在哪最为合适? 因为不同的空间范围可能得出不同的研究结果。如 2003 年 8 月巴林左旗 5.9 级(许多单位定为 6.1 级)地震发生在北纬 43°多一点的地点,该地震参与了预报效能计算,值得进一步讨论。

巴林左旗地震后,2005 年、2007 年邢台窗出现较高频次,但没有超过异常判据。这些较高频次是否与 2006 年文安地震和 2008 年汶川 8 级地震有关? 这 2 次地震 1 次震级小、另 1 次距离远。有待后续讨论。

2008 年汶川 8 级地震后,截止 2009 年 10 月,邢台地震窗尚未出现高频次异常,说明华北地区未来的短时间内发生 6 级以上地震的危险性不大。但较长时间的危险性,仍需跟踪资料的结果做出进一步的判定。

[参考文献]

[1] 姜秀娥,张国民,单锦芬,等. “地震窗”在地震预报中的应用[A]//国家地震局科技监测司编. 地震预报方法实用化研究文集(地震学专辑)[G]. 北京:学术书刊出版社,1989:296-311.

[2] 徐杰,方仲景,杨理华. 1966 年邢台 7.2 级地震构造背景和发震构造[J]. 地震地质, 1988,10(4):51-59.

[3] 陆远忠,李胜乐,邓志辉,等. 基于 GIS 的地震分析预报系统[M]. 成都:成都地图出版社,2002.

[4] 许绍燮. 地震预报能力评价[A]//国家地震局科技监测司编. 地震预报方法实用化研究文集(地震学专辑)[G]. 北京:学术书刊出版社,1989:586—590.

[5] 张彬,杨选辉,陆远忠. 地震动态应力触发研究进展[J]. 西北地震学报,2008,30(3):298-303.

[6] 万永革 沈正康 甘卫军,等. 东昆仑活动断裂带大地震之间的弹性应力触发研究[J]. 西北地震学报,2003,25(1):1-7.

[7] 王海涛,王琼,赵翠萍. 2003 年 2 月 24 日新疆巴楚—伽师 $M_s6.8$ 地震的应力触发作用研究[J]. 西北地震学报, 2006, 28(4): 335-340.