

88-93

应用断层的活动性分析民乐—张掖盆地 及外围地区的强震危险性

钱生华

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

p 315.9

p 315.2

摘要 依据民乐—张掖盆地及外围地区的断裂活动性对该盆地发生强震的危险地段和时间进行了预测。结果表明, 盆地西缘的榆木山断裂西段和红崖堡断裂西段是发生强震的危险地段, 在今后50年内发生 $6.5 \leq M_s \leq 7.0$ 地震的可能性较大。

关键词: 活断层, 滑动, 地震危险性评估, 民乐—张掖盆地

盆地

1 引言

民乐盆地及其周围地区的地震预测工作一直受到国家地震局的重视。自1979年开始进行地震区域规划编图工作起到1989年止曾作过十多次野外考察研究, 获得了大量的实际资料和卓有见解的认识。尽管在预测方法和预测地段上存在着分歧, 但在1987年前后国家地震局分析预报中心仍将该区确定为西北地区具有发生 $6.5 \leq M_s \leq 7.0$ 强震危险的地区。1988年又被列为全国重点监视区。为了作好民张盆地的监视工作, 于1988年春再次进行了实地考察研究, 确定了潜在震源区, 估算了地震发生的可能时期, 为本区的地震危险性预测提供了有价值的资料, 本文就是在野外考察基础上进行的总结。

2 强震危险地段的预测

为了确定本区的强震危险地段, 我们根据大震总结报告*所归纳的强震构造背景确立了发生强震的主要构造标志, 并依据国内外先进的强震预测方法对民张盆地的潜在震源区作了初步探讨。

2.1 第四纪以来本区断裂的分布特征(图1)

民张盆地属祁连山北缘的前缘盆地。根据以往调查, 该盆地是一构造盆地, 古生代已有雏形, 中生代显出基本轮廓, 晚第三纪才发育形成今日之面貌。平面形态为走向北西西的菱形盆地, 各边长大致相等, 长对角线走向北西, 短对角线走向北东。盆地南为祁连山北缘断裂带的民乐—大马营断裂, 北为走廊北山之龙首山南缘断裂, 西为上龙王断层。盆地的横剖面上可以看到南北两侧呈对冲形态^[1], 南侧断裂南倾, 北侧断裂由一组向北倾的逆断层组成, 倾角在 $45^\circ \sim 70^\circ$ 之间。盆地西缘的上龙王断层为右旋走滑兼挤压型, 其垂直运动分量达 2.0 m ^[2]。

收稿日期: 1996-02-05

作者简介: 钱生华, 男, 1938年9月出生, 高级工程师, 从事地震地质研究。

* 贾云鸿, 等. 陕甘宁青大地震地质条件的考察与研究(1978~1984)。

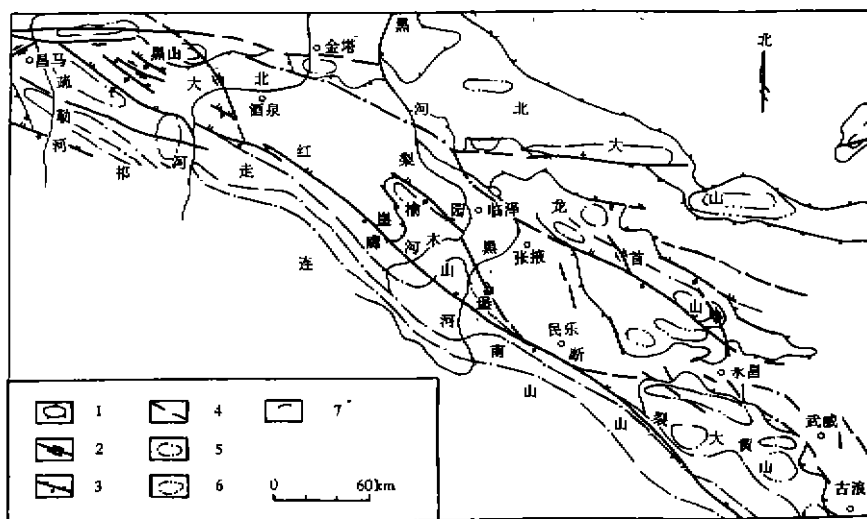


图1 河西走廊新构造图(据李玉龙,1988)

Fig. 1 Neotectonic map of Hexi corridor.

- 1 第四纪地层出露区; 2 第四纪平移断层; 3 第四纪逆断层与逆掩断层; 4 物探推测断层;
5 一级夷平面; 6 二级夷平面; 7 三级夷平面

全新世以来盆地西缘有3条近于平行的活动断裂自北而南分别为榆木山北缘断裂西段^[2](即元山子—羊圈沟段)、榆木山南缘断裂(又称顺德堡断裂)和红崖堡断裂(指黄草坝—红崖堡段).它们在全新世晚期均发生过 $6.5 \leq M_s \leq 7.0$ 强震,可以断定是全新世以来活动

性很强的地震断裂带(表1)或者是继承性的活动断裂.

盆地周缘的断裂活动在时间上具有东早西晚的特点.盆地四周的龙首山南缘断裂、民乐—大马营断裂、上龙王断裂皆为第四纪活动的断裂,进入全新世时期后处于停滞状态,活动强度明显逐渐变弱,而位于盆地西缘的断裂则活动强度逐步增强.榆木山北缘断裂最具代表性.东段为晚更新世曾活动过的断层,中段为晚更新世末期至全新世早期多次活动的断裂,唯有西段是全新世时期的活动断裂.断裂的活动似有自东向西扩展的趋势*.

2.2 全新世以来的活动断裂或活动段

对古地震和历史地震构造背景的研究表明,大地震的发生在空间上绝不是随机的,绝大多数强震发生在活动断裂带的活动段上.据野外的实地调查,榆木山北缘断裂带西段是活动段,曾发生过180年秋表是(高台)地震.该活动段主要位于元山子—羊圈沟段,长25 km,走向近东西^[2](表2),左旋为主,在录泉河见有长2 km的构造陡坎,最大错距23~28 m.槽探结果表明,陡坎上有3条逆断层(图2),自南向北崩积楔埋深分别为1.05、0.5、0.3 m,说明全新世时期可能经历了3次地震活动,最晚一次可能是180年秋表是地震断面.

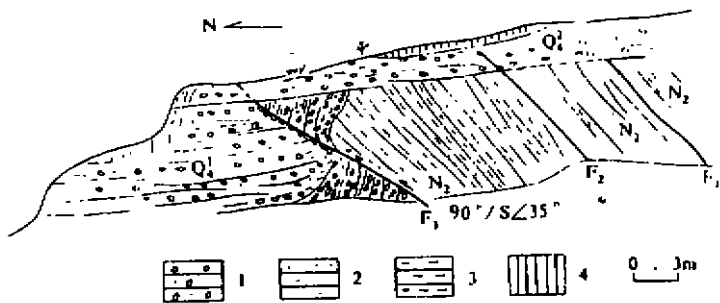


图2 苦水沟断层剖面

Fig. 2 The profile of Kushuigou fault.

- 1 砂、砾层; 2 砂岩; 3 泥岩、砂质泥岩; 4 黄土层

* 才树驊.祁连山北缘断裂带中段全新世活动与地震.1987

表1 民张盆地断裂活动性比较

断裂名称	主要活动时代	长度(km)	断裂活动情况	滑动速率(mm/a)	资料来源
盆地以北 龙首山南缘断裂	Q ₃	250	①未见断裂活动 ②侵蚀面抬高20 m	0.4	崔中元
盆地以南 民乐大马营断裂	Q ₃	200	①r ₃ 逆冲于Q ₂ -Q ₃ 之上 ②Q ₃ 洪积扇未发现断裂		陈志泰
盆地西缘 上龙王断裂	Q ₃	110	①Q ₂ 、Q ₃ 可见小的变形 ②断裂陡坎错断Q ₃ 砾石		李玉龙
榆木山北缘断裂	Q ₄	70	①Q ₃ 洪积扇上跨断裂 ②冲沟呈羽状左旋位错 ③I—II级阶地冲沟位错21 m	0.8	陈志泰
榆木山南缘断裂	Q ₄	47	①倾斜平原坡度变化有分段性 ②Q ₃ 砾石有擦痕	2.8	才树骅
红崖堡断裂	Q ₄	40	①Q ₃ 洪积扇陡坎位错16 m ②Q ₄ 有陡坎位错 ③热释光年龄2 100 a, 4 200 a	3	才树骅

红崖堡断裂位于祁连山北缘断裂带上,按活动强度可分东、西两段,东段即黄草坝—天桥沟一带断裂活动较明显,实地考察时发现有一断层陡坎,高38.5 m,左旋扭动,水平错距40 m,滑动速率4mm/a,扭动层次明显可分为40、20、12、9.5和3 m(图3).它反映了本断裂有5次快速滑动.在摆浪河上也见有II级阶地被左旋扭动,位错2.7 m,说明在近期有过强烈的活动.红崖堡西南也见有长3 km的构造陡坎,水平扭距2~5 m,垂直错距6.0 m以上,滑动速率4mm/a^[3].

表2 高台西南黄草坝—天桥沟断裂水平位错实测数据

序号	野外编号	地貌部位及地质时代	测定时代 (距今, ×10 ⁴ a)	综合断错年代 (距今, ×10 ⁴ a)	垂直位错		
					错距 (m)	速率 (mm/a)	平均速率 (mm/a)
1	沟1	T ₃ Q ₃	1.5	1.5	40	2.6	
2	沟5	T ₃ Q ₃	1.5	1.5	27	1.8	
3	沟7	T ₂ Q ₂	0.8	0.8	12	1.5	2.0
4	沟8	T ₂ Q ₂	0.8	0.8	9.5	1.2	
5	沟9	T ₂ Q ₂	0.8	0.8	22	2.8	

2.3 预警断层的判定

根据地震断层的活动特点把全新世以来活动的断层统称为“预警断层”,主要用于全新世以来断裂活动性的鉴别和地震危险性的判定,同时也可作为一种中长期地震预报方法.根据民张盆地的断裂活动情况,规定了两条判定预警断层的准则.

准则1 同一条断裂带上,上次地震距今时间愈长,则距未来地震的发展时间就愈近.由

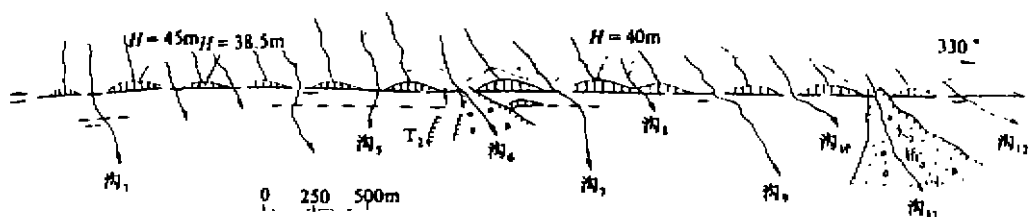


图3 黄草坝—天桥沟断裂水平位错实测图(据陈志泰等)

Fig.3 The horizontal displacement sketch of Huangcaoba-Tianqiaogou fault.

于同一条断裂带上大地震的发生是有周期性的,距上一次大震的时间间隔 t 与地震重复周期(R)之比(消失率 $E=t/R$)能代表该断裂上发生大震的潜在趋势。

准则2 根据同一断裂带不同段落之间地震活动性的连锁反应,若某段上次发展时间距今越近,那么另一段发生下次地震的时间就越临近。这一准则适用于近于平行展布的一组断裂。例如,榆木山北缘断裂西段、榆木山南缘断裂、红崖堡断裂就可用准则2进行预测。两项准则同时应用,可以提高预测的精度。

3 强震危险期的预测

对地震活动时间的预测一般采用地震地质方法进行估算,例如应用断层滑动速率法、地震重复周期法和最大错动幅度法等。计算结果用现代形变测量结果进行修正和对比。本文依据地震断层的错动幅度和滑动速率计算了民张盆地西缘榆木山北缘断裂西段和红崖堡断裂中段发生强震的危险时期。

榆木山北缘断裂带上曾发生过180年秋表是地震,距今已有1815a的时间,依照准则1判定,该断裂带应是进入危险期的活动断裂。依照准则2,祁连山北缘的红崖堡断裂在1609年曾发生过 $M_s \geq 7.0$ 地震,距今时间最近,若将该断裂与北部平行排列的榆木山南缘断裂和北缘断裂作为同一断裂带看待,距今也已近400a了,应属于危险性断裂。

3.1 应用地震重复周期法估算

榆木山北缘断裂带向东南延伸与上龙王断层相接,换句话说,上龙王断层是榆木山断裂的东段,在考虑地震危险期时作为同一断裂进行观测。榆木山北缘断裂带用地震重复周期计算强震危险期,东段(上龙王断层)古地震时间间隔分别是8800a、2400a、500a^[1],而西段为1805a。取其算术平均数,危险期应为3375a,取其中数,危险期应是180年+2400年=2580年(公元),取小数则为(1995年-180年)+500年=2315年(公元)。榆木山北缘断裂东段(上龙王断层)已有13300a无大地震记录了,而13300a又远大于大震周期,根据地震重复周期预测,今后50a有再次发生 $M_s \geq 7.0$ 地震的可能。

榆木山北缘断裂带、榆木山南缘断裂、红崖堡断裂三者在空间上呈北西走向平行排列,因此在预测其危险期时,可作为一组断裂进行计算。榆木山北缘断裂发生过180年秋表是(高台)7.0级地震,榆木山南缘发生过756年6.0级地震,红崖堡断裂在1609年发生过 $7\frac{1}{4}$ 级地震。这3次地震的间隔时间分别为576a、853a,平均为714a。按平均间隔计算,714年+1609年=2323年(公元),若按二数差计算,234年+1609年=1843年(公元),早已达到或超过危险时期。同样说明这一地区在今后50a有发生6.5~7.0级强震的可能。应用预警断层判定准则计算结果表明,民张盆地西缘今后50a是发生强震的危险时期。

3.2 应用最大错动量估算

根据野外调查资料,用某次地震形成的平均错距和平均滑动速率或最大错距和最大滑动速率计算了与此次地震相对应的大震重复周期,进而求出榆木山北缘断裂带地震的复发周期。

以录泉河探槽剖面为例,由表3可知,最大错距28 m,错动速率2.8mm/a,地质年代为 Q_2^2 ,由阶地面时代推算距今0.8万a,由此看来0.8万a偏大.若全新世分为早、中、晚三期,那么0.7万a足能代表它的时代.因此,滑动速率应为 $\frac{28\ 000\text{mm}}{7\ 000\text{a}} = 4\text{mm/a}$.据统计西北地区发生 $M_s \geq 7.0$ 地震的最大错动量为3.15 m,故发生7.0级大震的时间是距今 $\frac{31\ 500\text{mm}}{4\text{mm}} = 787.5$ (a),实际距今时间 $1995 - 180 = 1815$ (a),早已超越危险期。

表3 高台梧桐泉录泉河断裂水平位错实测数据

序号	野外 编号	地貌部位及 地质时代	由阶地面时代 推算结果 ($\times 10^4\text{a}$)	沟谷情况			综合断错 年代(距今, $\times 10^4\text{a}$)	水平位错		
				沟深 (m)	沟长 (m)	年代 ($\times 10^4\text{a}$)		错距 (m)	速率 (mm/a)	平均速率 (mm/a)
1	沟1	T2 Q_2^2	0.8		20		0.6	6	1.0	
2	沟3	T2 Q_2^2	0.8		150		0.8	8	1.0	
3	沟4	T2 Q_2^2	0.8	5		1.5	1.0	28	2.8	
4	沟7	T2 Q_2^2	0.8				0.8	25	3.1	
5	沟10	T2 Q_2^2	0.8	5	大于2 000	1.5	1.0	13	1.3	1.5
6	沟11	T2 Q_2^2	0.8	5	500	1.0	1.0	15	1.5	
7	沟12	T2 Q_2^2	0.8	3	小于100	0.9	0.6	5	0.8	
8	沟13	T2 Q_2^2	0.8	1.5	100	0.5	0.6	7	1.2	
9	沟15	T2 Q_2^2	0.8		大于2 000		0.8	7	0.9	
10	沟16	T2 Q_2^2	0.8	2	100	0.6	0.6	5	0.8	

红崖堡断裂全新世最大错动幅度22 m,错动时代同上,其地貌部位的地质时代 Q_2^2 ,阶地面推算时代0.8万a,若将全新世分为早、中、晚3段,0.7万a比较符合实际年代0.7万a。

它的平均滑动速率 $\frac{22\ 000\text{mm}}{7\ 000\text{a}} = 3.15\text{mm/a}$,而发生一次7.0级地震所需时间 $\frac{3\ 150\text{mm}}{3.15\text{mm/a}} = 1\ 000\text{a}$,它的危险期 $1\ 609\text{a} + 1\ 000\text{a} = 2\ 609\text{a}$;若发生一次6.0级地震,则危险期为 $1\ 609\text{a} + 460\text{a} = 2\ 069\text{a}$;因此在近50年内处于危险时段。

采用最大错动量计算的结果与大震重复周期的结果基本相符,表明这种推算方法有一定的实际意义,适用于西北地区活动断裂危险期的研究。

3.3 用现代形变资料进行修正和估算

我局流动形变测量报告和国家地震局第二形变测量大队开测以来(1971~1987)形变测量资料*表明,本区以持续的基线缩短为主要趋势,累计量值达24 mm,年平均值为0.3mm/a,未见明显的扭动现象.本区西南肃南形变台处于相对稳定状态,但发震断裂都有明显的扭动现象,故认为本区在近50 a以内仍具有发生 $M_s \geq 7.0$ 地震的可能性.由于区域应力处于挤压环

* 甘肃省地震局.1988年地震趋势会商会文件.1988年甘肃省震情报告.1988.

境且量值达到 $3\text{mm}/\text{km}\cdot\text{a}$ 时消减了水平分量,所以形成短期的无震环境.这一结论与 3.1 和 3.2 两节中的计算结果是十分吻合的.震源物理学把这种区域解释为震源体活动的闭锁地段.所以民张盆地西缘地区近期处于稳定状态.

4 讨论

本文应用活动断层和地震活动资料判定了民张盆地及周围地区的强震危险性,其中包括震源区的预测和危险期的估算.潜在震源区是通过第四纪断层分类筛选和全新世活断层分段来判定的.首先把第四纪断层分为第四纪以来的活断层和全新世以来的活断层,然后将全新世以来发生过强震的断层作为地震断层.我们将第四纪断层分布地段作为安全区,全新世活动断层分布地段作为危险区.在危险期的估算中采用了断层活动的位移量、滑动速率和事件复发间隔及最后一次事件距今的时间等.

在判定中对大地构造环境和地质演变历史极少涉及,因为民张盆地是河西走廊众多盆地之一,它们同处于河西走廊断陷带上,具有共同的演变历史和大地构造环境.已有众多的专著和论文对此作过阐述,本文只在此基础上研究了民张盆地及周围地区的地震构造分布特征.

5 结论

通过对民张盆地及周围地区危险地段和危险时间的推算认为,盆地境内近期发生 $M_s \geq 7.0$ 地震的可能性不大,盆地西缘之高台东南在 50 a 以内存在发生 6.5~7.0 级地震的危险性.当前,地震危险期的预测多采用断层活动性、地震复发周期、平均滑动速率等方法而且只能判定 50 a 上下的地震危险性,远不能满足地震预报的需要.若将预测时间缩短到 20a 左右,在地质手段的基础上再配合一些前兆手段和测震学方法,才有可能进一步提高计算精度.

参考文献

- 1 强祖基.第四纪断层及潜在危险性.地震学刊,1987,(2):25~36.
- 2 李玉龙,等.河西走廊地质构造的基本特征与黑河口上龙王断层的研究.西北地震学报,1988,10(2):35~47.
- 3 陈志泰,等.祁连山—河西走廊地区活动断裂带.北京:地震出版社,1992.

ANALYSIS ON THE SEISMIC RISK BY CHARACTERISTICS OF FAULT ACTIVITY IN THE MINLE-ZHANGYE BASIN AND AROUND IT

QIAN Shenghua

(Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000)

Abstract

Based on activities of faults in Minle-Zhangye basin and around it, space and time of occurrence of future earthquake in the area are predicted. The results show that the $6.5 \leq M_s \leq 7.0$ earthquakes will most likely occur on the western segments of the Yumushan and Hongyabu faults within 50 years.

Key words: Active fault, Slipping, Seismic risk evaluation, Minle-Zhangye basin