

青海及邻区中强地震序列类型及特征研究

陈玉华, 马文静, 张瑞斌

(青海省地震局, 青海 西宁 810001)

摘要:系统地整理和分析了 1970~1999 年发生在青海及邻近地区的 65 次 $M_s \geq 5.0$ 地震序列. 这些地震序列可分为孤立型、主震-余震型、前震-主震-余震型和多震型 4 种, 以孤立型为主. 其中有 18 次 $M_s \geq 6.0$ 地震序列以主震-余震型为主. 这些地震序列分布于 4 个地震构造带内. 每个地震带内地震的频度、强度及序列类型不同. 计算分析了地震序列早期特征参数的变化特征, 认为 b 值和 u 值的变化对该区地震序列类型的早期判断有一定参考价值.

关键词: 青海; 地震活动特征; 地震序列类型; 早期判断; 空间分布

中图分类号: P315.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2001)03-0250-07

0 引言

青海及邻近地区地质构造复杂, 活动构造较多, 几条巨大的活动断裂带上曾发生过 7~8 级大震. 1900 年以来该区发生 $M_s \geq 6$ 地震 39 次, 其中 7 级以上地震 4 次. 目前青海地区仍处于地震活跃期, 地震形势是严峻的. 当一次中强地震或震群发生后, 其后是否还会有较大余震或更大的破坏性地震发生, 这是人们最关心的问题. 由于孕震条件和震源体的物理状态不同, 所发生的地震有其各自不同的特征, 分属于不同的类型. 因此研究地震序列类型及分布特征对于预测强震发生后的地震活动趋势具有重要意义. 本文对青海及邻区 1970~1999 年发生的中强地震序列进行了系统、全面的分析和研究, 总结出了地震活动的区域性特征和规律, 为地震序列类型的早期判断和实现震后趋势的准确预测提供基础性资料.

1 资料选取及地震序列类型划分原则

青海及邻近地区的范围为 $32^\circ \sim 40^\circ \text{N}$, $89^\circ \sim 104^\circ \text{E}$. 对于每次地震序列均选取有明确震中位置的 $M_L \geq 2.0$ 地震. 所用资料取自《青海地震台网观测报告》和中国地震局分析预报中心提供的《1970~1999 年地震目录数据库》.

青海及邻近地区 1970~1999 年发生的中强地震序列共 65 次. 通过研究发现, 该区的地震序列有其特殊性. 例如, 目前对于孤立型地震序列较公认的划分原则为 $\Delta M \geq 2.4$, $E_m / \sum E \geq 99.9\%$ ^[1,2], 而青海及邻区的地震序列往往当 $\Delta M = 2.3$ 时, 其 $E_m / \sum E$ 已达到或超过 99.9%. 周翠英等^[3]认为, 在划分地震序列类型时, 若震级差和能量比出现矛盾时, 应以能量

收稿日期: 2000-07-18

基金项目: 青海省地震局地震科学基金资助课题(99-002)

作者简介: 陈玉华(1956-), 女(汉族), 河南安阳人, 高级工程师, 现从事地震预报研究工作.

比为划分标准. 经过分析比较, 作者认为以 $E_m/\sum E$ 为划分的首选标准较为合理. 所以在研究中将青海及邻区 $E_m/\sum E \geq 99.9\%$, $\Delta M \geq 2.3$ 的地震序列确定为孤立型序列, 将 $90\% \leq E_m/\sum E < 99.9\%$, $0.7 < \Delta M < 2.3$ 的地震序列确定为主震-余震型序列. 研究区内的主震-余震型序列中还存在一种特殊的类型. 这种地震序列早期(7 天以内)表现出孤立型特征, 但全序列则表现为主震-余震型特征. 如 1999 年 11 月 26 日玛沁 $M_s 5.0$ 地震, 全序列持续 14 天, 前 7 天内主震与最大余震震级差 $\Delta M = 3.1$, $E_m/\sum E = 99.99\%$, 完全符合孤立型序列的特征. 在第 12 天发生了 $M_L 4.7$ 地震, 这时主震与次大地震震级差 $\Delta M = 0.7$, $E_m/\sum E = 93.88\%$, 整个序列呈现主震-余震型特征. 再如 1987 年 1 月 8 日甘肃迭部 5.8 级地震序列持续了近 7 个月, 地震频次很高. 1987 年 3 月 3 日前发生的最大余震为 $M_L 3.7$, 震级差 $\Delta M = 2.5$, $E_m/\sum E = 99.95\%$, 为典型的孤立型地震序列. 但是, 3 月 3 日 09 时在该序列中又发生了 $M_L 4.6$ 地震, 该地震成为序列中最大余震, 与主震震级差 ΔM 变成 1.2, 截止到全序列结束时 $E_m/\sum E = 99.71\%$, 这样该序列又显示出典型的主震-余震型序列特征. 类似的震例在研究区共有 8 例. 鉴于目前对于地震序列的划分原则一般以全序列特征为主, 所以将这些序列仍划为主震-余震型.

另外, 研究区内一些主震-余震型序列的主震前出现明显的中小地震活动, 它们部分符合林邦慧等^[4] 给出的前震及前震序列的定义, 部分在时间上不完全符合. 但就当地小震活动背景而言, 这些地震是较为显著的, 是不可忽视的. 作者暂且将这些地震称为前震^[9]. 将出现这一类前震的地震序列称为前震-主震-余震型序列.

根据文献[1] 和[2] 及上述分析, 将青海及邻近地区的地震序列划分为 4 种类型:

- (1) 孤立型序列: $E_m/\sum E \geq 99.9\%$, $\Delta M \geq 2.3$.
- (2) 主震-余震型序列: $90\% \leq E_m/\sum E < 99.9\%$, $0.7 < \Delta M < 2.3$.
- (3) 前震-主震-余震型序列: 其判别标准与主震-余震型一致, 只是在主震前若干天有明显的前震或前震序列活动.
- (4) 多震型序列(包括震群型和双震型序列): $E_m/\sum E < 90\%$, $\Delta M \leq 0.7$. 这类地震序列中无突出的主震, 而是由震级相近的 2 次或多次 $M_s \geq 5$ 地震为主体.

2 地震序列类型划分结果

依据上述序列类型划分标准, 对青海及邻区 1970~1999 年发生的 65 次 $M_s \geq 5.0$ 地震序列的类型进行了划分, 结果见表 1.

从表 1 可以看出, 在 65 次地震序列中属于孤立型的有 30 次, 占总数的 46%; 属于主震-余震型的有 24 次, 占 37%; 属于前震-主震-余震型的有 4 次, 占 7%; 属于多震型的有 7 次, 占 10%. 总体看来, $M_s \geq 5$ 地震序列以孤立型为主. 在 65 次地震序列中 $M_s \geq 6$ 序列共 18 次, 其中 10 次属于主震-余震型(表 2), 所以 $M_s \geq 6$ 地震序列以主震-余震型为主, 其次为孤立型.

3 地震序列的空间分布

65 次地震序列集中分布在 4 个地震构造带内, 即祁连地震构造带、柴达木地震构造带(含共和盆地)、可可西里地震构造带和乌兰乌拉-玉树地震构造带(图 1).

1970 年以来在祁连地震构造带内共发生 $M_s \geq 5$ 地震序列 15 次. 其中属于孤立型的 6

次,主震-余震型 5 次,前震-主震-余震型 2 次,多震型(前震-双主震-余震型)2 次(表 2).由此可见,该带内发生的地震序列类型多为主震-余震型和孤立型.与另外 3 个地震带相比,祁连地震构造带内的前震-主震-余震型地震序列比较多.

表 1 青海及邻区 $M_s \geq 5$ 地震序列参数及类型判定结果

序号	发震时间	发震地点	空间分布	震中位置		$M_{\max}$	ΔM	$E_m/\Sigma E$ /%	全序列 持续时间	序列 类型
				北纬	东经					
1	1971-03-24	托素湖	III	35°30′	98°02′	6.3	2.7	99.99	3 天	孤立型
2	1971-04-03	杂多南	IV	32°13′	95°07′	6.3, 6.5	0.2	31.62	1 天	双震型
3	1972-08-30	南霍布逊湖	II	36°43′	96°24′	5.5, 5.2, 5.3	0.2	51.88	3 天	多震型
4	1973-06-16	北霍布逊湖	II	37°36′	95°49′	5.1	1.5	99.77	1 天	主震-余震型
5	1975-01-04	哈拉湖	I	38°49′	97°37′	5.3	2.7	99.97	2 天	孤立型
6	1975-05-05	唐古拉	IV	33°13′	92°54′	6.4	1.1	98.46	8 天	主震-余震型
7	1976-10-17	莫云	IV	32°06′	94°24′	5.1	—	100.00	无余震	孤立型
8	1977-01-02	茫崖西	II	38°06′	91°04′	6.4	1.5	99.69	2 天	主震-余震型
9	1977-01-19	北霍布逊湖	II	37°06′	95°49′	6.3	1.8	99.63	50 天	前震-主震-余震型
10	1977-12-16	称多	IV	33°19′	97°19′	5.3	1.1	98.38	13 天	主震-余震型
11	1978-02-21	甘德东	III	34°01′	101°07′	5.1	1.6	99.84	7 个月	主震-余震型
12	1978-07-03	杂多西	IV	32°49′	94°00′	5.3	—	100.00	无余震	孤立型
13	1979-03-29	玉树南	IV	32°24′	97°19′	6.2	2.7	99.99	5 天	孤立型
14	1980-03-07	卓乃湖	III	36°06′	91°54′	5.6	2.6	99.92	1 天	孤立型
15	1980-04-18	木里	I	37°54′	99°07′	5.2, 5.0	0.2	68.39	6 个月	多震型
16	1980-06-01	党河南山	I	39°01′	95°37′	5.6	2.3	99.91	1 天	孤立型
17	1980-07-13	乌图美仁	II	36°54′	93°49′	5.1	—	100.00	无余震	孤立型
18	1981-06-10	乌兰乌拉山	IV	34°19′	91°19′	6.5	—	100.00	无余震	孤立型
19	1982-03-07	杂多北	IV	33°24′	94°49′	5.1	—	100.00	无余震	孤立型
20	1983-06-15	唐古拉	IV	33°05′	92°00′	5.6	—	100.00	无余震	孤立型
21	1983-11-06	唐古拉	IV	33°43′	91°13′	6.0	—	100.00	无余震	孤立型
22	1984-01-06	九条岭	I	37°55′	102°11′	5.3	1.2	99.28	124 天	前震-主震-余震型
23	1984-02-17	刚察	I	37°57′	100°47′	5.3	2.1	99.05	66 天	前震-主震-余震型
24	1985-01-16	杂多	IV	32°38′	95°14′	5.2	0.9	97.10	1 天	主震-余震型
25	1985-08-12	格尔木东南	III	36°13′	95°37′	5.2	1.5	99.63	4 个月 14 天	主震-余震型
26	1986-04-04	杂多	IV	33°13′	96°07′	5.1	—	100.00	无余震	孤立型
27	1986-07-28	赤布张湖	IV	33°36′	90°37′	5.1	—	100.00	无余震	孤立型
28	1986-08-21	唐古拉	IV	34°36′	91°43′	6.4	1.1	96.08	23 天	主震-余震型
29	1986-08-26	门源	I	37°43′	101°30′	6.5	1.2	98.41	22 天	主震-余震型
30	1986-11-20	西藏安多	IV	32°36′	93°07′	5.0, 5.1	0.1	59.63	1 天	双震型
31	1986-12-21	格尔木西	II	36°48′	93°48′	5.3	2.3	99.99	1 天	孤立型
32	1987-01-08	甘肃迭部	III	34°18′	103°42′	5.8	1.2	99.71	7 个月	主震-余震型
33	1987-02-26	茫崖	II	38°06′	91°19′	6.1	1.6	99.80	1 天	主震-余震型
34	1987-04-09	唐古拉	IV	33°31′	92°00′	5.3	—	100.00	无余震	孤立型
35	1988-11-05	唐古拉	IV	34°20′	91°28′	6.8	1.0	97.77	23 天	主震-余震型
36	1988-11-22	甘肃肃南	I	38°55′	99°32′	5.4	0.3	67.41	89 天	多震型
37	1988-12-04			38°55′	99°32′	5.1				
37	1989-05-14	西金乌拉湖	IV	35°16′	91°32′	5.5	0.7	93.88	3 天	主震-余震型
38	1990-01-14	茫崖	II	37°54′	92°00′	6.5	2.7	99.99	1 天	孤立型
39	1990-04-26	共和	II	36°07′	100°08′	7.0	1.5 早期	92.97	6 年 5 个月	主震-余震型
40	1990-10-20	甘肃景泰	I	37°07′	103°36′	6.1	1.5	99.78	30 天	主震-余震型
41	1991-01-02	祁连	I	38°01′	99°30′	5.1	1.7	99.61	7 天	主震-余震型
42	1991-02-26	唐古拉	IV	33°14′	91°23′	5.5	—	100.00	无余震	孤立型
43	1991-08-11	唐古拉	IV	33°31′	91°38′	5.2	—	100.00	无余震	孤立型
44	1991-09-02	锡铁山	II	37°16′	95°24′	5.1	2.6	99.99	2 天	孤立型
45	1991-10-01	祁连	I	37°47′	101°22′	5.2	1.6	99.52	12 天	主震-余震型
46	1992-01-12	甘肃镜铁山	I	39°30′	98°12′	5.4	3.0	99.99	1 天	孤立型
47	1992-06-21	祁连	I	38°33′	99°37′	5.0	2.0	99.82	6 个月	主震-余震型
48	1992-11-30	四川石渠北	IV	33°19′	98°00′	5.1	—	100.00	无余震	孤立型
49	1993-09-05	格尔木西	II	37°16′	94°38′	5.1	1.0	96.96	3 个月	主震-余震型
50	1993-10-26	托勒	I	38°28′	98°37′	6.0	3.2	99.99	47 天	孤立型

续表 1										
序号	发震时间	发震地点	空间分布	震中位置		M_{max}	ΔM	$E_m/\Sigma E$ /%	全序列 持续时间	序列 类型
				北纬	东经					
51	1994-01-27	唐古拉	IV	33°10′	92°28′	5.0, 5.7, 5.2	0.4	76.55	8 个月	多震型
52	1994-06-30	唐古拉	IV	33°39′	93°28′	6.3	1.0	98.02	1 天	主震 余震型
53	1994-12-28	茫崖南	III	36°43′	91°00′	5.1	—	100.00	无余震	孤立型
54	1995-02-12	唐古拉	IV	33°28′	92°39′	5.2	—	100.00	无余震	孤立型
55	1995-07-22	甘肃永登	I	36°34′	103°01′	5.8	2.3	99.98	96 天	孤立型
56	1995-09-19	唐古拉	IV	33°01′	93°04′	5.4	—	100.00	无余震	孤立型
57	1995-11-06	唐古拉	IV	33°16′	91°46′	5.2	—	100.00	无余震	孤立型
58	1995-12-18	玛多	III	34°29′	97°22′	6.2	0.6	93.88	3 天	主震 余震型
59	1996-06-01	甘肃天祝	I	37°16′	102°56′	5.4	2.3	99.95	29 天	孤立型
60	1996-08-22	唐古拉	IV	33°43′	94°04′	5.1	1.6	99.91	18 天	主震 余震型
61	1996-10-04	玛沁	III	34°49′	99°09′	5.0	1.9	99.93	30 天	孤立型
62	1997-02-09	格尔木	III	36°01′	95°56′	5.4	1.1	98.59	1 年 10 个月	主震 余震型
63	1999-05-30	唐古拉	IV	32°51′	93°34′	5.6, 5.1	0.4	82.62	7 个月	双震型
64	1999-09-27	河南县	III	34°35′	101°28′	5.1	1.6	99.28	1 个月	前震 主震 余震型
65	1999-11-26	玛沁	III	34°36′	99°48′	5.0	0.7	93.88	14 天	主震 余震型

注: 空间分布中 I、II、III 和 IV 分别为祁连地震构造带、柴达木地震构造带、可可西里—巴颜喀拉地震构造带和乌兰乌拉—玉树地震构造带。

表 2 青海及邻区中强地震序列类型分布

地震区或地震带	序列总数	孤立型		主震 余震型		前震 主震 余震型		多震型	
		次数	占总数百分比	次数	占总数百分比	次数	占总数百分比	次数	占总数百分比
全区 $M_s \geq 6$ 序列	18	6	34	10	56	1	5	1	5
全区 $M_s \geq 5$ 序列	65	30	46	24	37	4	7	7	10
祁连地震带	15	6	40	5	34	2	13	2	13
柴达木地震带	11	5	46	4	36	1	9	1	9
可可西里地震带	11	4	36	6	55	1	9	—	—
乌兰乌拉地震带	28	15	54	9	32	—	—	4	14

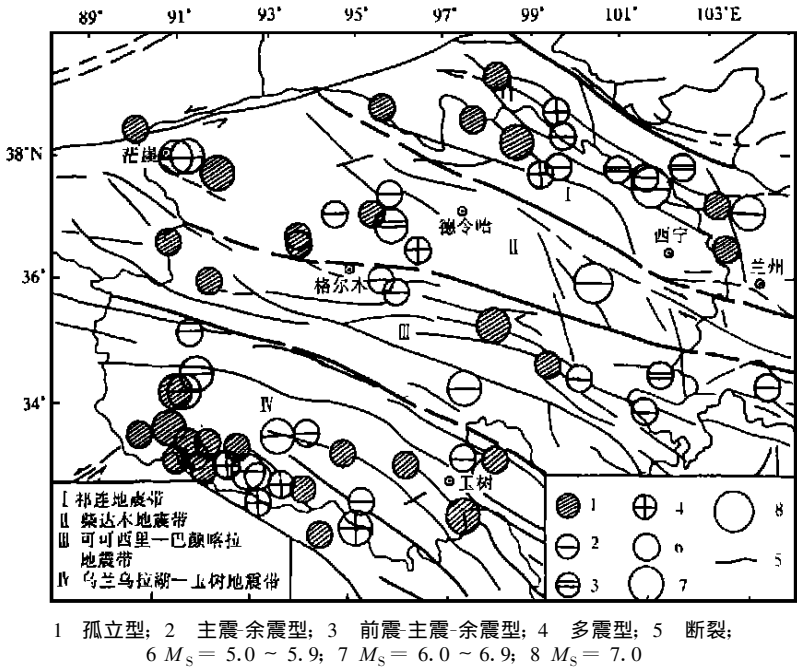


图 1 青海及邻区主要构造及地震带分布

Fig. 1 Distribution of main structures and seismic belts in Qinghai province and its vicinity.

该地震带内的地震序列空间分布具有明显的分段特征. 其东、西二段以孤立型序列为主, 中段则多为主震-余震型、前震-主震-余震型及多震型. 另外, 地震序列类型是随时间而变化的. 例如, 在该带中段前震-主震-余震型序列和前震-双主震-余震型序列多发生在 20 世纪 80 年代和 90 年代初, 70 年代和 90 年代后期没有出现这 2 种类型的地震序列.

柴达木地震构造带包括柴达木盆地和共和盆地, 夹于祁连构造带和库玛断裂带之间. 该带自 20 世纪 70 年代以来共发生 $M_s \geq 5$ 地震序列 12 次, 其中属于孤立型的序列 5 次, 主震-余震型 5 次, 前震-主震-余震型 1 次, 多震型 1 次.

柴达木盆地北缘断裂的东南段, 即锡铁山—北霍布逊湖一带自 1970 年以来共发生 $M_s \geq 5$ 地震序列 5 次. 其中最大地震为 1977 年 1 月 19 日 6.3 级地震, 属于前震-主震-余震型序列, 其余 4 次序列中包括主震-余震型 2 次, 多震型和孤立型各 1 次. 另外, 位于柴达木盆地南缘断裂带上的茫崖—油沙山地区和乌图美仁地区也是地震集中分布区. 茫崖—油沙山地区位于柴达木南缘断裂带与 NE 向的阿尔金山断裂带交汇处. 1970 年以来先后发生 $M_s \geq 5$ 地震序列 4 次, 其中 3 次为 $M_s \geq 6$ 序列. 在 3 次 $M_s \geq 6$ 序列中属于主震-余震型的有 2 次, 属于孤立型 1 次. 另外 1 次 5.7 地震序列属于孤立型. 乌图美仁地区位于柴达木盆地南缘断裂与 NE 向断裂带交汇处. 该区在 20 世纪 70 年代无 5 级以上地震活动, 80 年代以来无 6 级以上地震活动, 所发生的 3 次 5 级以上地震序列均属于孤立型序列.

1990 年共和 7.0 级地震是整个研究区内 20 世纪 70 年代以来发生的最大的一次地震. 该次地震序列属于主震-余震型, 与该区内发生的 5~6 级地震的主震-余震型序列明显不同. 该序列持续时间长达 6 年之久, 余震频度高、强度大, 共发生 $M_L \geq 2.0$ 地震 1 066 次, 其中包括 $M_s \geq 5$ 余震 10 次, 最大余震为 6.0 级.

可可西里—巴颜喀拉地震构造带位于青海中部. 该带地震活动具有频度低、强度高和大震重现周期短的特点. 主要控震构造为库玛断裂带. 自 20 世纪 70 年代以来, 该带内地震活动强度降低, 共发生 $M_s \geq 5$ 地震序列 11 次, 其中孤立型 4 次, 主震-余震型 6 次, 前震-主震-余震型 1 次. 大于 6 级的地震仅有 1 次, 即 1971 年 3 月 24 日托素湖 6.3 级地震. 在库玛断裂带西段(昆仑山口以西)发生的地震序列类型以孤立型为主; 中段(昆仑山口—阿兰克湖)基本为主震-余震型序列; 中东段(阿兰克湖—玛沁)又以孤立型为主; 东段(玛沁以东)以主震-余震型为主. 1999 年 9 月 26 日在河南县发生的 5.1 级地震序列属于前震-主震-余震型.

乌兰乌拉湖—玉树地震构造带斜穿青海南部, 呈 NNW 向展布. 该带内自 1970 年以来共发生 $M_s \geq 5$ 地震序列 28 次, 占研究区序列总数的 43%, 其中属于孤立型序列的共 15 次, 主震-余震型 9 次, 多震型 4 次. 孤立型序列的个数占研究区同类型序列的 50%. 在此需要说明的是, 该带地处高寒缺氧的无人山区, 地震台网距离该区甚远, 一般 $M_L \leq 3.5$ 地震漏记较多. 对该带 6 级以上地震序列类型的判断较为可靠. 而 6 级以下, 尤其是 5 级地震序列类型的判断存在不确定性. 由于台网对该带小震的监测能力低, 许多低震级的地震被漏记, 因此其中有些孤立型地震序列的判定可能不太可靠.

4 地震序列特征参数 b 值和 u 值的变化特征

作者计算了研究区地震序列的 b 、 h 、 u 和 ρ 4 个特征参数^[6]. 计算时段分别选用主震后半日、1 天、2 天、3 天、4 天、5 天、7 天及全序列. 由于青海省地震台网主要集中分布在东北部, 西部尤其是南部地震台网稀少, 地震监控能力较差, 所以研究范围只能局限于青海东北部地区. 由于 $M_s < 5.8$ 地震序列频次一般较低, 无法参与计算, 所以仅选取 $M_s \geq 5.8$ 地震进行计

算, 结果见表 3.

从表 3 中可以看出, 主震-余震型序列 b 值在早期一般较大(0.40 以上), 随着时间的推移, b 值逐渐呈增大趋势, 全序列 $b \geq 0.50$; 孤立型序列早期(主震后半天) b 值较小, 1 天后 b 值可能上升也可能下降, 2 天后一般开始趋于稳定, 全序列 $b < 0.45$.

表 3 青海东北部地区 $M_s \geq 5.8$ 地震序列不同时间段的特征参数

地震	震级 (M_s)	参量	0.5 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	7 d	全序列	序列类型
1977-01-19 北霍布逊湖	6.3	b	0.41	0.42	0.45	0.46	0.46	0.47	0.47	0.50	前震-主震-余震型
		u	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.10	0.03	0.03	
1986-08-26 门源	6.4	b	0.54	0.56	0.58	0.60	0.60	0.61	0.61	0.62	主震-余震型
		u	0.31	0.15	0.12	0.19	0.20	0.22	0.18	0.15	
1987-01-08 甘肃迭部	5.8	b	0.38	0.41	0.41	0.42	0.44	0.44	0.46	0.45	孤立型(序列 前期 54 天)
		u	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.001	0.02	0.127	
1990-04-26 共和	7.0	b	0.46	0.47	0.50	0.51	0.52	0.55	0.56	0.60	主震-余震型
		u	0.00	0.026	0.023	0.046	0.054	0.40	0.36	0.61	
1990-10-20 甘肃景泰	6.2	b	0.50	0.51	0.53	0.54	0.55	0.55	0.55	0.56	主震-余震型
		u	0.076	0.084	0.071	0.071	0.062	0.051	0.046	0.028	
1993-10-26 托勒	6.0	b	0.13	0.18	0.18	0.18	—	—	0.19	0.24	孤立型
		u	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	
1995-07-22 甘肃永登	5.8	b	0.41	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36	0.41	孤立型
		u	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

孤立型地震序列主震后 1~7 天乃至全序列 $u \approx 0$, $E_m/\Sigma E \geq 99.99\%$, 而主震-余震型序列主震后半天或 1 天以后 u 值均大于零. 这与文献[6] 的研究结果基本一致.

计算 h 值一般要求序列中震级大于 $M_{起}$ 的地震次数不少于 40. 青海地区地震的总体监控能力较低, 序列早期能满足此条件的震例较少, 所以效果不明显. ρ 值在地震序列的中早期变化也不明显, 无法直接用于序列类型的早期判断.

5 结语

在一次中强地震发生后, 尽快判断出其序列类型是震后地震趋势判断的关键. 但是, 目前还未能找到十分有效的可供统一使用的序列类型的早期(1~7 天)判断指标. 本文研究了青海及邻区 65 次 $M_s \geq 5$ 地震序列, 提出了地震序列划分原则并对这些地震序列的类型进行了划分, 对不同级别地震序列类型及其空间分布规律进行了分析和研究. 所得结果可为该地区震后趋势判断提供依据. 另外, 还研究了该地区地震序列特征参数的变化特征, 发现 b 值和 u 值对孤立型和主震-余震型序列的早期判断有一定的参考价值.

[参考文献]

[1] 周蕙兰, 房桂荣, 章爱娣, 等. 地震震型判别方法探讨[J]. 西北地震学报, 1980, 2(2): 45—59.
[2] 吴开统, 焦远碧, 吕培苓, 等. 地震序列概论[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 97—175.
[3] 周翠英, 张宇霞, 王华林, 等. 地震序列类型的早期判断[A]. 见: 国家地震局地震预防司. 地震短期预报的理论与方法——“八五”攻关三级课题论文集[C]. 北京: 地震出版社, 1997. 176—188.
[4] 林邦慧, 李大鹏, 刘杰, 等. 前震和前震序列研究[J]. 地震学报, 1994, 16(增刊): 24—38.
[5] 朱传镇, 王林英, 舒曦, 等. 前震活动特征及其识别的研究[A]. 见: 国家地震局预测预防司. 地震短期预报的理论与方法

——“八五”攻关三级课题论文集[C]. 北京:地震出版社, 1997, 32—37.

[6] 黄耘, 郑江容. 华东地区中强地震序列特征研究[J]. 地震 1999, 19(2): 190—198.

A STUDY ON TYPE AND CHARACTERISTIC OF MID-STRONG SEISMIC SEQUENCES IN QINGHAI PROVINCE AND ITS VICINITY

CHEN Yu-hua, MA Wen-jing, ZHANG Rui-bin

(*Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001, China*)

Abstract: Sequences of 65 $M_s \geq 5$ earthquakes from 1970 to 1999 in Qinghai province and its vicinity are analyzed and studied. These sequences can be divided into isolated type, mainshock-aftershock type, foreshock-mainshock-aftershock type and multishock type, in which isolated type is the most. There are 18 $M_s \geq 6.0$ sequences in which mainshock-aftershock type is the most in the 65 sequences. The sequences are distributed in Qilian, Chaidamu, Kekexili and Wulanwulahu seismic belts. Earthquake frequency, strength and sequence type in the four seismic belts are analyzed. Characteristic parameters of early days of the seismic sequences are calculated. The results show that b and u values are useful in early discrimination of seismic sequence type.

Key words: Qinghai; Seismicity feature; Seismic sequence type; Early discrimination; Space distribution

地震与沙漠化和沙尘暴

郭增建

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃兰州 730000)

沙漠主要是由于气候干燥而形成的. 在干燥的气候条件下, 遇到强烈的大风, 天气就容易形成沙尘暴. 大地震在地表造成的岩石、土层破裂和沙土颗粒粘聚性的破坏加剧了地表的沙漠化, 为沙尘暴的形成进一步提供了物质来源.

在全球范围内, 除了北非和阿拉伯半岛大沙漠中无强震外, 其他诸如前苏联、印度、巴基斯坦、伊朗、美国、中国、澳大利亚以及南美的沙漠中都有大震发生. 有的沙漠边缘与山脉交接处为大震多发带, 有的沙漠内部就有大震活动.

在中国也有大面积的沙漠分布, 而且沙漠逐渐向平原区和城市逼近. 如华北平原的一些局部地区已形成沙漠, 而这些地区多为 6.7~8 级大震区. 其他如甘肃河西走廊也有类似的情况. 所以今后对于地震的分布与沙漠分布的关系需要进行研究.

沙漠化与冷旱气候有关. 因为在较冷的气候条件下, 大气中缺乏携带水汽的热气团, 因之气候也干旱. 而大地震在寒冷的季节内也较多. 故可以通过对冷旱气候和大震高潮的长期预测来预测沙漠的演化.

根据气象学家的研究, 中国的沙尘暴以 20 世纪 50 年代最强烈. 而在此时段内, 甘肃山丹和民勤分别发生了 7 $\frac{1}{4}$ 级和 7 级地震, 1957 年在蒙古国西南部发生了 8.4 级大震, 1960 年在蒙古国南边界上发生了 6.9 级地震. 这些地震产生的强烈震动影响了巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和乌兰布和沙漠的沙土粘结性, 再加上这一时段大风天气较多, 故沙尘暴甚为剧烈.

当然人类活动与沙漠化和沙尘暴也是相关的.

EARTHQUAKE AND DESERTATION AND SAND-DUST STORM

GUO Zeng-jian

(*Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China*)