维普资讯 http://www.cqvip.com



# 区域地震活动状态与地震形势*
## ——以甘肃、山西两个区域为例

石特临，杨立明
（中国地震局兰州地震研究所，甘肃 兰州 730000）

**摘要**：以甘肃和山西2个区域的历史地震资料为基础，采用地震时序分析方法，研究了这2个区域地震活动状态与地震形势.结果表明：(1) 区域7级强震在不同层次上活跃与平静交替发生；(2) 中强震在7级强震活跃期内伴随7级强震发生，在7级强震平静期内或围绕6级地震活动或5级以上地震丛集发生；(3) 甘肃目前可能正处于7级强震平静期以及中强地震平静期内，今后一百年或数百年内发生7级强震的可能性不大，十几年内也可能不会发生中强地震.

**主题词**：历史地震资料；时间进程法；趋势预测；甘肃；山西；区域地震活动状态
**中图分类号**：P315.5；P316.242 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-0844(1999)03-0225-09

## 0 引言

从1964年和政发生5级地震之后，直至1978年民乐5级地震，其间14年中甘肃没有发生过一次5级与5级以上地震.尽管此期间正值中国大陆地震活动在本世纪第四个活跃期，甘肃周边地震十分活跃.此后，甘肃连续发生1980年肃北5.6级、1984年武威5.3级、1987年迭部5.9级和礼县5.1级等中强地震，呈现活动增强的态势.在这种情况下，对甘肃地震形势的估计也呈上升趋势.甘肃省年度地震趋势会商会曾预测1987年和1988年甘肃及邻近地区有6.5—7级地震发生的可能，其后1989年、1990年和1991年连续3年上升为7级.虽然1990年10月20日天祝、景泰发生6.2级地震，但预计的6.5—7级或7级地震直至1999年都没有发生，对地震形势的估计明显偏高.

出现这种现象的原因是地震资料的不足.地震形势的分析与研究是地震短临预测的基础，它主要依靠地震本身；也就是在一定地域范围内地震活动在时间进程上所处的状态——平静抑或活跃.从地域范围来看，范围大，地震样本多、活跃与平静交替的周期现象相对比较明显；范围小，只能见到活跃、平静状态的交替发生，难以构成周期现象.从时间进程来看，时间越长、地震活动状态展示得越全面，地震形势的分析也就越可靠.因此，地域范围小，使用的资料时间短，地震形势预测的难度就大、结果的可信度也就较低.在甘肃的地震形势分析中，区域范围小，使用的是本世纪的地震资料，因此预测结果出现偏差就是在所难免的了.

收稿日期：1999-03-10
* 中国地震局兰州地震研究所论著编号：LC1999026
作者简介：石特临(1940—)，男，研究员，主要从事地震综合预报与地震灾害综合防御研究工作.

维普资讯 http://www.cqvip.com



针对这一问题,本文充分利用了历史地震资料,采用最简明的时序分析方法即时间进程法,研究区域地震活动状态,进而对地震形势进行讨论.

# 1 区域的选取

## 1.1 选取原则

(1) 以省为范围,以利于地震预测工作.

(2) 必须是地震活动区,而且中强以上地震的历史记载丰富.

(3) 要有2个构造上有联系的区域,以便进行对比研究,增加结果的可信度.

## 1.2 选取结果——甘肃和山西

### 1.2.1 有关甘肃历史与地震记载资料

从历史发展来看,甘肃是中国远古人类的主要聚居地和古代农业的主要发祥地之一[1].商周之际即公元前17世纪至公元前256年期间,周秦部族先后在今甘肃东部崛起并向东发展.秦武公十年(公元前688年)秦攻邽冀(今天水地区)之戎,灭之以为县,为全国置县之始(《史记·秦本记》).秦昭王时(公元前306年至前251年),又先后在今甘肃省境内东部设陇西郡、北地郡.汉代,今省境属地郡县日趋完善,汉武帝至昭帝(公元前140年至前74年)时又陆续增设武威、张掖、敦煌、天水、安定、武都、金城诸郡,共辖115县.秦汉时期随着长城修造及河西4郡之设,不仅河西农业出现长足的进步,而且甘肃从此成为沟通中原、关中与西域的重要通途.商周至秦汉之际是甘肃经济、政治发展的重要奠基时代.1281年即元世祖至元十八年甘肃正式设省,称"甘肃等处行中书省",简称甘肃省,驻甘州(今张掖市).明清两代从1368年至1911年长达543年,是甘肃社会生产力的一个发展时期.

由于甘肃文化发祥较早,因此有关地震的历史记载年代久远,资料丰富.公元前193年2月(西汉惠帝二年正月),甘肃临洮发生6~7级地震,"压四百余家",这是甘肃最早记载的强破坏性地震(见《汉书》卷27下;《五行志》页1454)[2].从公元前193年至公元1911年的二千一百余年中,历史记载的5级以上破坏性地震67次,其中6级以上28次,7级以上11次,8级2次[3].1911年至今的88年中共发生5级以上破坏性地震58次,其中6级以上12次,7级以上4次,8级1次.甘肃有历史地震记载以来的2 192年中,6级以上地震40次,其中7级以上15次,8级3次.这些资料对于研究区域地震活动状态是极其珍贵的.

### 1.2.2 有关山西历史与地震记载资料

山西地处黄河流域中游,是中华民族发祥地之一.春秋时(公元前770年至前476年),这里是晋国.公元前221年秦始皇统一中国后,划分全国为36郡,这里为太原郡、河东郡、上党郡、雁门郡、代郡.汉朝(公元前206年至公元220年)设置13个州,下辖若干郡,这里是并州.明洪武元年(1368年)置山西行中书省.

山西的历史地震记载在全国是最早的.大约公元前23世纪,帝舜(都蒲坂,今山西永济西南蒲洲)时就有地震传说,"墨子曰:三苗欲灭时,地震泉涌"(宋朝李昉等《太平御览》卷八八〇)[4,5].从这次地震开始至1911年约42个世纪中,历史记载的5级以上破坏性地震66次,其中6级以上7次,7级以上6次,8级1次[3].1911年至今发生5级以上地震19次,最大为1989年10月18日大同、阳高6.1级地震.

### 1.2.3 甘肃、山西地质构造上的联系

在中国活动构造体系中,山字型构造体系是其重要组成部分,规模最大的是祁、吕、贺山字型构造体系(祁吕系).山西是这一体系的东翼,而甘肃大部分是其西翼.山字型构造体系的共

维普资讯 http://www.cqvip.com



同特点是前弧大都向南突出,反映了北半球地壳表层从北极向赤道方向的水平滑动,表明了体系各个部分存在内在的联系.因此,处于祁吕系东西两翼的山西和甘肃在构造上是有联系的,这2个区域的地震也有其相关性,将二者的地震活动状态进行对比研究会增加认识的深度.

### 1.3 地震史料的分析

中国历史悠久,地震活动频繁,很早就有地震的记载.但在宋元以前,地震史料大部分记载于史书中,内容比较简单.宋、元以来,盛行地方志书,地震作为灾异而记录上去,因此,地震资料的数量大为增加,内容更为详细、具体.据统计,全国现有历代地方志藏书8 264种,其中宋以前仅3种,宋代28种,元代9种,明代938种,清代多达4 886种①.可见,宋、元以前地震史料的漏记情况比较严重,宋元以后漏记减少,而明清两代则更少.由此可分析,1368年以来明清两代5级以上破坏性地震的历史记载基本上反映了当时的地震活动,5级和6级中强地震的遗漏是难免的,但7级以上强震漏记的可能性很小.1368年以前资料缺失多,但7级以上强震的记载是进行研究的重要参考史料.甘肃和山西作为中国历史发展的2个重要区域,地震史料的可信性是符合全国这一基本分析的

## 2 区域7级强震活动状态

一个地区的地震形势首先感兴趣的是有没有7级与7级以上强震发生.因此,区域7级强震活动状态是需要研究的首要问题.研究所用地震资料来源于3处:(1)1911年以前的资料来自国家地震局震害防御司编,1995年地震出版社出版的《中国历史强震目录(公元前23世纪～公元1911年)》;(2)1912年至1986年的资料来自《中国地震简目》汇编组1988年汇编的《中国地震简目(公元前780年～公元1986年)》;(3)1987年以后的资料来自中国地震局的地震目录.

### 2.1 甘肃、山西7级强震活动概况

公元前193年有地震记载以来至今的2 192年中,甘肃发生15次7级与7级以上强震,其中2次6～7级地震按7级考虑(表1).

山西于公元前23世纪已有地震记载,之后公元前646年、公元144年、315年也有记载,均为5～5$\frac{1}{2}$级.512年原平、代县间7$\frac{1}{2}$级地震之后,至1695年临汾7$\frac{3}{4}$级地震,共记载7级与7级以上强震6次(表2).

图1是甘肃、山西2个区域7级与7级以上强震$M$-$t$图,这为采用时序分析方法研究其活动状态提供了最基础的资料.

### 2.2 7级强震长活动状态与较长活动状态

由图1可见,1368年以前甘肃、山西7级强震基本上是单个出现,这可能与资料缺失有关.1368年以后的资料由于可靠性大大增加,因此可以看出一些有意义的现象.

#### 2.2.1 长活动状态

从1368年开始,甘肃至1609年共241年,山西至1626年共258年都没有7级强震的记载,显然处于7级强震的平静期.

甘肃自1609年酒泉红崖堡7$\frac{1}{4}$级地震开始至1954年山丹7$\frac{1}{4}$级地震为止,在长达345年时间内,共发生7级与7级以上强震8次,明显处于活跃状态.这种数百年尺度的活动可以

① 庄威凤《中国地方志联合目录》的特点及存在问题 中国地方志通讯,1984,(2)

维普资讯 http://www.cqvip.com



认为是7级强震的长活动状态.

表1 甘肃7级与7级以上强震目录

| 编号 | 地震日期 | 震中位置 | | | 震级 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 北纬 | 东经 | 参考地点 | |
| 1 | 前139-02—西汉惠帝二年正月 | 35.4° | 103.9° | 临洮 | 6~7 |
| 2 | 前186-02-22 西汉高后二年正月二十七日 | 33.8° | 105.6° | 武都东北 | 6~7 |
| 3 | 143-10— 东汉顺帝汉安二年九月 | 35.0° | 104.0° | 甘谷西 | 7 |
| 4 | 180秋 东汉灵帝光和三年秋 | 39.4° | 99.5° | 高台西 | $7\frac{1}{2}$ |
| 5 | 734-03-23 唐玄宗开元二十二年二月初十 | 34.6° | 105.6° | 天水附近 | 7 |
| 6 | 1125-09-06 北宋徽宗宣和七年七月三十日 | 36.1° | 103.7° | 兰州一带 | 7 |
| 7 | 1352-04-26 元顺帝至正十二年闰三月初四 | 35.6° | 105.3° | 会宁东南 | 7 |
| 8 | 1609-07-12 明神宗万历三十七年六月十二日 | 39.2° | 99.0° | 酒泉红崖堡 | $7\frac{1}{4}$ |
| 9 | 1654-07-21 清世祖顺治十一年六月初八 | 34.3° | 105.5° | 天水南 | 8 |
| 10 | 1718-06-19 清圣祖康熙五十七年五月二十一日 | 35.0° | 105.2° | 通渭南 | $7\frac{1}{2}$ |
| 11 | 1879-07-01 清德宗光绪五年五月十二日 | 33.2° | 104.7° | 武都南 | 8 |
| 12 | 1920-12-25 | 36.6° | 105.2° | 靖远 | 7 |
| 13 | 1927-05-23 | 37.7° | 102.2° | 古浪 | 8 |
| 14 | 1932-12-25 | 39.9° | 96.7° | 玉门昌马 | 7.6 |
| 15 | 1954-02-11 | 39.0° | 101.3° | 山丹红寺湖 | $7\frac{1}{4}$ |

表2 山西7级与7级以上强震目录

| 编号 | 地震日期 | 震中位置 | | | 震级 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 北纬 | 东经 | 参考地点 | |
| 1 | 512-05-23 北魏宣武帝延昌元年四月二十日 | 38.9° | 112.8° | 原平、代县间 | $7\frac{1}{2}$ |
| 2 | 1038-01-15 北宋仁宗景佑四年十二月初二 | 38.4° | 112.9° | 定襄、忻州间 | $7\frac{1}{4}$ |
| 3 | 1303-09-25 元成宗大德七年八月初六 | 36.3° | 111.7° | 赵城、洪洞 | 8 |
| 4 | 1626-06-28 明熹宗天启六年六月初五 | 39.4° | 114.2° | 灵丘 | 7 |
| 5 | 1683-11-22 清圣祖康熙二十二年十月初五 | 38.7° | 112.7° | 原平附近 | 7 |
| 6 | 1695-05-18 清圣祖康熙三十四年四月初六 | 36.0° | 111.5° | 临汾 | $7\frac{3}{4}$ |

维普资讯 http://www.cqvip.com



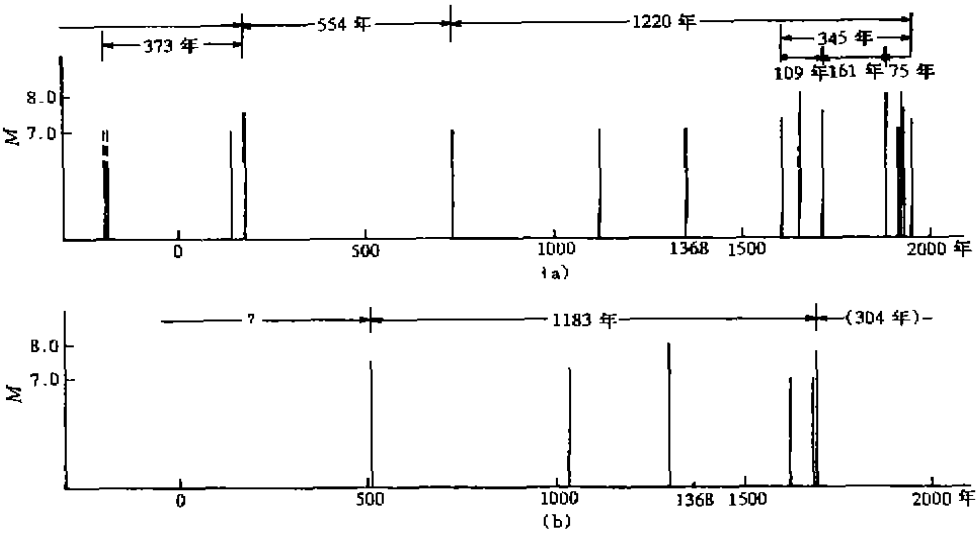


图1　甘肃、山西7级与7级以上地震 $M$-$t$ 图

Fig 1　$M$-$t$ diagram of $M_S \geq 7$ earthquakes in Gansu and Shanxi region.

(a) 甘肃(Gansu)；(b) 山西(Shanxi)

2.2.2　较长活动状态

图1(a)显示，甘肃7级强震长活动状态中又有两丛明显的7级强震活跃时期.

(1) 1609年至1718年的109年中，发生了3次7级以上强震，最大为1654年天水南8级强震.

(2) 1879年至1954年的75年中，发生了5次7级与7级以上强震，最大为1879年武都南和1927年古浪2次8级强震.

(3) 1718年至1879年，7级强震平静了161年.

图1(b)中，山西7级强震也有类似现象，1624年至1695年期间(69年)，有3次7级强震记载.

这种近百年或百年尺度的7级强震活动可看作是较长活动状态的表现.

如果再细分，还存在短活跃期，这在下一节再讨论.

**2.3　7级强震超长活动状态存在的可能性**

2.3.1　超长平静状态存在的可能性

(1) 1695年临汾7 $\frac{3}{4}$ 级地震之后，山西已经304年没有发生7级与7级以上强震 这种情况表明，在某一区域，7级强震至少可以平静300年以上.

(2) 甘肃180年高台西7 $\frac{1}{2}$ 级地震至734年天水附近7级地震，长达554年史料上没有记载到7级强震. 这期间从东汉末年，经三国、晋、南北朝、隋至唐代中期唐玄宗开元年间，战乱频仍，地震记载的遗漏是不可避免的. 但据文献[2]，史书记载这段时间的地震有45条，大约12.3年1条，年代包括三国、晋、南北朝、隋，地点涉及武都、文县、陇西、兰州、天水、西和、武威、永昌、张掖、敦煌等，记载的史书有《三国志》、《晋书》、《太平御览》、《十六国春秋》、《十六国春秋辑补》、《魏书》、《隋书》、《北史》等. 由此分析，作为一种参考，可以看作这段时间没有7级强震.

(3) 历史记载的第一个山西7级强震发生在512年，这之前的记载虽远至公元前23世

维普资讯 http://www.cqvip.com



纪，但历史太久远，只得舍弃. 文献[5]收集到公元前3年有地震记载，以后直到公元106年才又有记载，因此从106年开始分析. 106年至512年长达406年，期间从东汉殇帝，经三国、晋、至南北朝北魏宣武帝延昌年间，同样经历战乱. 据文献[5]，在这期间，史料记载的地震有41条、大约10年1条，年代包括东汉、三国、西晋、十六国、东晋、北魏等，地点涉及垣曲、洪洞、运城、太原、代县、临汾、霍县、大同、永济、繁峙、沂州、新绛、定州等，记载的史书有《后汉书》、《册府元龟》、《晋书》、《宋书》、《魏书》、《十六国春秋》等. 与甘肃的情况对比，这400余年7级强震平静也可作为重要的参考.

2.3.2 超长活跃状态存在的可能性

(1) 山西1695年以后肯定没有7级强震活动，而512年以前至106年存在平静的可能，因此，512年至1695年可视为这一区域处于7级强震活跃状态，时间为1 183年.

(2) 甘肃在180年至734年存在平静的可能，734年至1954年也可视为这一区域处于7级强震活跃状态，长达1 220年.

(3) 构造上有联系的山西、甘肃2个区域可能存在超长活跃状态，时间为1 200年左右，属于千年尺度. 图1还显示在超长活跃状态中，山西的7级强震在17世纪以前要比甘肃的发生得早，17世纪时2个区域几乎同时发震，到了20世纪，山西已不活动，甘肃还在继续. 说明这2个区域的地震活动受到统一的控制.

(4) 山西512年至1695年发生的6次7级与7级以上强震(其中8级1次)，分布于山西断陷带北部和南部的断陷盆地内[6]，能量释放充分，可以认为构成了7级强震超长活跃状态. 正因为如此，1695年以后300余年没有7级强震活动.

(5) 甘肃734年至1954年共发生7级和7级以上强震11次，其中8级3次，分布在甘肃东南部、甘肃中部、河西中部和西部广阔的区域内，能量释放更为充分. 同时1954年山丹地震至今已45年，超过了1879年至1954年活跃期中最长间隔41年. 因此，类比山西地震活动，可以认为甘肃超长地震活跃状态结束于1954年.

(6) 综上，某一区域7级强震超长活跃状态的存在是可能的.

### 2.4 区域7级强震活动的层次性

通过对山西、甘肃2个区域历史地震的分析，可以得出这样的看法：区域7级强震活动具有明显的层次性，也就是说强震在不同层次上活跃与平静交替发生. 这里有数百年尺度的长活动状态，有近百年或百年尺度的较长活动状态，还有10年尺度的短活跃期，也可能存在千年尺度的超长活动状态.

## 3 区域中强地震活动状态

区域7级强震活动是判断这一区域地震形势的最重要的依据，然而这类地震毕竟很少发生，而发生得比较多又能造成破坏的却是5.0～6.9级中强地震. 这些中强地震在7级强震活动的背景下处于何种活动状态，对于预测其发生的时间具有更为直接的意义.

根据甘肃、山西的地震史料，对于中强地震，选取1695年(清圣祖康熙三十四年)以后的记载，重点是1879年(清德宗光绪五年)以后的资料. 图2和图3分别是甘肃、山西5级与5级以上地震的 $M$-$t$ 图.

### 3.1 7级强震活跃期内的中强地震活动

图2(b)中1879年至1954年为甘肃7级强震较长活跃状态. 根据中强震活动，时间可延至1964年. 在这85年中，地震活动清楚地显示：

维普资讯 http://www.cqvip.com



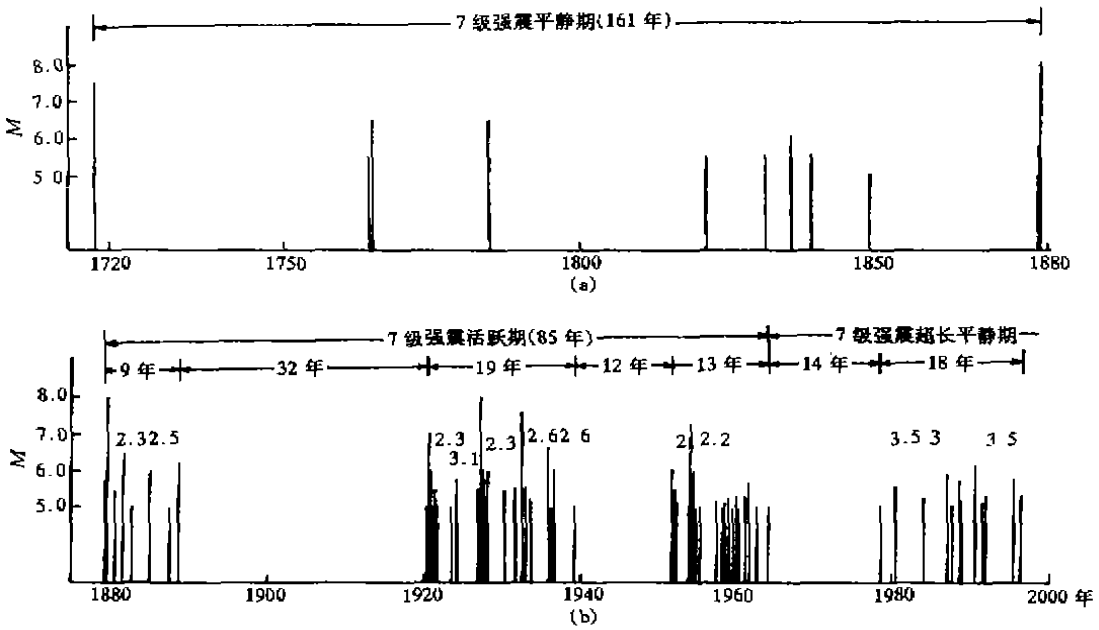


图2　甘肃5级与5级以上地震 $M$-$t$ 图(1718年以后)

Fig 2　$M$-$t$ diagram of $M_S \geqslant 5$ earthquakes in Gansu region (A. D. 1718～1999)

(a) 1718～1879;　(b) 1879～1999

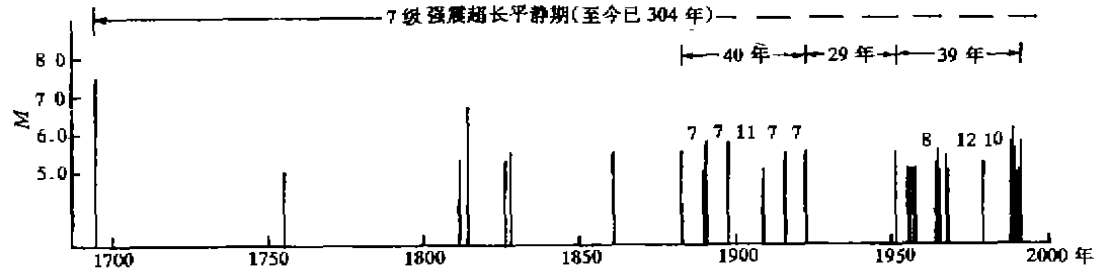


图3　山西5级与5级以上地震 $M$-$t$ 图(1695年以后)

Fig.3　$M$-$t$ diagram of $M_S \geqslant 5$ earthquakes in Shanxi region (A. D. 1695～1999).

(1) 明显存在3个地震活跃时段，也就是上面提到的短活跃期. 它们分别是1879年至1888年(9年)、1920年至1939年(19年)和1951年至1964年(13年)，期间都有7级与7级以上乃至8级强震发生.

(2) 3个活跃时段内5级与5级以上地震并非每年都发生，相邻两个地震之间的时间间隔可超过2年，最长为3.1年.

(3) 3个活跃时段之间的2个平静时段分别为32年和12年，期间无一5级与5级以上地震发生.

### 3.2　7级强震平静期内的中强地震活动

甘肃1718年至1879年处于7级强震平静期，1964年以后又进入超长平静期(图2)，山西1695年至今一直处于超长平静期内(图3)、由图2、图3可见，1879年以前7级强震平静期内的中强震资料有遗漏，很难看出有规律性的现象、下面的分析所考虑的时间，甘肃是1964年以后，山西是1883年以后.

(1) 甘肃1964年至1978年(14年)，山西1923年至1952年(29年)都没有发生一次5级

维普资讯 http://www.cqvip.com



与5级以上地震，这无疑是中强震平静期.

(2) 甘肃1978年至1996年(18年)中强地震活跃，最大为1990年天祝、景泰6.2级地震；山西1883年以来经历了两个中强震活跃时段，分别为1883年至1923年(40年)和1952年至1991年(39年)、最大为1989年大同、阳高6.1级地震.

(3) 在中强震活跃期内，相邻两次地震的时间间隔，甘肃最长为3.5年，而山西可达7至12年.

### 3.3 区域中强地震活动特征

根据以上研究，可得到区域中强地震活动特征：

(1) 某一区域的中强地震同样存在活跃与平静交替发生的现象.

(2) 7级强震活跃期内，5级与6级中强地震是伴随着7级与7级以上强震的发生而活动的.

(3) 7级强震平静期内，5级与6级中强地震在活跃时段或者是围绕6级多地震活动，或者是5级多地震丛集发生.

## 4 区域地震形势讨论

### 4.1 甘肃7级强震形势

(1) 如果存在区域7级强震超长活动状态，那么1954年以后甘肃已进入超长活动平静期，时间长达数百年.

(2) 如果认为超长活动状态有疑义，那么1954年以后甘肃仅进入长活动平静期，时间为一百多年.

(3) 预计今后一百或数百年甘肃发生7级与7级以上强震的可能性不大.

### 4.2 甘肃中强地震趋势

自1996年6月1日天祝、古浪5.4级地震后，甘肃已3年多没有发生5级与5级以上中强地震，下一步趋势有2种可能：

(1) 如果1999年底前仍持续这一状态，已超过3.5年的最长时间间隔，那么这预示1996年甘肃已进入7级强震平静期内的中强地震平静时段，今后十几年内发生5级和6级中强地震的可能性不大.

(2) 如果1999年底前发生5级与5级以上中强震，那么甘肃近几年仍处于中强地震活跃时段，只有个别5级多地震发生，然后转入平静时段.

## 5 结语

本文研究的特点是利用区域内发生的地震来探讨其活动状态，这样得到的结果最令人信服，但是研究的难点在于历史地震资料的缺失，这又使结果的可靠性受到影响. 这种矛盾是客观存在的，但是研究中尽可能利用比较完整的资料，这样就增强了可信度. 更重要的，研究结果还需要实践的检验.

### [参考文献]

[1] 甘肃省地方史志编纂委员会. 甘肃省志·概论[M]. 兰州：甘肃人民出版社，1989. 29～30.

[2] 国家地震局兰州地震研究所. 甘肃省地震资料汇编[M]. 北京：地震出版社，1989. 16～27.

维普资讯 http://www.cqvip.com



[3] 国家地震局震害防御司.中国历史强震目录(公元前23世纪~公元1911年)[M].北京:地震出版社,1995.477~499
[4] 中国地震历史资料编辑委员会总编室.中国地震历史资料汇编(第一卷)[M] 北京:科学出版社,1983.
[5] 山西省地震局.山西省地震历史资料汇编[M] 北京.地震出版社,1991 12~23
[6] 武烈,贾宝卿,赵学普 山西地震[M] 北京·地震出版社,1993 26~34.

## THE STATES OF REGIONAL SEISMIC ACTIVITY AND SEISMIC TENDENCY
## ——AN EXAMPLE OF ACTIVITY IN GANSU AND SHANXI

SHI Te-lin, YANG Li-ming
(*Lanzhou Institute of Seismology CSB, Lanzhou* 730000, *China*)

**Abstract**

The states of local seismic activity and seismic tendency have been studied by using time progress analytical method to the historical seismic data in Gansu and Shanxi region. The results are as follow: (1) The active and quiet periods of local strong earthquakes with $M_S7.0$ have occurred alternatively in different time scales. (2) In the active periods of strong earthquakes with $M_S\geqslant7.0$, the activities of moderate-strong events have accompanied the occurrence of strong earthquakes with $M_S\geqslant7.0$, but they have accompanied the occurrence of earthquakes with $M_S6.0$ or have occurred as cluster of events with $M_S\geqslant5.0$ in the quiet periods. (3) The seismic states of Gansu may be in the quiet period of both strong earthquakes with $M_S7.0$ and moderate-strong earthquakes, and the probability of occurrence of strong earthquakes with $M_S\geqslant7.0$ is small within one or serveral hundred years, meanwhile, the probability of occurrence of moderate-strong events is also small over ten years from now.

**Key words: Historical seismological data; Time progress method; Trend prediction; Gansu; Shanxi;** State of regional seismic activity