

本世纪中国西南地区大震活动的三种秩序及其可能的力源

阚 荣 举

(云南省地震局)

摘 要

本文对中国西南地区强震时空分布规律与力源的关系作了讨论。这种关系分为三类：A.与板缘正面碰撞有关，本期活动已深入亚洲内陆，活动秩序已完成；B.与康滇菱块等板内断块相对运动形成的应力场增强与调整有关，本期活动秩序除个别点不明外已完成；C.与缅甸安达曼中深源缝合线剪切推挤有关，主要在滇西南引起较短年份的地震活动。后一种力源的作用在板内造成的反应最快。

前 言

以南北地震带为界，或者说以亚洲内陆大地震三角区东界的中蒙大陆中轴构造带为界的中国大陆东西两大部分，在地震分布与活动水平、地震构造与现代应力场等多方面都有明显的差别。地震活动的明显差别应该是由不同力源及其作用方式所决定的。目前多数研究者认为，现代中国大陆南界受印度洋板块对亚欧板块的碰撞推挤，在东界受菲律宾板块以及太平洋板块的俯冲及仰冲推挤的作用。此外，作者提出过中国西南地区的应力场分布另有成因，也就是另外还有板内断块相对运动的作用〔2〕。印度洋板块沿喜马拉雅作正面碰撞向北北东推挤，也沿缅甸剪切缝合线作挤压剪切错动，向北东—北北东侧向挤压（同样在兴都库什弧以南也有相应的基尔达尔带的挤压剪切〔1〕），在这个主要力源作用下，在中国西南地区以康滇菱形断块为主体，同川青断块及滇西南块断带一起相对于周围地区作南南东向的侧移运动〔2〕，形成相对独立的力源。这后一种力源的作用还是相当显著的。至于菲律宾板块与太平洋板块向西的推挤作用，对于中国西部尤其是西南地区仅是一种约束〔8〕。

基于上述认识，本文着重研究了中国西南地区地震活动秩序〔9〕及其可能的力源。

一、板缘大震的地震活动性分析

由于中国西南地区主要受印度洋板块的推挤作用，且又处于印度洋板块与欧亚板块的接壤地区，因此，这一地区的地震活动与板缘地震活动关系密切。研究西南地区的地震活动首

图2给出了西起苏来曼、俾路支,经帕米尔、兴都库什、喜马拉雅、阿萨姆,东至缅甸的7级以上大震随时间的分布情况(横轴为震中经度)。根据板块边缘的特点,凡是位于西瓦里克主边界断层至雅鲁藏布江缝合线之间的地震均作为板缘地震(资料取自国家地震局地球物理研究所新编的全球地震目录)。从图2中可以看出:整个板缘地带自1950年墨脱8.6级地震及1951年当雄8级地震以后没有发生过8级大震,间隔时间之长是自上世纪末以来从未有过的。东段阿萨姆弧自1950年以后,缅甸缝合线自1956年以后三十年间未发生过7级地震〔4〕。

由图2还可以看出,整个板缘地带自墨脱(1950)地震以后的地震活动特点与阿萨姆(1897)地震之后很不相同。在1897年阿萨姆8.7级地震之后,虽然该区也曾有过21年间未发生7级地震的事例,但是在同一时期内兴都库什弧的活动却是很剧烈的。由此可以说明,最近三十余年,整个喜马拉雅及其两侧剪切缝合线的板缘地带处于地震活动低潮。

二、亚洲内陆大震区东界的地震活动

为了便于分析,对亚洲内陆大地震三角区的东界即自阿萨姆、南北带(广义)至蒙古阿尔泰、苏联贝加尔一线的地震活动的时空分布需加以区分。

亚洲内陆大地震三角区的东界也是中蒙大陆中轴构造带〔1〕,或称大南北带,图3展示了这一构造带上的地震时空活动图象。从图3可以看出:

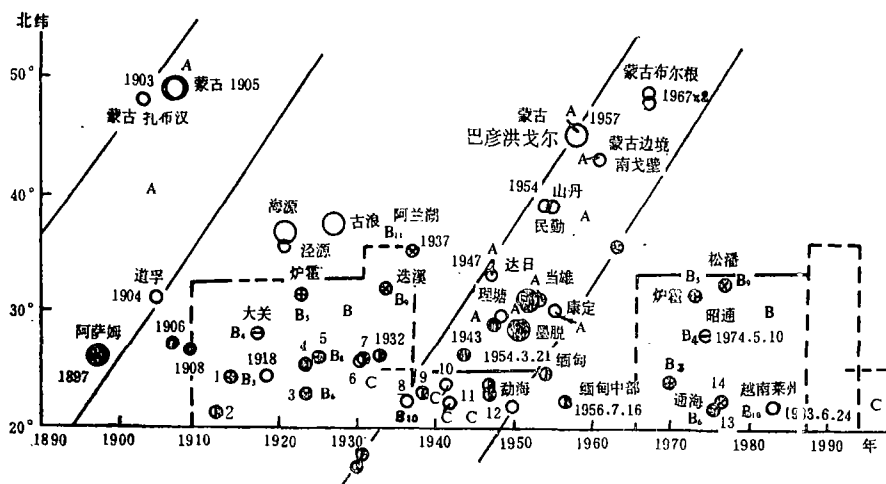


图3 阿萨姆弧、缅甸缝合线、贝加尔大震时空分布

A. 与板缘挤压有关的时空分布 B. 与康滇菱形块移动有关的时空分布 C. 与板缘剪切有关的时空分布

1. 1973 (峨山) 2. 1912 (缅甸) 3. 沧源 4. 1923 5. 大理 6. 1930 7. 1931 8. 1935 (越南奠边府) 9. 1938 (缅甸) 10. 耿马 11. 澜沧 12. 1946. 9. 12 (缅甸) 13. 1975. 7. 8 (缅甸) 14. 1976. 5. 29 (龙陵)

Fig. 3 Spatial-temporal distribution of great earthquakes along the wide Assam-Burma-Baikal belt

1. 大震频度自南而北逐渐减少, 8级大震主要发生在下列三种部位上: a. 板块边缘, 如阿萨姆(1897)、墨脱(1950); b. 青藏高原边缘, 如海原(1920)、古浪(1927)、嵩明(1833)等; c. 地块边缘复合部位, 如银川(1739)、蒙古库苏古勒(1905)、蒙古巴彦洪戈尔(1957)等。顺带说明, 原1515年6月17日永胜8级〔5〕大震, 经近儿年的多次考察及

历史资料考证分析, 已被重新划分为1511年6月1日永胜6 $\frac{1}{2}$ 级、1515年6月17日鹤庆7级和1515年10月大理6级三个地震^[6], 不再作为8级大震考虑^[7]。

2. 在大地震三角区东界存在一个大约50年的地震周期(表1)。虽然对于单个地震的一次重复不应视为重复周期, 但是整个活动秩序的时空重复却不是偶然的。表1中没有包括著名的海原大地震, 在海原周围地区, 地震史料没有50年左右的重复记录, 可以认为像海原地震这样的板内巨大地震应该有更为深远的力源的长期作用。近几年在海原活断层的古地震发掘资料表明, 当地大震有二至三千年的重复期^[8]。海原大震对于研究板内地震成因当然是极端重要的, 但是海原大震孕震所需的悠远的力源作用, 远远超过本文所讨论的时间尺度, 本文所用资料无法讨论海原大震。

表1

构造部位	地区	年份	震级	两次大震间隔	地震秩序
阿萨姆弧	阿萨姆	1897	8.7	53年	A
	墨脱	1950	8.6		
康滇菱块边界	道孚	1904	(6?) [*]	51年	A
	康定	1955	7.5		
中蒙古地块附近	蒙古扎布汉	1903	7.8	57年	A
	蒙古南戈壁	1960	7.0		
中蒙古地块边界	蒙古库苏古勒	1905	8 1/4, 8 1/4	52年	A
	蒙古巴彦洪戈尔	1957	8.3		
康滇菱块边界	峨山	1913	7	56年	B
	峨山通海	1970	7.8		
康滇菱块边界	炉霍道孚	1923	7.3	50年	B
	炉霍	1973	7.6		
康滇菱块外围	大关	1917	6 3/4~7	57年	B
	永善大关	1974	7.1		
滇西南块断带	中缅边界(沧源)	1923	7.3	52年	B
	龙陵	1976	7.3, 7.4		
川青断块边界	迭溪	1933	7 1/2	43年	B
	松潘	1976	7.2, 7.2		

* 阿部胜幸目录Ms7.5

3. 一般认为, 本世纪以来缅甸中深源带缝合线上没有8级大震。但在此带略南之安达曼群岛于1941年6月26日曾发生有8.1级大震(震源深度60公里), 也属于板缘大震。在这个剪切缝合线上的地震活动高潮有其自身的特点, 例如1941年安达曼8.1级大震前, 在接近板缘处于1930—1940年有强震活动并且在板内也有7级地震活动。其中, 滇西南的某些板内强震与这一次板缘挤压剪切运动有相当密切的关系, 例如1941年耿马与澜沧的两次7级地震。

4. 本世纪以来, 康滇菱块、川青断块及滇西南块断带边缘的地震活动存在配套关系, 即存

在一种相对稳定的地震活动秩序(表2)。也就是说,在同一断裂带上,或者是在同一地震区内,强震活动经历了大体相同的时间间隔(五十年左右),并且基本上按相同的顺序依次发生。从这种对应关系看来,本世纪以来中国西南地区的地震活动并未发生明显变化。由此推论,处于板内这一地区的最近一期地震活动,其力源及作用方式与前一时期相比并没有重大改变。

表2

构造部位	断裂地震带	震中地区	震中经纬度		发震日期			发震时刻			震级	烈度	秩序 I	秩序 II	间隔(年)	备注
			北纬	东经	年	月	日	时	分	秒						
康滇菱块东界	小江断裂带	云南弥勒	24.4°	103.0°	1909	5	11	23	54	24	6 1/2	8	I - 1			
		云南东川	26.1°	103.1°	1966	2	5	23	12	27	6 1/2	9		I - 1	57	
康滇菱块北界	鲜水河断裂带	四川炉霍	31.5°	100.5°	1919	5	29	18	59	45	6 1/4, 6 1/4		I - 2			
		四川甘孜	32.0°	100.0°		8	26	03	55	1.5						
康滇菱块南端	曲江断裂带	四川炉霍	31°37'	100°20'	1967	8	30	12	22	03	6.8	9		I - 2	48	
		云南峨边	24°09'	102°27'	1913	12	21	23	37	38	7	9	I - 3			
康滇菱块北界	鲜水河断裂带	四川炉霍	31.5°	101.0°	1923	3	24	20	40	06	7.3	10	I - 4			
		四川炉霍	31.3°	100.7°	1973	2	8	18	37	07	7.6	10		I - 4	50	
康滇菱块外围	龙陵澜沧地震带	云南大关	28.0°	104.0°	1917	7	31	07	54	05	6 3/4 (7)	9	I - 5			
		云南大关	28.2°	104.1°	1974	5	11	03	25	18	7.1	9		I - 5	57	
康滇菱块外围西南块断带	龙陵澜沧地震带	中甸(沧源)	22.7°	98.6°	1923	6	22	14	44	33	7.3		I - 6			
		云南龙陵	24.5°	99.0°				20	23	20						
康滇菱块外围	云南普洱	云南普洱	24.6°	98.7°	1976	5	29	22	00	19	7.3, 7.4	9		I - 6	53	
		云南普洱	23.0°	101.0°	1923	7	1	15	54	55	6 1/2	8	I - 7			1942.2.1思茅6 3/4
康滇菱块南界	红河断裂带	云南大理	23°09'	101°09'	1979	8	15	20	52	26	6.8			I - 7	56	
		四川盐源	25.7°	100.4°	1925	8	16	22	42	17	7	9	I - 8			
康滇菱块东界	岷山地震带	四川松潘	27.6°	101.1°		11	7	02	04	05				(I - 8)		
		四川松潘	27.4°	101.0°	1976	12	13	14	36	57	6.7, 6.4	9			51	
康滇菱块外围川南断块东界	越南奠边府	四川松潘	31.9°	103.4°	1933	8	25	15	50	30	7 1/2	10	I - 9			
		四川松潘	32.6°	104.1°		8	16	22	06	45	7.2, 7.2	9		I - 9	43	
康滇菱块外围	越南奠边府	越南奠边府	32.5°	104.3°	1976	8	23	11	30	06						
		越南奠边府	21°05'	103°15'	1935	11	2	00	22	11	6 3/4	8	I - 10			[10]
康滇菱块北界	舒尔干玛曲断裂带	越南奠边府	21°41'	103°19'	1983	6	24	15	18	22	7			I - 10	48	[11]
		青海阿玛尼湖	35.5°	97.6°	1937	1	7	21	20	41	7 1/2	10	I - 11			1963.4.19 M7

综上所述,在中国西南地区自1950年墨脱地震以后,一方面板缘大震活动发生明显变化,处于明显低潮,说明板块边界的推挤力源发生明显变化;另一方面,在同一时期内板内地震活动秩序基本不变,又说明在板内的力源及其作用方式基本未变。如何看待这个差别

呢? 从图3和文献[9]得知, 板内活动是板缘活动的继续, 西南地区板内活动高潮相对于板缘滞后20年[9]。刚刚结束的中国西南及邻区板内活动秩序, 实际上是以1950年8.6级大震为代表的板缘大震活动的继续。而自1950年以后的板缘活动的明显变化, 以及这一变化所反映的板块边界外力作用的变化影响, 应该在下一个板内活动秩序中体现出来。

三、三种强震活动秩序对应的可能的力源及其作用方式

亚洲内陆大地震三角区东界全部7级以上大震可以归入三套强震活动秩序, 可能分别对应于三种不同的力源和作用方式。

A类: 阿萨姆弧上板缘大震与板内大震的时空推移, 如图3中两线所夹的A类地震。地震自板块边缘逐渐移入大陆深处, 这可能与印度洋板块与亚欧板块碰撞产生正面推挤的力源作用有关。板缘发生巨大地震后, 应力场调整转移, 应力向板内传递, 引起板内地震。

B类: 发生在康滇菱块、川青断块、滇西南块断带边界上的强震活动(图3中方框内B类地震)。地震从康滇菱块边界开始逐渐向外围扩展(图4)。这类地震与康滇菱块等板内断块相对移动, 形成的相对独立的应力场的增强与调整作用有关。

C类: 缅甸安达曼中深源带上的地震活动以及相邻的板内活动, 如图3中低纬度的C类地震、耿马、澜沧地震等。这类地震与剪切缝合线上的侧面挤压剪切的力源作用有关。

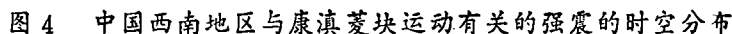
若从时间上考虑, 三种力源的作用顺序应该是c、a、b, 即在板缘上先从缝合线剪开, 后再正面推挤, 再引起板内断块的相对移动。

为了说明康滇菱块在西南地震活动中的主导作用, 进一步阐述西南强震活动秩序, 绘制了图4。该图的纵坐标表示的是各个强震震中到康滇菱块边界的垂向(最短)距离, 图中的A、B、C均对应于图3及表1中的三种时空关系。其中B类地震中1至11的序数与表2同, 表示B类地震发生顺序。从图4中可以看出, B类地震(用三角形表示)分别密集于两个时段, 中间时段无B类地震出现。两端时段中的B类地震显示离康滇菱块边界愈远, 发生得愈晚。推测这是伴随边界破裂, 康滇菱块南移, 造成块体外部应力逐步增强的结果[12]。另外应着重说明, B类10号地震, 即1935年11月2日越南奠边府6 3/4级地震与1983年6月24日越南莱州7级地震[10]是一对配套的地震。

这样, 从图4及表2中可以看出, 在西南及邻区, 除1925年大理7级地震(1—8)配套不好以及1937年青海阿兰湖7.5级地震(1—11)尚未配套外, 西南地区最近一次地震活动高潮中的7级地震以及一部份6级地震均已配套, 这一次强震活动秩序已经完成。实际上在云南地震目录中曾经把大理7级地震与1976年盐源宁蒗6.7与6.4级地震(Ⅰ—8)作为一对地震, 这也是可以考虑的。

综上所述, 以1950年墨脱地震为代表的板缘正面挤压活动高潮所引起的板内大震(A类)活动已深入到亚洲内陆。近三十年来板块边界上的平静现象显示了该板块边界活动的减弱, 也预示着这一地区正处于另一个应力积累阶段。而且作为力源所在处的阿萨姆弧一带板缘甚至连7级地震也未发生, 那么, 在板内, 近几年不应出现应力调整传递造成的A类大震高潮。

由于板缘推挤, 板内断块运动滞后(约20年), 康滇菱块等相对运动所造成的中国西南强震活动秩序(B类)已基本配套(1937年青海阿兰湖地震未配套)。这样, 西南地区近几



1. 炉霍1919、5、29 2. 甘孜1919、8、26 3. 炉霍、道孚1923、8、24 4. 南河1926、8、17 5. 冕宁1952、9、30 6. 中甸1966、9、28 7. 东川1966、2、5; 1966、2、13 8. 通海1970、1、5 9. 思茅1971、4、28

Fig. 4 Strong earthquake distribution varied with time in Southwestern China, relating to the Sichuan-Yunnan rhombic block boundaries

值得注意的是缅甸安达曼板缘剪切缝合线上的大震活动所形成的力源在板内地区（主要在滇西南）所引起的地震活动（C类）。过去曾把本世纪以来西南地区强震活动分为三个周期，并且已经认识到其中第二个周期特别不完整^[9]。实际上，这第二个周期就是1930—1941年，甚至1948年的板内强震活动，其中包括1941年耿马与澜沧两个7级地震，也包括1930年腾冲震群。这一地震活动周期是由1930—1946年缅甸缝合线上的地震活动高潮引起的，其中以1941年安达曼大震为代表。这些C类地震虽然震级相对较小，但是相对于板缘地震没有明显的滞后，甚至可以在板缘大震之前就在近邻的板内地区先发生。这种特征可能与力源作用方式——侧向挤压剪切的应力的传递有关。

(本文1986年8月18日收到)

参 考 文 献

- 〔1〕马宗晋等, 中蒙大陆中轴构造带及其地震活动, 地震研究, Vol. 4, No. 4, 1981.
- 〔2〕阚荣举等, 中国西南地区现代构造应力场与板内断块相对运动, 地震地质, Vol. 5, No. 2, 1983.
- 〔3〕杨光宇, 我国西南及其邻区强震活动与构造应力场的探讨, 地震学报, Vol. 4, No. 2, 1983.
- 〔4〕刘正荣等, 珠峰以东的地震活动性, 地震研究, Vol. 6, No. 4, 1983.
- 〔5〕国家地震局, 中国强震简目, 地震出版社, 1977.
- 〔6〕邓瑞生, 关于公元1515年永胜地震的震级问题, 地震研究, Vol. 3, No. 2, 1980.
- 〔7〕顾功叙等, 中国地震目录, 科学出版社, 1983.
- 〔8〕刘百箴等, 海原活断层上的史前大地震, (待刊).

- [9] 阚荣举等, 西南地区应力场变动与强震活动秩序及其实验研究, 地震研究, Vol. 8, No. 4, 1980.
[10] 梁芳, 1983年6月24日越南莱州7级地震及震前区域地震活动, 地震研究, Vol. 8, No. 8, 1985.
[11] 国家地震局地质研究所, 亚欧地震构造图, 地图出版社, 1981.
[12] 阚荣举等, 云南地区区域应力场的时空变化与强震活动的关系, 中国地震(待刊).

THREE ACTIVITY ORDERS OF GREAT EARTHQUAKES IN SOUTHWESTERN CHINA DURING THIS CENTURY AND THEIR POSSIBLE DIFFERENCES IN FORCE SOURCE

Kan Rongju

(*Seismological Bureau of Yunnan Province*)

Abstract

In this paper, the relationship between the regularity of spatial-temporal distribution of great earthquakes in Southwestern China and the force source has been discussed. It has been divided into three different kinds; i. e. A, it is related to the frontal collision along plate boundaries. The epicenters are distributed in the interior part of Asia continent and the activity order A is taken to be finished. B, it is related to the increment and adjustment of tectonic stress field caused by the relative motion of intraplate blocks such as the Sichuan-Yunnan rhombic block. The activity order B in this period is taken to be finished as a whole, except some unclear localities. C, it is related to a shear-push action along the Andaman-Burma suture line, resulting in earthquakes in Southwestern Yunnan in a shorter period of several years. This kind of force source can cause the quickest reaction in the internal part of a plate.