

青藏块体 7 级地震相互关系研究初步^{*}

杨立明, 徐 辉

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃兰州 73000)

摘要: 对 1910 年以来缅甸转换构造区、滇西南旋转构造域等区域的 7 级地震与青藏块体 7 级地震的相互关系进行研究. 结果显示, 青藏块体 7 级地震之间具有明显的时空关联性; 地震活动的主要特点表现为时间上的成丛性、空间上的迁移性及丛内迁移的有序性; 大部分地震丛以缅甸转换构造区或滇西南地区 7 级以上地震为牵头地震, 沿两条路线向南北带及西藏地区迁移, 具有较为完整的活动图像.

关键词: 青藏块体; 7 级地震相互关系; 成丛性; 迁移性

中图分类号: P315.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000—0844(2002)03—0241—06

0 引言

中国大陆位于欧亚板块的东南部, 周边受太平洋板块、菲律宾板块及印度块体的推挤、碰撞作用, 这种构造及地球动力学环境, 提供了大陆地震活动的主要动力源, 决定了中国大陆地区强震格局. 焦明若等^[1]在系统总结有关中国大陆构造环境和地球动力学环境模拟研究工作的基础上指出, 中国大陆及周边构造应力场的形成是印度板块、太平洋板块和菲律宾板块联合作用的结果, 并认为印度板块基本控制了我国及其邻近地区现代应力场的分布格局. 张国民^[2]对板块边界活动与中国大陆强震活动进行了研究, 指出西太平洋北段活动与我国北部 8 级地震存在明显的相关关系, 而西部地区地震活动则与印度板块边界作用更为密切. Sato 等^[4]利用三维有限元方法, 对喜马拉雅弧形块体进行了应力场的数值模拟, 发现应力积累主要集中在弧形块体的东西两侧, 与地震空间分布图像是一致的. 因而我国大陆西部的地震活动主要受印度板块的控制和制约. 在印度板块对中国大陆的作用中, 存在着两个“触角”, 其中对青藏块体和南北带影响最大的是东“触角”, 为印度板块对中国大陆的俯冲作用的受力点, 大致包括喜马拉雅弧东端地区、缅甸转换构造区及滇西南旋转构造域等地区. 该区域的地震活动对青藏块体、南北地震带等的地震活动具有特殊指示意义.

本文拟在系统研究喜马拉雅弧东端地区、缅甸转换构造区及滇西南旋转构造域等地区 7 级地震活动的基本事实、现象的基础上, 研究青藏块体在印度板块的作用下地震活动的表现, 块体内部 7 级地震之间的相互关系及其预报意义.

1 喜马拉雅弧东端至滇西南地区主要构造和地震活动背景

喜马拉雅弧东端至滇西南地质构造、7 级地震分布如图 1 所示. 看出, 区域内主要地震构

收稿日期: 2002-04-10

^{*} 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2002035

作者简介: 杨立明(1966—), 男(汉族), 甘肃宁县人, 副研究员, 主要从事地震预报及其理论研究工作.

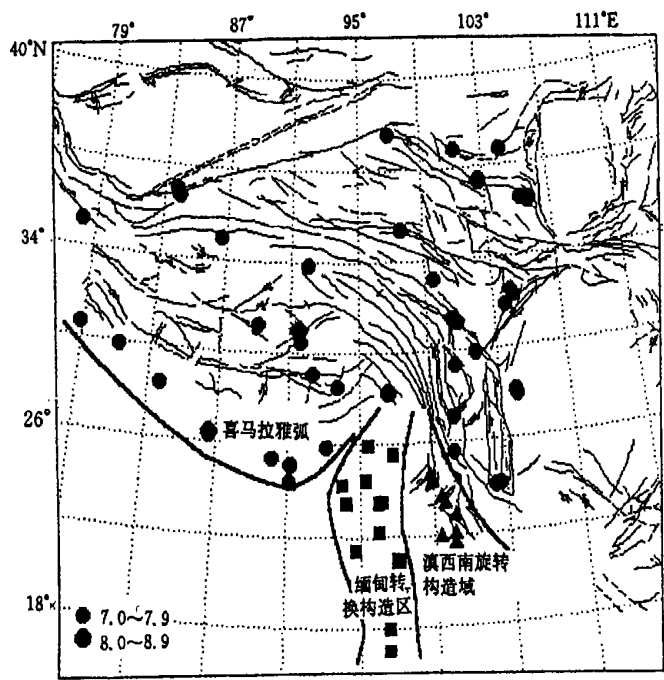


图 1 青藏块体及相关区域地震构造图

Fig. 1 Sketch map of main geo-tectonics and distribution of $M \geq 7.0$ earthquakes in Qinghai-Tibet block and correlative regions.

造区包括喜马拉雅弧东端地区、缅甸转换构造区及滇西南旋转构造域, 7 级地震主要分布在这几个构造区内, 体现了地震活动受区域构造控制的基本事实. 考虑到喜马拉雅东端 7 级地震与缅甸转换构造区 7 级地震部分重叠, 较难清楚区分, 以下就用缅甸转换构造区 7 级地震来代表该两区的活动. 进一步整理表明, 滇西南旋转构造域 1910 年以来发生了 8 次 7 级以上地震, 可划分为 5 组(表 1).

表 1 1910 年以来滇西南旋转构造域 7 级地震基本资料

地震组序号	时间	纬度	经度	地点	震级
1	1941-05-16	23. 70°	99. 40°	耿马	7. 0
	1941-12-26	22. 10°	100. 09°	孟海	7. 0
2	1950-02-02	21. 70°	100. 09°	孟海	7. 0
3	1976-05-29	24. 60°	98. 80°	龙陵	7. 3
	1976-05-29	24. 39°	98. 90°	龙陵	7. 4
4	1988-11-06	22. 90°	100. 10°	澜沧	7. 6
	1988-11-06	23. 40°	99. 60°	澜沧	7. 2
5	1995-07-12	22. 00°	99. 30°	孟连	7. 3

而缅甸转换构造区则发生了 12 次 7 级以上地震, 可划分为 10 组(表 2).

2 喜马拉雅弧东端至滇西南地区与青藏块体 7 级地震活动的关系

由于印度板块的东“触角”直接作用在缅甸转换构造区, 然后影响滇西南旋转构造域, 因而在分析中以缅甸转换构造区、滇西南旋转构造域的 7 级地震活动作为印度板块对大陆作用的表现, 以上述地区的 7 级地震为线索, 研究其后青藏块体 7 级地震的时空特点, 并进一步寻求

可能的预报指标.

表 2 1910 年以来缅甸转换构造区 7 级地震基本资料

地震组序号	时间	纬度	经度	震级
1	1912-05-23	21. 00°	97. 00°	8. 0
2	1923-06-22	22. 79°	98. 80°	7. 3
3	1931-01-27	25. 60°	96. 80°	7. 5
	1932-08-14	26. 00°	95. 50°	7. 0
4	1938-08-16	23. 50°	94. 19°	7. 1
5	1946-09-12	23. 50°	96. 00°	7. 5
	1946-09-12	23. 50°	96. 00°	7. 8
6	1954-03-21	24. 50°	95. 30°	7. 4
7	1956-07-16	22. 29°	96. 00°	7. 0
8	1975-07-08	21. 50°	94. 69°	7. 0
9	1988-08-06	24. 30°	94. 00°	7. 2
10	1991-01-05	23. 60°	96. 20°	7. 6

1910 年至 1999 年期间青藏块体内部先后发生 7 级以上地震 35 次. 由图 1 看出, 它们相对集中地分布在西藏地区、南北地震带等区域, 大致呈北西向及南北向带状分布. 进一步对缅甸转换构造区、滇西南旋转构造域和青藏块体内 7 级地震之间的相互关系进行分析, 可以将 1910 年以来发生在前者的 20 次 7 级以上地震和发生在后者的 35 次 7 级以上地震归纳成 10 组地震丛集活动. 这些丛集活动的地震时间上相关联, 空间迁移上具有一定的规律性(表 3).

- 从表 3 可以看出:
- (1) 缅甸弧转换构造区及滇西南区 7 级地震对青藏块体 7 级地震具有重要的指示意义. 一般上述地区先发生地震, 南北带及西藏地区紧跟其后发生 7 级地震, 7 级地震之间具有明显的关联性, 在时间上表现为成丛性. 1910 年以来的 10 次地震丛集活动中, 包含了缅甸转换构造区及滇西南 20 次 7 级以上地震中的 15 次, 呼应率为 0.75; 而南北地震带及西藏地区(不含滇西南地区)发生 7 级以上地震 35 次, 除 1963 年阿拉克湖 7.0 级地震外, 其余的 34 次均处于缅甸弧转换区及滇西南 7 级地震后的地震丛内, 相应比率为 0.97.
- (2) 7 级地震的成丛性是青藏块体, 包括南北地震带 7 级地震活动的主要特点之一. 1910 年以来的 10 丛地震活动中, 每一丛的持续时间不等, 最长 72 个月, 最短 13 个月; 每一丛的 7 级地震个数平均 4~6 次, 具有相对的稳定性. 但从间的时间间隔比较分散(表 4).
- (3) 7 级地震的丛内迁移性是青藏块体, 包括南北地震带 7 级地震活动的主要特点之一. 迁移方式表现为以缅甸转换构造区或滇西南地区 7 级地震为首发震, 向块体内部迁移. 主要有两条迁移路线: 其一沿南北带迁移, 其二向西藏地区迁移, 空间图像完整, 具有较好的对称性. 沿南北向迁移的活动图像表现出步进型及步进折返型两种迁移形态. 其中步进型表现为由南往北、经滇区、川区、依次到甘青宁地区的逐步北移的形态; 而步进折返型则表现为由滇区直接迁移到北段的甘青宁地区, 或由滇区迁移至川区, 然后回返川区或滇区. 典型的迁移图像如图 2 所示.
- (4) 10 丛地震活动中, 缅甸转换区及滇西南 7 级地震后南北带首次迁移地震的时间间隔依次为 19、21、23、6、48、13、20 和 7 个月等, 既 87% 的南北带迁移地震在 24 个月内发生, 100% 的南北带迁移地震在 48 个月内发生.
- (5) 1900 年以来, 中国大陆活跃期-平静期划分结果如表 5 所示. 对照各地震丛集活动的时间, 可以看出 1920 年以来的平静期内没有地震丛活动, 所有的丛集活动均集中于大陆的活

跃期内. 同时 1938、1941、1956、1991 等年发生于缅甸转换构造区及滇西南地区且没有引起青藏块体丛集活动的 7 级地震, 除 1991 年以外, 均处于大陆地区活跃期结束后或结束时段. 因而青藏块体 7 级地震丛集活动跟大陆地区地震活跃状态密切相关.

表 3 青藏块体及相关区域 7 级地震相关性分析

丛集 序号	缅甸转换区和滇西南区				迁移地震			特征
	时间	地点	震级	构造区	时间	地点	震级	
1	1912-05-23	缅甸转换构造区	8.0	南北带:	1913-12-21	峨山	7.25	步进型: 由南到北逐步迁移
				西藏:	1915-12-03	桑日	7.25	
					1916-08-28	普兰	7.5	
2				南北带:	1917-07-30	大关	7.0	步进折返型: 南段的滇区迁 移到北段的甘青宁区, 然后 折返中段的川区.
					1920-12-16	海源	8.5	
					1920-12-25	海源	7.0	
					1923-03-24	炉霍	7.25	
				西藏:				
3	1923-06-27	中缅交界	7.3	南北带:	1925-03-16	大理	7.0	步进型: 由南到北逐步迁 移.
					1927-05-23	古浪	8.0	
				西藏:	1924-07-03	民丰	7.3	
					1924-07-12	民丰	7.2	
4	1931-01-27	缅甸转换构造区	7.5	南北带:	1932-12-25	昌马	7.6	步进折返型: 南段的滇缅区 迁移到北段的甘青宁区, 然 后折返中段的川区.
	1932-08-14	缅甸转换构造区	7.0		1933-08-25	迭溪	7.5	
					1937-01-07	托索湖	7.5	
				西藏:	1932-12-25	申扎	7.0	
					1934-12-15	申扎	7.0	
5	1946-09-12	缅甸转换构造区	7.5, 7.8	南北带:	1947-03-17	达日	7.7	步进折返型: 南段的滇缅区 迁移到北段的甘青宁区, 然 后折返中段的川区.
					1948-05-23	理塘	7.25	
			西藏:	1947-07-29	朗县	7.7		
6	1950-02-03	孟海	7.0	南北带:	1954-02-11	山丹	7.25	步进折返型: 南段的滇缅区 迁移到北段的甘青宁区, 然 后折返中段的川区.
	1954-03-21	缅甸转换构造区	7.4		1954-07-31	民勤	7.0	
					1955-04-14	康定	7.5	
				西藏:	1950-08-15	察隅	8.6	
					1951-11-15	当雄	8.0	
					1952-08-18	那曲	7.5	
				南北带:	1970-01-05	通海	7.7	
7					1973-02-06	炉霍	7.6	步进折返型.
					1974-05-11	大关	7.1	
				西藏:	1973-07-14	申扎	7.3	
8	1975-07-08	缅甸转换构造区	7.0	南北带:	1976-08-16	松潘	7.2, 7.2	步进型: 由南到北逐步迁移
	1976-05-29	龙陵	7.3 7.4					
9	1988-08-06	缅北	7.2	南北带:	1990-04-26	共和	7.0	步进型: 由南到北逐步迁移.
	1988-11-06	澜沧	7.6 7.2	西藏:	1988-11-05	唐古拉山	6.8	
10	1995-07-12	孟连	7.3	南北带:	1996-02-03	丽江	7.0	步进型: 由南到北逐步迁移.
				西藏:	1996-11-19	喀喇昆仑	7.1	
					1997-11-03	玛尼	7.5	

需要说明的是, 在以上的分析中, 第 2、7 丛比较特别, 没有缅甸转换构造区及滇西南地区的 7 级地震活动, 也许跟资料不全有关; 第 9 丛向西藏迁移的地震为 6.8 级, 没有达到 7 级; 同时, 1917 年大关地震, 其强度在全球目录中为 7 级, 而在国内目录中为 6.7 级.

表 4 青藏块体 7 级地震丛集特征

丛	活动时间	持续时间/月	丛间间隔/月	地震个数
1	1912-05-23~1916-08-28	51		4
2	1917-07-30~1923-03-24	56	11	3
3	1923-06-22~1927-05-23	47	3	4
4	1931-01-27~1937-01-07	72	44	6
5	1946-09-12~1948-05-23	20	116	4
6	1950-02-03~1955-04-14	62	31	8
7	1970-01-05~1974-05-11	52	81	4
8	1975-07-08~1976-08-16	13	14	3
9	1988-08-06~1990-04-26	20	144	4
10	1995-07-12~1997-11-03	27	63	4

3 结论

在印度板块的推挤、碰撞作用下, 青藏块体 7 级地震的发生不是孤立的, 地震之间具有明显的时空关联性, 表现为时间上的成丛型, 空间迁移上的有序性, 具有较为完整的时空图像。

(1) 缅甸转换构造区及滇西南地区 7 级地震对青藏块体内部 7 级地震活动具有重要的指标意义, 控制着青藏块体内部的地震形势。

(2) 青藏块体 7 级地震活动的主要特点表现为时间上的成丛性、空间上的迁移性及丛内迁移的有序性。大部分地震丛表现为以缅甸转换构造区或滇西南地区 7 级以上地震为牵头地震, 沿两条路线向南北带及西藏地区迁移, 具有较为完整的活动图像。这种时空演化图像具有预测意义。

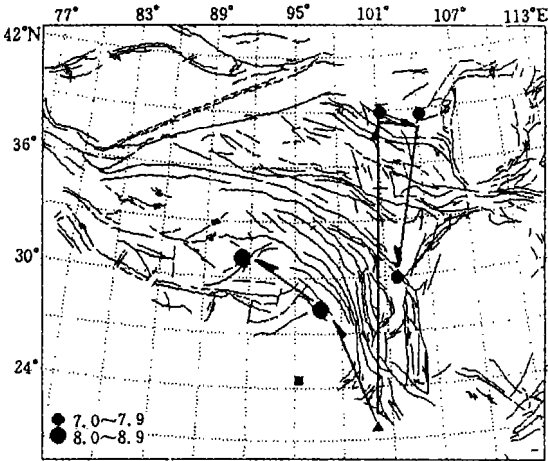


图 2 典型迁移图像(第 6 丛集活动)

Fig. 2 Typical image of migration of $M \geq 7.0$ earthquakes (in sixth cluster).

表 5 中国大陆地震活跃期持续时间

活跃期	1897~1906	1920~1937	1945~1957	1966~1976	1988~?
平静期	1907~1919	1938~1944	1958~1965	1977~1987	

(3) 青藏块体的 7 级地震丛基本处于中国大陆的地震活跃期内, 地震丛的活动跟大陆地区地震活跃状态密切相关。

2000 年 6 月 8 日缅甸克钦邦发生一次 $M_s7.0$ 地震, 该次地震位于缅甸转换构造区; 2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 8.1 级地震可以看成是向西藏地区发生的迁移地震, 因而可以推测, 青藏块体下次 7 级地震发生在南北地震带的可能性较大。

以上结论是在对青藏块体 7 级地震时空相关性分析的基础上得出的, 对区域地震形势的分析判定具有实用价值。有关结论需在地震活动实际中进一步修正和完善。

[1] 焦明若, 张国民, 车时, . [J] , , 1999, 21(2): 123—132.

[2] . [M] . : , 1989. 1—263.

[3] , . [A] . : [C] . : , 1990. 141—148.

[4] Sato K, Bhatia S C, Gupta H K. The Three dimensional numerical modeling of deformation and stress in Himalaya and Tibet plateau with a simple geometry[J]. J. phys. Earth, 1996, 44: 227—254.

THE PRIMARY STUDY ON CORRELATION OF EARTHQUAKES WITH
 $M_s \geq 7.0$ IN TIBET PLATEAU

YANG Li-ming, XU Hui
(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The correlation of earthquakes with $M_s \geq 7.0$ in interior Tibet plateau and Burma transform tectonic region, southwestern of Yunnan region is studied. The results show that the spatio-temporal correlation is among earthquake very obvious in Tibet plateau and its adjacent regions. The main features of seismicity are cluster in temporal, migration in space and order in migratory route. In each cluster, usually the events first occurred in Burma transform tectonic region and southwestern of Yunnan, then migrate to the Southnorthern Seismic Belt and interior Tibet along two routes, with complete pattern.

Key words: Tibet plateaus; The correlation of earthquakes with $M_s \geq 7.0$; Cluster; Migration