

中国中部地区强震活动规律的光弹模拟试验研究

近年来,国内外不少学者都在致力于现代构造应力场的研究,试图根据现代构造活动特征来探讨地震孕育和发生的规律。本文根据光弹模拟实验研究了我国中部地区现今构造应力场的特征,根据实验中的最大剪应力集中区,对本区未来强震的活动趋势作了初步的估计。

1. 地质构造模型的选定

中国中部地区的地理位置是:北纬 21° — 40° ,东经 83° — 108° ,包括河西走廊、阿尔金山、西昆仑山以南的广大青藏高原地区。由于模型尺寸所限,在实验中只能选取一些延伸较长、影响地壳较深的主要断层作为构造骨架,本区自1900年以来共发生 $M \geq 7$ 级地震31次,其中27次大震的震中发生在所选取的构造带的特殊部位上。

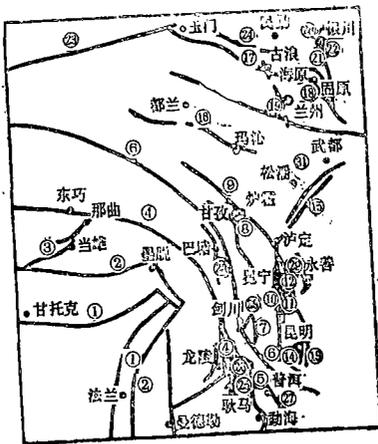


图1 中国中部地区光弹模拟
试验构造分布图

- 1.喜马拉雅山山前断裂
- 2.雅鲁藏布江断裂
- 3.那曲—当雄断裂
- 4.改则—东巧断裂
- 5.澜沧江断裂
- 6.金沙江—红河断裂
- 7.永胜—宾川断裂
- 8.理圹断裂
- 9.鲜水河断裂
- 10.磨盘山—录汁江断裂
- 11.安宁河断裂
- 12.则木河断裂
- 13.小江断裂
- 14.曲江断裂
- 15.龙门山断裂
- 16.托索湖—玛沁断裂
- 17.祁连山北缘断裂
- 18.海原断裂
- 19.秦岭北麓断裂
- 20.贺兰山山前断裂
- 21.同心断裂
- 22.灵武东断裂
- 23.阿尔金断裂
- 24.河西走廊—北缘断裂
- 25.孟定断裂
- 26.柯街—耿马断裂
- 27.普洱断裂
- 28.巴圹断裂
- 29.鹤庆断裂
- 30.甘孜断裂
- 31.泯江断裂

在实验中,我们把现代构造应力场作为一平面应力问题,把地壳视为均匀的弹性体,并只考虑断裂在平面上的几何相似。由于野外资料不足而暂时不考虑其他因素,如不同岩体弹性模量的差别、断裂面上摩擦力等对应力分布的影响以及深度的影响等。

2. 实验过程与结果

我们将模型在SN、EW、 $N45^{\circ}W$ 和 $N45^{\circ}E$ 四个不同的方向上分别施加均匀载荷,进行了四次光弹模拟试验(外加应力 $\sigma = 30\text{kg/cm}^2$),相应获得了最大剪应力等值线图(图2)和等倾线图。

图2 a是中国中部地区承受南北均布压缩情况下的最大剪应力等值线图,从图中可以看出,高应力区主要位于本区的东北部与西南部。东北部主要分布在祁吕—贺兰山字型构造体系的西翼与北西、北北西断裂的交汇部位,如宝鸡、海原、古浪、昌马等地区。西南部主要分布在喜马拉雅弧形构造体系大规模拐弯部位和歹字型构造体系与其他断裂交汇复合部位,如察隅、当雄、大理、耿马、勐海、康定等地区。

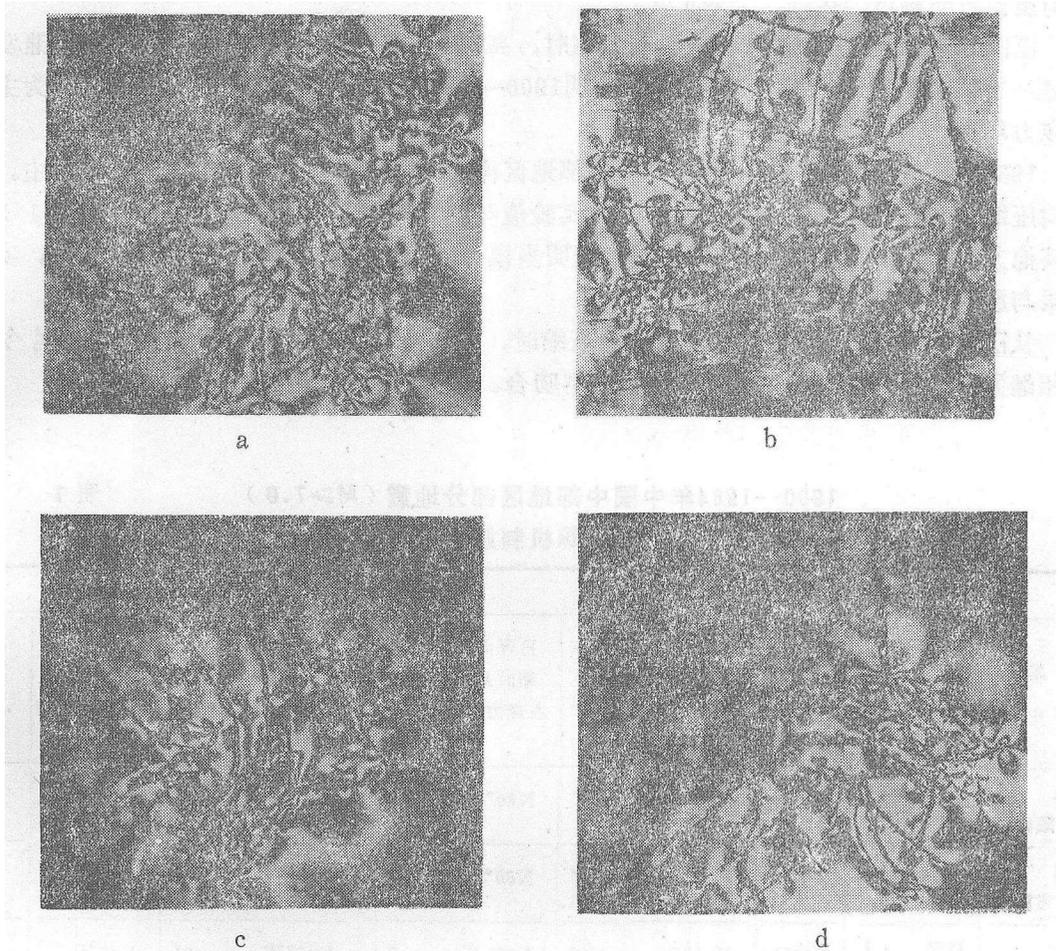


图2 中国中部地区最大剪应力等值线图

a.加力方向SN向 b.加力方向东西向 c.加力方向北45°W d.加力方向N45°E

图2 b为中国中部地区承受东西向均布压缩情况下的最大剪应力等值线图。图中显示高应力区主要分布于本区的中西部经向构造体系与北东、北西向断裂交汇复合部位，如康定、炉霍、甘孜、巴塘、阿兰湖、松潘、永善等地区。

图2 c为中国中部地区承受北西向均布压缩情况下的最大剪应力等值线图。高应力区主要分布在本区东南部北西向断裂与经向构造汇而未交的部位，如康定、通海、曲江、普洱等地区。

图2 d为中国中部地区承受北东向均布压缩情况下的最大剪应力等值线图。高应力区主要分布在本区东南部北西向断裂与经向构造汇而未交的部位，即康定、峨山、通海等地区（最大剪应力集中系数比北西向压缩时要低）。

3. 实验结果与讨论

(1) 我国中部地区现今构造应力场随时间的变化特征

在南北向压缩时，各测点最大主应力方向的实验值与震源机制解压力轴偏差为 2° ，而其他方向压缩时偏差却为 $15-34^\circ$ 。这表明当模拟区的区域应力场方向为南北向时，实验结

果与震源机制解最为接近。(表1)

压图3a可以看出,模型受南北向压缩时,高应力分布区与1900—1954年本区相继发生的 $M \geq 7$ 级大震的震中位置相吻合。这表明1900—1954年中国中部地区处在近南北向为主的压应力场中。

1955—1963年及1973—现今,中国中部地区构造应力场的作用方向以近东西向为主。东西向压缩时,各测点最大主压应力方向的实验值与震源机制解压力轴偏差为 6° (表1),而其他方向压缩时偏差却为 $26-52^\circ$ 。这表明当模拟区的区域应力场方向为东西向时,实验结果与震源机制解最为接近。

从图3b可以看出,当模型受东西向压缩时,高应力区与1955—1963年及1973至现今本区相继发生的 $M \geq 7$ 级大震的震中位置基本吻合。

1900—1984年中国中部地区部分地震($M \geq 7.0$)

表1

的震源机制解与实验结果

震源机制解				实验结果								
震中	发震时间	震级	压力轴(P)方向	SN向压缩时最大主应力方向	与机制解偏差	EW向压缩时最大主应力方向	与机制解偏差	N45°E向压缩时最大主应力方向	与机制解偏差	N45°W向压缩时最大主应力方向	与机制解偏差	
1 西藏察隅	1950 8.15	$8\frac{1}{2}$	N6°E	N10°E	4°	N80°W	86°	N20°E	14°	N15°E	9°	
1 甘肃民勤	1954 7.31	7	N7°E	N8°E	1°	N80°E	73°	N55°E	48°	N45°W	52°	
2 四川康定	1955 4.14	$7\frac{1}{4}$	N87°W	N80°E	13°	N80°W	7°	N45°W	42°	N45°E	48°	
2 青海阿兰湖	1963 4.19	7	N53°E	N15°E	38°	N45°E	8°	N35°E	18°	N55°W	72°	
8 云南通海	1980 1.5	7.7	N25°W	N10°E	35°	N80°E	85°	N35°E	60°	N35°W	10°	
2 四川炉霍	1973 2.6	7.9	N78°E	N90°E	12°	N80°E	2°	N80°W	22°	N80°W	22°	
2 云南昭通	1974 5.11	7.1	N88°W	N10°E	98°	N85°E	7°	N80°W	8°	N80°W	8°	
1 云南龙陵	1976 5.29	7.4	N70°E	N8°E	1°	N10°W	17°	N45°E	38°	N10°E	8°	
2 四川松潘	1976 8.23	7.3	N87°W	N10°E	97°	N80°W	7°	N55°E	38°	N35°W	52°	
1 普洱东北	1979 3.15	7	N2°W	SN	2°	N80°E	82°	N35°E	37°	N35°W	33°	
震源机制解与实验值偏差平均值				1	2	8	1	2	8	1	2	8
				2°	52°	35°	15°	6°	85°	34°	26°	60°
										24°	41°	10°

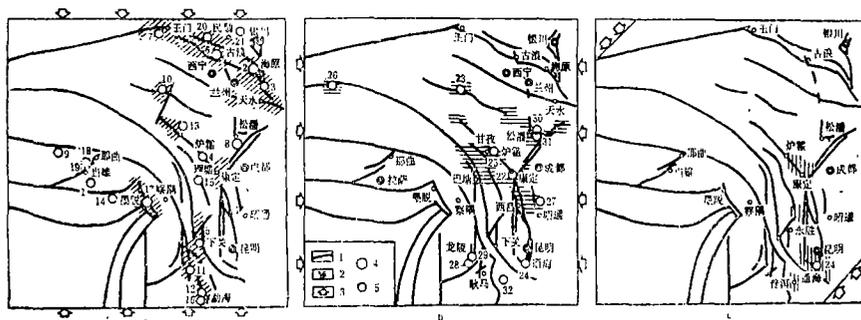


图3 中国中部地区地震活动与高应力区分布图

1.断裂 2.高应力分布区 3.加力方向 4. $M \geq 8$ 5. $M \geq 7$ a.1900—1954
b.1955—1963, 1973—现今 c.1964—1972

北 45° 西向压缩时,各测点最大主应力方向的实验值与震源机制解压力轴偏差为 10° ,而其他方向压缩时其偏差却为 $35^\circ-85^\circ$ 。这表明当模拟区的区域应力场方向为北西向时,实验结果与震源机制解最为接近。

由图3c可以看出,当模型受北 45° 西方向压缩时,高应力区与1964—1972年本区发生的 $M \geq 7$ 级大震的震中位置基本吻合。

这表明1964—1972年中国中部地区构造应力场的作用方向以北西向为主。

(2)西南地区三组深大断裂带中以北西和南北向断裂带为中国中部地区现今主要的活动构造带,并控制着该区的的大震活动。

由实验可见,在现今近东西向的压应力场中,北西向构造带和南北向构造带上的剪应力值较高,而北东向的构造带上的剪应力值也有所增高。北西向构造以强大的水平剪切运动为主,南北向构造则以带压性的右旋剪切运动为主,事实上北东向断裂带上的地震活动强度与频度都较低,南北向断裂带上的地震活动强度大、频度低,北西向断裂带地震活动不仅频度高而且强度大。

(3)对未来强震活动趋势的估计

理论和实践都证明了岩石的破裂通常沿最大剪应力作用面发生,因此,剪应力的集中部位也往往是易于发震的部位。由实验结果可以推测出,我国中部的康定、炉霍、甘孜、巴塘、松潘、永善地区具有发生七级以上大震的背景。

(国家地震局地壳应力研究所 李淑恭 高德禄)

(本文1986年6月12日收到)

参 考 文 献

- [1] 鄯家全等, 中国及邻区现代构造应力场的区域特征, 地震学报, Vol.1, No.1, 1979.
- [2] 中华人民共和国地震构造图简要说明, 地图出版社, 1979.
- [3] 阎荣举等, 我国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨, 地球物理学报, Vol.20, No.2, 1977.
- [4] 李坪、汪良谋, 云南、川西地区地震地质基本特征的探讨, 地质科学, No.4, 1975.
- [5] Roman, C., Buffering plate: set of continental collision, New Scientist, No.57, 803, 1973.
- [6] Molnár, P. and Tapponnier, P., Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision Science, No.189, 1975.

THE RESEARCH ON PHOTOELASTIC ANALOG TEST FOR THE REGULARITY
OF STRONG EARTHQUAKES IN THE CENTRE CHINA

Li Shugong Gao Delu

(*Institute of Crust Stress, State Seismological Bureau*)