

华北地区地震低烈度区面积与震级的关系式

关于震级与烈度的定量关系已有不少研究成果^[1-8]。但是上述文献中的公式都是利用强烈度(6—11度)区统计出来的。我们利用发生在华北地区及其邻区的历史及现代的地震资料,统计出了烈度为4—7度区的面积与震级的关系式。

1. 资料和方法

(1) 资料选取: 我们统计了1929年以来发生在东经110°—123°, 北纬29°—41°范围内的54次地震, 其震级和震源深度大部分都是仪器测定的, 仅有少数是根据宏观调查资料确定的^{〔8、4〕}。这些地震的震级(M_s)为3.4—7.5级, 其中27个地震有4度以上等震线图(表1)。

(2) 方法: 根据等震线所包围的面积, 利用等效椭圆面积公式 $A = \pi ab$ 计算出烈度区的面积, 根据 $S = \frac{1}{4}\pi D^2$ 计算出等效圆面积。对于即不是椭圆型也不是等效圆型的烈度区, 采用分割求和的方法计算出面积。再利用最小二乘法对54个地震的等震线资料进行计算。

2. 震级与烈度区面积的关系式

根据经验关系式: $I = a \log S + b$ (1)

及表1中的资料, 用最小二乘法确定(1)式中的常数 a 、 b 以及误差值, 得出烈度为4—7度区的面积与震级的关系式:

$$M_4 = (1.56 \pm 0.3731) + (0.79 \pm 0.0927) \log S_4 \quad (2)$$

$$M_5 = (2.48 \pm 0.2126) + (0.75 \pm 0.0586) \log S_5 \quad (3)$$

$$M_6 = (3.41 \pm 0.23) + (0.74 \pm 0.0709) \log S_6 \quad (4)$$

$$M_7 = (4.11 \pm 0.1862) + (0.72 \pm 0.0683) \log S_7 \quad (5)$$

式中 S 的单位为平方公里。(2)—(5)式的相关系数 $R_4 = 0.8614$, $R_5 = 0.8991$, $R_6 = 0.8728$, $R_7 = 0.9161$ 。(2)、(3)式分别由26、41个地震资料求出, (4)式和(5)式分别由36和25个地震资料求出。各式与实际资料的拟合情况见图1。

根据54个地震的4—7度等震线图资料, 得到震级 M_0 、烈度 I_0 与极震区面积 S (单位为平方公里)的关系式

$$M_0 = (-1.52 \pm 0.2707) + (0.80 \pm 0.0369) I + (0.75 \pm 0.0349) \log S(b)$$

式中的相关系数 $R_0 = 0.9180$ 。我们用10个地震进行了检验, 结果列于表2。表2显示, 平均震级误差为0.39, 最大误差为0.65。

关于震级、烈度区面积和震源深度的关系, 利用二元线性回归方法得到下列公式:

$$M_4 = (1.52 \pm 0.5492) + 1.94 \times (10^{-3} \pm 0.0143) h + (0.79 \pm 0.1050) \log S_4 \quad (7)$$

¹⁾ 山东省地震局, $M_L \geq 3.0$ 级地震目录, 1978.

表1

编号	年 月 日	震中位置	M _s	h	精度	lgS ₄	lgS ₅	lgS ₆	lgS ₇
1	1929.1.14	内蒙毕克齐	6.0	11		4.79	3.34	2.72	2.32
2	1932.4.6	湖北麻城	6.0		2			2.84	2.46
3	1937.8.1	山东菏泽	7.0	16	2		5.83	4.48	3.74
4	1937.8.1	山东菏泽	6.75	16	8			4.94	3.60
5	1945.9.23	河北滦县	6 $\frac{1}{4}$					3.95	3.16
6	1952.10.8	山西崞县	5.5					3.40	2.84
7	1954.6.17	安徽合肥	5 $\frac{1}{4}$	12	8			2.12	
8	1959.7.8	河南潢川	5.0		8		2.40	1.40	
9	1959.8.11	陕西韩城	5.4	17	2	4.66	3.79	3.12	
10	1961.8.8	湖北宜都	4.9		4		3.86	1.82	1.21
11	1965.1.13	山西垣曲	5.5	10	2	5.06	4.60	3.45	2.42
12	1966.8.6	河北宁晋	5.2		1		3.77	2.78	1.67
13	1966.8.8	河北隆尧	6.8	8	1		5.34	3.70	3.48
14	1966.8.22	河北宁晋	7.2	15	1		5.89	5.10	4.41
15	1966.3.26	河北束鹿	6.2	15	1			3.60	2.51
16	1966.10.2	吉林怀德	5.2	10	1	4.25	3.76	2.37	1.23
17	1967.8.27	河北河间	6.3	30	2		4.48	3.87	2.42
18	1967.4.15	江苏大丰	4.2		2	3.22	2.05		
19	1967.7.23	河北怀来	5.4	10	1	4.17	3.52	2.24	
20	1967.12.8	河北束鹿	5.7	25	1			2.78	2.15
21	1967.12.18	山西薄县	5.4	3.0	1			3.48	
22	1968.4.2	河北大名	4.8	25	2		2.11		
23	1969.7.18	渤海	7.5	35	2		6.18	5.10	4.41
24	1970.8.10	山东曲阜	4.6	34	1		4.46	3.84	2.65
25	1970.12.12	山东临清	4.0	15	8	3.77	2.75		
26	1971.1.26	辽宁长海	4.4		1	3.53	2.58		
27	1971.6.5	山西和顺	4.7	10			2.55		
28	1972.4.8	湖北光化	3.6	16		2.76	2.3		
29	1972.4.14	辽宁盖县	4.8		1	4.37	3.77		
30	1972.10.12	河北沙河	4.4	24	1			2.32	
31	1973.11.29	河南浙川	4.3	20	1		2.86	1.51	
32	1973.12.31	河北河间	5.3	19	2	5.07	3.85	2.58	

续表 1

编号	年 月 日	震中位置	M_s	h	精度	lgS_4	lgS_5	lgS_6	lgS_7
33	1974. 8. 7	湖北嘉鱼	3.8		1	3.55	2.95		
34	1974. 4. 22	江苏溧阳	5.5	16	2	4.73	3.47	2.85	
35	1976. 4. 6	内蒙和林格尔	6.2	18	2		4.5	3.58	2.89
36	1977. 5. 10	江苏溧水	4.1	9	2		2.85		
37	1977. 7. 9	山东成武	4.3	25	1	3.86	2.30		
38	1978. 5. 18	辽宁海城	6.0	13	1			3.18	2.34
39	1978. 1. 22	内蒙古沙河	4.5	30	1	3.22	1.89		
40	1979. 5. 22	湖北秭归	5.0	16	1		3.17	2.65	2.18
41	1979. 6. 19	山西介休	5.2	14	1	5.36	4.6	3.15	
42	1979. 7. 9	江苏溧阳	6.0	12	1	5.22	4.87	3.39	2.61
43	1979. 8. 25	内蒙五原	6.0	18	1		4.62	2.93	2.41
44	1980. 5. 14	山东威海	4.1	18	1	3.30	2.70		
45	1980. 8. 2	河南林县	4.7	19	1	3.49	2.81	2.01	
46	1981. 8. 13	内蒙丰镇	5.9	18	2			3.30	
47	1981. 11. 9	河北邢台	5.8	20	1			2.83	1.85
48	1981. 12. 23	山东菏泽	3.4	19	1	2.69	1.88		
49	1982. 1. 13	山西太谷	4.2	27	1	2.88	1.62		
50	1982. 8. 26	山东乳山	3.7	16	1	3.52	1.67		
51	1982. 4. 22	江苏琼港	4.6	24	1	2.95	2.60		
52	1982. 7. 28	山东东明	3.8	7	1	3.61	1.85		
53	1983. 11. 7	山东菏泽	5.9	19	1	5.29	4.53	3.60	2.40
54	1985. 6. 25	山东新泰	3.4	14	1	2.46			

表 2

编号	年 月 日	地 点	M_s	lgS_5	lgS_6	lgS_7	M_5	M_6	M_7	\bar{M}	M^*
1	1502. 10. 17	山东濮城	6.5		3.65			6.11		6.11	6.05
2	1548. 9. 13	山东蓬莱	7.0		4.34			6.62		6.62	6.57
3	1626. 6. 28	山西灵丘	7.0		4.95	4.47		7.07	7.33	7.20	7.25
4	1654. 9. 15	山东朝城	6.0			2.86			6.17	6.17	6.26
5	1662. 10. 11	山东项城	5.5			2.30			5.77	5.77	5.84
6	1830. 6. 12	河北磁县	7.5		4.94	4.44		7.06	7.31	7.19	7.24
7	1960. 4. 13	吉林土桥	5.75		2.23	1.37		5.09	5.10	5.10	5.08
8	1964. 9. 5	湖北郧西	4.9		2.9	2.0		5.55	6.55	5.55	5.55
9	1965. 5. 7	河北沙城	4.25	1.63			4.61			4.61	3.72
10	1969. 4. 24	山西繁峙	4.6	2.48			5.24			5.24	4.36

注：表中 M_5 、 M_6 、 M_7 分别由公式(3)、(4)、(5)求得， \bar{M} 为平均震级， M^* 由公式(6)得到。

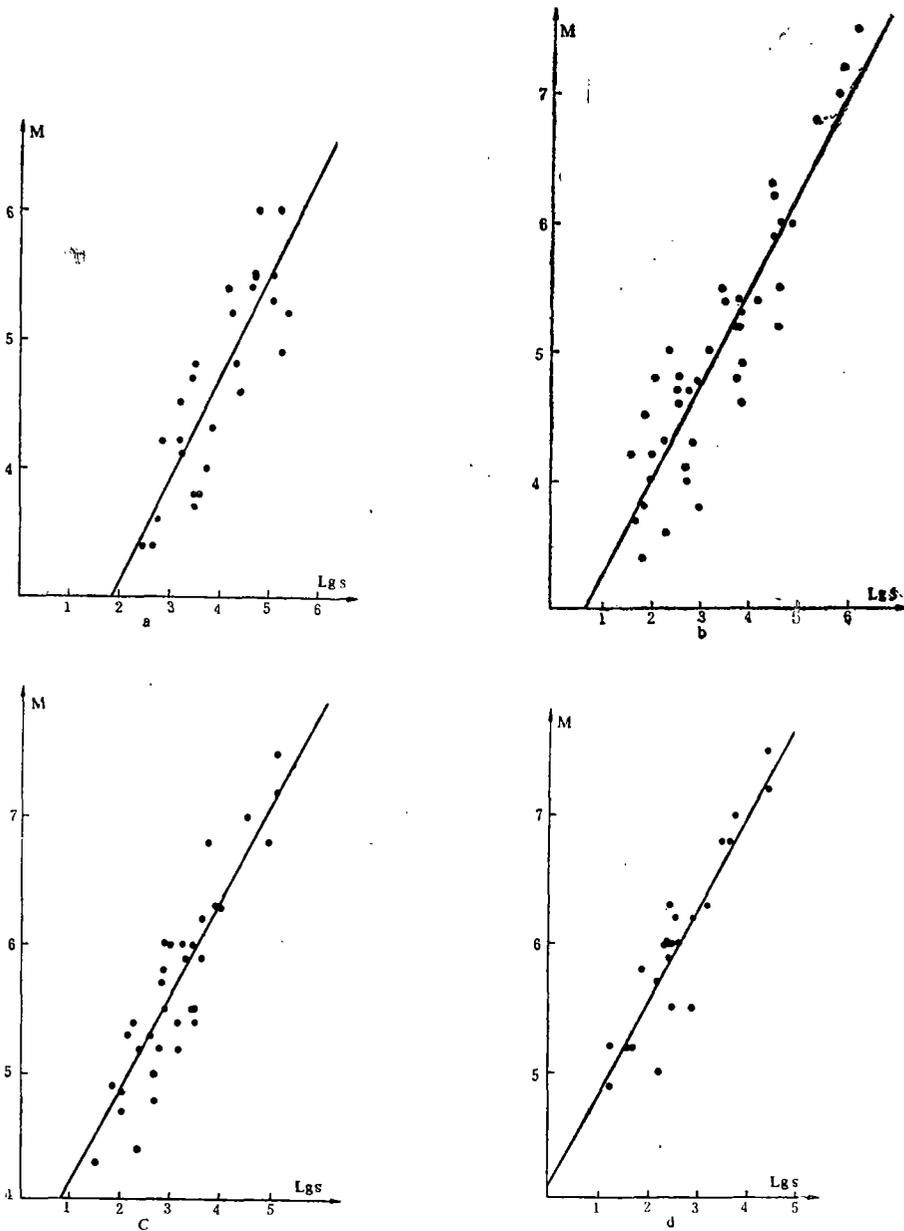


图1 震级与烈度区面积的关系
a. 4度区 b. 5度区 c. 6度区 d. 7度区

$$M_6 = (2.36 \pm 0.3006) + (1.98 \times 10^{-3} \pm 0.0106) h + (0.76 \pm 0.0589) \log S_6 \quad (8)$$

$$M_5 = (3.48 \pm 0.3349) + (1.53 \times 10^{-3} \pm 0.0109) h + (0.69 \pm 0.0864) \log S_5 \quad (9)$$

$$M_7 = (4.05 \pm 0.2233) + (0.0108 \pm 9.233 \times 10^{-3}) h + (0.71 \pm 0.0724) \log S_7 \quad (10)$$

公式(7) — (10)中的 h 以公里为单位, 它们的相关系数 $R_4 = 0.8669$, $R_5 = 0.9211$, $R_6 = 0.8408$, $R_7 = 0.9341$ 。

另外, 考虑到区域的差别, 利用发生在山东地区及邻区的19次地震的等震线资料, 用同样的方法分别得出山东地区烈度与震级的关系式:

$$M_4 = (1.02 \pm 0.255) + (0.85 \pm 0.07) \log S_4 \quad (11)$$

$$M_5 = (2.06 \pm 0.278) + (0.85 \pm 0.75) \log S_5 \quad (12)$$

$$M_6 = (2.19 \pm 0.501) + (1.06 \pm 0.118) \log S_6 \quad (13)$$

$$M_7 = (3.96 \pm 0.217) + (0.77 \pm 0.058) \log S_7 \quad (14)$$

$$M_0 = (1.44 \pm 0.005) + (0.09 \pm 0.021) I^2 + (0.02 \pm 0.158) \log^3 S \quad (15)$$

经计算, (11) — (14) 式与 (2) — (5) 式的震级误差为 0.31, 说明烈度与震级的关系式具有区域性特征。需要说明的是, 山东地区的地震资料太少且粗糙, (11) — (14) 式只能作为参考。

3. 小结

(1) 利用本文中的公式计算, 3.4—5.5级地震等烈度区面积偏大, 而5.6—7.5级地震等烈度区面积偏小(图1), 4度区面积较为均匀。

(2) 本文统计了54个地震的等震线图形状状况, 图形为椭圆型, 长轴方向为北东向的有32个地震, 占总数的59.5%; 图形为椭圆型, 长轴走向为北西向的有15个地震, 占总数的27.8%; 近似于圆型的有5个地震, 占总数的9.3%; 同一个地震的等震线的轴向即有北东走向又有北西走向的有6个地震, 占总数的11.1%。

(3) 文中关系式(2) — (10)的相关系数较小以及图1中的点较为分散, 主要是由于受不同历史时期烈度考察的精度和不同区域性构造的影响而造成的。

本文建立的华北地区地震低烈度区面积与震级的关系式在本地区是比较适用的, 对当前各地烈度区划工作也有一定参考价值。但是, 由于华北地区地震等震线的精度和区域构造的差异等因素, 必须分区域或带进行统计, 分别给出各区和各带的关系式, 这样可能会得到满意的结果。

本项工作得到山东省地震局预报中心部分同志的支持和帮助, 在此致谢。

(山东省地震局 林怀存 蒋海昆 王保平 顾贞庆)

参 考 文 献

- [1] 李善邦, 实用震级表, 地球物理学报, No. 2, 1958.
- [2] 中国科学院地球物理研究所, 地震学基础, 科学出版社, 1976.
- [3] 陈培善等, 用位错模型研究震级与烈度的关系, 地球物理学报, Vol. 18, No. 3, 1975.
- [4] 顾功叙等, 中国地震目录, 科学出版社, 1983.
- [5] 希洛夫, 最小二乘法, 测绘出版社, 1964.

THE RELATION BETWEEN MAGNITUDE AND THE AREA OF LOW INTENSITY OF EARTHQUAKES IN NORTH CHINA

Lin Huaicun Jiang Haikun

Wang Baoping Gu Zhenqing

(The Seismological Bureau of Shandong Province)