

极值理论在上海市地震危险性分析中的应用

一、引言

极值理论在水文、海洋及地震中长期预报等研究中已得到广泛应用,但将它用于工程地震危险性分析则是近期才开始的。米尔内(W.G. Milne)和达文波特(A.G. Davenport)(1969)率先开展了这项工作,他们假定场地峰值加速度符合极值Ⅱ型分布,由此编制了加拿大地震区划图。Hattori(1979)用极值Ⅲ型分布对中国、中东等地进行了地震危险性分析。

与科内尔(Cornell)方法相比,极值统计方法有它的优越之处:即(1)科内尔地震危险性分析方法的各个环节都存在难以校正的不确定性,场址地震动参数的超越概率从本质上说是一主观值,由此得到的一定概率水平的地震动参数值得怀疑;而极值统计方法仅需要各单位时间内地震动参数的最大值,一切不确定性都由它反映出来;(2)极值统计方法只需要各单位时间内的最大地震动参数,在有悠久历史地震记载的我国,这是容易做到的;由于极值统计方法没有明确考虑地质条件对未来地震的影响,故它不能取代科内尔方法,但作为科内尔方法的验证或补充,又是必要的。

本文用修正的极值Ⅰ型分布对上海市进行了地震危险性分析,为了比较,也同时给出了用极值Ⅰ型分布分析的结果。

2. 极值统计方法

假定所研究的场地的各单位时间内的最大地震动参数(如烈度)符合极值Ⅰ型分布,即:

$$G(X) = P(X \leq x) = \exp(-e^{-\alpha(x-u)}) \quad (1)$$

其中:

$$G(X) = \frac{j}{n+1} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

极值分布参数 α 、 u 由统计得到, t 年内超过概率(p)的最大烈度由下式给出:

$$X_t = u + \frac{1}{\alpha} \left(\ln t - \ln \ln \frac{1}{1-p} \right) \quad (3)$$

假定所研究的场地的极值烈度符合修正的极值Ⅰ型分布,则分布函数为:

$$G(X) = \exp(-e^{-\beta(x-w)}(1 - e^{-\beta(V-x)})) \quad (V > X, V > w) \quad (4)$$

其中 $G(X)$ 与(2)式相同, w 、 V 、 β 由非线性拟合得到。

t 年内超过概率(p)的最大烈度:

$$X_t = -\frac{1}{\beta} \ln \left(\exp(-\beta V) + \exp(-\beta w + \ln \ln \frac{1}{1-p} - \ln t) \right) \quad (5)$$

3. 上海市地震危险性分析

本文综合了文献〔1〕、〔2〕及文献1)、2)的资料,列出了上海市1583—1979年间每10年中的最大烈度值(表1)。

表1 上海市极值烈度目录(1580年—1980年)

编 号	日 期	震中位置	震 级	震中烈度	本地烈度	精 度
1	1583.1.24	松江北西	4		I	B
2	1595.2.13	上海附近		IV	IV	D
3	1600.10.31	吴江东	$4\frac{1}{4}$		II	B
4	1615.3.1	江苏南通	5		III	C
5	1624.9.1	上海附近	5	VI	VI	A
6	1630.2.4	江苏句容	$4\frac{3}{4}$		I	C
7	1643.10	江苏盱眙	5	IV	I	C
8	1655.3.12	松江东	4		II	B
9	1668.7.25	山东莒县郯城间	8.5	XI	VI	A
10	1678.5.24	昆山南	$4\frac{1}{4}$		II	B
11	1679.12.16	江苏溧阳	$5\frac{1}{2}$	VI	III	C
12	1695.5.18	山西临汾附近	8	X	I	D
13	1708.7.4	青浦		III	I	D
14	1712.12.27	江浦附近	$4\frac{1}{2}$		I	C
15	1720.6.27	黄 海	$5\frac{3}{4}$		III	B
16	1731.11	昆山松南	5		IV	B
17	1743.6.20	安徽泾县	$5\frac{1}{2}$	VI	III	C
18	1752.5.17	长江口	5		IV	B
19	1764.6.27	黄 海	6		IV	B
20	1782.8.3	吴江东南	$4\frac{1}{4}$		II	B
21	1789.10	黄 海	6		IV	B
22	1792.6.24	吴江西北	4		I	C
23	1811.3.19	台湾淡水附近	6—7		II	C

续表 1

编 号	日 期	震中位置	震 级	震中烈度	本地烈度	精 度
24	1815.10.13	台湾淡水附近	$6\frac{1}{2}$		I	C
25	1829.11.18	安徽五河	$5\frac{1}{2}$	VI	I	C
26	1831.9.28	安徽凤台东北	$6\frac{1}{4}$	VI	II	C
27	1846.8.4	黄 海	$6\frac{3}{4}$		V	B
28	1852.12.16	黄 海	$6\frac{3}{4}$		V	B
29	1864.5.5	黄 海	$5\frac{1}{2}$		II	B
30	1879.4.4	黄 海	6		IV	B
31	1882.8.5	常熟东南	$4\frac{1}{4}$		I	B
32	1895.2.16	上 海			IV	D
33	1903.1.6	黄 海	6		II	B
34	1910.5.6	黄 海	$5\frac{1}{2}$		II	B
35	1927.2.3	黄 海	$6\frac{1}{2}$		V	B
36	1930.1.3	江苏镇江	$4\frac{3}{4}$		I	C
37	1949.1.4	黄 海	$5\frac{3}{4}$		IV	B
38	1961.5.28	长 江 口	4		II	B
39	1964.12.19	太湖洞庭山	$4\frac{1}{2}$		I	C
40	1979.7.9	江苏溧阳	6.0		IV	A

表中A表示上海市或其邻区的地震,有经过上海市的等震线。B表示参照文献〔1〕、〔2〕中有关上海市历史地震的宏观描述,依据中国烈度表和文献2)中有关华南地区的烈度衰减规律综合确定。C.主要根据文献2)有关华南地区的烈度衰减关系确定。D.主要根据本地历史地震宏观描述确定。

图1表明上海市极值烈度有符合极值I型分布的趋势。

利用表1资料,作者确定了各类极值分布参数,见表2。

根据(3)、(5)两式和表2的极值分布参数可得到设计基准期内(100年、50年、30年、20年)超过概率为10%的极值烈度(表3)。

1) 上海地震局等,上海市地震地质背景研究,1986.

2) 鲍霭斌,我国各地区的烈度衰减规律,地震工程动态,1984.

表 2 极 值 分 布 参 数

极值分布类型	极值分布参数	矩 法	阶统计方法	Grumbel法	非线性拟合法
I 型分布	α	0.909	0.916	0.843	0.732
	u	2.265	2.273	2.255	2.246
修 正 的 I 型分布	β				0.727
	w				2.257
	V				9.305

表 3 设计基准期内超过概率为10%的上海市的极值烈度

极值分布类型	设计基准期 极值烈度 极值分布参数的确定方法	100年	50年	30年	20年
		矩 法	7.3	6.5	5.9
I 型分布	阶统计方法	7.2	6.5	5.9	5.5
	Grumbel方法	7.7	6.8	6.2	5.7
	非线性拟合法	8.5	7.5	6.8	6.3
	修正的 I 型分布	非线性拟合法	7.9	7.2	6.6

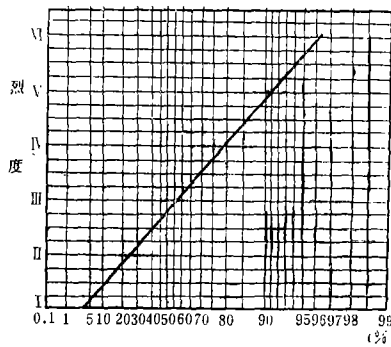


图 1 极值烈度在Grumbel概率纸上的分布

4. 结果与问题讨论

(1) 极值 I 型分布的分析结果与确定极值分布参数的方法有关。矩法、阶统计方法、Grumbel法对应的分析结果较为接近，非线性拟合法所得结果偏大。产生上述情况的原因可能是非线性拟合法得到的 u 、 α 对较大烈度值不敏感。

(2) 由表 3 可知，修正的极值 I 型分布所得烈度为 6.2、7.2、7.9 的重现周期分别是 190 年、475 年、1000 年。就上海市的实际情况来看，1583—1986 年间烈度为 VI 的地震已出现 3 次，这与上述分析结果大致接近。至于上海市是否出现过烈度为 VII 的地震，本文认为，在

(下转 76 页)

future 50 years. Therefore in the above mentioned meizoseismal region of historical earthquakes and its vicinity, the seismic intensity may be determined as 7—8 degree.

The exposition mentioned above are our criteria for compiling the seismic intensity zoning map of the Sea area of China and its vicinity. For lack of data and experiences, this zoning only is a preliminary result and a reference for the development of economy and the countermeasure of earthquake in Sea area.

The seismic intensity zoning map is drawn by Feng Aimin.

(上接97页)

宋代建隆时期,上海尚为一荒凉的渔村,人口分布稀疏,因而低估实际地震烈度的可能性是存在的。

(3)修正的极值 I 型分布在公式上较极值 I 型分布有所改善,如百年超过概率为 0.01 (大坝或核反应堆常用基准)的极值烈度为: 9.9 (极值 I 型、矩法)、9.1 (修正的极值 I 型)。在小概率情况下,修正的极值 I 型分布有明显的优越性。

(4)参照国内外工业和民用建筑采用 50 年超过概率为 10% 的标准,根据表 3 所得结果,本文认为,取上海市设计烈度为 VII 是合理的。

(本文 1986 年 12 月 25 日收到)

(同济大学结构理论研究所 汪梦甫)

参考文献

- [1]上海市地震局,上海地区地震史料汇编,地震出版社,1970.
 [2]顾功叙等,中国地震目录,地震出版社,1983.
 [3]W.G.Milne and A.G. Davenport, Distribution of earthquake risk in Canada, B.S.S.A., Vol. 56, No. 2, 1969.

AN APPLICATION OF THE EXTREMAL VALUE THEORY TO THE SEISMIC RISK ANALYSIS OF SHANGHAI CITY

Wang Mengfu

(Institute of Structural Theory of Tongji University)