

b 值和 V_4 的统计分析及其不确定性对地震危险性 分析结果的影响研究*

谢卓娟, 吕悦军, 兰景岩, 徐丹丹

(中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085)

摘要: 以郯庐地震带为研究实例, 基于线性最小二乘法回归原理, 采用多种组合方案统计得到多个 b 值与 V_4 组合, 选取最佳组合方案, 确定郯庐地震带最优 b 值和 V_4 值; 同时使用概率地震危险性分析方法计算每个组合方案不同超越概率水平下的基岩水平峰值加速度, 探讨了地震活动性参数 b 值和 V_4 的不确定性对地震危险性分析结果的影响程度和规律。本研究方法和结论可供地震活动性分析和地震危险性评价研究时参考, 对地震区划和工程场地地震安全性评价均有重要意义。

关键词: b 值; V_4 ; 最小二乘法; 地震危险性分析; 郯庐地震带

中图分类号: P315.912

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2013)01-0086-08

0 引言

b 值和 V_4 作为概率危险性计算中的两个重要参数, 其统计分析是确定地震统计区地震活动性参数的重要环节 (胡聿贤, 1999)。受地震资料完整性、统计时段、样本处理方法等因素的影响, b 值和 V_4 的统计结果存在较大的不确定性, 直接影响到场点的地震危险性分析结果。笔者以郯庐地震带为研究实例, 分时段统计各震级档的累积年平均发生率, 基于线性最小二乘法回归原理, 采用多种组合方案统计得到多个 b 值与 V_4 的组合, 并以概率地震危险性分析方法计算每个组合方案不同超越概率水平下的基岩水平峰值加速度, 通过研究, 笔者选取了郯庐地震带 b 值与 V_4 的最佳统计方案, 确定最优 b 值和 V_4 值, 为概率危险性分析提供计算参数, 同时, 还探讨了地震活动性参数 b 值和 V_4 的不确定性对地震危险性分析结果的影响程度和规律。

1 统计方法和原理

b 值为震级—频度关系式中的斜率, 它代表着一个区域内不同大小地震频度的比例关系, V_4 为 4

级以上地震的年平均发生率, 反映一个区域内的地震活动水平。 b 值是通过实际资料统计得到的, 它与实际资料的完整性、可靠性、统计样本量的大小有关。历史地震可利用的震级范围有限 (一般为 $5 \leq M_s \leq 8$), 所以使用历史地震资料求解的 b 值结果往往偏低; 而现代地震资料因其记录时间太短, 所求解的 b 值不能正确反映一个地区地震活动特征 (黄玮琼等, 1989)。因此, 可以使用历史强震资料 and 现代小震联合求 b 值, 以弥补地震资料样本量的不足 (鄢家全等, 1996; 潘华, 李金臣, 2006), 其具体原理为震级—频度关系式

$$\lg N_i = a - bm_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (1)$$

式中, a , b 为回归系数, 按间隔 Δm 将最小震级 m_{\min} 以上震级划分成 n 档, m_i 取 $m_{\min} + (i-1) \times \Delta m \leq m < m_{\min} + i \times \Delta m$ 震级区间的下限值, 令 $y_i = \lg N_i$, 由实际地震资料, 可以得到 n 对观测值 $(m_1, y_1), (m_2, y_2), \dots, (m_n, y_n)$ 。假定震级 m_i 在时段 T_i 上基本完整, 其年平均发生率为 V_i , 则有

$$\begin{aligned} y'_i &= \lg \left(\sum_{i=k}^n v_i \right) = \lg \left(\sum_{i=k}^n \frac{N_i}{T} \right) = \lg \left(\frac{1}{T} N_i \right) \\ &= y_i - \lg T. \end{aligned} \quad (2)$$

由此可以得到 n 对值 $(m_1, y'_1), (m_2, y'_2), \dots, (m_n,$

* 收稿日期: 2012-03-30.

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项 (ZDJ2013-05) 和 (ZDJ2010-20) 联合资助.

y'_n), 综合式 (1) 和式 (2) 可得到

$$y' + \lg T = a - bm_i = > y' = a' - bm_i, \quad (3)$$
$$a' = a - \lg T.$$

对比式 (1)、(3) 可以看出, $N_{(m)} - M$ 关系中的 b 值和转换为累积年平均发生率 $V_{(m)} - M$ 关系中的 b 值一致, 因此, 可以使用历史地震资料和记录较为完备的现代小震资料, 转换为累积年平均发生率的方法统计 b 值。本文采用此方法并基于线性最小二乘回归原理进行拟合, 最终求得地震统计区的 b 值和 V_4 。

2 b 值和 V_4 的统计

2.1 资料预处理

收集郯庐地震带历史强震目录 (国家地震局震害防御司, 1995; 中国地震局震害防御司, 1999; 中国地震局地壳应力研究所, 2009) 和 1970 年以来的现代中小地震目录 (小震资料来自中国地震台网中心的地震数据库), 根据余震的空间窗半径公式 $\lg R = 0.48M - 1.57$ (陈凌等, 1998) 和时间窗表 (Console 等, 1979), 确定余震的空间和时间范围, 对所收集到的地震目录进行余震删除; 并基于 G-R 关系的震级—频度分布原理, 对研究区的小震资料进行完整性分析 (苏有锦等, 2003; 王琼等, 2011), 选取 M_L 在最小完整震级

M_C 至 5.0 级范围内的中小震, 利用华北平原地区 $M_S = 1.0112M_L - 0.2591$ 公式 (谢卓娟, 2009) 将 M_L 转换为 M_S 震级。

通过以上资料预处理, 最终给出了郯庐地震带自公元前 70 年以来地震 4 174 次, 其中, 8 级以上地震 1 次、7.0 ~ 7.9 级地震 6 次、6.0 ~ 6.9 级地震 16 次、5.0 ~ 5.9 级地震 64 次、4.7 ~ 4.9 级地震 38 次、4.0 ~ 5.0 级地震 53 次、3.0 ~ 3.9 级地震 527 次、2.0 ~ 2.9 级地震 3 469 次。

2.2 各时段地震累积年平均发生率

分析郯庐地震带地震活动的时间分布特征, 以此作为划分累积年平均发生率时段的依据。图 1 分别给出了该带公元前 70 年和 1400 年以来 $M \geq 4\frac{3}{4}$ 地震的 $M-T$ 图, 从图 1a 中可以看出, 1400 年之前仅记有 11 次地震, 地震缺失较多, 1400 年后地震记录基本完整, 1500 年以后 5 级以上地震基本完整 (任雪梅, 2011); 从图 1b 中可看出, 1400 年以来该地震带经历有两个地震活跃期, 分别为 1477 ~ 1687 年和 1829 年至今, 郯庐地震带的第一活跃期发生了 1668 年郯城 8 $\frac{1}{2}$ 级特大地震, 第二活跃期尚未结束。

根据郯庐地震带的时间分布特征, 分 4 个统计时段: 1477 ~ 2011 年、1500 ~ 2011 年、1829 ~ 2011 年和 1970 ~ 2011 年, 分别统计出这 4 个时段各震级档的地震累积年平均发生率, 统计结果如表 1 所示。

表 1 郯庐地震带不同时段各震级档的地震累积年平均发生率
Tab. 1 The cumulative annual mean incidence of earthquake in different time period of Tan-Lu seismic zone

时间		震级 M_S										
		3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.5
1477 ~ 2011 年	N					77	42	21	9	6	2	1
	V					0.144 2	0.078 7	0.039 3	0.016 9	0.011 2	0.003 7	0.001 9
1500 ~ 2011 年	N					74	40	20	9	6	2	1
	V					0.144 8	0.078 3	0.039 1	0.017 6	0.011 7	0.003 9	0.002 0
1829 ~ 2011 年	N					38	21	12	6	3	1	0
	V					0.208 8	0.115 4	0.065 9	0.033 0	0.016 5	0.005 5	0
1970 ~ 2011 年	N	909	329	101	34	14	5	3	2	1	0	0
	V	22.170 7	8.024 4	2.463 4	0.829 3	0.341 5	0.122 0	0.073 2	0.048 8	0.024 4	0	0

2.3 多种组合统计方案

根据郯庐地震带地震样本完备时段、活动期划分、不同震级段等因素, 形成多种统计方案, 得到多个 b 值与 V_4 的组合, 每个组合表现出了不同的地

震活动特征。统计方案与结果列于表 2, 表 2 中“ Δ ”表示标准离差, R 表示拟合的相关系数, SD 是回归标准差。本节统计 b 值时采用 0.5 作为地震统计间隔 (黄玮琼等, 1989; 雷建成等, 2010)。

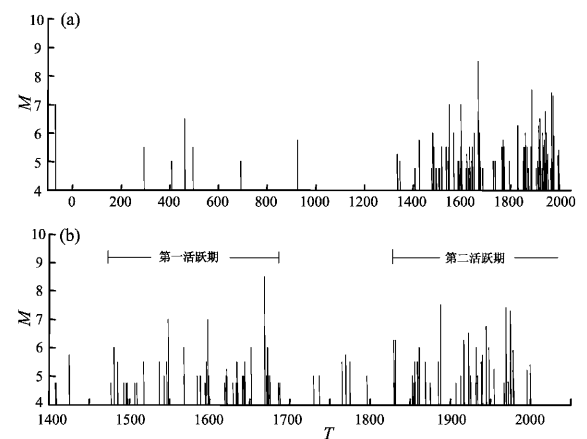


图1 公元前70年(a)、公元1400年以来(b)
郯庐地震带的M-T图

Fig.1 The M-T map of the Tan-Lu seismic
zone since 700 BC (a) and 1400 (b)

综合郯庐地震带的统计方案（表2）可看出，不同统计方案得到的 b 值和 V_4 有明显差异。 b 值最大值为0.913，最小值为0.555，极差为0.358，变化幅度达到0.2%~64.5%， b 值平均值为0.776，标准差为0.089； V_4 最大值为2.71，最小值为0.49，极差为2.22，变化幅度达到0.4~4.5倍， V_4 平均值为2.1478，标准偏差为0.602。

表2中各统计方案的拟合相关系数 R 均达到0.984以上，按照10号方案进行拟合的相关系数最高， R 为0.998， $R \rightarrow 1$ ，表明按照10号方案进行拟合的效果最佳，线性关系最好，回归标准差 $SD = 0.090$ ，也为方案中的最低值，数据可靠性高。按照10号方案进行拟合得到的 $b = 0.853$ ，拟合结果如图2a所示。

表2 郯庐地震带 b 值和 V_4 多方案统计结果
Tab.2 Statistical results schemes of b -value and V_4 in Tan-Lu seismic zone

方案	组合方案	b 值	Δb	V_4	R	SD
1	1500~2011年, $5 \leq M \leq 8.5$	0.555	0.032	0.49	0.992	0.098
2	1829~2011年, $5 \leq M \leq 8$	0.613	0.038	0.99	0.992	0.095
3	1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 7.0$	0.746	0.043	2.67	0.988	0.165
4	1970~2011年, $4.0 \leq M \leq 7.0$	0.653	0.047	1.77	0.987	0.125
5	1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 6.5$	0.788	0.045	2.71	0.990	0.146
6	1970~2011年, $4.0 \leq M \leq 6.5$	0.692	0.059	1.92	0.986	0.122
7	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 5.0$; 1829~2011年, $5.5 \leq M \leq 7.5$	0.781	0.026	2.62	0.995	0.120
8	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 5.0$; 1500~2011年, $5.5 \leq M \leq 8.5$	0.771	0.039	2.25	0.988	0.220
9	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 5.0$; 1500~2011年, $5.5 \leq M \leq 7.5$	0.836	0.031	2.48	0.995	0.139
10	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 5.0$; 1829~2011年, $M5.5$; 1500~2011年, $6.0 \leq M \leq 6.5$, $M=7.5$	0.853	0.023	2.63	0.998	0.090
11	联合1970~2011年, $4.0 \leq M \leq 5.0$; 1829~2011年, $M5.5$; 1500~2011年, $6.0 \leq M \leq 7.5$	0.771	0.044	1.69	0.990	0.143
12	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 5.0$; 1829~2011年, $M5.5$; 1500~2011年, $6.0 \leq M \leq 7.0$	0.851	0.028	2.60	0.996	0.108
13	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 4.5$; 1829~2011年, $M5.0$; 1500~2011年, $5.5 \leq M \leq 6.5$	0.913	0.032	2.44	0.996	0.105
14	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 4.5$; 1500~2011年, $5 \leq M \leq 8.5$	0.764	0.047	2.04	0.984	0.257
15	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 4.5$; 1500~2011年, $5 \leq M \leq 7.5$	0.832	0.042	2.24	0.990	0.193
16	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 4.5$; 1829~2011年, $5 \leq M \leq 7.5$	0.778	0.035	2.49	0.992	0.159
17	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 4.5$; 1829~2011年 $5.0 \leq M \leq 5.5$; 1500~2011年, $6.0 \leq M \leq 8.5$	0.767	0.040	2.22	0.988	0.218
18	联合1970~2011年, $3.0 \leq M \leq 4.5$; 1829~2011年 $5.0 \leq M \leq 5.5$; 1500~2011年, $6.0 \leq M \leq 7.5$.	0.832	0.031	2.41	0.995	0.140

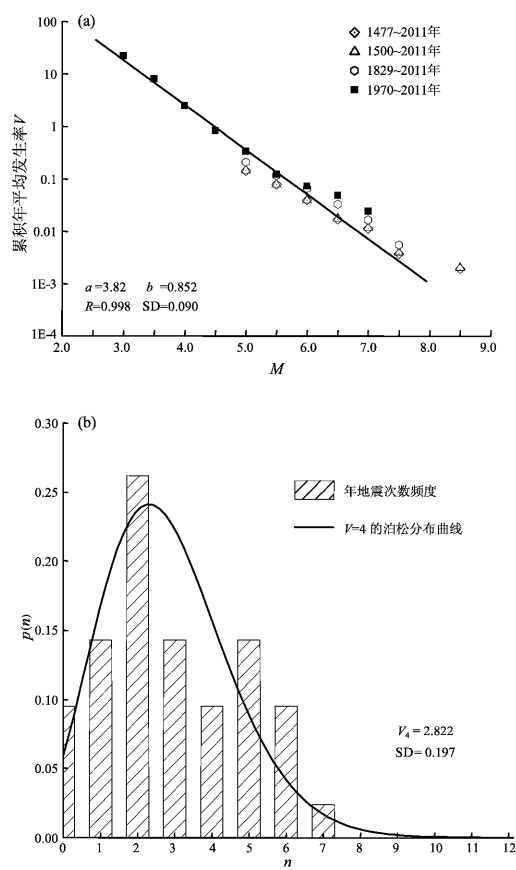


图 2 郯庐地震带震级—频度关系图 (a)、地震发生次数泊松分布拟合图 (b)
Fig. 2 Magnitude-frequency relationship of Tan-Lu seismic zone (a) and poisson distribution fitting curve of the number of earthquake (b)

V_4 代表地震统计区泊松分布事件年发生率的期望值 (概率分布均值), 它反映地震发生次数的概率分布。根据泊松分布的假定, 年地震发生次数的分布特征, 是决定 V_4 大小的主要因素。基于潘华 (2011) 所提出的发生率分布特征的 V_4 统计方法^①, 计算的郯庐地震带的 V_4 值见图 2, 图中横坐标为年地震次数, 纵坐标为年地震次数发生的概率, 由图可知, 实际资料统计得到的年地震发生次数的分布形态与泊松分布较为近似, 由泊松分布的定义和公式推导出郯庐地震带 $V_4 = 2.822$, 标准差 $SD = 0.197$, 反推回 $b = 0.856$, $\Delta b = 0.0229$ 。

根据郯庐地震带的 b 值和 V_4 统计结果, 并基于不低估已有的地震危险性, 同时对未来地震危险性给予合理保守考虑的原则^①, 最终确定郯庐地震带 $b = 0.856$, $V_4 = 2.822$ 。

3 b 值和 V_4 的不确定性对危险性分析结果的影响

3.1 基岩水平峰值加速度

将不同 b 值与 V_4 的组合作为概率危险性分析中的计算参数, 以相同的潜在震源区划分方案、空间分布函数和地震动衰减模型 (GB18306 - 2001; 卢寿德, 2005), 采用考虑地震活动时空不均匀特性的概率危险性分析方法 (CPSHA), 计算统计区内不同超越概率水平下的地震加速度峰值。随机选取点 (35.446°N, 119.290°E), 表 3 给出该点在不同 b 值与 V_4 组合计算得到的 50 a 超越概率分别为 63%、10%、2% 和 100 年超越概率分别为 63%、10%、3% 的地震基岩水平峰值加速度。

根据表 3, 以最优 b 值和 V_4 计算得到的基岩水平峰值加速度值为参照标准, 计算各方案的基岩水平峰值加速度值与参照值的差值, 将各概率基岩水平峰值加速度差值绘制成图 3。结合表 3、图 3 可看出: ① 使用不同的 b 值与 V_4 组合计算得到的不同超越概率水平下的基岩水平峰值加速度值有明显差异, 但其变化具有一定的规律性; ② 不同的 b 值与 V_4 组合的变化对高超越概率水平的影响均大于对低超越概率水平的影响, 如图 3 所示, 各方案中 50 a 超越概率为 2%、100 a 超越概率为 3% 的基岩水平峰值加速度差值均大于低概率的

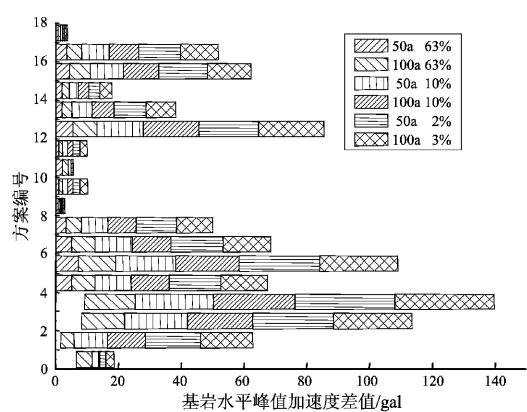


图 3 各概率基岩水平峰值加速度差值图
Fig. 3 Difference of the basement rock horizontal peak acceleration in different risk probability

① 潘华. 2011. 新一代地震区划图—地震活动性参数确定专题报告.

表 3 不同 b 值与 V_4 组合对应的不同超越概率水平下的基岩水平峰值加速度

Tab. 3 The variety combination schemes of b -value and V_4 corresponding to the different exceeding probabilities of the horizontal peak acceleration on the basement rock

方案	b 值	V_4	基岩峰值加速度/Gal					
			50a 63%	50a 10%	50a 2%	100a 63%	100a 10%	100a 3%
1	0.555	0.49	10.1	72.9	136.7	23.9	100.8	150.4
2	0.613	0.99	18.4	85.5	152.5	33.2	113.3	164.2
3	0.746	2.67	25.1	95.0	160.6	42.5	122.0	172.6
4	0.653	1.77	26.0	99.8	166.6	45.1	127.2	179.3
5	0.788	2.71	21.8	86.5	151.3	36.4	113.3	162.5
6	0.692	1.92	23.9	94.1	160.4	40.9	121.4	172.5
7	0.781	2.62	21.8	86.7	151.6	36.4	113.6	162.8
8	0.771	2.25	20.1	83.3	147.7	33.8	110.3	159.2
9	0.836	2.48	16.0	74.4	134.5	28.4	100.8	147.3
10	0.853	2.63	15.7	73.3	132.7	27.8	99.4	145.2
11	0.771	1.69	14.5	73.9	134.8	27.2	100.7	147.7
12	0.851	2.60	15.7	73.3	132.7	27.8	99.4	145.3
13	0.913	2.44	11.2	60.0	115.9	21.4	83.6	126.7
14	0.764	2.04	18.7	81.3	145.0	32.2	108.3	157.0
15	0.832	2.24	14.6	72.1	131.3	26.7	97.9	143.7
16	0.778	2.49	21.2	85.5	150.4	35.5	112.4	161.5
17	0.767	2.22	20.2	83.6	148.2	33.9	110.6	159.6
18	0.832	2.41	15.9	74.3	134.3	28.2	100.7	147.1
最优	0.856	2.822	16.7	74.9	134.9	29.0	101.2	147.6
极差	15.9	23.7	39.8	43.6	50.7	52.6		

50 a 超越概率为 63%、100a 超越概率为 63%；表 3 显示了 18 种方案计算结果的极差，可看出，极差也随着超越概率水平的增加而增加，变化范围在 15.9 ~ 52.6 Gal 之间；③ b 值拟合时，相关系数高，线性关系好的拟合方案计算得到的各概率基岩水平峰值加速度差值较小，如：9、10、11 等方案，相反，拟合线性关系差的方案计算得到的各概率基岩水平峰值加速度差值大，变化幅度大，如 3、4、6 方案。

综上所述， b 值和 V_4 的不确定性影响到地震危险性分析的结果，特别是对高超越概率的影响不可忽略，在 b 值和 V_4 统计时，应根据地震统计区样本资料的完整性，选取合适的统计时段、采用合适的样本处理方法联合确定统计方案。

3.2 敏感性分析

为了进一步研究 b 值和 V_4 对地震危险性分析结果的影响程度，判断较为敏感的参数，我们分别计算该场点在 V_4 一定 ($V_4 = 2.822$)、 b 值变化

和 b 值一定 ($b = 0.853$)、 V_4 值变化两种情况下的各概率基岩水平加速度峰值，计算结果如表 4 所示，图 4 为其基岩水平峰值加速度超越概率曲线图(超越概率分别为 10 a、50 a)。

结合表 4 和图 4 可看出：① V_4 一定时，地震危险性分析的结果随 b 值的增加而减小， b 值一定时，地震危险性分析的结果随 V_4 的增加而增加；说明 b 值越大，危险性程度越小， V_4 越大，危险性程度越大，计算结果合理。② 图 4 中显示，超越概率曲线的形状基本一致，变化规律一致，但高超越概率段的曲线比较离散，低超越概率段曲线较为集中，这说明地震活动性参数的变化对高超越概率水平的影响大于对低超越概率水平的影响，与上节分析结果一致。③ 对比图 4a ~ d 高超越概率和低超越概率段可看出，图 4a、b 中曲线的离散程度明显大于图 4c、d 中曲线的离散程度，反映出 b 值和 V_4 的敏感性， b 值的变化对计算结果影响更大，较为敏感， V_4 的敏感性相对较弱。

表 4 基岩水平峰值加速度值
Tab. 4 Horizontal peak acceleration on the basement rock

方案	b 值	不同 b 值相同 V_4 计算得到的基岩水平峰值加速度 ($V_4 = 2.822$)					
		50a 63%	50a 10%	50a 2%	100a 63%	100a 10%	100a 3%
1	0.555	54.6	139.5	214.9	78.0	172.0	228.4
2	0.613	44.6	125.2	199.6	67.7	157.7	212.1
16	0.778	23.3	90.1	155.1	39.0	117.0	166.6
10	0.853	16.9	75.4	135.7	29.3	101.8	148.5
13	0.913	12.9	64.6	121.2	23.7	88.7	132.5

方案	V_4	不同 V_4 相同 b 值计算得到的基岩水平峰值加速度 ($b = 0.856$)					
		50a 63%	50a 10%	50a 2%	100a 63%	100a 10%	100a 3%
1	0.49	2.8	25.6	72.7	5.5	44.0	81.8
11	1.69	9.9	59.0	115.5	20.2	82.9	126.4
14	2.04	12.0	65.0	122.5	23.2	89.6	134.1
10	2.63	16.9	75.4	135.7	29.3	101.8	148.5

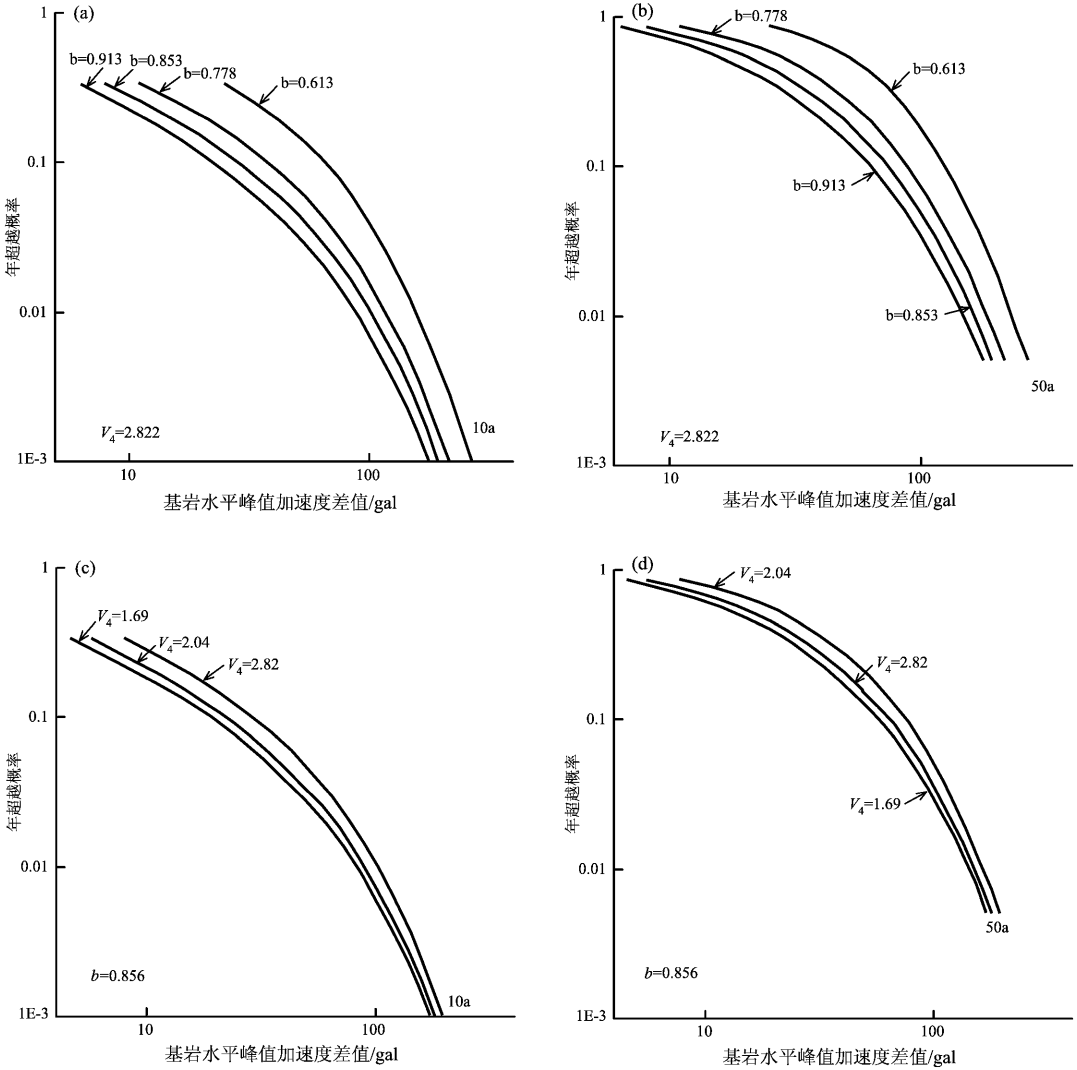


图 4 地震活动性参数 b 值和 V_4 的敏感性分析
Fig. 5 Sensitivity analysis of seismic activity parameters b -value and V_4

4 结论

通过本文的研究和对比分析,可以得出以下几点认识:

(1) 对 b 值和 V_4 进行统计时,应根据地震统计区地震样本完备时段、活动期划分、不同震级段等因素,形成多种统计方案,选取最佳 b 值与 V_4 组合方案,确定地震统计区的 b 值和 V_4 。本文以郯庐地震带为研究实例,给出统计方案和过程,最终给出郯庐地震带的 $b=0.856$, $V_4=2.822$ 。

(2) 使用不同的 b 值与 V_4 组合,计算得到的不同超越概率水平下的基岩水平峰值加速度值有明显差异,但其变化具有一定的规律性。不同 b 值与 V_4 组合对高超越概率水平的影响均大于对低超越概率水平的影响;多种组合方案中,拟合相关系数高、线性关系好的组合计算得到的各概率基岩水平峰值加速度差值小,变化幅度小,反之亦然。

(3) 当 V_4 不变时,地震危险性分析的结果随 b 值的增加而减小;当 b 值不变时,地震危险性分析的结果随 V_4 的增加而增加。 b 值的变化对地震危险性分析的结果影响更大, b 值较为敏感, V_4 的敏感性相对较弱。

中国地震区划图编制“地震活动性参数确定”工作组以及中国地震局地壳应力研究所刘冬英高级工程师对本研究提供了宝贵的资料,在此谨表示感谢!

参考文献:

- 陈凌,刘杰,陈颢,等. 1998. 地震活动性分析中余震的删除[J]. 地球物理学报, 41(增刊): 244-252.
- 国家地震局震害防御司. 1995. 中国历史强震目录(公元前 23 世纪-公元 1911 年)[M]. 北京:地震出版社.
- 胡聿贤. 1999. 地震安全性评价技术教程[M]. 北京:地震出版社, 225-235.
- GB18306-2001, 中国地震动参数区划图[S].
- 黄玮琼,时振梁,曹学锋. 1989. b 值统计中的影响因素及危险性分析中 b 值的选取[J]. 地震学报, 11(4): 351-361.
- 雷建成,高孟潭,吕红山,等. 2010. 地震带划分方案对地震活动性参数的影响[J]. 地震学报, 32(4): 457-465.
- 卢寿德. 2005. GB17741-2005《工程场地地震安全性评价》宣贯教材[S]. 北京:中国标准出版社.
- 潘华,李金臣. 2006. 地震统计区地震活动性参数 b 值及 V_4 不确定性研究[J]. 震灾防御技术, 1(3): 218-224.
- 任雪梅. 2011. 地震区划中 b 值统计的若干问题研究[D]. 北京:中国地震局地球物理研究所.
- 苏有锦,李永莉,李忠华,等. 2003. 川滇地区区域地震目录完整性最小震级分析[J]. 地震研究, 26(增刊): 10-16.
- 王琼,曲延军,高歌,等. 2011. 新疆天山南部构造区不同时段小地震目录完整性分析[J]. 地震研究, 34(1): 35-41.
- 谢卓娟. 2009. 1990 年以来中国大陆及邻区地震资料的统计分析[D]. 北京:中国地震局地壳应力研究所.
- 鄢家全,韩炜,高孟潭. 1996. 地震活动性参数的不确定性及其对区划结果的影响[J]. 中国地震, 12(增刊): 71-77.
- 中国地震局地壳应力研究所. 2009. 新一代地震动参数区划图-1990 年后中国及邻区地震目录编制工作报告[R]. 北京.
- 中国地震局震害防御司. 1999. 中国近代地震目录(公元 1912 年-1990 年 $M_s \geq 4.7$)[M]. 北京:中国科学技术出版社.
- Console R, Gasparini C, Simoni B De, et al. 1979. Preambolo al Catalogo Sismico Nazionale I criteri di informazione del CSN[J]. Annals of Geophysics, 32(1): 37-77.

Research on the Effects of Statistical Analysis of b -value and V_4 and its Uncertainty on Seismic Risk Analysis Result

XIE Zhuo-juan, LU Yue-jun, LAN Jing-yan, XU Dan-dan

(Institute of Crustal Dynamics, CEA, Beijing 100085, China)

Abstract

Taking Tan-Lu seismic zone as an example, basing on linear least-squares regression theory, we selected the best combination scheme of b -value and V_4 in Tan-Lu seismic region from various combination scheme statistics of b -value and V_4 . In addition, we calculated bedrock horizontal peak acceleration of each combination scheme under different probability of exceedance by probability seismic hazard analysis method, and discussed the influence degree and law of uncertainty of seismic activity parameter b -value and V_4 on seismic risk analyze result. The statistical analysis of b -value and V_4 and its uncertainty could be used as the reference of seismic activity and risk evaluation researches and had important significance for seismic zoning, and seismic safety assessment of engineering site.

Key words: b -value; V_4 ; least-squares method; seismic risk analysis; Tan-Lu seismic zone