

地震区划中 b 值统计时空范围的确定*

黄玮琼 李文香

(中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所)

摘要 由于特大地震($M_s \geq 8.5$)的孕震区一般大于通常所划分的地震带范围,故以地震带为统计单元,对包含 $M_s \geq 8.5$ 地震的带作 b 值估计时,往往会产生较大的方差.本文引进两级统计单元的概念.地震区为适合包含特大地震($M_s \geq 8.5$)作 b 值估计的统计单元,即第 1 级单元;地震区内又可分成若干地震带.它们可作为最大震级不超过 8 级地震的统计单元,即第 2 级单元.

由于地震在时间上的非平稳性,在选取 b 值估计的时间段时,须考虑到各地区地震资料的不平衡性与地震时间分布特征的差异性,因地制宜、酌情处理,以求所选时段能合理反映未来百年该统计单元内地震的活动水平.

关键词 b 值统计 统计单元 时间段 震级间隔

引言

在地震区划中,一般采用的是国际上通用的地震危险性概率分析方法.它假设在一个地震区或带内,地震的发生在时间与空间上符合泊松分布模型,大小地震比例关系符合截头的指数分布规律.在中国地震烈度区划图(1990)概论(国家地震局,1996)的编制中,是以地震带为基本统计单元确定 b 值,目的是为满足有足够的统计量及符合各地区地震活动规律的要求.另外,为反映地震在时间上的非平稳性,先估计未来百年地震带的地震活动水平,再确定 b 值估计的统计时段.

根据近 10 年来对地震活动特征与 b 值方面研究的成果,本文在对 b 值估计的时、空统计单元选择上,将提出一些新的见解.对空间统计单元而言,要考虑到特大地震($M_s > 8$)的孕震区一般都大于通常所划分的地震带范围.若以一个地震带为统计单元作 b 值估计会产生很大的偏差,故有必要考虑特大地震的孕震范围.可分两级确定地震空间统计单元,第 1 级针对特大地震而言,它可包含若干第 2 级统计单元;第 2 级统计单元适合于最大地震震级 ≤ 8 的一群地震.在统计时段上,由于全国各地区地震活动特点的差异及地震资料完整性的不均一,除了考虑未来地震活动水平外,有必要考虑各地震统计单元中,不同震级档地震采用不同的统计时段,以提高 b 值估计的可信度.

1 空间统计单元的选取

地震带的划分一般先考虑地震构造上的相似性、联贯性,其次再考虑地震空间分布的

* 中国地震局“95-05-03-02-04”课题. 中国地震局地球物理研究所论著 98A02030. 1997-11-17 收到初稿,1998-03-18 收到修改稿并决定采用.

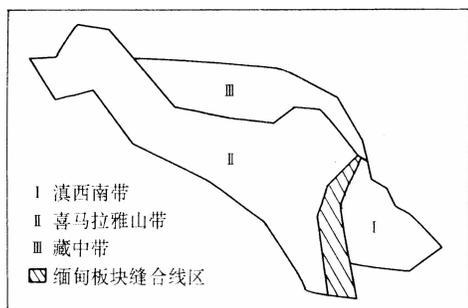


图1 青藏高原南区地震带不同划分方案示意图

成带性(时振梁等, 1974). 在以往的地震危险性分析中, 为了充分体现地震活动的空间非均匀性, 往往尽量地把地震带划得小一些, 只要能满足统计量的要求即可. 经过这几年的实际应用与研究, 我们发现, 如果某一地震带中发生过大于8级的地震, 那么在作 b 值估计时会出现方差大、相关系数小的现象. 这是由于大、小地震间的比例不匹配, 往往中间缺少次一级强震的缘故. 究其根本原因是特大地震的

孕震区远大于一个地震带的范围. 特大地震的发生不是孤立的, 在其前后伴随有一系列大大

小小的地震, 它们分布在特大地震孕震区内, 与特大地震有密切的关系. 所以, 人为地用一个比特大地震孕震区小的范围来估计 b 值, 等于把与特大地震有内在联系的一个地震群体分割开来, 取其中一部分地震作 b 值曲线拟合, 这显然是不合理的. 黄玮琼和李文香(1997)给出郟城1668年8½级地震, 海原1920年8½级地震和1950年察隅8.6级地震 b 值统计试验的不同空间域示意图, 以及 b 值统计结果. 中国大陆8.5级以上巨震孕育与发生过程有一定的时空范围, 在该范围内的大小地震能很好地遵从G-R关系式. 对8级以下的强震, 也都有它们自己最佳的空间统计范围. 因此, 具体地讲一般要划分出两级统计单元, 即第1级为地震区, 适合最大地震为 $M \geq 8.5$ 的特大地震参加 b 值估计的统计范围; 第2级为地震带, 适合于最大地震的震级为 ≤ 8 的统计范围. 对于中国大陆地区, 具备孕育8.5级以上地震的地震区有: 华北地震区、青藏高原北部地震区、青藏高原南部地震区. 此外, 由地质学家依据地震构造与地震空间分布格局划分的地震带是否合理, 需经过地震活动性的统计分析进一步检验, b 值统计方法就是其检验手段之一. 我们对环文林^①给出的全国地震区、带划分方案, 进行了 b 值统计计算. 从 b 值曲线与所计算的方差、相关系数上进行判断, 可对所划分的地震区、带进行筛选与修改. 下面举例说明. 选缅甸板块缝合线区

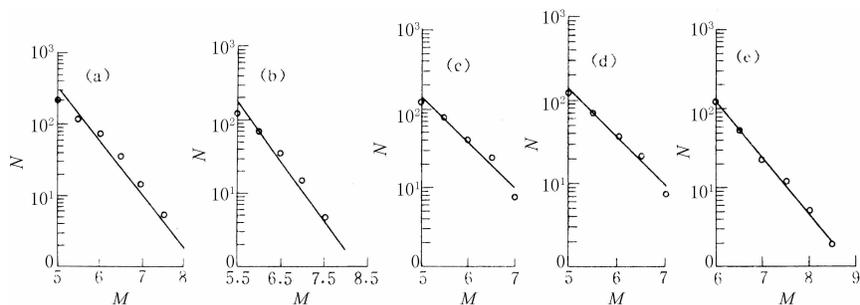


图2 青藏高原南区地震带不同划法的 b 值曲线.

- (a) 横断山带(1876~1995年); (b) 横断山带(1900~1995年); (c) 滇西南带(1876~1995年);
(d) 滇西南带(1900~1995年); (e) 喜马拉雅山带(1897~1995年)

① 环文林, 1998. 在国家地震局“95-05-03”重点项目中所提供的全国地震区、带方案.

(图 1 中斜条部分)为例. 如果把它划归滇西南带组成横断山带, 那么选用不同时段和起算震级作 b 值估计, 都得到大的方差和小的相关系数. 原因是我国西南边界外那部分地震与滇西南带的地震合在一起不匹配. 若换一种划分方法, 将缝合线区划归西边的喜马拉雅山带, b 值统计结果就可以接受. 统计结果如表 1 所示, 部分 b 值曲线如图 2 所示. 从图 2 和表 1 可看出, 缅甸板块缝合线区划归西边的喜马拉雅山带比较合适. 根据各带 b 值统计结果的分析, 经过调整后, 可得到我国地震区、带划分方案(图 3). 它可作为 b 值统计两级空间统计单元的基本依据.

表 1 中国西南地区不同划带方法所得统计结果

地震带	统计时段	b	s (方差)	γ (相关系数)
横断山脉	1876~1995 年	0.75	0.18	97.97%
	1900~1995 年	0.81	0.17	98.08%
滇西南	1876~1995 年	0.58	0.075	99.00%
	1900~1995 年	0.58	0.067	99.20%
喜马拉雅	1897~1995 年	0.66	0.058	99.78%

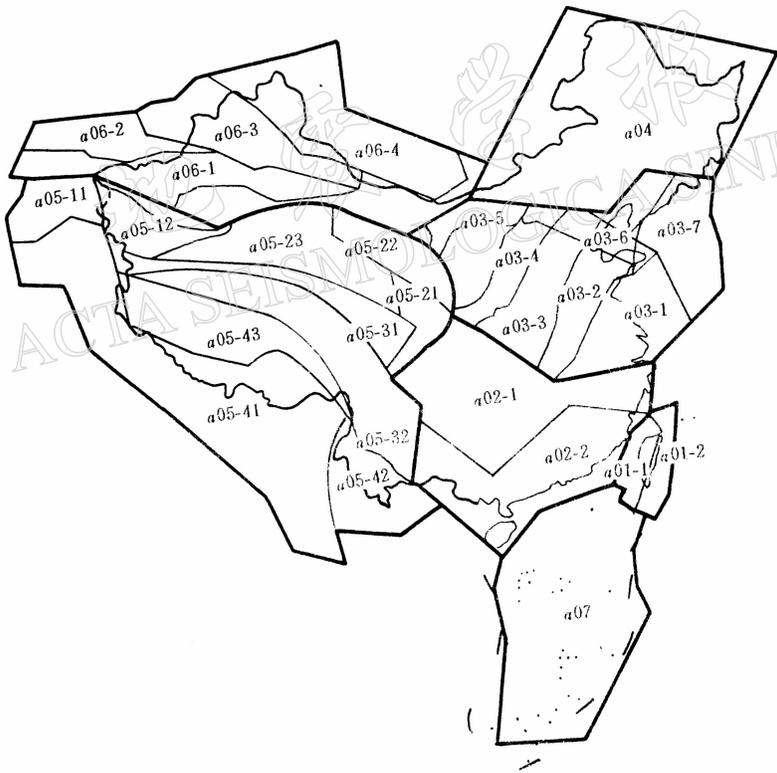


图 3 中国地震区、带划分图.

a01-1 台湾西部地震带; a01-2 台湾东部地震带; a02-1 长江中游地震带; a02-2 华南沿海地震带; a03-1 长江下游-黄海地震带; a03-2 郟庐地震带; a03-3 华北平原地震带; a03-4 汾渭地震带; a03-5 银川-河套地震带; a03-6 燕山-渤海地震带; a03-7 朝鲜地震带; a04 东北地震区; a05-11 帕米尔地震带; a05-12 西昆仑地震带; a05-21 龙门山地震带; a05-22 六盘山-祁连山地震带; a05-23 柴达木-阿尔金地震带; a05-31 巴颜喀拉山地震区; a05-32 鲜水河-滇东地震带; a05-41 喜马拉雅山地震带; a05-42 滇西南地震带; a05-43 藏中地震带; a06-1 南天山地震带; a06-2 中天山地震带; a06-3 北天山地震带; a06-4 阿尔泰山地震带; a07 南海地震区.
粗线表示地震区界线; 细线表示地震带界线

2 b 值估计的时间段选取

以往,为反映地震在时间上的非平稳性,采用先估计地震带上未来百年地震活动的水平,再确定估计 b 值统计时段的做法.也即,根据

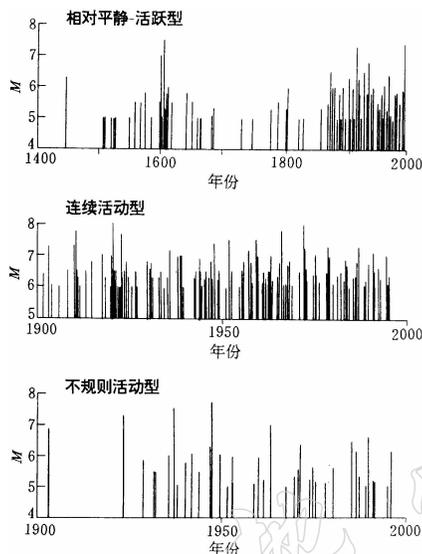


图4 地震带地震时间分布特征类型例图

未来地震活动是处于活跃期、过渡期还是平静期,选取相应的统计时段.这无疑是合理的.由于各地区地震历史资料记载的年限长短不一,以及各地震带地震活动时间特征千差万别,使得对有些史料记载年限短的地震区、带,在估计未来百年地震活动水平和确定 b 值统计时段时,有一定的难度.针对这个事实,就目前对中国各地震区、带地震活动特征的认识水平,本文将全国地震区、带的地震时间特征进行分类分析处理.下面对图3给出的分带作具体分析.

根据各地区现有地震资料和地震在时间上的活动特点,将全国各地震区、带地震活动时间分布特征分为三大类.例图如图4所示.

2.1 相对平静-显著活跃型

这类地震带上的地震在时间上呈现出相对平静与显著活跃相交替的现象.这类地震带约占全国地震带总数近一半.由于各地区发震构造的差异及受周围应力场作用的影响,不同地震带平静与活跃交替轮回的周期长短不同.表2给出几档轮回期的粗略估计以及相对应的地震带.

表2 不同轮回期对应的地震带

轮回期/a	地震带名称编号(见图3)
300±	a02-1,a02-2,a03-1,a03-2,a03-3,a03-4,a03-6,a03-7,a05-21,a05-22
200±	a05-32
100±	a01-1,a06-1,a06-2,a06-3,a05-41,a05-43

对这类地震带,通过一些统计分析,基本上可估计出未来100年地震活动是处于活跃期、过渡期还是平静期.若处于活跃期,则用相应的地震活跃期时段作统计时段;若是过渡期或平静期,均以平均水平时段作统计时段.

2.2 连续活动型

这类地震带上的地震,自有史以来基本上显示出不间断活动状态,细分起来地震活动轮回周期小于50年.这类地震带有台湾东带、帕米尔带和西昆仑带等.由于这些地区地震史料记载的年限都不长,多半自1900年以来 $M > 5$ 地震才比较完整.故直接取 $M \geq 5$ 地震基本完整的时段作为统计时段.

2.3 不规则活动型

这类地震带中地震在时间轴上往往显不出有一定的活动规律.它们多半是些地震资料

记载年限短,难以分辨出地震活动特点的区、带;有的带虽然资料记载年限不短,但地震在时域上的分布不均衡。这些地震区、带有东北带、阿尔泰山带、滇西南带、内蒙-宁夏带、柴达木带和巴颜喀拉山带等。对这些带未来地震活动趋势的判断有一定的困难。因此,只能就现有的地震资料,在满足某震级以上地震基本完整的条件下作 b 值统计。某些资料极不均衡的地震带,用那些现有的资料直接估计 b 值会产生很大的方差。为了提高其合理性,建议采用不同震级档地震取不同的统计时段,用各档地震年平均发生率进行 b 值估计(黄玮琼等,1989)。也就是说,根据不同震级档地震的“复发期”,各震级档地震的统计时段要超过相应的复发期,且还要考虑到记载的完整性,因带而异,酌情处理。如内蒙-宁夏带,自 849 年以来就有历史地震记载,除 849 年 7 级地震属于内蒙河套地区外,至 1740 年所记的地震均在宁夏地区;相反,1900 年左右至今记到的地震主要在河套地区。对这种不均衡的史料记载,如果直接用现有地震资料作 b 值估计,方差可达到 0.2 以上。故我们取 1920 年以来 $M_s \geq 5$ 地震基本完整的资料与 1970 年以来 $M_s = 3.5 \sim 4.9$ 地震的资料,分段求年发生率进行拟合,可得到相对合理的结果。

3 结语

综上所述,地震区划中如何选取 b 值估计的时空域,才能更合理地反映各地区地震自身活动规律及其时空不均匀性,有两条要点值得考虑:

(1) 在空间域上,要考虑到作 b 值统计的一组地震中最大地震的孕震范围。

(2) 在时间域上,按照不同地区地震时间活动特征的类别,尽可能使所选时段能合理地反映该区未来地震活动水平。

参 考 文 献

- 国家地震局,1996. 中国地震烈度区划图(1990)概论. 北京:地震出版社. 117~123
- 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. 地震学报, 11(4): 352~360
- 黄玮琼,李文香,1997. b 值统计的物理背景. 地震学报, 19(1): 86~92
- 时振梁,环文林,曹新玲,等,1974. 中国地震活动的某些特征. 地球物理学报, 17(1): 1~12