

## 前　　言

我国是一个多地震的国家，地震的发生对我国经济建设和人民生命财产的危害十分严重。为了贯彻以预防为主的方针，减轻地震灾害，减少经济损失，在工程建设时，需要考虑当地可能遭遇的地震危险程度。地震区划是以现有资料为基础，根据当前的科学技术水平和地震危险程度对国土进行划分。地震区划图展示了地区之间潜在地震危险程度的差异。

从30年代即已开始的地震区划工作，迄今已有50余年的历史。随着科学技术的进步，地震区划的目的、内容和方法均在不断地改进和发展。我国的地震区划工作已经历了两个阶段：

(1) 1956年前后，由李善邦和徐煜坚主持编制了我国1：500万的地震区划图。该图采用了两条原则，即曾经发生过地震的地区，同样强度的地震将来还可能重演；地质条件（或称地质特点）相同的地区，地震活动性亦可能相同。此图是我国的第一张全国性地震区划图件，它首次全面地反映了我国地震烈度分布的基本面貌，不足之处是此图没有赋予明确的时间概念，不少地方确定的烈度值偏高，因此未被建设部门接受使用。

(2) 从1972年至1976年，国家地震局编图组完成的1：300万地震区划图。该图是先进行地震危险区划，后完成地震烈度区划。地震危险区划是对未来百年内可能发生地震的地点和强度进行预测，地震烈度区划是在地震危险区划的基础上预测未来百年内遭遇的最大烈度分布。该图应用了当时对地震活动性和地震地质等方面的研究成果，描绘了初具时间概念的地震基本烈度区划图，即以一百年内，平均土质条件下，场地可能遭遇的最高地震烈度为编图的标准。该图被正式批准并颁布作为中、小型工程抗震设防的依据。该图反映了70年代中国地震区划的科学水平。

近十年来，我国的地震科学事业取得了明显的进步，积累了大量的新资料和研究成果；国内外在编制地震区划图的技术和方法有了新的进展；工程结构力学和抗震设计也已发展到了以极限状态为安全标准的概率设计阶段；我国新颁布的抗震设计规范（GBJ11-89）也引入了具有概率含义的三级设防准则。现有的观测事实和研究结果均表明，地震的发生和地震动的特性都具有一定的随机因素，还不能做出精确的预测，必须用可靠性理论的方法来处理。为了反映这些特点，应该进行概率含义的地震区划。

为了使地震区划适应当前工程建设抗震设计的实际需要和地震科学的发展水平，本区划图采用了地震危险性分析概率方法，图上赋予了有效时间区限和概率水平的含义。

中国地震烈度区划图（1990）的比例尺为1：400万，图上所标示的地震烈度值，系指在50年期限内、一般场地条件下，可能遭遇超越概率为10%的烈度值。50年内年超越概率为10%的风险水平，是目前国际上普遍采用的一般建筑物抗震设防标准。

本说明书旨在简要介绍编图的技术途径、原则方法、使用范围等，详细论述见专门的研究报告。

本图是在国家地震局震害防御司统一组织下完成的。参加编制的单位有各省、市、自治区地震局（办）和国家地震局所属研究所、队。本图的主编：高文学、时振梁。副主编：陈达生、金严、张裕明、叶洪、鄢家全、陶夏新。在编制工作中，得到了以刘恢先任组长，丁国瑜、陈鹤、胡丰贤、李平任副组长的专家顾问组的指导和帮助。

编图过程中还得到国务院有关部门的支持和帮助。

根据本区划图所依据的基础资料，另外还编制出版了以下图件作为本区划图的附图。

- 中国及邻区地震震中分布图（1：400万）
- 中国及邻区海域活动构造图（1：400万）
- 中国地震综合等震线图（1：400万）
- 中国及邻区地震震源机制图（1：1000万）

## 一、技术途径

编制本区划图所遵循的技术思路为：

- (1) 采用地震危险性分析概率方法；
- (2) 考虑地震活动的时空不均匀性；
- (3) 吸收中长期地震预报的研究成果。

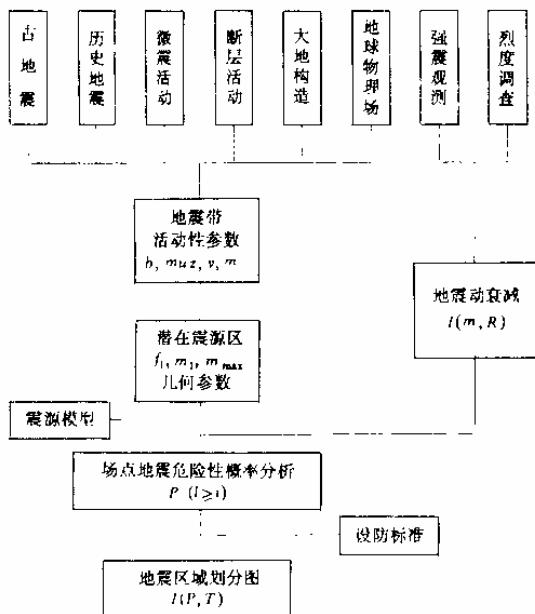
目前，国际上工程地震研究中所采用的地震危险性分析概率方法，主要是由科内尔（Cornell, 1968）等人发展起来的分析方法。编制本区划图时，考虑到我国地震活动强度高、分布广、复发周期长、地震构造复杂、区域性差异大的特点，并充分吸收了前两次地震区划工作的经验，以及近十余年来在中长期地震预测方面的科研成果，对地震危险性分析模型进行了必要的改进。

本次编图采用的地震危险性分析概率方法的主要特点是：

- (1) 强调了地震统计特征，包括地震发生的时间过程和震级频度关系的统计分析，地震时间过程符合分段的泊松过程，用地震带内未来百年的地震活动趋势确定地震活动水平；
- (2) 采用以震级为条件概率的地震空间分布函数，来反映地震活动在空间分布上的非均匀性，该函数同时也隐含了地震活动在时间域上的非均匀性。

这种方法用于区划的主要步骤和流程如附图所示。具体作法概述如下：

- (1) 通过对区域地震活动性、地球物理场和地震地质条件的认识，划分出能反映地震活动特征和地震活动水平的统计单元（地震区、带）；
- (2) 以地震带为基础，统计大小地震的震级-频度关系；分析未来 100 年内该带的地震活动趋势，由此确定该地震带的地震年平均发生率；
- (3) 以强震发生的地质标志和地震活动图象为依据，进一步划分出具有不同震级上限的潜在震源区；
- (4) 考虑各种预测因素，按震级间隔分档，分配地震年平均发生率于每个潜在震源区内；
- (5) 考虑到地震波衰减的地区性特点，采用椭圆或共轭椭圆衰减模型，按各地区衰减的方向性，计算各场点的地震危险性；
- (6) 按统一年限和概率水平的地震烈度值编制地震烈度区划图。



地震区划工作流程图

## 二、基础资料和图件

为本次编图需要而整理、编辑的基础资料和图件有：

- (1) 中国微震震中分布图 (1970—1986,  $M=1\text{--}4.5$ );
- (2) 中国活动构造图 (据各省市地震局提供的新构造图和现代构造图资料整理编辑);
- (3) 中国地震综合等震线图 (据各省市地震局提供的等震线图编绘);
- (4) 中国地震震源机制分布图;
- (5) 《中国地震简目 (BC780—AD1986,  $M>4\frac{1}{2}$ )》 (由中国地震简目汇编组整编); 中国邻区历史地震简目和中国及邻区历史地震震中分布图;
- (6) 强震观测资料;
- (7) 各省、市、自治区地震局 (办) 地震区划编图组提供的基础图件和报告;

- (8) 国家地震局所属各研究所、队提供的各种地球物理场、深部构造、地壳形变、卫星影像解释等图件和报告；
- (9) 各专题研究报告，琼北、鲁南地震区划图和报告，和各期地震区划工作资料汇编，各种有关文集、报告等；
- (10) 中国及邻区地震区、带划分图及说明；
- (11) 中国及邻区潜在震源区分布图。

为保证基础图件的可信度，以上所编图件均采用比例尺为1：250万图作底图。

### 三、划分地震区、带和潜在震源区

为了正确地反映地震活动强度、频度的空间非均匀性，本区划图采用先划分地震区、带，进一步确定潜在震源区的两级划分方法。

#### 1. 划分地震区、带

地震活动和地质构造有着密切的关系，我国的地震活动和新构造活动有明显的区域性和成带性。地震活动的强度、频度和新构造活动有明显相关的地区和地带，分别称之为地震区和地震带。根据我国大区域地震活动和地质构造的特点，可分为东北、华北、华南、新疆、青藏高原、台湾和南海7个地震区。

地震带的划分是在划分地震区的基础上进一步区分出构造活动性和地震活动性的地区差异。这主要是指各地震带间地震活动强度和频度上的差异，这些差异直接影响到危险性分析中参数的选取和地震危险程度的评估。本区划图所定义的地震带，具有统计单元的功能。这不仅要反映带内地震活动的区域特征；还要含有一定数量的大小地震，使各项地震活动性参数具有稳定性和代表性。

划分地震带的主要依据为：

- (1) 新构造、现代构造运动性质、强度一致性较好或类似的地带；
- (2) 地震活动性相一致或基本一致的地带，这包括地震强度、频度、最大震级、地震活动周期、古地震和历史地震的复发间隔、应变积累、释放过程、震源深度等；
- (3) 地球物理场和地壳结构相类似的地带。

地震带的边界是根据构造活动带、地震活动性、地球物理场变异带等多种依据综合确定的。

根据上述划分地震带的原则和依据，将中国及其邻区共划分为 27 个地震带。

## 2.划分潜在震源区

潜在震源区系指未来可能发生破坏性地震的地区。潜在震源区是根据构造类比和地震活动的空间分布特征确定的。构造类比是指历史上虽然没有强震记载，但与已经发生过强震地区的构造条件具有类似特点的地段或地区进行对比，以此划分为同类震级上限的潜在震源区；或虽无强震记载，但有古地震遗迹的地段，也可根据古地震的强度划定；地震活动的空间分布特征，是指在历史上已经发生过强震，或中、小地震成带或成从密集分布的地段或地区，判定为该地区有可能发生破坏性地震，可据其活动规模并结合构造条件来划分潜在震源区。具体划分潜在震源区时，考虑了以下几个方面：

- (1) 主要以地震带为基础确定潜在震源区，对于非地震带内的潜在震源区，据当地地震和地质条件划定；
- (2) 根据地震构造标志来确定其范围，特别是具有高震级上限的潜在震源区，由于标志明确，范围相对要小；
- (3) 在强震原地重复率不高和地震活动性强但记录时间短的地区，充分重视构造类比和图象识别研究的成果；
- (4) 历史上已发生过 5.5 或 6 级以上地震的地区，都要划出高于或等于该震级的潜在震源区；
- (5) 为便于统计计算，潜在震源区边界均采用直线，通常潜在震源区的延伸方向代表发震断层的方向，可作为地震动衰减的长轴方向。

据此，在全国及相邻地区划分出 733 个潜在震源区。

## 四、地震活动性参数

本区划图分析计算中采用的地震活动性参数包括：震级上限 ( $m_u$ )，震级—频率关系式中的  $b$  值，地震年平均发生本 ( $v$ )，起算震级  $m_0$  和地震空间分布函数  $f_{l, m_j}$  等。

### 1.确定地震活动性参数的原则

本区划图基于地震危险性分析方法，力求反映地震活动在时间和空间分布上的非均匀性，按“分两级确定参数”的原则进行，即首先确定地震带的参数，

再进一步确定各潜在震源区的参数。确定地震活动性参数时具体考虑了下列几个方面。

(1) 为了客观描述该区的地震活动水平，并使地震危险性分析建立在对未来地震趋势认识的基础上，本区划图以地震带作为确定地震活动性参数的统计单元；

(2) 为了保持地震事件的独立性和随机性，删除了大地震的余震和震群。

在某些特定地区，如宁夏的吴忠附近和山西的垣曲等地，常在很短的时间内发生若干次震级相差不大（1级之内）的地震群，对于此类地震群只保留其中最大的一次地震；对于我国东部地区，把能够判断为余震的均删除；西部地区地震活动的重复期较短，只删去主震后两年内的余震。

(3) 依据地震活动趋势分析，评估从目前起未来百年内可能有的地震活动水平，确定地震带总的地震年平均发生率；

(4) 为了保证高震级地震的影响不被低估，本区划图按震级档来分配地震年平均发生率，并用地震空间分布函数来描述地震活动的时、空不均匀性；

(5) 吸收中长期地震预测的科研成果，采用多项因子综合评定方法来确定地震空间分布函数  $f_{L, mi}$ 。

## 2. 确定地震带地震活动性参数的主要依据

(1) 震级上限  $m_{uz}$ ：地震带内的震级上限 ( $m_{uz}$ ) 是指该地震带内可能发生的地震震级上限值，预期未来达到和超过该震级地震的概率趋于 0。确定该参数的主要依据为：(1) 地震带的最大历史地震震级；(2) 已发现的地震带内的最大占地震震级；(3) 地震带内的地震构造规模和性质类比结果。

(2) 起算震级  $m_0$ ： $m_0$  是指对场点有影响的最小震级，它与震源深度，震源类型以及工程抗震要求有关。由于浅源地震对工程的影响较大，甚至有一些 4 级地震就能造成轻微的破坏；因此，为了确保 VI 度以上烈度值的可靠性，在编制本区划图中各地震带的起算震级  $m_0$  均取为  $M_s 4.0$  级。

(3) 震级—频度关系式中的  $b$  值： $b$  值代表一个地区内大小地震频次的比例关系，它与该地区的应力状态和地壳介质破裂强度有关。在地震危险性分析中， $b$  值是一个重要的参数，它的作用在于确定地震震级的分布密度函数和各级地震的年平均发生率。潜在震源的  $b$  值，选取该潜在震源所在地震带（或地震区）统计所得的  $b$  值。

本区划图所使用的  $b$  值，是由常用的震级—频度关系式确定的，

$$\log N = a - bM$$

式中： $M$  为震级； $N$  为累积频度； $a, b$  为系数。

所用的统计方法有：

• 利用历史地震资料统计：当地震带内某一可信时间域和可信震级域内的地震资料相对比较完整时，可利用相应时段和相应震级域的历史地震资料进行统计。

• 历史地震和近期小震相结合统计：对于历史地震资料记载时间较短，历史地震频度偏少，而近期仪器记录的中小地震又比较完整、丰富的地震带，则采用历史地震和近期小震相结合的方法求  $b$  值。以使延长震级区间，扩大样本量，比较客观地反映该区的大小地震的比例关系。

• 引用大区的  $b$  值：个别地震带地震资料太少，无法得到合理的  $b$  值，则根据地质构造和地震活动性类比原则，直接引用该地震带所在地震区的  $b$  值来代替地震带的  $b$  值。

(4) 地震年平均发生率 ( $v$ )：地震年平均发生率是指地震带内每年发生等于和大于震级为  $m_0$  的地震数，该参数代表了地震带的地震活动水平。地震年平均发生率的准确性，对地震危险性分析结果的影响颇大。地震年平均发生率是依据地震带上的  $b$  值及对该带未来地震活动趋势预测的基础上确定的。它与所选取的地震资料统计时段有关，要求在该时段内各震级档的地震资料完整、可靠；同时还需要考虑地震活动在时间上的非均匀性，要求被统计时段的地震活动性能代表未来百年内的地震活动水平。实际上，历史地震资料记录中往往遗漏一些震级较低的地震，因而影响到对未来地震趋势的估计。为此，在确定地震年平均发生率时，必须考虑地震资料本身的时、空不均匀性和完整性。

确定  $v$  值所遵循的方法和依据主要有：

- 以地震带为统计单元确定其  $v$  值；
- 各地震带的  $m_0$  均取  $M_s 4.0$  级；
- 利用地震活动趋势估计对  $v$  值进行宏观控制，使其同该地震带来百年内的地震活动水平相当；
  - 当未来百年内的地震活动水平可以用长时间的平均活动水平来代表时，则直接依据该带的  $a$ 、 $b$  值确定  $v$  值；
  - 在地震带内中、小历史地震遗漏较多的情况下，则由高震级地震的年平均发生率来推算震级大于 4 级的地震年平均发生率  $v$  值；
  - 地震带内近期地震活动水平低，但预测未来百年内又有可能进入活动高潮期的地震带，则选用历史上相应活动期的年平均发生率；
  - 若本地震带的地震资料太少，可以用区域的  $b$  值和带内中强地震的年平均发生率来推算。

### 3. 确定潜在震源区地震活动性参数的主要依据

- (1) 潜在震源区的震级上限：潜在震源区的震级上限  $m_u$  是指该潜在震源

区内可能发生的最大地震震级。预期未来发生超过该震级地震的概率趋于 0。潜在震源区的震级上限主要是通过对该潜在震源区本身的地震活动性和地质构造特点来确定。

对于已经发生过破坏性地震的潜在震源区，通常根据历史地震资料来进行评定：若该区地震资料丰富，历史地震资料记载已超过几个活动周期，可认为历史记载的最大震级代表了该潜在震源区的震级上限；如果由构造类比所得到的结果高于史料记载的最大震级，则以构造类比的结果作为该区的震级上限；

对于尚未记载到破坏性地震的潜在震源区，其震级上限可通过对该区地震构造条件与同一地震带中已知强震震中区的构造进行对比分析，并考虑图象识别等研究成果来确定；也可参考各种统计方法（如活断层的长度、位错量与震级的关系，标志性地震活动的空间尺度与震级的关系等）及古地震的震级来确定。

(2) 潜在震源区震级上限间隔：编制本区划图中的震级间隔取 0.5 级。所以，潜在震源区的震级上限分为 8.5, 8, 7.5, 7, 6.5, 6, 5.5, 5 八个震级档次。由于我国各地震带的地震活动水平相差很大，对地震活动水平很高，发生 6 级或 6.5 级地震随机性很大的地震带，如青藏高原边缘各地震带，南、北天山地震带，只能分出震级上限 6.5 级或 7 级以上五个或四个震级档次的潜在震源区，而将 6 级或 6.5 级地震作为本底地震处理。

(3) 本底地震：依据地质构造、历史地震和仪器记录地震的分析，通常以不能明确地划归某个潜在震源区的最大地震，可认定为该区域的本底地震。

(4) 地震空间分布函数  $f_{l, m_j}$ ：为了如实地反映地震活动的时、空不均匀性，需要将地震带内的地震年平均发生率，按预测结果合理地分配到相应的各潜在震源区中去。本区划图应用震级分档的方法来分配地震年平均发生率。该方法不仅充分反映了地震活动的时空不均匀性，而且可以避免低估大地震的危险程度。

按地震危险性分析的思路，地震带内  $m_j$  档震级的地震年平均发生率可以表示为：

$$v_{m_j} = \frac{2\exp(-\beta(m_j - m_0)) \operatorname{SH}\left(\frac{1}{2}\beta\Delta m\right)}{1 - \exp(-\beta(m_{u2} - m_0))}$$

式中  $\beta = b \times \ln 10$ ， $b$  为该地震带震级频度关系式中的  $b$  值； $\operatorname{SH}(1/2\beta\Delta m)$  为以  $1/2\beta\Delta m$  为变量的正弦双曲函数。

对于地震带中的第  $l$  个潜在震源区，各震级档  $m_j$  的年平均发生率可以表示为：

$$v_{lm} = \frac{2\exp(-\beta(m_j - m_0)) \operatorname{SH}\left(\frac{1}{2}\beta\Delta m\right)}{1 - \exp(-\beta(m_{us} - m_0))} f_{l,m_j}$$

式中  $m_{us}$  为地震带的震级上限,  $\Delta m$  为震级分档间隔, 本研究中  $\Delta m = 0.5$ ,  $m_j$  是分档间隔中心对应的震级值,  $f_{l,m_j}$  即为地震空间分布函数。

在确定各潜在震源区的空间分布函数  $f_{l,m_j}$  时, 着重考虑了以下几个方面的因素。

- 潜在震源区的可靠性程度。可由潜在震源区的地震构造条件或图象识别方法所判断可能发震的概率值来确定;

- 中长期地震预报成果。参考了包括国家地震局组织的 2000 年前的地震危险区划分研究成果和 1977 年编制的“中国地震危险区划图”上所反映的高震级地震危险区等一系列成果。

- 地震活动的区域特征。包括历史地震和古地震重复时间间隔, 大地震的减震作用, 地震活动图象及水平等区域特征。注意了东部地区强震活动的“免疫性”和“新生性”, 西部地区则强调其强震活动的“重复性”。

- 面积因素。在划分潜在震源区边界时, 应尽可能考虑地震构造因素, 但还得考虑同一地震带相同震级档次地震的随机性, 即在单位面积上发震概率相近的因素, 也就是将潜在震源区面积作为空间分布因素之一来考虑。

具体分析时, 根据上述四个方面的因素对空间分布函数单独赋值, 对每一个因素先在地震带内按某一震级档次归一化, 然后再根据各因素之和在地震带内归一化, 即可得到相应地震带内各潜在震源区分震级档次的空间分布函数  $f_{l,m_j}$ 。

## 五、地震烈度衰减关系和等震线长轴取向

### 1. 烈度衰减关系

烈度衰减关系由地震等震线资料拟合求得, 选用的资料要求震级 M 和烈度 I 独立测定, 故所选用的资料均为有仪器测定的震级, 同时也有详细的宏观调查报告。

本次编图所使用的烈度衰减关系公式为:

$$I = a_0 + a_1 M - a_2 \ln(R + R_0)$$

式中系数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ , 常数  $R_0$  由地震等震线资料拟合求得。

根据中国地震的特点, 等震线形状取为椭圆形, 分别对长短轴两个方向求得衰减关系式。

公式的使用范围取决于原始资料的覆盖范围, 如果超过此覆盖范围时, 对其适用性应持慎重态度。

所选地震等震线资料包括了地震震级  $M$ , 烈度值 ( $I$ ) 及长、短轴半径 ( $R_a$ ,  $R_b$ ) 三个参数, 这三个参数的覆盖范围为:

震级: 总共选用 198 个地震的等震线, 这 198 个地震的震级分布为:

$M$ :	5—5.5	5.6—6	6.1—6.5	6.6—7	7.1—7.5	7.6—8	$>8$
$N$ :	59	42	42	21	22	10	3

其中等震线共 566 条, 随烈度值的分布为:

烈度:	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
条数:	97	169	149	88	44	16	3

长半轴 (震中距) 的分布范围为:

长轴半径:	0—5km	6—10km	11—150km	$>150km$
条数:	36	92	405	33

这些数据基本上集中于烈度 V—VII 度, 震中距在 150km 之内。直接用这些数据拟合得到的的烈度衰减公式, 在近场和远场都不能恰当地反映真实情况, 其可信度都大为降低。

为了使远、近场的烈度衰减曲线逼近其真实情况, 采取了以下措施:

• 近场: 由于等震线资料只给出了最内圈等震线的烈度, 没有反映震中处 ( $R < 5km$  时) 的最高破坏情况。因此, 在震中区要增加控制点, 其烈度值在最内等震线烈度上加 0.1—1 度。

• 远场: 现有等震线只给到 V 度。为了更好地反映远场衰减情况, 增加了有感范围半径作为控制点。一般有感烈度为 III—IV 度, 计算时取 3.5 度。有感半径 ( $R$ ) 与震级的关系式如下:

$$\log R = 0.22M + 1.11 \quad 5 < M < 8.5$$

有感范围形状取为圆形, 即  $I = 3.5$  度时, 等震线长、短轴相等。据此数据再拟合, 使得衰减曲线的近、远场形态都得到了很好的控制。

由于数据点随震级、烈度和震中距的分布极不均匀, 故拟合过程中采取了加权的措施。

同时, 还对拟合方法进行了试验, 其结果表明, 在增加了远、近场控制点之后, 不同的拟合方法对结果的影响不超过 0.5 度。

为了要保证足够的数据量和区域构造的特点, 使危险性分析计算中尽量避

免过多的数值不连续，将全国分为东部和西部二个区，分别给出烈度衰减关系。

中国东部：

$$\text{长轴 } I = 6.046 + 1.480M - 2.081\ln(R + 25) \quad S = 0.49$$

$$\text{短轴 } I = 2.617 + 1.435M - 1.441\ln(R + 7) \quad S = 0.56$$

中国西部

$$\text{长轴 } I = 5.643 + 1.538M - 2.109\ln(R + 25) \quad S = 0.64$$

$$\text{短轴 } I = 2.941 + 1.363M - 1.494\ln(R + 7) \quad S = 0.61$$

式中， $I$  为地震烈度， $M$  为面波震级， $R$  为震中距（单位：km）， $S$  为标准误差。

## 2. 椭圆长轴取向及其概率分布

由于地震等震线为椭圆形，除地震震级和距离外，等震线长轴取向对场点地震危险性也起着一定的作用，在近场尤其显著。通常内圈等震线比较狭长，到外圈等震线逐渐趋于圆形。因此，等震线的取向对近场地震动的影响较大，而对远场区的影响则较小。

等震线长轴取向随地而异，主要与当地的区域活动构造走向有关。如华北地区等震线长轴取向有两个明显的优势方向，即北北东和北两西方向，西北地区的等震线长轴取向则以北西西为主。在危险性分析计算中，等震线长轴取向用分布函数  $f(\theta)$  表示。其概率分布大致有四种类型：

- 对于只有单一走向断层的潜在震源区， $f(\theta) = \delta(\theta)$ ，其中  $\theta$  为区域构造走向。
- 对于有共轭断层的潜在震源区， $f(\theta) = 0.5\delta(\theta_1) + 0.5\delta(\theta_2)$ ，其中  $\theta_1$  和  $\theta_2$  分别为共轭断裂的两个走向。
- 对于以一个方向断层为主，另一方向断层为辅的潜在震源区， $f(\theta) = 0.7\delta(\theta_1) + 0.3\delta(\theta_2)$ ，其中  $\theta_1$  和  $\theta_2$  分别为主干断裂与分支断裂的走向。
- 对于断层走向不清楚的潜在震源区，包括本底地震，则按照椭圆长轴方向在 180 度范围内的概率均匀分布。

## 六、地震危险性分析计算

设有  $N$  个地震带对场点的地震危险性有贡献。若第  $n$  个地震带对场点地震动年超越概率为  $P_n$  ( $i > i$ )，则场点总的地震动年超越概率表示为：

$$P(I \geq i) = 1 - \prod_{n=1}^N (1 - P_n(I \geq i))$$

在地震危险性分析中，最关键的步骤是确定第  $n$  个地震带对场点的地震危险性。以某一特定地震带为例，叙述确定地震带对场点的地震危险性。为简单起见，公式中参数略去了关于地震带的角标，所有参数都描述同一地震带。

地震带是地震活动性分析的基本统计单元，它应具有统计上的完整性和地震活动趋势的一致性。地震时间过程符合分段的泊松过程。在  $t$  年内，年平均发生率为  $v$ ，则

$$P_{kt} = \frac{(vt)^k}{k!} e^{-vt}$$

式中  $P_{kt}$  为统计区内未满  $t$  年内发生  $k$  次地震的概率。

地震带内大小地震的比例遵从修正的震级频度关系，相应的震级概率密度分布函数为

$$f_m(m) = \frac{\beta \exp[-\beta(m - m_0)]}{1 - \exp[-\beta(m_{uz} - m_0)]}$$

式中  $\beta = b \times \ln 10$ ,  $m_{uz}$  为地震带的震级上限。

在地震带内，可划分出若干潜在震源区。潜在震源区的地震空间分布函数是一个与震级有关的常数，记作  $f_{l,m_j}$ ，其物理含意是一次震级为  $m_j \pm 1/2\Delta m$  的地震落在第  $l$  个潜在震源区内的概率。它作为震级的条件概率，可以反映地震带内地震强度空间分布的非均匀性。对指定震级档的  $f_{l,m_j}$  在整个地震带内是归一化的，即有

$$\sum_{l=1}^{N_s} f_{l,m_j} = 1$$

其中  $N_s$  为地震带内潜在震源区总数， $f_{l,m_j}$  可以用统计方法综合判断确定。

$\Delta m$  为震级分档步长， $m_j$  的定义是从起算震级  $m_0$  到潜在震源区的震级上限  $m_u$  的若干档中第  $j$  档的中心震级。

根据分段泊松分布模型和全概率定理，地震带内所发生的地震，影响场点的地震烈度值 ( $I$ ) 超越给定值 ( $i$ ) 的超越概率为

$$P(I \geq i) = 1 - \exp \left\{ -v \sum_{l=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_m} \sum_{i=1}^{N_s} P(m_j) f_{l,m_j} / s_i \cdot P(I \geq i | E) f_l(\theta) dx dy d\theta \right\}$$

式中  $P(m_j)$  为地震带内地震落在  $j$  震级档  $m_j \pm \frac{1}{2}\Delta m$  内的概率； $N_m$  为震级

$$P(I \geq i) = 1 - \prod_n^N (1 - P_n(I \geq i))$$

在地震危险性分析中，最关键的步骤是确定第  $n$  个地震带对场点的地震危险性。以某一特定地震带为例，叙述确定地震带对场点的地震危险性。为简单起见，公式中参数略去了关于地震带的角标，所有参数都描述同一地震带。

地震带是地震活动性分析的基本统计单元，它应具有统计上的完整性和地震活动趋势的一致性。地震时间过程符合分段的泊松过程。在  $t$  年内，年平均发生率为  $v$ ，则

$$P_{kt} = \frac{(vt)^k}{k!} e^{-vt}$$

式中  $P_{kt}$  为统计区内未满  $t$  年内发生  $k$  次地震的概率。

地震带内大小地震的比例遵从修正的震级频度关系，相应的震级概率密度分布函数为

$$f_m(m) = \frac{\beta \exp[-\beta(m - m_0)]}{1 - \exp[-\beta(m_{uz} - m_0)]}$$

式中  $\beta = b \times \ln 10$ ， $m_{uz}$  为地震带的震级上限。

在地震带内，可划分出若干潜在震源区。潜在震源区的地震空间分布函数是一个与震级有关的常数，记作  $f_{l, m_j}$ ，其物理含意是一次震级为  $m_j \pm 1/2\Delta m$  的地震落在第  $l$  个潜在震源区内的概率。它作为震级的条件概率，可以反映地震带内地震强度空间分布的非均匀性。对指定震级档的  $f_{l, m_j}$  在整个地震带内是归一化的，即有

$$\sum_{l=1}^{N_s} f_{l, m_j} = 1$$

其中  $N_s$  为地震带内潜在震源区总数， $f_{l, m_j}$  可以用统计方法综合判断确定。

$\Delta m$  为震级分档步长， $m_j$  的定义是从起算震级  $m_0$  到潜在震源区的震级上限  $m_u$  的若干档中第  $j$  档的中心震级。

根据分段泊松分布模型和全概率定理，地震带内所发生的地震，影响场点的地震烈度值 ( $I$ ) 超越给定值 ( $i$ ) 的超越概率为

$$P(I \geq i) = 1 - \exp \left\{ -v \sum_{l=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_m} \sum_{i=1}^{N_l} P(m_j) f_{l, m_j} / s_l \cdot P(I \geq i | E) f_l(\theta) dx dy d\theta \right\}$$

式中  $P(m_j)$  为地震带内地震落在  $j$  震级档  $m_j \pm \frac{1}{2}\Delta m$  内的概率； $N_m$  为震级

震震源区的场点，烈度变化约 0.1—0.3 度；对处于强震潜在震源区内的场点，烈度变化约 0.2—0.4 度。

• 潜在震源区主破裂方向的不确定性影响：若椭圆长轴取向差值在 15° 以内，其计算结果的烈度差值小于 0.1 度；

在烈度分区作归并时，调整幅度一般为 0.2—0.3 度，少数高烈度区中的控制点为 0.4—0.6 度。图上分出五类烈度区： $< VI$ 、 $VI$ 、 $VII$ 、 $VIII$  和  $> IX$ 。

## 八、结语

(1) 关于区划图上烈度值的含义：鉴于我国一般工业和民用建筑结构设计的使用基准期为 50 年，本区划图所标示的地震烈度值，系指 50 年期限内，一般场地条件下，可能遭遇超过概率为 10% 的烈度值。该烈度值称为基本设防烈度。

(2) 本区划图的适用范围

- 国家经济建设和国土利用规划的基础资料。
- 一般工业和民用建筑的地震设防标准。
- 制定减轻和防御地震灾害对策的依据

(3) 由于编图所依据的基础资料、比例尺和概率水平所限，本区划图不宜作为重大工程和某些可能引起严重次生灾害的工程建设的抗震设防依据。此类重要工程的地震环境选址和抗震设计的地震动参数的确定，都必须按有关规定和工作大纲的要求，做更详细的工程地震研究。

(4) 由于资料的详简程度不一，影响到各地区的成图精度也有较大的差别。对于某些边远地区，因研究程度较差，在这些地区开展建设时，应尽可能补做一些工程地震工作。

(5) 本区划图不包括我国海域部分及小的岛屿。