
1 : 4 000 000

中国地震烈度区划图

说明书

国家地震局

地震出版社

中国地震烈度区划图（1990）使用规定

第一条 为更好地服务于国民经济建设，保证准确地使用“中国地震烈度区划图（1990）”，制定本规定。

第二条 本地震烈度区划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。该烈度值称为地震基本烈度。

第三条 本地震烈度区划图，系国家经济建设中地震设防的法规图件。在其适用范围内，建设项目的抗震设计和已建项目的抗震加固，均应遵照执行。

第四条 本地震烈度区划图的适用范围如下：

- (1) 国家经济建设和国土利用规划的基础资料。
- (2) 一般工业与民用建筑的抗震设防依据。
- (3) 制定减轻和防御地震灾害对策的依据。

第五条 在本地震烈度区划图的基础上，应进行专门地震安全性评价工作的工程和地区有：

- (1) 地震设防要求高于本地震烈度区划图设防标准的重大工程、特殊工程、可能产生严重次生灾害的工程。
- (2) 位于地震烈度区分界线附近的新建工程。
- (3) 某些地震研究程度和资料详细程度较差的边远地区。
- (4) 占地范围较大，跨着不同工程地质条件区域的大城市和大型厂矿企业，以及新建设开发区。

第六条 对进行过专门的地震危险性分析、地震烈度复核、地震小区划等工作的工程和地区，凡其结果经国家地震烈度评定委员会审定通过的均有效。

第七条 国家地震烈度评定委员会由国家地震局会同建设部等有关工程建设项目的主管部门组织专家组成。

第八条 对不执行本规定并造成严重后果的部门或单位应追究其责任。

第九条 本地震烈度区划图自国务院批准颁布之日起生效。原中国地震烈度区划图（1977）和原省级地震烈度区划图停止使用。

第十条 本地震烈度区划图及使用规定由国家地震局负责解释。

国家地震局 建设部 文件

震发办[1992]160号

关于发布《中国地震烈度区划图（1990）》和 《中国地震烈度区划图（1990）使用规定》的通知

各省、自治区、直辖市、计划单列市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

《中国地震烈度区划图（1990）》和《中国地震烈度区划图（1990）使用规定》已于一九九二年五月二十二日经国务院批准，现正式发布施行。

附件：1.《中国地震烈度区划图（1990）》

2.《中国地震烈度区划图（1990）使用规定》

国家地震局

一九九二年六月六日



抄送：中国人民解放军总后勤部、国防科工委

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、陈鹤良、胡丰贤、李卫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);

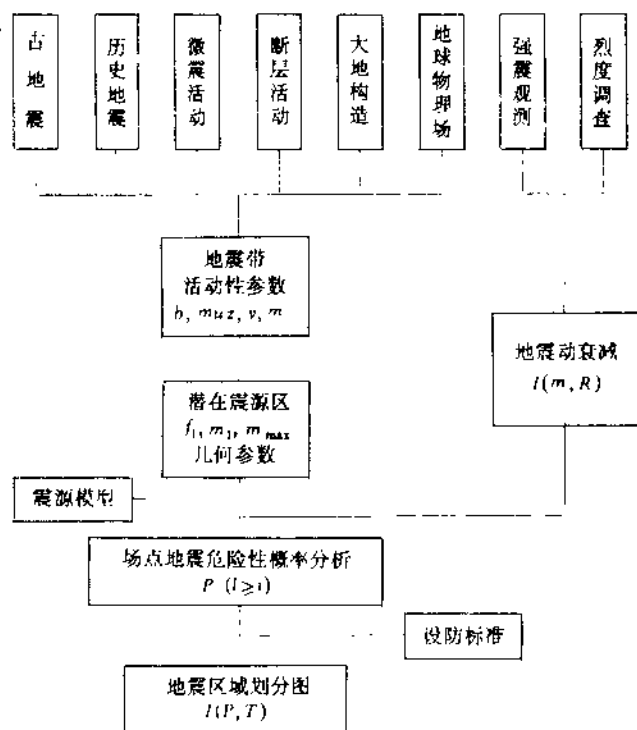
- (2) 以地震带为基础,统计大小地震的震级-频度关系;分析未来100年内该带的地震活动趋势,由此确定该地震带的地震年平均发生率;

- (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, $M=1-4.5$);
- (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辑);
- (4) 中国地震震源机制分布图;
- (5) 《中国地震简目 (BC780—AD1986, $M \geq 4 \frac{1}{2}$)》(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性特点; 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、小地震成带或成丛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-频度关系式中的 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_{ij, m_i} 。

2. 确定地震带地震活动性参数的主要依据

(1) 震级上限 m_{uc} : 地震带内的震级上限(m_{uc})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_i, 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，而且可以避免低依大地震的危险程度。

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：

$$v_{mj} = \frac{2v \exp(-\beta(m_j - m_0)) \text{SH}\left(\frac{1}{2}\beta\Delta m\right)}{1 - \exp(-\beta(m_{uz} - m_0))}$$

式中 $\beta = b \times \ln 10$ ， b 为该地震带震级频度关系式中的 b 值； $\text{SH}(1/2\beta\Delta m)$ 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 i 个潜在震源区，各震级档 m_j 的年平均发生率可以表示为：

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

式中 m_{uz} 为地震带的震级上限, Δm 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	>150 km
条数:	36	92	405	33

这些数据基本上集中于烈度 V—VIII 度, 震中距在 150km 之内。直接用这些数据拟合得到的烈度衰减公式, 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 ($R < 5$ km 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。

为了保证足够的数量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 θ 为区域构造走向。

- 对于有共轭断层的潜在震原区, $f(\theta) = 0.5\delta(\theta_1) + 0.5\delta(\theta_2)$, 其中 θ_1 和 θ_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 θ_1 和 θ_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:

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

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} 为统计区内未未 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。

Δm 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_{uz} 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

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

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

分档档数:

$$P(m_i) = \frac{2}{\beta} f_m(m_i) \text{SH} \left(\frac{1}{2} \beta \Delta m \right)$$

由以上两式可得:

$$P_n(I \geq i)$$

$$= 1 - \exp \left(- \frac{2v}{\beta} \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^{N_m} \iint P(I \geq i|E) f_m(m_j) \text{SH} \left(\frac{1}{2} \beta \Delta m \right) f(\theta) f_{i,m_j} / S_i dx dy d\theta \right)$$

式中 $P(I \geq i|E)$ 是其中第 i 个潜在震源区内发生特定事件 (震级为 $m_j \pm \frac{1}{2} \Delta m$, 特定的椭圆长轴取向) 时场点处地震烈度值超过 i 的概率。

由于烈度衰减关系具有一定的离散性, 由于衰减公式中给出的只是烈度的期望值。为了使区划结果更为安全、可靠, 必须考虑衰减关系的离散性。

计算中所采用的校正方法, 是目前地震危险性分析中普遍使用的方法, 即按烈度衰减关系的离散性符合正态分布。衰减关系的校正问题, 已经在计算程序中考虑, 计算输出的数值即为经过校正的结果。

为了保证有适当密度的格点值, 以供勾划烈度分区界线, 又不至于增加过多的计算量, 计算格点以 $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ 为间距, 全国范围总共有 3 万个计算格点。

计算时的输入参数是各个地震带的 b 值、 v 值, 各个潜在震源区节点的坐标经度、纬度, 各个潜在震源区的主破裂面走向, 震级上限, 地震带地震空间分布函数; 以及区域衰减关系式中的系数和标准误差。计算采用的计算程序, 是由国家地震局于 1988 年 8 月组织专家组审查过的计算程序。

七、地震烈度区划

依照本区划图 1:400 万比例尺的精度要求, 对全国 3 万个控制点进行地震危险性概率计算, 并按 50 年 10% 的超越概率水平得到相应的烈度值。

以全国范围 68 个县、市 (其中 26 个县、市位于高震级潜在震源区内) 作为样本, 对各项地震活动性参数进行敏感性分析。评估对计算结果的不确定性影响。其中:

- 地震年平均发生率若提高 50% 或降低 50% 时, 在以 50 年超越概率 10% 的情况下 (以下同), 其烈度结果差别约 0.1—0.5 度;
- b 值变化, 相应的 v 值也随之改变。当 b 值变化 ± 0.05 时, 对于远离强