

中国地震灾害损失预测研究专辑

(一)

中国地震灾害损失 预测研究

国家地震局震害防御司

未来地震灾害损失预测研究组



地震出版社

中国地震灾害损失预测研究专辑(一)

中国地震灾害损失 预测研究

国家地震局震害防御司
未来地震灾害损失预测研究组

地震出版社

1990

Research on losses from earthquake
damages in China, special volume 1

Estimating Losses From Earthquake Damages In China

**Research group of estimating losses
from future earthquakes,
Department of seismic hazard prevention SSB**

Seismological Press

1 9 9 0

中国地震灾害损失预测研究专辑(一)

中国地震灾害损失预测研究

国家地震局震害防御司

未来地震灾害损失预测研究组

责任编辑: 吴 冰

责任校对: 李 绍

绘 图: 宋 玉

*

地 震 出 版 社 出版发行

北京民族学院南路9号

国防大学第一印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 3.75 印张 96 千字

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

印数: 0001—1500

ISBN 7-5028-0433-1/P·276

(821) 定价: 10.00 元

内 容 提 要

本书是国家地震局为响应联合国倡议“国际减灾十年(1990—2000年)”活动组织的研究项目成果。

地震灾害损失(经济损失和人员伤亡)评估是70年代以来新兴的地震预报研究分支。该书介绍了地震灾害损失研究的内容、类型和方法。在对我国地震危险性第三代《中国地震区划图》、建筑物和人员分布、及易损性等分析和深入研究的基础上,预测我国各县、市行政单元未来50年面临的地震灾害绝对损失,首次绘制成我国未来地震灾害损失分布图。

本书和地震灾害预测图可供从事地震学、地质学、地震预报、工程地震和自然灾害学等的科技和教学人员参考使用。同时,它们是各级政府职能部门(建设、民政和国家安全等),以及保险业等社会公益部门制定有关政策的重要参考依据。

序

地震预防,地震对策和救灾的基础是对未来地震灾害的定量估计。地震灾害主要由两方面因素决定。一方面是地震活动在时间、空间上的分布(地震危险性分析);另一方面是地震对社会、经济、人口等所造成的损害程度(地震的易损性分析)。地震灾害损失预测图正是这两方面因素的综合反映,代表了地震工作为经济建设和社会进步服务的根本宗旨。

预测未来的地震灾害,是各国科学家和各级政府的共同愿望,也是国际减灾十年(IDNDR)活动的一项重要内容。在这方面,国内外的科学家们进行了积极而有成效的努力。例如美国联邦事务管理局(FEMA)、美国地质调查局(USGS)、美国国家科学基金会(NSF)和美国标准局(NBS)四个联邦机构长期资助灾害预测研究工作。1989年受到资助的“地震损失估计专家小组”提出了“未来地震的损失估计”研究报告。国家地震局震害防御司已将该报告译成中文发表。中国的科学家们在灾害预测方面基础较好,起步很快,本书所写内容及给出的图件就是他们最近的研究成果。

和国际上的工作相比,中国在编制地震灾害损失预测图时遵循以下几条原则:

- 1) 预测今后50年内的地震灾害,以便充分利用新一代地震区划图(1990)中关于地震危险性分析的全部最新成果。与以前的区划图相比,1990年版本地震区划图充分考虑了地震发生在空间和时间上的不均匀性,运用了地震危险性分析中的综合概率方法。充分利用新一代地震区划图,就可以使预测未来地震灾害的工作有较高的起点。

- 2) 利用中国过去20年多次地震所造成灾害的大量资料和数据,并参考国际上的情况,在地震动与破坏和损失关系研究方面,提出了一套估计地震造成相对损失的易损性分析方法。以此为基础,进一步估计在经济发展的某一阶段的绝对易损性结果。对地震灾害损失分别进行相对损失估计和绝对损失估计,有两方面的好处。一方面,相对损失估计主要与地震危险性和结构物类型有关,在一定时期内可以保持稳定不变,扩大了灾害损失预测图的使用期限;另一方面,绝对损失预测充分考虑了经济发展及社会进步的时间因素,可以对不同的发展时期的灾害情况进行估计和预测。

- 3) 编图工作采用标准模块方式,充分利用计算机和数字化地图等技术。这不仅提供了充分利用国家在人口普查、经济普查方面建成的各种数据库的可能性,而且存在着将这种方法推广到其他灾害预测问题的潜力。

- 4) 编制全国地震灾害损失图,试图探索一套能给出估计未来地震灾害损失的标准方法,并在此基础上,还计划编制一系列的分区(行政区、地理区、地质构造单元分区等)、分类(大城市、生命线工程和其他系统与设施)的地震灾害损失预测图。各分区、分类图以有关单位为主进行编制,应积极吸收各级政府成员和各部门的专家和其他使用者参加研究和制图,让他们参加研究过程,不断地了解估计损失的全过程,是十分重要的事情。这样作可以突出灾害预测图的实用性。

根据以上原则编制的未来地震灾害损失预测图估计会在以下几方面发挥实际的效果:

1) 为各级政府提供地震预防和地震对策的定量依据。对未来地震灾害损失的估计,将决定各级政府在地震预防方面投入的人力、物力和财力。将这种估计和实际地震发生后的灾害进行对比,可以了解到震前所采取的各种减灾措施的有效程度和减灾效果。

2) 为合理布局,优化部署前兆台站提供参考依据。在中国这样一个地震多面幅员广大的国家,有限的地震台站应首先围绕未来地震灾害严重的地区布置,因此灾害损失预测图中未来灾害的分布,对于优化前兆观测系统布局,对现有观测系统进行调整、改造将提供依据。

3) 为选定地震重点监视区提供参考背景。中国的地震预报是按照长期预报—中期预报—短临预报的科学思路来安排的。地震中期预报的主要内容是每年或每几年划定一些有限的区域作为重点监视地区。选择重点监测区的原则是:这些地区必须有潜在的灾害;有台站(具有较强的监测、预报能力);并且有中期地震前兆的显示。因此地震灾害损失预测图作为选定重点监测区将提供一种选择背景。

4) 分区、分类的地震灾害损失预测图将为各产业部门、工矿企业提供未来地震灾害损失的细节,为他们在规划、施工、建设和保险等方面提供参考。

地震灾害损失预测图的基础之一,是对未来地震发生的预测。地震预测(特别是大陆地区未来地震发生地点和强度的预测)是当代科学的一个前沿问题,这就决定了地震灾害损失预测问题也处于科学的前沿,是一个十分复杂和困难的问题。即使利用目前最好的方法,依靠最有经验的专家,未来地震所造成的灾害损失,目前也只能近似地予以估计(不报定性可达10倍之多)。提高震害损失预测水平,一方面依赖于地震长期预报(即地震危险性分析)的进展;另一方面依赖于不断地积累实际地震造成的损失资料(即易损性分析)。可以预料,对未来地震所造成灾害损失的估计与地震后对灾害的快速评估结合起来,可以使上述第二方面的工作取得进展。

在地震工作中,概念上实现由研究地震本身到研究地震灾害的转移,是编制地震灾害损失预测图的核心思想,这是与国际减灾十年活动相适应的。编制灾害图是一项难度很大的科技工作,它既取决于地震长期预测研究工作的进展,也取决于估计地震动——灾害损失研究方面的进步。显然,提高编图水平需要地震学家、地质学家和工程专家的密切合作,也需要自然科学家与社会学家、经济学家以及各级政府和管理部门的密切协作。我们希望通过大家密切而持久的努力,使得域制的这些图件具有较高的科学水平,而且对于制订减灾规划、计划和灾害保险,对于地震工作的战略布局和各地区各种地震工作起到有益的作用。

陈 顺

1990年10月

目 录

绪言	(1)
一、中国地震活动和地震灾害概述	(4)
二、地震灾害损失预测研究分类和方法	(16)
三、中国地震危险性分析 (烈度区划图)	(24)
四、中国建筑物易损性分析	(26)
五、人员伤亡和经济易损性分析	(31)
六、中国未来 50 年地震灾害损失预测图	(40)
七、地震灾害损失预测图的绘制	(44)
参考文献	(51)

CONTENTS

Introduction	(1)
1 Historical seismicity and earthquake damages in China	(4)
2 Types and methods of research on estimating earthquake losses	(16)
3 Chinese earthquake hazard analysis	(24)
4 Seismic vulnerability analysis of Chinese buildings	(26)
5 Seismic vulnerability analysis of Chinese casualty and economy	(31)
6 Maps of estimating losses from future earthquakes in China in 50 years	(40)
7 Computer graphics of earthquake losses maps	(44)
References	(51)

绪 言

灾害按其成因的不同,一般可分为自然灾害和人为灾害两大类。前者如洪水、干旱、地震、风暴、滑坡等,后者如战争、交通事故、城市公害、森林火灾等。自然灾害主要包括天体灾害和地球灾害(气象灾害与地质灾害等)的内容,而人为灾害主要系指人类自身活动造成的灾害。

由于自然灾害的巨大破坏力,目前往往不能抵御其袭击,只能应付,无法驾驭。

大地震是全球性的自然灾害,是人类繁衍生息、社会发展的一种可怕天灾,又是瞬时突发性的严重社会灾害。据联合国最近统计,本世纪以来,在全球共发生 54 起重大自然灾害中,我国占八起,约占全球灾害的 15%。我国的灾害死亡人数占全球死亡总人数的 44%。我国的八起自然灾害中,地震占四起。我国因地震死亡的人数却占全球各种自然灾害死亡总人数的 27%。这说明我国地震灾害在全球灾害中的严重程度是世界上罕见的。其主要原因:一是震多、强度大。本世纪以来,我国大陆发生 7 级以上地震约占全球大陆强震的 $1/3$,在全球共发生四次 8.5 级以上的特大地震中,我国竟占两次。一次 8.5 级的大震相当于 12000 个广岛原子弹爆炸的威力,其破坏力之大是可以想象的;二是地震活动的分布广泛,全国有 22 个省、自治区、直辖市在本世纪遭受过 6 级以上地震的袭击,全国基本烈度在 VI 度或 VI 度以上地区的面积约占国土面积的 60%;三是地震区内人口稠密,又由于历史上我国一直处于贫穷落后,很多建筑物根本没有顾及抗震设防等等因素。

我国地震灾害的严重性又与它在各类自然灾害中的固有特点相关。

1) 地震灾害是瞬时突发性的社会灾害,来势之猛,可在几秒至几十秒钟内摧毁一座文明的城市,能与一场按战争类比,事前有时没有明显预兆,以致来不及逃避,造成大规模的灾难。

2) 地震灾害不随科学技术的进步而同步减轻。在旧中国,我国最严重的灾害要推旱灾与水灾,而不是地震,地震死亡人数仅是前者的 $1/10$ 。但是,随着兴修水利和植树造林等技术的推进,解放后,在人员伤亡上,干旱与洪水的灾害已不是我国最严重的自然灾害。但是,随着人口的密集、工业投资的集中,社会城市化的兴起,城市建筑物及其生命线工程的脆化,各种隐患的潜在,使现代科技的进步,不能从根本上象对旱灾与水灾那样,有效地减轻地震灾害。以致于使地震灾害在历史上仅占旱灾和水灾 $1/10$ 的灾害变为今日几倍于旱涝灾的死亡人数。

3) 地震不仅产生严重的直接灾害,而且不可避免地产生次生灾害,或间接、并联的灾害。有时次生灾害的严重程度大大超过直接灾害造成的损失。一般情况下,次生或间接灾害是直接灾害损失的两倍。在次生灾害中,有时不是单一的火灾、水灾、滑坡、泥石流、瘟疫……。地震灾害几乎囊括了各种自然灾害。

4) 地震灾害中,有时“无震”成灾。这在其他灾害中是罕见的。人们由于恐震,以致以讹传讹,造成灾难,时有所闻。近代通讯技术虽发展,但由于使用不当,有时可对地震

谣传起着灾害放大的作用。

鉴于地震灾害的严重性及其灾害的特点，世界上遭受过大震袭击的国家，都从自己的惨重教训中形成各具特色的减灾措施。各国政府充分理解自己的责任，不仅是保障国家不受侵犯和保证本国经济的高速发展，而且必须有效地减轻各种灾害。三者对政局与社会稳定有着同等效应，世界上因政府无法控制灾害而引起社会动荡而导致政府垮台也是时有所闻的，历史上，日本、意大利等国就有例证，中国历史上大多数改朝换代时期也都是灾荒年间。但是，衡量一个国家对待减灾工作的文明程度，不是视其救灾工作的认真态度，而是观其在灾害预防上的有效措施。

有效地减轻地震灾害，必须有赖三方面工作的紧密集成，即推进灾害科学的预测水平，强化政府的防灾功能，以及提高民族的防灾意识。从这个意义上来说，减灾工作是科学预测、政府决策、社会民众行动的三者组合。无疑科学预测是减灾的关键，政府功能是主导，社会民众是基础。三者的最佳状态才能最有效地减轻灾害。

当今人类社会由于人口增长与社会城市化，自然灾害给世界，尤其是发展中国家造成严重的潜在威胁，成为重要的不稳定因素。正在开展的“国际减轻自然灾害十年”(IDNDR)从国际范围内通过科技合作、援助、示范、培训等方式，以提高各国的防灾能力。

减轻由潜在灾害可能造成的社会与环境的影响的过程，使公众的社会和经济结构在灾害中受到的损失得以减轻到最低程度，首要的任务是对灾害进行危险性评估，并在此基础上，确定灾害类型、灾害损失预测，以及社会承受灾害的能力。其后，进行灾害预防工作以及相应的减灾措施。

本书主要研究我国未来 50 年，由于潜在的地震危险性可能造成主要四种类型建筑物(老旧民房、多层砖结构民房、工业用房和高层楼房)破坏时的损失，以及五类居民集结点(大城市、中等城市、县城、城镇和农村)在未来 50 年中，人们因地震可能遭受的伤亡量。全国范围内、大尺度、长时间的地震主要灾害损失的预测研究是我国减灾知识中的一项空白领域。由此可见，该书展示的预测方法探索是有成效的。研究成果的思路与方法是可以推广到其他自然灾害损失预测的研究领域。

本书系统展现了灾害预测的思路、方法与结果，其主要特点在于：

- 1) 充分显示了当前国内外在地震预测、预报研究上的最新成果，尤其是近年来在地震危险性分析方面取得的最新进展，如选用我国第三代地震区划图给出的结果——50 年的超越概率，变换为一定区间，以县为单元的烈度概率。

- 2) 在易损性分析方面，全面应用我国历次发生的强震对各类建筑物产生不同程度破坏的经验，充分利用地震多、灾害重的大量破坏数据，系统地研究符合国情的，在不同烈度条件下，不同类型建筑物的破坏概率。

- 3) 以概率法为基础，把地震三要素(时、空、强)的预测研究推向定量的五要素(时、空、强、经济、人口)实用化的前沿。地震三要素固然是地震预测的核心，但必须与社会经济和人口损失相结合，才能达到最佳效益。历史上我国西部有时发生的 8 级地震，其损失远不及东部的一次 5 级地震的损失那么严重。研究结果表明，西部地震释放的总能量是东部的总能量的 25 倍，但东部的未来 50 年的房屋损失却是西部的 3 倍。

- 4) 所附的地震灾害各种损失预测图是具有特色的。在成图技术上，弃用常规的等值

线图，而改用灰度表示灾害损失的程度。同时避免勾图时人为的随意性，采用直接由计算机一次成图的方法。

这项研究工作不但集成了当今地震危险性分析、易损性分析和成图技术的最新成果，而且探索了灾害预测的一种可行的方法。虽然研究的是未来 50 年的灾害，但方法可用于地震短、临预报时乃至震后的灾害损失的评估。

研究成果将对我国国土资源合理利用与开发，环境保护与根治。国家重大工程设施的布局与规划，国家建设的投向、限制土地利用，制定各种应急措施，预防灾害或改变灾害性质，合理进行社会保险等等方面有着直接的重要参考价值。

本书主要是作为一种方法研究奉献于世的，所以在研究内容上还不很完美。它仅给出了未来 50 年四类建筑物及人类伤亡的结果，对于其他构筑物及其设施，如生命线工程，工矿企业的设备等还未涉及。次生灾害也未作评述。在时间尺度上，近期灾害尚待评估，如此等等，仍待深化。

尽管灾害预测有三个不确定的因素（地震危险性分析、易损性分析和价值预估），值是，由于采用了最新的研究成果，使其信度有较好的提高，因此对于一般大尺度、宏观决策研究仍有其重要价值。

本书是地震科学与社会科学在灾害损失预测上的一种有效结合，是一个研究群体有机合作的产物。希望她的出版对广大读者有所裨益，不妥之处，多予指正。

在立项过程中，国家地震局多次召集了我国一些专家、学者进行充分的科学论证，确立了一些重要课题，如郭增建的“地震类型对灾害影响的研究”；马宗晋、叶洪等人的“地震的地质灾害影响的研究”。本书内容是立项的另一个重要课题，由“国家地震局未来地震灾害损失预测研究组”完成。研究组由陈顺、陈鑫连、尹之潜、傅征祥、邹其嘉等成员组成。

本书的执笔者：前言，陈鑫连；第一节，傅征祥和朱海之；第二节，傅征祥；第三节，傅征祥、杨满栋和韩彪；第四节，尹之潜和赵直；第五节，邹其嘉、曹新玲和金学申；第六节，傅征祥和杨满栋；第七节，杨满栋和韩彪。

一、中国地震活动和地震灾害概述

根据全球构造的板块学说,地球外壳被一些构造活动带(大洋中脊、岛弧构造和水平大断裂)分割为彼此相对运动的板块。板块运动的相对速度约为每年几至几十毫米。大地构造活动基本上是由板块相互作用引起的。大部分地震和火山也都发生在板块边界上。图1示出全球主要板块分布^[1]。

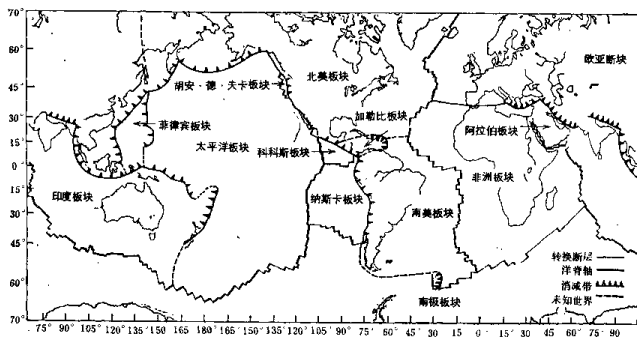


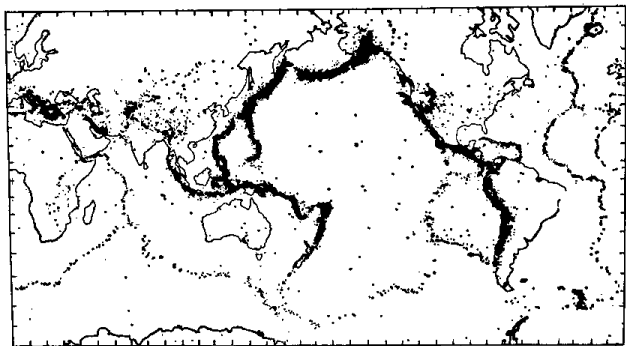
图1 全球主要板块分布图^[1]

板块主要由相对冷的岩石组成,平均厚度约为100km,称为岩石层。板块间发生相对运动,在大洋中脊处,相邻板块彼此分离,同时,热的地幔物质上升,将岩石层板块间扩张的间隙充填起来,增大了板块面积。另外,板块在海沟会聚弯曲、下沉到地球内部。由于板块的相对碰撞、会聚、弯曲、消减等运动过程,导致板块边界上和板块内部应力状态的变化。

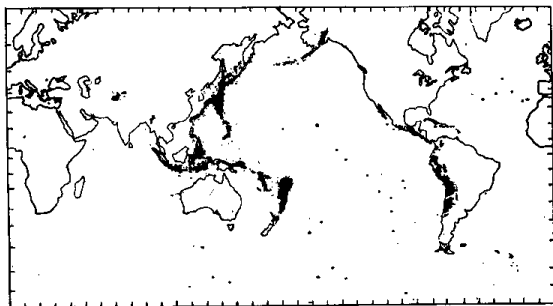
由图1可见中国大陆位于欧亚板块东南部,台湾省坐落在欧亚板块和菲律宾海板块的边界上。这样,中国是在太平洋板块、北美板块、菲律宾海板块、印度洋板块和欧亚板块的交汇处,构成中国构造活动和地震活动的重要动力学背景。

地震活动的深度可以达到几百公里深,但是大多数是浅源地震,深度在0—60km之间。板块理论认为,按照浅源地震的板块构造环境分类,可分为板间地震、板内地震和洋脊地震等基本类型。中国大陆内部的地震属于板内地震,台湾省及其邻近地区地震则是板间地震型。这可以由图2看出。

虽然，板内地震活动不如板间地震活动频繁，但是板内地震活动分布广、震源浅、强度大，加上人类大多居住在板块内部。所以，板内地震活动容易引起伤亡和财产损失，危害性比较大。



(a)



(b)

图2 1961—1967年全球地震震中分布图
(a) 深度范围 0—100km; (b) 深度范围 100—700km

1. 我国是全球板内地震最强烈的地区之一

(1) 地震活动分布广

据我国地震史料记载, 全国所有省份无一例外地都曾发生过 5 级或 5 级以上地震。据 1977 年国家地震局颁布的“中国地震烈度区划图”(1/300 万), 地震基本烈度为 VII 或 VII 度以上的地区面积, 占全国面积的 32.5%; VI 或 VI 度以上的地区面积达到 60%。另外, 将近 60% 的 50 万以上人口的城市位于 VII 和 VII 度以上的地区; 70% 的 100 万以上人口的大城市, 坐落在 VII 和 VII 度以上的地域内。

(2) 地震活动频度高

据浅源地震统计, 我国在 1900—1980 年间共发生大于或等于 8 级地震 9 次; 7—7.9 级地震 66 次; 平均每年发生 7 级以上的地震接近 1 次。

(3) 地震震源深度浅

除了东北和东海一带少数中深源地震外, 绝大多数地震的震源深度在 40km 以内; 大陆东部震源浅一些; 多在 10—20km 左右。

2. 我国地震活动时、空分布不均匀性

(1) 空间分布不均匀性

由图 2 可见, 地震在全球的分布是不均匀的。大多数分布在板块边界上, 其次在北半球的欧亚大陆和北美大陆上。它们构成全球规模的地震活动带, 即环太平洋地震带、洋脊地震带和欧亚地震带。中国的地震活动大多属于欧亚地震带。

在欧亚地震带东部的中亚地区, 有一个非常著名的地震活动密集三角区(见图 2), 其西北边界沿着帕米尔—天山—阿尔泰—蒙古—贝加尔湖; 西南边界沿着喜马拉雅弧; 东边界沿着南北方向, 由缅甸—我国云南、四川、甘、青东部—宁夏—蒙古。这个三角区完全覆盖了我国大陆的西南部。所以, 从我国面积、规模的尺度上看, 地震活动空间分布的不均匀性, 表现为西密东稀。

1) 假定以东经 107.5° 为界, 将我国分为东西两部分, 分别统计我国大陆西部、东部和台湾省等地区浅源强震活动频度 ($M_s > 7.0$, 不计余震, 1900—1980 年, 震源深度 $h < 60\text{km}$, 表 1), 结果表明近代我国大陆西部与东部地震活动频次比例为 6.7 : 1。使用全部历史地震记录资料(包括文字和仪器记录)统计也得出同样的结论(图 3)。

表 1 我国分区浅源强震频度统计

N 地区	M_s				总 和
	7.0—7.4	7.5—7.9	8.0—8.4	8.5—8.9	
大陆东部	5	1	0	0	6
大陆西部	22	11	5	2	40
台湾省	22	3	2	0	27
其他地区	1	1	0	0	2

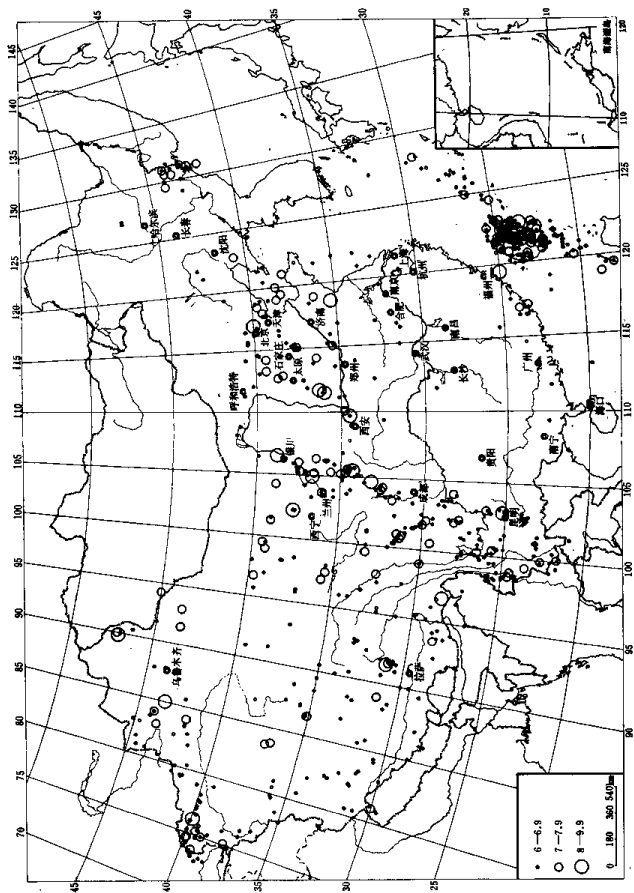


图 3 中国浅源强震震中分布图(公元前 1831—1989, $M_s > 6.0$)

2) 总体上,我国大陆东部地震活动比较弱,但是,东部不同区域地震活动也很不均匀(图3),按地震的多少,可以用纬线大致将中国大陆东部分成五个地震区:东北地震区(42°N 以北)、华北地震区($34^{\circ}\text{—}42^{\circ}\text{N}$)、长江中下游地震区($29^{\circ}\text{—}34^{\circ}\text{N}$)、湘赣地震区($26^{\circ}\text{—}29^{\circ}\text{N}$)和东南沿海地震区($19^{\circ}\text{—}26^{\circ}\text{N}$)。有地震资料以来,它们的活动频次($M_{\geq 7.0}$)和最大的地震震级均列在表2中。

由表2可知,华北地震区的强震活动最频繁,也最强烈,已经记录到的5次8级以上巨大地震,包括1303年9月山西洪洞($M=8.0$)、1556年1月陕西华县($M=8.0$)、1668年7月山东莒县($M=8\frac{1}{2}$)、1679年9月河北三河、平谷($M=8.0$)和1695年5月山西临汾($M=8.0$)地震。其次是东南沿海地震区。

表2 中国大陆东部地震分区的浅源强震活动水平比较(有史以来)

地震区	东北地震区	华北地震区	长江中下游地震区	湘赣地震区	东南沿海地震区
地震频次($M \geq 7.0$)	0	20	0	0	4
最大地震震级	6.0	$8\frac{1}{2}$	$6\frac{3}{4}$	$5\frac{3}{4}$	8.0

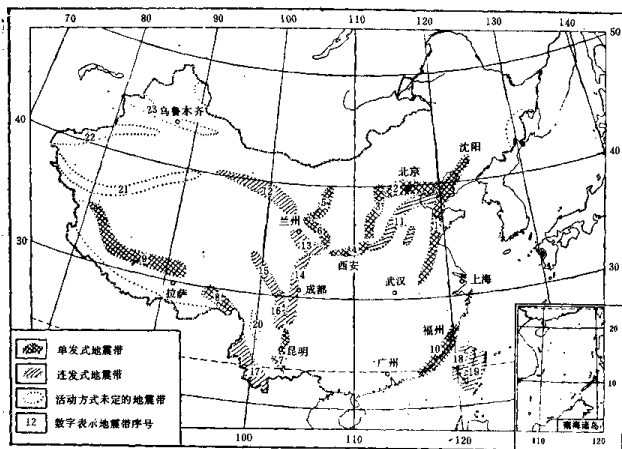


图4 我国地震带分布图

在次一级尺度上考察地震活动分布的不均匀性,即在地震区内仍可分辨出地震密集的条带(地震带)。