

北京市土木工程特色专业建设项目 资助
中国地质大学（北京）教材出版计划

工程地震 导论

GONGCHENG DIZHEN DAOLUN

孙进忠 张 彬 陈 奇 编著



地质出版社

北京市土木工程特色专业建设项目
中国地质大学（北京）教材出版计划

资助

工程地震导论

孙进忠 张 彬 陈 奇 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以地震作用的物理过程和地震效应评价为核心,以“震源物理学过程—地震能量扩散传播—场地地震效应”为主线,阐述与地震作用和地震影响评价相关的基础知识和研究方法。

本书在介绍地震基础知识的基础上,描述了地震活动的时间、空间和强度规律,说明了地震活动与地质构造、构造应力场的关系;介绍了震源机制解的方法和P波初动解的意义;从地面震动效应和地面破坏效应两个方面描述了场地地震效应;讲解了地震影响的评估方法,包括地震危险性的确定性分析方法和概率分析方法、活动断层的地震地质效应评估方法以及饱和砂土液化和软土震陷的评估方法。本书还根据《建筑工程抗震规范》中有关场地和地基部分的要求,阐述了场地勘察评价的内容、方法和相关试验测试。

本书可作为高等院校相关专业本科生或研究生的教材,也可供地震影响和地质灾害评价防治领域的勘查、设计和研究工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程地震导论/孙进忠,张彬,陈奇编著. —北京:
地质出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-116-09150-4

I. ①工… II. ①孙…②张…③陈… III. ①工程地
震 IV. ①P315.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 029912 号

Gongcheng Dizhen Daolun

责任编辑:肖莹莹

责任校对:王 瑛

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 66554651 (邮购部); (010) 66554575 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 66554576

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16

字 数:420 千字

审图号:GS (2014) 2910 号

版 次:2015 年 2 月北京第 1 版

印 次:2015 年 2 月北京第 1 次印刷

定 价:68.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-09150-4

(如对本书有意见或建议,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

序

工程地震学作为地震工程学的重要组成，主要关注工程场地或区域的地震危险性。以中长期地震预报结果为依据，提出一个工程场地或一个地区在未来一定时期内可能遭遇的地震危险，对场地地震安全性进行评估，为工程抗震设计提供设防标准，是抗震减灾工作的基础支撑之一。

迄今为止，有关工程地震学的著作与教材为数有限，所涉及的内容也各有侧重。例如，前苏联梅德维杰夫（1962）所著《工程地震学》一书，内容着重阐述地震区划和小区划以及结构在地震作用下的反应；我国学者谢毓寿先生（1965）的《工程地震》主要关注地震烈度的研究；日本学者金井清（1983）的《工程地震学》则涉及地震观测、地震活动性、地面和建筑物的振动、地震破坏现象、工程抗震设计准则等方面；蒋浦、戴丽思（1993）的《工程地震学概论》包含了地震活动性、地震动、地震危险性评估、场地地震反应分析及地震地质灾害工程评价等内容。随着地震工程理论模型、方法和强震观测手段的进步，工程地震学研究的内容逐步丰富完善。

本书是作者在参考不同时期各个版本的工程地震著作的基础上，经过多年的课堂教学实践逐步完善形成的。与以往的工程地震著作相比较，具有明显的特色和新意。考虑到震源机制分析对于认识地震影响场和震源应力场的重要性，本书增加了震源机制解的内容；对地震危险性概率分析方法的阐述也尽量做到深入浅出，并创造性地提出了考虑潜在震源方位的地震危险性概率分析方法；另外，本书以单自由度振动理论为基础阐明了地震动和地震效应，以振动理论作为贯穿工程场地地震勘察评价的主线，为理解和掌握场地工程地震勘察评价的方法提供了理论依据。

综上所述，本书根据工程地震学研究的目的任务，结合地震地质灾害分析

评价和工程抗震、减灾防灾工作的需要，兼顾教学的特点和要求，以地震对工程场地产生影响的物理过程为主线，阐明了与地震作用和地震影响评价相关的地震基础知识和研究方法。本书在写作上概念表述清晰，基本问题明确，是一部较为系统的工程地震学著作。笔者认为，它的出版将为工程地震人才的培养与专业知识的提高做出积极的贡献。

中国工程院院士，清华大学教授

A handwritten signature in black ink, reading '张楚汉' (Zhang Binyan). The signature is fluid and stylized, with the characters connected by a continuous line.

2014 年 12 月

前 言

工程地震学为研究和解决人类工程活动中遇到的地震和地质问题而逐步发展起来的一门学科，工程地震的研究对象涉及地震震源物理力学过程、地震波传播和场地地震效应，工程地震的研究成果可以为工程抗震和防灾减灾提供科学基础和依据。

作为区域地壳活动性表现最剧烈的一种方式，强烈地震给人类社会带来灾难的强烈程度和影响范围远超过其他自然灾害。地震致灾的类型多种多样，强烈的地震作用可导致海啸山崩、大地变形、地基破坏、房屋坍塌等；地震直接作用造成的这些自然灾害过程还可能导致进一步的次生灾害发生，譬如生命线工程的破坏、核反应堆泄露、次生火灾、次生水灾等，进而造成人员伤亡和经济损失。尽管地震灾害多种多样，但这些灾害均起因于震源能量的强烈释放和扩散传播导致的地震作用。因此，作为专注研究地震对人类工程影响和效应的工程地震学，需要关注震源物理力学过程、地震能量的传播扩散以及场地地震效应对地震灾害的作用和影响。

自东京大学地震研究所的広末恭二（Suyehiro）博士 1923 年提出“工程地震学（Engineering Seismology）”这一术语以来，国际上陆续发表了一系列不同版本的《工程地震学》著作，从 1962 年前苏联梅德维杰夫（C. B. Медведев）所著《工程地震学》，到 1993 年蒋溥、戴丽思发表的《工程地震学概论》，不同版本的著作各有侧重，工程地震学的内涵不断丰富。

近年来，我国灾难性地震活动频发，地震地质灾害受到普遍关注。然而，由于不同学科领域之间贯通不够，导致对地震作用的物理过程及其与地质灾害之间的关系的认识 and 理解的欠缺。从国内大专院校相关学科的教学情况看，最近一版教材是 1996 年金春山、黄乃安合编的《工程地震学》。将近 20 年间有关抗震规范已经几次修订，特别是 2008 年“5·12”汶川大地震后，地震地质灾害研究和抗震减灾工作对工程地震学科提出了更高的要求，工程地震学科知识体系的完善和普及工作迫在眉睫。

本书是作者在参考国内外同类著作的基础上,在多年本科教学过程中逐步完善形成的。本书以地震作用的物理过程和地震效应评价为核心,以“震源物理力学过程——地震能量扩散传播——场地地震效应”为主线,阐述与地震作用和地震影响评价相关的基础知识和研究方法,力求准确阐明工程地震学的基本概念、基本理论和基本问题。

本书有以下特色:一是作为理解地震地面运动的理论基础,简要介绍了单质点系单自由度振动理论,阐明了单质点系的质量、刚度和阻尼3个物性参数对振动过程的贡献和作用,强调了共振现象对场地地震效应研究的意义;二是震源机制解是以往各种版本工程地震学专著基本没有涉及的内容,鉴于这一内容对认识地震影响场和震源应力场的重要性,本书增加了这部分内容;三是考虑地震效应与地震作用的方式(包括地震作用方向)密切相关性,本书阐述了考虑潜在震源方位的地震危险性概率分析方法这一创新性内容;四是在场地工程地震勘察与评价中,将共振原理作为理论基础,贯穿场地工程地震勘察评价的各项工作,阐明了场地工程地震勘察与一般场地岩土工程勘察的区别。

全书分为7章。第1章绪论,介绍工程地震学的学科定义、工程地震研究的目的、研究内容和研究方法,说明工程地震与其他相关学科的关系以及工程地震研究的现状和发展。第2章介绍地震的基础知识,包括地震的宏观和微观现象、地震的成因和地震的科学描述。第3章介绍地震活动的时间、空间和强度规律,进一步说明地震活动与地质构造、构造应力的关系。第4章阐述震源机制解的方法,深入浅出地介绍了震源P波初动解的意义和分析方法,揭示了震源应力场与区域构造应力场的关系。第5章讲述场地地震效应,这部分内容是工程地震研究关注的核心内容之一,也是理解地震作用和地震效应的基础,这一章首先介绍了作为场地地震效应驱动力的地震地面运动的相关知识,进而从地面震动效应和地面破坏效应两个方面较系统地描述了场地地震效应。第6章阐述地震影响的评估方法,包括地震危险性的确定性分析方法和概率分析方法、活动断层的地震地质效应评估方法以及饱和砂土液化和软土震陷的评估方法,重点介绍了地震危险性的概率分析方法。第7章讲述场地工程地震勘察与评价,本章以《建筑工程抗震规范》(GB 50011—2010)中有关

场地和地基部分的要求为基础，阐述场地勘察评价的内容和方法，并介绍了相关试验测试方法。

本书编写主要由孙进忠执笔，第1章至第4章以及第6章由孙进忠起草，第5章由张彬起草，第7章由陈奇起草，全书内容由孙进忠统稿定稿。

本书出版得到“北京市土木工程特色专业建设项目”和“中国地质大学（北京）教材出版计划”的资助。

研究生盛华英、梁志华、郑旭辉、陈源浩、彭亚平、戴韶洋参与了部分章节图件的清绘。

本书的编写得到了中国科学院院士、清华大学水利工程系张楚汉教授的肯定，并欣然为本书作序。作者对张楚汉教授表示衷心感谢！

作 者

2014年12月

目 录

1 绪 论	1
1.1 工程地震研究的目的是任务	2
1.2 工程地震研究的内容与方法	3
1.3 工程地震学与主要相关学科	4
1.4 工程地震研究的发展与现状	6
本章参考文献	7
2 地震和地震现象	9
2.1 地震的概念	9
2.2 地震现象	9
2.3 地震的成因	18
2.4 地震的描述	23
本章参考文献	41
3 地震活动性	44
3.1 地震活动的空间规律	44
3.2 地震活动的时间规律	50
3.3 地震活动的强度规律	53
3.4 地震活动与地质构造	55
3.5 地震活动与构造应力	60
本章参考文献	65
4 震源机制解	67
4.1 震源模型	67
4.2 震源参数	73
4.3 震源机制解的宏观方法	74
4.4 震源机制的 P 波初动解	76
4.5 P 波初动解的应用	87
本章参考文献	97
5 场地地震效应	99
5.1 地震地面运动	99

5.2 强震地面震动效应	123
5.3 强震地面破坏效应	148
本章参考文献	159
6 地震影响评价	162
6.1 地震影响评价的工作内容	162
6.2 地震危险性的确定性分析	166
6.3 地震危险性的概率分析	167
6.4 活动断层的地震地质效应评估	185
6.5 饱和砂土粉土液化和软土震陷评估	196
本章参考文献	204
7 场地工程地震勘察与场地评价	206
7.1 场地工程地震勘察	206
7.2 场地工程地震评价	208
7.3 相关试验测试方法	215
本章参考文献	245

1 绪 论

地震是一种地质现象，是现代地壳运动的一种表现形式。从本质上说，地震是一个构造力学过程。地壳中的岩层在构造力的作用下发生变形，当岩层中某些部位的应力集中超过岩层的抗力时，岩层突然破裂错动，释放出贮存的变形能，同时伴随着地壳的强烈震动和波动的扩散传播，进而引起地面和建筑物不同程度的破坏并造成人员伤亡，形成地震灾害。

地震灾害突如其来，难以防范，会造成巨大的灾难。中国是一个地震多发的国家，图 1.1 所示是中国近百年来发生过的大地震^[1]。

目前，全球的地震活动又进入了一个新的活跃期，近年来强烈地震频发，造成了一系

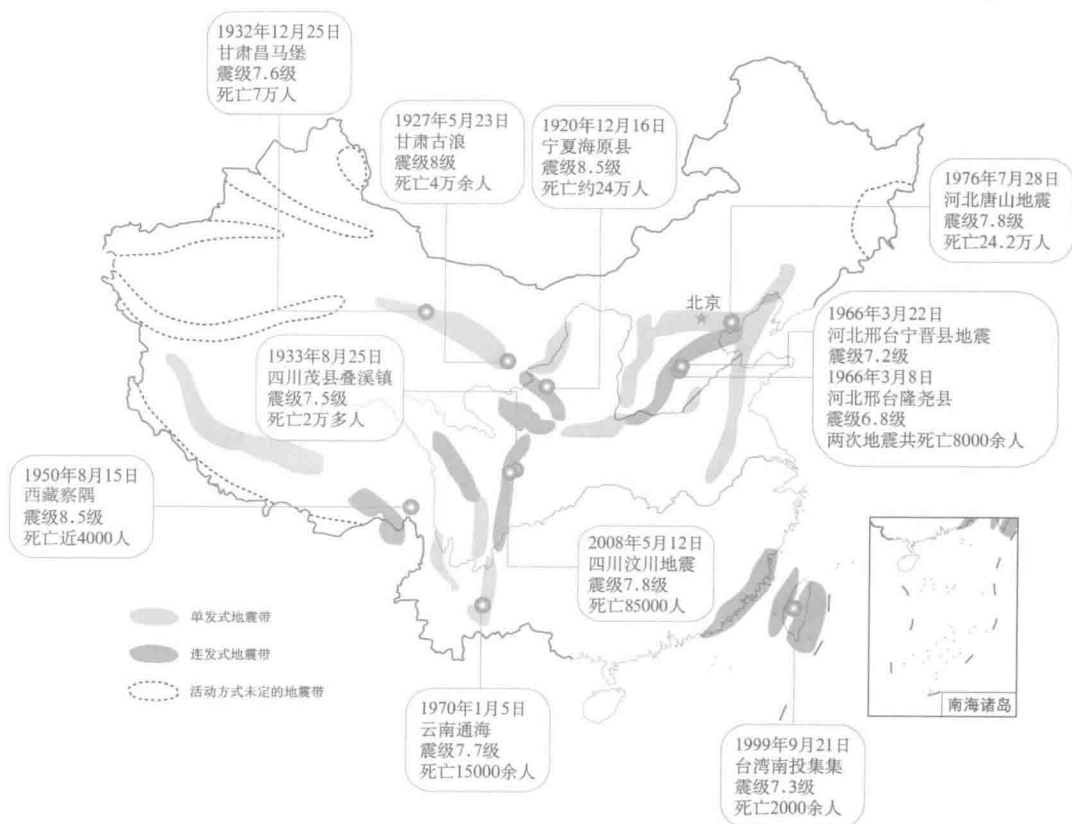


图 1.1 中国百年大地震一览图
(引自百度空间)

列灾难性后果。

当地时间 2004 年 12 月 26 日上午 8 时（北京时间上午 9 时）许，印度尼西亚苏门答腊岛以北海域发生里氏 8.9 级的强烈地震，并引发了全球 50 年来最大的海啸，波及东南亚和南亚 10 多个国家，造成近 30 万人的重大人员伤亡^[2,3]。

2008 年 5 月 12 日 14 时 28 分 04 秒，四川汶川猝然发生了里氏 8 级强震，这是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最大的一次地震，此次地震重创约 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的中国大地。为表达全国各族人民对四川汶川大地震遇难同胞的深切哀悼，国务院决定，2008 年 5 月 19 日至 21 日为全国哀悼日；自 2009 年起，每年 5 月 12 日为全国防灾减灾日^[4]。

2011 年 3 月 11 日 14 时 46 分（北京时间 13 时 46 分）在日本宫城县以东太平洋海域发生里氏 9.0 级强震。此次地震引发了海啸、火灾和核泄漏事故，导致地方机能瘫痪、经济活动停止，日本东北地区部分城市遭受到了毁灭性破坏^[5]。

防震减灾已经成为涉及人类安全和生存环境的重大地质和工程问题，工程地震学研究已经成为工程学科不可回避的选题。

地震灾害形成的根本原因在于震源变形能的释放、扩散传播过程中形成的地震动力效应，地震能量波及之处就是地震影响所及之处。无论多大的地震，其影响范围也是有限的，地震能量在扩散传播过程中会随着距离的增加不断衰减，到一定的距离之外，地震的影响就会减弱到可以忽略的程度。可见，地震灾害的形成过程，就是地震震源能量释放、扩散传播并在沿途不同场地形成不同程度地震影响的过程。所以，地震灾害形成过程可以归纳为以下基本模式：地震震源—传播途径—工程场地。

研究区域地震活动性和震源能量释放特征，了解地震能量的传播扩散规律和区域地震影响场的分布，评估场地地震影响程度，对于防震减灾意义重大，这也是工程地震学研究的价值所在。

1.1 工程地震研究的目的和任务

工程地震学是研究工程建设中的工程地震问题的一门科学，对区域未来可能发生的地震及工程场地可能遭受的地震影响做出科学的估计，为工程抗震和减灾防灾提供既安全可靠又经济合理的科学依据。

抵御地震灾害是人类社会的迫切需求，工程地震研究的最终目的就是减轻地震灾害。减轻地震灾害的基本途径有二：一是地震预报；二是工程抗震。地震预报和工程抗震的交集就是工程地震工作，或者说，工程地震是连接地震预报和工程抗震的桥梁。

地震灾害发生的根本原因就是地震导致的地震动力效应，具体表现形式就是地震地面运动，一个场地遭受地震影响的强烈程度就取决于该场地的地震地面运动的强烈程度。因此，地球上任意一点的地震危险性就是这一地点预期的地震地面运动^[6]。

工程地震问题就是与工程抗震设防标准或地震危险性有关的问题。为此，需要了解一个地区遭受地震影响的可能性和地震影响的强烈程度；另外，还必须了解工程和社会抵御地震影响的能力；同时，还需要考虑社会对抗震设防投入的经济承受能力，掌握好安全与经济两方面的平衡。对于人口密集的城市而言，地震灾害主要源自地震地面运动对工程设

施的破坏,减轻地震灾害的主要任务就是保证工程设施的安全。工程设施安全,则处在工程设施环境中的人身安全就有了保证。因此,国际上普遍采用“小震不坏、中震可修、大震不倒”作为工程设施抗震设防的标准,这也就是工程抗震设防的基本原则,从而,“小震”、“中震”、“大震”就成为抗震设防的3个水准^[7]。

工程地震研究的主要任务就是了解区域地震活动性,根据不同区域地震活动的时间、空间、强度的分布规律,考虑地震能量的扩散传播条件,科学地评估一个地区或一个工程场地遭受地震影响的可能性和地震影响的强烈程度,进而为工程抗震设计提供依据。

1.2 工程地震研究的内容与方法

对灾害事件影响进行合理评估,有针对性地进行防范,是减灾防灾的基本途径。

一个地区遭受灾害事件影响的程度由两个方面决定:一方面是致灾事件发生的可能性和强烈程度,可以称为灾害的危险性(HZD);另一方面就是工程对灾害事件的抵御能力,或者反过来说,工程受到灾害事件袭击时可能发生的破坏和损失程度,可以定义为工程的易损性(VUL)^[8]。灾害的危险性和工程的易损性就决定了灾害事件造成工程破坏或损失的可能性和严重程度,这就是工程或社会遭受灾害事件的风险性(RSK)。工程或社会遭受灾害的风险性定义为一定时期内潜在灾害事件可能造成的经济、社会和环境后果^[9]。

地震风险性 RSK (Risk) 与地震危险性 HZD (Hazard) 和工程或社会的易损性 VUL (Vulnerability) 之间存在以下关系:

$$RSK = HZD \times VUL \quad (1.1)$$

工程地震研究的主要任务是地震的危险性,即式(1.1)右边的第一项。按照地震危险性的定义,工程地震主要研究的应该是一个区域或一个场地预期的地震地面运动的强烈程度。根据地震影响的模式,地震震源—传播路径—工程场地,工程地震研究应该包括地震的发生、地震能量的传播以及工程场地的地震效应三个方面的内容。

地震的发生包括一定时期内地震的活动性和震源物理力学过程两个方面。

地震活动性关注的是影响一个区域或一个场地的潜在地震震源的时、空、强规律。时间、空间、强度是地震活动的三要素。地震活动性与全球板块构造、区域地质构造、区域地应力场特征、断裂活动性等方面密切相关。正确认识地震活动的规律是进行地震影响评价的基础。

震源的物理力学过程,或称为震源机制,包括地震震源的应力积累和释放规律以及震源断裂错动方式等方面。震源机制决定了震源能量辐射特征,包括地震发生时震源释放能量的大小、向空间各个方向上辐射出的地震能量的强弱变化以及在各个方向上激发出的地震波性质和质点振动特征。震源机制研究对于认识地震影响场特征以及不同方向上地震影响强弱变化和地震作用方式具有指导意义。

地震能量的扩散传播是以地震波的形式进行的。地震波可分为纵波、横波和面波几种类型,地震波自震源产生,通过地壳岩层向各个方向扩散传播到达不同的地面场点,产生地震地面运动,造成地震影响。地震波传播过程中所经过之处的岩层物理力学性质、区域

地质构造特征必然对地震波产生影响，从而在围绕震源的各个方向上产生衰减规律不同的地震波动传播过程，形成具有特定区域特征的地震影响场。可见，研究区域地质构造和不同岩层对地震波扩散传播和衰减规律的影响，对于地震危险性评价具有重要意义。

地震波通过地壳岩层传播到达工程场地引起工程场地的地震地面运动。场地基岩面的起伏、地表岩土层的性质、厚度等对场地地震地面运动都会产生影响。根据共振原理，场地岩土体对地壳岩层入射而来的地震波动具有一定的选频放大作用，从而形成具有特定场地特征的地震地面运动。所以，研究工程场地岩土体动力学特征是评估地震作用和影响的重要一环。

概括起来，工程地震研究和工程应用的主要内容如下：

一是地震危险性评价。包括：①地震区划、确定潜在震源区；②地震地面运动、地震衰减规律；③地震危险性分析。

二是场地评价。包括：①场地地震效应、地震小区划；②工程选址、工程场地地震安全评价。

三是工程应用。包括：①抗震设防标准制定、抗震设计、抗震加固；②土地利用规划、抗震减灾预案编制。

工程地震研究的方法概括如下：

一是地质学。涉及全球构造、板块运动、断裂活动、构造应力场等。

二是地震学和地球物理学。涉及地震观测、震源机制、地震波传播、地壳结构和地球物理场等。

三是工程地质学。涉及区域地壳稳定性、工程场地类型、地震影响及地震效应等。

四是岩土体动力学、结构动力学。涉及岩土体动力特性、场地、工程岩土体动力响应、结构地基相互作用等。

工程地震学研究可能借助的其他学科技术手段包括：地球物理探测技术，遥测遥感及地理信息技术（3S），大地变形测量和地应力测量技术，地质年龄测定技术，物理模拟和数值模拟技术等。

1.3 工程地震学与主要相关学科

工程地震是地震学研究的一部分。地震学是研究与地震有关问题的科学，包括地震成因、震源力学、地震波及其在地球介质中的传播、地震活动性、地震预报、地震灾害与对策和工程地震等。就减灾防灾而言，地震学可以划分为地震社会学和地震工程学两大分支^[10]。

地震社会学研究地震引起的社会问题，包括震害预测、抗震减灾、抢险救灾、震后社会恢复等方面的内容，总之，就是地震与社会的相互作用问题。

地震工程学考虑地震危害性的工程问题，包括工程地震和工程抗震两个方面。

工程地震以中长期地震预报结果为依据，提供一个工程或区域在其设计寿命中可能遭遇的地震危险，为工程抗震设防提供标准或依据，以保证工程的安全。

工程抗震首先根据工程体（建筑物或工程岩土体）的自身条件分析估计工程体的抗震能力，然后再按抗震设防标准进行工程抗震设计。

工程地震研究在地震学科中的位置如图 1.2 所示。

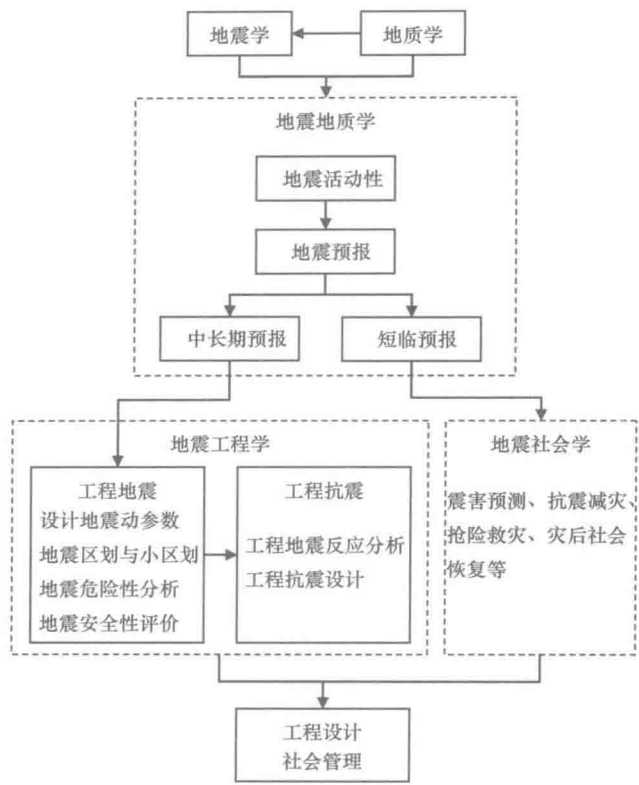


图 1.2 工程地震在地震学科中的位置
(据文献 [8] 整理)

另外，按工程地震研究涉及的内容和技术方法，工程地震学的主要相关学科有地震学、地质学以及工程地质学等，工程地震学是这些学科的边缘交叉学科。如图 1.3 所示。

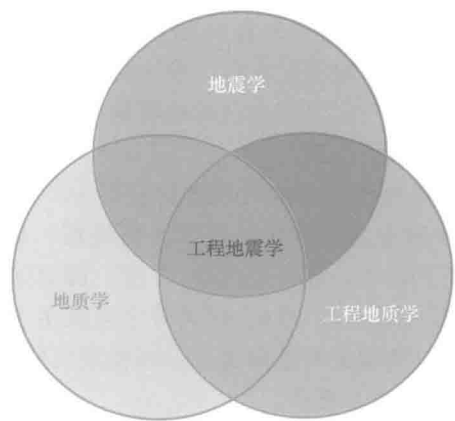


图 1.3 工程地震学与相关学科的交叉关系

1.4 工程地震研究的发展与现状

“工程地震学”的术语源自英文“Engineering Seismology”。

1923年日本关东大地震是世界历史上的一次重大的自然灾害^[11]。这次地震促成了日本东京大学地震研究所的建立。该所第一位博士广末恭二(Suyehiro)应美国土木工程师协会邀请自1931~1932年在美国加州理学院、加州大学、斯坦福大学以及麻省理工学院讲学,以“Engineering Seismology”为题,发表了一系列讲演^[12]。这应该是“工程地震学”术语第一次使用。广末恭二博士讲演强调了对破坏性地震进行观测记录的必要性。

1956年,为纪念旧金山大地震50周年,在美国加利福尼亚的伯克利召开了第一届世界地震工程会议,以后,这样的会议每4年举行一次,确立了“地震工程学(Earthquake Engineering)”这门学科^[13]。

1962年,前苏联梅德维杰夫(C. B. Медведев)著有《工程地震学》一书,内容包括地震区划和小区划以及结构在地震作用下的反应^[14]。

1965年,谢毓寿著《工程地震》一书,在中国首次应用“工程地震”术语^[15]。

1968年,美国C. (Carl) Allin Cornell提出了考虑不确定性的地震危险性分析方法(Probabilistic Seismic Hazard Analysis)^[16]。

1983年,日本出版了金井清著的《工程地震学》,涉及地震观测、地震活动性、地面和建筑物的振动、地震破坏现象、工程抗震设计准则等方面^[13]。

1988年,胡聿贤出版了《地震工程学》(Earthquake Engineering)(第一版)^[17]。

1993年,蒋溥、戴丽思出版了《工程地震学概论》^[18]。

1996年,金春山、黄乃安合编出版了《工程地震学》^[19]。

1998年,刘玉海等出版了《地震工程地质学》^[20]。

1966年邢台地震是新中国成立后在华北人口稠密区遭受的一次严重地震灾害^[21]。邢台地震由两个大地震组成:1966年3月8日5时29分14秒,河北省邢台专区隆尧县(北纬 $37^{\circ}21'$,东经 $114^{\circ}55'$)发生震级为6.8级的大地震,震中烈度9度强;1966年3月22日16时19分46秒,河北省邢台专区宁晋县(北纬 $37^{\circ}32'$,东经 $115^{\circ}03'$)发生震级为7.2级的大地震,震中烈度10度。两次地震共死亡8064人,伤38000人,经济损失10亿元。这是一次久旱之后的大震。地震发生后,漫天飘雪。中国总理周恩来三赴震区,百姓的苦难使他落泪,他指示中国一定要有自己的地震预报系统。中国的地震预报事业在邢台地震的血泊中矗立起划时代的里程碑。

1978年唐山地震是继邢台地震后中国大陆遭受的更为严重的一次地震灾害^[22]。1976年7月28日3点42分53.8秒在唐山发生里氏7.8级地震,地震震中在唐山开平区越河乡,即:北纬 39.6° ,东经 118.2° ,震中烈度达11度,震源深度12km。当天18点45分又在滦县发生了7.1级地震,同年11月15日天津宁河发生了6.9级地震,主震后的余震更加加重了地震灾害。唐山地震无明显前震,余震持续时间长,衰减过程起伏大。据统计,唐山大地震共造成24.2万多人死亡。

1978年唐山地震大劫难和震后重建工作催生了中国一系列抗震设计和抗震减灾的规

范和法规。2008年“5·12”汶川大地震又促使相关的抗震规范进行了更新和修订。

中国有关抗震设计和防震减灾的主要法规:

GBJ 11—1989, 建筑抗震设计规范^[23]. 1989年发布实施。

GB 50191—93, 构筑物抗震设计规范^[24]. 1993年发布, 1994年6月1日起施行。

GB 18306—2001, 中国地震动参数区划图^[25]. 2001年2月2日批准, 2001年8月1日实施。

GB 50011—2001, 建筑抗震设计规范^[26]. 2001年发布实施, 替代 GBJ 11—1989。

GB 50223—2004, 建筑工程抗震设防分类标准^[27]. 2004年发布实施。

GB 50011—2010, 建筑抗震设计规范^[27]. 2010年发布实施, 替代 GB 50011—2001。

《中华人民共和国防震减灾法》1997年公布, 1998年3月1日起施行^[28]。

2008年又对《中华人民共和国防震减灾法》进行了修订, 中华人民共和国第十一届全国人民代表大会常务委员会第六次会议于2008年12月27日修订通过并公布, 自2009年5月1日起施行^[29]。

GB 17741—1999, 工程场地地震安全性评价技术规范^[30]. 1999年发布实施。

GB 17741—2005, 工程场地地震安全性评价技术规范^[31]. 2005年发布实施, 替代 GB 17741—1999。

目前, 中国针对地震灾害的抗震救灾以及工程场地地震安全评估遵循的法规和规范是《中华人民共和国防震减灾法》^[29]、《工程场地地震安全性评价技术规范》(GB 17741—2005)^[31], 工程场地地震效应评定和建筑工程设计普遍遵守的是《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)^[7]。

本章参考文献

- [1] 百度空间, 中国百年大地震一览图 [OL]. <http://hi.baidu.com/firmchu/blog/item/d9916882da3dbca70df4d251.html>.
- [2] 中国新闻网. 印度洋海啸遇难者总人数逼近30万(附各国情况) [OL]. <http://news.sina.com.cn/w/2005-02-04/17055047882s.shtml>.
- [3] 百度百科, 印度洋大地震 [OL]. <http://baike.baidu.com/view/2607884.html>.
- [4] 百度百科, 5.12汶川地震 [OL]. <http://baike.baidu.com/view/1587399.htm>.
- [5] 百度百科, 3.11日本宫城县海域地震 [OL]. <http://baike.baidu.com/view/5509140.html>.
- [6] Wikipedia. Seismic hazard [OL]. http://en.wikipedia.org/wiki/Seismic_hazard.
- [7] GB 50011—2010, 建筑抗震设计规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [8] Wikipedia. Vulnerability [OL]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Vulnerability>.
- [9] Wikipedia. Seismic risk [OL]. http://en.wikipedia.org/wiki/Seismic_risk.
- [10] 胡聿贤. 地震安全性评价技术教程 [M]. 北京: 地震出版社, 1999.
- [11] 百度百科, 关东大地震 [OL]. <http://baike.baidu.com/view/66199.htm>.
- [12] Suyehiro K. Engineering Seismology Notes on American Lectures [J]. Proceedings of American Society of Civil Engineers, 1932, 58, 4.
- [13] [日] 金井清 (著), 常宝琦, 张虎男 (译). 工程地震学 [M]. 北京: 地震出版社, 1987.
- [14] Медведев С. В. Инженерная сейсмология. [M]. Госстройиздат, 1962.
- [15] 谢毓寿. 工程地震学 [M]. 北京: 科学出版社, 1965.