

中国特大地震研究

郭增建 马宗晋 主编

(一)

地震出版社



中国特大地震研究

(一)

郭增建 马宗晋 主编

地震出版社

1988

内 容 提 要

中国大陆是发生8级地震最集中的地区,从公元1303年到1951年间共发生了17次震级等于或大于8级的特大地震。本专著系首次对中国境内的特大地震进行全面系统的总结和综合研究,全书将分为两册分别出版。第一册以丰富的实际资料揭示各次特大地震在烈度分布、震源参数、地震活动序列、地震断层的运动习性和地震地质环境等方面的内在特征,第二册以最新的观点对特大地震的孕育、发生条件和发展的规律以及对特大地震预报理论、方法、对策进行探讨和研究。

本专著对从事地震预报、地震地质、地震工程以及探讨现代板内地壳运动等问题的科研工作者具有较大的参考意义。

中国特大地震研究

(一)

郭增建 马宗晋 主编

责任编辑:何寿欢

地震出版社出版

北京复兴路63号

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

787×1092 1/16 22印张 8插页 563千字
1988年8月第一版 1988年8月第一次印刷

印数0001—1000

ISBN 7-5028-0016-6/P·15

(424) 定价: 11.50元

《中国特大地震研究》编辑组

成 员:

郭增建

马宗晋

林伟凡

刘庆民

序

在天然地震的研究中,破坏性的大地震占特别重要的地位,这不仅因为大地震的危害最大,因而是地震预测的首要对象,而且还因为大的地震需要积累大量能量,必须取源于巨大的地质体,所以极可能反映更深的地质构造情况,这样就可以将它们的活动纳入大地构造的格局中来探讨它们的发生条件和发展规律。中等强度的地震虽和构造活动不无关系,但不如大震明显,小地震则要受到局部条件的制约,而且常是次生现象。当然,大、中、小的地震常是共生的,它们之间可能有联系,不应孤立看待,但大地震则是居主导地位;它们的成因、发展和特征决定着全部地震区的格局和变化。但反过来,仅由中、小地震的研究能否导致或揭示大地震的本质则还是有待证明的问题。

由于大地震是比较稀有的,有些地震学家曾企图用常见的小地震来模拟大地震。他们的出发点是:小地震不过是大地震的具体而微。所以许多小地震的迭加就可以产生与大地震相同的效果。这个假定是未经证明的。有迹象表明,由小地震过渡到大地震并不完全是量变过程。有些大地震的特征是中、小地震所不具有的。例如,大地震所激发的面波与体波的比例和中、小地震大不相同,说明大地震的地震波有它们独特的激发条件。另一个例子是,大地震的发生频度与震级的关系和中、小地震也迥然不同。这两个例子,一个是关系到震级的计算,一个是关系到频度的外推,都是当前计算地震活动性所需要的基本数据,但是对于大地震来说,它们的可靠性是值得怀疑的。金森博雄计算大地震的震级时,用地震矩代替了面波,这只是从经验上绕过了一个困难,并未触及到大地震的本质。至于大地震的发生频度,这更是一个有待解决的问题。可以说,当代地震学只是一门中、小地震的地震学。由此外推到大地震,许多规律都需要直接的验证。遗憾的是,大地震的资料远远不够系统,不够充分。

我国文化悠久,大地震的记录比较丰富,对亚洲这部分地区的大地震活动应有足够的代表性。本书收集了中国历史上全部8级以上(或接近8级)大地震的资料,籍以揭示大地震的本来面目及其特征,这对于大地震地震学是一件极有益的工作。希望由此能推动这方面更有成效的探讨。

傅承义

前 言

地震对人类既是造成重大自然灾害的祸源,又是提供地球构造及其运动状态的信息源。地震的这种双重性在特大地震(指8级和8级以上地震)时表现更为突出。古今中外地震的探索者,都不失时机地抓住特大地震进行深入的调查、描述与研究。当今地学发展的重要趋向之一是全球构造整体协调运动观念的建立。作为现今全球构造运动的真实表现之一的地震,它能够反映全球尺度构造应力场微动态的重要特征的则首先是那些接近或超过8级的大震。

据统计,1900—1984年,全球共发生 $M_s \geq 8$ 级的浅源地震(简称8级大震)47次,平均每年0.6次。这些大震77%发生在板块边缘带上,23%发生在板块内部,实质上也就是在大陆地壳内部。近80年全球直接死于地震的人数约140万,虽然8级大震仅占7级以上地震总数的17%,但8级大震造成死亡人数达总数的45%,可见其成灾率之高,在造成重灾的8级地震之中,70%是发生于大陆内的8级大震。从上述可以得出结论:8级大震尤其是大陆内发生的,应是人类预防地震灾害的重要对象。

中国及其邻区是世界上大陆内发生8级大震最集中的地区。本世纪来,仅中国大陆即发生7次,占全球大陆内8级地震的70%,加上台湾省发生的两次,我国共发生9次8级地震。

在这之前关于强烈地震有过大量的叙述。解放后,尤其是1966—1976年我国接连发生9次造成严重灾害的地震,更增加了人们对大震的威胁感。为此,国内凡发生过8级地震的省份以及有关的研究单位曾对8级地震的史料和记录进行了整理和研究。1979年冬,由国家地震局分析预报中心、兰州地震研究所、陕西省地震局共同发起在西安召开的第一次全国短临预报座谈会上,首先提出:为了尽可能的作好对未来可能发生的8级大震的预报,需要对我国现有的十几次8级大震进行系统的研究。1980年时逢海原大震的“花甲周年”,有关同志商议,拟在海原大震60周年之际,召开全国8级大震讨论会。但因一些原因,会议未能召开,尽管如此,致力大地震研究的同志仍念念不忘总结全国8级地震之事,尔后由兰州地震研究所和宁夏回族自治区地震局合作,1982年11月在银川召开了中国8级大震学术讨论会。著名地球物理学家傅承义先生在给会议的贺信中写道:“我对大地震是感兴趣的,因为这才是预报地震的对象,而且它们也可能是突破预报问题的关键。”这次会议讨论了研究我国8级大震的学术思路和现阶段工作方向,并得到国家地震局和地震出版社的支持,决定由兰州地震研究所和国家地震局分析预报中心共同负责,组织8级大震所在省的地震局和有关单位共同开展研究并完成编写《中国特大地震研究》这一专著。1983年春组成编辑小组,由郭增建和马宗晋任全书主编,林伟凡、刘庆民负责编辑工作。《中国特大地震研究》分二册出版。同年11月在山西太原召开了《中国特大地震研究》编写会议,经过作者一年多的努力,于1985年10月完成了《中国特大地震研究》第一册的编写。

全书共分十六章,第一章绪论,对《中国特大地震研究》各章中的一些共同性的定义、用语以及理论和方法问题进行了说明。第二章至第十六章,按发展时间顺序对每次大震进行了专

题论述。每次大震的编写是在尽可能搜集大量现有文献资料的基础上，并进行了现场考察和一定的理论分析工作之后完成的。一般说来实际资料是丰富系统的，对我国大震的特征提出了一些新的研究成果与新观点，可望它能在促进我国对强大地震的认识和预报方法的研究上起到一定的作用。

第一册偏重于对每次大震本身资料的介绍与特有规律的认识，由于各次地震的资料与研究程度有所不同，加之编写又是分别进行的，所以不免有某些不协调和认识上的差别之处。同时 8 级大震的系统研究目前还只能说是刚刚开始，不妥不足之处定有不少，敬希批评指正。

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 关于中国 8 级大震的选定	(1)
第二节 关于震中位置的确定	(2)
第三节 地震的命名问题	(3)
第四节 震源深度问题	(3)
第五节 震源机制参数推论	(3)
第六节 关于发震力源与震源机制解的关系	(4)
第七节 关于地表宏观现象与震源错动情况的关系	(5)
第二章 1303 年山西洪洞 8 级地震和 1695 年临汾 8 级地震	(6)
第一节 概况	(6)
第二节 地面破坏现象	(8)
第三节 地震活动及其序列	(19)
第四节 地震地质构造背景	(26)
第五节 存在问题	(35)
第三章 1556 年陕西华县 8 级地震	(36)
第一节 概况	(36)
第二节 地震的烈度评定	(36)
第三节 地震的主要震害和特点	(41)
第四节 大震前后的地震活动	(45)
第五节 大震前后的异常现象	(46)
第六节 地震地质构造背景	(47)
第四章 1604 年福建泉州 8 级地震	(52)
第一节 概况	(52)
第二节 泉州大震破坏现象	(52)
第三节 地震参数和震源机制	(54)
第四节 地震活动及其序列	(56)
第五节 大震前的异常现象	(60)
第六节 地震地质构造背景	(61)
第七节 结束语	(69)
第五章 1668 年山东郯城 $8\frac{1}{2}$ 级地震	(70)
第一节 震害与烈度	(70)
第二节 地震基本参数	(82)
第三节 地震活动性	(83)

第四节	地震的宏观前兆及宇宙因子	(89)
第五节	地震的地质构造条件分析	(91)
第六章	1679年三河-平谷 8 级地震	(98)
第一节	概况	(98)
第二节	烈度分布特征	(103)
第三节	地震参数的确定	(105)
第四节	地震断裂带	(106)
第五节	大震前后的地震活动特征	(111)
第六节	地震地质构造背景	(113)
第七章	1739年宁夏平罗 8 级地震	(118)
第一节	概况	(118)
第二节	地震灾情及地面破坏现象	(118)
第三节	等震线分布	(121)
第四节	地震参数的估计	(122)
第五节	地震活动及其序列	(122)
第六节	地震前后的异常现象	(125)
第七节	地震地质构造背景	(125)
第八章	1833年云南嵩明 8 级地震	(131)
第一节	概况	(131)
第二节	地震破裂带	(133)
第三节	等震线的分布	(134)
第四节	大震前后的地震活动特征	(136)
第五节	地震地质构造背景	(138)
第九章	1902 年新疆阿图什 $8\frac{1}{4}$ 级地震	(143)
第一节	概况	(143)
第二节	地面破坏现象	(144)
第三节	地震参数和震源机制的估计	(155)
第四节	地震活动及其序列	(157)
第五节	大震前后的异常现象	(162)
第六节	地震地质构造背景	(164)
第七节	几点认识	(169)
第十章	1906年新疆玛纳斯 8 级地震	(171)
第一节	概况	(171)
第二节	地面破坏现象	(172)
第三节	地震活动	(179)
第四节	大震前后的异常现象	(181)
第五节	地震地质背景	(182)
第六节	几点认识	(185)
第十一章	1920年海原 8.5 级地震	(187)

第一节	概况	(187)
第二节	地面破坏现象	(188)
第三节	地震参数和震源机制的估计	(196)
第四节	地震活动及其序列特征	(197)
第五节	地震地质构造背景	(201)
第六节	几点认识	(207)
第十二章	1927年甘肃古浪 8 级地震	(208)
第一节	概况	(208)
第二节	地震形变带特征	(212)
第三节	宏观等震线	(215)
第四节	地震参数和震源机制	(216)
第五节	地震活动及其序列	(219)
第六节	大震前后的异常现象	(223)
第七节	地震地质构造背景	(223)
第八节	几点认识	(229)
第十三章	1931年新疆富蕴 8 级地震	(230)
第一节	概况	(230)
第二节	震害情况及地震断裂带	(230)
第三节	地震烈度	(232)
第四节	地震参数与震源机制	(233)
第五节	地震活动特征	(238)
第六节	地震地质构造背景	(241)
第七节	几点认识	(248)
第十四章	1950年西藏墨脱 8.6 级地震	(252)
第一节	概况	(252)
第二节	地面破坏现象	(254)
第三节	地震参数和震源机制的估计	(262)
第四节	地震活动及其序列	(268)
第五节	大震前后的异常现象	(275)
第六节	地震地质构造背景	(276)
第七节	几点认识	(279)
第十五章	1951年西藏当雄 8 级地震	(280)
第一节	概况	(280)
第二节	地震破坏现象	(281)
第三节	地震参数和震源机制的估计	(285)
第四节	地震活动及其序列特征	(288)
第五节	地震地质背景的初步分析	(292)
第六节	几点认识	(298)
第十六章	1920年和1972年台湾 8 级地震	(301)

第一节	概况	(301)
第二节	地震灾情和地面破坏现象	(301)
第三节	地震基本参数和震源机制	(303)
第四节	台湾地震区带划分及地震活动背景	(308)
第五节	地震序列特征	(312)
第六节	台湾 8 级地震前后的异常现象	(320)
第七节	地震地质构造背景	(321)
第八节	结束语	(320)
参考文献		(331)
照 片		(337)

CONTENTS

Preface	
Foreword	(3)
Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Selections of Great Earthquakes ($M \geq 8$) in China	(1)
1.2 Determinations of Epicentral Locations	(2)
1.3 Naming of Earthquakes	(3)
1.4 Definitions of Hypocentral Depths	(3)
1.5 Inferences of Focal Mechanism Parameters	(3)
1.6 Relation between Earthquake-Generating Dynamic Sources and Focal Mechanisms	(4)
1.7 Relation between Macroscopic Seismic Phenomena and Hypocentral Locations	(5)
Chapter 2 The 1303 Hongdong Earthquake of M 8 and the 1695 Linfen Earthquake of M 8 in Shanxi Province	(6)
2.1 Outline	(6)
2.2 Surface Destruction	(8)
2.3 Seismicity and Its Sequences.....	(11)
2.4 Seismotectonic Backgrounds	(26)
2.5 Questions	(35)
Chapter 3 The 1556 Hua Xian Earthquake of M 8 in Shaanxi Province.....	(36)
3.1 Outline	(36)
3.2 Assessment of Seismic Intensity	(36)
3.3 Main Seismic Hazards and Features	(41)
3.4 Pre and Post-Earthquake Seismicity	(45)
3.5 Pre- and Post-Earthquake Anomalous Phenomena.....	(46)
3.6 Seismotectonic Backgrounds	(47)
Chapter 4 The 1604 Quanzhou Earthquake of M 8 in Fujian Province.....	(52)
4.1 Outline	(52)
4.2 Earthquake-Caused Destruction.....	(52)
4.3 Earthquake Parameters and Source Mechanisms	(54)
4.4 Seismicity and Its Sequences	(56)
4.5 Pre-Earthquake Anomalous Phenomena.....	(59)
4.6 Seismotectonic Backgrounds	(61)
4.7 Conclusions	(61)
Chapter 5 The 1668 Tancheng Earthquake of M 8.5 in Shandong	

Province.....	(70)
5.1 Seismic Disasters and Intensity.....	(70)
5.2 Basic Earthquake Parameters	(82)
5.3 Seismicity	(83)
5.4 Macroscopic Precursors and Coseismic Factors.....	(89)
5.5 Analysis of Seismotectonic Conditions	(91)
Chapter 6 The 1679 Sanhe-Pinggu Earthquake of M 8	(98)
6.1 Outline	(98)
6.2 Characteristic Distribution of Seismic Intensity.....	(103)
6.3 Determinations of Earthquake Parameters	(105)
6.4 Earthquake Fault Zone	(106)
6.5 Pre-and Post-Earthquake Seismicity Features	(111)
6.6 Seismotectonic Settings	(113)
Chapter 7 The 1739 Pingluo Earthquake of M 8 in Ningxia Hui Autonomous Region	(118)
7.1 Outline.....	(118)
7.2 Disaster Situation and Surface Destruction	(118)
7.3 Distributions of Iseismic Lines	(121)
7.4 Seismicity and Its Sequences	(122)
7.5 Anomalous Phenomena	(122)
7.6 Pre-and Post-Earthquake Anomalous Phenomena.....	(125)
7.7 Seismotectonic Backgrounds	(125)
Chapter 8 The 1833 Songming Earthquake of M 8 in Yunnan Province.....	(131)
8.1 Outline	(131)
8.2 Surface Destruction	(133)
8.3 Pre- and Post-Earthquake Seismicity Features	(134)
8.4 Seismotectonic Backgrounds	(136)
8.5 Some Insights	(138)
Chapter 9 The 1902 Artux Earthquake of M $8\frac{1}{4}$ in Xinjiang Uygur Autonomous Region.....	(143)
9.1 Outline	(143)
9.2 Surface Destruction	(144)
9.3 Evaluations of Earthquake Parameters and Focal Mechanism.....	(155)
9.4 Seismicity and Its Sequences	(157)
9.5 Pre- and Post-Earthquake Anomalies	(162)
9.6 Seismotectonic Backgrounds	(164)
9.7 Some Insights	(169)

Chapter 10 The 1906 Manas Earthquake of M 8 in Xinjiang Uygur Autonomous Region	(171)
10.1 Outline	(171)
10.2 Surface Destruction	(172)
10.3 Seismicity	(179)
10.4 Pre- and Post-Earthquake Anomalous Phenomena	(181)
10.5 Seismotectonic Backgrounds	(182)
10.6 Some Insights	(185)
Chapter 11 The 1920 Haiyuan Earthquake of M $8\frac{1}{2}$	(187)
11.1 Outline	(187)
11.2 Surface Destruction	(188)
11.3 Evaluations of Earthquake Parameters and Focal Mechanism	(196)
11.4 Seismicity and Its Characteristic Sequences	(197)
11.5 Seismotectonic Backgrounds	(201)
11.6 Some Insights	(207)
Chapter 12 The 1927 Gulang Earthquake of M 8 in Gansu Province	(208)
12.1 Outline	(208)
12.2 Earthquake Damages and Seismic Fault Zone	(212)
12.3 Seismic Intensity	(215)
12.4 Earthquake Parameters and Focal Mechanism	(216)
12.5 Seismicity and Its Sequences	(219)
12.6 Pre- and Post-Earthquake Anomalous Phenomena	(223)
12.7 Seismotectonic Backgrounds	(223)
12.8 Some Insights	(229)
Chapter 13 The 1931 Fuyun Earthquake of M 8 in Xinjiang Uygur Autonomous Region	(230)
13.1 Outline	(230)
13.2 Seismic Disasters and Fault Zone	(230)
13.3 Seismic Intensity	(232)
13.4 Seismic Parameters and Focal Mechanism	(233)
13.5 Features of Seismicity	(238)
13.6 Seismotectonic Backgrounds	(241)
13.7 Some Insights	(248)
Chapter 14 The 1950 Medog Earthquake of M 8 in Xizang (Tibet) Autonomous Region	(252)
14.1 Outline	(252)
14.2 Surface Damages	(254)
14.3 Evaluations of Seismic Parameters and Focal Mechanism	(262)

14.4	Seismicity and Its Sequences	(268)
14.5	Pre- and Post-Earthquake Anomalous Phenomena	(275)
14.6	Seismotectonic Backgrounds.....	(276)
14.7	Some Insights	(279)
Chapter 15	The 1951 Damxung Earthquake of M 8 in Xizang (Tibet) Autonomous Region	(280)
15.1	Outline.....	(280)
15.2	Surface Destruction.....	(281)
15.3	Evaluations of seismic Parameters and Focal Mechanism	(285)
15.4	Features of Seismicity and Its Sequences.....	(288)
15.5	Preliminary Analysis of Seismotectonic Backgrounds.....	(292)
15.6	Some Insights	(298)
Chapter 16	The 1920 and 1972 Taiwan Earthquakes of M 8	(301)
16.1	Outline	(301)
16.2	Seismic Disasters and Surface Destruction	(301)
16.3	Basic Seismic Parameters and Focal Mechanism	(303)
16.4	Division of Seismic Regions and Zones in Taiwan and Seismicity Backgrounds	(308)
16.5	Features of Seismic Sequences	(312)
16.6	Pro- and Post-Earthquake Anomalous Phenomena	(320)
16.7	Seismotectonic Backgrounds	(321)
16.8	Conclusions.....	(330)

第一章 绪 论

中国第一个可以确定为 8 级或接近 8 级的地震是公元 1303 年发生在山西洪洞附近的地震,从那以后,迄今 682 年,可以查定的震中烈度达到 X 度以上震级 $M \geq 8$ 级大震共 17 次,其中震级达到 8 级的地震有 3 次(见表 1.1)。收入本书的 17 次大震,有 8 次是 1900 年以前发生的,只有宏观考察资料,有 9 次发生在本世纪,不仅有宏观考察资料,而且还有仪器记录资料,因此在系统总结这些地震过程中,存在着研究时间尺度和研究方法上的差异,所以需要对一些问題作些说明。

第一节 关于中国 8 级大震的选定

本书收入的 8 级大震是按李善邦先生主编的《中国地震目录》和 1971 年中国科学院地球物理研究所编的《中国强地震目录》给出的,共 17 次,1900 年以前 8 次,1900 年以来 9 次(表 1.1、图 1.1)

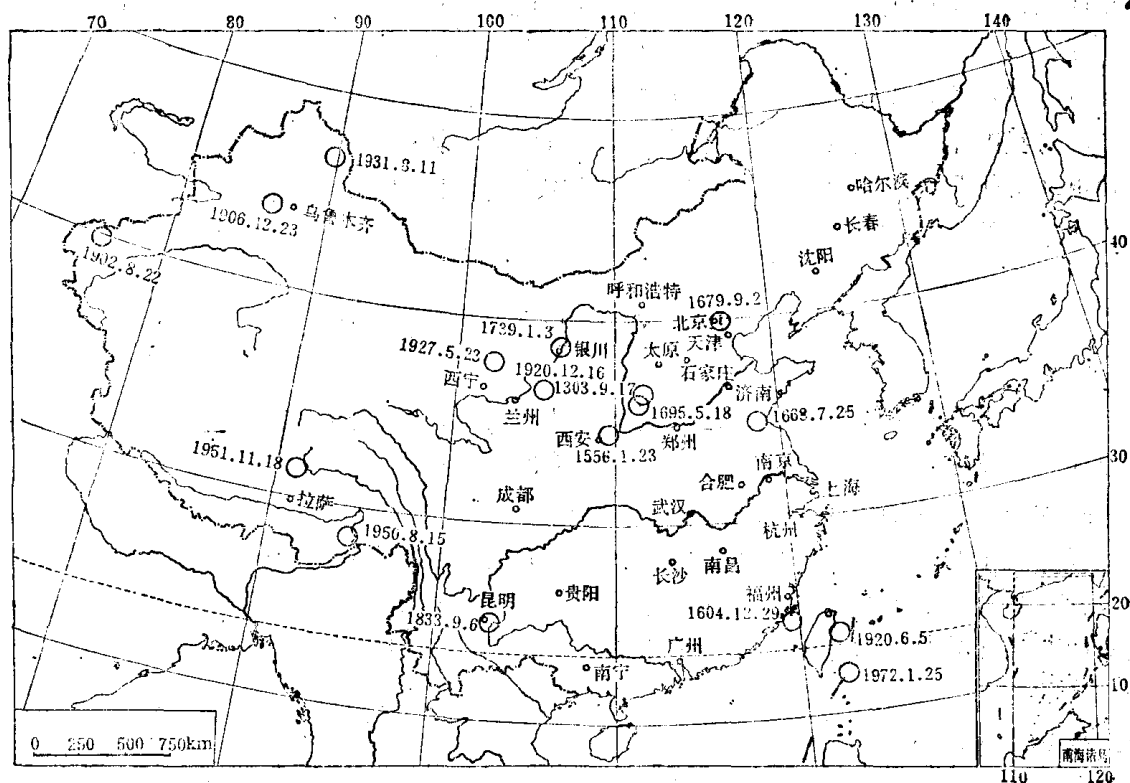


图1.1 中国 8 级地震震中分布图

1983年由顾功叙先生主编的《中国地震目录》中对少数地震的震级作了更动,例如1879年武都地震由原来的7.5级升为8级;一些省地震部门的同志对个别地震的震级也作了改动,

表1.1

中 国 8 级 地 震

编号	地震名称	地震日期	发震时刻	震中位置		烈度	震级 (M)	震源 深度 (km)
				东 经	北 纬			
1	山西洪洞地震	1303年 9月17日	20时	111.7°	36.3°	X	8	17
2	陕西华县地震	1556年 1月23日	24时左右	109.7°	34.5°	IX	8	
3	山东郯城地震	1668年 7月25日		118.5°	34.8°	IX	8 ⁺	36
4	三河-平谷地震	1679年 9月 2日	11时前后	116°55'	39°58'	IX	8	
5	福建泉州地震	1804年12月29日	19时	119.5°	25.0°		8	
6	山西临汾地震	1695年 5月18日	20时前后	111.5°	36.0°	IX	8	15
7	宁夏平罗地震	1739年 1月 3日		106.5°	38.8°	X	8	20
8	云南嵩明地震	1833年 9月 6日		103°03'	25°10'	IX	8	
9	新疆阿图什地震	1902年 8月22日	11时00分	76.1°	39.9°		8 ⁺	55
10	新疆玛纳斯地震	1906年12月23日	2时21分	85.6	43.9	IX	8	18
11	台湾花莲海外地震	1920年 6月 5日	12点21分28秒	122.0°	24.0°		8	
12	海原地震	1920年12月16日	20点06分09秒	105.3°	36.6°	IX	8.5	30
13	甘肃古浪地震	1927年 5月23日	06点32分47秒	102.6°	37.7°	IX	8	23
14	新疆富蕴地震	1931年 8月11日	5时18分	89°54'	46°44.5'	IX	8	19
15	台湾火烧岛东南地震	1972年 1月25日	10时06分24秒	122°37'	22°56'		8	29
16	西藏墨脱地震	1950年 8月15日	22时09分34秒	94°50'	23°59'	IX	8.5	30-
17	西藏当雄地震	1951年11月18日	17时35分50秒	91.0°	31.3°	X	8	25-50

如1786年四川炉定地震由原来的7.5级升为8级；再者西藏地方史料挖掘较晚，其中也可能有8级地震。这些新补充的8级地震因为以往的研究工作不足，未能纳入本书。还要说明的一点是1910年以前的地震仪是无阻尼的（Milne地震仪），用这种仪器测定的震级普遍偏大，因之，对我国某些地震的震级应有所降低，如1906年新疆玛纳斯8级地震降到8级以下，这种更动可能是合理的，但考虑到以往对此地震已有较好的工作基础，所以仍列入本书，作为对特大地震的介绍与分析。

第二节 关于震中位置的确定

对于8级大震来说，有的震源断层长度可达几百公里，因之震中位置取这个长度在地面上投影的那一点就成为不明确的问题了。在这种情况下，震中位置就需要具体下定义。

1. 始破裂点作为震中

对于仪器所定的震中来说，如果用的是P波和S波的到达时刻，则定出的震中就是始破裂点的位置。另外在震源机制的研究中，单侧传播的起始端就是始破裂点。如果是双侧传播，则双侧背离之处是始破裂点。这与宏观考察中根据振动传来的方向推论始破裂点位置的经验是一致的。

2. 破坏最重的点作为震中

破坏最严重的位置究竟相当于震源断层上那一点，现在还不好确切判定。一般来说，破坏最严重的地点，应是震源断层上应力值最高的地点，也就是最大放能点。而始破裂点只是剪应力首先达到耐剪强度的点，它不一定是岩石中剪应力强度最高的点。对于宏观地震学来说，由于始破裂点不好确定，所以用破坏最重点作为震中也是恰当的。本书中绝大部分地震的震中就是按这个定义确定的。至于破坏最重的标志则按具体情况而定，有的以房屋破坏最