

56.25
003069

地震学

〔日〕宇津德治 著

陈铁成 全璧道 译 魏 淳 校



69

地震出版社

地 震 学

〔日〕 宇津德治 著

陈铁成 全鎔道 译

魏 淳 校

地 震 出 版 社

1981

内 容 提 要

本书译自日本著名地震学家宇津德治所著《地震学》1977年版。书中系统地介绍了地震学的基础知识。全书共十二章，就地震概况、地震仪、弹性波动、地球内部结构、地震的时空分布、地壳形变和震源机制等问题作了广泛的论述。本书是一本地震学和固体地球物理学的入门书。对于广大地质工作者，均有参考价值。

地 震 学

〔日〕宇津德治 著

陈铁城 全璧道 译

魏 淳 校

地质出版社 出版

北京复兴路63号

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

各 地 新 华 书 店 经 售

850×1168 $\frac{1}{32}$ 9 $\frac{1}{2}$ 印张 235 千字

1981年5月第一版 1981年5月第一次印刷

印数：0001—4200

统一书号：13180·103 定价：1.15元

前 言

地震学虽然是研究地震和与它有关现象的一门科学，但如果从大的方面来区分，则可分为与地震发生相关联的问题和与地震波的传播、地球的内部结构相关联的问题。为了研究前者，后者的知识是不可缺少的。尤其是作为这些问题的基础，还需要知道地震动的测定及弹性理论等知识。本书就上述比较狭义的地震学、叙述基础知识，为专门学习地震学或固体地球物理的学生们提供一本入门书，这是本书的第一个目的。同时，也希望能够为相邻学科的研究者或在机关和企业内从事有关地震业务的人员提供参考。

地震现象所涉及的领域是广泛的。由于篇幅上的限制，本书未能包括其全部内容。譬如，关于地震灾害，只能叙述片断。此外，关于地球的内部结构，也只限于用地震波来进行直接研究，并不涉及到密度、压力、温度、电磁性质、物质构成、物性等方面的内容。

笔者刚开始研究地震学时，曾认为地震学是入门容易、然而入门之后却使人感到好似无从着手的一门科学。后来，观测、实验的技术进步了，有关地球内部的情报有了飞跃的增加，并且，理论也变得复杂起来，因此，地震学成为一门入门也难的科学了。在每年出版近千篇有关论文的年代里，一个人要写一本包括地震学全部内容的书籍，也许是太不自量了吧！后来，承蒙力武常次教授的劝告，笔者试图将有关资料汇编成一册。但重新审看原稿，感到在解释和插图中尚存在一些不够充分的地方。此外，还有一些内容（例如，地震波速度和 Q 值对于物质的构成及状态的依赖关系、破裂进行的机制、模拟地震学等）如能加以阐述就好了。

我虽然也感到了这一点，但本书系一本小册子，也就不能过于贪婪。为了进一步充实和丰富本书的内容，如能得到各位读者的批评和帮助，笔者当感幸甚。

作 者

一九七七年三月于名古屋大学

目 录

前言

第一章 地震概论

- 1.1 地震和地震动 (1)
- 1.2 震源和震中 (2)
- 1.3 烈度和震级 (2)
- 1.4 地震活动和地震群 (3)
- 1.5 地震仪和地震观测 (4)
- 1.6 地震波的传播和地球内部结构 (5)
- 1.7 伴随地震的现象 (7)
- 1.8 地震的成因和预报 (7)

第二章 地震仪和地震观测

- 2.1 线性系统的响应特性 (10)
 - A. 线性系统 (10)
 - B. 波动谱 (11)
 - C. 频率特性 (12)
 - D. 地震仪的原理 (13)
- 2.2 摆的运动和机械式地震仪 (14)
 - A. 简单的摆 (14)
 - B. 地震仪所用的摆 (15)
 - C. 阻尼作用 (17)
 - D. 地动和摆运动的关系 (19)
 - E. 机械式地震仪的频率特性 (20)
 - F. 摩擦的影响 (22)
- 2.3 电磁式地震仪 (24)

A. 动圈式换能器和检流计	(24)
B. 电磁式地震仪的方程式	(25)
C. 电磁式地震仪的频率特性	(27)
D. 使用放大器的电磁式地震仪	(33)
E. 地震仪的校正	(34)
2.4 应变仪及地壳形变连续观测装置	(36)
A. 线性应变仪及伸缩仪	(36)
B. 体积应变仪	(37)
C. 倾斜仪	(38)
2.5 地震观测	(39)
A. 地震观测站	(39)
B. S/N 的改善	(41)
C. 海底地震观测	(42)

第三章 弹性波动

3.1 弹性	(43)
A. 应变和应力的定义	(43)
B. 应变和应力的关系	(44)
C. 弹性体的运动方程和弹性波	(45)
D. 弹性能	(49)
3.2 体波的反射、折射和面波	(50)
A. 反射和折射	(50)
B. 瑞利波	(53)
C. 洛夫波	(55)
D. 相速度和群速度	(57)
E. 存在表层时的瑞利波	(57)
F. 水平 n 层结构的情况	(58)
G. 沿着球面传播的面波	(63)
3.3 弹性球体的自由振荡	(63)
A. 均匀球体的自由振荡	(63)

	B. 具有层结构的球体自由振荡	(66)
3.4	非弹性	(66)
	A. Q 值	(66)
	B. 粘弹性	(68)
第四章	通过地震波研究地球内部结构	
4.1	体波的传播和地球的层状结构	(72)
	A. 地震射线	(72)
	B. 赫尔格罗茨-维谢尔方法	(73)
	C. 体波的振幅	(76)
	D. 表层结构	(77)
	E. 体波的各种震相和标准走时曲线	(80)
	F. 震中距和方位角的计算	(84)
4.2	通过体波研究地壳、地幔和地核的结构	(85)
	A. 地壳结构	(85)
	B. 地幔结构	(89)
	C. 通过体波研究地幔的 Q 结构	(92)
	D. 地核结构	(92)
4.3	通过面波研究地壳和上地幔结构	(97)
	A. 群速度方法	(97)
	B. 相速度方法	(99)
	C. 由长周期面波所作的上地幔结构模型	(100)
	D. 通过面波得出地的幔 Q 结构	(101)
	E. L_g 、 T 震相及其他	(103)
4.4	地球的自由振荡和综合地球模型	(105)
	A. 自由振荡的观测	(105)
	B. 综合地球模型	(106)
4.5	岛弧及其他地区的异常结构	(108)
	A. 岛弧	(108)
	B. 中央海岭	(113)

第五章 地震动强度和地震大小

5.1	烈度	(114)
A.	烈度表	(114)
B.	烈度和加速度	(114)
C.	烈度分布	(117)
D.	烈度异常区	(119)
5.2	地震震级	(121)
A.	地震大小的表示方法	(121)
B.	里克特的定义	(122)
C.	面波震级	(122)
D.	体波震级	(123)
E.	M_L 、 M_S 、 M_B 的关系	(123)
F.	确定震级的各种方法	(124)
G.	烈度和震级的关系	(127)
H.	关于震级的几个问题	(128)
5.3	地震能量	(130)
A.	能量的积累和释放	(130)
B.	地震波能量的推算	(130)
C.	由地壳形变计算的应变能	(131)
D.	震级和能量的关系	(131)
5.4	地震震级的频度分布	(133)
A.	古登堡-里克特公式	(133)
B.	b 值的求法	(135)
C.	b 值的地区性	(135)
D.	服从于 G-R 式的地震群性质	(136)
E.	石本-饭田公式	(137)
F.	G-R 式的解释	(138)
G.	其他问题	(139)

第六章 地震的空间分布——世界各地的地震活动

6.1	震源的求法	(141)
A.	近场浅震	(141)
B.	标准走时表法	(143)
C.	震中、震源的推算法	(144)
D.	确定震源的误差	(145)
6.2	世界地震活动分布	(147)
A.	概论	(147)
B.	岛弧和深震	(148)
C.	中央海岭及转换断层的地震	(153)
6.3	地震活动性的表现和解释	(153)
A.	地震活动性的定量表现	(153)
B.	地震带、震区、空白区	(154)
C.	地震分布和火山分布	(156)
D.	震源的空间分布统计	(157)
6.4	日本及其周围的地震活动	(157)
A.	概论	(157)
B.	南千岛—北海岛	(161)
C.	东北地区	(162)
D.	关东地区	(162)
E.	东海道—南海道近海	(163)
F.	西日本内陆部分	(164)
G.	九州—琉球近海	(165)
6.5	世界几个地区的地震活动	(165)
A.	北美大陆西部	(165)
B.	中南美	(166)
C.	中国、印度及其周围	(167)
D.	伊朗和土耳其	(168)
E.	意大利	(168)

第七章 地震的时间分布和地震群

7.1	余震	(170)
A.	余震的空间分布	(170)
B.	余震的时间分布	(173)
C.	余震活动	(175)
D.	余震现象的解释	(176)
7.2	前震	(179)
7.3	震群	(181)
7.4	地震活动的时空相关性	(185)
7.5	地震的时间系列模型	(187)
A.	泊松过程	(187)
B.	发生率随时间变化的情况	(189)
C.	更新过程	(190)
D.	分枝泊松过程	(190)
7.6	地震发生的周期性及其与其他现象的相关性	(193)
A.	周期性	(193)
B.	周期性例子及其与其他现象的相关	(194)
7.7	诱发地震	(196)
A.	水库和地震	(196)
B.	注水	(198)
C.	其他诱发地震	(198)

第八章 与地震有联系的地壳形变

8.1	地震断层	(200)
A.	断层和地震	(200)
B.	地震断层的例子	(201)
C.	地震断层的性质和状态	(204)
8.2	地震时发生的地基升降	(205)
A.	海岸的升降	(205)

	B. 水准测量	(207)
8.3	地震时发生的地基水平形变	(208)
	A. 三角网的解析	(208)
	B. 伴随地震的水平形变	(209)
8.4	断层位移引起的地壳形变分布	(211)
	A. 位移及应变表达式	(211)
	B. 计算例子	(213)
	C. 地壳形变区大小和应变阶跃	(213)
8.5	没有地震伴随的中等速度地壳形变	(214)
	A. 断层蠕动	(214)
	B. 冰川期后的隆起	(215)
	C. 地基下沉	(215)
	D. 其他非地震性急剧形变	(216)
8.6	活断层及其他	(216)
	A. 活断层	(216)
	B. 海岸阶地	(218)
第九章 岩石的破裂和地震		
9.1	岩石的变形和破裂	(220)
	A. 应力-应变曲线	(220)
	B. 膨胀	(221)
	C. 岩石的破裂强度	(221)
	D. 延迟破裂	(222)
9.2	岩石破裂前的状态	(223)
	A. 微破裂	(223)
	B. 弹性波速度的变化	(225)
	C. 电阻的变化及其他	(225)
9.3	粘性滑动	(226)
第十章 地震发生的机制		
10.1	P波初动解	(227)

A. P 波的压缩和膨胀分布	(227)
B. 由近场观测资料求节面的方法	(228)
C. 由全世界的观测资料求节面的方法	(231)
D. 机制解的表示	(232)
10.2 作用于震源的力	(233)
A. I 型和 II 型	(233)
B. S 波的初动分布	(235)
C. 面波机制解的研究	(235)
10.3 地震矩、应力降、地震波谱	(236)
A. 与断层位移等价的力	(236)
B. 地震矩	(237)
C. 应力降	(238)
D. 地震波谱	(240)
E. 断层的运动速度	(242)
10.4 移动震源模型和理论地震图	(243)
A. 断层运动的行进	(243)
B. 理论地震图	(244)
C. 由移动震源模型所做的解析例子	(245)
D. 复震	(248)
10.5 世界各地的地震机制	(248)
A. 机制的地区性	(248)
B. 岛弧的地震机制	(249)
C. 中央海岭及转换断层的地震机制	(250)
D. 大陆内部的地震机制	(252)
10.6 板块构造和地震成因	(252)
A. 板块构造	(252)
B. 板块的相对运动	(253)
C. 板块构造和地震	(254)
D. 板块运动的动力	(255)

E. 地震的成因·····	(256)
---------------	-------

第十一章 伴随地震的自然现象

11.1 对于地表的影响·····	(258)
A. 地裂缝、地基液化·····	(258)
B. 山崩、滑坡·····	(259)
C. 海底浊流·····	(259)
11.2 对于水圈的影响·····	(259)
A. 海震·····	(259)
B. 海啸·····	(260)
C. 湖震·····	(262)
D. 对地下水的影响·····	(262)
11.3 在大气圈中的现象·····	(263)
A. 地声·····	(263)
B. 大气中的长周期波动·····	(263)
C. 地光·····	(263)
11.4 伴随地震的电磁现象·····	(264)
A. 地磁·····	(264)
B. 地电·····	(264)
C. 电阻·····	(264)
11.5 其他现象·····	(265)
A. 对火山活动的影响·····	(265)
B. 重力变化·····	(265)
C. 对于钱德勒极移的影响·····	(265)

第十二章 地震预报

12.1 地震危险性的估算和地震预报·····	(267)
A. 地震危险性·····	(267)
B. 地震预报·····	(269)
12.2 地震前的异常地壳形变·····	(270)
A. 地基升降·····	(270)

B. 水平应变	(270)
C. 地壳形变的连续观测	(271)
12.3 地震活动等的异常	(271)
A. 前震的判断	(271)
B. 空白区和前震	(272)
C. 广义前震和其他地区的地震活动	(272)
D. 机制的变化及其他	(272)
12.4 地震波速度的变化	(273)
12.5 其他前兆现象	(274)
A. 地磁、大地电流	(274)
B. 电阻	(275)
C. 地下水	(275)
D. 其他	(275)
12.6 地震前兆现象的解释	(276)
A. 前兆现象的出现时间	(276)
B. 膨胀模式	(276)
C. 地震前的断层滑动	(279)

第一章 地震概论

1.1 地震和地震动

所谓地震，就是构成地球的一部分岩石发生急剧的运动，从而产生地震波的现象。由地震波所产生的地表或地下的振动就是地震动。因为地球是个弹性体，所以，在其内部或沿表面传播的地震波只能是弹性波，在内部传播的叫做体波，沿表面传播的叫做面波。

地震是自然发生的一种现象，但也有人为的原因，例如火药爆破和核爆炸、或沉重物体坠落等的冲击，也会引起与地震相类似的现象。这些现象称为人工地震以区别于天然地震。此外，往深井里注水或者大的水库蓄水，也有引起地震发生的。这些地震与上述人工地震不同，它的发生地点、时间、大小完全不能控制，所以叫做诱发地震。在矿山等地进行的岩石爆破以及地下核试验之后所发生的余震等也可以称为一种诱发地震。

除了地震动之外，由于各种原因，地表常常发生摆动，把这种振动叫做杂乱微动或地噪声。特别是把周期为 2—8 秒并以比较规则的波形作长时间持续振动的称为脉动。可以认为，脉动主要是由于海岸附近的波浪产生的。根据波浪和海岸的情况不同，脉动在一个宽阔的地区内增多或减少。相应的来说，短周期杂乱微动可能由波浪、风、瀑布等自然因素所引起，但也可能是由于交通部门、工厂、土建工程及其他人类活动所引起。在市街附近，人为的杂乱微动尤其显著。当地震仪观测地震动时，上述杂乱微动和脉动作为背景噪音，成为一种障碍。放在月球表面上的地震仪，之所以能以比地球上的地震仪高 1—3 个数量级的放大

倍数来使用，正是由于在月球上几乎不存在发生杂乱微动和脉动的环境所致。因此，月球地震即月震虽然比地球地震小得多，但仍旧可以观测到。

1.2 震源和震中

地震的直接原因——地球内部的急剧运动，是随着岩石的破裂而发生的。发生破裂的区域叫做震源区。因为大地震的震源区可达几十公里到几百公里，所以把它视为一点是不合适的。但是，由各地的地震波观测资料，将地震波发生的地方假定为一点来求出的位置表明，把震源区定为一点又没什么特别不合适的地方。震源是最初发生破裂的点，这个点往往不在震源区的中心，而位于接近边缘的地方。震源在地表正上方的那个点就是所谓震中。震源位置用震中的纬度、经度和震源深度来表示。对于大地震，只用震源位置来表示发生地震的地点是不合理的，有必要表示震源区。虽然难以明确确定出震源区的边界，但从余震的震源分布、各地的地震动记录、伴随地震的地壳形变和海啸的状况等资料可以推断出来。

根据震源深度不同，地震可分为浅震、中深震、深震。虽然没有明确规定其界线，但依照古登堡(Gutenberg)和里克特(Richter, 1949)的方法，往往取 70 公里和 300 公里作为界线，即深度小于 70 公里的地震为浅震、70—300 公里的地震为中深震、大于 300 公里的地震为深震。现在还未听说有深度超过 700 公里的深震(6.2 B)。在日本，往往把深度不超过 30 公里的地震叫做极浅地震。本书将中深震和深震统称为深震。

1.3 烈度和震级

表示地震大小的数值叫做震级；表示地震动强弱的数值叫做烈度。震级的尺度也好，烈度的尺度即烈度表也好，均有各式各样的表示方法，因此有必要注意不要混淆起来。在新闻报道等方