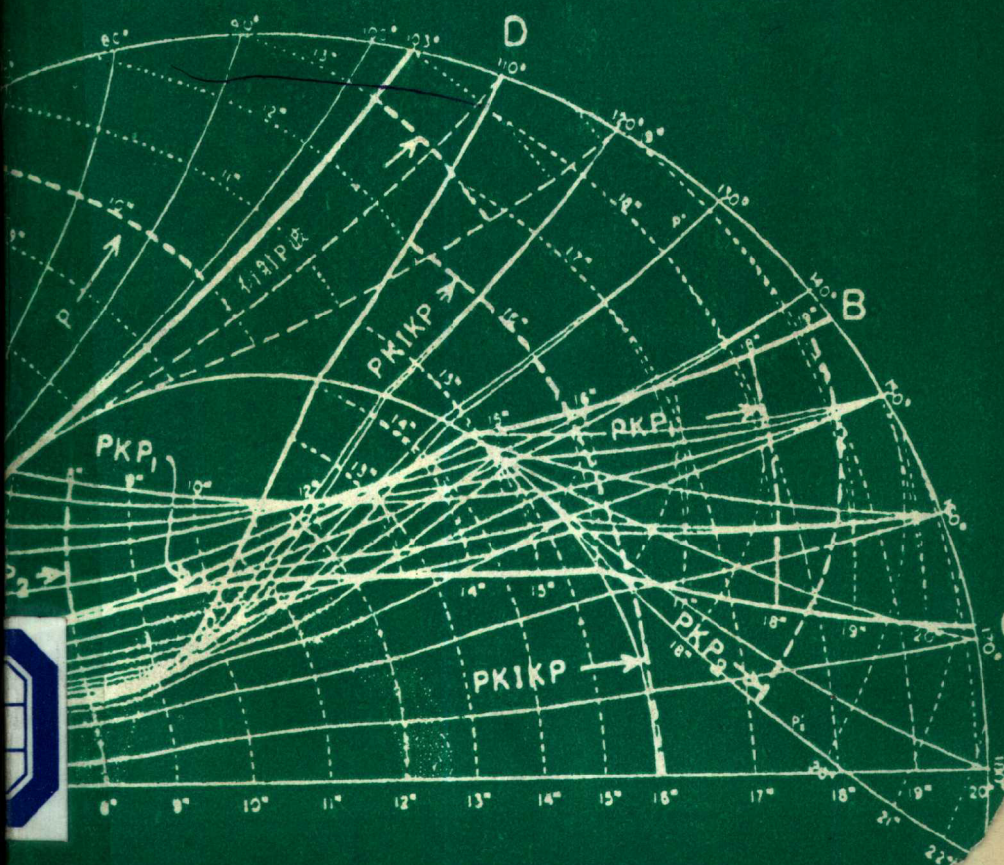


地震学引论

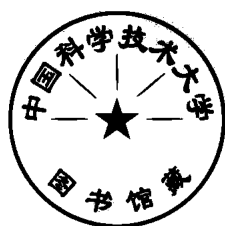
K.E. 布伦 著
B.A. 博尔特



学术期刊出版社

地 震 学 引 论

李钦祖 邹其嘉译校



学 术 期 刊 出 版 社

1 9 8 8

内 容 简 介

本书系已故著名地球物理学家布伦于1947年初版的名著,由现代著名地震学家博尔特于1985年修订的第四次版本,约有60%是新的资料。全书共分17章,全面系统地阐述了地震学的基本理论及其应用。本版本保留了1963年第三次版本中最有用的部分,增加了必要的基本概念,填补了明显的空白,补充了震源理论、通过异常区传播的地震波、地球的本征振动、强地面运动地震学等方面的新内容,介绍了最新的观测技术及其资料,并着重于现代研究方法以及与阿戈算法有关的计算机等问题。

读者对象:从事地震学、地震工程学和地球物理学及其相关的学科研究的科技人员及大专院校的有关专业师生等。

An introduction to the theory of seismology

K.E.BULLEN

Formerly Professor of Applied Mathematics, University of Sydney

BRUCE A. BOLT

Professor of Seismology, University of California, Berkeley

FOURTH EDITION

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS 1985

CAMBRIDGE

LONDON NEW YORK NEW ROCHELLE

MELBOURNE SYDNEY

地 震 学 引 论

李钦祖 邹其嘉译校

责任编辑:姜维岐

学术期刊出版社出版
北京海淀区学院南路86号
纺织工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 字数:440千

印张:17 7/32 印数:0001~2000

1988年12月第1版

1988年12月第1次印刷

ISBN 7-80045-094-5/p·3 科技新书目:183-135

定价:8元

前 言

这一版本大约有60%是新资料。笔者对整个文字作了改动，加以压缩并引进最新讨论和解释，比较着重于现代研究方法、与阿戈算法有关的计算机和强地面运动问题。

K. E. Bullen于1976年去世，使他未能修改他于1947年初版的地震学理论名著。由于受到版式和篇幅的限制，他在1963年作的唯一一次实质性修改是十分有限的。在70年代，他忙于撰写他的关于地球密度的论述，但在满10年的时候他已形成转回到“地震学理论”的意图。为此，他在1971年和1972年日本东京国际地震学和地震工程研究所教地震学课程时，作了详尽的笔记，这些都已用来作了本书的修订。

现在要重写，就必须考虑过去20年中地震学工作的显著加强和扩展。目前地震学理论很广泛，若在一本书中作综合介绍，则需要对方法和题目进行难以取舍的选择，而其中许多方法和题目，在1947年时甚至很难明确表达。但是，这个尝试看来是值得的，因为Bullen的书30多年来一直被认为是一本有价值的著作。

我很清楚，我的任务是从事一项根本性的修改工作，既要保留1963年版本中一直最有用的部分，而在接近引论的水平上，又要加入必要的基本概念，以填补最明显的空白。在这一版本中，有几章是关于震源理论、通过异常区传播的地震波、地球的本征振动和强地面运动地震学等方面的新内容。还增加了其它新资料，尤其是关于地震仪、阻尼、地球密度估计以及用统计反演理论分析走时和本征振动数据的理论。为了让位于扩大的理论，删去了1963年版本中关于核爆炸和地球以外的震学等章节，而将这些题目比较简要地并入别处。重新选择和补充了最新的文献索

引,增加了给出问题的新章节,这些问题援引自许多方面,作为读者的练习。

本册的主要目的一如既往,即提供地震学的引论。为此,对地震研究中,大量观测结果的处理是完全限定的,只是在提供背景时,才予以介绍。地震学的实际应用只简略提及,比较困难的高级理论问题(例如涉及到的Cauchy-Riemann原理)需参阅其它文章和书刊。近年来已出版了关于理论地震学和弹性波理论的几本令人赞赏的高等教科书,其中必须提到的有W. Pilant (1979)、K. Aki和P. Richards (1980)、J. Hudson (1980)、A. Ben-Menahem和S. J. Singh (1981)以及B. Kennett (1983)的著作。我尽力选择材料以使本书适合于教师和专业工作者在基础物理和高等数学之间发展的需要。以在加州大学伯克利学校讲授的课程为基础选取内容,这将对地球物理学和地震工程学方面的高年级大学生和低年级研究生有所帮助。

读者应注意有关版式的几个问题。每章里的公式用一个数在本章内编写;提到其他章里的公式时,则用两个数分别表示章和公式[例如式(2.4)]。

为了整体方便,在书的后面把参考文献目录分为“选择书目”和“参考文献”两部分。本书中用作者和发表年份来引用两个目录中的文献,从而读者可以在必要时查考这两个目录。

由于地震学如物理学其它许多领域一样,仍使用c.g.s.单位,所以这一版本中仍保留这些单位。在参考文献之后,附有c.g.s.单位与SI(mks)单位的简单换算表。

尽我所能,想使本书仍保持接近于我以前的同事和教授K. E. Bullen、并最终接近于我们共同的良师Sir H. Jeffreys的整个写法。我得到许多同事和从事研究工作的学生的帮助。的确,本书的有些部分就是直接来自合作研究课题。W. J. Hanson和R. A. Uhrhammer给予很大帮助,他们审读了大量手稿。我还要特别感谢R. D. Adams、D. R. Brillinger、V. F. Cormier、P. Dehlinger、J.

W. Dewey, L. A. Drake, R. Gutdeutsch, E. Krebs, J. J. Litehiser, T. Mikumo, O. W. Nuttli, P. W. Rodgers, W. D. Smith, W. Stauder, T. Tanimoto, 蔡义本, A. Udias和J. Verhoogen, 他们都热情地提出了关于本书内容的建议和意见。

Bruce A. Bolt

加利福尼亚 伯克利

1984年

目 录

第一章 地震学的范围	(1)
1.1 早期历史	(1)
1.2 从1915年到1960年的发展	(4)
1.3 1960年以后的时期	(5)
1.3.1 地震学与核爆炸	(5)
1.3.2 标准的全球记录	(7)
1.3.3 计算机和复杂性	(9)
1.3.4 地球外的震学	(10)
1.4 本书计划	(12)
第二章 弹性理论	(15)
2.1 应力分析	(15)
2.1.1 应力张量	(16)
2.1.2 应力张量的对称性	(18)
2.1.3 Kronecker delta函数 δ_{ij} 和交变张量 ϵ_{ijk} 的应用	(19)
2.1.4 应力二次曲面	(20)
2.1.5 弹性动力学运动方程	(21)
2.2 无穷小应变	(22)
2.2.1 旋转张量	(23)
2.2.2 应变张量	(24)
2.2.3 体积膨胀	(26)
2.2.4 守恒方程	(27)
2.3 曲线坐标	(28)
2.4 完全弹性	(29)
2.4.1 完全弹性各向同性物质的应力-应变关系	(30)
2.4.2 用位移表示运动方程	(31)

2.4.3 某些完全弹性物质	(32)
2.4.4 杨氏模量和泊松比	(34)
2.4.5 完全弹性体内的能量	(35)
2.4.6 弹性平衡定理	(38)
2.4.7 求解弹性问题	(41)
2.5 非各向同性物质和横向各向同性	(42)
2.6 时间效应造成的对于完全弹性的偏离	(43)
2.6.1 流体粘滞性	(44)
2.6.2 Kelvin-Voigt模型	(46)
2.6.3 弹性后效	(47)
2.6.4 Maxwell 模型	(48)
2.6.5 固体的强度	(49)
2.6.6 固体和流体	(50)
2.7 有限应变理论	(51)
2.8 练习	(52)
第三章 振动和波	(56)
3.1 一个自由度的系统的振动	(56)
3.1.1 简谐运动	(56)
3.1.2 阻尼振动	(56)
3.1.3 受迫振动	(58)
3.1.4 Delta 函数	(59)
3.1.5 Green 函数	(60)
3.2 多于一个自由度的系统的振动	(63)
3.2.1 有限自由度系统的本征振动	(64)
3.2.2 Rayleigh原理	(66)
3.2.3 弹性绳上的质点	(66)
3.2.4 连续系统的振动	(68)
2.2.5 地震学的考虑	(69)
3.3 平面波	(71)

3.3.1 Fourier 积分定理和谱	(72)
3.3.2 简谐平面波	(73)
3.3.3 向量波。偏振	(75)
3.3.4 驻波	(76)
3.3.5 波的频散	(77)
3.3.6 平面波运动的能量	(79)
3.3.7 平面波在一般方向上的传播	(81)
3.4 波动方程	(81)
3.4.1 球对称情况	(82)
3.4.2 一般解	(82)
3.4.3 射线理论	(83)
3.5 二维波动	(84)
3.6 散射	(87)
3.7 衍射	(88)
3.8 Helmholtz 方程 和 Sturm-Liouville 方程	(91)
3.9 练习	(93)
第四章 弹性体波	(97)
4.1 P波和S波	(97)
4.1.1 平面波情况	(98)
4.1.2 Poisson 关系式	(99)
4.2 无限介质中的震源体	(99)
4.2.1 球形源	(99)
4.2.2 点源的Green 函数表示	(101)
4.2.3 互易性定理	(102)
4.3 地震中的地面运动形式	(104)
4.4 重力涨落的影响	(107)
4.5 弹性不完全性的影响	(108)
4.5.1 滞弹性的本构律	(108)
4.5.2 线性模型和Jeffreys 幂次律	(110)

4.5.3 谐波的阻尼。品质因数 Q	(112)
4.6 热力学条件.....	(114)
4.7 有限应变效应.....	(114)
4.8 球面波情况.....	(115)
4.9 练习.....	(118)
第五章 弹性面波和球的本征振动	(121)
5.1 沿平界面传导的波.....	(121)
5.2 Rayleigh波.....	(125)
5.3 Stoneley波.....	(127)
5.4 Love波.....	(128)
5.4.1 节面.....	(129)
5.4.2 频散曲线.....	(130)
5.4.3 连续变化介质的微分方程.....	(131)
5.5 在多层介质和多个震源中存在的面波.....	(132)
5.5.1 单一表层的Rayleigh波.....	(132)
5.5.2 矩阵理论。Love波和Rayleigh波.....	(135)
5.5.3 Lamb问题.....	(140)
5.6 弹性球的正态振荡.....	(141)
5.6.1 基本方程.....	(142)
5.6.2 扭转(超环式)振型.....	(144)
5.6.3 球型和径向振型.....	(145)
5.6.4 振荡的几何描述.....	(146)
5.6.5 旋转和椭率的影响。地球光谱学.....	(148)
5.6.6 关于行波的二重性.....	(149)
5.7 线性粘弹介质中的地震波.....	(150)
5.7.1 运动方程。对应原理.....	(150)
5.7.2 阻尼地震波.....	(151)
5.7.3 粘弹性球的阻尼振荡.....	(152)
5.8 练习.....	(153)

第六章 弹性波的反射和折射	(158)
6.1 公式.....	(158)
6.1.1 反射和折射定律.....	(158)
6.1.2 关于两种介质的一般方程.....	(159)
6.2 特殊情况.....	(160)
6.2.1 入射SH波的情况.....	(160)
6.2.2 向自由平界面入射的P波.....	(162)
6.2.3 向自由平界面入射的SV波.....	(164)
6.3 曲界面和首波.....	(164)
6.4 频散波的折射.....	(166)
6.5 散射的地震波。矩阵理论.....	(177)
6.6 练习.....	(170)
第七章 球状成层地球模型中的地震射线	(173)
7.1 地震射线参数 p	(173)
7.1.1 非均匀介质中的射线。程函方程.....	(174)
7.2 给定的射线族中 p 、 Δ 、 T 之间的关系.....	(176)
7.2.1 关系式 $p = dT/d\Delta$	(177)
7.2.2 T 、 Δ 的某些积分表达式.....	(177)
7.2.3 ξ 函数和 ζ 函数.....	(179)
7.2.4 $d\Delta/dp$ 和 dT/dp 的表达式.....	(180)
7.3 与 v 和 r 的指定变化相应的 Δ 和 T 的关系.....	(181)
7.3.1 第一种情况.....	(181)
7.3.2 第二种情况.....	(182)
7.3.3 第三种情况.....	(182)
7.3.4 第四种情况.....	(183)
7.3.5 第五种情况.....	(183)
7.3.6 第六种情况.....	(184)
7.3.7 第七种情况.....	(185)
7.3.8 第八种情况.....	(185)

7.3.9 第九种情况	(187)
7.4 由 (T, Δ) 关系推导P波和S波速度分布	(187)
7.4.1 Herglotz-Wiechert-Bateman 反演	(187)
7.4.2 Bullen方法	(190)
7.4.3 线性反演方法	(190)
7.4.4 低速层的反演	(193)
7.4.5 τ 方法	(195)
7.5 特殊的速度分布	(197)
7.5.1 地震射线的曲率	(197)
7.5.2 均匀介质中的射线	(197)
7.5.3 圆形射线; $v = a - br^2$ 定律	(197)
7.5.4 Mohorovičić 定律 $v = ar^b$	(199)
7.6 近震走时理论	(199)
7.6.1 近震 (T, Δ) 关系的特殊形式	(199)
7.6.2 应用于成层地壳结构	(200)
7.6.3 误差、分辨率和台网设计	(202)
7.6.4 层厚度的确定	(203)
7.6.5 人工源的利用。地震勘探	(204)
7.7 练习	(207)

第八章 球状成层地球模型中地震波引起的表

面运动的振幅	(210)
8.1 能量考虑	(210)
8.1.1 出射波中波阵的单位面积能量	(210)
8.1.2 能量和振幅之间的关系	(212)
8.2 入射波引起的表面运动	(213)
8.3 作为 Δ 的函数的振幅	(215)
8.4 在介质中传播期间的能量损耗	(216)
8.4.1 性质的缓慢变化	(216)
8.4.2 单一间断面	(218)

8.5 改变类型的波	(219)
8.6 与 (T, Δ) 曲线中的尖点相应的振幅	(220)
8.7 地震面波的振幅	(221)
8.8 反射率算法	(221)
8.9 练习	(225)
第九章 测震学	(228)
9.1 水平分量地震仪	(229)
9.1.1 倾斜效应	(230)
9.2 垂直分量地震仪	(231)
9.3 指示器方程	(232)
9.4 地震仪的阻尼	(233)
9.5 指示器方程的解	(234)
9.5.1 简谐地面运动	(235)
9.5.2 脉冲地面运动	(235)
9.5.3 一般地面运动响应曲线	(236)
9.6 由地震图计算地面运动	(238)
9.7 位移计、速度计和加速度计	(239)
9.7.1 记录方法和计时	(240)
9.8 地震地面运动的动态范围	(241)
9.8.1 脉动	(241)
9.8.2 频率范围	(243)
9.8.3 振幅范围	(244)
9.9 现代地震仪	(245)
9.9.1 电磁式	(245)
9.9.2 信号增强。数字处理	(247)
9.9.3 强地面运动加速度计和台阵	(248)
9.9.4 应变、倾斜和其他测量	(251)
9.9.5 便携式地震仪和微处理机。遥测	(252)
9.9.6 海底地震仪	(253)

9.10 工程响应谱	(254)
9.11 练习	(256)
第十章 走时表的制定	(259)
10.1 地震定位的参数	(259)
10.2 震中距和方位角的计算	(259)
10.3 地震图的特点	(260)
10.4 P走时表的估算	(262)
10.4.1 震源参数和表参数间的条件方程。Geiger 和Inglada方法	(262)
10.4.2 最小二乘方理论和反演理论的应用	(264)
10.4.3 Jeffreys的逐次逼近法。累加值	(268)
10.4.4 均匀折算和稳健估计	(273)
10.4.5 区域变化和震源深度	(275)
10.5 数字计算机的利用。层析成象	(277)
10.6 非P震相的走时表	(279)
10.6.1 在地震图上用于读取震相的符号	(279)
10.6.2 各种走时表之间的关系	(282)
10.6.3 体波走时表的类型	(283)
10.7 地球扁率的影响	(285)
10.8 面波的走时	(287)
10.9 数值结果	(288)
10.9.1 Jeffreys-Bullen地震走时表	(289)
10.9.2 PKP表	(291)
10.9.3 扁率表	(292)
10.9.4 速度的统计处理和走时表的估算	(294)
10.10 练习	(297)
第十一章 地震观测台	(299)
11.1 观测台的内部	(299)
11.1.1 地震图的解释	(301)

11.1.2 震源位置和地震大小的测定	(304)
11.1.3 地震参数的成组估算	(305)
11.1.4 异常观测。T震相。前驱波	(306)
11.2 国际地震组织	(307)
11.2.1 国际地震目录	(308)
11.2.2 全球数字台网	(309)
11.3 练习	(312)
第十二章 异常结构中的地震波	(314)
12.1 各向异性介质	(314)
12.1.1 运动方程和限定条件	(314)
12.1.2 各向异性介质中的面波	(316)
12.2 均匀介质。WKBJ近似	(318)
12.3 地形和结构的变化	(320)
12.3.1 有限差分法	(321)
12.3.2 有限单元法	(322)
12.3.3 数值结果。山和海—陆的过渡	(329)
12.3.4 变分方法	(337)
12.4 实验室模型地震学	(341)
12.5 练习	(341)
第十三章 地震波和行星内部	(346)
13.1 地球内的主要间断面	(346)
13.1.1 地壳的存在。海洋和大陆的结构	(346)
13.1.2 地核的存在	(348)
13.1.3 地幔中的间断面	(350)
13.1.4 地核中的间断面	(352)
13.1.5 地球内部的分区	(353)
13.2 地球和月球中P和S的速度分布	(355)
13.2.1 地壳	(355)
13.2.2 岩石圈	(357)

13.2.3 深处内部。最新结果	(358)
13.2.4 月球内部	(361)
13.3 地球中地幔和地核的状态	(362)
13.3.1 固体和流体	(362)
13.3.2 非弹性性质	(364)
13.4 地球的密度变化	(365)
13.4.1 密度变化的早期模型	(366)
13.4.2 地震学中的密度梯度方程	(366)
13.4.3 非均匀层的扩展。指数 η	(368)
13.5 密度测定的反问题	(370)
13.5.1 Bullen的步骤	(370)
13.5.2 Bullen的压缩系数——压力假设	(372)
13.5.3 线性反演。权衡曲线	(373)
13.5.4 地震波的直接应用	(378)
13.6 区域的分层	(382)
13.6.1 上地幔	(382)
13.6.2 区域D''	(383)
13.6.3 外核 (E区)	(385)
13.6.4 区域F	(385)
13.6.5 内核 (区域G)	(386)
13.7 地球内等密度面的扁率	(387)
13.8 练习	(388)
第十四章 长周期振荡和地球内部	(390)
14.1 历史背景	(390)
14.2 地球振型的数值结果	(392)
14.2.1 扭转振荡	(393)
14.2.2 球型振荡	(393)
14.2.3 模态的分裂。单音效应	(397)
14.3 观测本征谱的估算	(404)

14.3.1	Fourier分析	(404)
14.3.2	综合检波	(405)
14.3.3	本征频率、振幅、相位和Q的计算	(407)
14.3.4	观测值	(408)
第十五章	地震统计和预报	(413)
15.1	地震的能量释放	(413)
15.1.1	近震的情况	(414)
15.1.2	关于震源球对称的假设	(414)
15.1.3	面波的应用	(415)
15.2	地震的震级	(417)
15.2.1	震级和能量	(420)
15.2.2	地震发生的震级和频度的关系	(420)
15.3	地震活动性	(422)
15.3.1	浅震的地理分布	(422)
15.3.2	深源地震的分布	(424)
15.3.3	构造关联性	(426)
15.3.4	水库诱发地震	(428)
15.4	前震和余震	(430)
15.4.1	余震	(430)
15.4.2	前震	(431)
15.4.3	震群	(431)
15.5	地震预测	(432)
15.5.1	预测理论	(432)
15.5.2	周期性和相关性。地震活动性图象	(433)
15.5.3	地震波速度的变化	(435)
15.5.4	应变的变化	(436)
15.5.5	扩容模式	(437)
15.5.6	其他方面的参数。液化	(438)
15.6	练习	(440)