

地震浅说

〔美〕 B. A. 博尔特 著



地震出版社

地 震 浅 说

[美] B. A. 博尔特 著

柳百琪 译 张少泉 校

地 震 出 版 社

1983

Earthquakes A Primer

1978

Bruce A. Bolt

W. H. Freeman and Company

地震浅说

〔美〕B. A. 博尔特 著

柳百琪 译 张少泉 校

地 震 出 版 社

北京复兴路83号

北京印刷三厂印刷

北京新华书店发行所发行

各地新华书店经售

787×1092 1/32 7.5 印张 170 千字

1983年5月北京第一版 1983年5月北京第一次印刷

印数：0001—4,000

统一书号：13180·172 定价：0.78元

前 言

说来也怪，我头一次经受地震，是1959年在澳大利亚悉尼市郊，当时我正静静地坐在书房里。澳大利亚似乎是一个不大可能发生地震的地方，因此尽管大洋洲的许多地区有地震活动，但是澳大利亚地震活动并不活跃。1959年9月的一天，在新南威尔士南部斯诺伊山附近，离悉尼约350公里的地方，突然发生了地震。

从那一年起，我经受了多次地震：其中相当多的是在我的家乡——加利福尼亚的伯克利，还有1971年加利福尼亚圣费尔南多主震的一些余震以及1967年发生在日本松代的包括有成百上千个地震的著名震群。此外，我还在东京、委内瑞拉的安第斯、西雅图和罗马尼亚等地，碰上过当地的一些地震。但是，迄今还没有亲身领教过一次大震。

地震学确实是一门国际性的科学。就在我将要完成本书的手稿时，罗马尼亚发生了一次灾难性的地震。1977年3月4日下午大约9点半，在喀尔巴阡山下发生了一次7.2级地震。这次地震严重地摧毁了布加勒斯特部分地区和普洛耶什蒂以及罗马尼亚的一些城镇。它可能是近代欧洲中部发生的所有地震中最强烈的一次。远离该震震中的罗马和莫斯科都感到了震动，并且还使南斯拉夫和保加利亚遭到了破坏。这次地震大约死亡2000人。为了从这次灾害中吸取教益并减缓今后地震带来的危险，美国在这次地震发生后的几天之内，派遣了一个由地震学家和工程师组成的小组（我也是其中的一个成员）前往罗马尼亚。我们将把在那里所吸取的一

些教益编入本书，以便在今后的实践中加以运用。

地震学家的任务是研究地震的各个方面，包括：地震的成因、发生以及性质。地震学家还要运用地震波研究地球的内部构造、勘探石油和矿藏以及探测远距离的秘密地下核爆炸等。当然对其它一些专业人员，特别是工程师、建筑师、城市和地区的规划者，甚至连政治家也都对地震怀有浓厚的兴趣。地震不仅对多地震国家（诸如美国、新西兰和日本等）的人民，而且对那些从没有发生过地震地区的人民都有巨大的魅力。

尽管一些院校师生、专业和非专业人员一直在期待出版一些普及地震的书藉，但遗憾的是没有几本通俗易懂的书可供那些对地震好奇，但又几乎没有地学基础知识的人们阅读。我写这本书的目的是想提供一本扼要易懂，以最新观点介绍地震知识的书，这些知识是各国人民普遍都感兴趣的。另外我还引用了一些比较有意义的地震研究作为例证。要懂得，这些例证并不需要有专门的数学或技术知识。当然我在著书过程中，还运用了自己担任加利福尼亚大学伯克利地震台台长15年的经验。虽然这个地震台主要从事最新的地震研究工作，但是它对提供加利福尼亚地震活动性的详细资料负有重大的责任。我们每星期都收到许多要求讲解地震的请求，其中有些是在信件中提出的，也有一些是来访者提出的。特别是儿童们还写信来要求我们对他的学校的建设规划提供意见。

我相信读者在读完本书后，将能回答一些有关地震的问题，如在什么地方和什么时候发生地震，并能具体说出对付地震的一些防护措施。作为对阅读效果的检查，特在书后附了50个测验题。读者可从本书获得这些问题的答案。另外在

常用术语中,还对一些重要的地震学名词进行了解释。附录中详细地给出了地震学中某些常用的、但又较专业化的知识。

B. A. 博尔特

1978年1月于加利福尼亚,伯克利

译 者 的 话

本书作者 B. A. 博尔特教授 1975 年曾任美国地震学会主席，1978 年起任加利福尼亚州地震安全委员会负责人。现任国际地震学与地球内部物理学联合会主席。该书是作者为美国一般读者和世界上多震国家读者编写的一本中级科普读物。

该书深入浅出地介绍了地震学的几个主要领域，如测震学、地震前兆、地震预报以及地震工程等的进展。全书共分 11 章：第 1—3 章重点介绍地震的空间分布以及地震与断层等地质构造的关系；第 4—7 章介绍地震参数的测定，地震成因，并用板块学说对其进行了解释；第 8—9 章以水的诱发理论为主，介绍地震预报的前兆研究；第 10—11 章介绍地震工程、地震保险和地震时个人、住宅、医院和学校的防护措施等。书后附有作者拟定的思考题和常用术语，以帮助读者掌握全书内容。

该书适合具有中等文化程度的广大地震基层工作人员和对地震感兴趣的—般读者阅读。同时由于该书取材全面，并代表作者的学术观点，故对于从事地震研究和教学的同志，亦有相当的参考价值。

限于译、校者的水平，译文中难免有不妥甚至错误之处，敬请读者指正。

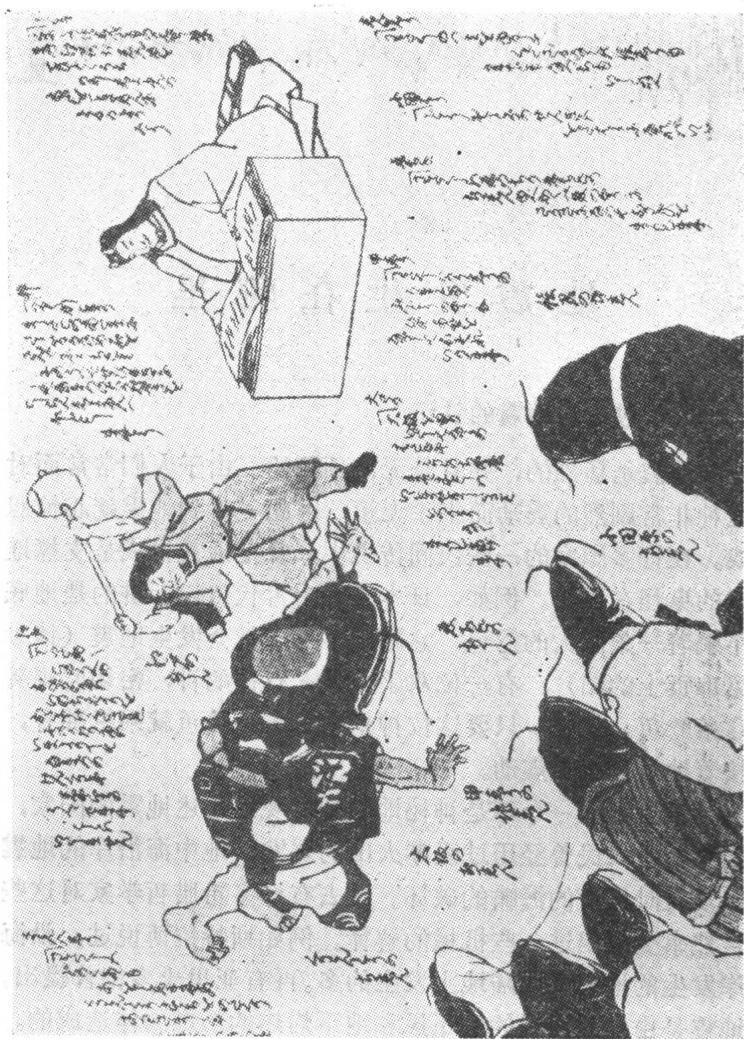
一九八一年七月于北京

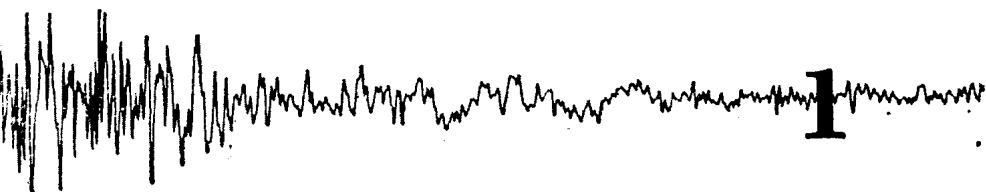
目 录

1. 地震发生在哪里	(2)
人们过去对地震的认识	(2)
研究地震的台站	(4)
全球地震分布图	(5)
地震的深度	(9)
构造图象和地震带内的空区	(12)
2. 人们在地震中的感受	(19)
1906年旧金山地震	(19)
1964年阿拉斯加耶稣遇难日地震	(25)
地震时的地震波种类	(29)
3. 地球上的断层	(37)
如何识别地质断层	(37)
1891年日本美浓-尾张地震	(42)
1976年危地马拉大震	(43)
断层滑动和断层泥	(49)
4. 地震的成因	(56)
地震的种类	(56)
能量的缓慢积累	(60)
弹性回跳	(62)
岩石变化	(67)
地震波是怎么产生的	(68)
5. 地震、火山和海啸	(74)

夏威夷火山的喷发	(74)
海啸	(80)
海啸警报	(86)
1964年加利福尼亚克雷森特城的悲剧	(87)
阿特兰蒂斯和桑托林 (塞拉岛)	(89)
6. 测震	(93)
强震仪和灵敏地震仪	(93)
如何看地震图	(97)
如何确定地震的位置	(100)
7. 地震的大小	(106)
地震烈度	(106)
如何计算地震震级	(110)
地震能量	(115)
地面震动加速度	(116)
上抛震动	(120)
8. 水对地震的触发作用	(125)
水对地下岩石的影响	(125)
水坝安全与地震	(128)
1975年加利福尼亚奥罗维尔地震	(134)
月震	(139)
9. 地震前兆	(146)
努力搞出地震预报	(146)
识别临震的线索	(154)
中国的地震预报	(161)
10. 地震中的自我保护	(168)
地震危险的类型	(168)
减少住房危险的步骤	(178)

地震保险·····	(182)
11. 抗震设计的环境研究·····	(188)
规划的改进·····	(188)
1977年3月4日罗马尼亚地震·····	(193)
大型工程建筑物和地震危险性·····	(195)
医院和学校的安全措施·····	(199)
附录·····	(207)
A. 世界地震·····	(207)
B. 美国和加拿大的重要地震(略)	
C. 修正的麦卡里烈度表(略)	
D. 地质年表(略)	
E. 米制—英制对换表(略)	
F. 重大建筑中设置的地震仪·····	(210)
G. 地震震级和能量的计算实例·····	(214)
H. 波动·····	(216)
测验题·····	(218)
答案·····	(222)
常用术语·····	(225)





地震发生在哪里

人们过去对地震的认识

地震是猛烈的，并且是无法预测的。由于人们常常面对这种非常剧烈的震动而束手无策，因此一听到地震就心惊胆战。在许多国家的一些民间传说中，曾把地震说成是支撑地球的鬼怪在作祟。例如，日本有一个古代传说，讲的是地底下躺着一条巨大的鲰鱼，它翻一下身，就会发生地震（请参见扉页上的图）。有一位双手高举大石槌的神，密切监视着这条鲰鱼。但是，只要这位神稍稍松懈，鲰鱼就乘机翻身，接着地就发生了震动。

希腊是第一个不是神秘地而是客观地论述地震的国家，因为希腊人民曾经历过爱琴火山的爆发、地中海沿岸的地震以及有时伴生的海啸的破坏。过去有许多希腊哲学家对这些自然事变提出过一些机械的解释。例如斯特拉博说过，沿海岸发生的地震要比陆地上发生的多。再有亚里士多德曾提出，地震是由突然出现的地下风和地下灼热的易燃物体造成的。

当人类历史发展到有文字时，开始出现强烈地震的记载。

其中最古老的是中国历史地震目录，它可以追溯到3000年前。这个令人神往的目录是根据公元前780年起直到目前的每个中到大震的大量实际材料编制而成的。虽然日本记录破坏性地震的历史没有中国这么悠久，但是日本的资料从公元1600年以来基本上没有中断过，同时还有可靠性较差的能上溯到公元416年前后的历史资料。这种历史地震目录，对我们了解地震与地质构造关系，评定地震对巨大工程（如水坝、核电站）的灾害，都是极其重要的。

关于西半球，大约从十七世纪以来已有记录得很好的有关阿尔卑斯带东部（从希腊到阿富汗）的地震历史资料。比此更早的，是在圣经和阿拉伯文字中零星而间接提到过的地中海大震。有人声称，圣经中首次提到地震的，是西奈山上摩西对地震的感受。说得更加明确的，可能是对大约公元前1100年杰里科墙的倒塌和索多姆、格莫拉毁灭的描述。巴勒斯坦地震与北起埃拉特海湾南到死海的裂谷地质断层有关。虽然在本世纪，约旦裂谷只发生几个小到中等程度的地震，但是历史研究表明，过去这一地区平均每世纪要发生2—3个破坏性地震*。

至于到近代才有人定居的美国和加拿大，他们的历史地震记载与中国等国的记载情况相比当然要短得多。在美、加的地震年表中，描述最早的地震，是1638年马萨诸塞地震，那次地震使石砌的烟囱翻倒在地。有更多的报告描写了1663年2月5日加拿大圣劳伦斯下游的三河地震。关于描述加利福尼亚地震的材料可以追溯到1800年法国神父写的报告，他用事实记载了西班牙传教团的活动情况，因此才使我们知道了在1800年有一系列的地震，破坏了圣胡安包蒂斯塔的传教

* 1834年5月23日发生了一个大地震。

活动。他并且把1812年称作“地震年”，因为那一年出现了大量的人们可以感受到的地震活动。

研究历史地震是一件煞费苦心的工作。现讲一件关于劳德巴克教授的轶事。他是伯克利加利福尼亚大学的地质学家，他对整理加利福尼亚历史地震资料颇感兴趣。有一个历史文献记载道：1812年12月8日(星期二)早晨，地震破坏了在圣胡安卡比斯特拉诺的传教活动，使得当时40个正在做弥撒的印第安人死亡。劳德巴克教授就此问道：印第安人为什么要在星期二做弥撒呢？他认为那一天一定是一个圣日，所以人们到教堂去是可以理解的。但是进一步调查表明，近代罗马，并不在那个特别的圣日举行仪式。那么，为什么印第安人非要那一天去教堂呢？因此这样对历史地震作调查，有时反而使人更糊涂了。

直到十九世纪中叶，美国才有了相当详尽的、根据大量记实材料编成的加利福尼亚地震资料。如1857年1月9日的大震，有好几个互不相关的文献都提到加利福尼亚中部的蒂岗堡附近有延伸很广的裂缝。这个地震就是现在的圣安德烈斯断层曾发生破裂的最早标志之一。蒂岗堡地震是圣安德烈斯南部近代发生过的一次最大地震。

研究地震的台站

本世纪初，在世界许多地方建立了一些地震台站。这些台站配有能连续工作且灵敏度很高的地震仪，它们能记录到来自远方的微小地震波。例如日本、意大利和德国等许多国家的几十个地震台，都记录到了1906年的旧金山地震*。

* 1968年，我用这些记录并采用近代方法，计算出1906年地震的位置，距离金门仅几公里。

这个世界范围的地震台网的重要性，在于记录各地地震实况的报告已不再只是依靠人们在地震中所见所闻的主观感觉了。现在，人们提出了一个国际合作计划，这个计划可以互相交换地震观测数据，以便精密地测定震中。人们首次获得了甚至发生在无居民区地震的地理分布情况，以及地震与时间的统计关系。一个地区的地震时空分布，通常被人们称为该区的地震活动性。

到1960年，世界上大约共有700个地震台站在工作。那时候，这些台站还没有一套类型统一的地震仪。一直到美国建立起世界标准地震台网以后，统一测定发生在地表任何地方的中等程度地震的能力才得到了很大的改进。到1969年，这种专门台站大约有120个，分布在60个不同的国家中。与此同时，在那些没有参加世界标准地震台网的国家里，地震观测技术也有了很大的发展。

全球地震分布图

根据不同地震观测台站的地震记录，可以计算出地震发生的位置。我们采用这种方法得到了世界地震分布图（图1）。这是一张非常迷人的图。由图可看出：大洋和大陆地区被清晰的地震活动带隔开，而大洋和大陆本身几乎没有这样的地震“中心”。在海洋地区，例如沿大西洋和印度洋中部尚可见到其它一些震源集中区。这些地方是一些巨大海底山脉的所在地，现在叫作洋中脊。上述伴有地震活动的洋中脊彼此相遇，印度洋中脊绕澳大利亚下面，与东太平洋中脊联结，然后向东到中美洲，进入加利福尼亚海湾。由于这里存在着高大的山峰和深邃的裂谷，证明这个全球洋脊系普遍呈现出平静的地质活动。火山活动频频不断，沿这些洋脊

所发生的地震，常常以“震群”的形式出现（即在短暂的时间和不大的地区内，集中发生数百次地震）。

震中的密集带与那些相当对称的岛弧分布（如太平洋和加勒比东部的岛弧）是一致的（图1）。其中最为明显的一个例子是月牙状的阿留申群岛，它从阿拉斯加向西弯曲指向堪察加弧，然后，从苏联东部向南，经过日本列岛，继续向南沿伸到马里亚纳岛弧。由印度尼西亚到南太平洋有许多地震活动性较高的岛弧，它就象一个花环环绕在澳大利亚周围，并以汤加-克马德克海沟作为它的东部边界。

在太平洋的彼岸，有许多大小不等的地震发生在中美洲和南美洲的整个西部海岸上，其中有些大震还造成很多人死亡。而与此形成鲜明对照的是，在南美洲东部几乎完全没有地震，我们可以把它当作无震区的一个范例。由图1还可发现其它一些地震活动相当平静的大陆地区：如加拿大中、北部广大地区，西伯利亚的绝大部分，西非或澳大利亚的绝大部分。但是，请注意，由缅甸*通过喜马拉雅山和中亚到高加索和地中海的这一地区，是一个大致东西向横贯亚洲的地震活动非常强的带。

在欧洲，地震活动非常分散。南边的土耳其、希腊、南斯拉夫、意大利、西班牙和葡萄牙都经受过地震灾害，年年都有许多人死于地震。1755年11月1日发生在伊比利亚西南的地震引起的巨大海啸，使得葡萄牙的里斯本及其附近地区死亡了50000—70000人；德国和一些低地国家都感到了这次地震。1829年3月21日西班牙的阿利坎特地震造成840

* 1975年7月8日，一次猛烈的地震严重地破坏了缅甸蒲甘的许多庙宇和宝塔。那里的古代碑文记载了历史地震后的修复情况。

人死亡，数百人受伤。据当时报道，地震在托雷维贾和穆尔西亚及其附近摧毁了5000多所房屋。1908年12月28日的一次毁灭性地震袭击了意大利的墨西拿，有120000人死亡，该地区普遍遭到破坏。最近袭击这个国家的一次地震，发生在1976年5月6日弗留利地区杰英拿附近，该地震造成965人死亡，2280人受伤（见图2）。1939年12月27日土耳其埃尔特詹地震使23000人死亡。近几年土耳其还发生过类似的毁灭性地震。

处于地中海以北的欧洲是相当稳定的地区。但是在德国、瑞典和瑞士，甚至北海地区及斯堪的纳维亚也不时发生一些毁灭性地震。例如1927年10月8日瑞典施万多夫附近发生的地震，使维也纳东南地区遭到破坏，匈牙利、德国和远离震中250公里的捷克斯洛伐克都有感。

甚至在英国，历史上也曾发生过破坏性地震。1896年12月17日那里发生过一连串地震，其中最大的一次破坏了拥有4565户人家的赫里福德市，使得该市约200个烟囱不得不修补或重建，大教堂也受到了轻微破坏。受这次地震影响的面积超过1000平方公里。

如图1所示的地震活动性图，是根据相当短时期内的资料画出的。因而如果根据这种图来判定或预测某特定地区地震发生的可能性的话，就会由于在一个通常认为没有地震活动的区内反常地发生了地震而失去对它的信任。

澳大利亚是一个地震活动性既弱又分散的典型地区。我们有充足的地质论据对此作出说明。因为澳大利亚西部广大地区由澳大利亚前寒武纪地盾的古老岩石构成，并且从整体看，这个大陆远离环绕着这个国家的活动洋脊和岛弧（参见图1）。尽管如此，现在这个国家确实也有一些地震活动很