

地震预报

[日] 力武常次著 冯 锐 周新华译

地震出版社

地震预报

——固体地球物理学进展 9

[日] 力武常次著

冯 锐、周新华译

地震出版社

1978

内 容 简 介

本书为《固体地球物理学进展》丛书之九，由日本地球物理学家力武常次于一九七六年所著。书中以日本资料为主，通过大量的震例，介绍了震前宏观现象、地壳形变、地震活动性、地震波速变化、活动断层等地震前兆；探讨了地震预报理论；介绍了改变与控制地震的试验与计划。书后附有大量参考文献。可供地震科技人员、群测群防人员和高等院校有关专业的师生参考。

TSUNEJI RIKITAKE

EARTHQUAKE PREDICTION

Developments in Solid Earth Geophysics 9

ELSEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING COMPANY

1976

地 震 预 报

〔日〕力武常次著

冯 锐、周新华译

*

地 震 出 版 社 出 版

北京三里河路54号

北 京 印 刷 三 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

787×1092 1/16 15 3/4印张 370千字

1978年7月第一版 1978年7月第一次印刷

统一书号：13180·38 定价 1.50元

译 者 的 话

作者力武常次是国际上知名的地球物理学家,现任东京工业大学教授,主要从事地磁学和地震预报的研究。

本书出版于一九七六年,为英文版。书中对目前日本和其它一些国家在地震预报方面的研究计划、主要成果、最新动向和国际活动等等,作了较为全面扼要的介绍。作者以日本的材料为主,着重叙述了震前宏观现象、地壳形变、统计预报和地磁地电等内容,涉及到了地震预报研究中的广阔领域,对理论与实验上一些探索性的课题也作了说明。

本书对于我国一九七五年以前发表的报告亦给了一定篇幅的介绍。我们对个别有出入的地方,经复核原报告,已作了必要的订正。一九七七年八月,作者曾对原书印刷中的错误作了几处更正,译文也作了相应的修改。译稿完成后,又见到作者的日文版新书《地震予知論入門》(共立出版株式会社,1976.7),再次参照此书对译稿作了审核。

原书第十七章“对于一次地震警报要做什么?”是就日本的情况而写的,因不适合于我国,故略去。

为方便读者,在地球物理研究所魏淳同志协助下,已将原书的“内容索引”一节改编成“地震索引”和“日本地名英汉对照表”,附于书后。

译稿的部分章节曾由陈英方、李自强、张郢珍、赵玉林、付征祥、郑斯华等同志审核,在此谨表谢意。

因水平有限,翻译中错误之处敬希读者指正。

前 言

地震预报问题，近年来不仅在学术界而且也在社会上引起了重视，特别是在像日本、美国、苏联和中华人民共和国这样一些不时蒙受着破坏性地震威胁的国家中更是如此。这些国家对地震预报的深入研究已经发现了某些线索，使我们相信，如果不讲全部，至少对某些地震的预报，在可见的未来是会付诸实现的。

作者曾在东京大学地震研究所(ERI)工作了三十多年，虽然原来是搞地磁的，可也参与了日本的国家地震预报计划。地震研究所是日本研究地震的最强有力的机关，作为该所的一名高级成员，作者自然参与了这样一个全国性的科研项目。

六十年代，国际上对地震预报的兴趣越发浓厚。因此，作者曾应邀组织了一些研究地震预报的国际讨论会。作者并担任着国际地震预报委员会的书记，这个组织隶属于国际地震学和地球内部物理学协会。

由于参加了上述各项活动，作者开始感到有必要出一本地震预报的教科书——它不仅对于想研究侧重于预报的地震学的学生们，而且对于那些关心科学的地震预报现状的非专业人员来说都是需要的。此外，让行政人员和立法部门的人员知道，地震是可以预报的，恐怕还会具有更深远的意义。

这就是作者编写这部地震预报一书的由来。有些朋友曾劝说道，现在写这样一本书恐怕不合时宜，因为地震预报的研究正在日新月异地发展着，有关的资料也在急速地积累之中。我虽然也有同感，但仍觉得，就这个课题写本书也许还是有用的，因为它无疑将促进研究工作的深入。本书为了兼顾各种读者，尽量不用冗长的数学。在书中的某些章节里虽然也有一些数学，但我想，读者们即便跳过这些数学表述，也能够看懂所写的东西。

在用日文写的古代文献和现代书刊中，载有许多地震预报的论文。但是不在日本的人却难以阅读这些材料。鉴于日本在促进地震预报的研究方面无疑起着先行的作用，作者希望本书所谈的日本的工作，会有助于海外读者。

本书也收进了中国的某些成果，虽然作者阅读中文的能力很差。至于用俄文写的文献，由于作者不懂俄语，仅能提及那些译成日文或英文的材料。因此，对于用俄文写的重要文献，不免会有挂一漏万之处。我真诚地希望有一位能广泛参考俄语文献的作者，用像英文这样的流行语言出版一本类似的地震预报书籍。

对萩原尊礼教授——日本地震预知连络会主席、前国际地震预报委员会主席，作者赞赏他在促进地震预报研究上的贡献。当萩原教授在地震研究所工作时，作者几乎每天都同他进行讨论，从中受益匪浅。作者在地球物理学的许多领域中还得到永田武教授（现任日本国立地极研究所所长）的启示，本人非常感谢这些老前辈。作者还受到地震研究所许多同事的影响，其中特别要对坪川家恒、茂木清夫和萩原幸男等教授致谢，他们在大地测量和实验室方面的工作对地震预报理论的发展起了极为重要的作用。

原田吉道、檀原毅、田岛稔、藤田尚美博士和国土地理院的其他成员，在私人交谈中也给了作者鼓励，我感谢他们。工作在日本地震预报研究第一线的许多观测和研究人员的供给了

作者大量资料，特别要感谢地震研究所的松田时彦和中村一明博士提供了地质报告，京都大学的三云健和尾池和夫博士提供了微震资料，以及京都大学的田中丰和田中寅夫博士提供了地壳运动资料。

地震研究所的山崎良雄博士根据作者的建议，曾对电阻率的变化进行了可贵的观测。他在促进地震预报的研究中曾给了作者多方面的支持，对山崎博士的帮助。我表示诚挚的谢意。

至于海外同事对作者工作的支持，我要首先感谢科罗拉多大学的环境科学调查合作研究所（CIRES）和美国海洋与大气局（NOAA）的工作人员。特别值得一提的是，作者同环境科学调查合作所所长C.基斯林格（Kisslinger）教授曾进行过多次有启发性的讨论。他做为美国地震代表团的成员曾于1974年访问了中国，他从中国带回来的中文文献对作者有巨大的帮助。

E. R.恩达尔（Engdahl）审阅了手稿，J.特里萍（Trebing）夫人好意地检查了英文，T.詹（Chan）博士帮助作者阅读了中文文献，我愿对他们表示感谢。本书的主要部分是作者于1974—1975年在环境科学调查合作所担任高级客座研究员时写成的。

一些地壳运动资料是新西兰地质调查所的G. J. 伦森（Lensen）博士和美国海洋与大气局国家海洋调查处的S. R.霍尔达尔（Holdahl）博士提供的，作者甚为感激。

最后，我还要对埃尔塞维科学出版公司的F. W. B 范艾辛格（Van Eysinga）博士致谢，是他动员作者编写本书，并且始终不渝地鼓励着我完成写作。

力 武 常 次

目 录

第一章 绪论.....	(1)
第二章 预告地震——各种传说	(7)
2.1 鱼和动物的异常行为	(7)
2.1.1 鲛鱼和其他鱼类.....	(7)
2.1.2 动物.....	(12)
2.1.3 青蛙和蛇.....	(13)
2.1.4 鸟.....	(13)
2.1.5 昆虫和蠕虫.....	(14)
2.2 天气异常	(14)
2.2.1 雾和霾.....	(14)
2.2.2 虹和神奇的光.....	(15)
2.3 地下水	(16)
2.4 磁铁	(17)
2.5 天体位置	(17)
2.6 超自然的直觉.....	(18)
2.7 其它征候	(18)
第三章 侧重预报的地震科学的诞生	(19)
3.1 日本地震研究的开端	(19)
3.2 1891年的浓尾地震和震灾预防调查会	(19)
3.3 1923年的关东地震	(20)
3.4 地震研究所	(20)
第四章 地震预报计划	(22)
4.1 “兰图”	(22)
4.2 日本的计划	(23)
4.2.1 初始和发展.....	(23)
4.2.2 大地测量工作.....	(25)
4.2.3 验潮观测.....	(27)
4.2.4 地壳运动的连续观测.....	(27)
4.2.5 地震活动性.....	(28)
4.2.6 地震波速.....	(28)
4.2.7 活断层和褶皱.....	(29)
4.2.8 地磁和地电工作.....	(29)
4.2.9 实验室工作和岩石破裂试验.....	(30)
4.2.10 数据处理.....	(30)

4.3	美日合作	(31)
4.4	美国的计划	(32)
4.5	苏联的计划	(36)
4.6	其它国家的计划	(37)
4.7	国际地震预报委员会	(38)

第五章 由大地测量确定地形变

5.1	古代地形变报告	(40)
5.2	三角测量技术	(40)
5.3	由三角测量确定地形变	(42)
5.3.1	关东地震	(43)
5.3.2	丹后地震	(44)
5.3.3	北伊豆地震	(45)
5.3.4	鸟取地震	(45)
5.3.5	三河地震	(46)
5.3.6	南海地震	(47)
5.3.7	福井地震	(47)
5.3.8	旧金山地震	(48)
5.3.9	英佩里尔谷地震	(51)
5.3.10	克恩郡地震	(51)
5.3.11	美景峰地震	(52)
5.3.12	阿拉斯加地震	(54)
5.3.13	东京的三棱菱形基线	(54)
5.4	光速测距技术	(55)
5.4.1	南关东地区的水平应变	(56)
5.4.2	北伊豆地区的水平应变	(58)
5.4.3	过日本岛的高精度横向测量	(59)
5.4.4	跨圣安德烈斯断层的测量	(61)
5.5	水准测量技术	(62)
5.6	由水准测量确定地形变	(63)
5.6.1	浓尾地震	(63)
5.6.2	羽后仙地震	(63)
5.6.3	大町地震	(64)
5.6.4	关东地震	(64)
5.6.5	丹后地震	(64)
5.6.6	伊东地震群	(66)
5.6.7	北伊豆地震	(66)
5.6.8	长野地震	(67)
5.6.9	鸟取地震	(67)
5.6.10	三河地震	(67)
5.6.11	南海地震	(67)
5.6.12	福井地震	(68)

5.6.13	北宫城地震	(68)
5.6.14	松代地震	(69)
5.6.15	克恩郡地震	(70)
5.6.16	阿拉斯加地震	(70)
5.6.17	保加利亚南部地震	(71)
5.6.18	阿什哈巴德地震	(72)
5.6.19	伊南加华地震	(72)
5.6.20	梅克林地震	(72)
5.7	预兆地震的大地异常隆起	(73)
5.7.1	关原和长冈地震	(73)
5.7.2	东南海地震	(74)
5.7.3	新潟地震	(75)
5.7.4	塔什干地震	(76)
5.7.5	杜纳哈腊斯提地震	(76)
5.7.6	圣费尔南多地震	(77)
5.8	地震震级和地形变面积的关系	(78)
5.9	非地震的地壳形变	(78)
第六章	相对海平面的地形变	(80)
6.1	震前海水的异常后退	(80)
6.1.1	鲶泽地震	(80)
6.1.2	佐渡地震	(80)
6.1.3	滨田地震	(80)
6.1.4	丹后地震	(80)
6.2	验潮观测	(81)
6.2.1	陆地升降观测的干扰	(81)
6.2.2	前兆和震时变化	(81)
6.2.3	水准测量与验潮观测的对比	(81)
第七章	地壳运动的连续观测	(83)
7.1	倾斜仪	(83)
7.1.1	水平摆倾斜仪	(83)
7.1.2	水管倾斜仪	(83)
7.1.3	钻孔倾斜仪	(84)
7.2	应变仪	(84)
7.2.1	石英管应变仪	(84)
7.2.2	超股钢丝应变仪	(84)
7.2.3	激光应变仪	(84)
7.2.4	萨克斯—埃弗森应变仪	(85)
7.3	地壳变动观测台	(85)
7.4	地倾斜和地应变的长期变化及其与区域地壳运动的关系	(86)
7.5	震时的应变突变	(88)
7.6	地点效应	(90)

7.7 预兆地震的倾斜和应变变化	(91)
7.7.1 日本的震例	(91)
7.7.2 苏联的震例	(94)
7.7.3 美国的震例	(96)
7.7.4 其他震例	(97)

7.8 固体潮汐	(97)
----------------	------

第八章 地震活动性

8.1 板块构造的涵义	(99)
-------------------	------

8.1.1 涌出	(99)
8.1.2 地幔对流	(100)
8.1.3 海底的形成	(100)
8.1.4 海上观测到的磁条带	(100)
8.1.5 地磁场的倒转	(100)
8.1.6 海底扩张	(101)
8.1.7 板块构造	(101)
8.1.8 消减带	(101)
8.1.9 压缩和回跳	(102)
8.1.10 平移断裂	(102)

8.2 区域地震活动性和微震	(103)
----------------------	-------

8.2.1 古登堡-里克特公式	(103)
8.2.2 日本的微震研究	(103)
8.2.3 美国的微震研究	(108)
8.2.4 其他国家的微震研究	(109)

8.3 前震	(109)
--------------	-------

8.3.1 预兆主震的小震或地声	(109)
8.3.2 前震性质	(110)
8.3.3 广义上的前震	(111)
8.3.4 有关地震预报的前震特征	(113)

8.4 地震活动的空区	(116)
-------------------	-------

8.4.1 美国加利福尼亚的旧金山和泰仲堡地区	(116)
8.4.2 日本南关东地区	(116)
8.4.3 日本北海道东部地区	(117)
8.4.4 日本东海地区	(118)
8.4.5 千岛-堪察加-阿留申-阿拉斯加地带	(119)
8.4.6 中南美洲	(120)
8.4.7 一个自相矛盾的问题	(120)

8.5 微震的深井观测	(120)
-------------------	-------

8.6 海底地震学	(122)
-----------------	-------

第九章 地震波速的变化

9.1 波速比 V_P/V_S 的变化	(123)
-----------------------------	-------

9.1.1 苏联的发现	(124)
-------------------	-------

9.1.2 美国的工作	(125)
9.1.3 日本的工作	(125)
9.1.4 中国的工作	(126)
9.2 地震波速和走时残差的变化	(126)
9.3 V_s 的各向异性	(128)
第十章 地磁和地电效应	(129)
10.1 与地震有关的地磁场变化的早期观测	(129)
10.2 现代的磁力仪和地磁测量	(131)
10.3 消除噪音的问题	(131)
10.4 震磁效应	(133)
10.4.1 松代震群	(133)
10.4.2 东南秋田地震	(134)
10.4.3 有关加利福尼亚断层的工作	(134)
10.5 与水库蓄水和爆炸有关的地磁变化	(134)
10.6 地磁的前兆变化	(135)
10.6.1 日本的震例	(135)
10.6.2 美国的震例	(136)
10.6.3 中国的震例	(136)
10.6.4 苏联的震例	(136)
10.7 构造磁学理论	(136)
10.7.1 压剩磁	(136)
10.7.2 震磁效应解释	(137)
10.8 地电流的异常变化	(137)
10.9 地电阻率的变化	(138)
10.9.1 苏联的观测	(138)
10.9.2 美国的观测	(139)
10.9.3 中国的观测	(139)
10.9.4 日本的观测	(140)
10.10 地磁的异常变化	(142)
第十一章 活动断层和褶皱	(143)
11.1 断层的蠕动	(143)
11.1.1 圣安德烈斯断层	(143)
11.1.2 安纳托利亚断层	(144)
11.2 过去常活动的断层	(144)
11.2.1 丹那断层的运动	(144)
11.2.2 日本的活动断层	(145)
11.3 活动褶皱	(146)
11.4 海岸阶地	(146)
第十二章 地震预报的其它要素	(148)
12.1 重力	(148)

12.2	地下水	(149)
12.3	油井喷油量	(151)
12.4	氢含量	(151)
△	第十三章 实验室研究	(153)
13.1	岩石破裂实验	(153)
13.1.1	微破裂和主破裂	(153)
13.1.2	围压下的实验	(153)
13.1.3	岩石破裂实验的深入发展	(154)
13.2	高压岩石的物理性质	(154)
13.2.1	膨胀	(154)
13.2.2	弹性波速的变化	(155)
13.2.3	电阻率的变化	(155)
△	第十四章 膨胀模式	(156)
14.1	湿模式	(156)
14.2	干模式	(157)
△	第十五章 地震预报理论	(159)
15.1	地震的统计预报	(159)
15.1.1	东京地区大震的69年复发周期	(159)
15.1.2	地震统计及其局限性	(160)
15.1.3	根据极值理论的统计	(164)
15.1.4	地震与其它现象的相关问题	(165)
15.2	由实测前兆效应做经验地震预报	(165)
15.2.1	震级的预报	(165)
15.2.2	发震时间的预报	(167)
15.2.3	地震危险性的概率估价	(168)
15.3	极限应变和发震概率	(170)
15.3.1	极限应变的统计	(170)
15.3.2	由地壳应变估计发震概率	(171)
15.4	根据膨胀模式的预报	(174)
15.5	地震前兆统计	(175)
15.5.1	前兆分类	(175)
15.5.2	前兆时间的直方图	(190)
15.5.3	不同震级范围的直方图	(191)
15.5.4	A型前兆的特征	(192)
15.6	地震预报的四个阶段	(193)
15.6.1	统计预报——预备阶段	(193)
15.6.2	长期预报——应变积累阶段	(194)
15.6.3	中短期预报——产生膨胀阶段	(194)
15.6.4	临震预报——主破裂的临近阶段	(194)
15.7	地震预报的实施研究	(195)

15.7.1 日本地震预报中水准测量的最佳方案	(195)
15.7.2 应在何处建立新的日本地形变台?	(196)
第十六章 改变与控制地震	(197)
16.1 丹佛地震	(197)
16.2 松代的注水实验	(197)
16.3 水库与地震	(198)
16.4 兰吉利油田的实验	(199)
16.5 改变与控制地震计划	(199)
参考文献	(201)
人名索引	(224)
地震索引	(230)
日本地名英汉对照表	(233)

第一章 绪 论

地震预报,的确是件不仅为地震学家也为广大公众所深切关注的事。像日本这样一个多地震的国家,人民长期蒙受着地震的磨难,要求实现预告地震的愿望真是望眼欲穿,以致在早年,人们甚至被迷信的卜卦所吸引。只是在最近,建立在科学基础上的地震预报才成为地球科学的一门学科。日本在六十年代初期,才开始有全国性的地震预报计划。稍后,在苏联、中华人民共和国、美国和其他一些国家,看来也都对该课题展开了深入的研究。

近年来,虽然发表了许多地震预报论著,但迄今为止,能使我们了解该课题发展全貌的评述却为数甚少。我想,列举下面这些材料是可取的,它可供那些想了解地震预报研究进展梗概的读者去参阅:

1962: Hagiwara, T., Earthquake prediction (in Japanese)

Tsuboi, C. et al., Prediction of Earthquakes-Progress to Date and Plans for further Deveipment (Report of the Earthquake Prediction Research Group in Japan).

1964: Oliver, J., Earthquake prediction.

1965: Press, F., Earthquake prediction, a challenge to geophysicists.

Press, F. et al., Earthquake Prediction: a Proposal for a Ten Year Program of Research.

1966: Bâth, M., Earthquake prediction.

Lomnitz, C., Statistical prediction of earthquakes.

Press, F. and Brace, W. F., Earthquake Prediction.

Rikitake, T., A five-year plan for earthquake prediction research in Japan.

1967: Hagiwara, T. and Rikitake, T., Japanese program on earthquake prediction.

1968: Press, F., A strategy for an earthquake prediction research program.

Rikitake, T., Earthquake prediction.

Savarensky, E. F., On the prediction of earthquakes.

1969: Hagiwara, T., Prediction of earthquakes.

Hagiwara, T. and Rikitake, T., La previsione dei terremoti.

Hagiwara, T. and Rikitake, T., Neue Entwicklungen in der Erdbebenprognose.

Pakiser, L. C. et al., Earthquake prediction and control.

1970: Kanamori, H., Recent developments in earthquake prediction research in Japan.

Nersesov, I. L., Earthquake prognostication in the Soviet Union.

Oliver, J., Recent earthquake prediction research in the U. S. A.

Rikitake, T., Prévision des tremblements deterre.

1971: Coe, R. S., Earthquake prediction program in the People's Republic of China.

Pakiser, L. C. and Healy, J. H., Prédiction et controle des tremblements de terre.

- 1972: Healy, J. H. et al., Prospects for earthquake prediction and control.
Rikitake, T., Earthquake prediction studies in Japan.
Rikitake, T., Problems of predicting earthquakes.
Rikitake, T., An earthquake prediction operation in an area south of Tokyo.
Sadovsky, M. A. et al., The processes preceding strong earthquakes in some regions of Middle Asia.
Savarensky, E. F. et al., Geophysical principles for studying forerunners of earthquakes.
- 1973: Hagiwara, T., The development of earthquake prediction research (in Japanese).
- 1974: Bolt, B. A., Earthquake studies in the People's Republic of China.
Johnston, M. J. S. et al., Earthquakes—can they be predicted or controlled?
Kisslinger, C., Earthquake prediction.
Rikitake, T., Japanese national program on earthquake prediction.
Sadovsky, M. A. and Nersesov, I. L., Forecasts of earthquakes on the basis of complex geophysical features.
Savarensky, E. F., Introductory remarks and Soviet national program on earthquake prediction.
- 1975: Press, F., Earthquake prediction.

在本书末尾的书目里载有上述评述的详目。还有一些评论文章作者可能漏看了。施米特 (Schmidt, 1971, 1973) 曾出版了有关地震预报论文的完整目录, 包括用俄文写的论文, 因为我不懂俄文, 很可能我漏掉了一些用俄文写的论著。还使我惋惜的是, 此刻难以得到中国发表的许多论文, 所以, 也许我也没有注意到一些用中文写的重要文章。

根据这些论著和大量专题论文, 作者试图在本书中综合归纳有关地震预报研究工作的最新资料。重点是介绍日本的工作, 因为语言上的困难, 这方面的许多工作国外还不了解。作者确信, 日本所取得的资料对推动地震预报的研究具有重要的作用, 这是因为日本的地震频繁, 而且它已经在执行着一项有组织的地震预报计划。

首先, 我要在第二章介绍许多非科学的有关预报地震的传说, 它们绝大部分都是根据日本的材料。因为是从史料中摘出来的, 许多传说难以置信。但是这章所写的东西对非日本的读者也许会有点兴味, 因为古典的日文著作是许多海外人士难以见到的。无论如何, 这章所写的东西毕竟可以说明, 即使在中世纪, 人们已是梦寐以求地希望能够预报灾难性地震了。

日本早年的地震科学基本上是在约一百年前明治维新后发展起来的。第三章叙述了侧重于预报的地震科学在日本是如何发展起来的。令人诧异的是, 尽管在日本发生过大量的灾害性地震, 可是直到约十五年前, 还没有出现要求开展地震预报研究的强烈呼声。事实上, 当作者在三十余年前还是个学生时, 对地震学家来说, 谈论地震预报乃是一种忌讳。通常, 地震学家只搞些抱负小一些的课题, 并写点论文。

然而, 几十年来, 有关地震预报的资料已经积累了不少。正如第四章将介绍的, 1960年前后日本成立了一个地震预报研究小组, 在许多会议上, 日本地震学者已开始满怀雄心地讨论一种地震预报的可能途径。后来, 发表了这个小组的讨论成果——著名的题为《地震预知——现状及其推进计划》的报告 (Tsuboi et al., 1962)。这个报告被称为地震预报的“兰

图”，对以后地震预报研究工作起了里程碑的作用。

就作者所知，在1964年于东京和京都召开美日地震预报会议前，美国似乎还没有对地震预报做过显著的努力。一次8.4级的极严重的破坏性地震袭击了阿拉斯加，造成了巨大的损失。在随后的年月中，地震预报就变成了美国地球科学中的一个重要课题。虽然在1974年前还未实施一项全国性的计划，但国家科学基金会(NSF)和美国地质调查所(USGS)曾拨出大量钱款，用于推动美国的地震预报研究工作，使美国的一些工作，比如微震监测这样一些最近才开展起来的工作，比日本还更先进。

另一方面，在苏联的中亚细亚和堪察加，看来已经开展了地震预报研究工作(Rikitake, 1968b, 1970b; Savarensky, 1974; Savarensky and Rikitake, 1972)。关于中华人民共和国正在大力开展的地震预报工作，柯诺(Coe, 1971)和博尔特(Bolt, 1974)曾做了报道。

我在第四章里概略地介绍了这些国家的地震预报计划，虽然我们掌握的有关中、苏计划的材料是很有限的。

从第五章起，作者介绍了目前被认为同预报地震或多或少有些关系的各种地球物理要素，日本工作者在1923年关东大地震后，曾全力以赴地对各种地震现象进行了研究。他们所发现的最突出的成果之一，就是伴随一次大地震会出现地壳形变。在日本，虽然从公元679年起就已经知道地壳形变与强烈地震有关，但是与地震相连的地壳运动究竟有什么具体特征，只是通过了重复大地测量才搞清楚。

第五章，扼要介绍了几乎所有的与地震相关的地形变震例。这些是以广泛而多种的方式，重复进行三角、水准和光速测距的测量而揭示出来的。在估算地壳的极限应变时，这些研究成果具有重要的价值。通过大地测量的方法，甚至还发现了一些预兆地震的地形变前兆现象。

第六章转载了一些古代有关海水异常后退的报告。令人诧异的是，用现代验潮观测发现的地面相对海平面升降的前兆震例却寥寥无几。

为了补充实际上是间断性的大地测量工作，人们早就使用了各种类型的倾斜仪和应变仪以连续观测地壳运动，这些内容将在第七章介绍。用大地测量所揭示的地壳形变与用水管倾斜仪观测到的，二者基本一致，这在日本已有报道。虽然倾斜仪和应变仪也观测到不少前兆效应，但看来用水平摆倾斜仪和高灵敏度应变仪观测到的信息，正如第十五章的统计所表明，常会受到噪音的干扰。不过，水管倾斜仪和钻孔倾斜仪的观测看来还是相当可靠的。

第八章谈地震活动性的研究，这是地震预报工作中最基本的东西。现在流行的板块构造理论对于地震预报的基本观念有重要影响。对发生在岛弧前缘的特大地震，现在则被解释为板块运动的巨大压缩或剪切所引起地壳弹性回跳。虽然对岛弧下面介质或小震的具体机制尚未搞清，但是监测地壳应变的积累对于地震预报具有重要的意义，却是毋庸置疑的。板块构造在地震预报上的含义，我们将在第八章的第一节予以介绍。

第八章还介绍日美大力开展的微震观测的现状和新成果。关于前震活动的一些特征，即b值的降低和地震活动性的关系、主震前小震压应力轴的重新取向等等，均将与地震活动空区的概念一同进行介绍。这种地震活动空区的概念对于确定近期大震的可能位置有重要意义。本章还将简要提及微震的深井观测——在像东京这样一个嘈杂的城市里，看来要做高灵敏度的观测只有这一种办法。最后也谈一下海底地震学。

现在，还很难说人们已经对前震活动的许多方面有了透彻的认识。有时，大量的微震活

动预兆着一次较大的地震，比如日本1965—1967年发生松代地震群时就多次观察到这种情况。反之，根据地震活动空区的概念，有人认为正是在目前地震活动十分低弱的地区，比如旧金山和南关东（东京南部）地区，可能就是不久将发生大地震的地方。对这种似乎彼此矛盾的观点，只有考虑到有关地带的不同地壳条件才能理解。

关于地震预报的一件十分振奋人心的发现，是苏联在中亚加尔姆地区对地震波速的研究。他们发现，在一个地区发生较强地震前，那里的小震P波速度 V_P 对S波速度 V_S 的比值有明显的下降。在第九章里作者谈到，1967年在苏黎世的一次讨论会上，当从E.F. 沙瓦连斯基(Savarensky, 1968)教授介绍苏联的发现中初次获悉 V_P 的变化约有15%时，的确感到难以相信。然而，后来苏美两国的研究证实，在许多情况中都有波速比 V_P/V_S 在震前下降而后回升的现象。波速比 V_P/V_S 的异常时间的长短看来同未来的地震的震级有紧密的关系。由于后来在日本和中国也有类似的发现，因此波速比 V_P/V_S 或速度 V_P 本身的变化已经成了地震预报中最有份量的要素之一。如后边章节所述，对这种变化的物理机制所进行的深入研究，导致了膨胀模式。

第十章介绍的地磁场和大地电流的变化，很早就被认为与发震有一定关系，不过现代的研究查明，早年这方面的资料绝大多数都是虚假不牢的，这是由于当时的测量与消干扰技术都还不够充分所决定的。目前能够肯定的是：震磁效应恐怕很难超过10伽玛——约为地球磁场强度的1/500，而地磁的前兆变化量可能还要再小一点。但根据目前测量地磁场技术的一项新发展来看，在低干扰环境中测出地磁的前兆，也许并非渺茫无望。至于同地震有关的大地电流的异常变化，虽然这方面已有许多报道，但究竟地电信息的前兆具有哪些明确的总体特点，至今仍不甚明了。在加尔姆地区，曾首次报道了预兆地震的电阻率异常变化，其后，在美国加利福尼亚州圣安德烈斯断层也观察到类似的现象。另一方面，日本用一种极高灵敏度的电阻率变化计，观测到与强远震有关的前兆和震时大地电阻率的变化。这才知道监视电阻率的变化，可为我们提供一种确定长期和短期前兆的手段。

最近的观测还查明，像圣安德烈斯和安纳托利亚这类断层是在持续地蠕动着。还发现了许多在历史上或地质时期里都经常活动的断层。如第十一章所述，对这些活动地质构造的研究表明：在活断层上有发生大地震的潜在危险，应该把它们视为地震预报研究的对象。

第十二章介绍把重力、地下水、油井喷油量和氡辐射做为地震预报手段的一些现今流行的看法。迄今为止，对这些因素的重视是不够的，其部分原因在于测量技术上的困难。不过最近的工作表明，研究这些要素的变化或许会对地震预报研究作出重要的贡献。

从地震预报研究的发展上看，迄今还主要是基于经验观察，在研究工作的早期这是在所难免的，因为人们对地震机制的认识还极其贫乏。然而，六十年代初开始的“实验室地震”研究，发现了许多与地震预报有关的重要成果。高压岩石样品的研究，对膨胀的产生、地震波速和电阻率等等的前兆变化提供了解释。岩石破裂实验，也在为认识孔隙压力的作用，前震、主震和余震的关系等方面给人以启发。我们不妨说，对岩石样品的实验室试验，为地震预报研究奠定了理论基础。第十三章将介绍有关实验室试验的各方面内容。

考虑到膨胀模式在现今地震预报理论中的重要性，专辟了第十四章介绍膨胀理论。

第十五章试图根据前边各章的认识提出一个地震预报的理论。可能有人会认为，在目前还未获得必要资料的情况下就贸然提出这样个理论，恐怕操之过急。然而我确信，尝试建立一种地震预报的理论，虽然还只是初出茅庐，但毕竟会激励进一步的研究。