

中国地震

李善邦著

地震出版社

1981

中国地震

李善邦著

地震出版社 出版

北京復興路 63 号

1201 工厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168 1/32 20 印张 515 千字

1981 年 5 月第一版 1981 年 5 月第一次印刷

印数：0001—6000

统一书号：13180·90 定价：2.50 元

内 容 提 要

本书是一部“地震集解”，就地震科学的主要方面，分作专题，系统地作了必要的论述，并尽量用中国地震事例加以说明。全书包括：宏观地震、微观地震、中国地震、地震成因及地震预报等五篇共十六章。每篇论述的内容就其发生、发展以至现状，密切相联，自成一个体系。全书可合而为一，亦可分为五部，任从读者之便。总期读者以最短的时间，对于地震问题，在始、中、近三个阶段的发展，有比较系统的了解。



李善邦教授伏案著书留影(1974)

写在前面

初，科学普及出版社约我写一本小册子《中国地震》，我答应了。每有空闲时间，则进行选择 and 整理有关资料，正要动笔之时，文化大革命开始，便将此事耽搁了。1969年，有些好心人又提及此事，但当时精神困顿，情绪低落，且旧日稿件也已散失，便无从谈起了。后来，又找到一部分，遂又决心再作冯妇。经过一段时间准备后，出版社的同志要求不要只写中国地震，扩大一点，其他方面的问题，也要写。当时我还想不出怎样写才最有利于读者，若写成一般教科书的形式，则大可不必了。最后决定分专题来写，尽我生平所学到的，所能理解的，用专题形式系统地写了出来，尽可能做到“始中近皆举之”，借以帮助愿为人民研究地震问题的科学工作者作为入门的参考。全书共分五篇：(1)宏观地震，(2)微观地震，(3)中国地震，(4)地震成因，(5)地震预报；实际上是一部“地震集解”。从1972年写起，在“四人帮”专横的日子里，匹马单枪，利用每日三点半至九点的时间进行写作。如此，一直坚持到1975年，基本上写完了。接着又慢慢地清稿。1976年粉碎了“四人帮”，举国上下，气象一新。忽然觉得，我尚有余勇可贾，遂决定将清稿工作做得更好些，前所清的不算，从后往前再清起，务求前后平衡一致。为此，基本上重写了。当清完后面三篇之后，已觉精神不继，不得不暂停一时。在地球所众多同志，特别是陈海通同志协助之下，今幸全部完稿，全书约五十万言，不当之处，请读者多多指教。

李 善 邦

1979年7月2日

自序

——忆我国早期地震工作发展概况

作者从事地震问题的科学研究，于兹四十有九了。犹记得有一次路过美国 St. Louis 大学，会见 J. B. Macelwane，谈及我国地球物理科学的研究状况，后为 B.S.S.A. 写了文章*，概括地叙述了解放前的一些情况，最后不禁感慨地说：读者未免奇怪，时间如此之长，何以成就如此其少，须知道我们国家里进行科学研究，困难很多，满地荆棘，不似他人在康庄大道上奔驰，冀将来有一天，能够作第二次报道时；或有可观者奉告。今又再次执笔，希望读者不吝赐教。

现代地球科学，在我国发展较晚，到了清末，北京京师大学堂（即后来的北京大学）才设有地质学科。民国成立后，1911 年南京中央政府（后迁北京）实业部设立地质科，迁北京后，又创办了地质讲习班，以培养人才。1916 年有了毕业生，遂将中央实业部地质科扩大为地质调查所，并将讲习班归还北京大学，继续其地质教学任务。至此，我国现代地学教育和调查研究，才算正式开始。调查工作是开始于调查正太铁路沿线的地质矿产，随后及于云、川、黔等地，历时两年，一直由丁文江领队。初步奠定了我国地质调查的科学基础。据说，当初丁在英国学了地质，回国时，英国同行给他临别赠言：“中华人研究其他文、理、哲学，不致落人之后，对于搞地质这门科学，须穷山越岭，恐非文弱书生所能。”现在来看，天下无难事，只要敢攀登，中华人还不是照样能行吗？！

* B.S.S.A., Vol. 38 (No. 2), 1948

1918年广东南澳发生大地震，前一年安徽腹地霍山，也发生过地震，启发了我国年轻的地学界，不能忘记我国也有地震问题。及1920年冬，西北地区海原大地震，死人二十万，震惊了全国上下。地质调查所，责无旁贷，所长翁文灏亲自率队到地震区调查。这是我国地质学家第一次科学地进行地震调查，与历史上大地震发生后，朝廷派遣钦差大臣到现场抚慰，不可同日而语。从此，地质调查所的工作，便兼顾起我国地震地质方面的问题。

首先接触到的是：我国的地震活动与地质构造特征的关系问题。从历史记载，可以知道我国是多地震的国家，自夏代以来，有文字可据的，大小地震不下三千余次，其发生地点，显然与新生代构造运动有密切联系，特别是沿着主要的断裂系统，地震密布成带。例如汾渭地堑，太行山、燕山断裂，滇东、滇西湖地断裂等等，都是地震活动带。综合起来，可以了解我国地震分布的基本概况。这是最早论述我国地震区域划分的文献*，曾在1922年比利时首都布鲁塞尔召开的国际地质学会议上宣读，引起与会者极大兴趣。

1923年秋，日本关东大地震，毁灭了两个现代大城市——东京和横滨的大半部，使欧美先进国家对地震灾害都有戒心，地震科学研究，乃得在世界范围内逐渐开展起来。我国此时在川西炉霍、云南大理、甘肃古浪等地，也发生灾难性地震，坏屋伤人。地质调查所迫于形势，也筹备用现代科学方法研究我国地震。由于需要有一笔购置仪器的费用，直至1930年才得以实现。先在北京西山郊区，建造鹫峰地震观测台，又在地质调查所内设立地震研究室，由本文作者任其事。这是我国第一个自办的、用现代仪器观测的地震台。

上海在旧中国是帝国主义者角逐的场所，早在沪南徐家汇天主教堂，就有为海船进出航行安全服务的气象警报站，亦带有地

* 中国地质学报，卷II(No. 3-4)，1923。

震观测。当时，我从学校出来，对于地震仪器一无所知，曾在此见习一段时间，希望得到一些基础知识，但事与愿违，遂因北京新台已经建成，当即遄返北京安置。最先购到的是德制维歇尔小型机械记录地震仪，垂直分向和水平分向各一套。由于没有经验，边学边安装。困难在于，百般设法不能使地震仪架设平正，后来才知道，这种仪器的制作精度并不很高，在水准尺上测得的平衡，不能作为标准，必须从反复实践中，才能得到真正的平衡。这一教训，后来很得其用。

仪器安装好后，试行观测，每月可以收录地震十余次，便按国际规定的格式，印发地震观测报告，与世界各地地震台交换。

我国幅员广大，地震到处都有，设备低级的地震台，记录不到远距离的地震，必须扩大观测，才能满足需要。日本地震很多，1923年遭受地震灾难之后，测震学发展很快，地质调查所遂派我到东京地震研究所求教。未几，九一八事变发生，仓皇归国，便改从欧洲国家进口最新的伽利津-卫立蒲照相记录地震仪。1932年，装置完成后，观测结果良好，记录多而准确，鹫峰地震台遂一跃而成世界第一流的地震观测台。经过数年的惨淡经营，一切从无到有，添置了许多图书仪器，方期以此为基地，逐渐扩大研究，不料1937年七七事变爆发，鹫峰地震台随之灭亡。可惜一番努力，尽赴东流。

芦沟桥战事扩大很快，不久北京沦陷，鹫峰地震台仪器正在记录山东菏泽大地震时，“寿终正寝”；计自1930冬有记录以来，共收录地震为2472次。当时我正在城里办公室有事，事态发展很快到了郊区，旋即与台上失却联系，地震记录图及其他一切，均留在台上。当我仓皇逃离北京时，已是妙手空空，一无所有了。后来知道，敌人终于未能占领鹫峰，相持于温泉一带，据说由于鹫峰地震台建筑坚固，曾一度为游击战指挥所，荣莫大焉。

地质调查所，已于两年前迁于南京。这时，北极阁气象研究所也兼做地震观测，装有巨型维歇尔和伽利津-卫立蒲地震仪。

我从北京转移到南京后不久，上海战事又起，敌机轰炸南京，政府西迁。当时举国上下，同仇敌忾，莘莘学子都怀着火热的心情，无不愿为国效劳。地震观测研究一时无法继续，我和秦馨菱便决定，暂时做地球物理探矿工作，从南京出湖南。值国事日非，南京失守，敌军侵入腹地，不久武汉三镇又相继沦陷，不得已离开湘南，经桂、黔向西转移。至 1939 年秋，辗转到达重庆，与从南京逃出的地质调查所人员汇合。这时重庆称为陪都，旋被敌机追来，一轰再轰，可怜焦土；遂又急急忙忙疏散到乡间，溯嘉陵江而上，直至北碚才驻脚。

在这些日子里，科学工作者辗转流离，席不暇暖，星散于西南、西北及川中各地，以待河清。不久，大家就清醒过来，看到抗日战争将旷日持久，地质调查所乃决定在北碚建造房屋，有计划地继续以往工作。因地震工作一时难于恢复，我只好和秦馨菱仍暂时赓续探矿工作。最难忘的是在攀枝花的探测。我们从棉花地深入到群山之中，在山下农家安置好行李后，上山一望，尽是大片大片的矿石露头。当即树起标竿，布置测线，进行普测，兼测绘地形。山上无人家，遍地是狼粪，村民力戒要小心，只得朝出晚归，将主要矿藏分布的基本轮廓测绘完毕后，便出了山。行至山口小憩，发现一处似是炼炉遗址，近视之果然，才知道我们不是第一次矿山测绘者，我们的老祖先，早已查勘明白，已经开采且冶炼过，可能因为杂质太多而放弃了。离山到金沙江边，约有二十公里距离，沿路还见到很多类似的矿石，相信是与攀枝花相连的。不特如此，且到了金沙江边，举首望见对岸岸边岩石，其颜色亦很相似，遂尽一日之长，找到渡口，过江去察看，果然是一样的东西。深觉这个矿山很大，人民之福，值得全面探勘清楚，杂质不足怕，是在分析技术，也许还是很有价值之东西。今日在渡口建立的攀枝花钢铁公司，便证明了这一切。

1941 年珍珠港事变后，我国完全与海外隔绝，国势日促，探测工作也无法继续下去，我乃决定重整旧业。但要恢复地震研究，

须有观测仪器，地质调查所是当时最穷的机关，从国外进口仪器是完全不可能的了，唯一的办法是自制。想当初在鹭峰时，曾整形和设法改修过地震仪的好些部件，自行制造地震仪未尝不可一试。但当时人心不定，不能提出完整图纸，托厂家制造，惟有就力所能举，勉力设计一种最简单易作的水平向机械记录地震仪，坚持自力更生，点滴拼凑，逐件试作。历尽艰难，卒于1943年夏，基本上制作完成，就在试行记录的时候，居然记录了1943年6月22日清晨发生于成都附近的地震。经过仔细检查，地震记录图还很象样。从而增强了自制地震仪的信心，鼓励我们更好地继续进行恢复工作。

1945年8月，日本兵败投降，1946年地质调查所迁回南京旧址，八年战乱，百废待举，一时很难恢复工作，且喜北极阁山顶的巨型维歇尔德地震仪还在那里，同时也托人在北京设法搜寻当年在鹭峰的仪器（前闻人说，某教会学校曾收留了一些），果然找到一部分。遂将这些残存的破旧部件，集中到地质调查所，设法进行修理。又看到九年前地质调查所撤退时，遗留下来的两个地下蓄油池，还可利用，经过修理，可作临时观测室，以安置地震仪器。未几，国共合作终于破裂，内战爆发，南京生活日恶，物价一日数变，科学工作者救死唯恐不及，科学研究很难进展，因此，地震仪器修理工作或断或续，直到1948年后期，才部分地恢复了观测。淮海战役后，日子越来越不好过，南京荒乱，人人自危，幸而几个月后，解放军渡江，一个早晨，起来一看，呀！南京已换了人间，又惊又喜！

*

*

*

解放军接收了地质调查所，科学工作者方得安心继续工作。值得庆幸的是，地震仪器照常运转，未尝因此而一天间断，殊属难得。秩序渐次恢复，至1950年新中国科学院成立后，将地震、地磁等固体地球物理研究与气象研究合并，成立地球物理研究所，从而地震科学开始了新生。

作者继续担任地震研究工作。解放后，心情舒畅，特别是听到地震科学研究，也要为社会主义建设服务时，尤其令人鼓舞。在第一个五年计划开始之前，已有许多建设部门提出要求：凡是将来作为工矿建设基地的，都须查明该地区在最近的将来，有无遭受地震破坏的危险。在这方面，我们毫无准备。从旧中国遗留下来的地震研究事业，如上所述，最早的是洋人办的徐家汇观象台，曾搜集过一些历史地震记载，但其目的是为帝国主义者服务的，用法文编写，遗误很多；我国自办的北极阁地震台已扼杀于摇篮之中，坚持下来的，惟有前地质调查所的一部分，人员三名，台一个，还不完全，如此而已。中国科学院地球物理研究所的地震研究室就在这样薄弱的基础上成立，由于任务紧急，责无旁贷，亦惟有尽力承担起来。

首先我们需要用地震观测仪器，为了临时应急，将前在北碚试制成功的水平摆，重新设计，取名为“51式地震仪”，托厂家制造。拟制成之后，就在地震比较活动的地区，设台观测，以监视其在最近期间的活动情况。其次需要工作人员，遂又招来中学生，开办短期训练班，授予一般测震学知识和地震仪维护和管理方法。先后举办三期，陆续在兰州、西宁、成都、昆明、西安、银川、包头、大同、太原、临汾以及长春等地建立临时地震台进行长期观测。

第一个五年计划一开始，要求提供建设基地有无地震危险情况的单位日多，这不是从临时地震台短时间积累的记录资料所能推测的，必须参考其全部以往活动历史，才可能比较正确地提出意见。我国历史地震资料，诚然很丰富，但未经全面的系统整理，都散见在各种文献之中，有关书籍之多，汗牛充栋，非少数人所能为力的。于是科学院又成立地震工作委员会，召集有关方面共同努力，并以历史第三所为主，查摘各种文献中的地震记载，由地球物理所负责分析地震情况，提出各地区的地震危险意见。因时间很急迫，需要边搜查边提供，积两年多的时间，查遍八千余

种文献，从中摘录有关地震的记载凡一万五千余条，包含自夏代以来大小地震约一万次，汇编成《中国地震资料年表》，刊作上下两巨册。这一重大成果，在短时间内突击完成，在解放之前是不可思议的。

有了这部资料，我们便可进一步分析研究我国各地的地震危险性。首先将危害人民生命财产的破坏地震记载挑选在一边，一般是地震愈大，记载愈多。例如清康熙年间，山东郯城大地震，除史书上的综合报道外，尚有附近四百余县的县志，记载了当时受到地震的影响情况。破坏性地震记载挑出后，经过综合分析，将记载分别归并到每个地震之下，尽可能理出其主要参数（即地震发生时间、地点和强度），然后再将整理的结果和近期仪器地震观测资料合在一起，计自公元前 1177 年至公元 1955 年，可以测定主要参数的破坏性地震（不包括大余震）共有 1180 次，编成大地震目录，即《中国地震目录（第一集）》。其中所有地震，都一一标明了主要参数，虽准确度还有不同，但若将各次地震的地理位置及其强度绘制在地图上，人们对于我国危险地震的活动情况，也就有了一点具体概念。

另一方面，我们又将全部历史地震记载，按地方分编，以县为单位分别归并到全国二千余县的名下，将每一个县属的所有地震记载，包括近代仪器观测和实际调查访问资料，不论其为本县发生或外来影响，都按时间顺序排在一起。然后，分析各条记载所讲的地震情况，结合本地区的具体条件，综合起来，提出地震危险的参考意见。最后亦汇编为分县地震目录，即《中国地震目录（第二集）》。若将目录中各县所提示的地震危险意见，标绘在全国地图上，结合上述据第一集数据绘成的危险地震分布情况，加以调理齐整，顺强弱分别划分出来，人们便能看到我国地震危险地区分布的基本轮廓。这也就是我国社会主义经济建设，在制定全国规划时，所需要参考的资料。

地震目录编制工作，今后还须陆续补充。现在已有了比较完

善的全国地震资料，我们便有条件开展我国地震问题的研究。这时，科学院地球物理所的地震研究室业务扩大，人员亦已逐渐增加，首先一个任务是，研究我国地震活动的特征，包括空间和时间分布特征，后者的难度更大。

我国地震的主要活动区，不在世界两地震带内，其活动有它自己的特征。对已有的资料进行总结，可看到各地区的活动情况很不相同，我们在这方面做的工作也还很少。这一时期我国与国外的交往只有苏联，先后来了一些地震及地质科学工作者。他们根据本国经验，提出了一些设想，我们曾试用其设想，结合我国地震地质条件，研究了我国地震区域划分问题，并将结果试编了一幅全国地震危险区域划分图*，作为现阶段参考之用。事实上，这个图与根据地震目录第一集和第二集直接编制的，没有多大区别，只是在资料少的地区，添了一些推测的结果而已；最不能令人满意的是，图上同样也没有时间概念。

随着研究问题日益深入，我们感到许多基础工作必须迎头赶上。我们现在只是掌握了部分历史地震资料，虽说很丰富，但存在着问题。历史资料最大缺憾是无论在地区分布上和时间分布上，都很不均匀。譬如说时间，虽有三千多年的记载，但前两千年，地震记载很少，地方记载情况，各地亦很不同，在东部文化发展较早的地区多，在西部边远的地区则很少。对时空分布如此不齐整的地震资料，显然不可能从中得出任何形式的活动规律。过去的缺失已无法补救，今后的资料必须是累积条件一律的，从现在开始，就须急起直追。首先是测震技术的现代化。

第一步是规划全国的地震观测台网。根据地震区域划分图所示，为了有效地长期监视各地震区的危险地震活动，约需有 15 至 20 个装备如当年鹫峰那样的第一流的基准台；其次是在地震比较活动的地区，以当地基准台为中心，设立区域地震观测台网，配

* 地球物理学报 VI(No.2), 1957。

置现代高灵敏度地震仪。此外，为研究地区地震活动特征，还需备有临时地震考察队，以三个以上的观测台组成，配以灵敏度很高的轻便地震仪。首先是建好北京基准台。决定不恢复鹫峰旧址，另在白家疃建造新台。在现代仪器地震观测方面，我们基础很差，形势不允许我们慢慢地自行设计试制，必须迎头赶上。当时中苏合作关系尚好，来了仪器专家基尔诺斯和哈林，并带来他们自己设计的仪器，就在北京台试用。从而，决定基准台采用基尔式地震仪，区域台采用哈林式地震仪，都是电流计照相记录的精密仪器。随后商定借用他们的图纸，托厂家仿制。不久，陆续在长春、南京、上海、广州、昆明、拉萨、兰州、西安、包头、太原等地设立基准台十余处；又在黄河刘家峡、长江三峡工地试办区域地震台网，拟肯定其性能后，推广及于西北、西南各地震频繁地区。同时，也筹备建立地震考察队。青年地震科学工作者大胆地试用苏式维吉克摆，引入电子放大技术，成功地制成万倍级高灵敏度地震仪，为考察队装备使用。1962年广东新丰江出现水库地震，当地人心惶惶，我们派出专门考察队，前往研究该地区的地震活动特征。这是我国第一次派出现代装备的地震考察队。

六十年代一开始，国家遭受自然灾害，加上国际问题，经济上有些暂时困难，也影响到科学研究的进展。不料1966年春，河北省人烟稠密的平原邢台地区发生大地震，损伤惨重。这里约在七百多年前，发生过类似的地震，祖先只留下记录，未曾有预防的办法，举国上下都希望地震科学工作者，对地震预防和预报问题作出贡献。为适应时代的要求，设立了全国地震领导机构，统一领导全国地震工作，以地震预报为总课题，扩大地震研究，大规模敷设观测台网，大力开展各种前兆研究，并大胆试报。“文化大革命”中，在林彪、“四人帮”的干扰破坏下，将学术界抛入深渊，对地震科学的发展，也损害极大。1976年，粉碎了“四人帮”的帮派体系，才得拨乱反正，然已元气大伤，百废待举。

十年混乱，革命的损失无法估量，尽管如此，由于同志们的

奋斗，也还取得一些成绩，约可概括如次。

(1) 研究队伍扩大，人员激增，地震科学知识得到广泛宣传，深入到群众之中；区域地震观测台网普遍得到发展，论台数已超过三百。虽然按新的标准，还需调整提纯，但与解放初期相比，不可以道里计矣。

(2) 艰苦地维持连续性工作，如大地震目录的续编和补充修正，地震危险区域划分图的修改定型；主要基准台的观测记录，以及大地震调查等工作，没有被砍掉，不时还有新的成果发表。

(3) 自行设计制造的地震仪，各种类型都有发展，型号增多，灵敏度提高，有了长足进步。

(4) 地震预报值得赞赏。预报不易，是世界性大难题，还须做很多工作，但我们采用与群众密切结合的正确方针，成效显著，1975年海城地震的预报成功，就是其突出的例子。但我们对于预报方法及其理论，尚未能突破，凡前兆反应不典型的地震，还不能预报。1976年唐山地震的预报，从科学技术方面来看，就是由于没有前震，且其他前兆反应也不典型而失败了。失败乃成功之母，我们并不因此而气馁，踏踏实实向前努力，地震预报终有成功的一天。

*

*

*

往事不去说了！今者形势大好，全国一致向前看，万众一心，为实现四个现代化而努力，作者虽老病，也将鞠躬尽瘁，善用其余年。事在人为，我国地震科学研究赶上世界水平，已指日可待也。

李 善 邦

1979.7.1

目 录

第一篇 宏观地震

绪 言	(1)
第一章 地震现象	(3)
1. 历史地震	(3)
1-1 历史上地震记载举例	(3)
1-2 如何看待历史地震记载	(3)
2. 宏观现象特征	(5)
2-1 极震区现场	(6)
2-2 地震现场分析(一)	(8)
2-3 地震现场分析(二)	(10)
2-4 地震强度判据	(17)
第二章 地震烈度	(19)
1. 引 言	(19)
2. 烈度及烈度表	(20)
2-1 等震线图	(21)
2-2 基本烈度与抗震烈度	(23)
2-3 标准烈度	(25)
3. 各种烈度表的内容和写本	(28)
(一) 罗-弗氏烈度表	(28)
(二) 绝对烈度表	(29)
(三) 西伯格烈度表	(29)
(四) 日本七阶烈度表	(32)
(五) 中国烈度表	(32)
(六) 美国烈度表	(34)

(七)通用烈度表	(36)
第三章 地震与海啸	(40)
1. 引 言	(40)
2. 我国海啸	(40)
2-1 我国海啸的性质	(40)
2-2 我国历史上海啸的记载	(42)
3. 地震海啸(津浪)	(43)
3-1 津浪的形成	(44)
3-2 海啸预报	(46)

第二篇 微观地震

绪 论	(51)
-----------	------

第四章 测震仪器	(53)
----------------	------

1. 引 言	(53)
2. 地震仪器的工作原理	(54)
2-1 拾震系统	(54)
(一)摆的运动理论	(54)
(二)震仪摆的类型	(56)
(三)摆的拾震原理	(59)
2-2 记录系统	(63)
(一)放大装置原理(上)	(63)
(二)放大装置原理(下)	(70)
(三)记录器	(75)
3. 微震仪及其他	(77)

第五章 地震波的传播	(83)
------------------	------

1. 引 言	(83)
2. 地震波的弹性理论	(85)
2-1 弹性模量	(85)
2-2 质点上的应力和应变分布	(87)
2-3 质点运动与介质弹性	(91)