



地震丛书

中国地震地质概论

中国科学院地质研究所

科学出版社

地 震 丛 书

中国地震地质概论

中国科学院地质研究所

科 学 出 版 社

1 9 7 7

内 容 简 介

本书是地震丛书之一。是以地质学,特别是以构造地质的观点和方法,对我国地震发生的地震地质条件,地震分布的规律与地质构造的关系作一尝试性的讨论,力求在普及地震地质知识的基础上,对近年来地震地质工作进行了一些概述和总结。

本书共分四章。书中以全球地震活动及其分布特点、中国地震地质的基本特征以及地震地质的一般工作方法为主要内容,重点突出中国地震地质特点及其分区论述,以此来阐述我国地震地质的若干基本问题。在书的最后一章还对国外地震地质的研究作了概括的介绍。

本书可供广大地震战线的干部和专业人员,地震地质、地质和地球物理的教学、科研工作者参考。

地 震 丛 书

中国地震地质概论

中国科学院地质研究所

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1975 年 4 月第 一 版	开本: 850×1168 1/32
1977 年 10 月第三次印刷	印张: 7 11/16 插页: 10
印数: 8,451—38,550	字数: 198,000

统一书号: 13031·271

本社书号: 432·13-14

定价: 1.10 元

限 国 内 发 行

(本书插图 10 页,另装口袋,随书发行。)

前 言

地震是一种地质现象,在我国较为普遍,尤其是在某些山岳地带是地震强烈的地区,有的现在还陆续发生强度不等的地震。地震绝大多数发生于地球的表层,一般在地下5—20公里左右。地震是地球表层构造活动的结果,是地壳运动的一种特殊形式。震源往往分布在地壳的活动地质构造带上,特别是在一些活动断裂带上。这些活动构造带,大部分暴露在地面,但也有些潜伏在地下;有些是古老的构造带重新活动的,也有些是新生成的。不仅如此,许多强震震中在活动构造带上的分布也是有规律的,地震往往在活动构造带的某些比较特殊的部位上。由此可见,地震现象和地质构造之间存在着密切的关系。

地震地质就是研究地震和地质的关系,从地质构造的角度来研究地震问题。它的主要任务是明确发生地震的地质构造条件,查明强烈地震带(及地震区)的分布规律和每个地震带(及地震区)可能达到的烈度和频率,划分地震危险地带和地区。

“人们为着要在自然界里得到自由,就要用自然科学来了解自然,克服自然和改造自然,从自然里得到自由。”因此,地震地质要完成自己的这个任务就必须把构造地质工作和地震工作密切地结合起来,并且不局限于采用一般的地质工作方法,而是要和物探工作、地形变测量工作、室内实验和其他地震台站观测工作密切地配合。

地震地质是介于地质学与地球物理学之间的新兴边缘学科。对其内容和方法,存在着不同的认识。我们则暂取比较狭义的理解。这是有待今后进一步研讨的问题。

地震地质工作在地震工作中占有重要的地位。无论是预报,还是抗震,都要首先确定地震危险区。地震地质工作在这里,是先

行,又是基础。在地震区域划分(地震中长期预报)工作中,地震地质工作是一个最主要的手段。在地震短期预报工作中,对各种震前异常现象的综合分析也不能脱离了地震地质的工作成果来进行。在探索地震成因等地震基本理论的研究中,地震地质工作也是一个不可缺少的重要方面。

我国的地震地质工作是在解放后随着社会主义建设的发展而发展起来的。最初是配合“中国地震区域划分图”的编制(1957年),在地质、地理界展开了我国新构造运动特点及其与地震关系的讨论。以后,结合一些重要的工程建设(如大型水库等)开展了专门性的地震地质工作。近几年来,在“备战、备荒、为人民”的战略方针指引下,特别是在无产阶级文化大革命中,由于地震预报研究的全面展开和大量工程建设要求鉴定地震烈度的迫切需要,我国的地震地质工作发展更快,在队伍、工作地区、研究领域各方面都扩大了,并取得了丰富的成果。但是,总的看来,地震地质是一项新的工作,历史短,经验少,在国内还处于开始阶段,在国外也做得很少。总的说来,这一学科还处在幼年时代。非常需要通过反复实践、不断总结,使它的有关概念不断明晰和准确,理论逐步提高,方法逐步完善。因此,本书绝不是地震地质工作成熟的总结,而仅是编者一些初步的认识及以往工作的成果汇集。借此引玉之砖,愿与地震战线的同志们相互交流、讨论,以求提高我们的认识水平,逐步地更确切地掌握一些地区地震发生的规律,为社会主义建设服务。

因为地震的形成与地质构造、地壳运动密切有关,所以本书首先从介绍地球的结构开始,进而描述地震在全球的分布(包括平面与垂直的分布)特征。第二部分结合我国地震地质特点,进行地震分区,并对各区地震带作了初步的探讨,提出了各带控制地震活动的地震地质条件。第三部分叙述了地震地质的一般工作方法。在书的最后一章还概括地介绍了国外地震地质研究现状。最后在结束语中对地震地质工作今后应注意的一些问题进行了讨论。

本书主要由李志义、蔡文伯、丁梦麟、徐好民负责编写,汪一鹏

协助修改了部分文稿。本书编写中引用了国家地震局许多所属兄弟单位的工作成果,除大多刊出于《地震战线》刊物外,还有一些是未刊的资料,恕不能一一列举。编写过程中曾得到中国科学院地球物理研究所、地震地质大队、兰州及昆明地震大队的协助,提出了宝贵的意见;本所徐煜坚、马瑾、胡毓良、叶洪等同志也提出了许多有价值的建议;书内全部图件、照片均由我所绘图组、复照组白耆彬、邵兴亚、李凤仙、桂文立、郭寅、董兆匀、孙玺扬等同志负责清绘、洗印,编者谨向他们表示谢意。

目 录

前言	(v)
第一章 地震及其分布特点	(1)
第一节 地震现象和地壳结构	(1)
1. 地震活动及其后果	(1)
2. 地震的几种类型	(6)
3. 地球的结构	(11)
第二节 地震成因的有关假说	(18)
1. 关于地震成因问题	(18)
2. 关于产生地震的动力问题	(20)
第三节 地震的分布	(24)
1. 地震发生的空间位置——垂直分布	(24)
2. 地震发生的地理位置——平面分布	(27)
3. 地震活动带与地质构造的关系	(35)
第二章 中国地震地质的基本特征	(40)
第一节 中国地震分布的一般概况	(40)
1. 中国地震带在世界地震带中的位置	(40)
2. 中国境内的地震分布	(41)
第二节 中国地震地质的区域特点和 地震带的划分	(46)
1. 中国的断块构造与地震分区	(46)
2. 中国地震地质的区域特点	(50)
第三节 中国东部地震地质分区描述	(58)
1. 华北地震区的地震分带	(58)
2. 华南地震区的地震分带	(71)

3. 东北地震区的地震概况	(79)
4. 台湾地震带	(82)
第四节 南北地震带地震地质描述	(87)
1. 南北地震带存在的依据	(88)
2. 南北地震带分区描述	(90)
第五节 中国西部地震地质分区描述	(131)
1. 西北地区地震带的划分	(132)
2. 西南地区地震带的划分	(145)
3. 喜马拉雅地震带	(154)
第六节 中国地震地质特征的初步总结	(157)
1. 中国的强震区和强震带的分布受断块 构造的控制, 具有明显的地区性特点	(157)
2. 中国的地震绝大多数和区域性大断裂有成 因上的联系, 绝大多数的强地震带受近 代活动性大断裂的控制	(159)
3. 中国强震区和强震带的一个重要的标志是新生代 以来强烈的垂直差异运动, 并且常常和强烈 下沉的新生代断陷盆地相联系	(165)
4. 形成强震带和强震区的几种特殊构造条件	(174)

第三章 地震地质的一般工作方法..... (179)

第一节 构造强震带的划分	(182)
第二节 强震区(或强震带)地质结构的研究	(184)
1. 以地质学方法为主的野外调查	(185)
2. 地球物理方法的应用	(187)
第三节 强震区构造活动性的研究	(189)
1. 平原区构造活动性的研究方法	(190)
2. 山区或山间盆地的构造活动性的研究方法	(200)
3. 地震地质工作中考古方法的利用	(206)
4. 地震地质工作中定量测量的方法	(207)
第四节 与地震地质有关的室内实验工作	(209)

第四章 国外地震地质研究现状简介	(212)
1. 板块构造学说的提出与地震的关系	(213)
2. 地震构造的研究	(215)
3. 活断层及其位移速度的研究	(218)
4. 地震区划的研究	(220)
5. 其他有关方面的研究	(222)
结束语	(225)
参考文献	(229)

第一章 地震及其分布特点

第一节 地震现象和地壳结构

1. 地震活动及其后果

据统计全世界每年平均发生地震约五百万次,但并不是每次地震都能使人们感觉到,95% 以上的地震或是由于发生在地下深处(数百公里),或是由于其能量很小,因而人们无从觉察。地震震级越大虽发生次数越少,但强烈地震的破坏力量十分巨大,它可以在顷刻之间破坏人们所创造的劳动果实,夺去千百万劳动人民的生命财产,是人们现在所知道的自然现象中最严重的灾害之一。因此,人们对地震这一名词是并不陌生的。然而由于它绝大多数皆分布于一些特殊的地区,对某一地震地区来说,地震间隔的时间又往往较长(数年甚至数百年),所以并不是每个人对它都具有亲身的经历。

我国是多地震的国家之一,有关大地震的记载是屡见不鲜的。如 1679 年 9 月 2 日北京以东三河—平谷间的地震,震级 8 级,震中烈度为Ⅺ度,破坏面纵长 500 公里,最远达 700 公里。记载有“平谷地震极重,城乡房屋塔庙荡然一空,遥望茫茫,了无障隔,黑水横流,田禾皆毁,阡陌人民除墙屋压毙及地裂陷毙之外,其生者止十之三四”。对三河的描述为“城垣房屋存者无多,计剩房屋五十间有半”,“地陷数尺”,“四面地裂,黑水涌出”^{*}等语。可见地震时破坏是极其严重的。1920 年 12 月 16 日宁夏海原地震是世界大地震之一,震级达 8.5 级。地震时,北京电灯摇摆,远在上海的人们也有感觉,影响面积达 300 余万平方公里。震害波及之

^{*} 中央地震工作小组办公室主编: 1971, 中国地震目录(第一二册合订), 科学出版社。

广,不仅为我国地震史上前所未有,而且也为世界地震史上所罕见的。极震区的海原县,“全城房屋均被荡平,人民死伤十之八九”,“山崩土裂,山河变更”。因山崩土滑,窑洞坍塌而压死和以后因受伤、严寒、饥饿及瘟疫致死者达 20 多万人。海原地区地处黄土高原,地震时曾发生大量滑坡和裂缝(图 1),并沿澜泥河河谷出

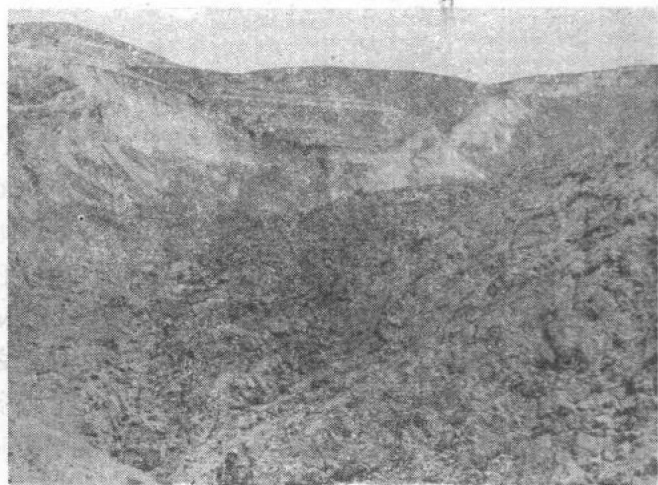


图 1 1920年宁夏海原大地震

发生于 1920 年 12 月 16 日,震级 8.5 级,震中烈度Ⅸ度,地震时产生巨大塌方,并覆盖了整个村庄的情景

[据 V. Close, E.M. Cormick]

现大小不等的滑坡体,形成一系列串珠状的“堰塞湖”,其中最大的蒙宣党家岔的“堰塞湖”,长约 5 公里,宽约 250 米,滑坡体长达 800 米*。

仅举以上二例,足以见及历史上的强烈地震给我国劳动人民带来了严重的灾难。在旧社会反动统治下,根本不管人民死活,发生地震后不采取措施,以致出现“尸压败垣,无人收葬”、“人多无食,又有饿死及逃亡者”等悲惨景象。解放后,虽也发生过近 200 次 6 级以上的地震,特别是 1966 年 3 月 8 日和 22 日的邢台

* 宁夏回族自治区地震办公室区域组, 1970, 宁夏回族自治区地震烈度区域划分报告。

地震、1970年1月5日的通海地震及1973年2月6日的炉霍地震等,但在毛主席和党中央的亲切关怀下,在“奋发图强,自力更生,发展生产,重建家园”方针的指引下,出现“一方受灾,八方支援”的热烈而感人的场面。灾区人民很快地安置好生活,恢复和发展了生产,重建起新的家园。

国外大地震的记载也很多,如1906年4月18日美国加利福尼亚(旧金山)大地震(图2)、1923年9月1日日本关东大地

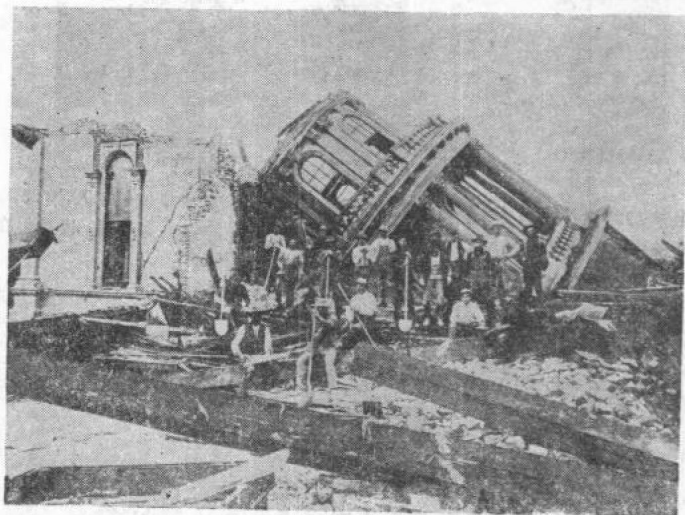


图2 1906年美国加利福尼亚(旧金山)大地震

发生于1906年4月18日,震级8.5级,震中烈度Ⅸ度,圣罗沙市政厅倒塌的情况。

[据《地震战线》编辑组编:国外地震灾害参考资料]

震、1960年5月21日开始的智利大地震等都是闻名于世的。因为这些强震都发生在人口密集的大城市,所造成的损失则更为严重。加利福尼亚和关东大地震后都引起很大的火灾(图3),不少人死于大火之中。智利大地震发生在沿海附近,因而引起了极大的海啸,横过整个太平洋,在夏威夷地区破坏了沿岸的建筑物,而在日本大船渡城,海啸把大渔船升高到超出海平面2.4米的码头上,并推入陆地46米,最后使渔船跌落在房屋的断垣残壁之间(图4)。



图3 1923年日本关东大地震所引起的火灾

发生于1923年9月1日，震级8.3级，震中烈度Ⅹ度。死90,000多人，有38,000人是在东京被地震引起的大火烧死的，这是东京由地震引起的大火熄灭后，废墟仍在冒烟时的情景。

〔据国外地震灾害参考资料〕

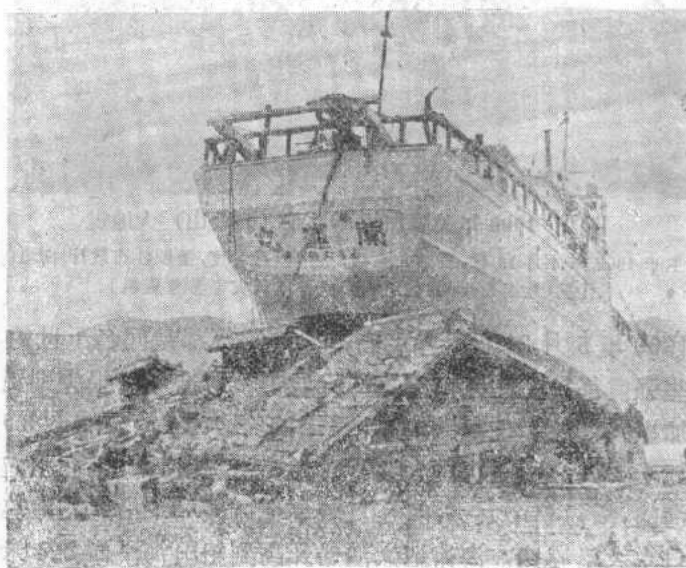
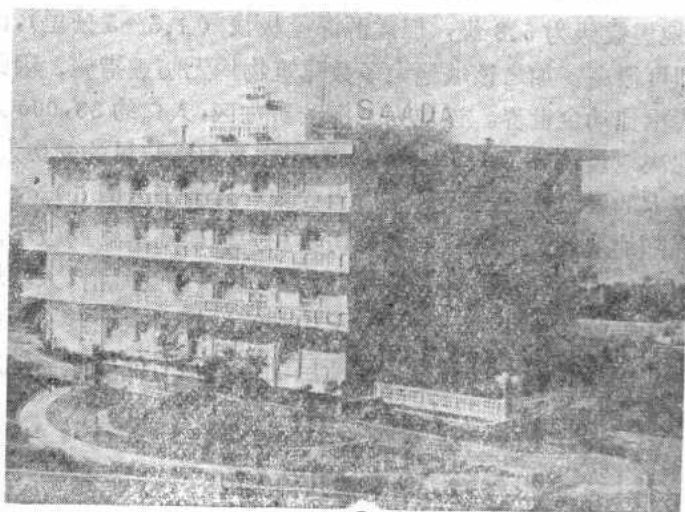


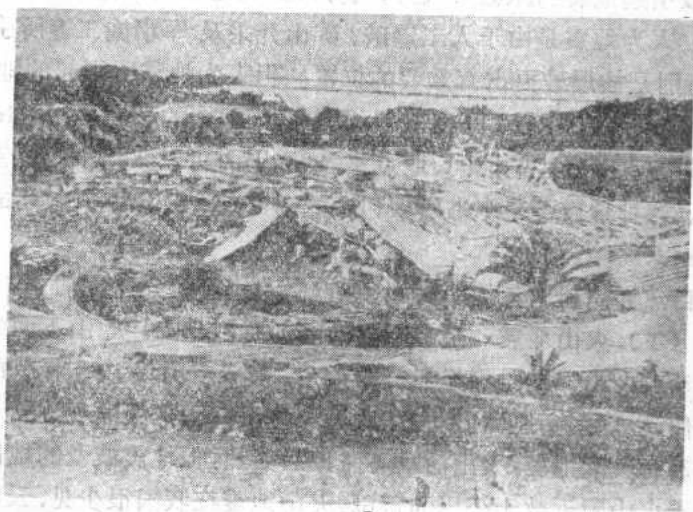
图4 1960年智利大地震所引起海啸的灾害

1960年5月22日智利大地震所引起的海啸，横越太平洋后，在日本大船渡将一只渔船推到岸上，并把一幢民房压塌。

〔据国外地震灾害参考资料〕



①



②

图5. 1960年摩洛哥阿加迪尔地震（以萨达饭店的破坏为例）。

发生于1960年2月29日，震级5.8级，震中烈度Ⅷ度。

①该城萨达饭店大楼震前情况。

②该城萨达饭店大楼震后变成一片瓦砾的情景。

〔据国外地震灾害参考资料〕

1960年2月29日北非摩洛哥阿加迪尔地震是另一种破坏类型,该地震震级为5.8级,但震源深度极浅(1.5—5公里),因而震中烈度很高。加之该城绝大多数建筑物均无防震措施,因此损失之严重惊动全世界。该地为一海滨游览区,人口约33,000人,由于此次地震造成了约12,000人的死亡及相同数目的受伤人数。城内最大的建筑物萨达饭店震后也变成一片瓦砾(图5)。

强烈的地震造成大量的人畜伤亡和大规模建筑物的破坏,然其造成的地面破坏更是多种多样,最常见的是山崩地滑、大块地面的倾斜和升降、海岸线的变迁和火山的喷发等。大地震引起的地面断层也相当普遍,反过来这种断层的活动很可能就是与地震的发生有着密切的联系。

2. 地震的几种类型

按引起地震的原因来区分,可分成人为地震与天然地震两大类。人为地震是由于人工爆破、矿山开采及军事施工等所引起的,特别是核爆破更占有重要的位置。但人为地震所引起的地表振动都较轻微,影响范围也很小,很少造成地面的破坏。同时由于能事先知道其发生的时间、地点及强度,因而可以做到事先预告及预防。这种地震不是本书所要讨论的对象,我们以后所叙述的地震皆指天然地震而言。

自然界引起地震的原因颇多,它们大致可以分为:

(1) 火山地震 是由于火山活动所引起的,火山下面的岩浆活动和火山喷发时引起能量的运动,形成应力集中和释放的有利条件,因而产生地面振动。在世界一些大火山带都能观测到与火山活动有关的地震。火山活动有时相当猛烈,但地震波及的地区多局限于火山附近数十公里的范围。火山地震在我国很少见,云南西部腾冲地区的地震活动可能与此有关。主要分布在日本、印度尼西亚及南美等地。约占地震总数的7%。该类地震与火山排列相一致,如环太平洋沿岸,大西洋各岛及地中海的东西带等(图6)。

应当注意的是在火山地区的地震,并不总与火山喷发活动有

关,某些地震震中虽与活火山接近,但它们之间常常还有100—200公里的距离。这是因为火山与地震均为现代地壳运动的一种表现形式,二者往往出现在同一地带。在这些地区地震对火山喷发也起激发作用,例如前面已提到的1960年5月21日的智利大地震,就引起了火山的重新喷发,在这种情况下,火山活动就成为地震发生的后果*。

(2) 冲击地震 是由于物体的突然冲击地面而引起地震,如洞穴崩塌、地层陷落与滑动、岩崩与滑坡等均能引起轻微的地震。它们的震级均很小,所以由这类原因所引起地震很少引起破坏现象。例如1972年3月28日山西大同西部云岗公社校尉屯一带发生的地震,就是由于煤矿采空区大面积顶板塌落所引起的。这次地震的最大震级为3.4级,震动时伴有响声,当地群众普遍感到摇动。震中区建筑物有轻微破坏,个别碗瓶震落于地,地震最频繁时在24小时内震动达315次。类似的现象在北京京西矿区、湖南水口山矿区皆曾发生,但都未造成破坏。此外巨大规模的岩层沿层面的滑动或沉陷,如1965年云南禄劝地区的滑坡及1964年西安附近的滑坡等均属此类。

这些均可视为重力位能释放时所形成的地震活动,不仅能量极小,发生次数也很少,仅占地震总数约3%。还应指出的是在构造地震时也有陷落与崩塌现象发生,这些所引起的振动则是构造地震的后果。

(3) 激发地震 当某一外界力量作用到构造应力原处于相对平衡的地区后,则破坏了这种相对稳定的状态,发生构造运动,并能引起地震现象。属于这类地震的有水库地震和由于深钻注水或人工爆破时所引起地震,但为数甚少。虽然水库的建设、深井的钻进及大规模的爆破严格来说仍有人为的因素,但这些被激发的地震活动往往是在相当一段时间后才出现,显然是与它们本身的构造条件和物性有关。在一定作用力的影响下使之触发。

*《地震预报》翻译组选译,1971,地震预报,科学出版社。

水库地震近年来非常引人注目，因为它能达到较高的震级而造成地面的破坏，并进而危及水坝本身的安全。最早的报导见于阿尔及利亚的乌德福达（Oued Fodda）水坝，该坝为重力坝，坝高89米，库容2.25亿立方米，1932年蓄水，1933年1—5月出现小震群，震源浅，震时有响声，以后停息。该处在蓄水前没有地震，因此小震是由蓄水而引起的。印度的柯伊那（Koyna）水坝蓄水后所引起的地震，其震级最后核定为6.0级，因而造成地面的破坏。我国著名的水库地震发生于广东新丰江水库，它于1959年蓄水后即地震加强，震级也越来越高，到1962年3月19日终于发生6.1级地震*，震中烈度达Ⅷ度，也造成地面破坏。直至目前小震仍不断发生，据统计13年来共记录到地震近26万次。此外，丹江口水库等也因蓄水后都引起了小震活动的加剧。

与深井注水有关的地震活动首先发现于美国科罗拉多丹佛地区的一系列小震，有人认为是与在一口深井（3674米）中排灌废水有关。研究结果表明，小震出现于深井附近，当注水量加大时地震随之而增，当注水量减少时地震也相应减弱。因此认为由于向深井注水而发生的地震活动，可能主要是使岩石孔隙压力增大，这就大大地降低了岩石的抗剪强度，从而导致破裂面的重新滑动。最近在武昌地区钻井过程中，也发现过地震活动，分析其原因有可能与钻井过程中注水有关。在国外的一些油田中，由于注水采油也发生过小震活动。因此这类现象值得注意。

应该提出的是，不是所有的水库和深井注水都能引起地震，外界的触发只是一个条件，必须通过内在原因而起作用。这就是说只有在一些特殊的构造条件和地层条件下，加以激发时才能有地震的发生。

这里还需附带说明，近年来特别在美国，地下核爆破的进行，致使激发了一系列小震活动。此外工业上大爆破的广泛应用，如我国渡口即为一例，在爆破以后也曾激发小的地震系列。它们一

*此处所引用的震级数据，乃按最近出席世界大坝会议上的论文中所述及的材料。