

★ 毛主席语录 ★

馬克思主义的哲学認為十分重要的問題，不在于懂得了客觀世界的規律性，因而能夠解釋世界，而在于拿了这种对于客觀規律性的認識去能动地改造世界。

国外地质学和地球物理学

中国科学院 地球物理研究所
地质研究所

1972年1月

目 录

(一)

海洋地质	1-4 页
海洋地球物理	4-6
板块构造学说	7-9
地震学的某些进展	10-17
遥测技术	18-20
国际地球科学合作计划	21-30
一. 国际上地幔计划	21-24
二. 国际地球动力学计划	25-26
美国的地球动力学计划内容	26
日本的地球动力学计划方案	27
三. 国际水文学十年计划	28
四. 世界地质图委员会	29
五. 国际地质对比计划	30

海洋地质

清

海洋佔地球面积的72%，对国防、交通、资源等方面具有重要意义。过去地质学的发展基本上是建立在大陆地质的基础上的。五十年代以前，对海洋地质的了解是非常片断的。二次世界大战后，特别1958年国际地球物理年开始以来，海洋地质才受到愈来愈大的重视。随着人类的政治生活和生产活动的需要，以及探测技术的发展，海洋地质研究的发展十分迅速。所取的资料 and 结果，激起了地质学在理论和技术上的革命，动摇了地质学的传统概念。

目前不但大多数国家都有一个至数十个海洋研究机构，而且一些国际性组织也设有海洋机构。如国际地质科学联合会下设有海洋地质委员会；联合国科教文组织下设有国际海洋委员会，自1968年开始制定了“国际海洋十年计划”。另外还有国际海洋科学联合会，及太平洋科学会议。美国的国立海洋资料中心，事实上也是一个半国际性组织。各国的海洋调查工作，主要是分散在政府部门、科学院或大学内。如美国最大的两个海洋研究中心，斯克利普海洋研究所设在加利福尼亚大学内，拉蒙特地质观测中心设在哥伦比亚大学；苏联科学院设有海洋研究所；英国的国家海洋研究所划归国家自然环境委员会。

美国与海洋调查有关的政府机构有20多个，每年投资6-9亿美元，1967年的研究项目有276项。最近美国把大部分海洋研究机构合并成立了国家海洋和大气局。美国的海洋考察开发投资有一半由国防部出。如1968年为4.3亿，1969年为4.7亿，1970年为5.3亿美元。英国1965年投资为1.174万磅。按英国估计，同年苏联的投资为1亿磅。

1964年全世界共有海洋考察船338艘。据日本《石油经济杂志》估计，1971年世界主要国家千吨以上的海洋考察船数目为：美国66艘，其中地质考察船33艘；苏联37艘，其中地质考察船19艘；加拿大15艘，其中地质考察船7艘；英国15艘，其中地质考察船7艘；日本6艘，其中地质考察船1艘。

近20年来海洋地质之所以发展，其原因不外有以下几点。

1. 海洋区的地质结构，其地球物理场的概况和变化，以及洋底沉积物的类型和分布，对军事活动，如导弹的发射和潜艇的活动甚有重要影响。

2. 海洋与大气有密切联系，因而研究海洋对于气象和天气预报有重要意义。

3. 海洋资源的丰富性与日俱增。

本世纪以前，人类对海洋资源的利用，主要限于捕鱼和取盐。近年来，海洋资源的利用随着海洋调查的深入已大为发展。据估计，每3.3亿立方英里的海水中含盐1.66亿吨、镁0.26亿吨、银0.45亿吨、金0.25亿吨、铀0.07亿吨。海洋的资源(矿物)可分两大类：深海资源和浅海陆棚资源。目前开采较多的而且比较重要的是陆棚资源，主要为石油。据1951年估计，世界陆棚石油的总储量为1亿亿吨。主要分布在加里福尼亚湾、墨西哥湾、波斯湾、利比亚、西非、尼日利亚、埃及、日本、北海、秘鲁、委内瑞拉及中国黄海、东海。1968年浅海石油产量佔世界总量的16%，日产量约500万桶。苏修正在白令海勘探海底石油，据估计，其储量佔世界石油总储量的1/5。1968年开采浅海石油的国家增至43个，几乎包括所有沿海国家。1968年联合国制定的“国际海洋开发十年”计划，主要目的是浅海石油。认为浅海石油的蕴藏量与陆棚的宽度有一定关系，而宽陆棚带大都集中在北回归线以北的海区。

浅海除石油外，还有滨海砂矿，包括钨钼铁矿、磷铁矿、锆英石、钛铁矿、金刚石、金、锡石、钨矿、独居石、钽、铌铁矿、金红石等。如东南亚各国滨海区的锡石、非洲西海岸的金刚石、锡兰东岸的钛铁矿、阿拉斯加Rome河口区的浅海砂金等。目前开采砂矿主要集中在海岸区。但现代的陆棚区在第三纪晚期至第四纪早期经过了复杂的变化，第四纪冰川期的海平面比现代低150米，四次冰川期的海平面都有相应的变更，因而滨海砂矿可望在陆棚海底的某些部位存在。

此外，含盐地层中的硫酸钾矿床，陆棚边缘带的磷矿，以及大洋深处的锰结核，也有巨大的储量。但由于其分布状况和开采的经济条件，这些矿床在短期内还不能进行工业生产。

一 海洋地质的成就还有与以下一些测量技术的发展有关。

1. 遥测技术的发展，例如连续地震测量，以无炸药的汽枪或外爆炸作波流进行；连续超声探测技术，海洋重力测量，磁法勘探，海底红外照相，热流测量技术的建立和发展等。

2. 海洋钻探船已能在水深6000米以上的海区进行钻探取样，岩芯提取的长度可达10米。

3. 古地磁学和地震学的发展。

4. 同位素地质学的发展。

由于上述探测技术的广泛应用，关于世界大洋的精确资料的不断积累和整理，使得人们对海洋地质的了解愈来愈深入。

在国际地球物理年期间美国制订了深海钻探的莫塞计划，及土地幔计划期间建立了大型的Glomar Challenger海洋钻探船，至各大大洋区共进行了15条地球物理测线，在154个地点打了219孔洋底钻井，总进尺7万米，取样总长1.2万米，提供了丰富的洋底地质资料，对大洋形成、海洋年龄、海洋地壳有了较明确的认识。从而得出了海底扩张及板块构造的学说，及海洋矿产分布的新评价。

近年来苏俄对印度洋进行了探测，派出考察船多艘，取得了洋底地貌、地质和海洋气象资料，为其军事扩张服务。国际地质科学联合会下设的海洋地质委员会，将于1972年与第24次国际地质学会同时召开关于印度洋地质地球物理学讨论会。苏联Г.Б.乌津诺夫上将会上提出关于国际协作编制印度洋地质地球物理图的建议。

目前海洋探测资料还主要集中在北半球，对赤道以南的海洋资料比较少。对南极的探测工作，地球物理年以来共有12个国家参加。对北极的工作开始较早，主要是几个帝国主义国家首先是出于战备的需要而进行的。

在国际地球物理年和土地幔计划期间，对中大洋脊系统进行了各种探测。结果表明，海底由此扩张，出现板块构造学说及壳下对流托利假说。这种概念如在进一步研究中得到充实，将大大促进对造山运动、岩浆活动、变质作用、沉积作用、深部找矿和地震成因及预报等问题的深

入了解。即将于1972年开始实施的国际地球动力学计划，多数研究项目将在海洋区域进行，如(1)西太平洋印尼岛弧区的地球动力学，(2)东太平洋加勒比和斯科歇岛弧区的地质动力学，(3)大陆及海洋地槽谷的地质动力学，(4)地球内部的物理特征，(5)地球内部作用及其与地表大地构造和物理场的关系，(6)海洋地质构造与大陆地质构造的联结问题，(7)全球大洋与大陆分布的地史发展。很明显，这些问题都是近代地质学有待解决的关键问题。

今后海洋地质的调查研究，还将随着国防上的需要和资源要求加快发展。最近出现所谓“海岸动力学”，专门研究海岸及浅海区泥沙运行规律。解决浅海建设和工业污染问题已成为浅海环境学的主要对象。

总之，海洋地质学的发展已成为时代的要求。

海 洋 地 球 物 理

当前国际上地球物理学和地质学的研究，正处于如何对地球内部引起地质运动的作用力求得正确统一认识的新阶段。由于这样才能打开人们认识地球固体部份的大门，从而再指出地球上蕴藏着自然资源的确切地带，以及解决减轻地球上自然灾害(地震)对人类所造成巨大损失的问题。

达到这种目的的可能性现在似乎愈来愈明显了。其中尤以佔地球表面四分之三、地球深部条件又比大陆简单的广大海洋区，进行地球物理和地质的观测和研究工作最有前景。

十余年来国际间已组织推动全球性的大陆和海洋的地球物理和地质的协作计划，开展了不少工作，开拓取得了较满意的进展，对地球内部运动的作用力，提供了较有说服力的依据和理论。下面概述国外对海洋所进行的地球物理研究工作。

(1) 海洋地磁工作

海洋上的地磁场观测工作，历史较久，最早用无磁性木船观测地磁场，近期则用特制的无磁性机动船以及在一般钢制机动船

或飞机后白拖掛地磁儀器連續記錄海洋區地磁場的強度變化。

已在大西洋、印度洋、太平洋、北冰洋等水區取得不少地磁場的觀測資料，發現在這些區域地磁場的分佈特征相當穩定而有規律性，其分佈圖案還可以說明，在地質歷史時期中地磁場具有反向的現象，並確定了3.5億年，甚至更早時期以來地磁場反向的各個年期。海洋上地磁場的分佈圖像，還說明海洋中山脊軸部的岩石時代較年輕，其兩旁的岩石隨遠離山脊軸部而逐漸變老。

(2) 海洋熱流的工作

海洋熱流觀測，即地球內部通過地殼向外流出的熱量的觀測，也已取得了不少觀測資料。近代熱流觀測的結果說明，大陸與海洋上的熱流量基本上相當，只是在海洋中山脊的軸部熱流量顯著增高。

(3) 海洋地震工作

觀測海洋中山脊和其周圍海區所發生的地震，說明地震都集中在山脊軸部的狹窄條帶上，特別是集中在山脊被錯開的斷裂帶上，位於后者的是較強的地震，較弱的地震群則常發生在沿山脊的軸部。

對於海洋中的島嶼和太平洋沿岸強烈地震區，進行了地震活動性、地震波記錄初動方向的分析，以及通過各該地區地震波傳播特征變化的研究，結果說明延深達700公里以上的地震，源區是非常狹窄的；地震波的初動方向的分析則說明，這些地區的岩石圈確是向其下的岩流圈伸入。深源地震波沿不同路程的衰減程度的研究結果，也支持這個觀點。

(4) 海洋地震波反射和折射探測工作

在海洋與大陸的交接區所進行的海上地震波反射法探測工作，發現海溝中的沉積岩層未受變形。在其他海區反射法探測的結果，在很大的程度上增加了人們對海底沉積層及其沉積過程的認識。目前這些反射法探測工作僅對某些可能蘊藏石油的海區進行了小面積的詳測，而對全球廣大海洋區探測工作還做得很有限。

為了研究更深的海底地質結構，在某些海區進行了折射波法的探測，其結果對地幔以內介質的各向異性有所顯示。國際協作計劃要求重實探測大陸邊緣的深構造，還需要做更多的工作，才能弄清大陸到海洋的過渡帶的結構。

(5) 海洋重力测量工作

最近由于船上观测用重力仪的发展，已取得了不少海洋重力资料，结合其他地球物理观测结果，可以推知海底地壳及其下的地质结构。

(6) 海洋钻探

最近对海洋地球物理工作起到很大推动作用的一项重要进展是海上钻探。这是由于海上钻孔中取出来的岩芯，有助于推断地球物理现象的性质。深度到达沉积岩层以下的海底地壳岩层的钻孔，能为根据地磁场资料推定的地磁反向年代作出判断。岩芯资料也可用以确定沉积岩层中的地震波反射面。

两年多来美国所进行的海上钻探，在技术上已能作到在数千米水层上钻探提升后回到原孔位置继续钻进的水平。已在太平洋、大西洋、地中海、加勒比海和墨西哥海湾上的150个以上的地点，从约4万米的钻进尺度中得到1.2万米的岩芯。尽管目前的研究还处于岩芯的描述需要进一步工作的阶段，但初步结果已能说明以下一些问题：

(1) 地球上大部分海洋的洋底，居于地球表面相当年轻的地质运动的产物，而不是从地球形成初期就存在的。海洋底的历史一般不超过2亿年。

(2) 产生了几乎是无可争辩的证据，说明了海底是在扩张，大陆是在漂移与学说。

(3) 在墨西哥海湾中部，发现盐丘中储有小量石油和天然气。这使在深海中能找寻石油的现实得到支持。

(4) 海洋沉积岩层中发现金矿富集，可能是由海底上升矿液供给的。

(5) 证明墨西哥海湾和地中海之下存在着盐层。

(6) 证明太平洋的西北部海底是古老海洋底的残余，它比其他大部分海底时代老些。

板 块 构 造 学 说

本世纪进入五十年代以来，地球物理学、地质学和海洋学都有很大的发展。结果：沉寂已久的大陆漂移学说再度活跃起来，经过补充修改，它逐渐征服了绝大多数地球科学家。在十年前，就是1961年，又出现了Hess创立的、Dietz首先发表的、具有坚强说服力的海底扩张^{*}学说。地球科学向前迈进了一大步。

大洋里边有海脊。两边崎岖、中脊尖锐而被断裂谷切成两条平行脊顶的海脊叫作大洋中脊，例如大西洋中脊。两边成缓坡而中脊裂缝不显著的海脊叫作大洋中隆，例如太平洋东部的中隆。由于上地幔顶部对流体的活动，驱使那里的熔融物质钻进中脊（隆）的裂缝下端，一股接一股地连续不断地穿过地壳（更确切地说，是岩石圈）升到海底，固结成石。新升起的一股把较早的一股向外推移。一股推一股，海底地壳逐渐增添新的片段，逐渐由中脊（隆）向两旁扩散。扩散速度各地不同，大致每边每年扩散0.5到5厘米；两边全速度为1到10厘米。

1963年，Vine等二人发现大西洋中脊两旁海底岩石各有一条一条的磁极反向带，正负相间，交替出现，两旁对称。结合绝对年令测定，证明离中脊越远，磁极反向带的时代越老，而且两旁完全可以对比。五年后，Heirtzler等五人在太平洋和大西洋的七千六百万年中形成的海底中测出171次磁极反向，可以互相对比。

1965年，Wilson创立转换断层的概念时，指出全球地壳是由若干分裂开的板块组成的。

六十年代后半期，世界各国许多人讨论大陆漂移、海底扩张以及板块的分界和活动方式。1968年又接连着出现了几十篇重要文章掀起了一个研究高潮。有人说，从那时起，有关文章象雪片般地涌现出来。

1968年三月，Pitman等三人把太平洋东部中隆每一边的磁力异常编号，从隆脊的1号做起，编到32号，两边对称。他们的发现为其他学者在别处测量的结果所证明。

1968年六月, Le Pichon 把地球的岩石圈划分为六个大板块: 太平洋板块、亚欧板块(不包括印度和阿拉伯半岛)、美洲板块、非洲板块、印度洋板块、南极洲板块。第一个差不多完全是海洋。其余五个都是部分海洋、部分陆地。每一板块内部, 一般说来, 是刚性的、稳定的。各板块之间的分界线为活动带。分界线表现为: 1. 中脊(隆), 2. 转换断层(例如新西兰大断层), 3. 深海沟, 4. 地缝合线(例如喜马拉雅)。

经过许多人从多方面的调查研究, 证明洋脊(隆)裂缝处不断地生长新地壳, 沿着切断洋脊(隆)的转换断层徐徐向外移动。在岛弧外或大陆弧形边缘外的深海沟处, 海洋地壳沉陷钻到岛弧(如千岛群岛)或大陆边缘(如智利海岸)之下, 穿过那里的地壳, 深入到上地幔顶层中去, 构成一条倾斜 $45^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 的消减带。消减带下端深达七百公里; 深源地震就发生在那里。

地缝合线虽然表示两个大陆之间的海洋已经消失, 两陆相撞, 合并为一, 但和中脊(隆)转换断层和深海沟一样, 也是一个地震活动带。这一事实, 从1954年 Gutenberg 等二人的大量统计更证实了板块的各种界线都是地震活动带。后一工作, 对于大洋中脊(隆)的连续地震带更明显地揭示出来。

中脊(隆)和转换断层附近只有浅源地震(0-70公里)。地缝合线附近以浅源地震为主, 偶有中源地震(70-300公里)。弧形深海沟附近及其内侧地震频繁, 浅源地震在外侧, 往里去有中源地震, 再往里去有深源地震(300-700公里)。震源深浅的分布和消减带的倾角相吻合。

1968年九月, Isacks 等三人汇总大陆漂移、海底扩散、转换断层、板块活动, 并考虑到古地磁、地震、海底地貌、海底岩石、海底沉积、海底火山、生物地层、绝对年令、地幔对流、热流测量、重力测量、大陆断裂、超基性岩等方面的论证, 概括起来, 总称之为全球构造学说。在这一名称下, 1969年十二月美国地质学会在加州开了六天会议。会上指出: 一些“经典”理论, 如地槽学说, 如果不是完全抛弃, 至少需要大大修改。1969年十月, McKenzie

等二人说，由于板块活动机制和板块在地史上变迁过程这两大问题尚待阐明，这一综合性很强的学说，目前还不能叫作全球构造。由于板块的存在已经肯定下来，把它叫作板块构造较为合适。

从1968年八月起，美国四个海洋研究机构联合进行深海钻探，先后在墨西哥湾、加勒比海、大西洋、太平洋、地中海等广大海域打钻取样。前两年中航行了十五条路线，在154处打了219个钻孔。研究证明：海底基岩和沉积物离中脊（隆）越远，时代越老，但不超过侏罗纪。1970年六月 Fischer 等人发表了第一幅太平洋北部海底年令图。

近几年来，板块研究向纵深发展：大板块中划出几个小板块，例如爱琴板块、斯科舍板块等；运用新学说重新追溯地质发展史上的重大事件；寻找板块运动的驱动力并阐明其机制。

板块构造是综合许多门小学科的最新成果而建立起来的有关地球海陆形成和变迁的一个内容复杂影响深远的学说。有人说，由于这一学说的建立和不断发展，地质学正面临着一次深刻的革命。这个学说不但对于寻找固体和流体矿产提供了新的有力的理论根据，而且动摇了地质学及其他地球科学的一些重大基本理论，例如地槽学说和造山学说，以致有必要大大改写有关地球科学的教科书。

大量的调查研究工作正在继续进行。由实践到认识，再实践，再认识，循环往复，以至无穷。板块构造的发展前途是远大的。更加全面更加深刻的综合理论，也就是真正称得起全球构造的学说，还任前面。

★ Sea-floor Spreading 一词，有译成“海底扩张”，有译成“海底扩散”，尚未统一。

地震学的某些进展

I. 绪论

地震学在我国是为社会主义建设服务的一门科学。它为地震预报和震灾预防提供了科学依据，是关于地球内部现代知识的主要来源，又是勘探石油和侦察地下核爆炸最有效的工具。

六十年代以来，国际上地震学在理论上和观测技术上都有飞跃的发展，大大地改变了它原来的面貌。所以如此，主要的促进因素有三个：

(1) 为了发展监视地下核试验的地震方法，美国国防部制定了一个所谓的“维拉”计划，从而全面提高了地震观测的精度和理论水平。

(2) 国际地球物理学和地震学界，在六十年代组织了一个“上地幔计划”，有力地推进了地震学的全面发展。

(3) 近年来，全球地震活动性有所增加，造成了巨大的灾害，这就使地震预报问题在易震的国家中迫切地提到日程上来。

以下将进一步叙述地震学近代进展的某些方面（其中地震勘探将不在本文讨论之列）。

II. 地震预报

1. 美国及日本的规划

美国的地震主要发生在它的西部以及阿拉斯加和夏威夷地区。他们以前对地震预报工作很不重视。自1964年阿拉斯加发生了一次8.5级大地震之后，有一个专家小组提出了一个地震预报十年规划的提议。1967年又有人提出了一个“地震灾害十年研究规划”，但都未被批准列为国家规划，只不过一些研究单位零星地做之而已。1969年，美国科学院的一个地震小组又提出了一个地震学全面发展的十年规划，其中地震预报工作佔最大的比重，在十年总预算的五亿零三百万美元中，地震预报研究的预算佔一亿七千五百万美元。这个计划也并未列入国家计划，只不过是一些学者的提议而已。不过我们从这些提议中，也可以看出美国地震学发展的某种趋势。

美国地震预报计划的特特点是集中力量研究美国西部的圣安德列斯

大断层。他们打林沿断层线附近布置一些综合观测站，各站间又以精密的大地测量相联系，以测定断层带的各种形式的运动，从而推断地震发生的趋势。其它的地震前兆的观测则居于次要的地位。在理论方面，则以探讨与断层有关的地震成因和震源机制为主。

日本自1964年在新潟发生了7.5级破坏极大的地震后，制定了一个地震预报五年（1965—1969）规划，予算为三十四亿四千万日元，列为国家规划。这个规划的重点是整顿和加强地震观测网。由于1965年在松代发生了持续的地震群和1968年在十胜冲发生了8.3级大地震，他们又提了一个由1969年起的新的五年规划（1969—1973）。新计划的目标是实现地震预报，着重于扩大仪器设备，防震布置以及加强组织工作，务期能找出适量的预报线索，以便能做出判断。目前，这种线索还未找到。力武常次曾试图用某些^的地震震级和发生时间的概率作为这种线索，但也只能估计震级；预报地震发生的时间还没有办法。

日本不是把力量集中在一个活断层，但近年对松代地震群却作了大量的工作。他们很重视地壳变形和地倾斜的现象，在这方面的积累了不少经验。然而活断层和地震群只不过是地震活动的两种重要表现，还不是地震活动性的全部表现。我国的地震情况和美日有所不同。他们的经验固应参攷，但必须根据我们具体的情况来作安排，才能最有效地取得地震预报的成果。

2. 地震成因和震源机制

地震预报理论的核心问题是地震成因和震源机制（即震源是怎样形成的）；前者是要说明地震为什么要发生，后者是要说明地震是怎样发生的。

地震成因问题历年来争论很多；但对浅地震来说，断层成因——浅地震的直接成因是由于岩层的断裂——仍是最有根据而又为绝大多数地震学家所接受的。一般造成巨大灾害的地震也就是这样的浅地震。所以断层成因的假说是许多预报理论的出发点。

承认地震是由岩层断裂产生的，但岩层是怎样断裂的？断裂的尺度和方向如何？地震波是怎样产生的？断层是怎样运动的？等等，都还是

要进一步研究的问题。当前，美国对这些机制问题的研究有以下几方面：

- (1) 根据固体物理和弹性错动的理论而进行的理论研究；
 - (2) 模拟试验，特别是岩石在高温、高压下的试验；
 - (3) 断层带和地震现场的观测；
 - (4) 震源附近的地震观测；
 - (5) 由远震记录来确定震源函数——即震源带的应力分布随时间的变化。
- 以下简述近年来某些重要的结果：

(1) 岩石破裂后，应变能未必能全部释放出来。试验表明：在高温高压下，某些岩石破裂后的滑动过程中，伴有多次的应力突然降落——叫做粘滑现象。现在许多地震学家认为10公里深度以内的地震，可以用弹性剪切断裂来解释。粘—滑现象可能发生在3—20公里深度之间，但在20—60公里深度之间，地震是由于粘滑，还是由于相变，仍有争论。

(2) 地震的直接原因虽是由于岩石的断裂，但野地观测表明，有些断层甚至连续滑动也不产生地震。这种滑动叫做“蠕动”。断层蠕动时，不发生突然的应力降落，因此有些地震，本身虽然不大，但造成的地面破裂却不小。

(3) 由地震少的地方，常被认为是大震将来要发生的地方，但实际上也有正相反的情况，即大地震恰恰发生在地震少的地方。在断层线上，小震频繁标志着断层的活动，但美国圣安德列斯大断层上两个最大的地震却发生在地震极少的地段上。以上两个结果可以用现代的“板块大地构造”假说来解释。这个假说认为地球上层的岩石层是由几大块的“板块”所组成的；它们互相运动着，地震就发生在板块的交界处。一个成固性的大断层可能就是两个板块的交界在地面上的表现。板块在深部慢慢移动着，但因表面岩石强度的不同，可能有三种不同的反映：(1) 上层岩石强度很大，以致深部发生错动时，上层突然断裂，这样就产生大地震。(2) 上层岩石只有中等的强度。这样当板块移动时，小震活动性增强并可伴随较大的地震。(3) 上层岩石强度较小。当板块移动时，上层岩石随着移动，应力不能积累，所以就形成蠕动，而不产生地震。

(4) 按照固体错动的理论，可以由地震波记录和频谱分析来计其震源

的各种参数，如断层的尺度和取向，破裂传播的速度，岩石断裂后的应力降误差等。又根据这震的记录，可以用相位补偿和振幅补偿的方法（即将地震波在传播时所产生的畸变和能量消灭加以补偿），来推算震源带的应力随时间的变化。

III. 地震控制

看起来，这个问题似乎比预报问题要难得多，但其实也不一定。这是因为近年来有两个重要的发现：一是流作对地震的影响，二是巨型地下爆炸对地震的触发作用。

世界上有许多大水库在蓄水以后会发生地震，有时还会成灾。这个现象一直没有满意的解释。1932年，美国丹佛地区因有人在一个约四十公尺深的井中注入废水，忽然引起频繁的小地震，而这个地区原来的地震活动性是不高的。停止注水后，小震数目也减少。在某些油田里，注水抽油时，也有类似的现象。这种现象的一个可能的解释是这样：在有裂隙的岩石内，岩石间剪切运动的阻力是随界面间的正压力而直线增加的。地下深处的岩石承受着巨大的压力，界面间的剪切阻力可以超过岩石的固有强度，因而岩石不发生错动。但当有水注入时，设水的压力为 p ，则有效的界面间的正压力将减低为 $\sigma - p$ ，因此剪切阻力也就大大减小，使原来不错动的岩石错动起来，从而产生了地震。这种简单的解释当然还存在一些问题，但基本的概念可能是正确的。美国人正在油田里做反复注水的试验，看看水压是否能真正影响地震活动性。如果成功，这将是走向控制地震的第一步，因为在一个地震危险区，若能通过无害的小震将所积蓄的应变能释放出来，就可避免发生一次有害的大震。当然，这仅是一种设想。即使不错，技术上的困难仍是相当大的。

第二个现象是美国人进行地下核爆炸时发现的。一个百万吨级的地下核爆炸所产生的地震效应相当于一个6级左右的天然地震。爆炸能触发附近岩层所积蓄的应变能，而产生一些小地震。观测表明，这种小震发生在离爆炸点几十公里之内，可能持续数星期或甚至数月之久。地震错动的方向大都沿原有的断裂线。根据这个现象，原则上也可利用大爆炸来触发地震危险区的小地震，使构造应力所积蓄在岩石中的能量提前

释放出来，从而避免发生大震。

Ⅱ. 地下核试验的地震侦察和“维拉计划”

1. 维拉计划

用地震方法侦察地下核试验的灵敏度和可靠性究竟如何，美苏两国公开宣布的估计是不同的。美国倾向放低，为的是增加就地视察的次数；苏联倾向放高，为的是减少就地视察的次数。

侦察地下核试验的地震方法面临着两个关键性的困难：(1)微弱的爆炸地震信号可能为天然的地震脉动干扰所掩盖，因而难于分辨；(2)远处地下核爆炸所产生的震动与天然地震并无明显的区别。1958年和1959年，苏联和西方国家的地震学家曾在日内瓦开过两次会，拟定了一个全球分布的地震监视观测系统。据当时的估计这个系统有九成把握能将五吨级以上的爆炸从天然地震中分辨出来，但是以后的试验证明爆炸时如果采取特殊的屏蔽措施，可以使爆炸的地震效应减低几十或甚至几百倍。这就大大地增加了监视的困难。若将地震侦察技术的灵敏度提高两个数量级，决不是改变个别观测技巧所能做到的，必须将地震学的水平全面提高才行。因此美国国防部在1959年底制定了一个“维拉—地下”计划——即地下核试验的地震侦察计划，前三年的经费为每年约三千多万美元。研究内容极广泛，几乎包括地震学所有的课题，其中有些与核爆炸毫无关系的课题。他们的出发是要从提高地震学的全面水平中来建立可靠的侦察方法。由于侦察方法渐渐明确，地震学的基本研究项目，在1969年以后，在这个计划中就居于不显著的地位了。

维拉计划除对美国的地震研究加以補助外，也補助其它资本主义国家的地震研究。最重要的一项措施就是建立一个在全球分布的标准地震台网，这个台网共有116个地震台，分布在61个资本主义国家，每台装置着完全相同的仪四（长、短周期三分向各一套），这样便于取得大量合乎要求而又均匀分布的地震数据。

除了全球标准台网外，维拉计划还在美国本土建立了五十个台阵和一个大台阵。十台阵包括十几个到几十个短周期地震仪，大台阵包括345个短周期仪四和17个长周期仪四，尺度约有200公里。它的作用原理和

无线电的天线阵相似，是现代侦察微弱地震信号最有力的工具。最近美国还在阿拉斯加建造了一个有19个长周期地震仪的台阵，在挪威建造一个有19个长周期和147个短周期的大台阵。都是专为侦察地下核爆炸之用。应当指出，美国也在苏格兰、加舒夫、澳大利亚和印度建造了四个中型交叉线形的台阵，其目的显然也是为了侦察我国和苏联的核爆炸的。苏联据说也有一个试验性台阵，但是具体情况迄未公布过。

2. 用地震方法监视地下核爆炸的现代水平

地震监视方法有两个方面：一是侦察，二是识别，即不但要侦察到由爆炸所产生的地震信号，而且要辨别出这个地震信号是来自天然地震还是来自人工爆炸。识别问题要比侦察问题难得多。监视能力不但和观测系统有关系，而且和爆炸点的岩石性质也有关系。监视能力或水平可以用侦察到或识别出的最低爆炸量级来表示，这个下限越低，监视水平就越高。1968年，苏联和一些西方国家（还有罗马尼亚和日本）的地震学家在瑞典开了一次会，对当时的地震监视水平作了一次评价。虽是少数专家的意见，但也可以给出一个概念。现在又过了三年多了，并未见到有何特殊的进展。这个评价的结论要如下：

(1) 利用世界标准台网，爆炸如果发生在北半球的坚硬岩石中（如花岗岩中），最低可以识别到2—6万吨级。

(2) 世界标准台网或苏联境内的台网，都可以将爆炸点（2—6万吨级）的位置定准在10—40公里以内。

(3) 如果爆炸发生在较软的岩石内（如凝灰岩或沉积岩），识别的最低量级就要相应地提高，对凝灰岩要提高两倍，对沉积岩要提高十倍。

(4) 若爆炸洞不是填塞的而是比炸弹大得多，地震信号的强度可减低约一百倍。

(5) 相当于在凝灰岩中爆炸两万吨级的炸弹的天然地震，每年在全球约发生二十次；相当于爆炸二十万吨级的天然地震，每年约发生一万至两万次。这是西方国家的统计数据。苏联的数目至少要少一半。

(6) 识别爆炸和天然地震的标志，是它们的体波和面波的相对差别。用这样的方法可以将花岗岩中2—6万吨级的爆炸与天然地震分别开来。