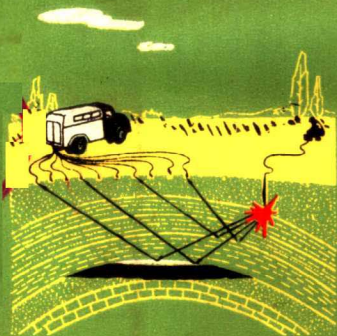


石油勘探与开发普及丛书



地震勘探

大庆油田 地震勘探 编写组



科学出版社

石油勘探与开发普及丛书

地震勘探

大庆油田《地震勘探》编写组

科学出版社

1976

内 容 简 介

“石油勘探与开发普及丛书”是大庆油田革委会主持编写的，是以石油战线上的工人为主要对象的科学技术读物，共约 20 余种。

这套丛书力求反映大庆工人阶级在勘探、开发大庆油田过程中，坚决执行“独立自主、自力更生”的方针；坚持“两论”起家，发扬会战传统，认真学习并运用毛主席的光辉哲学思想指导实践；大力宣传辩证唯物论，批判唯心论的先验论和形而上学。

《地震勘探》是本丛书的一种。地震勘探方法是各种石油地球物理勘探方法中的一种，在石油勘探中占有比较重要的地位。它是根据地震波在地层中传播的原理，通过地震仪接收、记录来自地下用人工方法激发产生的反射波和折射波讯号，而后对地震记录加工处理，去伪存真、由此及彼，将地下的地质结构和各种类型可能聚集油气的储油构造显示出来，以提供钻探找油。

本书主要介绍石油勘探中常用的反射波地震勘探方法。全书共分七部分，着重介绍地震波的性质和特点、反射波的接收、反射波地震记录的加工处理和地质解释，并简要地介绍了地震勘探中的新技术——多次覆盖方法及数字处理。

石油勘探与开发普及丛书

地 震 勘 探

大庆油田《地震勘探》编写组

*

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

*

1976 年 12 月 第 一 版	开本：787×1092 1/32
1976 年 12 月 第一次印刷	印张：2 7/8
印数：0001—31,000	字数：40,000

统一书号：13031·536

本社书号：784·13—14

定价：0.22 元

前 言

在毛主席革命路线指引下，在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下，我国石油工业战线广大职工以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，高举“鞍钢宪法”旗帜，发扬独立自主，自力更生，艰苦奋斗的革命精神，赢得了石油工业的迅速发展。通过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，特别是通过无产阶级专政理论的学习，石油战线形势越来越好。为满足广大石油工人、干部，尤其是青年工人迫切需要掌握科学技术知识的愿望，我们编写了“石油勘探与开发普及丛书”。

我们力求通过这套丛书反映大庆工人阶级坚持“两论”起家的会战传统，积极运用毛主席的光辉哲学思想指导斗争实践，努力学习无产阶级专政理论，大力宣传辩证唯物主义和历史唯物主义，批判唯心论的先验论和形而上学。丛书内容着重介绍基础科学知识，文字力求简明扼要，通俗易懂，深入浅出。

丛书是由战斗在生产第一线的工人、干部和技术人员组成三结合小组进行编写的，并广泛征求了群众的意见。但是，在内容上，主要反映了大庆油田的特点，对于石油勘探开发的全局来说，还有较大的片面性；文字上，由于水平所限，仍然与广大工人的需要会有差距。恳切希望读者提出批评意见。

大 庆 油 田

“石油勘探与开发普及丛书”编写领导小组

一九七五年五月

目 录

前言	i
一、概述	1
二、地震波是怎么回事?	6
1. 波的概念	6
2. 地震波的性质和特点	8
3. 地震波的激发	20
三、地震波的接收	22
1. 检波器和地震道	22
2. 地震波接收过程中的三个矛盾	25
3. 模拟磁带地震仪	27
四、地震波的利用	34
1. 一张地震记录的意义	35
2. 时间剖面的意义	37
3. 时间剖面是怎样回放处理出来的?	38
4. 时间剖面上的地质现象	45
5. 深度剖面图	52
6. 构造图	56
五、地震勘探的野外施工	58

1. 测线的布置	58
2. 观测系统	60
3. 施工	62
六、地震勘探的新方法——多次覆盖	64
1. 多次覆盖方法的提出	64
2. 多次覆盖的原理——共反射点多次观测、多次叠 加	65
3. 怎样实现多次覆盖?	67
4. 多次覆盖为什么能克服干扰波?	71
5. 效果	73
七、地震勘探资料的数字处理	75
1. 为什么要数字处理?	75
2. 电子计算机的工作原理和主要结构	77
3. 模拟磁带地震记录能不能上电子计算机处理?	80
4. 数字处理的过程	81

一、概 述

如果你有机会到油田去参观,你就可以看到:井架林立,钻机轰鸣,一排排的油井,纵横交错的管道,滚滚的原油从地下喷出,输送到祖国四面八方。在这生气勃勃的景象面前,你可能要问:石油深埋在地下几百米、一千多米、甚至几千米,既看不见,也摸不着,怎么能知道地下埋藏着丰富的石油宝藏?油田究竟是怎样找到的呢?

在一个含油的沉积盆地内寻找油田,大体要经过两个阶段的工作。第一阶段叫全面调查,综合运用各种勘探方法(以重力、磁力勘探方法为主,配合电法、地震勘探方法、地面地质露头调查及少量钻探工作)对一个盆地的地质结构和含油条件进行全面了解,确定含油较有希望的地区。第二阶段叫重点解剖,在选准的主攻地区用地震方法查明构造带的情况,布置探井进行整体解剖,打开油层试油,了解油层的工业价值,研究油层的性质和分布情况,一

举拿下含油面积，提供油田开发。

在上述两个阶段中，地震勘探始终占据比较重要的地位，它有“石油勘探尖兵”之称。要正确判断一个盆地的地质结构(例如划分凹陷区、隆起区和确定沉积岩厚度)，就要靠地震勘探方法对大量的重力、磁力、电法勘探资料进行验证；要选准有利的含油地区作为主攻对象，就要靠地震勘探较可靠地查明地下构造情况，提供钻探，以使用较少的探井拿下更多的含油面积，提高探井成功率。即使油田已投入开发，也还需要用地震勘探方法搞清地下构造的详细情况，保证钻油田开发井网的成功率。我国的大庆油田、胜利油田、大港油田等都是毛主席的光辉哲学思想指引下，较成功地用地震勘探方法找出来的，不仅如此，地震勘探方法还为这些油田的开发提供了可靠的依据。

提起地震，大家并不生疏，“地震”就是地动的意思。地壳由于受地球本身的构造运动的影响，发生变动而引起地震，这叫天然地震。这种地震在世界各地几乎每天都有，大多数是很轻微的，人体是感觉不出来的，只有少数强烈地震具有严重的破坏作用。但是，人们没有被地震灾害所吓倒，相反，许多年来

广大劳动人民和地震工作者都在研究分析地震现象，寻找和地震灾害作斗争的方法。通过对天然地震的长期观察，使人们认识到：地下岩层是有弹性的，它能够传播地震波。

地震勘探方法就是在人们与天然地震作斗争的实践中创造出来的。它是通过人工的方法引起地壳震动，并利用这种人工震动产生的地震波在地层内传播的特点来研究地层的起伏，从而寻找聚集石油矿产的有利储油构造。

大家都熟悉医生用爱克斯光透视的方法给病人诊病的情况。爱克斯光机发射的爱克斯射线穿过人体，在荧光屏上清楚地显示出病人的心、肺等病变。地震勘探就好象是用“爱克斯光”给地壳进行“透视”，从而了解地下的情况。地震勘探中的“爱克斯光”射线就是地震波。地震波在地层中传播的显著特点是遇到地层界面时产生反射、折射现象。地震勘探就是根据地震波传播的反射、折射原理，通过专门的地震仪接收、记录来自地下的用人工方法激发产生的反射波和折射波讯号，然后对得到的地震记录进行加工处理，将地下的各种类型的储油构造（如背斜构造、地层超覆、断层等）显示出来，以提供

钻探找油。

地震勘探一般分反射法和折射法。反射法地震勘探是一种较好的广泛采用的方法，其优点是勘探的层次多、准确度高、施工效率高、成本低，而且在陆地、海洋等各种复杂条件下皆可使用。折射法一般多用在了解大区域地壳结构。

随着石油工业和科学技术的发展，地震勘探技术大体上经历了三个发展阶段。

第一阶段（五十年代及其以前） 光点记录阶段，采用精度低的光点地震仪，将地震讯号直接通过光点记录在照像纸上，仪器的记录范围小，讯噪比*很低，记录不能进行加工处理，勘探深度和广度都很局限，效率也低。

第二阶段（六十年代） 模拟** 磁带记录阶段，

* 讯噪比即有效波(地震讯号)的能量与干扰波(干扰噪音)的能量之比。有效波是指能用来认识地下地质构造的有用的地震波，如直接来自地质分界面上的反射波、折射波等。干扰波是指除有效波以外的各种无用的地震波，如在空气中传播的声波，沿地表面传播的面波以及没有一定传播方向、没有一定频率的不规则干扰波(如风吹引起地表面的微震等)。讯噪比是衡量地震记录和地震勘探地质效果好坏的一个重要指标，讯噪比高说明有效波清楚，讯噪比低说明有效波不清楚。

** 所谓模拟，就是以交变电流波形变曲线形式来模仿地震波机械振动的波形变化，按波形曲线进行记录，按波形曲线进行加工处理，这就是磁带地震勘探中常说的模拟记录和模拟回放处理。

随着多次覆盖技术的出现，采用有一定精度的模拟磁带地震仪，仪器记录的是连续的模拟波形，记录范围较大。将地震讯号(模拟的波形曲线)经过调制处理变成脉冲调宽或调频讯号记录在磁带上，记录能进行多种方法的模拟回放处理，干扰波在一定程度上得到克服，提高了讯噪比，勘探的深度和广度都有了较大的提高。

第三阶段(七十年代) 数字磁带记录阶段，采用精度较高的数字磁带地震仪，仪器记录范围很大。它记录的是数字化的地震讯号，即地震波振幅的离散取样值，并变成二进制的数字记录在磁带上，利用电子计算机进行多种方法的高效率的自动化运算处理，使讯噪比得到更大的提高，勘探的深度更大。因此，能研究各种复杂的深层构造现象，甚至能直接找油、找气，划出地下含油气的范围。不难看出，数字化是地震勘探技术发展的趋向。

在党中央和毛主席的英明领导下，我国的地震勘探工作队伍是解放以后从无到有发展壮大起来的。1951年我国成立了第一个地震勘探队。随着石油工业和科学技术的迅速发展，二十多年来，我国的地震勘探队伍已经发展到了较大的规模，形成了一

支独立作战的具有先进技术水平的勘探大军，足迹遍及全国各个省区。不但能在陆地上寻找油气田，而且能在海洋上探测海底的储油构造，寻找海上油田，地震勘探的技术水平也有很大的提高。在毛主席提出的“独立自主、自力更生”的伟大方针指引下，广大地震勘探工人和技术人员在六十年代初成功地制造了模拟磁带地震仪和模拟磁带回放仪，推广了多次覆盖技术，使全国各个地震勘探队很快实现了“模拟磁带化”。进入七十年代以来，正在向“数字化”迈进。我国自行设计制造了 SCD—711 型数字磁带地震仪；整理地震勘探资料用的百万次大型数字电子计算机也于 1973 年研制调试成功，并已正式投入生产(图 49)。可以相信，在近期内，我国地震勘探数字技术将会得到迅速发展，地震勘探的数字化必将把我国石油勘探事业推向一个新的水平。

二、地震波是怎么回事？

1. 波的概念

要谈地震波还得先从波讲起。我们可以做一个

实验,拿一块石头投到平静的水池里,这时在水面上就会出现一环套一环的波纹向四周传播出去,这就是波,称为水面波。更有趣的是,如果这时在水面上漂浮着一片树叶,就可以看到树叶不是跟着水波漂向远处,而只是在它原来的位置附近漂荡。这个试验告诉我们一个事实,即水受到外力作用后就会产生波。也就是当水的某一部分受到外力作用时(投入石子),这一部分水就沿着自己的平衡位置振动。水面是一个整体,因此这一部分水受到振动之后又使相邻部分的水也开始振动,这样依次振动,传播开去,就形成了水面波。我们把外力的作用点(投入石子的落水点)叫做震源;把振动的微小部分称为质点。假定把上面所说的水面波从中间切开,在切开的侧面就可以看到水面波在不同的时间内的振动形状(图1)。在图1中, A_1 、 A_2 、 A_3 称为振幅。振幅也

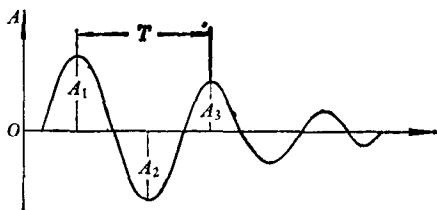


图1 水面波的震动

就是质点振动时离开平衡位置的最大位移，振幅越大，表示这个波越强。两个相邻振幅之间有一个时间间隔，称为周期，用 T 来表示。我们由 T 值的大小，可以知道振动的快慢。在一秒钟内振动的次数，称为频率，常用 f 表示。周期和频率之间有如下的关系：

$$T = \frac{1}{f}。$$

振幅、周期和频率就是波的三个基本要素。

波不但能在水中传播，在其它物体中也能传播。一个人能听到别人说话的声音，这是波在空气中传播的结果；在墙的一侧钉钉子，在另一侧能感到震动，这是波在墙中传播的结果；在地面上打桩，离不太远的地方能感到地面在振动，这是波在土层中传播的结果。

2. 地震波的性质和特点

地震波在地下岩层中是怎样传播的呢？它的传播特点可以用射线的方法来表示。什么叫射线呢？在地震勘探中，射线就是地震波从一点到另一点传

播的路径。物理学告诉我们，地震波沿射线路径传播所需的时间最短，这个原理称为射线原理。在均匀的岩层中（即这种岩层在各个方向上性质是不变的）地震波从一点到另一点传播时间最短的路径是连接这两点的直线，所以在均匀介质中（传播波的物体也可以称为介质）射线是自震源发出的一簇辐射直线。

地震波在地下地层中传播最突出、最普遍的现象就是发生反射，同时还有透射、折射等现象，相应地就产生反射波、透射波和折射波。

反射波 什么叫反射呢？要回答这个问题，我们还是从水面波谈起。拿一块石头投到平静的水池里，水面波就向四面八方传播，当水面波传播到（或称入射到）岸边或其它障碍物时水面波又会返回来，这种现象就是“波的反射”，反射回来的波称为反射波。在日常生活中，这种反射现象是比较多的。例如，当你站在山谷中或大厅里喊一声，一会儿你就能听到回声，这是声波的反射，是因为声波碰到山坡或墙壁后被反射回来引起的。你如拿一面镜子放在阳光下，在镜子上就有一束光射出来，这是太阳光波碰到镜面后的反射，等等。

从上面的例子可以看出，水面波碰到河岸或其它障碍物，声波碰到山坡或墙壁，光碰到镜面后都会发生反射，也就是说，波碰到两种不同物质的分界面就能发生反射。地下的沉积岩层是成层分布的，所以地震波在传播过程中遇到两种岩层分界后就会象镜子一样发生反射，产生反射波。反射波的传播过程是有一定规律的，现以图示(图2)来说明。设图2上R为两种物质的分界面，我们称它为反射界面。地震波从A点入射到R面上的O点(OA为入射线)，就会发生反射，产生反射波；OA'就是反射波的射线，称为反射线；On为垂直于反射界面的一条直

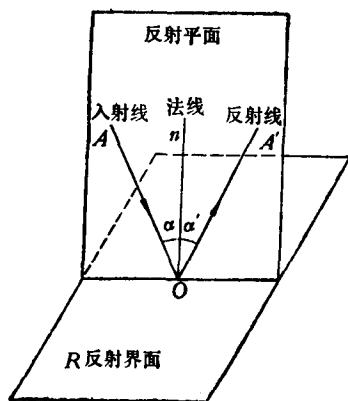


图2 反射波的形成