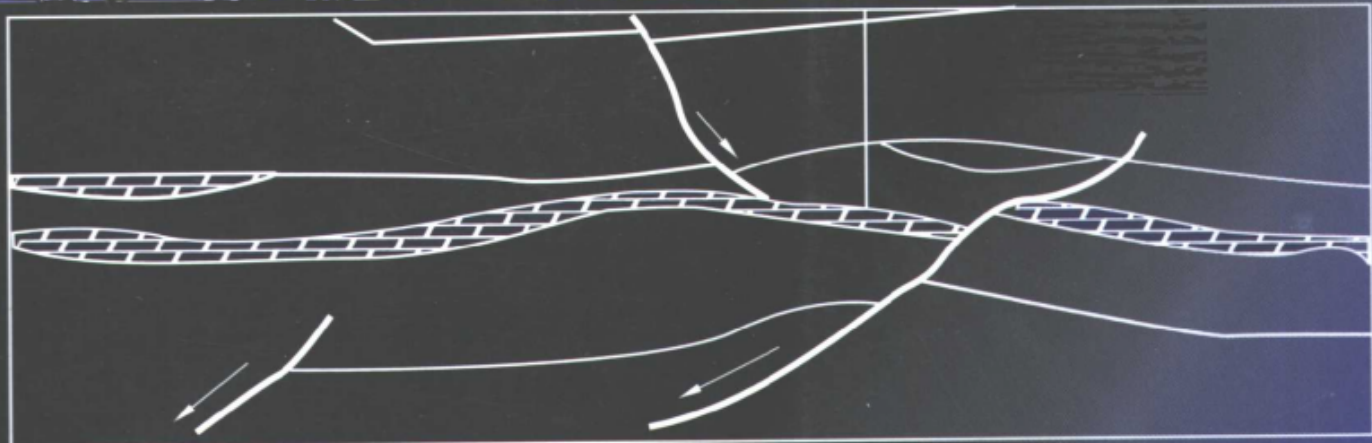


● 高等院校教材用书

浅层地震勘探

熊章强 方根显 编著



地震出版社

浅层地震勘探

熊章强 方根显 编著

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

浅层地震勘探/熊章强, 方根显编著. —北京: 地震出版社, 2002.4

ISBN 7-5028-2010-8

I. 浅... II. ①熊...②方... III. 地震勘探 IV. P631.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 091157 号

内 容 提 要

本书共分八章, 系统地叙述了浅层地震勘探的基本理论、野外工作方法与技术以及浅层折射法和浅层反射法资料的数据处理, 并列举了一些在工程勘察方面的应用实例。书中还以相当篇幅介绍了 80 年代中期以来发展迅速的一些浅层地震勘探新方法和新技术, 如横波勘探、面波勘探、地震层析技术、常时微动技术和声波探测技术等。

该书可作为高等院校勘察技术与工程物探专业方向的教材, 也可作为从事工程物探工作的技术人员的参考书。

浅层地震勘探

熊章强 方根显 编著

责任编辑: 李和文

责任校对: 孙铁磊

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 68423031

门市部: 68467991

传真: 68467972

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版 (印) 次: 2002 年 4 月第一版 2002 年 4 月第一次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

字数: 400 千字

印张: 15.75

印数: 001 ~ 600

书号: ISBN 7-5028-2010-8/P·1108 (2561)

定价: 25.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

近年来，随着我国能源、交通以及旧城改造与扩建的巨资投入，各类工程勘察项目日益增多，促使工程物探成为当今地质行业中的热门。其中浅层地震勘探，由于其解决问题的直观性和有效性而成为工程物探中的主要方法和手段。

一般应用地球物理专业的地震勘探教材，主要是介绍石油、煤田等的中深部地震勘探方法。而针对较浅部(数百米范围内)的水文、工程、环境地质的浅层地震勘探，无论是地震原始数据的采集还是资料的数据处理和解释，都与中深部地震勘探有很大不同。因此，对高校工程物探专业方向来说，编一本适合以上地质工作的浅层地震勘探教材是很有必要的。

本书于1996年作为校内自编教材出版，经过几年来对地震勘探课程教学经验的总结，以及近年来浅层地震勘探方法技术的发展，在原教材的基础上经过修改和补充编写了本教材。

本书一个突出的特点是在叙述一般的地震勘探理论、原理的基础上，重点讨论了浅层地震勘探野外工作方法、技术及资料的数据处理，并充实了近年来发展迅速的一些新方法和新技术，还列举了一些生产应用实例。在教材编写中力求做到通俗易懂、深入浅出、概念明确、重点突出。

本书由熊章强主编，其中第一、二、三、五章及第八章第三、四、五节以及绪论由熊章强编写，第四章由熊章强和方根显共同编写，其余章节由方根显编写，全书由熊章强负责统稿。

本书由华东地质学院教材建设基金资助出版。在编写过程中，得到了教研室老师们的大力支持和帮助，在此深表谢意。同时，书中选用了许多同志辛勤工作的成果，作者借此向他们深表谢意。本书初稿

由中国地质大学周鸿秋教授、刘江平教授审阅，并提出了许多宝贵意见，特向他们表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中错误或不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2001年12月

目 录

前言	(6)
绪论	(1)
第一节 地震勘探方法简介及在地质勘探中的应用	(1)
一、反射波法	(1)
二、折射波法	(2)
三、透射波法	(2)
第二节 浅层地震勘探的发展与展望	(2)
一、浅层地震勘探的特点及应用范围	(2)
二、浅层地震勘探的发展与展望	(3)
第一章 地震勘探的理论基础	(6)
第一节 弹性理论概述	(6)
一、弹性介质与粘弹性介质	(6)
二、应力和应变	(7)
三、弹性模量	(8)
四、波动方程	(10)
第二节 地震波的基本类型	(12)
一、地震波动的形成	(12)
二、纵、横波的形成及其特点	(12)
三、面波	(14)
第三节 地震波场的基本知识	(15)
一、运动学的基本知识	(15)
二、动力学的基本知识	(17)
第四节 地震波的传播	(20)
一、地震波的反射和透射	(21)
二、折射波的形成	(22)
三、在弹性分界面上波的转换和能量分配	(23)
四、地震波的衰减	(26)
五、地震波的频谱	(30)
第五节 地震勘探的分辨率	(32)
一、纵向分辨率	(32)

二、横向分辨率·····	(35)
三、影响分辨率的主要因素·····	(36)
习题一·····	(37)
第二章 地震勘探的地质基础 ·····	(39)
第一节 岩、土介质的一般波速特征及影响因素 ·····	(39)
一、岩、土介质的一般波速特征·····	(39)
二、影响地震波传播速度的地质因素·····	(40)
第二节 地震介质的划分 ·····	(42)
一、均匀介质·····	(42)
二、均匀层状介质·····	(42)
三、连续介质·····	(43)
第三节 地震地质条件 ·····	(43)
一、浅层地震地质特点·····	(43)
二、浅层地震地质条件·····	(45)
习题二·····	(46)
第三章 地震波的时距关系 ·····	(47)
第一节 直达波及折射波的时距曲线 ·····	(48)
一、直达波的时距曲线·····	(48)
二、水平层状介质中折射波的时距曲线·····	(48)
三、隐伏层中的折射波·····	(51)
四、倾斜界面的折射波时距曲线·····	(52)
五、弯曲界面的折射波时距曲线·····	(54)
六、垂直构造的折射波时距曲线·····	(55)
第二节 反射波的时距曲线 ·····	(58)
一、水平界面的反射波时距曲线和正常时差·····	(58)
二、倾斜界面的反射波时距曲线·····	(60)
三、水平层状介质条件下反射波的时距曲线·····	(61)
四、复杂情况下的反射波时距曲线·····	(66)
第三节 连续介质中的地震波 ·····	(68)
一、连续介质中的曲射线方程·····	(68)
二、连续介质中的“直达波”(回折波)·····	(70)
三、连续介质中的折射波和反射波·····	(71)
第四节 特殊波的时距曲线 ·····	(71)
一、全程多次反射波的时距曲线·····	(72)
二、绕射波的时距曲线·····	(74)
第五节 τ-P 域内各种波的运动学特点 ·····	(76)
习题三·····	(77)

第四章 浅层地震勘探仪器简介	(79)
第一节 地震仪器的特点及其主要组成部分	(79)
一、浅层地震勘探对仪器的要求	(79)
二、地震仪的主要组成部分	(80)
第二节 数字叠加式浅层地震仪介绍	(83)
一、几个基本概念	(84)
二、仪器的工作原理及特点	(85)
三、仪器的主要部件介绍	(87)
第三节 地震数据的记录格式	(89)
习题四	(90)
第五章 野外工作方法 with 地震勘探技术	(91)
第一节 地震勘探测线的布置	(91)
一、测线布置原则	(91)
二、测线布置形式	(92)
第二节 地震勘探的观测系统	(92)
一、观测系统的概念	(92)
二、观测系统的图示方法	(93)
三、反射波法的观测系统	(95)
四、折射波法的观测系统	(96)
第三节 地震波的激发和接收	(97)
一、地震波的激发	(97)
二、地震波的接收	(100)
第四节 有效波和干扰波	(103)
一、有效波和干扰波的定义	(103)
二、各种干扰波来源和特征	(104)
三、干扰波调查	(106)
第五节 抗干扰技术	(107)
一、组合检波	(107)
二、多次覆盖	(112)
三、垂直叠加	(120)
四、频率滤波	(120)
五、抗干扰与分辨率	(121)
第六节 两种有效的浅层地震反射技术	(122)
一、最佳窗口接收技术	(122)
二、最佳偏移距技术	(124)
第七节 地震波速度的野外测定	(125)
一、PS 测井	(125)

二、浅层折射法调查·····	(127)
习题五·····	(128)
第六章 数据处理·····	(130)
第一节 地震资料数据处理概述·····	(130)
一、浅层地震工作的特点及数据处理时应采取的措施·····	(130)
二、处理项目与流程·····	(131)
第二节 预处理·····	(131)
一、剪辑处理·····	(131)
二、切除·····	(132)
三、抽道选排·····	(132)
第三节 参数分析处理·····	(133)
一、一维频谱分析·····	(133)
二、二维谱分析·····	(135)
三、速度分析·····	(136)
第四节 常规处理·····	(141)
一、数字滤波器概述·····	(141)
二、频率滤波·····	(143)
三、二维滤波·····	(148)
四、反滤波·····	(152)
五、静校正·····	(157)
六、动校正(正常时差校正)·····	(160)
七、水平叠加·····	(163)
第五节 解释处理·····	(164)
一、偏移处理·····	(164)
二、修饰处理·····	(167)
三、时深转换·····	(168)
习题六·····	(169)
第七章 地震资料解释·····	(170)
第一节 反射波资料的解释·····	(170)
一、水平叠加时间剖面的特点·····	(170)
二、时间剖面中波的对比·····	(171)
三、基本地震波场的认识·····	(172)
四、时间剖面的地质解释·····	(175)
五、成果图的编制·····	(177)
六、反射波法应用解释实例·····	(179)
第二节 折射波资料的解释·····	(183)
一、折射波记录的对比·····	(183)

二、折射波时距曲线的绘制	(183)
三、折射界面的构制	(185)
四、 t_0 差数时距曲线法的自动化解释	(190)
五、折射波法应用解释实例	(193)
习题七	(196)
第八章 浅层地震勘探新方法新技术	(197)
第一节 横波勘探	(197)
一、横波勘探原理	(197)
二、横波的野外数据采集工作	(198)
三、横波的资料处理	(200)
四、横波勘探在工程勘察中的应用	(202)
第二节 瑞利波勘探	(204)
一、瑞利波的波场特征	(204)
二、瑞利波勘探原理	(208)
三、瑞利波传播速度的计算	(209)
四、资料解释	(210)
五、瑞利波勘探在工程勘察中的应用	(211)
第三节 地震层析技术	(217)
一、层析技术概述	(217)
二、层析成像的基本理论(拉冬变换)	(217)
三、地震波透射层析成像原理	(219)
四、反演计算与图像生成	(220)
五、地震层析技术在工程勘察中的应用	(223)
第四节 常时微动	(224)
一、常时微动的概念	(224)
二、常时微动的性质	(224)
三、常时微动测量方法	(226)
四、常时微动的资料处理和解释	(226)
五、常时微动在工程中的应用	(228)
第五节 声波探测	(231)
一、声波探测概述	(231)
二、声波探测原理及工作方法	(231)
三、声波探测在工程地质中的应用	(233)
习题八	(237)
参考文献	(238)

绪 论

第一节 地震勘探方法简介及在地质勘探中的作用

地球物理勘探方法都是以研究岩石的某种物理性质为基础的，它所依据的是岩石的弹性。地震勘探是地球物理勘探方法中的一种，其基本工作方法是在地表某测线上或浅井中用炸药或非炸药震源，激发地震波，当地震波向下传播遇到弹性不同的分界面时，就会发生反射、透射和折射，我们可沿测线的不同位置用专门的地震勘探仪器记录这些地震波。由于地震波在介质中传播时，其传播路径、振动强度和波形将随所通过的介质的结构和弹性性质的不同而变化，如果掌握了这些变化规律，根据接收到的地震波旅行时间和速度资料，就可推断解释地层结构和地质构造的形态，而根据波的振幅、频率、速度等参数，则有可能推断地层或岩石的性质，从而达到地震勘探的目的。

地震勘探简称为“震探”，进行浅部地质调查的浅层地震勘探简称为“浅震”，也有人称之为地震勘查或地震勘察。浅层地震勘探常被用于进行“水、工、环”（水文、工程与环境的简称）地质调查，而主要用于解决诸如工程地质填图、建筑、水利、电力、矿山、铁路、公路、桥梁、港口、机场等各种工程地质问题，因此，多被人称之为工程地震勘探。

在地震勘探中，根据地震波的类型不同可分为纵波、横波和面波勘探，根据地震波传播特点的不同又可分为反射波法、折射波法和透射波法等几种不同的勘探方法。

一、反射波法

反射波法研究的是地震波在不同弹性介质分界面上按一定规律产生反射的原理。在日常生活中，经常遇到波的反射现象，如人在山谷中的呼喊会产生回声，这是因为声波在空气中传播时遇到障碍物——山而反射回来的结果。声波在空气中的传播速度约为 340m/s，如果我们记录下声波反射来回的时间，就可以大致计算出障碍物离呼喊者之间的距离。

反射波法地震勘探的原理与这种声波反射的情况非常相似，但其反射过程要复杂得多，因为弹性波在地下介质中的传播速度受其成分的影响而在很大范围内变化，且往往为未知。但是测量从一个震源到达若干观测点的反射波旅行时间，仍然能够求得波在介质中的传播速度，并确定发生反射的界面的位置和起伏形态。

二、折射波法

折射波法是研究地震波在速度分界面（波在这个界面以下地层中的传播速度 V_2 大于波在其上面地层中的传播速度 V_1 ）产生滑行波引起的振动。当地震波射线以临界角 i 入射时，射线在速度分界面上会发生全反射，即透射角为 90° ，射线以速度 V_2 沿界面滑行，由于上下介质的弹性联系，进而引起 V_1 介质中的质点发生振动，并以某一角度（临界角 i ）返回地面，这种波称为折射波（也叫首波）。通过研究在地表接收到的折射波的时距关系，可以求得地下界面埋深等参数。

三、透射波法

透射波法和上述的反射波法、折射波法不同，它是观测和研究通过某种岩层的直达穿透波。这种波与光学中的折射波相同。工作时，振动的激发点和接收点分别位于地下弹性分界面或地质体的两侧。此法多数情况下是在钻孔或坑道中进行，根据地震波的传播时间以及激发点与接收点之间的距离，可以求得波在该层中的传播速度进而确定地质异常体的形态，并可计算出岩层或地质体的弹性模量等力学参数。

以上三种地震方法各具特点，在解决实际地质问题时要具体选择不同方法或相互配合。和其他物探方法相比，地震勘探方法的重要优点是精度高、分辨率高，能直观地表现地下地质构造形态。

此外，在地震勘探中，还可根据探测对象和应用目的不同，分为浅层地震勘探和中、深层地震勘探。研究大地构造、深部地质问题的称为地震测深，寻找石油、天然气的叫石油地震，探测煤层和煤田构造的叫煤田地震，这些地震勘探一般探测深度都比较大，从数百米至数十公里以下，我们称之为中、深层地震勘探。浅层地震勘探主要研究地表数百米范围内的地层和地质构造，主要用于解决各种工程、水文、环境等地质问题，此外，也可用于探测成层的或沉积型的金属矿床。

本书主要是针对浅层地震勘探的特点来编写的，将分别介绍浅层地震勘探的原理，工作方法、数据处理和在工程中的应用等。

第二节 浅层地震勘探的发展与展望

一、浅层地震勘探的特点及应用范围

浅层地震勘探具有工作面积小，勘探深度浅，探测对象规模小及浅部各种干扰因素复杂等特点。因此，就仪器装备、工作方法及资料处理解释等方面都提出了相应的要求。比如，对工作的精度、分辨率和抗干扰能力及仪器装备轻便化等要求更高了，而浅层地震勘探也正是根据这些要求克服了各种困难发展起来的。例如：设计出带有微机的各种类型的信号增强型的地震仪，使用方向性明显的小能量非炸药震源，纵、横波和面波的综合利用，选择最佳窗口和最佳偏移距测量，以及多次覆盖等工作方法的使用和岩土力学参数的测定等，都是根

据浅层地震勘探的特点和工程地质勘察中的一些特殊应用提出来的。以上种种构成了浅层地震勘探有着不同于中、深层地震勘探的特点。

浅层地震勘探的应用范围很广，它主要应用于水、工、环地质调查，此外还可用于岩土力学参数原位测试、工程检测、人文调查以及工业找矿等。有关应用范围可用图 1 简要说明。

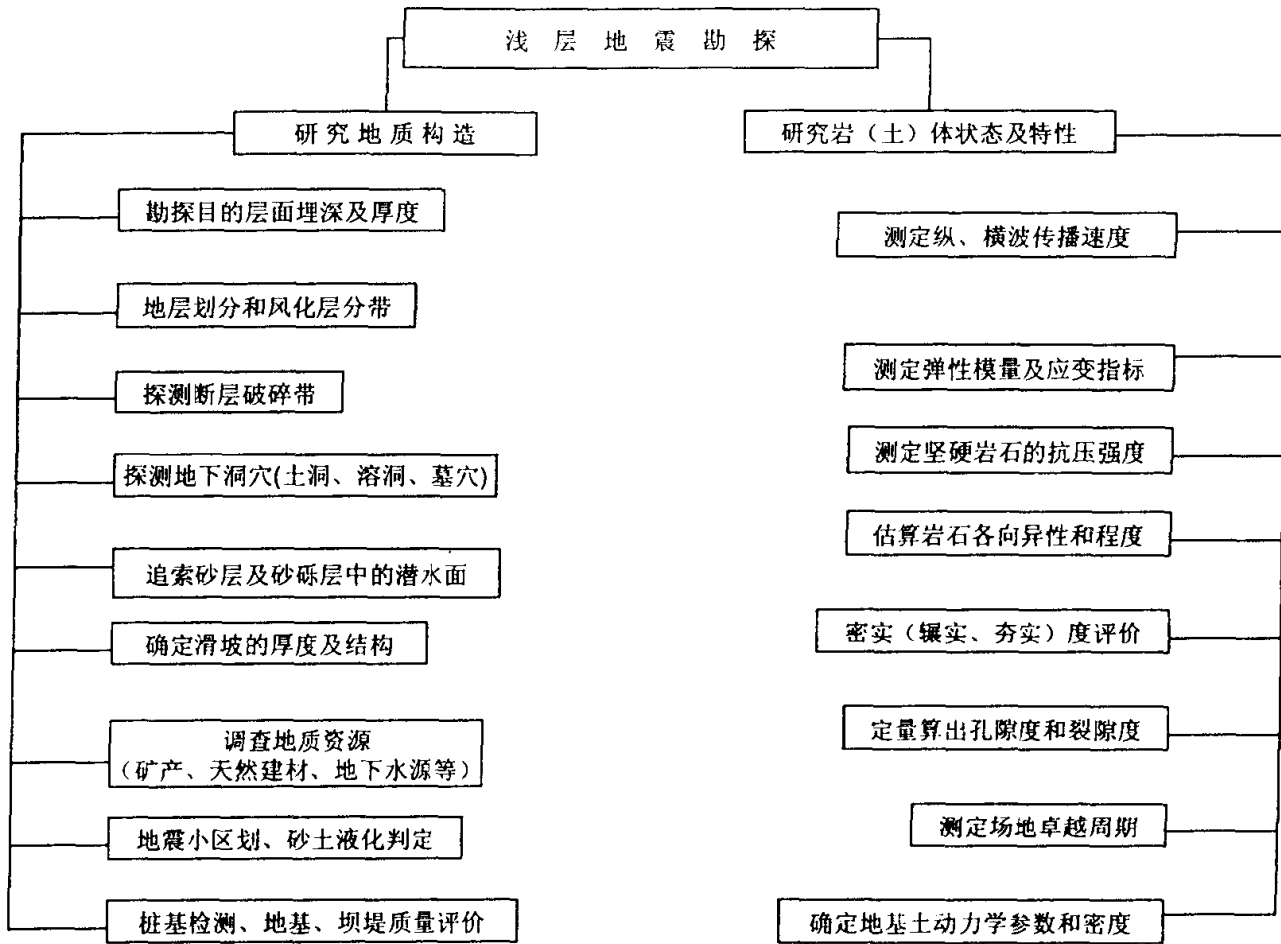


图 1 浅层地震勘探应用范围

二、浅层地震勘探的发展与展望

浅层地震勘探与地震学有着密切的关系。我国是世界上地震学发展最早的国家。早在公元 132 年，东汉时期杰出的自然科学家张衡就设计成功了世界上第一台观测地震的仪器——候风地动仪。当时在首都洛阳已经能记录到远在千里之外的甘肃的地震，还能够测定发生地震的方向。但由于漫长的封建社会历史条件的限制，妨碍了科学的进一步向前发展。

直到 19 世纪初，随着西方国家的大工业以及数学、力学和弹性力学的发展，科学家才从理论上证明了纵、横波的存在。在第一次世界大战期间，德国和同盟国双方都做过试验，试图利用 3 个或更多的机械式地震仪来定位对方的炮兵阵地。战后，地震波应用于工业就逐步发展起来，在 20 世纪 20 年代，利用初至折射波法曾找到了大量浅的盐丘；从 30 年代开始，折射波法和反射波法才开始应用于找煤和寻找石油、天然气；第二次世界大战后，随着建设工程项目的大量兴起，地震勘

探才在土木工程、矿山工程、交通工程以及其他工程地质中得到应用与发展；直到 70 年代后期，浅层地震勘探已广泛应用于水利工程建设、工业建设、道路建设和民用建设等各个部门。

我国的地震勘探工作是随着新中国的成立而发展起来的，而浅层地震勘探的发展，可从以下几个方面来进行说明。

1. 成效显著的浅层折射法

我国从 1957 年开始试用浅层地震勘探，当时主要使用折射波法测定岩土介质的弹性波速度。从 1969 年开始我国已能生产多道光点式轻便地震仪，并从国外引进了部分轻便地震仪器设备。浅层地震在我国许多部门相继开展，当时使用的是爆炸震源、光点示波记录，解释方法是在示波图上读取波的初至时间（“光点”记录阶段），手工作图进行地震资料解释。

80 年代使用了信号增强型浅层地震仪，进一步促进了折射波法的发展。通过信号增强，提高了抗干扰能力、观测精度和分辨率，仪器轻便、工作效率高、成本低，扩大了折射波法的应用范围。采集数据记录在磁带上，通过计算机进行处理，进一步提高了资料解释的精度和效率，使那些手工难以解释的时间场法， t_0 、差数时距曲线法等很容易实现计算机自动成图。

折射波法在工程勘察中的应用已十分普遍，它可用来测定覆盖层的厚度、基岩的起伏情况，测定隐伏断层、破碎带的位置及产状以及评价岩体质量和工程地质围岩分类等，古老的折射波法至今仍是工程地震勘探中的重要方法手段。

2. 发展迅速的浅层反射波法

由于折射波法应具备一定的物理前提，要求被探测地层的波速大于上覆地层波速，并且观测折射波必须在盲区以外，激发点到接收点之间通常有较大的距离，因而在许多情况下它的应用受到限制。为了补充折射波法的不足，长期以来工程地震一直在发展浅层反射波技术。

我国从 50 年代后期至 70 年代后期，浅层反射方法一直处于试验研究阶段，由于仪器设备性能及方法技术不能适应浅层反射波技术的要求，所以试验研究没有取得多少进展。

80 年代初，信号增强型工程地震仪为浅层反射波试验与应用提供了条件。它有较宽的工作频率、较高的采样率，能将单次激发较弱的反射信号进行叠加增强，并有多组前置模拟滤波器和自动增益控制器，数字记录可在计算机上进行处理。80 年代中期，地矿、铁道、水电、核工业等有关部门都广泛开展了浅层反射方法研究，其中包括多种浅层地震震源的方法试验及震源研制、数据采集方法研究、资料电算处理方法研究以及处理软件的研制等。经过地震工作者的不懈努力，浅层反射技术已取得了突出的成果，在我国许多重大工程项目中广泛得到应用。目前采用的工作方法有：浅层纵波反射法，浅层横波反射法，反射-折射法联合应用等。观测系统也比较灵活，有共深度点水平叠加、共炮点接收、最佳窗口技术及最佳偏移距技术等。

由于反射波法不受地层速度逆转的影响，受施工场地影响也较小，适应性较强，获得的地质信息比较丰富，剖面图像直观而深受工程技术人员的欢迎。浅层反射波法在松散沉积地层中，对地层层序的划分有很好的效果，对地基勘察和新构造运动迹象的调查都具有明显的成效。在我国大型坝址勘测、核电站选址、城市建筑工程勘察、地震小区划及场地稳定性评价、工程病害地质调查、人文地质调查中都得到了广泛采用。

我国浅层反射波技术已能适应在繁华城市、工厂、矿山以及浅海、江河水域中工作，能够解决较复杂的地质问题。无论是仪器设备、方法技术以及资料处理等都已接近发达国家的水平，并且还在以较快的速度向前发展。

3. 用途广泛的透射波法

透射波法一般是在钻孔或坑道中进行，它可直接测定震源激发的地震波在介质中的传播时间和能量衰减规律，主要用于原位测定地层速度（纵波和横波速度）和圈定地层介质速度或能量异常带。由跨孔进行速度测量能较精确地获得各地层纵、横波速度，获得地层岩石的体积压缩模量、动弹性模量、动泊松比等弹性力学参数。另外，利用超声波透视可以探查地下溶洞，进行工程地基检测，在室内对岩石标本进行速度测定等。此外，透射波层析（CT）技术的应用为一些重大工程地质和某些固体矿产的详查发挥着独特的作用，并且它的应用前景非常广阔。

4. 发展中的工程地震方法

随着对工程勘察要求的不断提高，对工程地震也提出了更多更高的要求。如需要了解地基及建筑物的振动特性，为抗震防震提供重要参数的常时微动测量方法，它是利用常时微动测量求振动的卓越周期，其方法简单而有效。常时微动测量虽然在 90 年代初才开始试验，但它已开始应用于我国核电站工程选址、高层建筑地基勘察和场地稳定性评价。

面波勘探是一种在地面进行垂直地震横波速度测量的方法，广泛用于地基结构的调查，探测地下空洞、探测地下管道以及检测建筑地基密实程度等。我国在 80 年代中期开始进行面波勘探的应用研究，已取得了较满意的成果。

我国浅层地震勘探虽然起步较晚，但发展速度很快，可以预见，随着我国现代化建设和浅层地震勘探技术的不断提高，作为工程物探主要方法之一的浅层地震勘探将会得到愈来愈广泛的应用。

第一章 地震勘探的理论基础

浅层地震勘探是根据人工激发的地震波在岩土介质中的传播规律, 来研究浅部地质构造的地球物理方法。因此, 应首先对有关地震波的基本理论有所了解。地震波的基本理论分为弹性理论、地震波的运动学、动力学和地震勘探的分辨率 4 大部分, 本章将分别对这些理论予以介绍。

第一节 弹性理论概述

一、弹性介质与粘弹性介质

1. 弹性介质

在外力作用下, 物体(介质)的体积或形状会发生相应的变化, 这种变化称为物体的形变, 当外力去掉后, 物体又恢复到原来的状态, 这种特性称为弹性。具有这种特性的物体叫做完全弹性体或理想弹性体(介质), 其形变称为弹性形变, 如弹簧、橡皮等。反之, 若外力去掉后, 物体不能恢复原状, 而是保持受外力作用时的状态, 这种特性称为塑性, 具有这种特性的物体称为塑性体, 其形变称为塑性形变, 如橡皮泥等。

在外力作用下, 一个物体(某种介质)产生弹性形变还是塑性形变, 取决于一定的条件: 即是否在弹性限度之内。这同物体所受外力的大小、作用时间的长短及物体本身的性质有关。一般说来, 如果作用力不大, 作用时间又很短暂, 则大部分物体产生的是弹性形变; 反之, 若作用力很大, 或作用时间很长, 则大部分物体表现为塑性形变。

自然界中绝大部分物体, 在外力作用下, 既可以显示出弹性, 也可以显示出塑性。在地震勘探中, 人工激发的震源是脉冲式的, 作用时间很短(持续十几至几十 ms), 一般接收点离开震源有一定距离, 该处的岩石、土壤受到的作用力很小, 因此, 可以把岩、土介质看作弹性介质, 用弹性波理论来研究地震波。

在研究弹性理论时, 可将岩、土的性质分为各向同性和各向异性。凡弹性性质与空间方向无关的介质称为各向同性介质; 反之, 则称为各向异性介质。在地震勘探中, 只要岩土性质差异不大, 都可以将岩土作为各向同性介质来研究, 这样可使很多弹性理论问题的讨论大为简化。

2. 粘弹性体(介质)

物体(介质)在小外力、长时间作用下会出现不能恢复原状的形变, 这种外力撤消后形变

仍然存在的性质与粘滞性的液体性质十分相似，称这种性质为粘滞性。运动（或者波动）在粘滞性的介质中传播时，介质中会产生一种阻碍这种运动的应力，这种力称为粘滞力或者内摩擦力。我们称既有弹性、又有粘滞性的性质为粘弹性，称具有这种性质的物体为粘弹性体。

在实际的浅层地震勘探中，人们发现在地面接收到的地震波不同于激发时的信号，它的波形要变“胖”，振幅也变小，这是由于岩土地层对其中传播的地震波有吸收作用，吸收了激发信号中的某些高频成分，使其能量发生损耗，并使地震波形发生改变。显然，岩土层这种既有弹性、又有粘滞性的性质就是粘弹性，岩土层就可以称为粘弹性体（介质）。

二、应力和应变

既然在地震勘探中，地震波所传播的实际岩层可以抽象地作为理想弹性介质来研究。因此，在震源（外力）作用下，弹性体就会发生形变，可以用应力和应变的概念来描述这种作用力和形变之间的关系。

1. 应力

设有一圆柱状直杆，长度为 L ，直径为 d ，横截面积为 S ，如图 1.1 所示。该直杆受到一个不大的外加拉力 F 时产生形变，长度变为 $L' = L + \Delta L$ ，直径变为 $d' = d - \Delta d$ 。同时，直杆内部质点之间会产生一个对抗外力使物体恢复原状的内力。显然，该内力垂直于直杆的横截面，它的大小应和外力相等，但方向相反。

在弹性理论中，将单位面积上所产生的内力称为（正）应力，用 T 表示；而把相切于单位面积上的内力叫做剪切应力，一般用 τ 来表示。

$$T = \frac{F}{S} \quad (1.1)$$

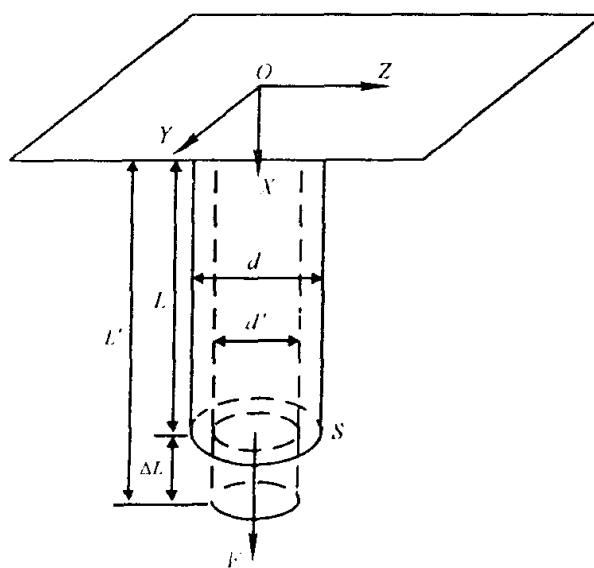


图 1.1 直杆拉伸试验中的应力与应变

2. 应变

弹性介质在应力作用下产生的形状和体积的变化叫做应变。

弹性介质在正应力作用下，体积发生变化（膨胀或压缩），体积的相对变化就是体应变，通常用 θ 表示。如图 1.2 (a)。

$$\theta = \frac{\Delta V}{V} \quad (1.2)$$

体应变是由线应变组成的，线应变是单位长度的伸长（或缩短）量，一般用 e 来表示

$$e = \frac{\Delta L}{L} \quad (1.3)$$