

# HSE

## 物探作业 HSE 培训教程

主 编 吴祉宪

副主编 王桂兰 许达文



石油工业出版社

# 物探作业 HSE 培训教程

主 编 吴祉宪  
副主编 王桂兰 许达文

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本教程讲述了地球物理勘探主要作业过程及关键岗位的 HSE 知识和技能。包括地球物理勘探基础知识、爆破作业、钻井作业、水域施工、山地施工、沙漠施工、交通安全、电气安全、消防安全、自然灾害及预防、环境保护、职业健康、应急与响应、避难与逃生、紧急救护等 15 部分。

本书可作为物探作业 HSE 培训师的教材,也可作为物探作业的 HSE 管理、监督人员以及员工的参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

物探作业 HSE 培训教程/吴祉宪主编.

北京:石油工业出版社,2007

ISBN 978-7-5021-6287-0

I. 物…

II. 吴…

III. 油气勘探:地球物理勘探-技术-培训-教材

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 156264 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523680 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

---

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:31.75

字数:800 千字 印数:1—1500 册

---

定价:98.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

# 《物探作业 HSE 培训教程》

## 编委会

主 任：王铁军

副主任：阎万朝 夏义平

成 员：吴祉宪 苟云辉 梁国林 赵 恒 耿昌顺 田国发  
徐礼贵 郑华生 高 岩 李坤启 苏振华 刘海波  
王晓帆 杭朝英 赵秀良 王熙明 王子明 李福中  
常学军 陈建新 姚英俊 袁 斌 王桂兰

主 编：吴祉宪

副主编：王桂兰 许达文

编写人：（按姓氏笔画排序）

马 肃 王 东 王全文 王学军 王桂兰 方连生  
田会智 任增惠 刘静静 刘增利 许达文 吴祉宪  
吴明军 初洪涛 张建祥 谷铁骑 李锡军 李鹏洋  
金杰贵 殷 红 梁云辉 绳玉桂 焦有武

## 序

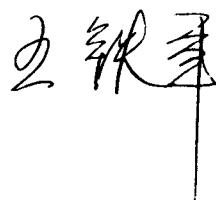
安全、环境关系到人民的生命，关系到国家、人民的财产，关系到企业的稳定与发展，关系到家庭的幸福和美满。安全是人类生命、生产、生活和社会发展过程中永恒的主题。

安全“责任重于泰山”。无论你在什么岗位，无论职位高低都肩负着对社会、对国家、对企业、对朋友、对亲人的安全责任。每一个人都应充分认识到安全、环境的极端重要性，不辜负社会之托、企业之托、亲人之托，都应将内心责任感融于自己的一切行为之中。

细节也会决定成败，正是那些被忽视的细节、不起眼的隐患苗头，往往酿成重大的安全、环境事故。“千里之行，始于足下”，人人都要从自己最熟悉的、天天发生的操作细节入手，从看似简单的、平凡的事情做起，扎实做好每一件事情，小心谨慎地排除每一个隐患，做到“不伤害自己、不伤害别人、不被别人伤害”，“勿以恶小而为之，勿以善小而不为”，从点滴做起，规范自己的一切行为。

意识、知识、技能是 HSE 管理的基础，使用没有经过培训的人员是最大的安全隐患。《物探作业 HSE 培训教程》的面世，是物探作业多年经验的积累、知识的沉淀、智慧的结晶，标志着 HSE 管理在规范化、标准化和可操作性方面又迈出了可喜的一步，对增强物探作业员工 HSE 意识、知识和技能必将发挥重要作用。

生命是宝贵的，然而又是脆弱的；环境是我们赖以生存的基础，同样是宝贵的，也是脆弱的。保护自己、保护他人、保护环境，实现安全生产、清洁生产是我们执著的追求。在为祖国寻找石油后备资源的征途中让 HSE 与我们同行，快乐的风铃将永远与我们相伴。未来将会因为我们的安全、健康而色彩缤纷！



2007 年 6 月 6 日

## 前 言

石油地球物理勘探作业，涉及平原、沙漠、戈壁、山地、沼泽、黄土塬、高原、热带雨林、滩海、海洋等多种复杂地形，工作环境艰苦、气候条件恶劣多变，加之设备种类繁多、队伍高度分散、远离城镇与后方依托等不利因素，对健康、安全、环境工作形成了严重影响，因此加强 HSE 管理工作，持续提高物探作业 HSE 管理水平尤为重要。

加强员工岗位培训，提高全员 HSE 素质是持续提升物探作业 HSE 管理水平的重要途径。多年来物探作业队伍都非常重视岗位 HSE 培训，在培训员工方面做了大量工作并进行了积极探索，取得了一定效果，同时也存在一些问题，其中最重要的是缺乏比较规范的培训教材，致使培训的质量和效果受到一定影响。编写本教程旨在为物探作业 HSE 培训提供一套较为完善的、适用的岗位培训教材。

本教程涵盖了物探主要作业过程及关键岗位的 HSE 知识、技能。内容包括地球物理勘探基础知识、爆破作业、钻井作业、水域施工、山地施工、沙漠施工、交通安全、电气安全、消防安全、自然灾害及预防、环境保护、职业健康、应急与响应、避难与逃生、紧急救护等 15 部分。

本教程在编写过程中力求具体、实用、针对性强，分别从岗位职责、作业程序、操作指南、存在风险、控制措施、检查监测和应急处置等方面进行了较为详细的阐述，适合作为物探作业 HSE 培训师的培训教材，也适用于从事物探作业的 HSE 管理、监督人员以及员工的培训教材。

本教程由中国石油东方地球物理公司组织，由中油宇安 HSE 培训咨询中心编写，编写中得到了中国石油天然气集团公司、中国石油东方地球物理公司及有关物探 HSE 管理专家的帮助和指导，在此一并表示感谢！

由于编写人员水平所限，不妥之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见，以便再版时予以改进。

# 目 录

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| <b>第一章 地球物理勘探基础知识</b> ..... | (1)   |
| 第一节 地震波.....                | (1)   |
| 第二节 地震勘探方法原理.....           | (4)   |
| 第三节 地震勘探基本流程 .....          | (12)  |
| 第四节 非地震勘探基础知识 .....         | (16)  |
| <b>第二章 炸药震源作业</b> .....     | (20)  |
| 第一节 爆炸基础知识 .....            | (20)  |
| 第二节 常用的设备、设施和器材 .....       | (26)  |
| 第三节 民爆器材管理 .....            | (37)  |
| 第四节 关键岗位作业指南 .....          | (45)  |
| 第五节 主要风险的预防和控制 .....        | (69)  |
| 第六节 文件和记录 .....             | (70)  |
| <b>第三章 钻井作业</b> .....       | (78)  |
| 第一节 基础知识 .....              | (78)  |
| 第二节 主要钻井设备 .....            | (78)  |
| 第三节 作业指南 .....              | (80)  |
| 第四节 主要风险的预防和控制.....         | (103) |
| 第五节 文件和记录.....              | (107) |
| <b>第四章 水域施工</b> .....       | (114) |
| 第一节 基础知识.....               | (114) |
| 第二节 主要作业设备.....             | (121) |
| 第三节 作业指南.....               | (126) |
| 第四节 主要风险的预防、控制.....         | (159) |
| 第五节 文件和记录.....              | (166) |
| <b>第五章 山地施工</b> .....       | (174) |
| 第一节 基础知识.....               | (174) |
| 第二节 设施和器材.....              | (187) |
| 第三节 作业指南.....               | (189) |
| 第四节 主要风险的预防和控制.....         | (196) |
| 第五节 文件和记录.....              | (200) |
| <b>第六章 沙漠施工</b> .....       | (205) |
| 第一节 基础知识.....               | (205) |
| 第二节 主要设备、设施.....            | (207) |
| 第三节 关键作业.....               | (209) |
| 第四节 主要风险的预防和控制.....         | (216) |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第五节 文件和记录           | (218) |
| <b>第七章 交通安全</b>     | (220) |
| 第一节 基础知识            | (220) |
| 第二节 法律、法规相关条款       | (221) |
| 第三节 车辆的基本结构以及常见故障   | (228) |
| 第四节 车辆保养            | (234) |
| 第五节 驾驶员操作指南         | (237) |
| 第六节 交通参与者的行为以及预防    | (245) |
| 第七节 主要风险的预防和控制      | (247) |
| 第八节 文件和记录           | (249) |
| <b>第八章 电气安全</b>     | (253) |
| 第一节 电气安全基础知识        | (253) |
| 第二节 主要电气设备、设施和器材    | (260) |
| 第三节 作业指南            | (264) |
| 第四节 主要风险的预防和控制      | (269) |
| 第五节 文件和记录           | (271) |
| <b>第九章 消防安全</b>     | (273) |
| 第一节 基础知识            | (273) |
| 第二节 消防设施            | (282) |
| 第三节 建筑场所灭火器的配置设计    | (295) |
| 第四节 物探作业队消防设施的配备和管理 | (302) |
| 第五节 火灾预防及应急         | (304) |
| 第六节 文件和记录           | (306) |
| <b>第十章 自然灾害及预防</b>  | (309) |
| 第一节 基础知识            | (309) |
| 第二节 常见自然灾害的预防与应急    | (313) |
| 第三节 物探作业自然灾害的预防和控制  | (338) |
| <b>第十一章 环境保护</b>    | (340) |
| 第一节 基础知识            | (340) |
| 第二节 物探作业的环境保护       | (353) |
| 第三节 节能降耗            | (360) |
| 第四节 物探作业中的环境补偿      | (360) |
| 第五节 文件和记录           | (361) |
| <b>第十二章 职业健康</b>    | (369) |
| 第一节 基本知识            | (369) |
| 第二节 管理范围与内容         | (372) |
| 第三节 常见有害作业简介        | (374) |
| 第四节 日常健康管理          | (392) |
| <b>第十三章 应急与响应</b>   | (409) |
| 第一节 基础知识            | (409) |

|                   |                     |              |
|-------------------|---------------------|--------------|
| 第二节               | 物探作业应急预案.....       | (413)        |
| 第三节               | 物探作业应急预案的格式与内容..... | (416)        |
| 第四节               | 文件与记录.....          | (428)        |
| <b>第十四章</b>       | <b>避难与逃生.....</b>   | <b>(431)</b> |
| 第一节               | 逃生知识.....           | (431)        |
| 第二节               | 设备、设施和器材.....       | (444)        |
| 第三节               | 逃生和避难.....          | (447)        |
| <b>第十五章</b>       | <b>紧急救护.....</b>    | <b>(459)</b> |
| 第一节               | 基本知识.....           | (459)        |
| 第二节               | 人体结构和功能.....        | (462)        |
| 第三节               | 实用现场急救技术.....       | (466)        |
| 第四节               | 常见现场急症.....         | (479)        |
| <b>参考文献</b> ..... |                     | <b>(496)</b> |

# 第一章 地球物理勘探基础知识

迄今为止石油勘探的方法主要有四大类：地质法、钻井法、地球物理勘探法和地球化学勘探法。其中地球物理勘探法具有轻便、快速、成本低的特点，而且几乎不受自然条件（山地、平原、丘陵、沼泽、沙漠、海滩、浅海、深海等）的限制，因此被广泛应用于石油勘探中。地球物理勘探法是利用地下各种岩层的物理性质差异来获得地下地质构造或岩性信息的勘探方法，按照其依据的物理性质不同又分地震、重力、磁法和电法勘探。

地震勘探是依据地下岩石的弹性性能差异以及地震波的传播规律人工激发地震波，利用专用仪器装置接收地震波，把接收到的地震波经处理加工，获得可供进行地震地质解释的数据体或剖面，从中获得地下地质构造及岩性信息，以达到勘探矿藏（如石油、天然气、煤田等）目的而服务的一种地球物理探矿方法。大量实践证明，地震勘探是寻找油气藏构造最有效的勘探方法，也是目前最主要的油气藏勘探方法。

地震勘探方法根据其利用地震波的不同传播规律，可分为三种基本勘探方法，即反射法、折射法和透射法。反射法中根据其利用的地震波种类不同，又分反射纵波、横波和转换波法。目前折射波法主要用于调查表层资料，常用的透射波法有垂直地震剖面法（英文缩写VSP法）或微地震测井法。横波和转换波法主要用于特殊目的勘探，常规地震勘探中常用的是地震反射纵波法。

电法、重力、磁法勘探分别是利用岩石间的电性、密度、磁性差异而形成的地球物理探矿方法。它们与地球化学勘探方法一起，通常被统称为非地震勘探方法。

本章主要介绍反射地震纵波勘探方法的基础知识，对其他非地震勘探方法只作简单的介绍。

## 第一节 地震波

### 一、地震波的形成

所谓波动就是振动在介质中的传播。形成波动必须具备两个条件，一是要有振源；二是要有传播振动的媒介，即有能够传播波的介质。地震波是很多波动现象中的一种，那么什么样的介质中能够传播地震波呢？因为地震波是一种弹性波，具有弹性性能的介质就能传播地震波，即传播地震波的媒介为弹性介质。

所谓弹性就是物体在发生变形后其本身具有的一种恢复原状的性能。空气、水和岩石都具有这种性能。以岩石介质为例，我们看地震波是怎样形成的。震源激发所产生的冲击力会使其附近的岩石发生变形，即产生形变，而由于岩石的弹性它自身就会产生一种恢复原状的力量，这种力量就是弹性力，弹性力就会极力阻止这种形变，这样的相互作用就使得激发点附近的岩石质点发生振动。质点受到的弹性力是谁施给的呢？是与它相邻的岩石介质质点，根据力的有关知识我们知道，这时激发点处的岩石介质质点同时也会给它相邻的岩石介质质点一个大小相等方向相反的弹性力。这样振动经过形变和弹力的相互作用就通过岩石介质由近及远传播出去就形成了地震波。

## 二、地震波的传播规律

地震波传播遵循什么规律呢？惠更斯原理和费马原理说明了这个问题。惠更斯原理的含义是：在波前面上任意一个点，都可以看成是一个新的波源，相当于子波源，以后的所有波动都可以看作是这些新的波源影响的结果。

费马原理说的是波按照什么样的路径传播问题。费马认为：波沿用用时最少的路径传播。按照费马原理，波在同一种介质中传播时，其路径是直线，因为直线距离最近，速度一定的情况下，波沿直线传播肯定用时是最少的。但如果波传播经过了两种或两种以上的介质，那么其传播路径就不是直线了，它若在速度大的介质中传播的距离相对长一些，在速度小的介质中传播的距离相对短一些，用时就比直线要少。不难想象，这时，波的传播路径是折线。

## 三、地震波的反射、透射和折射

地震波在传播过程中，遇到两种介质的分界面时，会产生反射、透射和折射现象（如图1-1所示），分别形成反射波、透射波和折射波。地震波的这种传播规律都可以通过惠更斯原理和费马原理导出。

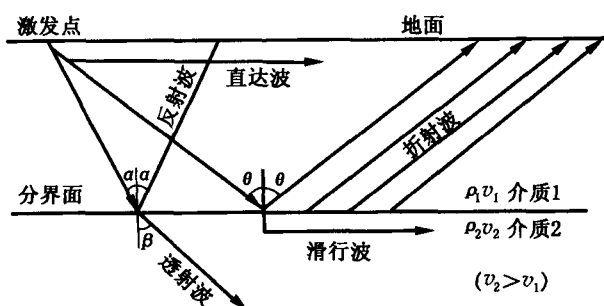


图 1-1 地震波的反射、透射、与折射

$v_1$ —地震波在介质 1 中的传播速度； $v_2$ —地震波在介质 2 中的传播速度； $\rho_1$ —介质 1 的密度； $\rho_2$ —介质 2 的密度； $\alpha$ —地震波入射线与界面法线间的夹角，即入射角； $\beta$ —地震波透射线与界面法线间的夹角，即透射角； $\theta$ —在透射角为  $90^\circ$  时的入射角，被称为临界角

我们把由震源出发直接入射到界面的波叫入射波。反射波就是传播到某弹性分界面后又反射回来的波。透射波顾名思义就是传播穿透弹性分界面以后的波。当地震波入射到两种介质的分界面上时，一部分能量反射回去，形成反射波，一部分能量透过界面，形成透射波。当入射波能量不变的情况下，反射波振幅越强，透射波的振幅就越弱；反之，透射波的振幅就越强。

反射定律表明了反射波的传播规律，反射定律如下：反射线、入射线同入射点法线在一个平面内，且两线位于入射点法线的两侧，反射角等于入射角。垂直入射时，反射系数计算公式

为：

$$R = (\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1) / (\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2)$$

式中  $\rho$ ——介质密度；

$v$ ——在介质中波的传播速度。

乘积  $\rho v$  叫做波阻抗，显然形成反射的原因是由于两种介质的波阻抗不同。

透射定律表明了透射波的传播规律，透射定律如下：透射线、入射线同入射点法线在一个平面内，且两线位于入射点法线的两侧；入射角的正弦和透射角的正弦之比等于入射波的速度和透射波的速度之比。即：

$$\sin \alpha / \sin \beta = v_1 / v_2$$

公式表明只有两介质存在速度差时才能形成透射。

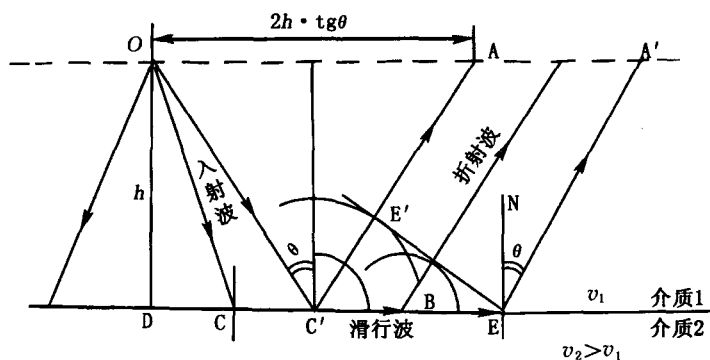


图 1-2 滑行波和折射波

$h$ —界面深度； $v_1$ —地震波在介质 1 中的传播速度； $v_2$ —地震波在介质 2 中的传播速度； $\theta$ —临界角，即在透射角为  $90^\circ$  时的人射角

地震波是怎么形成折射的呢？当介质的弹性分界面下覆地层的波速大于上面的地层时，透射波的角度大于入射波的角度，那么当入射角不断增大时，透射角也随之增大，入射角增大到某一角度时，透射角达到  $90^\circ$ ，这时透射波就以下覆地层的传播速度沿界面滑行，我们称这时的透射波为滑行波。由于滑行波的速度比入射波的速度大，所以滑行波比入射波首先到达分界面上的各点。这样下面介质中的各质点就会先发生振动，由于界面两侧的介质质点之间存在着弹性联系，所以下面介质表面上的质点振动必然会引起上面介质中的质点振动，于是在上面介质中产生了一种新波，这种新波在地震勘探中叫做折射波（见图 1-2）。

#### 四、有效波和干扰波

##### 1. 由震源激发产生的有效波和干扰波

在地震勘探中震源激发会产生各种各样的地震波。

震源激发可产生纵波和横波。如炸药震源，其爆炸以猛烈的膨胀作用为主，因此，主要造成岩石的膨胀和压缩，这种形变，使质点振动方向与波的传播方向一致，即主要产生纵波。但是由于实际爆炸作用不具有球形对称性以及实际地层的不均匀性，因此也会产生使质点沿着与波传播方向相垂直的振动，即形成横波。但同一个震源尤其炸药震源产生的纵波比横波要强得多。另外，在同一种介质中横波传播速度慢且一般衰减速度要快，因此目前在地震勘探中主要利用纵波。

地表面是岩石和空气接触的分界面（称为自由表面）。研究表明人工地震还会产生沿该界面附近传播的一些特殊的波，叫做面波。面波只是在自由界面或不同弹性介质的分界面附近才能观测到，其强度随离开界面的距离加大而迅速衰减，其速度和频率比较低。

震源发出的地震波又有直达波、反射波、透射波、折射波等。

震源激发时还会产生声波。地震波在传播过程中还会在弹性介质分界面之间出现多次反射现象，这种反射波称为多次波。在水中勘探时，会在水表面与水底面之间产生多次反射，这种多次反射波称为鸣震。

另外，由于用炸药震源时，一般在近地表的一强弹性介质分界面（如沙漠中的潜水面）下激发，这时还会产生虚反射现象，虚反射波是震源激发的地震波先向上传播，传播到近地表的强弹性介质分界面后产生反射后再往下传播，因为其从震源点直接向下传播的地震波

之间时间差很小，因而会对它产生影响。

这种在进行反射波法地震勘探时，目前主要常用的是一次反射纵波，习惯上把我们利用的这种波称为有效波。相对于有效波而言，妨碍有效波的其他波都是干扰波。以上除一次反射纵波外，凡是能够接收到的其他波都会对其产生干扰，因此都是干扰波。

## 2. 其他干扰波

我们用接收装置检波器想接收的是由人工震源激发的地震波传播到地面某一位置而引起的该位置点的振动情况，但是，实际上该点的振动是复杂的，因为其他的波动也会引起该位置的质点振动，即实际接收到的振动包含有其他波源产生的成分，这些非特定震源引发的波动成分都会对有效波产生干扰，因此都属于干扰波。

可能引发检波器接收点振动的干扰很多，例如风吹引起的草、树、灌木等植物以及连接检波器电缆线的晃动，人、畜走动，钻机、车辆、发电机等机械运动，自然地震，水流动，打雷下雨等。

另外，检波器是一种电磁装置，那么周围的电磁场也会形成干扰，如高压线、闪电等。

## 五、地震波传播过程中的吸收与衰减

地震波在实际岩石中传播时，由于岩石的非完全弹性会造成能量的衰减，这种衰减称为吸收。岩石不同，其吸收作用不同，一般说来，致密岩石、胶结比较好的岩石吸收作用小，而疏松岩石、胶结比较差的岩石吸收作用大。例如：沙漠、松软的土地、黄土塬等对地震波的吸收作用大，因此地震波在其中被衰减的就多，而岩石出露的山地对地震波的吸收作用就小；干沙漠同含水的沙漠相比，含水的沙漠吸收作用就小，更有利于地震波传播。

地震波在传播时，随着传播距离的增大，其能量将越来越分散在更大的面积上。因此地震波振幅随着传播距离的增大而减小，逐渐衰减。

# 第二节 地震勘探方法原理

怎样才能获得地质构造形态的信息呢？构造是几何形态问题，因此必然要通过地震波的传播规律即运动特征来获得。根据反射波的传播规律，我们直接能够获得反射时间信息，时间的大小显然与地震波传播速度和地层厚度有关，因此知道了各个点的上覆地层厚度也就获得了地下的构造信息。本节简单介绍一下这种构造勘探的方法原理。

## 一、地震波的时距曲线

### 1. 时距曲线的概念

研究地震波传播规律的目的是指导我们用地震勘探方法来查明地下地质构造的。显然，地下介质的结构特点不同，地震波传播的特点也不同。另外，在相同的介质结构下，不同类型的波（如直达波和反射波）传播特点也会不同。为了具体说明不同类型的波在各种介质结构情况下传播的特点，在地震勘探中主要用“时距曲线”这个概念。

所谓时（间）距（离）关系，就是表示波从震源出发，传播到观测线上各观测点的时间  $t$ ，同观测点相对于激发（炮点）的距离  $x$  之间的关系，地震波到达观测线上任一观测点的时间  $t$  同观测点与激发点之间的距离  $x$  的关系的曲线称为时距曲线。

### 2. 直达波的时距曲线

直达波是指由震源出发在同一种介质中传播，直接达到接收点的地震波。因此很容易获得其时距关系函数为：

$$t = x/v$$

从关系式可知直达波的时距曲线是直线，直线的斜率是速度参数  $v$  的倒数。关系式表明地震波传播速度越大，其直线斜率越大，直线越平缓。因此可以根据直线的斜率了解地震波的速度大小。

### 3. 反射波的时距曲线

我们建立一个简单的模型来分析反射波的时距曲线。

如图 1-3 所示，假设震源点在  $O$  点，反射界面  $R$  是埋藏在深度为  $h_0$  的平界面， $S$  点为接收到地震波的任一观测点，根据反射定律可推导出反射波时距曲线方程：

$$t^2 = (4h_0^2 + x^2)/v^2$$

换一种形式写出该式，即：

$$t^2/a^2 - x^2/b^2 = 1$$

式中  $a = 2h_0/v$ ， $b = 2h_0$ 。把公式写成这样的形式后，我们从数学知识可知， $x-t$  曲线是一条双曲线，即反射波的时距曲线是双曲线。分析公式可知双曲线的弯曲程度与地震波的传播速度有关。

### 4. 折射波的时距曲线

如图 1-2 所示，根据折射波的传播路径很容易推导出折射波的时距曲线方程为：

$$t = x/v_2 + t_0$$

$$t_0 = 2h\cos\theta/v_1$$

式中  $t$ ——时间；

$t_0$ ——交叉时；

$h$ ——上覆地层厚度；

$v_1$ ——地震波在上覆地层中的传播速度；

$v_2$ ——地震波在下覆地层中的传播速度；

$x$ ——震源点与采集点的距离。

我们把  $t_0$  叫做交叉时，它是折射波时距曲线延长后与时间轴相交的时间。

由公式可知，折射波的时距曲线为直线，直线斜率为地震波在下覆地层传播速度的倒数。反过来，如果知道了折射波的时距曲线，就可以求出下覆地层的速度和上覆地层厚度。

与直达波时距曲线比较，显然，折射波的时距曲线要比直达波平缓，因为  $v_2 > v_1$ 。

### 5. 反射波共中心点时距曲线

如图 1-4 所示， $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ ……点为激发点， $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ ……点为分别对应震源  $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ ……点的接收点，它们的共中心点为  $M$ ，即以这些点为接收点形成的地震记录集是以  $M$  点为中心的一个共中心点道集。假设各震源都在  $t = 0$  时一起激发，容易得出共反射（中心）点时距曲线方程为：

$$t^2 = (x^2 + 4h_0^2)/v^2$$

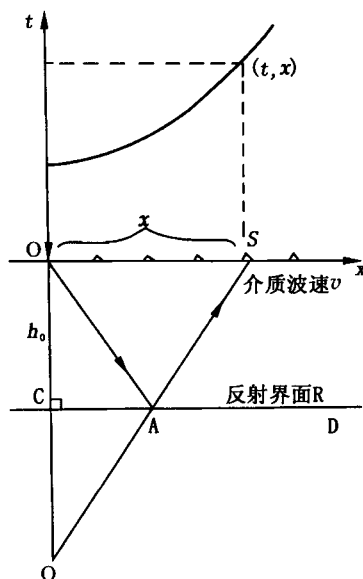


图 1-3 水平界面反射时距曲线

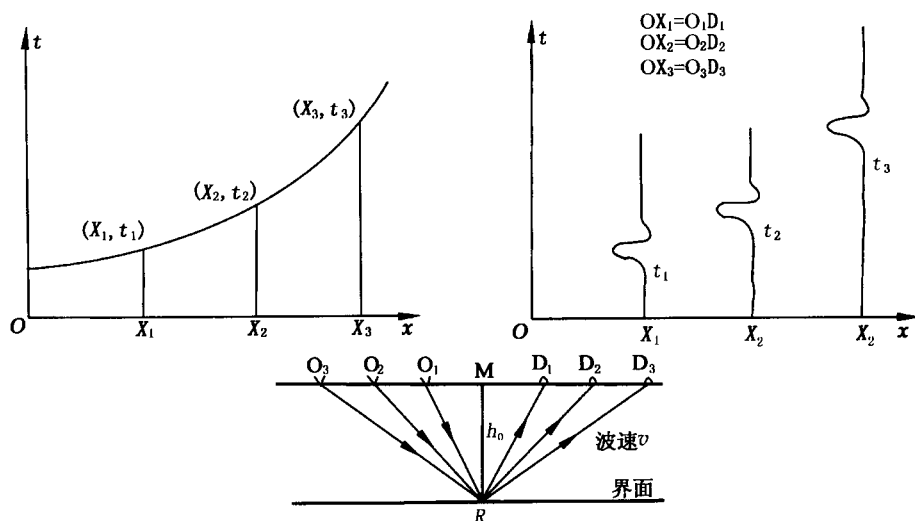


图 1-4 共中心点反射波时距曲线

式中  $x$ ——各个接收道的炮检距；

$h_0$ ——共中心点  $M$  处反射界面的法线深度；

$v$ ——界面上部均匀介质中的地震波传播速度。

根据公式可知，当激发点和接收点都在  $M$  点时，炮检距  $x=0$ ，此时接收到反射波的时间为  $2h_0/v$ ，它相当于接收点与激发点在同一位置时接收到的反射波时间，我们称其为自激自收时间，用  $t_0$  表示，即  $t_0 = 2h_0/v$ 。显然这个时间是最小的，炮检距为  $x$  处的接收点接收到的反射波时间  $t$  与该自激自收点接收到的时间  $t_0$  之差  $\Delta t = t - t_0$  被称为正常时差。正常时差是由于炮检距的不同造成的，其中包含有速度信息，这是因为  $\Delta t$  的大小表明了双曲线的弯曲程度，而双曲线的弯曲程度与速度有关。

该方程与共炮点道集的时距曲线方程形式上是相同的，都是双曲线，但反映的意义不同。

当界面倾斜时，仍然可以推导出其共中心点反射波时距曲线仍为双曲线，且双曲线的极小点仍为中心点  $M$  的正上方，这一点与共炮点道集的倾斜界面不同。界面倾斜时共中心点道集中的反射波已经不是来自同一个点，反射点是分布在一个小的段上的。

## 二、地震波记录及地震剖面

### 1. 地震记录道

实际的地震记录道是什么呢？其实它就是在接收点接收到的该点位的振动，以震源激发时刻的时间作为计时起点，沿时间轴统一以向某一方向的振动位移作为正方向，用幅度大小表示质点离开其原来平衡位置的位移大小，用图形的方式就形象地表明了地震波引起的该接收点的振动情况。这就是地震记录道的直观表示。当然道头上要有激发点接收点位置及炮检距大小的信息。实际中由于随着时间的增大，地震波的振幅越来越小，因为那是接收到的传播路径较长的深层信息。要是完全按照实际的绘图，就会出现时间轴小的位置的地震波幅度很大，而时间大的位置的地震波振动幅度过小，这样不宜观看分析，所以，在绘出记录前要随着时间增大给记录数据先进行一定的放大，这叫增益。

## 2. 同相轴

地震勘探是利用地表所观测到的地震信息来推断地下地质情况的，那么我们怎样去识别不同的地震信息，又怎样通过有用的地震信息来获得地下地质信息呢？根据波的传播规律我们分析了不同地震波的时距曲线，根据这些规律我们就可以识别不同类型的波。另外，由同一震源激发，或者用同样的震源，激发接收点的地表特性相同，其传播所经历的地层一致，且属于同一种类型的波就一定有相似性，若把所接收到的地震波用图像的形式描绘的话其波形相似。把这些相似的波形按某种规律并列排列在一起，就会发现各波的初跳点、波峰或波谷点连接起来是一条圆滑的曲线，我们说这些地震波就形成了同相轴。这就是地震勘探上同相轴的概念（见图 1-5）。之所以叫同相轴，是因为如果要对这些相似波形的波进行频谱分析，它们的相位谱相同。

## 3. 地震记录

为了了解野外所采集到的地震信息的质量，分析有效波与干扰波的强弱情况，在生产中，常把获得的地震信息用图像的形式表示出来或绘制到纸上，这就是地震记录。

地震记录是一个什么样的图像呢？它是一种把振动曲线按照某种方式排列起来的阵列图。我们把记录到各测点位置的振动以曲线形式表示，以记录点的炮检距大小及其相对炮点的方位作为方向为横坐标，并列地排列起来就形成了图像式的地震记录。图 1-6 是一个实际的地震记录。

有了同相轴的概念，根据不同地震波的时距曲线，我们很容易从

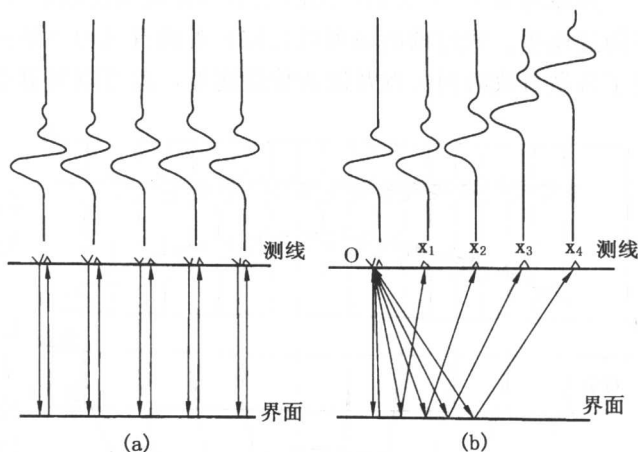


图 1-5 同相轴的概念

说明：V—表示激发地震波的震源位置点；△—表示接收地震波的检波器位置点；带箭头的射线表示地震波的传播路径与方向； $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$ ……表示接收道序号

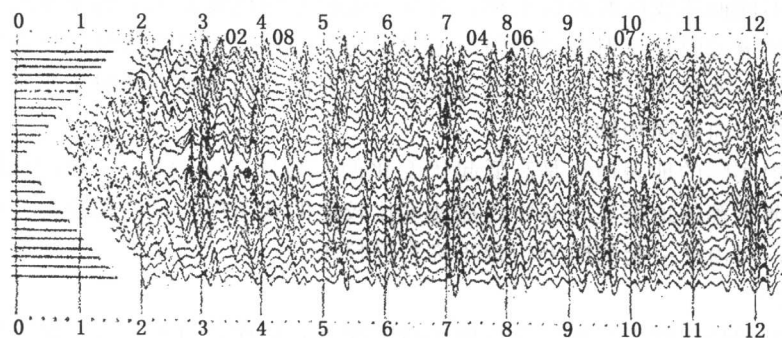


图 1-6 地震记录

地震记录图像上分辨出反射波、直达波、折射波、面波、声波等。因为反射波会形成双曲线

的同相轴，直达波、折射波和面波、声波都会形成直线型的同相轴，但由于其对应的传播速度不同，所以对应的同相轴形成的直线的斜率不同。根据波形特点的差异，我们也可从地震记录上识别其他的干扰波。

在野外采集中绘制的地震记录是共炮点记录。

#### 4. 地震剖面

地震剖面也是一种阵列图，不过形成阵列图的振动曲线所表示的意义不同。

##### 1) 自激自收地震剖面

如果在野外采集地震信息时，把炮点和接收点放在同一位置，这样获得的记录就叫做自激自收地震记录，我们把这样的地震记录按照其炮点位置坐标依次排列起来，就形成了自激自收地震剖面。

如原理图 1-7 所示，图的上半部分就是自激自收地震剖面，下半部分表示的是地下地质构造模型。通过该剖面可以比较直观的看出地下的地质构造信息，同时可以看出，只要知道了自激自收时间  $t_0$  以及波的传播速度，就可以知道水平反射界面埋藏的深度了。

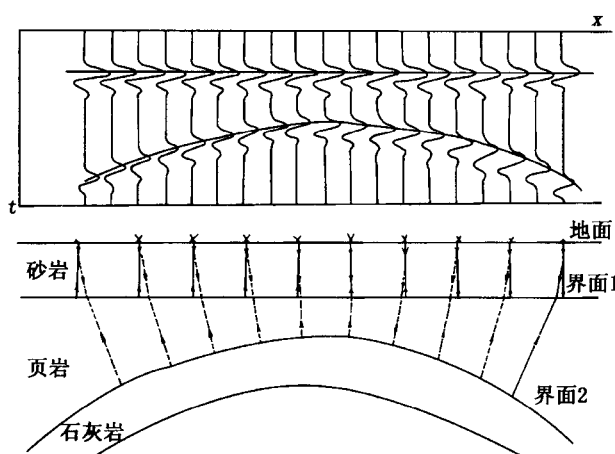


图 1-7 地震勘探原理示意图

##### 2) 水平叠加剖面

实际中并不是直接获得自激自收地震剖面，不过可以获得相当于自激自收地震剖面的剖面——水平叠加剖面。

把野外获得的地震记录先抽成共中心点道集，对道集中的各道进行正常时差校正（即动校正）、表层校正（即静校正），然后再把道集中的所有道叠加起来形成一个新的地震道，每一个共中心点道集都经过这样的处理后，再把这样的新的地震道按照其所在的中心点位置作为横坐标排列起来，就形成了水平叠加剖面。

如图 1-8 所示，正常时差校正就是把由于炮检距不同而造成的时差校正掉，对某一炮检距的地震记录道的正常时差校正形象的来说，就是把该道接收到反射波的时间与炮检距为零的地震记录道接收到反射波的时间校正到一致，经过这样的校正后，共中心点道集上的反射波其同相轴就变成了水平直线，对整个道集而言就是把双曲线同相轴拉直。

野外采集中实际的地表地形是高低起伏变化的。另外，在近地表，由于风化比较严重，还存在一种厚薄不等的地震波在其中传播速度比较低的低速层，这些都会对接收到地震波的时间产生影响，对由此引起的时差的校正称为静校正。

##### 3) 偏移剖面

根据反射波的传播特点可知，在界面倾斜情况下，即使是自激自收，地震波的反射点不在震源的正下方，而水平叠加剖面的显示方式是相当于把其反射信息放在震源的正下方，用这样的剖面描述的反射点位置与实际的反射点位置之间出现偏移现象。对于非水平情况的地质构造信息（如背斜、向斜），这种偏移会使我们对地下的地质构造产生误判断，因此要通过某种处理把反射波归位到实际的反射点位置。这种处理手段就是资料处理中的偏移技术，