

9041

# 取芯钻头现状与发展

江汉石油管理局钻头厂

一九八八年九月

国内外石油科技  
水平调查

取芯钻头现状与发展

张 坤 华

江汉石油管理局钻头厂

一九八八年九月

## 前 言

取芯钻头是钻井取芯的必不可少的重要工具。人们要直观的认识地层，获取第一性的地质资料，借助取芯钻头钻取地下岩芯。随着石油勘探技术的不断发展，特别是应用金刚石钻头取芯，取芯钻头的种类不断增加，结构型式、材质、工艺不断创新，适用范围不断扩大，使用指标不断提高。

了解当今国、内外取芯钻头的发展动向，加速我国取芯钻头技术的发展，在短期内赶超世界先进水平，加快我国油田勘探开发的速度将有重要的意义。

本书由刘馥主笔，秦政同志编写了第八章，初稿经许云教授及其领导下研究室同志们、林清潏同志、曹金声同志审阅，并提出宝贵意见，最后由许云教授主审。编写过程中得到陶声仪等同志的大力帮助，在此一并表示感谢。

由于编写者水平所限，书中不妥与错误难免，恳请读者批评指正。

## 前言

### 一、取芯钻头的分类

#### 1、常规取芯钻头

##### ① 硬质合金镶齿取芯钻头

##### ② 牙轮取芯钻头

#### 2、金刚石取芯钻头

##### ① 天然金刚石取芯钻头

##### ② 热稳定聚晶金刚石取芯钻头

##### ③ 复合片取芯钻头

##### ④ 人造单晶金刚石取芯钻头

### 二、八十年代进入了金刚石取芯钻头新时代

#### 1、金刚石取芯钻头的优越性

#### 2、金刚石取芯钻头的结构特点

#### 3、金刚石取芯钻头的制造工艺

#### 4、金刚石取芯钻头的适用范围

#### 5、金刚石取芯钻头的使用情况

### 三、国内外生产取芯钻头的厂家及其主要产品介绍

### 四、结论与建议

2.2.2	横波 (S波)	(40)
2.2.3	瑞利波 (R波)	(41)
2.2.4	拉夫波 (L波)	(42)
2.3	地震波的传播	(42)
2.3.1	反射和折射、斯奈尔定律	(42)
2.3.2	弹性分界面上波的转换	(44)
2.3.3	垂直入射分界面时能量分配	(45)
2.3.4	首波——地震勘探中的折射波	(47)
2.3.5	绕射	(48)
2.4	波传播中介质的影响	(49)
2.4.1	几何发散 (球面发散)	(49)
2.4.2	吸收	(51)
2.4.3	分界面上能量的透射损失	(52)
2.4.4	波散、群速度	(53)
2.4.5	波的频谱	(54)
	思考题	(55)
<b>第三章</b>	<b>地震波路径几何学原理</b>	<b>(57)</b>
3.1	反射波路径的几何学	(57)
3.1.1	水平层反射波时距曲线和正常时差	(57)
3.1.2	倾斜层反射波时距曲线和倾角时差	(60)
3.1.3	视速度	(64)
3.1.4	反射界面的三维观测	(66)
3.1.5	多层介质的反射波时距曲线及均方根速度	(69)
3.2	折射波路径的几何学	(73)
3.2.1	一个水平折射界面的情况	(73)
3.2.2	多个水平折射界面的情况	(76)
3.2.3	倾斜折射界面的情况	(78)
3.3	绕射波时距曲线	(81)
	思考题	(83)
<b>第四章</b>	<b>地震资料采集</b>	<b>(84)</b>
4.1	地震勘探野外工作	(84)
4.1.1	测线布置	(84)

4.1.2	观测系统 .....	(84)
4.1.3	共深度点叠加概念 <del>共深度</del> .....	(88)
4.1.4	震源 .....	(90)
4.1.5	地震噪音 .....	(92)
4.1.6	组合接收 .....	(93)
4.1.7	表层研究 .....	(96)
4.2	地震信号的检测与记录 .....	(99)
4.2.1	检波器 .....	(99)
4.2.2	模拟记录系统 .....	(100)
4.2.3	数字记录系统 .....	(102)
4.2.4	记录显示 .....	(103)
4.2.5	记录参数 .....	(105)
4.2.6	动态范围的概念 .....	(105)
4.2.7	分贝 (dB) 的概念 .....	(105)
4.2.8	假频的概念 .....	(105)
	思考题 .....	(107)
<b>第五章</b>	<b>地震勘探资料处理的数学基础</b> .....	<b>(108)</b>
5.1	资料处理中常用的时间序列有关概念 .....	(108)
5.1.1	采样定理 .....	(108)
5.1.2	时间函数的离散化与 $Z$ 变换 .....	(110)
5.1.3	子波的概念 .....	(114)
5.1.4	地震子波的延迟性质 .....	(115)
5.2	基本数学运算 .....	(117)
5.2.1	傅氏变换 .....	(117)
5.2.2	相关 .....	(121)
5.2.3	褶积 .....	(124)
5.3	谱分析中的基本定理及其意义 .....	(127)
5.3.1	线性 (叠加) 定理 .....	(127)
5.3.2	时移定理 .....	(128)
5.3.3	褶积定理 .....	(128)
5.3.4	展缩定理 .....	(130)
5.3.5	微分定理 .....	(131)

5.3.6	功率谱及能量定理 .....	(131)
5.3.7	相关定理 .....	(133)
5.4	滤波与褶积的关系 .....	(133)
5.4.1	数字滤波概念 .....	(133)
5.4.2	褶积滤波的物理实质 .....	(134)
5.4.3	脉冲函数 .....	(137)
	思考题 .....	(138)
<b>第六章</b>	<b>地震勘探资料常规处理 .....</b>	<b>(139)</b>
6.1	地震资料处理概述 .....	(139)
6.2	预处理 .....	(141)
6.2.1	解编及道头字形成 .....	(141)
6.2.2	编辑 .....	(142)
6.2.3	切除 .....	(142)
6.2.4	振幅恢复 .....	(143)
6.2.5	形成CDP道集 .....	(147)
6.3	基本处理 .....	(147)
6.3.1	一维理想滤波 .....	(147)
6.3.2	多道滤波(二维滤波) .....	(151)
6.3.3	反褶积(反滤波) .....	(153)
6.3.4	静校正 .....	(159)
6.3.5	动校正 .....	(162)
6.3.6	CDP叠加 .....	(165)
6.3.7	偏移处理 .....	(168)
6.4	参数提取 .....	(176)
6.4.1	滤波分析(频谱分析) .....	(176)
6.4.2	速度分析 .....	(177)
6.4.3	剩余静校正分析 .....	(181)
6.4.4	最小平方法提取反褶积因子 .....	(185)
6.5	图象及其它处理 .....	(188)
6.5.1	相干加强 .....	(188)
6.5.2	均衡处理 .....	(190)
6.5.3	地震资料常规处理实例 .....	(191)



6.5.4	复数道分析	(194)
6.5.5	$\tau$ - $p$ 变换	(196)
	思考题	(198)
<b>第七章</b>	<b>地震波速度</b>	<b>(200)</b>
7.1	影响波速的因素	(201)
7.1.1	岩性的影响	(201)
7.1.2	密度的影响	(202)
7.1.3	孔隙度的影响	(203)
7.1.4	埋藏深度和压力的影响	(205)
7.1.5	其它影响因素	(205)
7.2	速度测定	(207)
7.2.1	地震测井	(207)
7.2.2	声波测井	(209)
7.2.3	根据旅行时随炮检距变化计算速度	(211)
7.3	各种速度间的关系、转换公式及综合分析	(213)
	思考题	(218)
<b>第八章</b>	<b>地震资料解释</b>	<b>(219)</b>
8.1	含油气区的地质特征	(219)
8.1.1	油气藏的形成	(219)
8.1.2	油气藏的类型	(222)
8.2	地震剖面与地质剖面的相应关系	(228)
8.2.1	地震反射面与地质界面的相应关系	(229)
8.2.2	地震反射形态与地质构造的关系	(230)
8.2.3	地震反射与地层和岩性的关系	(233)
8.3	反射特征解释	(234)
8.3.1	振幅和波形的解释	(234)
8.3.2	速度解释	(237)
8.3.3	反射结构解释	(239)
8.4	地震剖面的地质解释	(241)
8.4.1	地层解释	(242)
8.4.2	断层解释	(244)
8.4.3	岩性解释	(247)

8.4.4	地震剖面上的地质假象 .....	(250)
8.5	地震成果的图形绘制 .....	(254)
8.5.1	反射波的对比 .....	(254)
8.5.2	地震剖面上的层位确定 .....	(255)
8.5.3	地震剖面的时深转换 .....	(256)
8.5.4	地震构造图的绘制 .....	(257)
	思考题 .....	(260)
	主要参考文献 .....	(261)

# 绪 论

## 1. 地震勘探简介及其解决地质问题的能力

地震勘探是地球物理勘探中重要的方法之一，它具有高精度，高分辨力，探测深度一般为数百米到数千米。自发现大庆油田以来，90%以上的新油田是地震法找到的。目前的石油、天然气探井孔位的确定均以地震勘探资料为重要依据，在水文地质工程地质调查以及煤田等成层矿产的探测、地壳测深等工作中，也同样发挥着越来越重要的作用。

地震勘探的物理基础是岩石的弹性差异。由人工用炸药或其它手段激发，引起地下介质质点振动，这种振动在弹性介质中传播就称为地震波。地震波遵循一定的规律向各个方向传播，我们可以把检波器放置在地面或者地下，将振动记录在磁带上，使用计算机对磁带上的信息进行处理，以使我们所要的信息得到增强。因为地震波在岩石中传播时，其传播路径、波的旅行时间、波的强度和波形将随所通过的岩石的物理性质及地层界面的几何形态的不同而变化，所以当掌握了其变化规律，根据接收到的波的旅行时间、速度、振幅、频率等参数，经数据处理后就得到能反映岩层分界面埋深及起伏变化的形象图示，进一步推断解释地层剖面的沉积结构和岩性。

概括地说，地震勘探就是通过人工方法激发地震波，研究地震波在地层中的传播情况，查明地下地质构造及岩性，为寻找油气田或其它勘探目的服务的一种地球物理勘探方法。

图1为地震勘探资料采集现场波动传播和界面关系示意图。

## 2. 地震勘探方法及工作环节

地震波传播过程中，遇到弹性分界面时产生反射、折射和透射。根据所研究波的性质不同地震勘探分成不同的方法，如反射

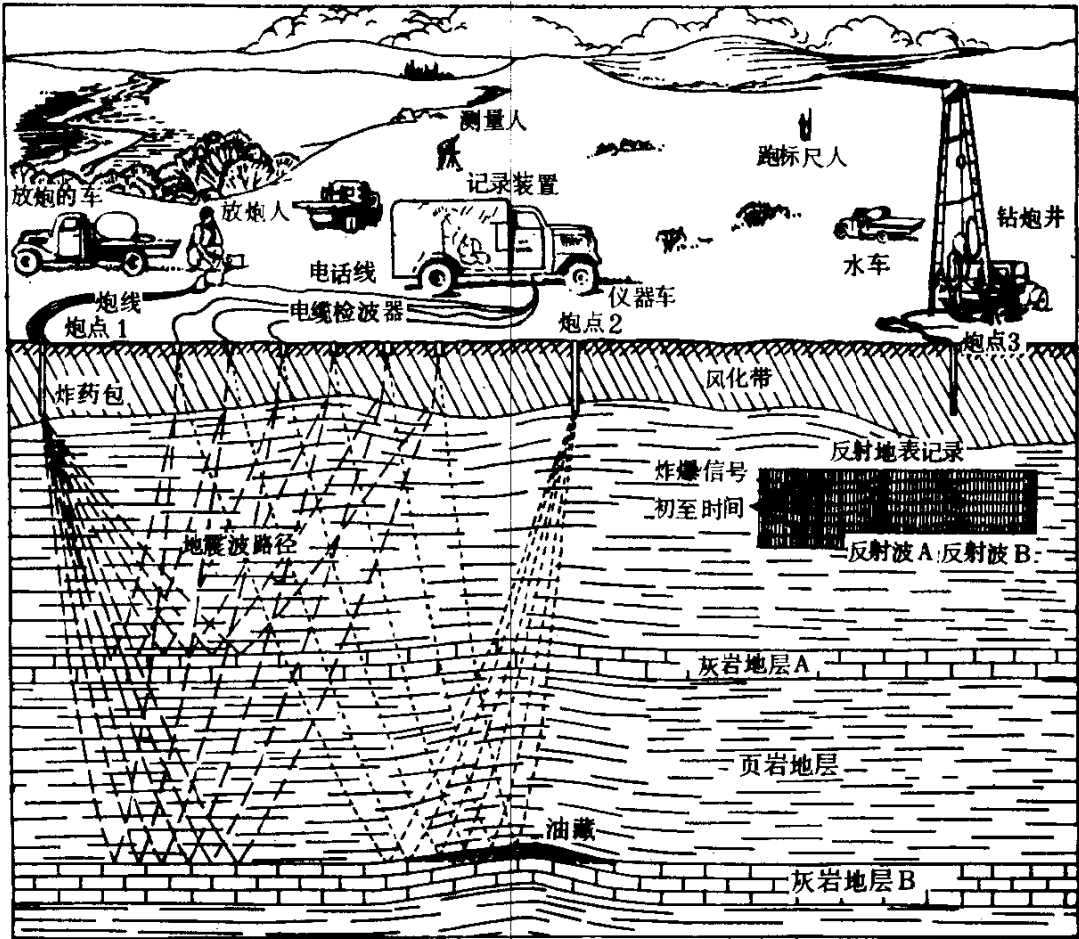


图 1 地震勘探概貌

波法、折射波法和透射波法。

反射波法一般是在离震源较近的检波点处，接收从震源到反射界面并反射回到地表的反射波旅行时间。当地层倾角不大时，波传播路径几乎与层(界)面垂直，沿测线不同位置处界面法线反射时间的变化反映了地下地层起伏，从而可测定从浅到深整个沉积剖面的地质构造，圈定适宜油气聚集的背斜、断层、礁块等构造。

折射波法是利用折射波来研究地下介质结构及其物性的。所谓折射波(或首波)是指在下伏岩层速度 $V_2$ 大于上覆岩层速度 $V_1$ ，入射角等于临界角时，沿 $V_2$ 层面传播的滑行波引起的在 $V_1$ 岩层中传播并返回地表的波。这种波不是光学中的折射波而是类似于

炮弹或超音速飞机飞行时在空气中传播的弹道声波。沿测线观测时要离开震源一定距离才能接收到折射波。折射波中包含着下伏岩层界面埋深及速度信息，有利于岩性解释，深部地壳测深中常用折射波法和广角反射法。

透射波法是研究穿透不同弹性分界面的地震波。激发点与接收点分别位于地层或地质体的两侧。在有钻井时常用于地震测井，可测定地质体形状、地层速度等参数。近年来在此基础上迅速发展了垂直地震剖面方法（简称VSP），与地面地震、钻孔等资料综合进行有成效的地质与地球物理推断解释。

地震勘探工作三个基本环节：

第一是地震资料的野外采集。在地质工作和其他物探工作已初步确定的含油气有希望的地区，布置地震测线，人工激发地震波，用检波器和地震仪器，按照一定的规则把振动的信息记录在磁带上。实施野外工作的组织是地震队。

第二是地震资料处理。按照波传播的规律及需要，对原始磁带记录进行一系列加工处理，提取速度，频率等参数，得到能反映地层构造特点的地震剖面图。该项工作一般由配有计算机及专用设备的计算站完成。

第三是地震资料解释。地震剖面图上许多现象可能反映地下地层真实情况，也可能是某些假象，特别是复杂地区要应用地质学与地震学的基本原理，综合地质、钻井及其它物探资料，对地震剖面上的信息深入对比分析，研究构造运动发展及相互关系，绘制各种解释图件。判断含油气最有利的地区，提出钻孔井位。该项工作由综合解释队完成。

### 3. 地震勘探发展概述

地震勘探是在天然地震学的基础上发展起来的。几十年来地震波的基本理论，仪器设备、野外工作方法、资料处理技术，解释方法各个方面，不断更新迅速发展，其发展过程概括为三个阶段。

第一阶段（1927—1952）：光点照像记录。人工整理资料。检

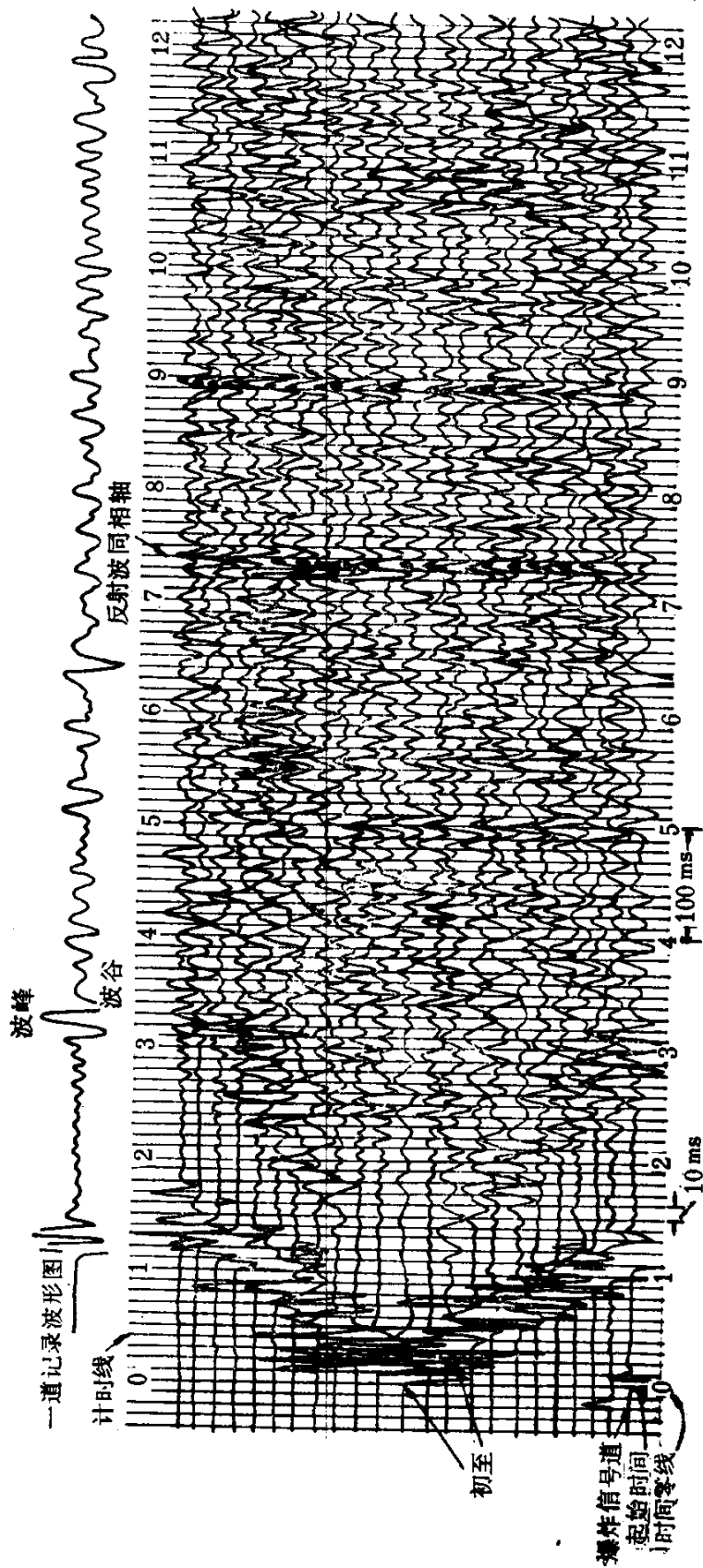


图 2 地震光点记录

波器接收的地面振动波形被记录在相纸上，如图2所示，这样的资料不便于保存，不能重新处理。人工整理资料效率低，但熟悉这种记录仍是必要的。

第二阶段（1953—1963）：模拟磁带记录。模拟电子计算机（回放仪）处理资料。类似磁带录音，把地面振动以模拟方式录制在磁带上，改变回放仪接收因素可反复处理资料，并通过加工得到近似于自激自收的波场，在简单情况下得到直观反映地质构造的、地震时间剖面。

第三阶段（1964—现在）：数字磁带记录。数字计算机处理。野外记录地震波振幅的离散值。资料数字处理方法更加完善、灵活，自动化程度和工作效率大大提高，可取得更加丰富的地震信息。

在野外工作方法上有两次重大改革，地震勘探初期每个接收点放置一个检波器。后发展为一个接收点放置多个检波器，并按一定方式排列连接进行组合检波，使有效信号增强，压制面波及微震等干扰。六十年代中期发展了共深度（中心）点多次叠加（也叫多次复盖）方法，即通过多点激发和多点接收得到来自地下同一点的反射。处理时把同一点的多道反射信息叠加起来，使地震资料质量大为提高。

现在，从震源、多道接收仪器、遥控遥测技术及多次复盖到数字处理技术、物理模拟、数值模拟等综合正反演解释方法技术，已发展到一个崭新阶段。在资料常规处理的同时，岩性处理、精细处理、特殊处理、三维资料处理等等，正深入发展并使地震勘探解决复杂地质问题的能力迅速提高。

# 第一章 振动与波动基础知识

## 1.1 振动的基本概念

### 1.1.1 振动的一般概念

物体在一定平衡位置附近，作来回往复的运动称为机械振动。

常见的机械振动往往是周期性的即每隔一个固定时间  $T$ ，运动就完全重复一次。 $T$  称为振动周期。每秒内振动周期数称为频率，常用  $\nu$  表示，单位为赫兹。按照定义，周期和频率互为倒数

$$\text{即 } \nu = \frac{1}{T}。$$

质点作机械振动时来回往复的运动轨迹，最简单的情况往往在一条直线上，这种振动称为直线振动。复杂情况下，运动轨迹可以是在平面上的甚至空间内的曲线。平面上的或空间内的振动都可认为是由直线振动叠加而成。

最简单的周期性直线振动是谐振动。任何复杂的振动都可认为是由几个或很多个谐振动合成的，因此谐振动是最基本的。谐振动的规律是研究复杂振动规律的基础。

从动力学的观点分析，振动物体始终在平衡位置附近运动时其受力与运动关系是：当振动物体不在平衡位置时，受到指向平衡位置的回复力，促使物体回到平衡位置；在返回平衡位置过程中，振动物体得到速度；物体回到平衡位置时虽然回复力为零，但由于惯性使其又重新离开平衡位置而继续振动。故机械振动是物体受到回复力和物体所具的惯性的作用结果。机械振动知识是地震勘探的基础知识。



### 1.1.2 简谐振动

1. 定义：一个作直线振动的质点，如果取其平衡位置为原点，取其运动轨迹沿  $x$  轴，那么质点离开平衡位置的位移  $x$  随时间  $t$  变化的规律遵从余弦函数或正弦函数

$$x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi\right) \quad (1.1a)$$

或

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi\right) \quad (1.1b)$$

这一直线振动称作简谐振动。式中  $A$  表示质点离开平衡位置的最大位移的绝对值，叫做振幅。如果用  $t+T$ 、 $t+2T$ 、……等代替上式中的  $t$ ，所得  $x$  的量值不变，就是说每隔一段时间  $T$ ，运动就完全重复一次。所以上式中的  $T$  就是谐振动的周期。振动学中常把  $2\pi$  秒内的振动周期数称为圆频率并用  $\omega$  表示。圆频率  $\omega$  与频率  $\nu$  及周期  $T$  三者关系是

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad (1.2)$$

于是式 (1.1a)、(1.1b) 分别写成

$$x = A \cos(\omega t + \phi) \quad (1.3a)$$

或

$$x = A \sin(\omega t + \phi) \quad (1.3b)$$

式中  $(\omega t + \phi)$  叫做谐振动的相位角。相位是决定质点在时刻  $t$  的运动状态（指位置和速度等）的重要物理量。 $\phi$  角表示  $t=0$  时的相位角，叫做初相位角。对于每一个谐振动来说， $A$ 、 $\omega$  和  $\phi$  都有一定的量值。这就是说，一组  $A$ 、 $\omega$  和  $\phi$  三个值就可完全决定一个谐振动。

图1.1中a、b分别为做谐振动的质点运动和质点位移随时间变化的图示。

2. 谐振动的速度和加速度：质点运动速度就是质点位移随时间的变化率，在数学上用微小的位移变化与时间变化之比  $\frac{dx}{dt}$  表示，就是把式 (1.3a) 位移  $x$  对时间  $t$  求导数（微分），得到谐振