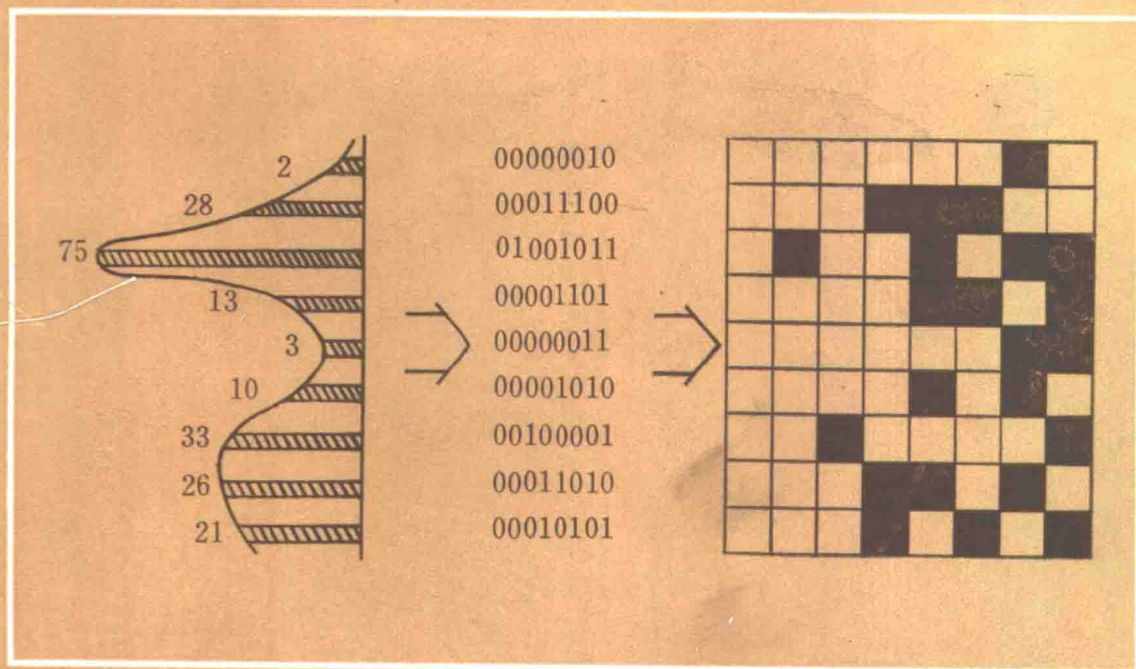


高等学校教材

地震勘探仪器

基本原理

唱鹤鸣 主编



地质出版社

高等学校教材

地震勘探仪器基本原理

唱鹤鸣 主编

地质出版社

高等学校教材
地震勘探仪器基本原理

唱鹤鸣 主编

责任编辑：林清溪 吕郊

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：10¹/₈ 字数：234,000
1985年9月北京第一版·1985年9月北京第一次印刷
印数：1—1,985册 定价：2.05元
统一书号：13038·教215

前 言

本书主要是为石油物探专业、应用地球物理专业和地球物理勘探专业教学编写的。它的基本内容包括地震勘探仪器的基本理论、主要框图、工作原理、结构特点、技术要求、以及数字地震仪的简单调试与操作方法。通过学习此书，使学生掌握仪器的主要组成、作用和基本原理；建立起地震勘探仪器的整体概念；了解地震勘探工作对仪器的要求及其发展方向。

全书共九章。第一章论述了地震勘探仪器的主要组成、基本原理和发展概况；第二章侧重讨论了电动式数字检波器的基本原理、主要特性、基本参数选择和测试方法；第三章至第八章，以 SN338B型和 DFS—V 型两类仪器为主线，全面介绍了常规数字地震仪的数据采集-记录系统、回放-监视系统、逻辑控制与显示系统、复盖开关与震源同步系统、以及数字地震仪的基本技术要求和调试方法等；第九章综合讨论了当前各种新型数字地震仪的特点和工作原理，指出了数字地震仪的发展趋向。

随着石油地震勘探、电子技术、通信技术和计算技术的飞速发展，地震勘探仪器不断革新，要把每种新仪器比较具体地写入教材内，是难以做到的，为此本书从基本理论和技术出发，把过去那种以讲授电路为主改变为以讲述、分析原理为主，重点放在各种仪器都具备的数据采集-记录系统上。

为了适应教学改革对不同专业不同讲授内容的要求，本书有意安排了三个有联系而又能独立分开讲述部分。若讲授 60—70 学时，可讲全部内容；若讲授 40 学时左右，只讲第一、二、三、四章；若讲授 20 学时左右，只讲第一、二、三章。书中的采样定理、检波器的幅频特性，以及前放中的滤波器等方程的推导，可根据具体情况取舍。本书是以 SN338B 和 DFS—V 两种类型的仪器为基本素材，在讲课中可根据具体情况，以其中一种为主，举一反三，无需全讲。

本书由长春地质学院唱鹤鸣主编，成都地质学院黄先律参加编写，其中第三章 § 1、§ 2、§ 3，第七章 § 3 由黄先律参加编写，其余全部由唱鹤鸣编写。由长春地质学院吕郊主审。

本书在编写过程中，承蒙长春地质学院何樵登同志和武汉地质学院王桂荣同志给以帮助，谨致谢意。

由于编写时间仓促、水平所限，本书难免有不妥之处，敬请读者指正。

编 者

一九八五年元月

目 录

第一章 概论	1
§ 1 地震勘探仪器概况	1
§ 2 地震信号的数字化、传输和记录	6
一、地震信号的数字化	7
二、数字信息的传输	8
三、数字信号的记录	9
§ 3 线性系统的基本概念、性质和特性	11
一、线性系统的基本概念和性质	11
二、线性系统的固有振动和强迫振动	13
三、线性系统的基本特性	15
第二章 地震检波器	18
§ 1 概述	18
一、地震检波器的作用	18
二、地震检波器的基本类型	18
§ 2 电动式数字地震检波器	20
一、结构	20
二、原理	22
§ 3 数字检波器的性能及测试	29
一、基本性能及要求	29
二、检波器的测试	29
第三章 数字地震仪概述	34
§ 1 逻辑型数字地震仪及框图	34
一、数字地震仪框图	34
二、数字地震仪特点	35
§ 2 采集-记录系统	35
一、数据采集部分	36
二、写编排(记录逻辑)器	37
三、磁带记录器	38
§ 3 回放-监视系统	39
一、读解编器(回放逻辑)	40
二、信号恢复系统	40
三、照相记录仪	40
§ 4 逻辑控制系统	41
§ 5 辅助设备	42
第四章 采集-记录系统	43
§ 1 前置放大器(信号道)	43
一、前放的作用和类型	43
二、前放的组成	44

三、辅助道前放	50
四、主要技术指标	51
§ 2 多路转换开关 (简称多路开关)	51
一、多路开关作用原理	51
二、多路开关的类型	52
三、多路开关的原理电路	54
四、主要技术要求	57
§ 3 瞬时浮点放大器 (IFP)	57
一、主放的作用及特点	57
二、主放大器的结构类型	59
三、主放大器增益调整原理	63
四、主要技术指标	66
§ 4 模数转换器 (又称A/D转换器)	66
一、A/D转换的基本原理	66
二、A/D转换器的结构类型	68
三、A/D转换器比较过程的原理	72
四、主要技术指标	74
§ 5 数据写编排电路	74
一、记录格式	75
二、写编排电路的工作原理	85
三、写编排电路的流程框图	88
四、校验码编排电路的工作原理	90
§ 6 磁带机 (磁记录器)	93
一、概述	93
二、写读电路原理	95
三、走带机构及控制原理	100
四、主要技术要求	105
第五章 回放-监视系统	106
§ 1 数据读解编电路	106
一、读解编电路的作用	106
二、读解编电路的流程框图	106
§ 2 数字AGC	107
一、数字AGC的作用	107
二、数字AGC的原理	108
三、数字AGC流程框图	108
§ 3 数模转换器 (D/A) 及反多路转换开关 (DM)	111
一、D/A转换器	111
二、反多路转换开关	113
§ 4 显示记录仪	114
一、作用和类型	114
二、感光静电照相原理	114
第六章 控制与显示系统	118

§ 1 功能	118
§ 2 时序系统	118
一、时钟系统	119
二、一炮记录系统运动的时序	120
§ 3 运动控制系统	120
一、查号功能	120
二、方式选择功能	121
三、电源控制及启停逻辑	121
§ 4 系统显示及安全联锁	121
一、系统显示	121
二、安全联锁	123
第七章 多路旋转开关（覆盖开关）及震源同步系统	124
§ 1 概述	124
§ 2 多路旋转开关（覆盖开关）	124
一、开关的结构原理	125
二、开关的基本组成	125
§ 3 震源同步系统	127
一、震源同步系统的作用	127
二、编码和解码器的基本结构	128
三、同步码及其作用	128
第八章 数字地震仪的基本技术要求和调试	131
§ 1 数字地震仪的基本技术要求	131
§ 2 数字地震仪野外的基本操作	134
一、数字地震仪的操作及注意事项	134
二、记录与回放因素的选择	136
§ 3 测试装置	137
一、万用表	137
二、信号发生器	137
三、外接信号源	138
§ 4 数字地震仪的测试内容	138
一、主要测试项目	138
二、计算机处理的检测项目及指标	140
第九章 数字地震仪的发展趋向	142
§ 1 数字地震仪的发展概况	142
一、按常规型与多道遥测型分类	142
二、按串行和并行数据传输分类	143
三、按使用环境分类	144
§ 2 数字地震仪的方向	148
附录：关于采样定理	149
复习参考题	151
参考书目	156

第一章 概 论

§ 1 地震勘探仪器概况

地震勘探方法比其它物探方法优越，主要表现在它具有较高的精确度，高的分辨力和很大的穿透深度。因此，地震勘探已成为最重要的地球物理勘探技术之一。

地震勘探工作基本包括激发地震波、接收记录地震波和处理解释地震资料三个方面。接收记录地震波是一个复杂的过程，地震勘探仪器就是为了接收和记录地震波专门设计的一种精密的物理、电子仪器组合装置。它的性能好坏直接影响地震记录质量和地震资料的解释工作。

近半个世纪以来，随着电子工业、计算机工业和地震勘探技术的飞速发展，地震勘探仪器也在不断地发展、完善和提高。从地震勘探仪器的记录内容和方式来看，大致分为三代：第一代是模拟光点记录地震仪；第二代是模拟磁带记录地震仪；第三代是数字磁带记录地震仪。这三代地震仪经历的时期不同，各有其特点。第一代模拟光点记录地震仪使用的时间最长，约从三十年代开始直到五十年代末。由于光点感光方式的限制，动态范围仅有20dB，频带宽约10Hz，带通滤波器的中心频率一般为20、30、40Hz等，增益控制方式为一般的自动增益控制，其记录不能用作数字处理。第二代模拟磁带记录地震仪从五十年代开始到六十年代，它采用晶体管电路，利用磁带记录的特性它可多次回放并作多次叠加和某些数据处理，如各种滤波、计算速度谱等，但处理速度较慢信噪比低。模拟磁带地震仪动态范围只有45dB，频带宽15—120Hz，增益控制方式采用公共增益控制或程序增益控制。第三代数字地震仪是在模拟磁带记录地震仪的基础上发展起来的。它是紧接模拟磁带记录技术之后的又一次重大革新，是把信息论、数理统计、数字技术、无线电技术等先进技术应用到地震勘探仪器上的重大成果。它具有精确度高（振幅精度大于0.1%）、动态范围大（160dB以上）、灵敏度高（记录最小信号小于0.1mV）、频带宽（从3Hz—250Hz、可高达500Hz以上）等优点，与计算机配合可作多种数字处理和解释工作。数字地震仪从六十年代开始，当时采用的是二进制增益控制方式，很快又发展成为瞬时浮点增益控制方式。直到目前为止大多数数字地震仪都采用此种增益控制方式。随着科学技术的飞速发展，数字地震仪尚在不断更新，一步步走向多样化、现代化。

采用光点模拟地震仪时，地震波是通过检流计直接记录在照相纸上。五十年代初开始采用模拟磁带记录，此时在野外可采用最低限度的滤波、自动增益控制和混波等基本部件进行接收，在室内回放时再重新引入一些最佳因素加以处理并得出时间剖面，这种剖面对解释人员有很大帮助。采用数字磁带记录以后，以上特点得到了充分发挥，并在许多方面远远超过了模拟磁带记录。但是，一些最基本的部件，像模拟放大器、滤波器、匹配级等仍然被采用，尽管具体电路各有所不同，但基本原理是一致的。再则，国内目前还有一部分地震队采用模拟磁带记录地震仪。为了对这种仪器有一个初步了解并与数字地震仪相比

较，在这里简单介绍一下模拟磁带记录地震仪。

模拟磁带记录地震仪最初采用直接记录。从地震检波器接收到的地震信号，经放大器放大输出直接传到记录磁头上，因为磁带的磁化强度与记录磁头的电流成比例，因而也就与地震信号的大小成比例。后来，直接记录被调频法和脉宽调制法代替，因为这些方法具有抗干扰能力强、畸变小、动态范围大、信噪比高等特点。

模拟磁带记录的流程框图示于图1-1中，模拟放大器、调制器通常为24套，外加测试电路。检波器经大线与匹配级相连接，匹配级可与不同的检波器大线的阻抗相匹配，并具有抗工业电干扰的能力。第一级放大级前或后有一个高通滤波器，以便滤除低频面波，如果不经这一滤波，这些波可能会引起放大级激励过度、引起畸变。

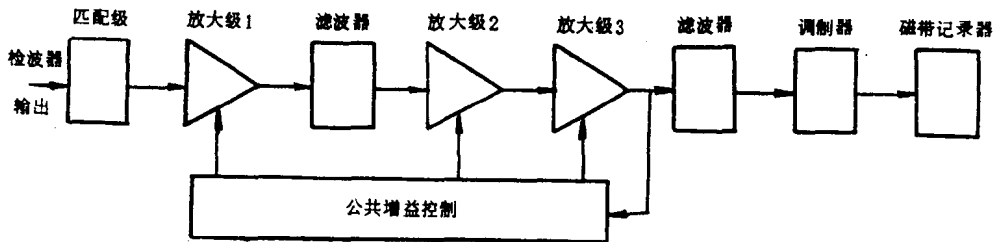


图 1-1 模拟磁带记录框图

地震放大器是个多级放大器，它具有很高的增益，通常为100dB(10^5)并可高达120dB(10^6)。放大器的增益在整个记录时间范围内是变化的，在记录开头部分的强信号时是以低放大倍数开始（称为起始增益），而在记录末尾的弱信号时是以给定的较高增益结束（称为终了增益）。增益随时间的变化（信号的压缩和恢复）是由公共增益控制（CGC）来完成的，也有由自动增益控制（AGC）来完成的。这是一个反馈电路，它是利用短时间间隔内平均的输出信号电平调节增益，使放大器输出保持在较小的动态范围内变化。地震放大器还设有低通滤波器，以保证地震勘探在有效波的范围内频率特性是恒定的，一般带宽在10到120Hz范围内，为适应不同方法的需要进行选择。

放大器输出信号进入调制器，地震仪的调制器多用脉冲调频和调宽两种，如图1-2所示。脉冲调频的作用原理是使一个中心频率（如2kHz）的调频信号在一定的频率范围内随地震信号的幅度而变化。而脉冲宽度调制是以一个稳定频率的载波信号（如800Hz方波）在一个周期内宽度的比值（周期不变）随着地震信号的幅度而变化。

这两种记录方式中地震信号的强弱并不是由录放信号的幅度来决定，而是由录放的频率和宽度来决定的。录放噪声的影响、磁头与磁带接触的影响都远比直接记录小得多。

记录在磁带上的地震信号在野外一定要以可见的形式显示出来，以便监控和作出初步评价，因而地震仪中都设有回放、记录显示装置，一般采用热敏和静电印刷显象装置。

模拟记录仪是以随时间连续变化的电压（或其它量）表示地震信号，而数字记录仪则是将相隔一定时间间隔的（2或4ms）检波器输出信号用一组数字表示出来。数字记录比模拟记录具有较高的保真度，并且便于进行数据处理。但是，记录处理的开始（检波器的响应、放大、滤波等）和结尾（滤波、放大、显示等）仍然是模拟的。

常规数字地震仪与模拟地震仪有所不同，由于采用大规模集成电路，元件微型化，尽管电路十分复杂，但数字地震仪在道数差不多的情况下，可以和模拟地震仪作到同样轻

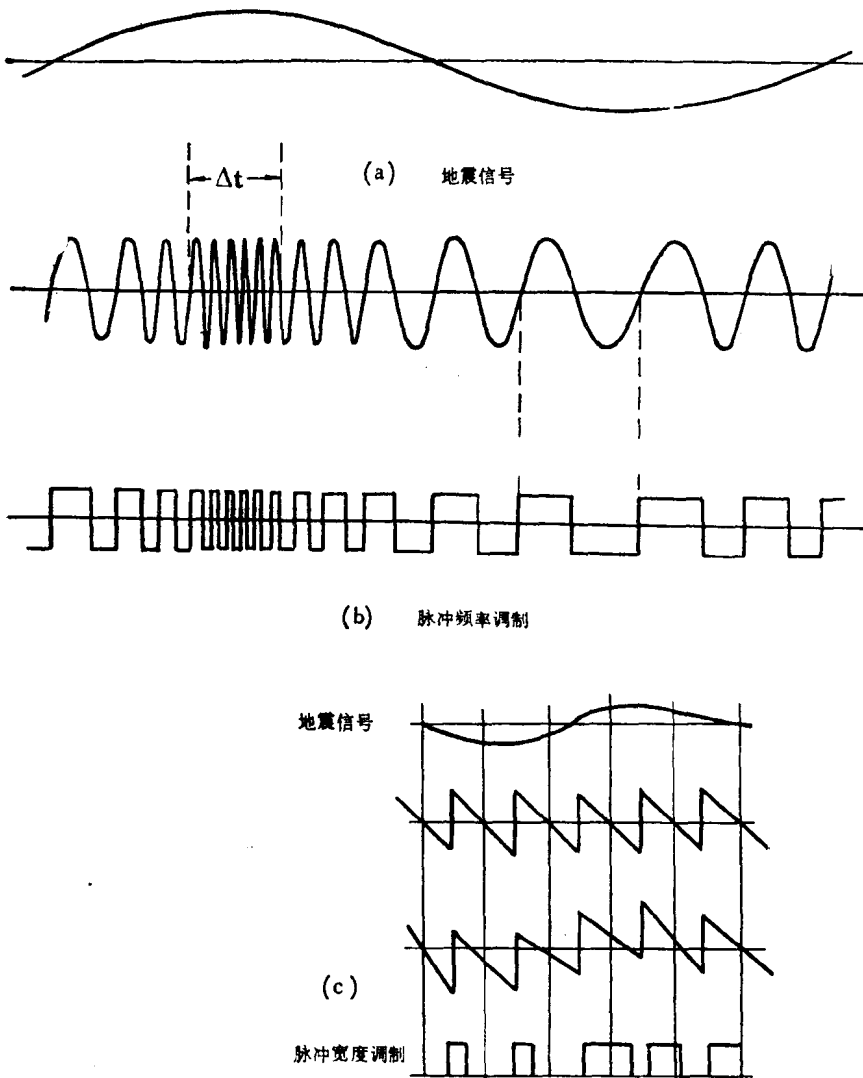


图 1-2 两种调制的比较

便。

数字地震仪按其控制方式和微处理机的关系，可分为两大类：一类是非计算机控制型（或称逻辑型），这类数字地震仪由本身的逻辑控制系统来控制，如SN338B、SN338HR、DFS-V、DSC-481、SDZ751和SDZ801，但有的可以与计算机配合使用，实现双重控制，即有些功能由逻辑控制实现，另一些功能由微处理机控制实现，如DFS-V + TIMAP。另一类是计算机控制类型（或称数控型），这种仪器的控制由软件来实现。仪器系统的数据传送、编排、直到记录都由计算机控制实现，并能在野外作某些数字处理，如GS-2000，SK-8000。

下面介绍这两种类型仪器的基本结构。第一种类型是非计算机控制的，如图 1-3 所示，整个仪器的基本组成有十三个部分。其中(1)至(7)为采集—记录系统，(8)至(13)为回放—监视系统。

(1) 前置放大器 其作用是将检波器(1— n 道和几个辅助道)接收的弱信号进行放大,同时滤除各种干扰。

(2) 多路转换开关 该电路的功能是按选定的采样间隔,将连续信号离散化。由它周而复始不停地工作,实现“多路合一”的任务。

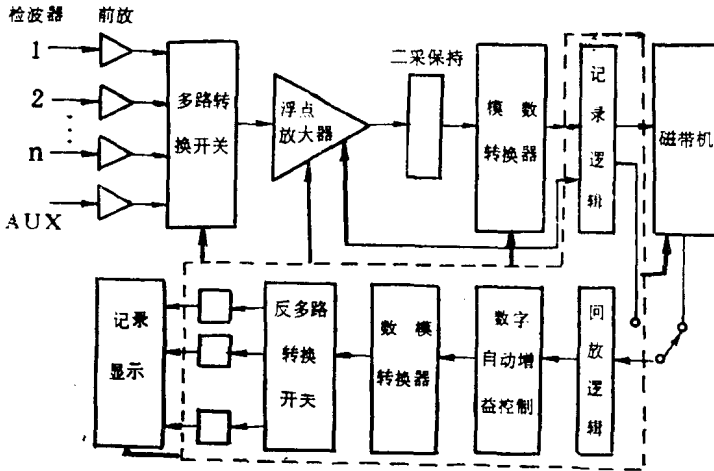


图 1-3 非计算机控制的数字地震仪框图

(3) 瞬时浮点增益控制放大器 它是将多路转换开关输出的子样,进行高速度、高精度地增益放大。其增益的改变是不连续的,按2的整数次幂变化。

(4) 采样保持(二采保持) 模拟子样经瞬时浮点放大之后,其稳定输出的宽度变窄,满足不了A/D转换器在时间上的要求,为此设有保持电路使子样展宽,以保证A/D转换器的需要。

(5) 模数转换器(A/D转换器) 它将放大后的子样作为尾数(模拟量)转换成二进制数(数字量15位包括符号位)。

(6) 记录逻辑 它产生各种记录指令,将浮点放大器输出的增益码和A/D转换器输出的尾数根据已选择好的记录格式进行编排,送入磁带机记录在磁带上。

(7) 磁带机 它记录、存贮已编排好的各种数据。

8至13是监视回放系统,是记录过程的逆过程。

(8) 回放逻辑控制 产生各种回放控制指令和反格式编排。

(9) 数字自动增益控制(数字AGC) 为适应显示记录仪的要求,回放增益的动态范围控制在20dB之内。数字AGC是实现调节被恢复信号的回放增益并使之适合显示仪的动态范围的部件。

(10) D/A转换器 它是将经过数字自动增益控制后的数字量转换成模拟量的装置。

(11) 反多路转换开关 它将各道“合一”的子样,又重新归位于原来道上,即多路合一的逆过程——一路分多路。

(12) 多路滤波器 它是一个平滑滤波器。

(13) 照相记录仪 将经过多路滤波恢复的地震信号显示在记录纸上, 以便监视野外记录质量。

第二种类型是用计算机控制的数字地震仪。其原理框图如图 1—4 所示, 包括如下部分: (1)多次复盖开关; (2)前置放大器; (3)滤波器; (4)多路转换开关; (5)瞬时浮点增益控制放大器; (6)A/D转换器; (7)随机存贮器; (8)磁带机; (9)数字自动增益控制(数字AGC); (10)D/A转换器; (11)反多路转换开关及滤波器; (12)照相记录仪; (13)数据输入; (14)打印机; (15)CPU中央处理机。

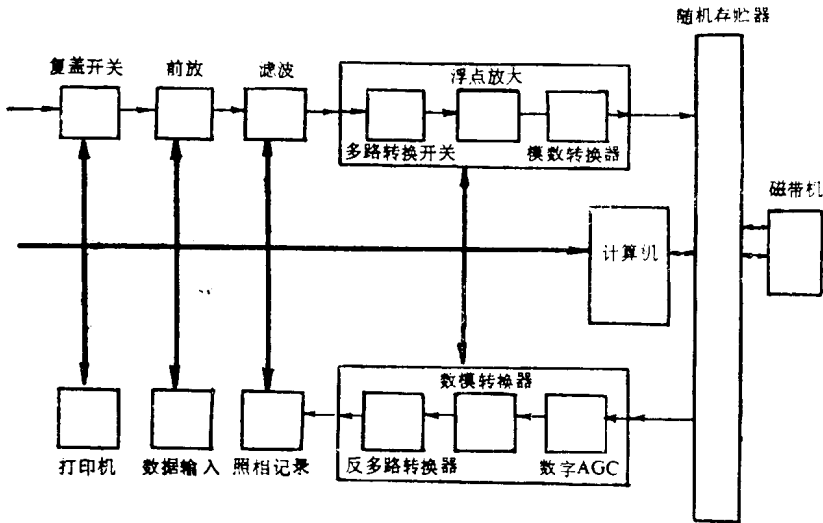


图 1—4 计算机控制的数字地震仪原理框图

这种类型的野外采集系统所有各部分都由计算机控制, 按照预定的程序控制各个部分有条不紊的工作。粗箭头表示指令、时序通路, 细线表示信号数据通路。

目前多道数字地震仪, 按其数据传输和控制方式, 也可分为两大类。一类是有线数字传输型, 另一类是无线遥测、遥控型, 在这种类型中, 还有一种多道数字仪, 它既可有线传输, 也可无线传输, 两者兼容。从遥测数据采集单元及其控制手段来看, 这两种类型有类似之处。在此以一个一般的有线传输遥测多道数字仪为例, 综合成一个原理框图, 以便对多道数字仪有一概括了解。如图 1—5 所示, 这种类型的遥测单元沿测线布置, 它从地震检波器组接收地震信号, 经过滤波、放大、数字化, 然后将数据存在本地存贮器中。当接到中心站指令后, 遥测单元便将存贮的数据传回到中心记录站。各遥测单元 (图中只画一个) 多以串行的数据传输方式, 按时间分配传送数据。不同类型仪器传送数据的电缆有所不同, 目前有光导纤维、同轴电缆、扁平馈线等几种。至于无线传输就是利用无线电通信的传输方式, 将遥测单元本地存贮器存贮的数据经调制、放大通过无线电台传送到中心记录站。中心站向各遥测单元发送指令, 相互联系也是通过无线电台进行的。

目前地震勘探仪器几乎已全部数字化。就数字地震仪而言, 为适应不同勘探方法, 使用环境和处理手法的需要, 大量引进新技术, 迅速发展, 种类繁多, 花样翻新。可以预计, 随着现代科学技术不断地引进到地震勘探技术领域中来, 将会导致地震勘探仪器向更

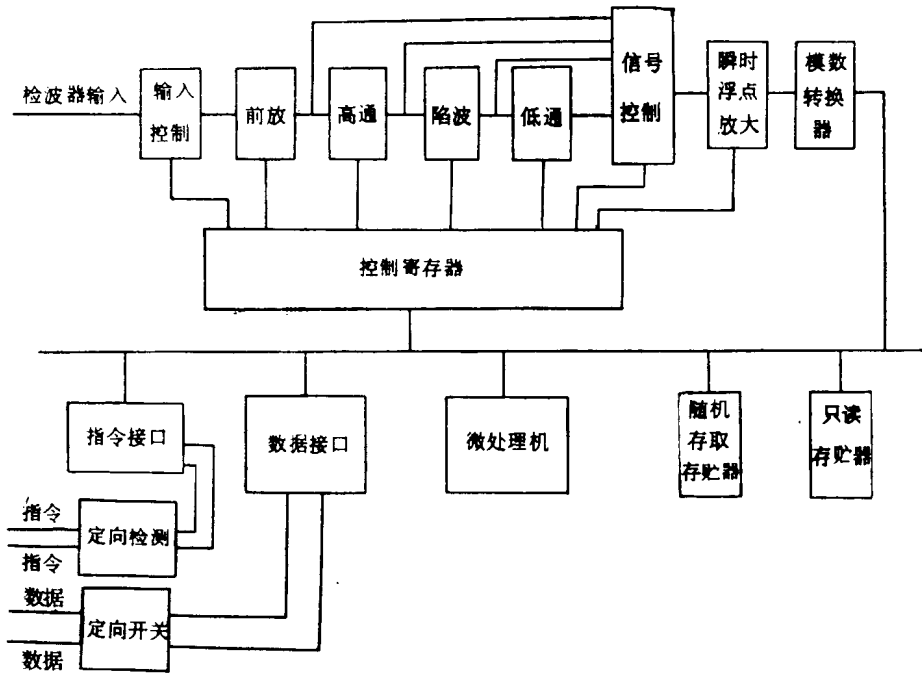


图 1—5 数字传输多道数字地震仪框图

高的水平发展。

本教材主要讲授常规数字地震仪，因为它是目前各种新型数字地震仪得以发展的基础。

§ 2 地震信号的数字化、传输和记录

地震勘探仪器与无线电技术领域相似，信号、电路和系统是它的三个互相联系又互相区别的基本成分。信号是运载的工具，它的基本形式是变化着的电压或电流。在地震仪中地震信息（称为地震波）是通过换能器转变为相应的电压或电流。电路是对信号进行某种加工处理的具体结构。系统指信号通过的全部线路（在特定的情况下部分线路也可以作为它的子系统来研究）。对于信息我们所关心的是它如何有效地传输和处理。而对于电路则是为实现系统特性的电路所应有的结构和参数。系统，如果从通信系统的角度，我们所关心的是地震信息的传输方式、调制方法和噪声等问题，一般采用信息论和通信理论进行分析研究；如果从线性系统的角度，则是研究在给定的条件下（如信号的形式一定）系统所应具备的某种功能（如放大、滤波等）、各种响应（如激励响应、稳态响应）和传输特性，通常采用线性方程的数学方法进行描述。上述所谈及的理论范围很广，内容较深，但对使用数字地震仪的地球物理工作者来说，了解、熟悉仪器的性能、结构、工作原理、以及它的各种响应和传输特性是比较重要的。因此，在这一节中简要地介绍与数字地震仪工作原理有关的几个问题——地震信号的数字化、传输和记录。在下一节中再介绍与它的各种响应和传输特性有关的几个问题——线性系统的基本概念和特性。

一、地震信号的数字化

地震勘探中的原始信息就是地震波，它经检波器转换为一个连续变化的脉冲形式的电信号。对这种连续信号的数字化转换，在通信技术中有好多办法，其中最有代表性的办法叫做脉码调制。目前绝大多数数字地震仪都是采用这种调制方法。下面简单介绍一下脉码调制的原理。

脉码调制可分为三个步骤：第一步采样，第二步量化，第三步编码。

什么是采样？简单地说。就是将连续的地震信号 $f(t)$ 取出一些样值来（称为子样），如图1—6所示的 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ 、 \dots 、 $f_g(t)$ 等。这些子样要取得足够密，以致能根据这些子样可以重新恢复原来的地震信号。问题是究竟要密到什么程度，可用一个简单的机械旋转开关来说明采样过程，如图1—7所示。

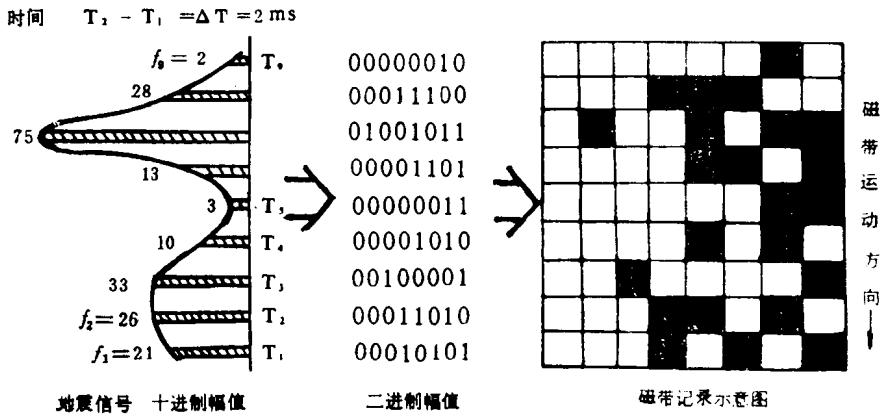


图 1—6 地震信号的数字化

设开关在 $f(t)$ 线上停留 δ 秒，以所需的速率 $(f_c = \frac{1}{\Delta T})$ 旋转，且 $\delta t \ll \Delta T$ ，这时开关输出的 $f_s(t) = f_1(t) + f_2(t) + \dots$ 就是采样后的形式。图1—7给出了输入地震信号 $f(t)$ 采样时间和采样输出 $f_s(t)$ 的相互关系， f_c 称为采样速率， ΔT 称为采样间隔， δ 称为子样宽度。那么采样速率应该是多大才能恢复原来的地震信号 $f(t)$ 的全部信息，可以由采样定理作出肯定的回答。（参见附录）。

下一步是量化。所谓量化就是把连续的地震信号 $f(t)$ 经过离散采样之后，把每个子样 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ 、 \dots 等（如图1—6所示）转换为数字量。实现这一功能的部件是模数转换器，

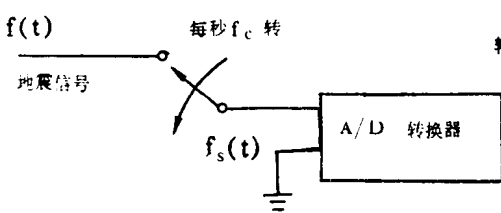


图 1—7 对地震信号的采样

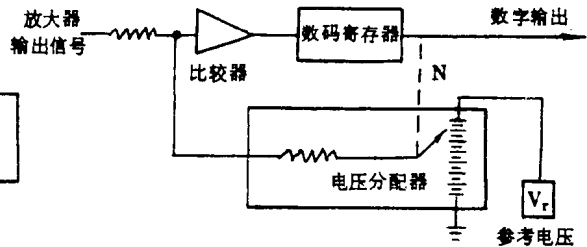


图 1—8 模数转换器的示意图

如图1—8所示。这是一种把模拟信号转换成数字信号的示意性框图，图中左上角是地震放大器的输出信号，就是比较器的输入信号，如图1—6左所示的十进制幅值信号；右下角是一个标准的参考电压，它通过电压分配器输出一个以 N （二进制数）为因数的电压 NV_r 与输入信号相比较。用逐次比较的办法进行逼近，每次比较的瞬时，都有一个 N 值，直到比较器输入电压的和为零时止，此时这个 N 值以二进制数字形式存贮在码寄存器中，最后，由仪器给出一个指令，将数码寄存器中的数字 N 输出，这样就产生了数字形式的输出信号，如图1—6中所示二进制数幅值。

模数转换器的输出已经是二进制数，是脉冲调制输出的一种形式，到此为止地震信号已经实现了数字化，这个过程在通信技术叫脉码调制，而在数字地震仪中，常常称为数字采样系统，不过为了适应通用记录格式的需要，还需将数字化的数据进行适当的格式编排。如图1—6右所示。

二、数字信息的传输

数字信息的传输在常规数字地震仪中往往不被重视，但是，自遥测多道数字地震仪出现之后，数字传输的问题已显得尤为重要。传输的分类法有数种，但就目前常规和遥测多道数字地震仪中所遇到数字传输方法来看，采用按传输数字信息的时空顺序分类比较好，这种分类法大致可分为串行式传输和并行式传输两种。在这里仅给出这两种传输的基本概念。

（一）串行传输

所谓串行传输就是将组成数字的字符的第一位至第 n 位按时序依次传输。

该方式所需信号道数为1。若设信息流为单向（单向传递），在直接传输时（直接传送数字信号），在数字地震仪中只需要一对线。图1—9表示了串行传输的数字信息收发原理和数字代码的时序编排关系。

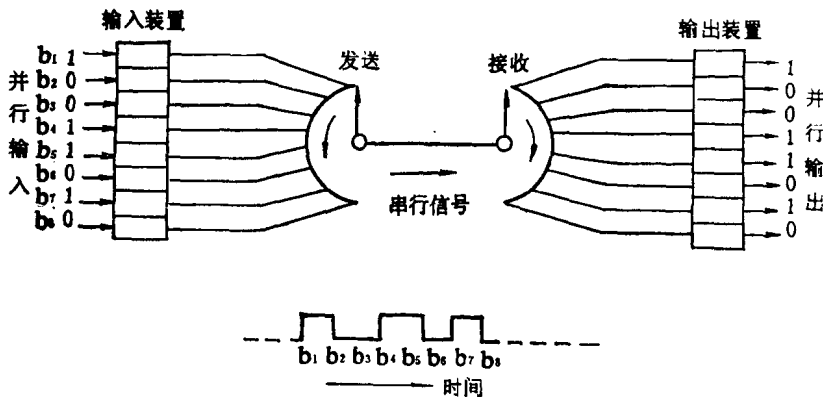


图 1—9 串行传输的基本原理

下面介绍这种传输方式的要点：

1. 这种方式因信号道数少，故可充分利用线路的传输频带，即可提高传输频带的利用率，因此，目前大多数数据传输系统均采用串行传输方式。
2. 终端装置的输入输出代码形式，一般是以字符为单位的并行式结构，因此，在发

送端，需要有并-串转换电路，（发送转换）；在接收端、需要有串-并转换电路（接收分配）。

3. 发、收之间需要同步。

（二）并行传输

将信息分给两条以上的信道而同时传输的方法叫做并行式传输。

并行传输的最基本原理，是根据组成代码的二进位数信息单位 bit（比特）数，分多道同时传输。如果由 8bit 组成，将 8 个信道分配给 b_1 至 b_n 各位同时传输。其原理如图 1—10 所示，与串行传输相比，并行传输的优缺点如下：

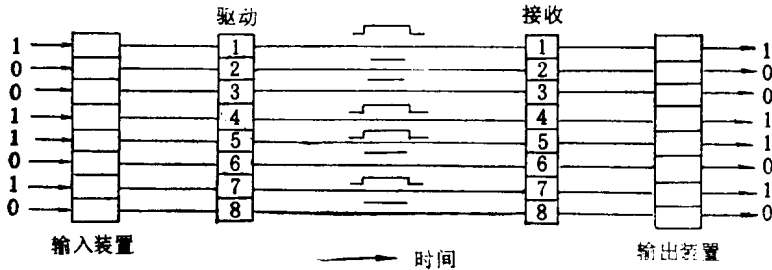


图 1—10 并行传输的基本原理

1. 无须将传输代码作时序变换，不需要串-并行转换装置，因而使终端装置的功能简化。

2. 在传输信道上需要并行传送 n 条信道，若用直接传输就需要 n 条线路，若用频分制传输则需有 n 条信道的调制解调器，故其成本较高，而且，并行传输的效率不高。

在装置内部，由于信息转发距离短，如用并行传送，反而能以一条线的 n 倍的速度转发信息，并不会因引线增加而使成本提高，故往往采用并行转发。但这种装置内部的并行转发与并行数据传输是两回事。

三、数字信号的记录

为了对地震传息进行充分地研究、分析和解释，便于在计算机上进行各种数字处理需要将数字化了的地震数据以一定格式记录在磁带上。

在讨论数字磁带记录之前，我们首先介绍一下一般磁带记录过程和回放过程。在磁带记录过程中，信号电流流经磁头绕组，在铁芯中产生磁通量。大部分磁通量集中在铁芯中，但因为间隙具有较高磁阻，仅有一部分直接通过构成磁回路的间隙，其余的磁通量由边缘通过，如图 1—11(b) 所示。

当磁带与磁头间隙相接触，并作相对运动时，构成一个磁分路，它给边缘磁通量提供一个跨过间隙两边的低阻通路，此时，磁带与间隙相接触部分被磁化了，而且由于磁带上的磁性涂层具有剩磁性质，当磁带脱离间隙后，它仍保留一定的磁性。

感应磁场强度与流过磁头绕组中信号的电流强度有关，而极性则取决于电流方向。一级近似地认为，磁性涂层中感应出一系列元磁体，它们的强度与磁带中电流成正比（非饱和和磁化），其极性由每一磁化单元离开磁头间隙边缘那一瞬间流过的电流方向确定。磁体上

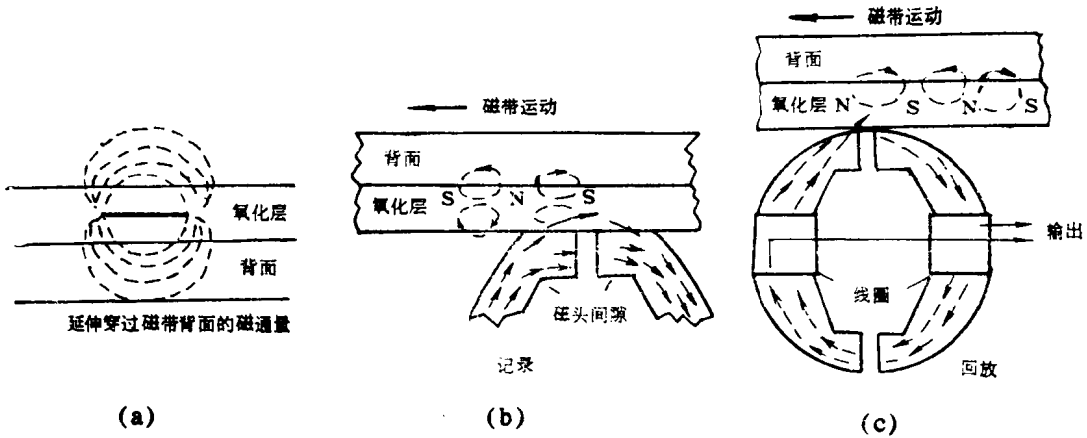


图 1-11 磁记录和回放

被磁化了的每一单元（或称元磁体）产生自己的磁场，从磁带的正反两面延伸向外，如图 1-11(a)。

如果磁带以线速度 V 通过磁头间隙，同时有一个频率为 f 的正弦信号流过磁头绕组，磁带的磁化强度也顺着它的长度方向按正弦规律而变化。磁化强度的极性每半周反相一次，一周相当于在磁带上的一个波长 λ ，则有

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (1-1)$$

很显然，若要无畸变地记录频率为 f 的正弦信号，磁头的间隙（ d ）至少应等于半个波长，即

$$d = \frac{V}{2f} \quad (1-2)$$

回放过程如图 1-11(c) 所示，如果记录过的磁带再次通过磁头间隙，每个元磁体的表面磁场依次引起磁通量变化，这个变化通过铁心耦合到磁头绕组中去，并在绕组中产生一个变化的电压。

如果记录、回放时磁带的方向和速度相同，则原来的信号和回放出的信号的频率也相同，由此可见记录过程是可逆的。

回放时磁头绕组中建立的电压与铁芯中磁通量的变化速度成比例，则可用下式表示

$$e = -n \frac{d\Phi}{dt} \quad (1-3)$$

式中： e 为感应电压， n 为磁头线圈匝数， Φ 为磁通。

式 (1-3) 可以进一步写成

$$e = -n \frac{d\Phi}{dx} \frac{dx}{dt} = -nv \frac{d\Phi}{dx} \quad (1-4)$$

从式 (1-4) 可以看出感应电压与磁头线圈的匝数 n 和磁带与磁头相对带速 V 成正比。

最早的模拟磁带地震仪是按照模拟信号本身直接将磁带磁化。为了满足线性记录要求，必须将磁带偏置，才可以运用磁化曲线的直线部分，这个方法（常称为直接记录法）在地震信号记录中用了多年。现在的盒式录音机绝大多数也是采用这种方法。

后来被广泛使用的模拟磁带记录采用调频法和调宽法，其优点是动态范围比直接记录