

石油高校统编教材

# 地震勘探 仪器原理

(物探仪器专业用)

主 编 吕 郊

石油大学出版社

# 地震勘探仪器原理

(物探仪器专业用)

主 编 吕 郊

副主编 肖忠祥 韩汝春

石油大学出版社

## 内 容 提 要

本书以地震信号流程为主线。论述了遥测地震仪的采集、传输、相关叠加、记录、回放监视及采集控制等系统。并以近一半篇幅论述了以 24 位 A/D 转换器为基础的新一代遥测地震仪,即 24 位 A/D 转换器原理、SN388、I/O SYSTEM TWO、OPSEIS EAGLE、TELSEIS 等。

本书可作为石油、地质、煤炭等高等院校电子工程及相关专业的物探仪器专业课程的教材,也可作为石油地震勘探仪器的操作、维修、管理及相关科研人员的参考书。

## 地震勘探仪器原理

(物探仪器专业用)

主编 吕 郊

\*

石油大学出版社出版

(山东省东营市)

新华书店发行

山东电子工业印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 30.375 印张 11 张插页 843 千字

1997 年 10 月第 1 版 1997 年 10 月第 1 次印刷

印数 1-1000 册

ISBN 7-5636-1015-4/TE·201

定价:40.00 元

## 前 言

《地震勘探仪器原理》(物探仪器专业用)是石油高校教材编审委员会审定的统编教材。

本书以遥测地震仪系统为典型。1~4章对地震勘探仪器概况、地震仪器设计相关的地震勘探基础、地震检波器、震源及其同步系统等作了较详细论述。5~10章以SN368遥测地震仪为主线论述了遥测地震仪的地震数据采集系统、传输系统、叠加相关、记录系统、回放系统及控制系统等。为了适应第五代石油地震勘探仪器——新一代遥测地震仪的教学、操作维修、管理及相关研究的需要,本书的11~15章,以30多万字论述了24位A/D转换器原理及SN388、I/O SYSTEM TWO、OPSEIS EAGLE、TELSEIS STAR等新一代有线及无线遥测地震仪。

本书是西安石油学院与石油地球物理勘探局等单位的成果。本书可作为石油、地质、煤炭等高等院校电子工程及相关专业的物探仪器专业课程的教材,也可作为地震勘探仪器的操作、维修、管理及相关科研人员的参考书。

本书主编吕郊、副主编肖忠祥、韩汝春。参加本书编写工作及分工如下:吕郊(第一章)、肖忠祥(第二、八章)、于淑贤(第三章)、韩汝春、吕郊(第四、七、九、十章)、张家田(第五、六章)、罗维炳(第十一章)、柴书常(第十二章)、叶卸良(第十三章)、肖琪(第十四章)、陈正华(第十五章)。参加本书编写工作的还有:韩汝春(8.4.2和8.5节)、郭志信(9.5和10.6节)、罗福龙、吕万国(0.3和13.2.5节)、尹振国(14.4节)、齐新(14.5.1节)、李儿清(14.5.2.1节)、程树堂(14.5.2.2节)、屈宜松(1.4节)、张雪艳(9.6节)。

本书由石油大学(华东)刘仲一教授主审。本书在编写、出版过程中得到中国石油天然气总公司勘探局赵化昆总工程师、程威远副总工程师、物探局特勘处夏祥瑞处长、洪祖扶总工程师、江汉石油学院孙传友教授、刘益成教授、石油大学(华东)潘正良教授及西安石油学院电子工程及自动化系大力支持。

由于编者水平有限,书中的错误与不妥之处敬请批评指正。

编 者

1995年12月10日

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
1.1 地震勘探仪器概况 .....	1
1.2 常规数字地震仪基本原理 .....	5
1.3 遥测地震仪简介.....	10
1.4 地震勘探对数字地震仪的基本要求.....	12
<b>第二章 与仪器设计相关的地震勘探基础</b> .....	16
2.1 概述.....	16
2.2 地震波的基本概念.....	17
2.3 地震波运动学基础.....	25
2.4 地震勘探的野外工作方法.....	36
2.5 地震波的速度.....	50
<b>第三章 地震检波器</b> .....	58
3.1 电动式检波器.....	58
3.2 压电检波器.....	64
3.3 涡流检波器.....	66
<b>第四章 震源及其同步系统</b> .....	70
4.1 震源.....	70
4.2 震源同步系统.....	75
<b>第五章 地震数据采集系统</b> .....	95
5.1 数据采集系统的构成及作用.....	95
5.2 前置放大器.....	95
5.3 滤波器电路 .....	100
5.4 多路转换开关 .....	109
5.5 浮点放大器 .....	110
5.6 模数转换器(A/D) .....	124
<b>第六章 地震数据传输系统</b> .....	132
6.1 有线电缆传输系统 .....	132
6.2 光缆传输系统简介 .....	140
6.3 无线传输系统简介 .....	142
<b>第七章 相关叠加器</b> .....	146
7.1 叠加器 .....	146
7.2 相关器 .....	154
7.3 相关叠加器——CS2502/HRC-2100 0/CSM .....	160
<b>第八章 地震数据记录系统</b> .....	169
8.1 磁记录原理 .....	169

8.2	数字磁带机基本原理 .....	175
8.3	磁带记录格式 .....	177
8.4	记录系统组成及微程序 .....	188
8.5	PE、GCR 记录方式与写电路 .....	197
<b>第九章 遥测地震仪的回放监视系统</b> .....		205
9.1	磁带上信息的读出与数据恢复 .....	205
9.2	SEG 格式数据解编 .....	214
9.3	子样数据的动态压缩原理及过程(数字 AGC) .....	220
9.4	子样数据的数模转换及子样脉冲的多路分离 .....	231
9.5	回放滤波器 .....	233
9.6	DFM—480 显示器 .....	236
<b>第十章 采集控制系统</b> .....		242
10.1	大线接口电路 .....	242
10.2	大线数据排序电路 .....	255
10.3	交叉站控制 .....	261
10.4	采集站控制 .....	264
10.5	排列的建立和滚动 .....	267
10.6	数据采集流程 .....	271
<b>第十一章 以 24 位 A/D 为基础的新一代地震数据采集系统</b> .....		273
11.1	概述 .....	273
11.2	真正的 24 位线性数字化 .....	274
11.3	高速可靠数据传输 .....	282
11.4	高性能的实时数据记录和处理系统 .....	283
11.5	32 位浮点 DSP 处理机的应用 .....	286
<b>第十二章 SN388 系统简介</b> .....		287
12.1	概述 .....	287
12.2	中央控制单元 .....	288
12.3	排列与数传 .....	299
12.4	采集站(SU6)和野外设备 .....	307
12.5	软件与操作 .....	311
附录 I 采集和处理部件(APM)特性 .....		313
附录 II 采集站(SU)特性之一 .....		314
附录 III 采集站(SU)特性之二 .....		315
<b>第十三章 I/O SYSTEM I (I) 遥测地震数据采集系统</b> .....		316
13.1	I/O SYSTEM 系列遥测地震数据采集系统概况 .....	316
13.2	采集站特殊电路原理、动态范围及噪音概念 .....	330
<b>第十四章 OPSEIS EAGLE 无线遥测地震数据采集系统</b> .....		343
14.1	概述 .....	343
14.2	中央记录站的工作原理 .....	352
14.3	采集站 SAR 的工作原理 .....	385

14.4	微波射频传输系统	392
14.5	OPSEIS 仪器的故障检测与维修	419
<b>第十五章</b>	<b>TELSEIS 无线遥测地震采集系统</b>	<b>428</b>
15.1	TELSEIS 概况	428
15.2	TELSEIS 硬件	431
15.3	TELSEIS 软件系统	442
	参考文献	477

# 第一章 绪 论

## 1.1 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集精密传感器技术、近代电子技术、计算机技术为一体的组合装置。

近半个世纪以来,随着电子技术、计算机技术、通讯技术和地震勘探技术的飞速发展,石油地震勘探仪器也在不断地发展、完善和提高。从石油地震勘探仪器的记录内容和方式来看,大致分为五代。

### 1.1.1 第一代:模拟光点记录地震仪

国外是从 20 世纪 30 年代初到 50 年代末,大体经历了 30 多年,是地震勘探的初期,也是五代地震勘探仪器经历时间最长的一代。

解放前我国基本上没有地震勘探,解放后才发展起来。从 20 世纪 50 年代初到 60 年代末,我国应用模拟光点记录地震仪,简称为 51 型地震仪。使用该仪器初步探明了几个大油气田。例如:克拉玛依油田、大庆油田、胜利油田、玉门油田等。

模拟光点记录地震仪的主要缺点:

① 地震记录为模拟波形光点感光照相记录。此种记录不能作回放处理,故模拟光点记录地震仪不可作多次覆盖地震勘探。在现场进行生产时,接收记录之前必须选好激发和接收因素,否则无法补救。同时仪器操作比较复杂,记录需经洗相才能完成。

② 地震资料的处理只能用手工进行,工作效率低,质量也难以保证。

③ 记录器动态范围小,一般只有 20dB 左右。为了适应记录器动态范围小的需要,在地震放大器中用了自动增益控制器(AGC)来压缩地震信号的输出动态范围。但自动增益控制是非线性的,又不能记录下当时放大器的增益值,故不能恢复原信号。因此,使用模拟光点记录地震仪只能解决某些几何地震学的勘探问题。

④ 地震记录频带窄,一般为 30Hz 左右,使大量有效波丢失。滤波器的中心频率一般为 20、30、40、50Hz 等。通常用滤波 4 档,其频带为 28~40Hz。

⑤ 采用电子管电路,与晶体管 and 集成电路相比,电子管电路有体积大、重量大和耗电量多等缺点。

⑥ 仪器操作自动化程度低,操作复杂,生产中容易出废品记录,生产效率低。

⑦ 地震道数少,一般为 26 道,只能作二维地震勘探。

⑧ 只适用于地震地质条件较简单的地区工作,复杂地区不能获得好的地震资料。

### 1.1.2 第二代:模拟磁带记录地震仪

国外从 20 世纪 50 年代初到 60 年代末,经历了约十几年。它是五代地震仪经历时间最短的一代,是地震勘探仪器发展的中期。

我国应用模拟磁带地震仪对原来的油气田作了进一步的勘探,又初步探明了一些新油气



田,如大港油田、辽河油田、南阳油田、中原油田和江苏油田等。

模拟磁带地震仪在开始时是直接记录式的,即由磁记录器直接记录模拟地震信号。但由于直接记录式的记录动态范围小,很快改为经调制后记录,它比直接记录式的记录动态范围稍大些。西安石油仪器厂生产的为脉冲调宽式,重庆地质仪器厂生产的为调频式模拟磁带地震仪。

模拟磁带地震仪的主要特点:

① 所得原始地震资料为模拟磁带记录和热敏纸模拟波形地震监视记录。模拟磁带记录可以回放处理,因此模拟磁带地震仪可以作多次覆盖,但为有限次的多次覆盖,一般为6次、12次。因为模拟磁带记录在回放转录叠加时信噪比要降低,一般每转录一次要降低6dB,这就限制了作多次覆盖的次数。模拟磁带记录可以作某些数据处理,如计算速度谱等。

② 地震资料处理可以用半自动化的基地回放仪进行,得到模拟波形记录和时间剖面图,比模拟光点地震仪的资料处理进了一大步,但资料处理的速度仍比较低,质量还不高,方法也比较少。

③ 磁记录器的记录动态范围稍大些,一般为40~50dB,仍然达不到不失真地记录的要求,因此也还是只能作某些构造地震勘探。

记录动态范围,采用直接记录式是受磁头与磁带磁化非线性的限制,采用脉冲调宽式则受调制器动态范围的限制,超调使地震记录波形失真,降低了地震记录质量。

④ 采用公共自动增益控制(公共AGC)和程序增益控制(PGC),仍然存在着增益跟踪速度低,有非线性失真的问题。虽然设有增益测量道曲线,但其测量误差大,一般可达30%,不能做定量计算,只能做定性估计。

⑤ 记录滤波器频带较宽,一般在15~120Hz范围内,回放时可以选择回放滤波档,得到所需的地震波,比模拟光点地震仪有了较大的改进。

⑥ 采用晶体管电路,与电子管电路相比,有体积小、重量轻和耗电量少等优点。

⑦ 模拟磁带地震仪的操作为半自动化的,比模拟光点地震仪有了较大的改进,使操作较简单,不易出废品记录,也不再需经洗相即可完成热敏纸模拟波形地震监视记录。

⑧ 地震道数仍然沿用模拟光点地震仪的道数,一般为26道,后来改为48道。

总之,模拟磁带地震仪比模拟光点地震仪有了较大的改进,使地震勘探仪器发展到一个新阶段。模拟磁带地震仪主要解决了原始磁带地震记录可以进行回放处理的问题,但仪器的主要问题还没有解决,所以仍然只适用于地震地质条件较简单的地区工作,进行构造地震勘探。

模拟磁带地震仪存在的主要问题:

① 记录动态范围小;

② 地震道数少;

③ 多次覆盖次数受到限制;

④ 记录精度较低;

⑤ 地震资料处理方法少、效率低和质量差等。

### 1.1.3 第三代:数字磁带记录地震仪

数字磁带记录地震仪,通常简称为数字地震仪,它是在前两代地震仪的基础上发展起来的。

20世纪70年代初期,基于瞬时浮点增益控制放大技术、模数转换技术、数字磁记录技术、通讯技术的数字地震仪是第三代地震仪。如美国德克萨斯公司1970年研制的DFS-V型,法国舍赛尔公司研制的SN 338B型数字地震仪,增益控制范围均为0~84dB,每个增益台阶为

12dB。

瞬时浮点放大器于1970年由美国德克萨斯公司最先研制出来,以后其他公司也陆续研制出一些别具一格的瞬时浮点放大器。瞬时浮点放大器是指对每一个地震信号,在几十微秒时间内,可以在0~84dB或0~90dB之间选择其最佳增益,使信号得到满量程的放大,以提高仪器的测量精度,短时间的增益调整并确定即“瞬时”,可以大大地提高增益跟踪速度。这些仪器的扫描周期为30ch/ms,其中包括24个地震道、6个辅助道,或者扫描周期为52ch/ms,其中包括48个地震道、4个辅助道。记录格式采用SEG-B或SEG-C两种格式。

#### 数字地震仪的主要特点:

① 所得地震勘探原始资料为数字磁带记录和模拟波形地震监视记录。这样就使数字地震仪除具有模拟磁带地震仪的特点,即可作回放处理和多次覆盖以外,更可作高次的多次覆盖,覆盖次数不受限制,因为数字磁带记录在转录叠加时,其信噪比不降低。在实际应用上目前可作12、24、……96次的多次覆盖地震勘探。

② 主放大器和模数转换器合在一起的动态范围大,一般可达168dB以上,大大地超过了被记录的地震信号动态范围(100~120dB),可以实现不失真地记录。这样就可以使地震勘探不仅利用地震波的运动学特征作构造勘探,还可以利用地震波的动力学特征作岩性勘探和直接找油找气的综合地震勘探,使地震勘探的水平提高一步。

③ 地震记录的频带宽,一般前放滤波器的通频带在3~250Hz,有的可达3~400Hz。记录频带宽,对低频来说,有利于接收深层反射波,作深层地震勘探;对高频来说,可有利于接收浅层和薄层反射波,提高地震勘探的分辨率,作浅层和薄层地震勘探。

④ 记录地震波的振幅精度高,一般为0.1%,高的可达0.05%。这样就提高了地震勘探的精度,从而提高了地震勘探质量。

⑤ 地震资料的处理直接用电子计算机,可以发挥计算机的优势,使地震资料的处理速度快、质量高、方法多和效果好。这样就使数字地震仪与电子计算机成龙配套,使地震勘探发挥最大的作用。

⑥ 采用集成电路,可使复杂的数字地震仪变得体积小、重量轻和耗电量小,使数字地震仪的性能稳定可靠,确保仪器正常工作。

⑦ 地震道数较多,数字地震仪的道数一般为48、60、96、120、240道。

⑧ 数字地震仪的操作自动化程度高,使用操作简单、维修方便、提高了工作效率,更不易出废品记录,从而保证了地震勘探的高效率生产。

#### 1.1.4 第四代:遥测地震仪

为了适应三维地震勘探、高分辨率地震勘探、多波地震勘探、超多道、超高次叠加等新方法和新发展起来的地层地震学的需要,并随着数字通讯、遥控遥测、计算机控制处理、磁记录等方面新技术的发展,使得新一代遥测多道数控地震仪应运而生且发展迅猛。

所谓遥测,就是利用电缆、光缆、无线电或其它传输技术对远距离的物理点进行测量。

遥测地震数据采集记录系统通常由许多分离的野外地震数据采集站和中央控制记录系统组成。采集站布置在接收地震信息的物理点附近,并以数传方式将信息传输到中央控制记录系统。

陆上电缆遥测地震数据采集系统有:SN-368、SN-348、WAVE-Ⅲ等;国产有:YKZ-480、SK-1004、SK-1005等型号。

光缆地震数据采集系统有:MDS-18、MDS-16、MDS-14、DFS-VI-200、Fiber Seis等型号。

无线电遥测地震数据采集系统有:Opseis 5586、Telseis、Digiseis-200、Myriaseis 等型号。

#### 遥测地震仪的主要特点:

① 遥测地震仪没有数据采集电路与检波器之间的大线电缆,而是使用放在检波点上的采集站、由各采集站将检波器输出的模拟信号转变成数字信号后向中央控制记录系统传送。由于数字信号传输的抗干扰能力强,避免了传送模拟信号时大线所固有的道间串音、天电干扰、工频干扰等。革除了原有的笨重的大线。

② 由于遥测地震仪排除了常规数字地震仪那些限制记录道数的因素,其道数扩展只受到数据传输速率的限制,因此遥测地震仪地震道数可达 120、240、480 道、千道,甚至万道,适于三维地震勘探,施工效率高。

③ 遥测地震仪由于道数多、采样率高,必须采用高密度的数字磁带机。常规数字地震仪采用 SEG-B 地震记录格式进行记录,遥测地震仪则大多采用 SEG-D 格式进行记录。

④ 遥测地震仪均采用计算机对整个系统进行可编程控制,要增加系统的新功能,可不做硬件上的修改,只要添加新程序就可以了。因此,采用计算机控制,系统的功能就大大增强了。

⑤ 道数的不断扩展和分辨率的提高,不仅要求解决模数转换速度不适应的问题和提高记录密度,而且由于总的数据量急剧增加,也使计算中心的计算机的数据处理工作量几倍甚至几十倍地增加。由于遥测型仪器在野外可用计算机对数据进行部分预处理,这样就压缩了数据量,减轻了计算中心的工作负担。

⑥ 遥测型地震仪可用计算机对记录数据及时地在现场进行处理,能对有效波和干扰波进行定量测量,随时计算出数据采集的信噪比,甚至还可以绘制出时间剖面,这样就能及时地选定最佳的野外方法和最佳的仪器参数,以获得高质量的地震记录。

⑦ 由于遥测型地震仪配备了成套的诊断和测试软件,可以使操作员全面检查各个部件的性能指标,并且可以很方便地显示出有故障的部件,有的诊断软件还可检查出具体的有故障的器件。因此,便于维护检修,而且操作方便,自动化程度高,可以杜绝因操作不当引起的废炮。

遥测地震仪具有常规地震仪所没有的许多优越性。从 1976 年第一台遥测地震仪问世到现在,遥测地震仪发展趋势良好,新产品层出不穷,仪器型号已达 20 多种。

#### 1.1.5 第五代:新一代遥测地震仪

近年来,国外推出各种型号的新一代遥测地震仪。电缆传输的有:SN388、I/O SYSTEM I、VISION、ARAM-24;无线传输的有:OPSEIS EAGLE、TELSEIS STAR 等,这些仪器在地球物理方法、微电子、计算机技术等应用方面均代表了当前世界水平,被称之为第五代地震仪器。

#### 新一代遥测地震仪的主要特点:

① 仪器的采样率仍为 2ms,并兼有 1ms 及 0.5ms,通过提高 Alias 滤波器的陡度扩展频带至 400Hz(1ms)或 200Hz(2ms),截频可达 0.8NYQUIST 频率,有些仪器使用高频提升技术,高频还可做倍频 6dB 的提升。

② 采集站中使用了 24 位 A/D 转换器,这样可大大提高瞬时动态范围,减少畸变。地震道基本上不采用模拟滤波器,这就消除了相移及频率畸变,从而简化了采集站的电路,使元器件的集成度更高、更轻便,功耗也更低。

③ 推出总记录容量为千道(2ms 采样)以至于 4000 道的系统,甚至还有号称 19200 道的系统。但比较实用的系统仍为千道左右。

④ 实用的多道数字地震仪仍以有线数传方式为主,随着传输频率的不断提高,传输媒介

采用了双绞线或细同轴线。但光纤仍较少使用,站间距可达 600m,单线采集能力可达 2ms 采样、600 道。普遍使用交叉站以扩展多线能力。

⑤ 普遍重视人机界面的应用,小至笔记本或 PC 机,大至工作站均在使用。软件图形能力愈来愈强,多窗口界面的应用日趋普遍。

⑥ 实时相关处理能力越来越强,噪音编辑及叠加算法不断改进,双源的相关技术使用日益广泛,具有千道实时处理能力的相关器已经出现。

⑦ 仪器及采集站的设计上,大量使用了各种专用集成电路。某些专门设制的电路可达数万门乃至十万门以上的规模。主机的设计中采用了较多的 DSP 芯片,将数字信号处理功能引入到数据采集过程,完成数字滤波、抽取、FFT 及叠加等多种功能。

⑧ 仪器及采集站设计上,普遍采用了 SMT(表面贴装技术)及 FPGA(超大规模门阵列芯片)。

## 1.2 常规数字地震仪基本原理

### 1.2.1 常规数字地震仪基本结构

图 1-1 是常规数字地震仪 DFS-V 型的结构框图。由图可知,仪器由地震检波器、电缆、覆盖开关、模拟箱、控制箱、磁带机、示波器、遥控震源同步系统、电台和电源等构成。

在陆地上进行地震勘探时,除地震检波器和电缆布置在测线上,其余部件均安装在专门的地震仪器车上。在海上进行地震勘探时,则安装在专门的地震勘探船上。

### 1.2.2 常规数字地震仪基本原理

#### 1. 地震信息的接收和地震检波器

在陆地上进行地震勘探时,地震检波器和电缆(称为大线)按地震勘探设计的要求,布置在地震测线的排列上。在做二维地震勘探时,激发点和检波点布置在同一条测线上。在做三维地震勘探时,则布置在多条测线上。

当由震源激发产生地震波到达地面测线的排列上时,地震波使地面作机械振动,地震检波器与地面一起振动,便将其接收并转换为相应的电模拟信号,通过电缆传送到地震仪中。由此可知,地震检波器是一种机电转换装置,是地震仪接收处理地震信号的第一个环节,也是地震仪的关键部件。

#### 2. 地震波的激发与遥控震源同步系统

在陆地上进行地震勘探时,激发产生地震波和时断信号,现在均采用遥控震源同步系统。该系统及电台分别设置在激发点(炮点)和仪器车上,主要有仪器车上的编码器和双向通讯电台,炮点上的译码器、高压爆炸机和双向通讯电台。通常的激发震源为井中爆炸的炸药震源。当要激发产生地震波时,仪器操作员通过地震仪发出起爆指令,该指令经过编码器,由电台发送给炮点。炮点的电台接收到起爆指令,经译码器形成起爆点火指令,该指令控制高压爆炸机,引爆雷管和炸药,激发产生地震波。

在激发产生地震波的同时,炮点遥控震源系统向仪器车发回验证时断信号(TB)和井口检波器信号,经辅助道处理后记录下来。

激发产生地震波的震源除炸药震源之外,还有气枪、蒸汽枪和可控震源等。遥控震源同步系统同样适用于这些震源。

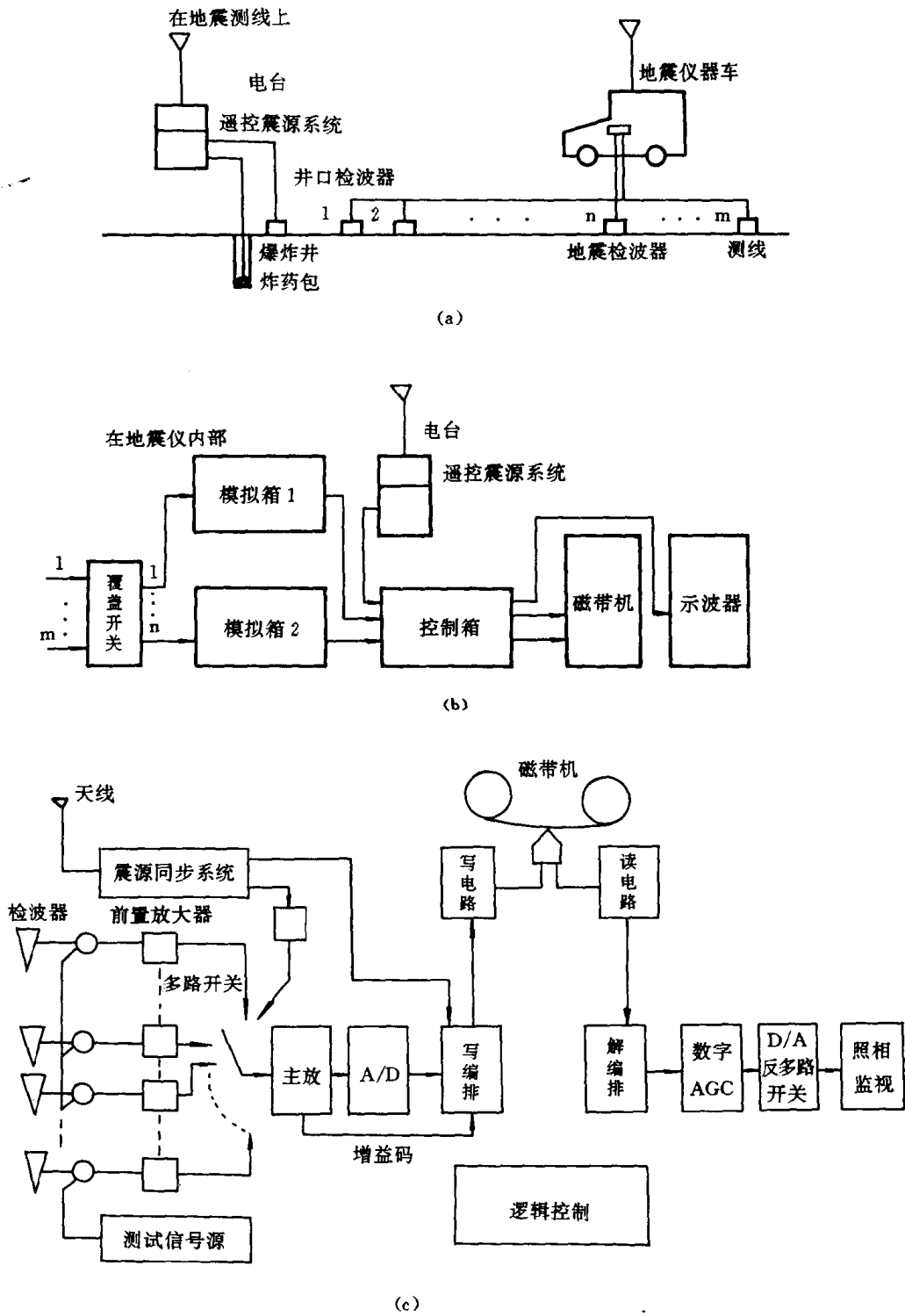


图 1-1 常规数字地震仪 DFS-V 型的结构框图及电原理框图

### 3. 地震检波点的移动(滚动)与覆盖开关

覆盖开关是数字地震仪的输入部件,是辅助设备之一。工作时,地震检波器的覆盖大线接在它的输入端,经过覆盖开关再接至模拟箱的输入端。用于作多次覆盖时,改变地震检波器在排列上的位置,实现排列的“滚动”式移动,是一种多快好省的工作办法。

### 4. 地震信息的采集与采集系统

地震信息的采集,主要由数字地震仪的采集系统来完成。常规数字地震仪的采集系统通常称为模拟箱,集中在仪器车上,所以常规数字地震仪又称为集中式数据采集系统;而遥测数字地震仪的采集系统通常称为采集站,工作时分布在测线的各检波点上,故又称遥测数字地震仪为分布式数据采集系统。

采集系统由前置放大器、多路采样开关、主放大器和模数转换器等构成。在常规数字地震仪的模拟箱中还设有检测电路。采集系统是数字地震仪的主要部件,一台数字地震仪的主要性能技术指标亦主要在采集系统。

一个模拟箱内有若干个地震道电路,如 DFS-V 数字地震仪一个模拟箱内有 60 个地震道和 6 个辅助道(一般只用 4 个辅助道),SN338 数字地震仪中,一个模拟箱内有 48 个地震道和 4 个辅助道。要扩展地震道数,可以增加模拟箱数来解决。如 DFS-V 数字地震仪,60 道用 1 个模拟箱,120 道用 2 个模拟箱,240 道则可用 4 个模拟箱。图 1-1 中有 2 个模拟箱,即有 120 道。模拟箱的主要组成部分与功能如下:

(1) 检测电路 其功能:一是在放炮记录之前,对地震检波器和大线的通路及其对地的漏电情况进行检测,以确保地震检波器和大线正常工作;二是检测仪器,如作日检和月检时,需将模拟箱中所有道的前置放大器输入端并联起来,输入同一测试信号,以检测各道性能的一致性;三是在正常放炮记录时,需使各道独立工作;四是产生仪器测试所需的测试信号,如正弦、仿真和阶跃脉冲信号等。

检测电路在任何一种地震仪中都是不可缺少的,而且检测的手段和方法越来越完善和简便。地震信号或测试信号经过检测电路之后,便送入到前置放大器中。

(2) 前置放大器 其功能:①对地震检波器或检测电路送来的有用差模信号,给以可选择固定增益低噪声线性放大,而对无用的共模干扰信号给以抑制,目的是使有用信号达到多路采样开关采样电平要求,实现不失真地放大和提高信噪比,以保证地震记录质量;②对地震信号滤波,滤除干扰波,保留有效波,以保证地震记录质量,达到地震勘探的要求。

滤波是地震仪向干扰作斗争采取的一种主要手段,在任何一种地震仪中都设有滤波器。在接收地震波进行记录时,一般采用宽频带滤波器,目的是尽量不丢失有效波,当然也会使某些干扰波被接收记录下来,但可以在回放处理时,由操作人员选择合适的滤波截频与陡度进行滤波,以选取所需要地有效地震波。

一个地震道里对应有一个前置放大器。一个模拟箱里有 60 个地震道,即对应有 60 个前置放大,还有 6 个辅助道的前置放大器。地震信号或测试信号经过前置放大器后,便进入到多路采样开关。

(3) 多路采样开关 其功能是对前置放大器发送来的模拟信号进行采样和编排,以使前置放大器送来的多路并行传输的模拟信号,变为一路分时串行传输的子样脉冲序列,实现模拟信号的采样,使其离散化,再送至主放大器。采样是模拟信号实现数字化的第一个环节。

(4) 主放大器亦称瞬时浮点放大器 其功能是对多路采样开关送来的每一个子样电压,不论其值大小都在其子样宽度内进行最佳增益放大,并将其最佳增益时的输出电压送至模数

转换器,同时亦将其最佳增益值变为二进制数,再送至控制器的记录编排器。对多路采样开关送来的子样电压,先由主放大器进行最佳增益的放大,再去进行模数转换,比不由主放大器放大,直接由模数转换器去转换,可以扩大模数转换的动态范围和提高弱信号的转换精度。这后一点对数字地震仪来说极为重要,它使数字地震仪有了强大的生命力和竞争力。

(5) 模数转换器 其功能是将主放大器输出的模拟子样电压转换为用二进制数表示的数字量电压,实现模拟量到数字量的模数转换。经模数转换后的二进制数,送至控制器的记录编排器。这样,主放大器和模数转换器一起,便将多路采样开关送来的每一个子样电压,均变为相应的用二进制数表示的浮点二进制数。主放大器和模数转换器是实现模拟信号数字化的第二和第三个环节,即量化与编码。至此,采集系统便完成了地震信息的数据采集工作。

### 1.2.3 地震数据记录与回放及其整机控制

控制箱(即控制器)是常规数字地震仪的控制指挥中心,仪器的主要操作开关都集中在这里,在仪器操作员的控制下,通过操作开关控制整台仪器按操作程序协调工作,同时也对仪器的工作状态提供显示,以确保仪器正常工作。控制箱的主要组成部分及功能如下:

(1) 记录程序和数据编排的控制 其功能是在进行记录时,控制震源起爆、模拟箱的数据采集、磁带机和示波器的启动与停止进行记录等工作。它使模拟箱按选定的采样周期和各部件所需要的工作节拍协调一致的工作,并对模拟箱输出的地震数据和要记录的附加数据,按记录格式的要求进行编排后,按顺序送入磁带机。

常用的记录格式如 SEG-B 格式,它主要分为头段、数据段、间隙和记录尾标志等。头段记录文件号、生产日期、地震队号、前放固定增益和滤波截频等附加资料。数据段记录地震数据,它是将每 4 道地震子样的增益阶码与尾数分为 1 组,记录在 10 个字节(行)中,其中前 2 个字节记录 4 道子样的增益码、后 8 个字节分别按顺序记录 4 道子样的尾数与尾数符号。每个字节有 9 位,其中 1 位记录 P 校验码,8 位记录数据。

(2) 地震监视记录的回放处理 该回放处理包括 4 个过程:①回放解编排,其功能是在回放处理时,将磁带机读出的按记录格式编排的数据,变为记录编排前的形式,按道序送入数字 AGC,它是记录编排的逆过程。②数字 AGC,其功能是将回放解编后的子样浮点二进制数,进行压缩或扩展,以适应显示记录器的动态范围和记录精度,经数字 AGC 处理后的数据再送入数模转换器。③数模转换器,其功能是将经数字 AGC 处理后的子样数据,变为模拟子样电压,之后送入反多路采样开关,它是模数转换的逆过程。④反多路采样开关及采样恢复低通滤波器,反多路采样是多路采样的逆过程,它是将数模转换后的一路分时串行传输的子样,变为采样时各道信号子样,再经采样恢复低通滤波器,滤除调制频谱,保留基带频谱,便可实现不失真地恢复为采样前的模拟信号。最后,有的仪器还要经回放滤波器进行回放滤波选择,之后送入显示记录器。

(3) 记录数据的处理 其功能一是在记录时,对记录的数据进行码制变换,选择原码、反码或补码进行记录。二是对配有可控震源的仪器,一般都配有数据叠加器,需对各次记录的数据进行代数叠加和算术平均值等运算。

(4) 读出与识别的控制 其功能是在做记录与其他操作时,需要对记在磁带上的数据进行读出并对其进行识别,以便自动地完成一些操作功能。如正反转查号、回到上一张记录末尾、在记录中验证记录号是否正确以便决定是否可以进行启爆等。如 DFS-V 仪器还能将所需观察的数据逐一显示在面板上,供操作员检查。

(5) 自动测试的控制 在对仪器进行各项测试记录时,可以自动地根据各个测试项目的

要求,改变或调整有关参数,而不需要操作员的干预,从而简化了仪器的使用。如 MDS-10 仪器,就设计有自动测试功能。

(6) 安全联锁与报警控制 当仪器工作不正常时,如某些开关位置不对、电源电压太低、磁带已用完等,安全联锁与报警控制可以自动禁止记录程序的进行,以免造成废品记录。同时用报警指示灯向操作员发出报警,指示故障的部件及性质,使操作员及时发现并排除。

(7) 自动检测 仪器在数据传送、记录、读出与处理过程中,发现数据位的丢失和错误时,自动检测可在面板上显示出错误的类型与数量,以使操作员了解仪器的工作状况。如 DFS-V、SN338 仪器,都配有专门的故障检测显示器,可指示出故障的具体部位,极大地方便了操作员对故障的排除。

在数控型数字地震仪中,配有一台小型数字计算机,对仪器的工作进行控制;在遥测数字地震仪中,都配有微机进行控制。这样可使仪器工作更加方便、灵活,地震资料还可以及时处理指导现场生产。

#### 1.2.4 地震数据记录磁带机

磁带机是用磁带上的磁层以剩磁形式来记录信息的一种机械/电子装置,是一种磁记录器。用于数字地震仪中的数字磁带机,其功能是将经记录编排后的数据记录下来成为数字磁带记录,并且亦可将已记录在磁带上的磁信息重新回放出来,供回放地震监视记录用。

磁带机的基本组成部分,主要有走带机构和电子线路两大部分。走带机构主要是机械部件,由电机带动带盘转动,从而使磁带运行。电子线路由写电路、读电路、逻辑控制与伺服电路等组成。

写电路是将按记录格式编排好的写数据,进行选通控制、扭曲校正和电流放大后送入写磁头。写磁头将写数据电流变为磁通去磁化紧贴写磁头工作面运行的磁带而记录下来。读磁头则将已记录磁信息的磁带,经过读磁头工作面时,由读磁头将磁带上的磁信息变为感应电势而读出来,再送入读电路。读电路将读出来的波形失真的微弱信号,变为数字信号送入回放监视电路。磁带伺服电路控制磁带恒速而平稳地紧贴磁头组工作面运行,而逻辑控制电路则控制磁带机进行各种运行方式,从而完成磁带机的写读功能。

磁带机用宽 0.5 英寸<sup>①</sup> 9 轨磁带,与通用电子计算机兼容,因此,所得数字磁带记录,可直接用通用电子计算机处理。磁带记录方式用 NRZI(反向不归零制)和 PE(相位编码即调制相)式,前者磁带记录密度为 800 位/英寸,后者为 1600 位/英寸。有的遥测数字地震仪采用 GCR(成组编码)式,磁带记录密度为 6250 位/英寸。采用高记录密度的磁带,不仅可以节省磁带,更为提高采样率与增加地震道数创造了条件。

#### 1.2.5 地震信息显示记录仪

显示记录仪也是由机械部件和电子线路构成的一种记录器,一般亦称为示波器。其功能是将回放监视处理后的模拟信号记录下来,成为模拟波形地震监视记录,供检查仪器与地震解释用。它也是数字地震仪不可缺少的附属部件。

现在常规数字地震仪多用静电感光照相示波器。它的基本原理是将涂有氧化锌的记录纸从储纸库中由电机驱动出来,首先经高压电晕充电,使记录纸带有负电荷,然后经过由检流计和计时线聚焦的光束照射曝光,使曝光部分带有正电荷,最后经过由氟里昂作为载色体,而负性黑油墨为着色体的显影液显影,使曝光的带有正电荷的部分吸附负性油墨而呈黑色,记录时

<sup>①</sup> 1 英寸=0.0254 米



记录纸恒速运行,于是一张静电感光照相的模拟波形地震监视记录便形成了。

除上述之外,仪器中还配备有数据叠加器和相关器,用于可控震源工作时,对数据进行叠加和相关处理,以及配备有电瓶和发电机作为仪器的电源,还配备有空调机,保证仪器在不同气候条件下正常工作。

### 1.3 遥测地震仪简介

SN368 是法国 Sercel 公司 1984 年推出的产品,它是 1980 年推出的 SN348 的改进型,这两种仪器均用电缆传输数字化信息及计算机控制。据统计,这两种仪器在全世界遥测、多道数字地震仪总数中占 70% 以上。我国已引进 SN348 型仪器 13 套,SN368 型仪器 18 套(包括一套 480 道)。几年来生产实践证明:SN368 工作可靠、技术比较成熟,中央记录系统轻便、操作简单,采集站野外适应性良好,由于它设有 CSU(交叉采集站),扩展多线时较为方便。由于上述原因,本书以 SN368 遥测地震数据采集系统(以下简称 SN368)为典型,论述电缆传输遥测系统的基本原理。

#### 1.3.1 SN368 系统框图及其说明

SN368 系统框图见图 1-2。说明如下:

· 主控单元 MCU 是整个系统的控制记录处理中心。它由微化的小型计算机来控制。

· 显示单元 DU 实为 SN368 的控制台。主机启停、排列参数、记录参数、回放参数、操作方式、故障禁止码及上下文存储器内容等均由 DU 置入和显示。

· 磁带机 TT 为 PB5-09,它有两种选件:单密度 1600bpi-PE,或双密度 1600bpi-PE/6250bpi-GCR。

· 行式打印机 PTR 打印野外采集站、主机和头段的测试结果;打印内存的汇编程序或微程序;打印生产班报及出现的错误。

· 电源单元 PSU 输入为 12V 直流电压,由它变换成各种电压供给 MCU、TT 及野外站单元。

· 照相记录仪 可配用两种型号。其一为 ERC-10 型,它一次可显示 60 道;其二为 DFM-250 型,它一次可显示 120 道或 240 道。

· 野外地震数据采集系统 包括采集站(SU)、交叉采集站(CSU)、转发站(RU)、爆炸/井口站(TB/UH)、电源站(PSU)、检波器和数据传输电缆等。

· 震源同步系统 可选用 200 系列或 300 系列。

以上部件组成 SN368 最基本的配置系统。

· 可控震源 可配有 CONOCO 的 Vibroseis。

· 相关叠加器 CS 可选用 CS-2502 或 CS260。

若要达到 600ch/1ms 或 1200ch/2ms 或 2400ch/4ms 还应加选大线扩展器(LXU)、海量存储器处理机(MMP)和电源扩展单元(PXU)。

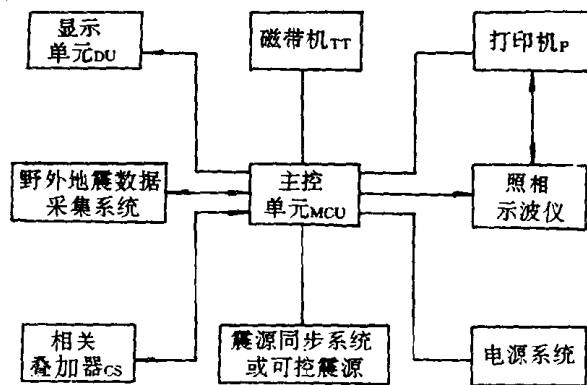


图 1-2 SN368 系统框图