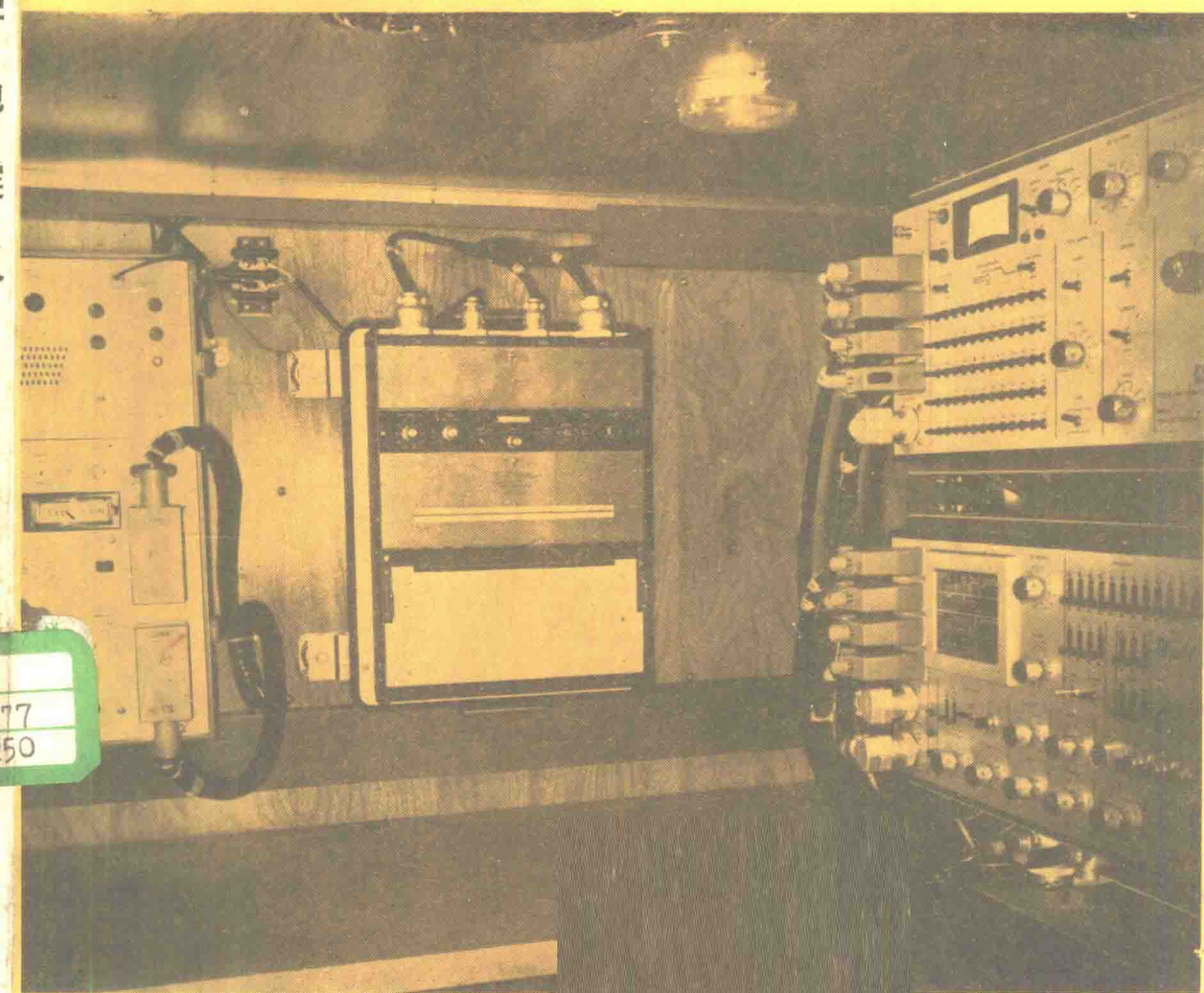


DFS-V

数字地震仪



地质出版社

DFS-V 数 字 地 震 仪

DFS-V 数字地震仪编写小组 编

地 质 出 版 社

DFS-V 数字地震仪

DFS-V 数字地震仪编写小组 编

•

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版
(北京西四)

地质印刷厂印刷
(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

•

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张: $15^{7/8}$ · 插页: 三个 · 字数: 384,000

1980年3月北京第一版·1980年3月北京第一次印刷

印数1—3,090册·定价2.10元

统一书号: 15038 · 新468

前 言

美国得克萨斯仪器公司研制的DFS-V 数字地震仪,是目前世界上应用较广、具有一定代表性的一种地震野外数据采集系统。为了配合引进国外先进技术,给国内地球物理勘探的生产、科研、仪器制造和教学工作提供一本参考书,我们根据有关该仪器的资料编写了本书。编写小组由地质部石油物探研究大队、武汉地质学院、地质部第二物探大队的李家润、吴晖、陈立祥、王隆兴、王非君同志组成。苏子栋同志撰写了个别章节,并审阅了部分稿件。袁兑、柳栋林同志对原稿件提供了许多宝贵意见。张建文、阎兰素等同志绘制了全部图件。在编写过程中,地质部石油普查勘探局物探处等单位给予大力支持和热情帮助,特此致谢。由于时间仓促,编写者水平有限,书中肯定会存在着许多缺点、错误,恳请读者指正。

目 录

第一章 系统概述	1
1.1 DFS-V数字地震仪的整机系统	1
1.2 模拟部件	1
1.2.1 模拟部件结构及其功能	1
1.2.2 正常数据记录	3
1.2.3 辅助功能	3
1.2.3.1 辅助道	3
1.2.3.2 炮点地震信号放大器	4
1.2.3.3 记时信号延长	4
1.2.3.4 标准频率	4
1.2.3.5 数据滤波器组	4
1.2.3.6 滤波器和前放增益编码	4
1.2.4 测试和校准功能	4
1.2.4.1 直流电压表	4
1.2.4.2 交流电压表	4
1.2.4.3 欧姆表	4
1.2.4.4 漏电表	4
1.2.4.5 校准用的正弦测试信号发生器	4
1.2.4.6 指数振荡器	5
1.2.4.7 脉冲信号发生器	5
1.2.4.8 道开关	5
1.3 控制部件	5
1.3.1 控制部件的内部结构及功能	5
1.3.2 模拟部件控制	6
1.3.3 数据接收和漂移消除	6
1.3.4 磁带机控制	7
1.3.4.1 格式逻辑	7
1.3.4.2 编码及写入磁带	7
1.3.4.3 磁带机送回数据和状态	7
1.3.4.4 运行控制	7
1.3.5 辅助信息的提供	7
1.3.6 回放和相机控制	8
1.3.6.1 标准的AGC	8
1.3.6.2 公控AGC (GAGC)	9
1.3.6.3 程序增益控制 (PGC)	9
1.3.6.4 浮点	9

1.3.6.5 去浮点	9
1.3.6.6 初始增益	9
1.3.6.7 释放	9
1.3.6.8 最终增益	9
1.3.6.9 能量监视器	9
1.3.6.10 照相示波仪(相机)的控制	9
1.3.7 校准和监视	9
1.3.8 记录计时	10
1.3.9 计算机野外系统接口	10
1.4 磁带机	11
1.4.1 磁带机的结构及其功能	11
1.4.2 速度转换特点	11
1.4.3 多机操作	11
1.4.4 双写	12
1.5 电源	12
1.5.1 模拟部件和控制部件电源	12
1.5.2 磁带机电源	12
1.6 技术指标	12
第二章 DFS-V 的面板控制和仪器操作	17
2.1 DFS-V 面板控制	17
2.1.1 模拟部件面板控制	17
2.1.2 控制部件面板控制	19
2.1.3 磁带机面板控制	23
2.2 仪器操作	25
2.2.1 空载状态	25
2.2.2 正常的数据采集	26
2.2.3 寻找	26
2.2.4 回放	26
2.2.5 带旁路	27
2.2.6 反绕	27
第三章 模拟部件	29
3.1 总述	29
3.2 大线滤波器	29
3.3 前放滤波	30
3.3.1 概述	30
3.3.2 前置放大器	30
3.3.3 低截止滤波器	32
3.3.4 高截止滤波器(去假频滤波器)	32
3.3.5 陷波器	34

3.3.6 稳定放大器	36
3.3.7 前放滤波的技术指标和系统幅频响应	37
3.3.7.1 技术指标	37
3.3.7.2 系统幅频响应	37
3.4 多路转换开关	39
3.4.1 多路转换开关的作用	39
3.4.2 多路转换开关	39
3.5 瞬时浮点放大器	40
3.5.1 瞬时浮点放大器的原理	40
3.5.2 瞬时浮点放大器的特点	41
3.5.3 瞬时浮点放大器的结构及其工作过程	42
3.5.4 瞬时浮点放大器的基本部件介绍	44
3.5.4.1 增益放大级	44
3.5.4.2 增益衰减器	47
3.5.4.3 增益比较器	49
3.5.4.4 放大器计时和增益逻辑控制	51
3.6 A/D 转换器	51
3.6.1 概述	51
3.6.2 A/D 转换器的组成及其功能	52
3.6.3 A/D 转换器的工作过程	52
3.6.4 A/D 转换器的基本部件介绍	54
3.6.4.1 二进制正负梯网络及开关	54
3.6.4.1.1 梯网络分析	54
3.6.4.1.2 四位电流开关	58
3.6.4.1.3 梯网络开关	60
3.6.4.2 第一比较器	61
3.6.4.3 第二比较器	62
3.6.4.4 保持积分器	63
3.6.4.5 参考电源	63
3.6.4.6 控制逻辑	64
3.7 模拟部件的逻辑控制	65
3.7.1 概述	65
3.7.2 控制部件到模拟部件的输入指令位	65
3.7.3 模拟部件到控制部件的输出数据位	69
3.7.4 系统计时	72
3.7.5 模拟部件逻辑控制电路	73
3.7.5.1 接收部分	73
3.7.5.1.1 线接收器	73
3.7.5.1.2 移位寄存器	74
3.7.5.1.3 保持寄存器	74
3.7.5.1.4 译码器	76

3.7.5.2 发送部分	76
3.7.5.2.1 保持寄存器	76
3.7.5.2.2 数据选择器	76
3.7.5.2.3 移位寄存器	80
3.7.5.2.4 线驱动器	80
第四章 记录控制部分	83
4.1 记录控制部分的功能及组成	83
4.1.1 记录控制部分的功能	83
4.1.1.1 数据的采集和传输	83
4.1.1.2 系统数据记时	83
4.1.1.3 系统控制	85
4.1.1.4 系统的起动和停止	85
4.1.1.5 爆炸信号	85
4.1.1.6 面板扫描	86
4.1.2 记录控制部分的组成	86
4.1.3 系统工作过程	87
4.2 时钟系统	87
4.2.1 64千赫的字速率	87
4.2.1.1 8192千赫的晶体振荡器	88
4.2.1.2 12位分频器	88
4.2.1.3 指令同步和字钟的产生	88
4.2.2 系统步进钟 (SAC) 的产生	88
4.2.2.1 压控振荡器频率 (VCOF) 的产生	89
4.2.2.2 SEG-B SAC的产生	91
4.2.3 读钟 (RD CLK)	91
4.3 地址序列	91
4.3.1 功能	91
4.3.2 地址序列的产生	92
4.3.3 电路介绍	92
4.3.3.1 箱地址MAE的形成	92
4.3.3.2 板地址BAE和道地址CAE的形成	92
4.3.3.3 辅助地址的产生和控制	95
4.3.4 不工作指令的产生	96
4.3.5 地址序列工作流程	96
4.3.6 漂移滤波器存储器地址	100
4.4 漂移滤波器	100
4.4.1 原理和方法	100
4.4.2 零漂滤波器的工作框图	103
4.5 文件号逻辑	106
4.5.1 文件号操作	107

4.5.1.1 步进操作.....	107
4.5.1.2 显示操作.....	108
4.5.1.3 预置操作.....	108
4.5.1.4 复位操作.....	108
4.5.2 文件号的记录和显示	108
4.6 记录格式	110
4.6.1 记录格式在数字记录中的作用	110
4.6.2 记录格式	110
4.6.2.1 SEG-B 格式记录	110
4.6.2.2 SEG-C 格式记录	113
4.7 头段逻辑	115
4.7.1 功能	115
4.7.2 面板扫描控制	115
4.7.2.1 概述.....	115
4.7.2.2 面板扫描控制.....	119
4.7.3 头段格式编排.....	120
4.8 格式编排	123
4.8.1 格式编排的功能	123
4.8.2 SEG-B 格式数据段的编排	123
4.8.2.1 同步组的形成.....	124
4.8.2.2 计时字的形成和编排.....	124
4.8.2.3 辅助道的编排.....	124
4.8.2.4 地震道的编排.....	125
4.9 记录方式编码	129
4.9.1 NRZI记录方式编码.....	129
4.9.2 PE记录方式编码	131
4.10 记录过程中的错误检测	135
4.10.1 错误检测的种类	135
4.10.2 工作原理	135
第五章 磁带机部件	140
5.1 磁带机概述	140
5.2 磁带机的控制系统	140
5.2.1 磁带机到控制部件的连接	141
5.2.2 控制部件到磁带机的信号	141
5.2.3 磁带机到控制部件的信号	145
5.2.4 磁带机内部产生的信号	146
5.3 信号的写入	149
5.3.1 写入信号流程	149
5.3.2 写电源及其控制	149
5.3.3 写延迟电路	151

5.3.4 写放大器	152
5.4 信号的读出	153
5.4.1 读出信号流程	153
5.4.2 读前置放大器	154
5.4.3 增益带宽调节电路	155
5.4.4 读阈值电路	156
5.4.5 读逻辑电路	156
5.4.6 读时钟发生器电路	158
5.4.7 道监视器电路	159
5.5 磁带机的运转控制	159
5.5.1 运转机构	159
5.5.2 工作原理	161
5.5.3 磁带机的运转顺序	164
第六章 回放部分	174
6.1 概述	174
6.2 读逻辑电路	175
6.2.1 NZ读逻辑	175
6.2.2 PE读逻辑	175
6.2.2.1 读译码	175
6.2.2.2 错误位改正和PE读数据寄存器	179
6.2.2.3 PE读输出寄存器	180
6.3 NZ/PE 数据选择器和回放方式选择器	181
6.3.1 NZ/PE 数据选择器	181
6.3.2 回放方式选择器	181
6.4 反格式编排	182
6.5 自动增益控制 (AGC)	184
6.5.1 概述	184
6.5.2 框图和各个组成部分简述	185
6.5.3 电路工作原理	189
6.5.3.1 AGC第一乘法器	189
6.5.3.2 AGC第二乘法器	191
6.5.3.3 输出数据选择器	191
6.5.3.4 数据电平检测器	194
6.5.3.5 被乘数修改	194
6.5.3.6 移位字修改	197
6.5.3.7 移位数发生器	199
6.6 数模转换器	201
6.7 反多路转换开关	204
第七章 显示和安全联锁	206
7.1 显示系统	206

7.1.1 显示屏的显示内容	206
7.1.2 十进制数字显示	209
7.1.2.1 数字起动信号的形成	209
7.1.2.2 段的逻辑控制	209
7.1.3 二进制显示	212
7.1.3.1 校准滤波	212
7.1.3.2 二进制数据显示	215
7.1.4 系统状态/故障扫描和显示	215
7.1.4.1 显示控制	215
7.1.4.2 二极管矩阵	216
7.2 安全联锁	218
7.2.1 系统联锁	219
7.2.2 系统互锁	219
附录1. NRZI和PE记录方式	221
2. DFS-V数字地震仪和其它数字地震仪特性比较表	224
3. 开关、指令符号索引	230

第一章 系统概述

1.1 DFS-V数字地震仪的整机系统

DFS-V数字地震仪接收来自检波器的输入信号并将其数字化。数字化后的数据既可以数字形式记录在磁带上，也可恢复成模拟形式，通过照相示波仪显示在相纸上。

这些功能由三个部件（亦称箱体）来实现，即模拟部件、控制部件和磁带机。此外，还备有照相示波仪。部件之间由电缆连接，如图1—1所示。

DFS-V数字地震仪是可以扩展的。模拟部件和磁带机能够各自扩展到四个。也就是说，它的控制部件同时可以控制四个模拟部件和四个磁带机进行工作。图1—2示意地说明了这种扩展系统。

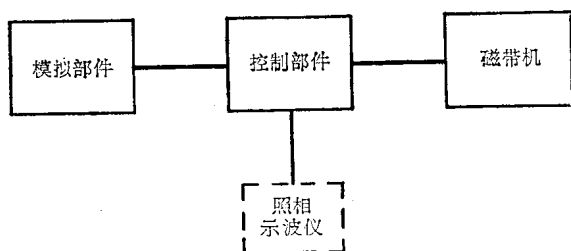


图 1—1 DFS-V系统连接图

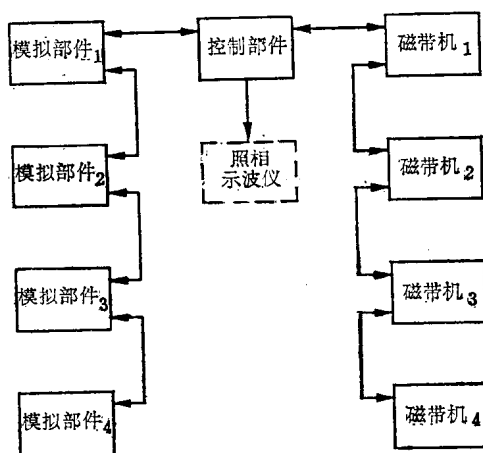


图 1—2 DFS-V扩展系统

为了使读者对DFS-V系统有个总括的了解，我们提供了该系统的组成框图（图1—3）。

1.2 模拟部件

1.2.1 模拟部件结构及其功能

模拟部件内部一共由16块板组成，这些板分别是：

1. LF板（大线滤波板），共有2块；
2. FM板（滤波器多路转换板），一共有10块；
3. OC板（振荡器控制板），仅1块；
4. A板（瞬时浮点放大器板），仅1块；
5. A/D板（模/数转换器板），仅1块；
6. AL板（放大器逻辑板），仅1块。

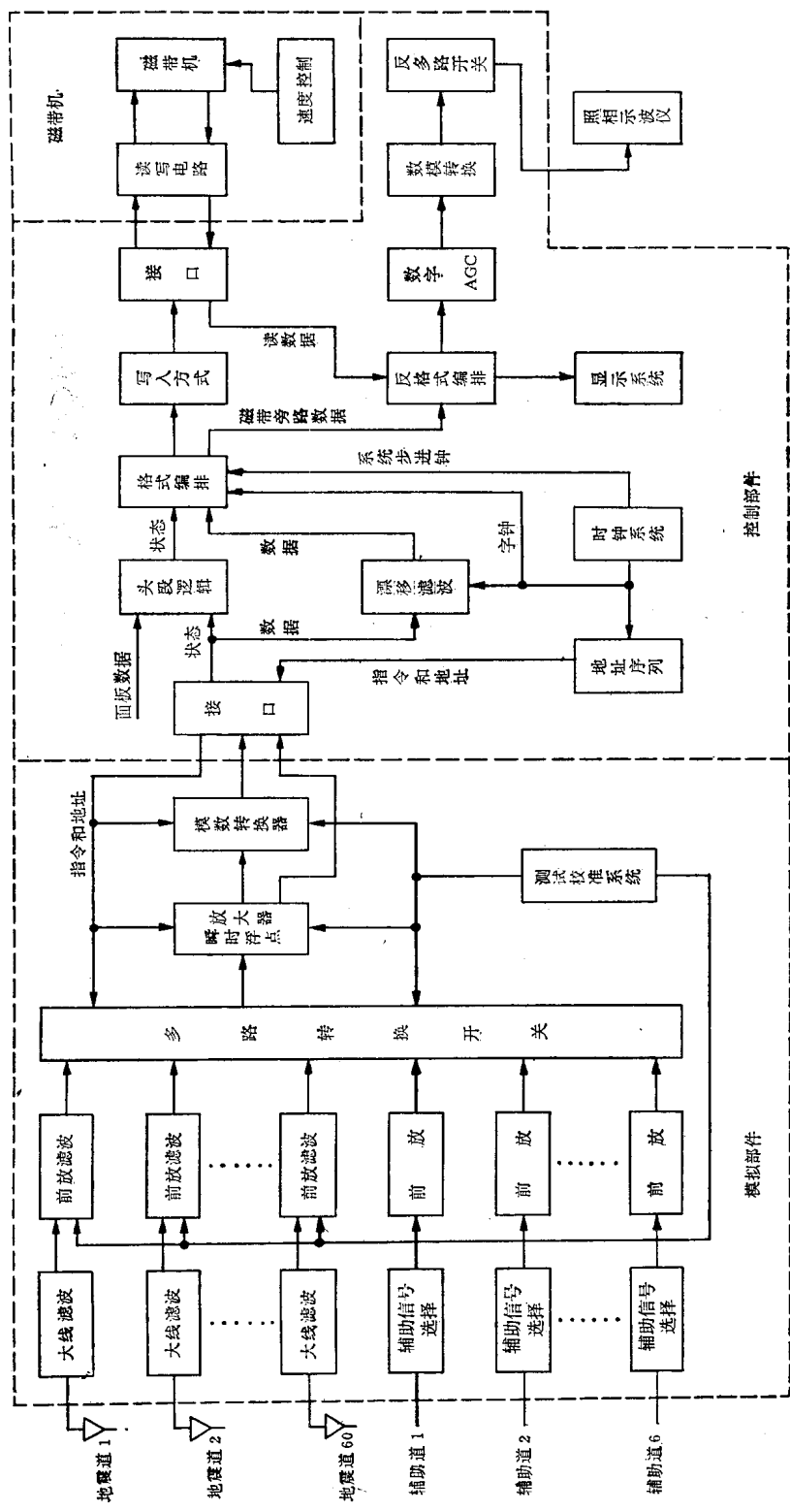


图 1—3 DFS-V组成框图

这些板所要完成的功能如下：

1. 主要功能是将检波器接收的模拟信号转换成数字形式；
2. 提供几种与正常数据记录无直接关系的辅助功能，如：爆炸点检波器信号放大，爆炸记时^①信号延长，标准频率产生，数据滤波，滤波器编码，等等；
3. 对系统进行测试和校准。

1.2.2 正常数据记录

模拟部件最多可接收 60 个数据道，在扩展系统中最多可接收 240 个数据道。

从检波器来的地震信号，首先通过大线滤波器，以衰减大线上的射频干扰。经大线滤波后，信号进入前置放大器，进行一定的放大，然后进入可选的低截止滤波器、高截止滤波器以及 50 或 60 赫的陷波器，滤除各种干扰信号。信号滤波后，进行采样和多路编排（亦称多路转换），然后由瞬时浮点放大器放大。在某个时间里，放大器对哪一道进行浮点放大，这要由控制部件发来的地址指令决定。瞬时浮点放大器以 4:1 的台阶调整它的增益，使放大的信号达到一个适当的电平，供给模数转换器进行数字转换。

最后，数字数据（放大器增益码和 A/D 转换器的数字输出）以串行方式传送到控制部件进行格式编排，并传送到磁带机。图 1—4 是上述记录流程的框图。

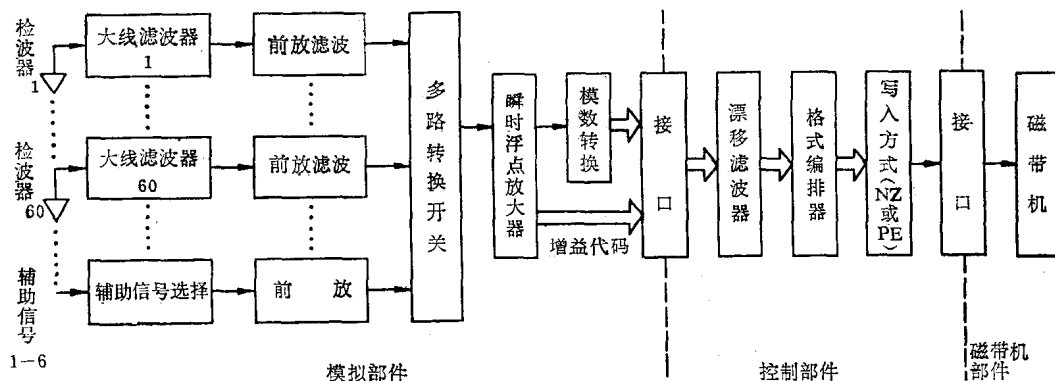


图 1—4 记录流程框图

关于正常数据记录，在第三章中将有更详细的介绍。

1.2.3 辅助功能

下面对模拟部件的辅助功能分别进行叙述。

1.2.3.1 辅助道

模拟部件中有 6 个辅助放大器，与多路转换开关相连接。任何辅助功能道（爆炸点检波器信号、记时信号延长、标准频率、数据滤波）或所要求的其他功能道，都可连接到这些放大器上。这些放大器和多路转换开关所提供的通道，在给定的时间节拍里，使辅助信

^① 书中记时与计时通用。

息数字化，并传送到控制部件。各辅助道都是单一增益（2°或0分贝）。

1.2.3.2 炮点地震信号放大器

炮点地震信号放大器用于接收距爆炸点最近的地震检波器来的地震信号。放大器具有可控增益，并在调定的时间之后受到压制。

1.2.3.3 计时信号延长

计时信号延长装置可存储足够长的爆炸计时信号（“拉长”信号），以确保多路转换开关对计时信号进行采样。

1.2.3.4 标准频率

标准频率提供精确的25或50赫的信号，对计时线进行校验。

1.2.3.5 数据滤波器组

数据滤波器组与模拟信号滤波器组是相同的，通常用于可控震源系统。当从内部“信号调节系统”接收信号时，可使从属于可控震源的导频信号获得同样的传递函数。

1.2.3.6 滤波器和前放增益编码

滤波器和前置放大器的增益编码，在多路转换开关每次扫描的第一个时间节拍里，都传送到控制部件。这些信息和数据一起记录在磁带上。前放增益是由FM板上的三档开关决定的。滤波器的截止频率值由电阻网络插件决定。

1.2.4 测试和校准功能

1.2.4.1 直流电压表

直流电压表位于模拟部件面板上，用于监视整机的电源。它还可以用于多种测量，在每一部件（模拟部件、控制部件和磁带机）上都有各自的表头量程选择开关。通过量程选择器电阻的电流，也可导致表针摆动，该电表的标值为0—150%。表头量程电阻的选择，是使所有电源电压处于额定值时读数为100%。

1.2.4.2 交流电压表

交流电压表用于监视控制部件中的回放系统和测试振荡器的输出，表头上的读数范围与模拟部件的直流电压表一样。

1.2.4.3 欧姆表

欧姆表用于检查大线的通断情况，表头上的读数范围也与模拟部件上的直流电压表一样，它还有一个中值为2千欧的特别刻度。

1.2.4.4 漏电表

漏电表用来测量检波器及其大线对地的漏电情况。为此，漏电表有两个辅助刻度，一个量程从10K到无穷大；另一个从零到无穷大，其中值为2千欧。

1.2.4.5 校准用的正弦测试信号发生器

正弦测试信号发生器可产生标准的正弦波信号，它与可调的衰减器以及放大器相结合，提供用于正常数据记录系统的测试信号。它产生的频率有：10.71，33.33，50或60赫。50赫或60赫的信号主要用于调整陷波器。1.2.3.4节中的25或50赫标准频率也是由它产生的。

正弦测试信号在各道上都可使用，既可作为共模信号使用，又可作为差模信号使用。

1.2.4.6 指数振荡器

指数振荡器信号的振幅值在开始时与正弦振荡器的振幅值等同,然后幅值以每秒12分贝(4:1)的速率衰减。它用于检查各部件对输入信号的响应情况。

1.2.4.7 脉冲信号发生器

脉冲信号发生器提供的对称脉冲信号,用于测试系统的脉冲响应。这个信号是不可调的。

1.2.4.8 道开关

六十个带有编号的三档开关分别对应于模拟部件上的60个地震信号道。这些开关可将所对应的地震道连接到测试信号或电阻测量装置上去。

1.3 控制 部 件

1.3.1 控制部件的内部结构及功能

控制部件内部共有18块板。这些板介绍如下:

1. FL板(格式逻辑板),有2块,一块为B格式逻辑板,另一块为C格式逻辑板。使用时根据磁带记录格式选择相应的逻辑板;

2. RP板(格式回放逻辑板),有2块,一块为RP-C(C格式回放逻辑板),另一块为RP-B(B格式回放逻辑板)。在使用时根据磁带记录格式而选择相应的格式回放逻辑板;

3. AS板(地址时序板),仅一块;

4. MS板(运动时序板),仅一块;

5. TM板(磁带运动板),仅一块;

6. OF板(漂移滤波板),仅一块;

7. ED板(外部数据板),仅一块;

8. DL板(显示逻辑板),仅一块;

9. HL板(头段逻辑板),仅一块;

10. PE板(相位编码读/写板),仅一块;

11. RD板(读译码板),仅一块;

12. NZ板(不归零制板),仅一块;

13. GM板(增益存储器板),仅一块;

14. AG板(自动增益控制板),仅一块;

15. DA板(数/模转换器板),仅一块;

16. DM板(反多路转换器板),有二块。

另外,控制部件的前面板由于不是在箱体内部,故不算在内,但也有它的控制系统。

所有这些板要完成的主要功能可归纳如下:

1. 对模拟部件进行控制;
2. 接收模拟部件来的数据并消除漂移;
3. 对磁带机进行控制;

4. 提供各种辅助信息;
5. 对磁带上的记录进行回放和相机控制;
6. 校准和监视;
7. 记录记时;
8. 计算机野外系统接口。

1.3.2 模拟部件控制

控制部件向模拟部件发送一系列地址和指令, 其内容有:

1. 对地震道进行采样;
2. 模拟部件向控制部件送状态和零漂数据;
3. 对瞬时浮点放大器进行自动增益选择的控制, 或对可控增益进行控制;
4. 对A/D转换器的输入信号源进行控制。

在正常的记录方式中, 瞬时浮点放大器由控制部件控制, 以自动调节增益的方式工作。但是有的时候, 放大器被指定在八个增益台阶中任意一个台阶中工作。这时, A/D转换器从放大器得到它的输入信号。在各种校准方式中, A/D转换器则从模拟部件的内部测试振荡器或从外部电压源得到它的输入信号, 或者接地。

由于控制部件向模拟部件发出一系列地址序列, 从而使得模拟部件的地震信号数据道能按顺序进行采样。然而, 在新的采样地址序列开始前, 有两个为特殊目的而设置的时间节拍, 第一个叫做 1ST START OF SCAN (第一扫描开始), 简称 SOS_1 。在这个时间节拍里, 模拟部件向控制部件发送滤波档和增益常数的状态数据, 并使瞬时浮点放大器的增益放大级短路接地, 进行稳定调零。第二个时间节拍叫做 2ND START OF SCAN (第二扫描开始) 简称 SOS_2 。在这个时间节拍里, 使模拟部件的瞬时浮点放大器输入端短路接地, 放大器被置于八个增益台阶中的一个台阶上。在这个台阶上, 模拟部件的直流漂移输出, 送往控制部件。

每当电源接通, 地址序列就连续不断地产生, 但是, 一旦收到爆炸信号或内部时断信号 (即仪器的内爆炸信号), 地址序列立即中断, DATA START (数据开始) 和 SOS_1 指令送出, 从而开始一个新的程序。

所有这些指令以位串行的形式, 传输到模拟部件。

1.3.3 数据接收和漂移消除

模拟部件的数字数据以串行形式输送到控制部件, 经转换成并行数据之后, 送到漂移滤波器。原来存储在漂移滤波器中的瞬时浮点放大器和 A/D 转换器的直流漂移值, 将从数字数据中减去。

将要减去的数值是来自 SOS_2 过程中所获得的漂移值。由于瞬时浮点放大器的直流漂移在某种程度上取决于它的增益, 所以在每次连续的 SOS_2 期间, 放大器的增益都有所不同。每次扫描周期取一个增益台阶, 八个增益台阶被依次选取。每八次扫描周期, 增益台阶就循环一遍。

每获得一个新的直流漂移值时, 完全修改存储器中原有的漂移值是不适当的, 因为收到的新值受噪音的影响比较大。所以在获得一个新漂移值时, 仅仅是新旧漂移值之差加到