

地震勘探仪器

仪器的性能和测试

〔英〕B.S.埃文登 D.R.斯通著

石油化学工业出版社

地震勘探仪器

仪器的性能和测试

[英] B.S. 埃文登 D.R. 斯通著

牛毓荃 陈俊生 译

石油化学工业出版社

本书译自《地震勘探仪器》第二卷。内容包括地震检波器，放大器，滤波器，模拟、数字磁带记录，监视记录仪和辅助设备等。书中重点介绍了数字地震仪的结构、性能和测试方法。

本书可供地震勘探仪器的研究、设计和操作、维修人员参考。

SEISMIC PROSPECTING INSTRUMENTS

B.S.EVENDEN, D.R.STONE and N.A.ANSTEY

Volume 2

Instrument Performance and Testing

by B.S.EVENDEN and D.R.STONE

GEBRÜDER BORNTRAEGER · BERLIN · STUTTGART

1971

地震勘探仪器

仪器的性能和测试

牛毓荃 陈俊生 译

*

石油化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

石油化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $7\frac{3}{4}$ 字数167千字印数1—8,250

1978年7月北京第1版 1978年7月北京第1次印刷

书号15063·油162 定价0.80元

目 录

五、地震检波器	1
5.1 检波器	1
5.1.1 实际因素和要求	1
5.1.2 动圈式检波器	6
5.1.3 阻尼	10
5.1.4 阻尼系数的选择	13
5.1.5 检波器灵敏度	16
5.1.6 线圈电阻的选择	16
5.1.7 检波器与地面间的耦合	18
5.1.8 数字级检波器	22
5.1.9 动磁式检波器	22
5.1.10 压电检波器	24
5.1.11 深井检波器	27
5.2 检波器组合的内部连接	28
5.2.1 电缆和输入线路电阻对检波器阻尼的影响	28
5.3 检波器测试	34
5.3.1 定期测试的重要性	34
5.3.2 检波器极性	34
5.3.3 检波器的一致性	35
5.3.4 检波器和地面间的漏电	37
5.3.5	37
六、模拟放大器和滤波器	38
6.1 运算放大器	38
6.1.1 用作运算单元	38
6.1.2 理想特性	40

II

6.1.3 差动输入放大器	42
6.1.4 用作微分器和积分器	44
6.1.5 用作比较器	46
6.2 滤波器	46
6.2.1 无源滤波器和有源滤波器	47
6.2.2 无源滤波器	47
6.2.3 定K式滤波器	50
6.2.4 π 推演式滤波器	50
6.2.5 有源滤波器	51
6.3 自动增益控制	54
6.3.1 衰减器元件	55
6.3.2 自动增益控制时间常数	57
6.4 起始压制	62
6.5 增益控制的其他方法	64
6.5.1 程序增益控制	64
6.5.2 程序增益控制器的校准	66
6.5.3 公共自动增益控制	67
6.5.4 二进制增益调整放大器	68
6.6 去假频滤波器	70
6.6.1 基本问题	70
6.6.2 基本要求	70
6.6.3 线路的选择	71
6.6.4 去假频滤波器引入的时间延迟	71
6.6.5 去假频滤波器在记录系列中的位置	72
七、模拟磁带记录	73
7.1 磁带记录的一般特性	73
7.1.1 历史背景	73
7.1.2 磁带机	73
7.1.3 磁带	76
7.1.4 磁头	76
7.1.5 记录过程	81

7.1.6	回放过程	82
7.1.7	磁头间隙的大小	83
7.1.8	磁轨的间距	84
7.1.9	磁带涂层的厚度	84
7.2	直接或偏置记录	85
7.2.1	原理	85
7.2.2	直接记录中的信号和偏流电平	88
7.2.3	纯波偏流的必要性	90
7.2.4	偏置频率	91
7.2.5	“前发”	91
7.2.6	窄轨磁头	92
7.2.7	信噪比为轨宽的函数	93
7.3	调频模拟记录仪	93
7.3.1	高逼真度模拟记录	93
7.3.2	调制过程	95
7.3.3	解调过程	96
7.3.4	噪声相消	97
7.3.5	噪声相消系统的调整	98
7.3.6	磁带漏码	99
7.4	模拟记录仪的测试	100
7.4.1	测试的基本原理	100
7.4.2	绝对计时准确度	101
7.4.3	振幅频率响应	102
7.4.4	信噪比的测定	103
7.4.5	磁头一致性	105
7.4.6	方位一致性	107
7.4.7	调制百分比	109
7.4.8	记录磁头的电测量	110
7.4.9	磁头磁化	112
7.4.10	磁头消磁	112
7.4.11	道间感应	113

IV

7.4.12 野外的常规测试	113
八、数字磁带记录	115
8.1 波形的数字表示	115
8.1.1 模拟与数字表示	115
8.1.2 二进(位数)制	115
8.1.3 二进制加法	117
8.1.4 二进制减法	118
8.1.5 二进制乘法	119
8.1.6 二进制除法	119
8.1.7 十进制转换为二进制	120
8.1.8 八进制数	121
8.1.9 十六进制编码	123
8.1.10 二进制编码的十进制	124
8.1.11 负值	124
8.1.12 用多少位	127
8.1.13 取样率	127
8.2 基本的数字逻辑	130
8.2.1 逻辑操作	130
8.2.2 与门	130
8.2.3 或门	132
8.2.4 非门(倒相器)	133
8.2.5 例	134
8.2.6 布尔定律	135
8.2.7 异(狭义)或操作	136
8.2.8 与非门(非与门)	137
8.2.9 数字存储设备	140
8.2.10 二进制计数器	143
8.2.11 译码逻辑	147
8.2.12 移位寄存器	148
8.2.13 数位组检测器	149
8.2.14 其他逻辑单元	150

8.3 多路编排(多路转换)	151
8.3.1 分(配)时(间)	151
8.3.2 取样频率	151
8.3.3 取样和保持	152
8.3.4 取样“时窗”	154
8.3.5 多路编排逻辑	154
8.4 模数转换	155
8.4.1 某些转换方法	155
8.4.2 逐次逼近法	155
8.4.3 梯形网络	156
8.4.4 比较器	158
8.4.5 框图	158
8.4.6 数字编码	160
8.4.7 编(记录)格(式)	162
8.5 数字磁带记录	163
8.5.1 一般记录方法	163
8.5.2 数字信号	163
8.5.3 标志不归零(NRZM)	164
8.5.4 交替不归零与标志不归零间的转换	165
8.6 数字格式	166
8.6.1 垂向奇偶校验	166
8.6.2 同步码	167
8.6.3 21轨格式	167
8.6.4 21轨二进制增益格式	169
8.6.5 记录密度—21轨	171
8.6.6 9轨记录格式	171
8.6.7 记录密度—9轨	173
8.6.8 S.E.G.A记录格式	173
8.6.9 S.E.G.A记录头资料	174
8.6.10 S.E.G.A数据记录格式	174
8.6.11 二进制增益记录格式	175

8.6.12	冗余检验	177
8.6.13	其他记录格式	178
8.7	数字磁带机	178
8.7.1	技术指标	178
8.7.2	计算机磁带机	179
8.7.3	轻便磁带机	180
8.7.4	磁带的装卸	182
8.7.5	读写磁头	182
8.7.6	控制功能	182
8.8	二进制增益控制补遗	183
8.8.1	为什么要用二进制增益	183
8.8.2	阶跃增益的概念	183
8.8.3	阶跃增益控制	184
8.8.4	增益阶跃的方法	186
8.8.5	二进制增益逻辑	187
8.8.6	方框图	187
8.9	野外数字回放	188
8.9.1	写后读装置	188
8.9.2	移位—滑动位	189
8.9.3	回放滤波	190
8.9.4	回放链	190
8.9.5	回放时钟的产生	191
8.9.6	扭歪校正	192
8.9.7	偶错检测	193
8.9.8	字的形成	193
8.9.9	数模转换	193
8.9.10	(多路)解编	194
8.9.11	输出线路	194
8.10	数字记录仪的测试	195
8.10.1	野外测试的内容	195
8.10.2	动态范围的检查	196

8.10.3	直线性检查	196
8.10.4	道间感应的检查	197
8.10.5	增益记录精度的检查	198
8.10.6	记录格式的检查	198
8.10.7	磁带扭曲的检查	200
8.10.8	极性检查	202
九、监视记录仪		203
9.1	照相记录示波仪	203
9.1.1	照相记录示波仪	203
9.1.2	基本仪器	203
9.1.3	显示的类型	205
9.1.4	检流计	207
9.1.5	检流计的阻尼	208
9.1.6	校准检流计水平方向的直流中心调整	209
9.1.7	检流计垂直方向的调整	211
9.1.8	机械因素	212
9.1.9	记录介质	212
9.1.10	静电示波仪	213
9.2	监视记录仪的测试	214
9.2.1	为什么要测试	214
9.2.2	计时线的准确度	214
9.2.3	记录速度和速度的恒定性	215
9.2.4	检流计的相位调整	215
9.2.5	检流计阻尼	216
9.2.6	计时线倾斜	216
9.2.7	野外的常规测试	216
十、辅助设备		218
10.1	爆炸机	218
10.1.1	爆炸机	218
10.1.2	爆炸机的遥控起爆	220

10.1.3	炮点通讯	220
10.1.4	线路检查装置	220
10.1.5	爆炸信号	220
10.1.6	无线电放炮	221
10.1.7	人工爆炸信号	221
10.1.8	真爆炸信号的发送	222
10.1.9	远距离折射的爆炸信号	223
10.1.10	起爆系统的检查	224
10.2	辅助道	225
10.2.1	井口时间	225
10.2.2	井口道的检查	226
10.2.3	计时道	226
10.2.4	增益控制道	226
10.3	大线检查及其他测试设备	227
10.3.1	大线检查和漏电测量装置	227
10.3.2	测试振荡器	228
10.3.3	辅助的叠加输入设备	229
10.4	压制交流高压线感应	231
10.4.1	基本问题	231
10.4.2	高压线感应的传播方式	231
10.4.3	补偿测量	232
10.5	电缆探伤器	235

参考文献

附录 二进制—十进制—二进制编码的十进制等值表

五、地震检波器^①

5.1 检波器

5.1.1 实际因素和要求

第一卷中曾研究过，记录仪器系统的第一环是安置在地面探测地震振动的仪器。陆上地震勘探中用的探测器在工业上称之为检波器，地震计。下面的讨论中我们统称它为检波器。

检波器的作用是以最大的逼真度产生地面运动垂直分量的电模拟。如果这一步失败了，以后为了减少记录畸变的一切努力均归无效。我们要求检波器的电输出应能在放大器输入端建立有用电压，并且要考虑到电缆的电阻和输入线路的阻抗。我们总是希望它的振幅—频率响应在有意义的频带内是平直的，相位响应是线性的，并通过相位轴上 2π 的整倍数点。

检波器按其机（地震）电转换的原理加以分类。以往已发展了许多种检波器，其中有三种主要类型，成为现在流行的检波器。按照它们应用的转换原理分类如下：

1. 动圈式。
2. 动磁式。
3. 压电式。

当前陆地工作中使用的所有检波器都是动圈式的。其余两种特别适于压敏工作，用在海洋、沼泽和测井检波器中。

^① 图1译时删掉。

一种典型的动圈式检波器示于图 2。

应该要求反射检波器比任何野外设备更经久耐用。在正常工作中它必须能经受住成千上万次的插下和拔起，甚至浸入水中，行车颠簸以及许多其它的考验。只要考虑到野外的使用价值，在检波器的发展中就必须考虑这些事实。

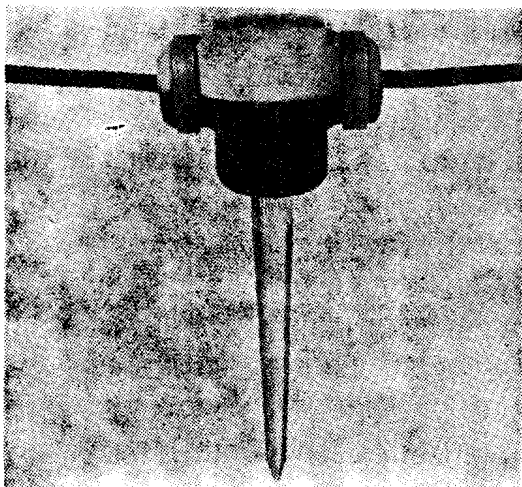


图 2 典型的轻便检波器高度（不带长钉）25.4 毫米，重量（不带长钉）51克

考虑到来自交流输电线，电气牵引系统，闪电等电干扰（噪声），检波器可能把噪声输进记录仪器。这些干扰大部分由地电流传输并经过检波器与地面之间的欧姆漏电引入记录设备。

为了使电感应减至最小，检波器及其接线柱必须完全与地绝缘。最有效的方法之一是把检波器用塑料外壳封闭起来，然后用绝缘物质充填接线柱周围的空隙，如图 3 所示。

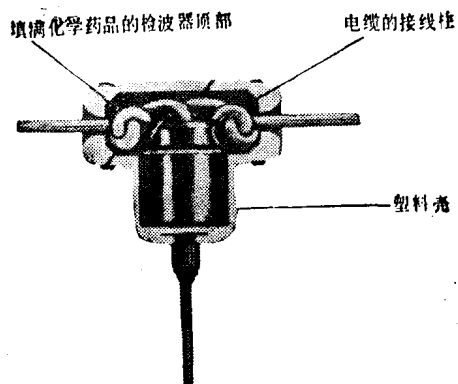


图 3 轻便检波器剖面图（表示出了联接电缆的接线柱和充填物）

近代反射记录技术要求在每个检波点使用多个检波器。每道检波器的数目决定于所在位置的条件和地球物理问题的性质；通常应用 6 至 100 个检波器。

使用大量检波器不要每次都分别一个个地连接在一起。最好先把检波器用小线连接好，每根小线上有一个子组合，是组合道检波器总数的一部分。为了装卸方便，每根小线用一些小环穿在专用线管或运载器上。

一个典型的检波器小线和线管示于图 4。

用小线能把多少检波器连在一起，一般不由检波器的重量来决定；而往往是由所要求的连接线数量决定。同时为了使连接线的重量和体积减少到最低限度，必须细心地选择材料。事实上证明铍铜或青铜物质做成的绞线，外面包上橡皮是适用的。这类导线兼有抗拉和抗扭的性质，并具有适宜的低电阻值。

4

检波器内部连接线经常损坏的地方是进入检波器处以及检波器的内部接线柱。

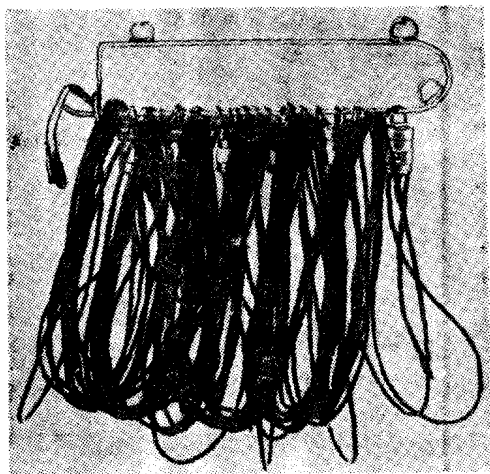


图 4 穿在运载线管上的典型检波器小线

检波器接线柱处的损坏多半是由于把导线拉出而引起的。为了防止这种现象，接线柱的簧片应经受住与导线所能经受的一样大的张力。最简单也是最有效的一种方法是用打结的办法防止检波器内的导线被拉出。

为了尽可能的减少在输入处的损坏，导线可弯曲的半径一定要大。这只要从检波器盖内侧开始装一个向外延伸几厘米的加强橡皮套即可，或者调整输入处检波器盖的形状也可达到同样效果，见图 5。

为了可靠地模拟地面振动，检波器必须与地面接触良好，因此，检波器上带有长钉以便插进松软的地表，或者带一块基板，借以增大检波器与地面的接触面积。

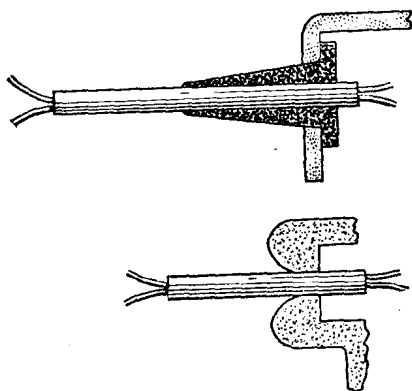


图 5 把电缆输到检波器内的两种方式

关于检波器与地面耦合的问题以后还将叙述。

在沙漠地区，由飞沙走石冲击检波器体引起的噪声是非常麻烦的。在那些大风弥漫的地区，把检波器排列埋置起来，可使噪声大为降低。

检波器和记录放大器之间的高电阻连接能引入噪声，并且增加了对高压输电线感应的灵敏度。所以线夹和插头必须设计得比较紧固，甚至在有泥土和灰尘存在时，也保持低电阻连接。

经验证明，必须经常改变每个组合中的检波器个数及其内部的连接方式，连接系统应该适应这一点。

测线上每点的检波器组需要连接到记录仪上，为此，我们使用多芯电缆，也就是通常所谓的“排列电缆”（大线）。这种大线上带有插头，也就是通常所说的“抽头”，它们位于排列的适当间隔处，保证每组检波器正确的与一对缆芯相联。

对在海洋、沼泽地区工作，用不漏水插头来连接检波器与大线是必要的。为了防止未连接时有灰尘和潮气进入，插头应带一个套子。

现在让我们继续更详细地研究一下动圈式检波器。

5.1.2 动圈式检波器

动圈式检波器与众所周知的动圈式微音器和扬声器有相同的工作原理，它把机械能转换成电能，或者相反把电能转换为机械能，转换是由线圈在一个磁铁的环形磁通间隙中运动来实现的。在微音器中，线圈固定在隔膜上。空气压力波（声波）作用在隔膜上推动线圈，往复切割磁力线，于是在其两端产生一个电压。在动圈式检波器中，磁体与地面耦合，并且在实际应用中与地面一同运动，而悬挂的线圈和线圈架由于其惯性作用趋向于保持稳定。

检波器的基本单元（一个永久磁铁和一个线圈及其悬丝）宜于在制造时进行精密的质量控制，而且可以装配在一个坚

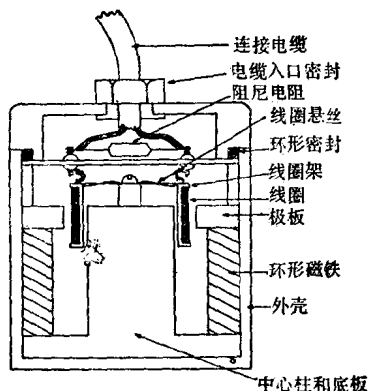


图 6 典型的环形磁铁检波器剖面