

国外 地球物理勘探新技术



石油部地球物理情报协作组

一九八〇年十一月

国外地球物理勘探新技术

石油部地球物理情报协作组

一九八〇年十一月

前 言

石油部情报所和物探局情报室于一九八〇年三月组织物探情报协作组调查了七十年代国外地球物理新技术。参加这项工作的单位与个人有：

石油部地球物理勘探局	陈俊生 孙忠勤 陈全根
新疆石油管理局地调处	刘汝腾
辽河油田物探处	边醒建
胜利油田地调指挥部	黄汉民
长庆油田地调指挥部	陶永宁
西安石油仪器总厂	胡顺堂

初稿于一九八〇年七月完成，先后在物探局内及物探东、西情报协作组范围内广泛征求了意见。在征求意见的基础上，由物探局情报室牛毓荃补写了“国外偏移技术”、“平面波前法处理”，张淑敏重写了“三维地震勘探技术”、“横波地震勘探”、“高分辨率地震勘探”，金福锦重写了“地震地层学”。全稿由陈俊生、刘汝腾审定。

全书的封面设计、编辑加工由物探局情报室黄祥秀、施宝莉、金问心负责完成。

编 者

一九八〇年十一月于涿县

目 录

前言

国外地震勘探现状及我们的差距.....	(1)
国外地震勘探仪器发展情况.....	(5)
地震检波器测试仪及地震检波器.....	(25)
地震勘探运载工具.....	(40)
地震勘探钻机和地震震源.....	(51)
几种无线电定位系统.....	(77)
国外陆上地震队的人员组成、装备和生产效率.....	(81)
国外偏移技术.....	(88)
平面波前法处理.....	(103)
合成声波测井.....	(111)
三维地震勘探技术.....	(120)
横波地震勘探.....	(145)
高分辨率地震勘探.....	(161)
垂直地震剖面法.....	(170)
地震地层学.....	(180)

国外地震勘探现状及我们的差距

近十年来,国外地震勘探的发展趋向,是广泛采用数字技术,提高地震资料的分辨率,尽可能多地获取与油气有关的地层信息和岩性信息,并在资料解释中充分加以利用。

十年来,西方各国地球物理勘探新方法、新仪器、新技术发展迅速,效果显著。地震资料的数字处理,反过来又推动了野外工作方法的改进。数字处理与资料解释的密切结合是当前地震勘探的显著特点。

这一时期,国内地震勘探技术与国外相比,差距较大。主要方面大致相当于国外六十年代的水平,因此,不能适应我国石油工业发展的需要。

就地震勘探野外工作水平来看,国外陆上和海上地震队已全部使用数字地震仪,地震数据的采集精度显著提高。为适应高次复盖和三维地震工作的需要,地震仪的道数由常规的48道或96道向200道以上迅速发展。地震信号的传输方式,随着地震道数的增加,也由有线数据传输取代有线模拟传输,并即将推广无线电数据传输和无线电遥控。多次复盖的次数,一般陆上为24次或48次,海上多在48次以上。

地震数据的采样间隔,以目前通用的几种较好的数字地震仪为准,125道时为1毫秒,250道为2毫秒,500道为4毫秒。在高频高分辨地震仪上,采样间隔为1/4毫秒。

与上述情况相比,国内的现状较为落后。我们于1974年开始引进数字地震仪,到1980年底,预期可引进66台,其中33台配可控震源。再加上7条深海和1条浅海数字地震船,约占全部地震队的三分之一左右。在引进的数字地震仪中,已投产的约30—50台,其余要1—2年内才能全部投产。

西安石油仪器厂生产的数字地震仪,尚不能批量生产。

多次复盖技术已成为国内的常规生产方法,但复盖次数较低。东部地区约百分之七十一的队使用12次复盖,部分使用24次复盖。海上地震队已全部使用24次复盖。施工条件最困难的西南地区及西部地区,约半数以上的队使用6次复盖,个别队使用12次或24次复盖。

如与美国相比,使用数字仪的队数比美国少85%(均按已投产的数字地震仪为准);数据采集量低一个数量级:其中,采样间隔低1—4倍,复盖次数低2—4倍,记录道数少2—4倍。

更为严重的是,在全部引进的仪器都投产之后,还有近70%的地震队要使用模拟磁带地震仪,道数大多为24道,复盖次数限于12次,记录动态范围小,采集的地震波振幅失真度大。这就严重限制了数据的采集量和保真度,使勘探精度不能有效地提高。

震源及运载工具,常常决定一个地震队的野外工作效率和对各种地表条件的适应能

力,国外对之相当重视。他们针对不同地区的具体条件,选用相适应的运载工具,从而大大减小复杂的地表条件给施工带来的困难,能比较进退自如地完成勘探任务。

为了克服冰雪、沙漠、沼泽、丛林……给地震队施工造成的困难,国外研制了北极地区使用的大功率履带车,可在冰层之下工作的潜水地震船,用于沙漠的大功率、宽轮胎车辆,用于沼泽滨海地区的水陆两用拖拉机、汽垫船、平底驳船和捆扎筏等,用于山地的“关节”连接轴液压载重车,必要时甚至使用直升飞机。因此,除极为特殊的困难地区外,地震队不能施工的地区愈来愈小,施工效率也逐年提高。

国外地震钻机已全部采用液压系统。同一种型号的钻机可装于不同的运载工具上,以适应不同的地形条件。钻机的种类很多,钻井深度不一,通用、专用均有。最小的轻便手扶式钻机的动力装置仅3马力,而大型车装地震钻机其动力装置在300马力左右。

由于运载工具及地震钻机的多样化,选用方便,使国外地震队具有很强的适应能力,很少因地形条件而受阻。

而国内地震队的运载工具,基本上是解放牌卡车,普通的越野车和拖拉机。地震钻机仍是沿用五十年代使用的型号。这种装备在我国东部地区尚能适应,一涉及沙漠、黄土高原、砾石复盖、山地等困难地区,就无能为力。与国外相比,除震源外,这恐怕是落后最多的一个方面,好在我们已经逐步地认识到了这个问题的重要性。

用非炸药震源逐步取代炸药震源是国外地震勘探方法发展的一个重要方面。七十年代后期,陆上地震队非炸药震源已占总工作量的50%左右,其中可控震源完成40%,气枪、重锤、气爆震源共完成10%。而海上地震队则完全使用非炸药震源。

炸药震源在国外也不是单一的,包括了普通炸药、成型炸药、爆炸索……,可以按工作地区条件选用。

我国陆上地震队基本上都是使用需要临时包装的硝酸炸药或TNT炸药,其他震源极少使用,大致相当于国外三十年代的情况。近几年来,开始使用可控震源和爆炸索,但尚处于探索和试用阶段。炸药震源完成的工作量,在95%以上。逐步增加非炸药震源的使用比例,是一个努力方向。

由于数字化程度不高,运载工具、钻机和震源落后,影响到我国地震队的工作效率,加上自然条件和气候条件的限制,许多队不能全年施工。

1978年,美国陆上队平均完成地震剖面约652公里,深海队平均完成12710公里。而我国陆上地震队在1979年平均完成地震剖面165公里,只达到美国队的四分之一。如果还考虑到复盖次数只有6~12次,低于美国队的常规复盖次数,工作效率还应比上述数字低。

至于人员组织,后勤供应,施工质量这些方面,也还存在不少差距,需要我们花费较大力气来逐步改善。

在地震资料数字处理方面,国外正处于向巨型化发展,着眼于提高地震资料的精确度及充分利用采集到的地震波的各种信息。

在七十年代,美国每年约完成地震剖面40~80万公里,较为稳定,但地震资料的处

理能力却逐年迅速增加。如果按内存量与单位时间运算次数相乘定义为“处理能力”，则每隔3年左右增加十倍。各大石油公司和地球物理公司的处理中心，目前都有总运算速度超过一亿次/秒的处理能力，拥有两台或三台一千万次的主机。

常规处理多数由地球物理勘探公司承包，处理水平较高。而各大石油公司的处理中心则致力于特殊处理，以提高资料解释质量和作油气评价，并都组织专门班子研究一些重要课题，力求在某些方面抢先突破，争取主动，增强本公司的竞争能力。

国外各大处理中心均拥有整套的常规处理模块，处理质量稳定，剖面显示有一定规格，参数齐全。综合起来具有很多特点：处理新资料时，试验工作比较系统，试验工作量也较大，故选用的各种处理参数比较合适，能保证资料处理质量；有一套完整的质量控制和中间显示监督的较严格的处理流程，能有根据地判断处理过程中出现的各种问题；重视切除、增益恢复和振幅控制，使剖面清晰，强弱分明，能有把握地分析辨别各类多次波；迭加前后都作反褶积处理，认真细致，使剖面分辨率提高，能比较有效地消除虚反射，鸣振及多次波；有较多的多道处理办法，可以有效地把成百上千道的采集记录，按不同情况加以简化，以减少资料处理的工作量，并保证资料处理质量不致明显降低，同时能保留高频信息，不会降低分辨率。

在进行常规处理的基础上作各种特殊处理。特殊处理模块可能各大处理中心不尽完全相同，但其处理的目的却是一致的，都是为了提高地震资料的信噪比，消除海底地形或表层低速带的复杂变化引起的下伏构造形态的严重畸变，消除侧面波在地震剖面上形成的构造假象，以及充分利用地震信息来分析岩性、岩相和烃类检测等等。

特殊处理是根据特有的地质要求进行的，可以使得各种复杂的地质现象得到清楚的显示。

相比之下，无论从资料处理能力方面，还是从资料处理技术方面，都有不少问题值得我们认真研究和考虑。

国内的资料处理能力，到1980年初，按现有中、小型计算机计算，约140个标准陆上地震队才拥有相当于百万次的处理能力，而西方在1979年平均3—6个陆上地震队就有一台百万次的计算机。但即使在这种情况下，我们的计算中心中，除1724机硬件和软件配套较为完善，资料处理水平较高外，其他单位的计算机使用率仍不太高，一般只能作较简单的常规处理，只起到了现场处理机的作用。我们的不足之处主要表现在：常规处理较粗糙，对处理新区资料所作的试验工作量少，缺少必须的中间监视，参数选择不很准确，振幅信息失真，一些主要模块还未普遍使用。对于特殊处理，由于计算机处理能力小，从事计算机应用的研究力量也少，国外已普遍应用的波阻抗处理、新型的波动方程及深度偏移处理，正反演模型计算以及直接找油气的特殊处理等都还处于开始应用阶段。

地震勘探的基础理论和方法研究，西方各石油公司都在认真进行。地震资料的解释工作，已由单纯的构造研究发展到构造研究与地层、岩性、油气研究相结合的新阶段。相继出现的地震地层学、直接找油找气、横波勘探、垂直地震剖面、三维地震勘探、高频高分辨率地震勘探，是较为突出的重大发展。由于这一系列新方法的日趋成熟和实际

应用，已使地震勘探的应用范围扩大到过去难以达到的领域，勘探效果是成功的。

在这方面，国内只注意了构造研究。近年来在直接油气显示和岩性、岩相分析方面作了一些初步工作。其他方面的工作尚未开始。

以上是国外地震勘探现状的概述及我们的不足之处。现实情况迫使我们必须各个方面踏踏实实地多做工作，埋头苦干，在不太长的时间内来扭转这种落后局面。

下面按地震勘探仪器、地震震源及运载工具、地震数据处理、地震勘探方法发展方向等四个方面，分别将国外的情况作一介绍。

国外地震勘探仪器发展情况

引言

近几年来,地震勘探仪器发展很快,具体表现在两个方面:第一、老式仪器的重大改革;第二、新型仪器的不断涌现。

地震勘探仪器的发展,与地震勘探方法及解释方法的发展密切相关。它们互相促进,彼此提高,相依并存。

数字地震勘探技术早已普及。初期,使用的是二进制增益放大器。由于这种放大器的增益精度低,不能确切地反映出地震信号的真幅度,满足不了研究地震波动力学特征的要求。因此,二进制增益放大器的寿命很短。二进制增益放大器问世后不久,很快就被瞬时浮点增益放大器取代了。因瞬时浮点增益放大器的精度高,能够确切地反映出地震信号的真幅度,促进了地震波动力学的研究和发展。它为地震勘探直接找油、找气创造了条件,例如,“亮点”技术便是在此基础上发展起来的。

近几年来,三维地震勘探技术发展得很快。三维地震勘探排列长,检波点多,使用以往的数字地震仪,道数不够用,也不适应。为了满足三维地震勘探的需要,地震道的道数至少应在200道左右。单纯地增加普通数字地震仪的道数,致使大线更加笨重,干扰严重等。因此,采用这个办法,行不通。这就迫使着人们研制新型的多道数字地震仪。

近几年来,多道数字地震仪的研制,在地震信号传输方面,有重大突破,因而出现了各种新型的多道数字地震仪。

常规的地震信号传输方式,即有线模拟传输方式,已被有线数据传输方式、无线电数据传输方式所取代。有线模拟传输,一道用一根传输线;有线数据传输,各道公用一根传输线。有线数据传输也好,无线电数据传输也好,归根结底,必须传输数据。即在检波点附近记录数字地震信号。下面,分别加以介绍。

数据传输方式

多道数字地震仪的数据传输方式分为有线数据传输、无线电数据传输、无线电遥控三种。详见下表1。

有线数据传输

所谓有线数据传输,就是用一根母线顺次传输各个检波站的地震数据。把检波站接到母线中,有两种方式:其一、把检波站串接到母线中,所谓串联式有线数据传输;其

多道数字地震仪一览表

表 1

仪器 型号		数 据 传 输 方 式		
		有线数据传输	无线电数据传输	无线电遥控
工 作 地 点	陆 地	SN348	OPSEIS—5500	SGR—II
		GUS—BUS		
	海 上	KILOSEIS		
		DSS—240		
		LRS—16		

二、把检波站并接到母线中，所谓并联式有线数据传输。

下面，简单介绍一下串联式、并联式有线数据传输的工作原理。

串联式有线数据传输 串联式有线数据传输的结构见图 1。控制器控制着所有检波站及磁带机的工作。它发出的控制脉冲序列如图 2 所示。其中，相邻两个控制信号 A 的



图 1 串联式有线数据传输结构图

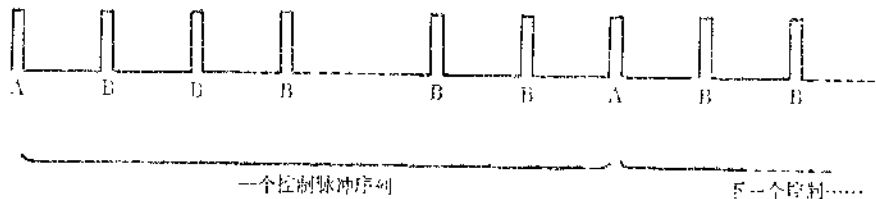


图 2 控制脉冲序列示意图

时间间隔，正好等于采样间隔，控制信号 B 的个数正好等于地震道的道数。

控制信号 A 位于控制脉冲序列的首位。控制信号 A 有两种用途：其一、把检波站写寄存器中的地震数据转移到读寄存器中，等待着传送到下一站；其二、使检波站恢复到原始状态，等待着下一次采样。

控制信号 B 位于 A 之后，它起两个作用：一、使检波站读寄存器中的地震数据沿传

输母线送至下一站；二、从检波站的采样过程开始，并把地震数据存放在写寄存器中，等待着转移至读寄存器。

地震数据的传输过程示意图如图 3 所示。

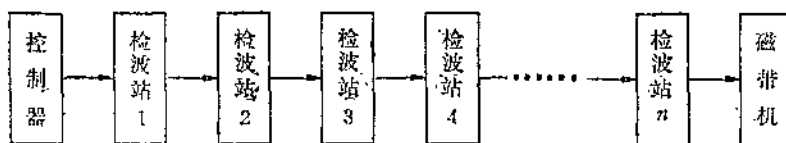


图 3 地震数据的传输过程示意图

输出信号

控制器: $A_1, B_1, B_2, B_3, \dots, B_n, A_2, \dots$

检波站 1: $A_1, B'_1, D_1, B_2, B_3, \dots, B_n, A_2, \dots$

检波站 2: $A_1, B'_1, D_1, B'_2, D_2, B_3, B_4, \dots, B_n, A_2, \dots$

检波站 3: $A_1, B'_1, D_1, B'_2, D_2, B'_3, D_3, \dots, B_n, A_2, \dots$

⋮

控制器重复发送控制脉冲序列 $A_1 B_1 B_2 B_3 \dots B_n$ 。以第三个检波站为例，它的输入信号为 $A_1, B'_1, D_1, B'_2, D_2, B_3, B_4, \dots, B_n$ ，输出信号则为 $A_1, B'_1, D_1, B'_2, D_2, B'_3, D_3, B_4, B_5, \dots, B_n$ 。其中， $B'_1, B'_2, B'_3, \dots, B'_n$ 分别为 $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$ 的转换信号； $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$ 分别为检波站 1、2、3……n 的地震数据，即道 1、道 2、道 3……道 n 的地震数据。检波站 (3) 单纯地把输入信号 B'_1, D_1, B'_2, D_2 转发至检波站 (4)，即只起接力传输的作用，控制信号 A 到达检波站 (3)，把写寄存器中的地震数据转移到读寄存器中，并使检波站 (3) 复位，继而转发器把控制信号 A 转发至检波站 (4)。 B_3 是到达检波站 (3) 的第一个“B”信号，检波站 (3) 把 B_3 转换成 B'_3 ，把 B'_3 发送到检波站 (4)，这时，读寄存器中的地震数据 D_3 输至检波站 (4)，检波站 (3) 开始采样。对于 $B_4, B_5, \dots$ ，即到达检波站 (3) 的第二个 B 信号“ B_4 ”、第三个 B 信号“ B_5 ”……，检波站 (3) 只起接力传送的作用。

由此得知，控制信号 A 到达各站都起作用，而到站的第一个“B”信号起控制作用，其它的 B 信号只是转发一下就行了。

因信号在传输过程中有衰减，故远距离传输时需要转发。转发器的任务就是对传输信号进行放大整形，弥补由于传输造成的衰减及畸变。

并联式有线数据传输 并联式有线数据传输的结构见图 4。

众所周知，道数越多，故障率越高。万一有几道工作不正常，采用并联式有线数据传输原理的多道数字地震仪仍能工作，而采用串联式有线数据传输原理的多道数字地震仪，只要一道不工作，地震仪就不能工作。为了克服串联式有线数据传输的这个缺点，人们采取了旁路措施。

旁路措施。同时用三对导线重复传输控制信号及地震数据，以便获得三倍的冗余，确保可靠性，如果某一个检波站出了故障，控制器便发出控制脉冲，使有故障的检波站

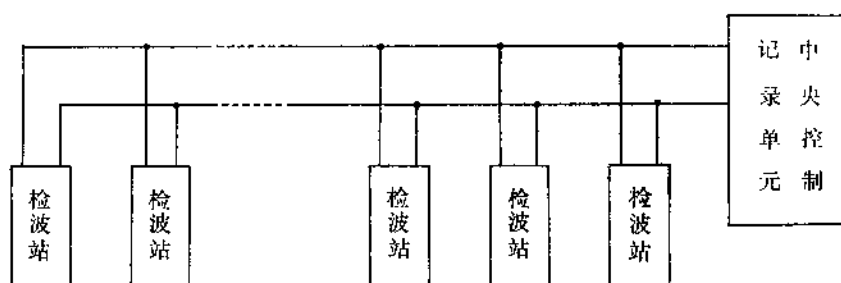


图 4 并联式有线数据传输结构图

关闭，控制信号及地震数据沿其旁路通过。

无线电数据传输

无线电数据传输的结构见图 5。中央控制器发射出控制信号。

检波站接收到控制信号后工作，并将地震数据发射到中央记录器，中央记录器把接收到的地震数据记录下来。

无线电遥控

无线电遥控的结构见图 6。控制器发射无线电控制信号，待记录站收到控制信号后，便开始工作，工作一段时间后自动停止。

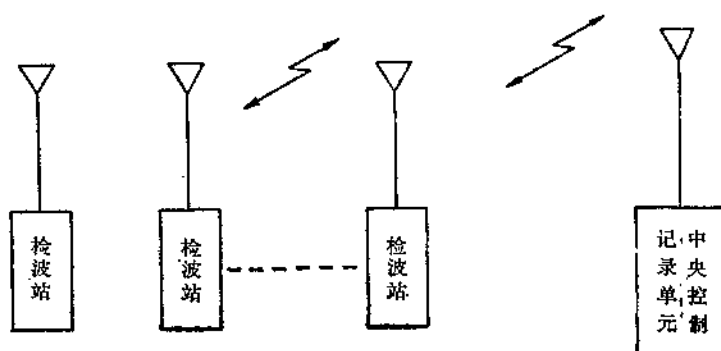


图 5 无线电数据传输结构图

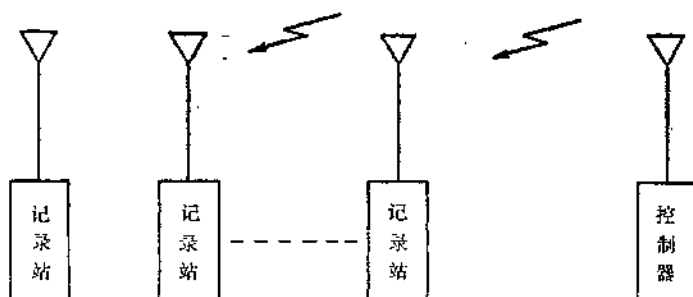


图 6 无线电遥控结构图

几种数字地震勘探仪器

SN348型数字地震仪

1977年,法国舍赛尔公司研制成功一种多道数字地震仪——SN348型数字地震仪。

SN348型数字地震仪的外貌如图7所示。

SN348型数字地震仪,由检波站、中央控制记录器两大部分组成。这两部分的主要功能概述如下:

1. 检波站

SN348型数字地震仪具有若干个检波站。每站接一个地震道,每站有两个转发器。各个检波站都是一样的。检波站有两个功能:先把检波器检测到的模拟地震信号经前放、滤波、浮点放大,采样保持、模数转换后,变换成数字地震信号,暂放在写、读寄存器中。从检波器到模/数转换器,与普通数字地震仪的结构基本相同,不同点是没有

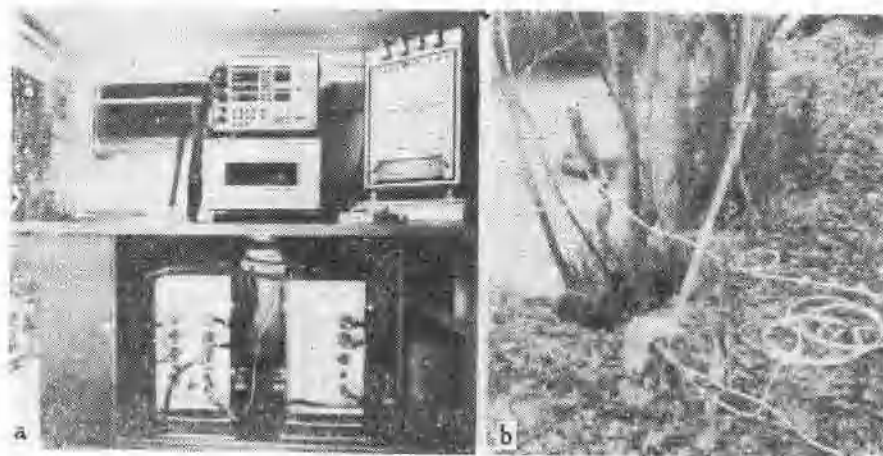


图7 SN348型数字地震仪外貌

多道转换器,因为一个检波站只有一道。然后发送,转发控制信号及地震数据。

检波站的主要技术指标如下:

采样间隔: 1毫秒, 125道

2毫秒, 250道

4毫秒, 500道

频率响应: 3~250赫

畸变: 5~250赫时, 不大于0.075%

固定增益: 2^4 、 2^5 , 道间精度为0.1%

可变增益: 84分贝, 12分贝/阶, 阶间精度为0.05%

增益控制: 瞬时浮点

最大变化速度: $\pm 84,000$ 分贝/秒

最大输入: 39 毫伏 (平均值, 固定增益为 2^7)

310 毫伏 (平均值, 固定增益为 2^4)

输入噪声: 固定增益为 2^7 , 负载为 1 千欧时, 平均值为 0.22 微伏

直流漂移: 固定增益为 2^7 时,

+70°C 为 +0.2 微伏

+20°C 为 +0.1 微伏

-40°C 为 -0.2 微伏

模/数转换器: 1 位符号位,

14 位尾数,

3 位增益码

线性: 优于 $\pm 0.02\%$

滤波器:

高通 8、10、12.5、16、20、25 赫,

12 分贝/倍频程

假频: 1 毫秒为 250 赫

2 毫秒为 125 赫

4 毫秒为 62.5 赫

陡度为 72 分贝/倍频程

陷频 50 或 60 赫,

20°C 时为 50 分贝,

-20°C ~ +65°C 时为 30 分贝;

外形尺寸: $18 \times 16.5 \times 16.5$ 立方厘米

重量: 4 公斤

工作温度: -40°C ~ +70°C

功耗: 250 毫瓦

2. 中央控制记录器。

用一根六芯大线把中央控制记录器和检波站连接在一起, 电源占用 2 芯, 传输信息占用 4 芯。控制器控制着所有检波站的工作, 并把地震数据输至中央控制记录器, 用磁带机把地震数据记录下来。

中央控制记录器主要技术指标:

记录格式: SEG—B

磁带: 带宽为 0.5 英寸, 盘径为 8.5 英寸

记录密度: 调相制为 1600 位/英寸,

分组编码制为 6250 位/英寸

数字 AGC:

84 分贝, 6 分贝/档

压缩延时: 2、4、8、16 毫秒或 ∞

释放延时: 16、32、64、128 毫秒

增益显示: 任选一道

数/模转换器: 1 位符号位

7 位数字

滤波器:

高通 8、10、12.5、16、20、25 赫,

陡度为 12 分贝/倍频程

低通 28、40、56、80、125 赫,

陡度为 18 分贝/倍频程

外形尺寸与重量:

UG—1: 67×30×51 立方厘米

35.5 公斤

UG—2: 67×30×51 立方厘米

41 公斤

控制单元: 34×33×51 立方厘米

26.7 公斤

磁带机:

1600PE: 51×33×51 立方厘米

1600PE/6250GCR:

67×33×51 立方厘米

电源: 31×33×51 立方厘米

23 公斤。

GUS—BUS 型数字地震仪

1974 年, 美国 GUS 公司研制成功一种多道数字地震仪——GUS—BUS 型数字地震仪。

GUS—BUS 型数字地震仪和 SN348 型数字地震仪相似, 也是由检波站和中央控制记录器两大部分组成的。

GUS—BUS 型数字地震仪的主要技术指标是:

1. 检波站

采样间隔: 1、2、4 毫秒

畸变: 0.03%

可变增益: 84 分贝, 6 分贝/阶

最大输入: 160 毫伏

输入噪声: 在不衰减位置, 频率为 1~160 赫时, 为 0.35 微伏

放大器漂移: 自动消除

模/数转换器: 1 位符号位

13 位尾数

4 位增益码

精度为满度值的 0.1%

滤波器:

高通 遥控, 可选 4 个频率, 24 分贝/倍频程, 4 个频率配套为:

5、10、15、20 赫兹

10、20、30、40 赫兹

4、12、19、27 赫兹

假频 1 毫秒为 320 赫兹

2 毫秒为 160 赫兹

4 毫秒为 80 赫兹

陡度为 62 分贝/倍频程

陷频 50 或 60 赫兹, 40 分贝

体积: 3/4 立方英尺

重量: 19 磅 (不包括电瓶)

工作温度: $-50 \sim +160^{\circ}\text{F}$

电源: 电瓶, ± 12 伏, 工作时为 5 瓦, 不工作时为 1.5 瓦, 重 2.5 公斤

2. 中央控制记录器

道数: 标准为 384 道,

选用为 768 道;

磁带: 带宽为 0.5 英寸, 盘径为 10.5 英寸, 带长为 4,000 英尺, 容量为 50 亿位

磁带机: 14, 记录密度为 8,000 位/英寸, 带速为 100 英寸/秒

数/模转换: 14 位 (包括符号位)

线性: 满度值的 ± 0.015

回放增益: 压缩速度为 25 分贝/秒

释放速度为 50 分贝/秒

滤波器:

高通 16、20、25、32, 24 分贝/倍频程;

低通 39、52、70、100、232, 18 分贝/倍频程;

尺寸、重量及功耗:

仪器箱: $153 \times 74 \times 66$ 立方厘米

217.7 公斤;

直流 12 伏 50 安

检波站电瓶充电器:

$24 \times 33 \times 32$ 立方厘米

7.7 公斤

交流 60 周 110 伏

空调: $26 \times 27 \times 21$ 立方厘米

9.1 公斤

交流 50 或 60 周, 120 伏, 56 瓦

GUS—BUS 和 SN348 的主要区别列于表 2。

表 2

	SN348	GUS—BUS
检波站	一道一个检波站, 不用小线, 重为 4 公斤, 价 3,000 美元左右	4 道一个检波站用小线重为 11 公斤, 价 6,000 美元左右
传输方式	一站一站接力传输, 站距不大于 100 米, 传输率为 400 万位/秒	各站独立发送最远达 8 公里 传输率为 64 万位/秒
大 线	单根六芯, 外径为 11 毫米, 每段长度固定	单根平行馈线, 各站均可接于任一位置
磁 带 机	标准的, 记录密度为 1,600 位/英寸或 6,250 位/英寸	非标准的, 记录密度为 8,000 位/英寸
电 源	各检波站均由同一电源箱供电	各站均用自己的电瓶供电

GUS—BUS 型数字地震仪使用了平行馈线, 其优点是:

1. 衰减小。平行馈线长达 10 公里时, 衰减量约为 10 分贝, 要比相同长度时同轴电缆的衰减量小得多。如图 8 所示;

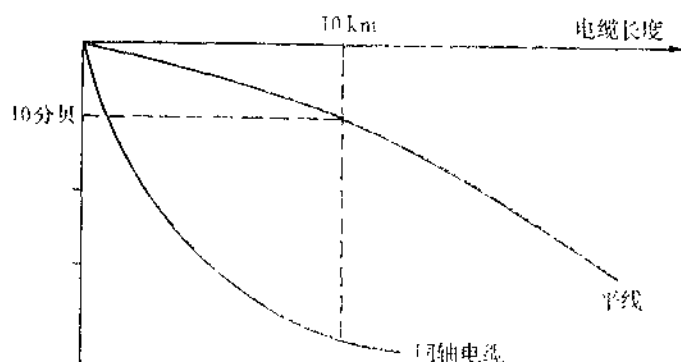


图 8 平行馈线和同轴电缆衰减情况