

实用地震资料采集技术丛书

地震勘探仪器 原理与应用

主 编 孔令纲
副主编 金树波 王金州 刘秀成



石油工业出版社

实用地震资料采集技术丛书

地震勘探仪器原理与应用

主 编 孔令纲

副主编 金树波 王金州 刘秀成

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从实用的角度出发,介绍了地震勘探仪器的知识、原理及应用过程中对其设备的相关要求和操作维护方法。

本书可作为地震勘探仪器专业技术、管理人员的培训教材,也可供从事地球物理相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地震勘探仪器原理与应用/孔令纲等主编.

北京:石油工业出版社,2009.11

(实用地震资料采集技术丛书)

ISBN 978-7-5021-7480-4

I. 地…

II. 孔…

III. 地震勘探-地震仪器

IV. TH763.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 203659 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

排 版: 北京时代澄宇科技有限公司

印 刷: 北京市兴顺印刷厂

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 6.5

字数: 158 千字 印数: 1—2000 册

定价: 35.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《地震勘探仪器原理与应用》

编 委 会

主	编：	孔令纲		
副	主	编：	金树波	王金州 刘秀成
委	员：	公维民	辛延庆	王文跃
		张 辉	李跃斌	赵焕宾
		董志义	张瑞红	王建领
		沈景春	岳春雷	李宪荣
		王金峰	赵会彦	任临江

前 言

随着电子技术、计算机技术和通信技术的不断发展，地震勘探仪器及野外电子设备（简称外设）也在不断地更新换代。地震勘探技术向着提高分辨率和勘探精度的方向不断发展，也给仪器和技术人员提出了更高的要求。

为了进一步推广普及地震勘探仪器、外设、电缆及检波器等方面的技术知识，交流使用经验，提高仪器设备的使用效率，达到提高地震资料采集精度和质量、降低采集成本的目的，需要一本实用而又可操作性强、具有一定科普性的地震勘探仪器、外设等方面的培训教材，为此，我们精心组织编写了这本书。

本书第一章由王文跃、孔令纲负责编写；第二章由王文跃负责编写；第三章由孔令纲、刘秀成负责编写；第四章第一部分由孔令纲负责编写，第二、第五部分由王文跃负责编写，第三部分由张辉负责编写，第四部分由李跃斌负责编写，第六部分由赵焕宾负责编写，第七部分由董志义负责编写，第八、第九部分由张瑞红负责编写；第五章由王建领负责编写；第六章由孔令纲负责编写。

本书初稿曾作为大庆油田物探公司内部技术人员培训学习的系列教材。此次出版前，根据上述同志意见对初稿进行了修改。

在本书编写过程中，刘杰烈高级工程师提出了具体编写要求，金树波高级工程师提出了修改意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，本书在内容选择、结构编排以及文献引用等方面的不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 4 月

目 录

第一章 地震勘探仪器设备相关知识及要求	(1)
一、地震勘探仪器的发展概况	(1)
二、地震勘探仪器主要技术指标	(5)
三、几种常用仪器的性能指标	(7)
四、几种常用仪器的年、月、日检项目及指标	(14)
五、地震检波器	(23)
六、浅层地震仪器	(25)
七、采集施工中地震仪器的技术管理与质量控制	(27)
第二章 408UL 仪器原理	(36)
一、408UL 地震区域网络与数据传输原理	(36)
二、采集站 (FDU)	(42)
三、 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器	(44)
四、交叉站单元 (LAUX)	(58)
五、大线采集单元 (LAUL)	(61)
六、主机 (CMXL)	(62)
第三章 遥测地震仪外设使用与维护作业指导书	(67)
一、SN388、IMAGE、SYSTEM TWO 遥测地震仪外设使用与维护作业指导书	(67)
二、408UL (408XL、428XL) 遥测地震仪外设使用与维护作业指导书	(69)
三、SYSTEM FOUR (SCORPION) 遥测地震仪外设使用与维护作业指导书	(71)
第四章 遥测地震仪器、检波器维护与维修	(74)
一、维修基本知识 with 基本方法	(74)
二、主机的维护与保养	(76)
三、408UL 仪器 Link 的维修与维护	(76)
四、BOOMBOX 遥爆系统的操作与维护	(77)
五、磁带机操作与维护	(84)
六、浅层地震仪的维护与保养	(87)
七、电台常识与维修	(88)
八、数传电缆的维护与维修	(89)
九、检波器的维护与维修	(91)

第五章 野外排列员工作流程 (95)

 一、出工前 (95)

 二、施工前 (95)

 三、施工中 (95)

 四、收工后 (95)

第六章 数字型检波器简介 (96)

 一、数字型检波器结构原理 (96)

 二、数字型检波器性能指标 (97)

参考文献 (98)

第一章 地震勘探仪器设备相关知识及要求

一、地震勘探仪器的发展概况

地震勘探仪器又称为地震数据采集系统，它的主要任务是把检波器输出的地震信号适当处理后，真实地记录下来。在地震勘探中地震仪器的作用举足轻重，每一次新地震仪器的出现都推动地震勘探技术发展到一个新阶段，而地震勘探技术的发展又对地震仪器提出了新的发展要求，因此说地震勘探技术和地震仪器的发展总是相辅相成、互相促进的。地震仪器自问世至今已有五六十年的历史，在这么多年的发展过程中，地震仪器从电子管、晶体管、集成电路到大规模、超大规模集成电路，从纸记录、模拟条式磁带记录到盒式数字磁带记录，大致经历了六个大的发展阶段。

第一阶段为模拟光点记录地震仪器，其中比较典型的是 51 型仪器。此类仪器采用电子管电路，接收道数少（一般为 24 道），操作复杂，动态范围小（一般只有 20dB 左右），原始记录为纸介质模拟波形，需经光点感光照相才能完成采集。此种原始记录不能作回放处理，且频带较窄。

第二阶段为模拟磁带记录地震仪器，其中以 DZ663 型仪器为代表。这类仪器采用晶体管电路，接收道数一般为 24 或 48 道，操作复杂，动态范围有所增加，一般为 40 ~ 50dB。原始记录变为模拟磁带记录，可以进行回放处理，但每一次回放转录，信噪比都要降低约 6dB。

第三阶段为集中控制式数字磁带地震仪器，又称为“常规地震仪”，其中比较典型的如：TEXAS 公司的 DFS - V、SERCCEL 公司的 SN338 仪器。此类仪器电路技术有了实质性的改变，采用了中小规模的集成电路、逻辑控制电路等，动态范围有了较大扩展，接收道数一般为 96 或 120 道。由于磁带上记录的是二进制的数字信号，抗干扰能力强，原始记录可无限制的重复利用。

第四阶段为早期分布式遥测地震仪器，如 SN348、SN368、Opseis 和 SK1004 仪器等。此类仪器与集中式地震仪器工作原理相同，不同的是将集中式地震仪器主机中的部分模拟部件移到了分布在排列上的采集站中，提高了仪器的带道能力；去掉了模拟大线，电缆中传输的信号除本道外全部为数字信号，提高了抗干扰能力；采用大规模和超大规模集成电路和应用微处理机技术，用计算机实现了对布设在检波点上的采集部件——采集站的远端控制，达到了遥测的目的；采集道数有了进一步提高，达到千道以上；采用了高密度磁带机和 SEG - D 记录格式。

第五阶段为新一代 24 位遥测地震仪器。此类仪器与前阶段仪器比较，主要是采用了最先进的 $\Delta - \Sigma 24$ 位 A/D 转换器、网络遥测技术、数字滤波和频谱整形技术，并先后去掉了

转换开关、瞬时浮点放大器和模拟滤波器等, 外设重量和能耗明显降低, 软件和系统配置功能显著增强, 现场 QA/QC 功能强大, 数据实现网络传输, 实时道采集能力和瞬时动态范围达到当前最好程度。典型仪器有 SN388、System Two、IMAGE、BOX、SK1006、408UL 等。

第六阶段为全数字遥测地震仪器, 代表型号有 I/O 公司 (现名 ION 公司) 的 System Four 和 Sercel 公司的 408UL-DSU 仪器。此类仪器不仅继承和发扬了原来 24 位遥测地震仪器的优势和特色, 而且更主要的是使用了以 MEMS 技术为核心的新型数字地震传感器, 并进一步调整仪器结构, 将采集站中的地震道模拟电路和 $\Delta-\Sigma$ 24 位 A/D 转换器电路集成到传感器中, 使得传感器能够直接输出 24 位的数字信号, 整个系统中消除了模拟地震信号传输, 系统检测项目、技术指标、测试方式和质量控制等方面都有重大改变。

下面讨论的主要是大庆地球物理勘探公司用过或正在用的地震勘探仪器, 这类仪器大致又可以分为三种类型, 即: 常规地震仪、早期分布式遥测地震仪和新一代遥测地震仪。

1. 常规地震仪

常规地震仪大都是 1971—1976 年的产品, 比较典型的仪器是 TEXAS 公司的 DFS-V 地震仪, 还有 SERCEL 公司的 SN338 仪器, 这些仪器具有以下特点。

1) 用电缆 (大线) 传输信息

排列上检波器接收到的反射信号, 通过相应数量的电缆输入仪器。这种电缆既长又粗, 比较笨重, 它不仅增加了采集施工的劳动强度, 也影响生产效率, 而且由于多道模拟信号的传输是在同一电缆中完成, 会造成道间感应, 很难保证道一致性, 并易受外界电磁波、交流电的干扰。

2) 集中式的数据采集系统

这类仪器将检波器接收的信号通过电缆输至前放、瞬时浮点放大器 (主放)、模数转换器 (A/D) 记录器等数据采集部件, 把信号的前放滤波、数字化 (主放、A/D 转换) 和记录 (格式编排与磁带记录) 集中在主机内完成, 所以常规地震仪又称为集中式数据采集系统。对模拟信号的处理采取多路并行通道, 而其后的数字化、格式编排等则采取串行通道。

3) 模拟部件较多

仪器中的前放滤波、多路转换开关、采样保持器、主放等都是模拟部件, 而模拟部件的技术性能及所处理加工的数据质量不如数字部件, 它会产生很大的噪声, 使信号失真。

4) 接收道数较少

由于数据的离散取样和模数转换只有一个串行通道, 各部件的工作速度是有限的, 因此地震道数较少, 一般都小于 120 道。

5) 逻辑型的采集系统

常规地震仪的数据处理、数字化、记录、回放等全部采用固定程序的逻辑系统进行控制, 所以又称为逻辑型的采集系统。

6) 采样间隔大

常规地震仪的采样间隔为 2ms、4ms。

2. 早期分布式遥测地震仪

分布式遥测地震仪是在常规地震仪基础上发展起来的, 虽然地震信号在遥测地震仪中的

传输通道及仪器的结构,所具有的部件及功能与常规地震仪基本相同,但它的某些性能及技术指标比常规地震仪要先进得多,它具有以下特点。

1) 采集站及分布式的数据采集系统

遥测地震仪把检波器接收的信息通过小线(检波器与采集站的连线)输入到采集站。采集站是布设在排列上的一种数据采集装置,负责对检波器输出的模拟信号进行处理并数字化,采集的数据通过有线或无线传输方式送至仪器的中央控制器及记录器。由于数据采集部件是在检波点上而不是在仪器车上,故称为分布式数据采集系统。由于是通过电缆、光缆,用无线电或其他传输技术实现对远距离物理点的控制测量,所以也称为遥测地震仪。

图1-1是采集站的组成框图,图中数据采集电路包括四部分:第一部分是输入电路和前置放大器;第二部分是滤波器和陷波器;第三部分是模拟浮点转换电路,包括多路转换开关、主放、采样保持器和A/D转换器;第四部分是数据暂存器。该图是单站单道的采集站,当采集站接收和采集多道地震信号时,对应每一道地震信号都有一个输入电路、一个前放电路和一组滤波器(模拟浮点转换电路只有一个公用的)。采集站内的控制电路大多为单片微处理器,其任务是接收中央主机的控制指令,对采集站各部分的工作进行检测和协调控制。数据传输接口电路按照数据传输方式的要求,对传送的数据进行并行、串行转换和调制,同时它还把中央主机通过数传部件发来的指令转送给采集站内的控制电路。采集站的电源可由仪器车或采集站本身配备的轻便电瓶供电。

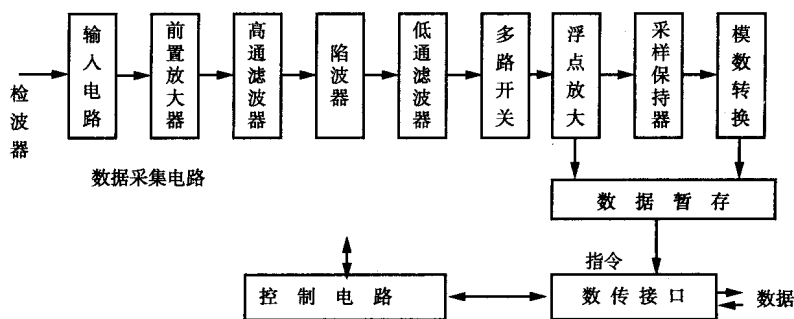


图1-1 采集站组成框图

2) 取消了电缆(大线)

遥测地震仪取消了从检波器直接到仪器采集部件之间的既重又长、易受外界电磁场干扰的大线,这是地震仪器发展史上的重大改革,不仅减少了采集工作量,提高了工效,而且还避免了大线所固有的道间串音、天电干扰、工频干扰等。

3) 传输的是数字信号

常规地震仪从检波器输至中心站的是模拟信号,而遥测地震仪从检波器输至采集站的是模拟信号,从采集站输至记录器的是离散的数字信号,数字信号在传输过程中抗干扰能力强。

4) 数控型的数据采集系统

遥测地震仪均采用计算机对整个系统进行可编程控制,因此又称为数控型的地震采集系统。如要增加系统的某些新功能,可不做硬件上的修改,只要添加新程序就可以了,这样大

大增强了系统的扩展功能。

5) 具有更多的接收道数

遥测地震仪由多个采集站进行子样的模数转换,即各道地震信号的数字化可同时进行,再加上高速的信息传输,因此可以大大提高采集道数,一般为数百道,多者可达上千道。

6) 高密度的数字磁带机和记录格式

遥测地震仪由于道数多、采样率高、需记录的数据量大,不能采用常规地震仪那样的中等密度的数字磁带机,而必须采用高密度的数字磁带机,常规地震仪采用 SEG-B 记录格式,而遥测地震仪多采用 SEG-D 记录格式。

7) 具有现场处理与仪器测试等软件

遥测地震仪配备了一些数据处理软件,可对采集数据进行现场处理,以便及时分析地震资料的采集质量。同时它还配备了成套的诊断测试软件,可对整套系统的性能指标进行测试诊断,提高了系统的可靠性。

8) 具有较小的采样率

遥测地震仪有较小的时间采样率,可以小到 0.5ms 或 0.25ms。

9) 可有线或无线传输

遥测地震仪又分为有线遥测地震仪和无线遥测地震仪。有线遥测地震仪大都是出现在 1976—1985 年,典型产品是法国 SERCEL 公司 1976 年生产的 SN348 仪器、1985 年生产的 SN368 仪器;无线遥测地震仪主要有 OPSEIS 5500、TELSEIS 等仪器。针对勘探环境的特点可选择不同类型的仪器,从而提高地震采集施工效率。

3. 新一代遥测地震仪

这里所指的新一代遥测地震仪是指 1991 年以后生产的仪器,它又可分为两种类型。一种是 1991 年美国 I/O 公司生产的第一代 System Two 仪器,它是一种有线遥测系统,与常规地震仪相比,取消了多路转换开关和浮点放大器,采用了 24 位的 A/D 转换器,详见图 1-2。另一种是法国 SERCEL 公司在 1992 年生产的 SN388 仪器和 I/O 公司第二代 System Two 仪器,这两种仪器与上一种仪器相比又取消了模拟滤波、转换开关、主放等模拟部件。类似的仪器还有美国 HGS 公司 1992 年生产的 VISION,法佛尔德公司生产的 Telseis Star 等。



传统的采集电路

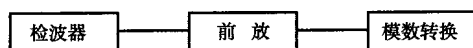


图 1-2 新一代仪器的采集电路

此类仪器具有以下几方面的优点。

1) 提高了信号的保真度

由于去掉了模拟滤波器,就消除了该部件相位移所造成的零相位子波畸变的问题。各地震道信号的相位与频率无关,也就是为线性相位或零相位,从而提高了地震信号的保真度。

2) 仪器的技术指标先进

由于取消了模拟滤波器、主放等模拟部件,使各地震道内的电路大为简化,从而使各地震道性能指标(等效输入噪声、漂移、谐波畸变、串音、动态范围等)得到了很大的提高。

3) 提高了采集站的性能

由于采集站内各地震道的电路更为简化,因而提高了采集站的稳定性和可靠性,同时其体积、重量及功耗也大为减少。

4) 具有最佳的道间振幅和相位一致性

由于在采集站内各道的模拟电路已减至最少,所以各道之间具有很好的振幅和相位一致性,其振幅误差一般在 $0.1\% \sim 0.2\%$ 以内,相位误差控制在 $3\mu\text{s}$ 以内。同时,随温度等因素的变化产生的噪声和漂移降至最低。

5) 24 位 $\Delta - \Sigma A/D$ 转换器

新一代仪器采用了定点 24 位 $\Delta - \Sigma A/D$ 转换器,扩展了仪器的动态范围,减少了非线性畸变,是数据采集的一次重大改革。

6) 采用了数字滤波

新一代仪器在 A/D 转换器之后加了数字滤波器,可对资料进行滤波处理,为野外施工中的资料质量分析提供了很大的方便。

7) 采用了 HPE 和 SSF 技术

L/O 公司生产的系统类仪器采用了 HPE 和 SSF 技术。HPE 技术是一种可预测的陷波器,它能自动预测出干扰的频谱,通过自学习过程,设计出具有很窄频带和较高抑制比的陷波器,并且可以做到相位移是线性的,使其对有效信号的畸变最小,且无相位畸变。它能同时消除 $3 \sim 420\text{Hz}$ 范围内的任何干扰,频率步进为 0.01Hz 。

SSF 技术是一种频谱整形滤波器,用来提升高频。它是在 A/D 转换器前端采用了频谱整形或频谱均衡的模拟电路,调节进入 A/D 转换器的高频和低频的信号动态,在 A/D 转换器之后要使用反整形滤波器恢复原记录的真振幅。

SSF 技术具有三档可选的起始频率(10Hz 、 20Hz 、 30Hz)及终了频率(2 个、3 个、4 个倍频程);有三档可选的总的高频提升值是(12dB 、 18dB 、 24dB),提升速率为固定的 6dB/oct 。实践表明,该项技术只对改善中、浅层的分辨率是有效的。目前该项技术因其提升陡度小、速率低,可用的价值不大。

二、地震勘探仪器主要技术指标

在这一节将简要介绍仪器有关技术指标的基本概念,分析造成其高低的原因,讨论提高仪器性能的一些做法。

1. 谐波畸变

地震数据采集系统的畸变,也称非线性畸变或谐波畸变。它是指当一个单频正弦信号作用于仪器系统的输入端时,在输出信号中产生了输入信号频率整数倍的频率成分,即除了有一次谐波外,还有二次谐波及高次谐波出现,故称为谐波畸变,其畸变程度用非线性畸变系数 N_a 来表示,即

$$Na = \frac{(V_2^2 + V_3^2 + \cdots + V_n^2)^{1/2}}{(V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \cdots + V_n^2)^{1/2}}$$

式中, V_1 为基波 (一次谐波) 的振幅值; $V_2, V_3, \dots, V_n$ 为 2, 3, $\dots, n$ 次谐波的振幅值。在输出端谐波的次数越多, 畸变也就越严重。

产生谐波的原因: 一是数据采集系统存在原噪声, 二是系统的非线性, 故也称为非线性畸变。对谐波畸变的要求是在仪器的动态范围内输入最大信号, 通过系统后产生的畸变应小于规定值。为了减小仪器的谐波畸变, 就要减小噪声和非线性, 就仪器的设计和制造而言, 就是尽可能去掉仪器中的模拟元件及线路。

2. 系统噪声

数据采集系统会产生噪声, 这主要与仪器的各组成部分的元件及电路有关, 噪声源主要来自三个方面: 一是电子元件导电产生的热噪声; 二是磁性材料不均匀所产生的磁性涨落噪声; 三是记录系统中由于字长的限制, 真值与舍入值之间的误差 (量子化噪声)。仪器噪声会降低地震资料的信噪比, 且很难处理掉, 因此只能在仪器的研制上想办法, 那就是尽量少用或不用模拟电路。仪器上一般用等效输入噪声这一参数来描述系统噪声的大小, 等效输入噪声就是系统噪声折合到输入端的有效值。

3. 共模抑制

地震仪把由检波器送来的模拟信号进行放大、滤波和模数转换, 这部分电路称为地震数据采集电路。常规仪器的数据采集电路在仪器车里, 而遥测地震仪器的数据采集电路在采集站里。采集电路具体分为四大部分: 输入电路和前置放大器、滤波器、模拟浮点数转换电路、数据暂存器。地震仪的性能指标中很大一部分是描述地震数据采集电路的, 采集电路的性能基本上决定了地震仪的性能。

地震仪的共模抑制是针对输入电路而言的, 在遥测地震仪中从检波器送至采集站输入端的电压包括两部分, 一部分是检波器输入的地震信号电压, 此信号电压经过两根导线加至采集站的两个输入端, 称为差模信号电压。另一部分是干扰电压, 干扰电压分为两部分, 一种是存在于两根小线之间, 称为差模干扰电压, 另一种是存在于小线与地之间的, 称为共模干扰电压。在以上所说的三种电压中, 共模干扰电压的幅度远大于地震信号电压的幅度, 这样就要求输入电路具有很强的抑制共模干扰的能力, 也称为共模抑制, 它用同相位信号输入作用下系统的输出与输入的比值来表示。

4. 道间串音

在由检波器与地震仪相连构成的多道地震信号采集系统中, 存在一道地震信号串入另一道 (信号相互感应) 的现象, 这种现象称为道间串音, 一般用有效信号与感应信号比值的分贝数来表示。

串音是在数字地震仪模数转换前形成的, 主要来自模拟电路中的电感、电容、电阻等电子元件之间的耦合。串音的存在对识别和追踪反射波同相轴造成了困难, 还会影响地震记录的品质。要减少串音最根本的办法就是要减少模拟部件和地震信号模拟传输线的长度, 在这一点上新一代 24 位遥测地震仪较常规地震仪有了很大的改观, 前者的串音小于或等于 -95dB (SN388), 而 DFS-V 仪器为小于或等于 -80dB 。

5. 动态范围

在地震勘探中, 动态范围包括地震信号振幅动态范围及根据该动态所设计的地震勘探仪器的动态范围。

1) 地震信号的动态范围

地震信号振幅的动态范围是指被接收的最大与最小振幅值之比, 通常用 D_b 表示, 即为

$$D_b = 20\log(A_{\max}/A_{\min})$$

式中, $A_{\max}$ 为最大振幅值, 它是指从震源直接传播到近震源检波器的直达波的幅值; $A_{\min}$ 为被接收信号中的最小振幅值。

2) 地震仪器的动态范围

地震仪器的动态范围一般分为仪器的系统动态范围和瞬时动态范围两种。

仪器的系统动态范围是指系统在给定非线性畸变的范围内, 系统输出信号的最大振幅值与系统内部噪声的最大振幅值之比。内部噪声是指等效输入噪声, 是在不同的前放增益的情况下, 当输入短路时, 由 A/D 的输出端测得的电压值折合到输入端的数值。

仪器的瞬时动态范围是针对高分辨率地震勘探提出来的, 它是同一时刻记录到的宽频带信号高截止与低截止频率信号的振幅之比。

三、几种常用仪器的性能指标

目前国内勘探市场上较常用的仪器有: SN388、I/O - TWO、I/O - IMAGE、408UL (408XL) 和 SYSTEM - FOUR。下面我们就针对这几种仪器来谈一谈它们的性能及指标。

1. SN388 仪器

SN388 仪器的采集箱体依据配置的情况可分为便携式采集箱体 (PAM) 和采集处理箱体 (APM) 两种。前一种只适合炸药震源施工, 而后一种可使用炸药震源和可控震源同步施工, 具有相关、叠加等处理能力。除此之外, 二者其他的主要性能、指标基本相同, 以下将统一进行说明。

1) 带道能力

理论上, 一台 SN388 仪器的中央控制单元 (CCU) 最多可配 16 个采集箱体, 但实际应用中, 超过 4 个箱体在野外十分不方便, 因此, 一般一台仪器最多配置 1~4 个箱体。如果采集道数超过一台仪器的带道能力, 可用两台仪器采取主从方式进行生产。单个采集箱体的最大带道能力为:

2400 道/4ms

1800 道/3ms

1200 道/2ms

600 道/1ms

300 道/0.5ms

因此, 一台 SN388 仪器中央控制单元的最大带道能力为:

38400 道/4ms

28800 道/3ms

19200 道/2ms

9600 道/1ms

4800 道/0.5ms

2) 最大记录长度

一台 SN388 仪器的最大记录长度为:

99s/4ms

96s/3ms

64s/2ms

32s/1ms

16s/0.5ms

3) 采集站 (SU) 的类型 (依据带道数量划分)

采集站的主要功能是负责地震数据采集。SN388 的采集站依据带道数量可分为单道/站、3 道/站和 6 道/站。

4) 电源站 (PSU)

SN388 的电源站有两类,一类是 A 型站 (早期引进的),只具有给采集站供电的功能,而不具备采集站的功能;另一类是 B 型站 (后期引进的),除具有给采集站供电的功能外,还具备采集站的功能。每个电源站的供电能力为:40 道/单道采集站;96 道/3 道采集站;48 道/6 道采集站。

5) 交叉站 (CSU)

交叉站用于测线之间连接或测线与中央控制单元的连接。这种横向连接电缆是一种低衰减电缆,不使用中继站时其最大距离为 600m。每个交叉站在其所在的测线上的供电能力相当于电源站。

6) 电缆

(1) 大线电缆:对于 6 道采集站来说,电缆负责数据传输、远程供电和 6 道采集。

(2) 横向电缆:横向电缆用于交叉站之间的连接和仪器箱体与最近交叉站之间的连接。

(3) 绕行线 (加长线):如果地震测线需要绕行,须铺设一条加长电缆,该电缆两端各需要一个电源站。

7) 采样率

0.5ms、1ms、2ms、3ms、4ms。

8) 前放增益参数

12dB 和 24dB。

9) 动态范围

整个系统:大于 138dB。

瞬时动态范围:120dB。

10) 噪声/漂移 (rms/offset)

不同增益档及采样率时噪声/漂移的容限值见表 1-1。

表 1-1 不同增益档及采样率时噪声/漂移的容限值 单位: μV

采样率 增益档	0.5ms	1ms	2ms	3ms	4ms
0dB	3.2	1.6	1.6	1.6	1.6
12dB	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4
24dB	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2

11) 畸变
 $\leq 0.0003\%$ 。

12) 串音
 $> 95\text{dB}$ 。

13) 高截滤波器
滤波方式: 线性相位或最小相位。
滤波参数: 0.5 Nyquist line、0.8 Nyquist line、0.5 Nyquist min、0.8 Nyquist min。
高截止频率见表 1-2。

表 1-2 高截止频率 单位: Hz

采样率 (ms)	0.5FN	0.8FN
0.5	500	800
1	250	400
2	-	-
4	-	-

14) 模数转换器
24 位 (23 位 + 符号位)。

15) 共模抑制比
 $> 90\text{dB}$ 。

16) 记录格式
SEG-D 格式。为了保持 24 位尾数, SEG-D 记录格式已扩展为 32bit ANSI/IEEE 标准 754-1985 (格式代码 8058)。

17) 回放
外部设备: 绘图仪。
写后读: MS8TT 磁带机标准。

CD-488 盒式磁带机 (可选)。
数字自动增益控制 (AGC): $2^0 \sim 2^{30}$, 增益台阶 2^1 。

数字滤波:

低截滤波器: 用或不用。

低截滤波频率: 10Hz - 尼奎斯特频率, 步长 1Hz。

高截滤波器: 用或不用。

高截滤波频率: 30Hz - 尼奎斯特频率, 步长 1Hz。

陷波: 用或不用。

陷波频率: 30Hz - 尼奎斯特频率, 步长 1Hz。

2. I/O - TWO 仪器

1) 带道能力

每个中央控制单元可带 4 个大线接口箱 (LIM), 每个 LIM 箱体在 1ms 采样的情况下可带 504 道, 那么一个中央控制单元的最大带道能力为 2016 道/1ms。

2) 最大记录长度

最大记录长度为:

99s/4ms

64s/2ms

32s/1ms

16s/0.5ms

3) 记录格式

记录格式为 SEG - D 格式。

4) 采集站

型号为 MRX - 2L、MRX - 2L HR, 每站可实现 6 道采集。

5) 电源站

型号为 MCX - 2L、MCX - 2L HR。电源站除具有给采集站供电的功能外, 还具备采集站的功能。每个电源站的供电能力为: 理论上可为 48 道/6 道站供电, 也就是为 8 个采集站供电, 实际使用时一般只为 6 个采集站供电。

6) 交叉站

型号为 ALX、MLX - 2L。交叉站适用于测线之间连接或测线与中央控制单元的连接。

7) 模数转换器

模数转换器为 24 位 (23 位 + 符号位)。

8) 采样率

采样率分别为 0.5、1、2 或 4ms。

9) 前放增益

前放增益分别为 12、24、36 或 48dB。

10) 动态范围 (非短路输入)

总动态范围: 140.2dB。

瞬时动态范围: 120.0dB 在 12dB K - 增益

119.3dB 在 24dB K - 增益