

高研究水平,举办了冰雪科学技术研讨会(1988年在青森市和长冈市)、沿海防灾科学技术研讨会(1987年在平塚市)等。

(2) 举办防灾科学技术研究会

为了促进防灾科学技术的普及和制定适合于本地区的防灾计划以及建立防灾体制,从1985年开始,每年都举办地方防灾工作负责人员参加的专题研究会。

(3) 举办研究成果发表会和演讲会

如国立防灾科学技术中心研究成果发表会(1988年在茨城县)、冰雪防灾研究发表会(1988年在长冈市和五所川原市)、防灾科学技术演讲会(1988年在神奈川县箱根町)。

(4) 研究成果的出版

有《国立防灾科学技术中心研究报告》

(一年两次)、《国立防灾科学技术中心研究速报》(随时)、《防灾科学技术研究资料》

(随时)、《国立防灾科学技术中心摘要汇编》(年刊)、《防灾科学技术》(一年四次)、《主要灾害调查》(随时)、《强震记录》(年刊,英文)、《强震速报》(随时)等出版物。

其它还有《国立防灾科学技术中心新闻》(月刊)、《国立防灾科学技术中心年报》(年刊)。

该中心编制为118人,1989年度预算总额为26.18亿日元。

摘译自日本国立防灾科学技术中心1989年的宣传材料

(金成吉译,魏淳校)

研究地球内部的工具: 海底地震仪

[日本]

岛村英纪

摘 要

海底地震仪是一种可检测海底振动的系统。在地质学中,地震仪的用途是双重的:一种用途是通过接收已知振动源(即人工地震,也可称为可控震源,或天然地震)的地震波来研究地球内部构造。作为可控源研究的震源来说,通常采用气枪,这种气枪利用高压空气可在海中产生强大的声音。地震仪是研究地球内部的一种最有力的和最精确的观测手段。地震仪的另一种用途是研究地震活动性本身。

我们已研制出了一种重60千克的小型海底地震仪,这种仪器可以保证在海中极为困难的条件下进行观测。这种海底地震仪已成功地弄清楚了过去在陆上观测一直不清楚的海底构造。海底地震仪还可成功地应用于研究深海沟地区和洋中脊地区(即板块的诞生处或消减处)的地震活动性。

引 言

地球表面是被几个板块(或岩石层)覆盖

着的。这些板块正在海底不断地产生,并且还正从海底俯冲到地球内部。因此为研究板块的构造及其运动,布设海底地震仪是极为重要的。

但是在发明海底地震仪之前,人们根据陆上地震仪研究海底构造及海底的地震活动性是相当困难的,尽管这些陆上地震仪几乎遍布全世界。

海底地震仪的基本系统,包括检测地面振动、用电子学方法放大以及将振动记录在磁带上或半导体存储器内,这三个组成部分与陆上的地震仪没有什么两样。

然而,海底地震仪在实际操作中必然遇到很困难的现场条件。主要困难在于深海处的水压。为了要承受大约600公斤/厘米²的水压,必须把海底地震仪装入承压箱内。承压箱必须尽可能地小,因为要把海底地震仪布设在海底,并且通常是使用船只将它从海底收回。有时我们还不得不租用相当小的船只或直升机,这时海底地震仪的体积和重量的大小,对能否进行观测是极其重要的。我们设计的海底地震

仪是一个50厘米的立方体,重60千克,是当今全世界最小的海底地震仪之一。

海底地震仪具有一个弹跳装置。由于海底地震仪被设计得尽可能的简单和轻便,所以用一条小船就可布设20—40台海底地震仪,这就保证了有充足的数据密度以达到现代地震学观测的目的。有时,还用直升机来布设海底地震仪,由直升机将它投入海底,经过测量后又可把它提升到海面。为了从海底取回地震仪,由船上的传送系统发出指令(这是一种经过编码的声信号),触发海底地震仪的释放机械装置。

由于海底地震仪被设计成既可记录可控震源信号,又可记录天然地震信号的装置,所以它在磁带上有一个可连续记录几个星期的系统,在整个观测期间,该系统将不会漏记任何事件。有些试验性的海底地震仪采用半导体存储器的数字记录。把质量很好的记录磁带,经过AD转换之后,数据处理为数字化资料。

仪器装置

我们设计海底地震仪的首要一点是,要保证地震仪对海底有良好的接触。因为大部分海底覆盖的并不是岩石,而是软沉积物,要想获得良好的记录必须要有良好的接触。振动探头必须能紧随海底的表面运动。

为了捕捉小震或远震,需要有高度的灵敏性,因此第二点是要求把整机设计成低噪声。我们除了不得不使磁带记录中机械旋转部分的振动和检波器(即振动探头)隔绝外,还不得不减小放大器的电噪声。另外还有一个严重的噪声源,是水流诱发的噪声,这种声音是由海底的水流造成的,这种水流速度在某些情形下,甚至在水深6000米处可达数十厘米/秒。

海底地震仪要有高度的可靠性,因为它要留在海底无人管理达一个月左右。既需船只,又需作许多准备工作的海底地震仪的实验工作,是不能随意试来试去的,即使海底地震仪坏了也只能将就用。另外,海底地震仪对电的要求为低消耗,因为该地震仪是由有限体积和

有限重量的电池作为电源的。

现代地震学需要有高质量的记录以保证数字处理。反演法和层析成像法今在地震学中的应用已习以为常了。它们都需要有高信噪比、大动态范围和低失真度的记录资料。

在地震仪中,对海底地震仪的独特设计要求是小而轻。仪器体积小可保证在考察中增加海底地震仪的数量,这对提高测量结果的准确性无疑是有益的。在某些情形下,例如用直升机来布设海底地震仪时,地震仪体积的大小很重要,甚至可以决定实验本身能否进行。

我们的海底地震仪的记录时间为14天。在此期间,我们采用的是连续记录。当需要延长观测时间时,通过换一个微型马达,就可改变为30天的连续记录。但是,当采用较长时间记录时,我们就不得不在频率范围方面做些牺牲。

当记录时间为14天时,记录的频率范围为1—30赫(-3分贝)。这种频率范围完全适用于研究地球构造和地震活动性这两个方面。我们的海底地震仪有两个磁带记录器。每个磁带记录器上的记录通道为3(地震信号)+1(时钟),即总的为6(地震信号)+2(时钟)。

记录通道通常采用三分向信号,即一个垂直向和两个彼此垂直的水平向。用不同的放大器增益每个分向的记录信号。在这种情况下,两个磁带记录器可同时运转。但是我们选择三分向信号的每一分向有同一的增益;为了使记录时间加倍,让一个磁带记录器与另一个记录器相继运行。

每一个记录通道的记录动态范围为40—50分贝。通过参差放大器能增加实际的动态范围,可达100分贝或更高。

每个磁带记录器备有独立的可编程定时器,它可以编排出记录开始运转的时刻。这种装置是很有帮助的,因为实验中通常由船只布设海底地震仪的时间,有时需要一周或更长,这样长的布设时间就会妨碍每台海底仪的同时记录。

海底地震仪在海底最多可停留三个月,这是由于应答器供电电池的寿命所限。操作深度通常达6000米,世界上97%的海底是这种深度。该承压箱已在7300米的深度中经过检验,有些承压箱还在9500米的深度中检验过。

海底地震仪在空气中的重量为80千克,其中包括将要甩掉的锚镇重物的重量20千克。在水中,海底地震仪具有正浮力,这种浮力在观测任务完成时,可将海底地震仪送回海面。仪器在水中的上升和下降速度大约为0.8—1米/秒。

海底地震仪还备有某种自动搜寻辅助器,这种辅助器在地震仪完成观测任务后回到海面时,有助于被人发现。这是一种闪光器,即氩闪光器。它每秒钟闪烁一次,并且带有环境光敏和压敏钝化转换开关。尤其当我们不得不在夜间寻找海底地震仪时,这种闪光器就非常有效。远在数公里到十公里之外,都可见到这种闪烁。

另一种自动搜寻辅助器是无线电波发射机。无线电的输出值为100毫瓦,频率为27兆赫或40兆赫,并且有压敏转换开关。为了寻找海底地震仪在海面的方向,我们在船的甲板上还设置了一个方向寻找器。

海底地震仪还有一个称为释放机械的装置,当观测任务完成后,它可把锚镇重物的重量脱扣。我们可选用爆炸栓(在一个金属栓内装少量的炸药)或机械装置(例如马达启动装置)。但是我们选用了另一种既安全又可靠的方法,即对薄的不锈钢板块应用电力腐蚀法。位于海水中的不锈钢板是几乎不变化的,但是通过应用电流,可在几分钟内将其腐蚀,以使锚镇重物的重量脱扣。释放机械装置的强度为250千克,它足以维持锚镇重物的重量。

至于振动探头,海底地震仪具有三个检波器。检波器的自振频率为4.5赫,其灵敏度为 0.7×10^{-6} 伏/厘米/秒。它们为三分向,被安装在一个平衡装置上。平衡装置可使检波器在海底倾斜达 40° 的任何角度都保持稳定。

海底地震仪具有低噪声和低功率消耗的信

号放大器,最大增益为96分贝,它可放大检波器的信号。海底地震仪设有两套三分向的放大器。在布设到海底之前,可以改变增益。

放大器信号记录在磁带记录器中的磁带上。磁带为C-90长度的飞利浦盒式磁带。我们采用具有AC偏置的直接模拟记录,因为我们需要连续记录两周或更长的时间。磁带的运转速度很慢,为0.1毫米/秒。磁带记录器由低功率齿轮微型电动机驱动。记录器在总的两周时间内,由两个AA大小的锂电池供给能量。

为了知道地震波的到时,海底地震仪需要配有精确的时钟。时钟采用二十进制编码(BCD),并有温度补偿的晶体振荡器(TCCO)。时钟的电路受互补金属氧化物半导体微型计算器控制。时钟的精确度在 $0-40^\circ\text{C}$ 时为 10^{-7} 。通过在观测前后进行的标定,在整个观测期间,时钟的总精确度可以保持在1/100秒内。时钟的标定是通过与主钟的比测完成的,主钟的精确度为 10^{-8} ,时钟与主钟的偏差是直接读出的,以毫秒为单位。

海底地震仪的承压箱是一个用玻璃做的球形形体,内径为43厘米。玻璃壁的厚度为1.5厘米。承压箱的测试深度为7300米。两个玻璃半球互相拼合,并被抽空,以装配海底地震仪。

海底地震仪还备有一个声应答器系统,通过由船上发出的指令能使锚镇重物的重量脱扣,并可测量从船只到海底地震仪的精确距离,从而确保了海底地震仪位置的精确定位。

声频率在10—12千赫之间。声信号是移频键控(FSK)信号,为消除噪声感应作了编码处理。应答器用的是锂和碱-锰电池,其寿命在海底 0°C 时最长可达3个月。

应答器受互补金属氧化物半导体微型处理器控制。将来可通过声波送出慢递资料。最大通信范围是15公里,这取决于人们能承受的环境噪音水平。

近来用海底地震仪开展的一些研究项目

1990年夏,我们对离冰岛西南的大西洋中

脊地区的地震活动性作了精密的研究和深部构造的折射研究。这项观测是与冰岛气象局合作进行的,在此项研究中,他们向我们提供了一艘考察船。我们布设的18台海底地震仪都工作得很好。

1989年夏,我们与挪威卑尔根大学合作,通过密集的海底地震仪台网对离挪威海岸的北大西洋地震活动性作了精密的研究。我们把17台海底地震仪布设在海底*,三台海底地震仪布设在陆地以作陆上地震仪台网的补充。1988年夏,我们与挪威卑尔根大学合作对罗弗敦群岛外的挪威边缘处作了反射/折射研究。我们布设了25台海底地震仪(总数为43台)。1988年春夏之交,我们与汉堡大学和卑尔根大学合作,对大西洋东北地区进行了折射研究。我们布设了25台海底地震仪。

1988年春,我们与汉堡大学合作进行了琉球海沟西南消减带的折射研究。在该项实验中布设了43台海底地震仪。1987年秋,与卑尔根大学合作对松内湾(挪威)进行了折射研究。

1985年夏,为了研究岩石层的深部构造,我们在太平洋西北部进行了长距离的爆破实验。我们布设的海底地震仪的台阵总距离为1800公里。

1990年冬,我们与波兰科学院、得克萨斯大学和基尔大学合作,将采用我们的海底地震仪对南极半岛进行折射研究。

1991年夏,我们将用海底地震仪,对冰岛北部的大西洋中脊地区进行精密的地震活动性研究和折射研究。

除了上述开展的这些海底地震仪的研究项目外,我们还被要求在1991—1992年与印度海得拉巴的国家地球物理研究所合作,对孟加拉湾区进行折射研究。我们还应要求与巴黎大学的地球物理所合作,对吉布提和 Tadjura 湾的地震活动性作精密的研究。

海底地震仪近来的一些研究成果

海底地震仪观测资料的分析准备工作是由

小型计算机做的,然后,由北海道大学的大型计算机完成正式计算。海底地震仪记录的模拟磁带是数字化的,并被输入计算机。先对时间偏移、绝对时间和振幅进行各种校准,最后将全部记录在记录剖面上排成直线,即把全部地震记录线放在横坐标上排成直线(图1,略)。该图表示1984年我们在琉球海沟区得到的记录剖面。在这个记录剖面上,我们可寻找某些对应于海底分层或断层的震相。通过这种分析,我们可以了解海底分层构造,即每层的厚度和每层内的地震波速度。因为海底地震仪具有很高的灵敏度,我们的海底地震仪可记录到远在200公里以外的气枪信号,这种距离比上述各项研究的距离远得多。气枪通常具有20公升体积。只有少数或个别气枪是并列使用的。

70年代末,我们所创造的是称为“长距离爆破实验”或“长炮列实验”,这种实验的场地有很长的剖面,其长度可达1500公里或更长。我们在该剖面上,放置了许多海底地震仪,然后放炮,进行可控震源的分析研究。在大爆破实验中,我们首次了解到了海洋岩石层或岩石层下面的精确深部构造(其深度比海底深100—150公里)。为了进行这种长距离实验,我们已有了高灵敏的海底地震仪,并且还获得了利用地球内部最佳信噪比信号的频率。

图2(略)表示琉球海沟区的海底分层构造,菲律宾海板块在该处俯冲到日本西南的琉球群岛底下。我们首次成功地描绘出直达30公里深的消减板块的构造。

至于深海沟区的地震活动性研究,通过我们的海底地震仪已阐明了其许多活动细节,而这种活动性的细节在过去根据陆上的观测资料是一直没有弄明白的。

译自《第十届国际声发射大会论文集》,

1990年10月

(柳百琪译,张少泉、张洪由校)

※ 原文误为“陆上”——译注