



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02156133.8

[43] 公开日 2003 年 6 月 18 日

[11] 公开号 CN 1424592A

[22] 申请日 2002.12.10 [21] 申请号 02156133.8
[30] 优先权
[32] 2001.12.10 [33] FR [31] 01/16005
[71] 申请人 法国石油研究所
地址 法国里埃马尔迈松
[72] 发明人 R·巴瑞

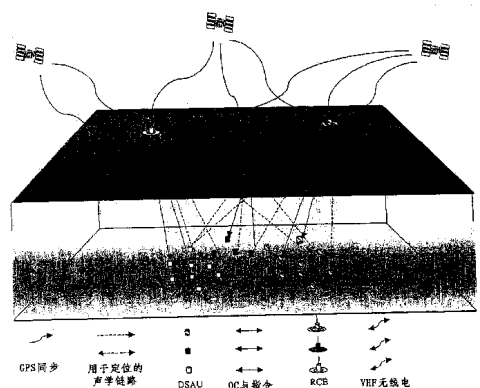
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所
代理人 张政权

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 4 页

[54] 发明名称 应用海底采集站的地震数据采集系统

[57] 摘要

一种设计成利用置于水团底部的采集站采集地震数据的系统。该系统包括海底采集站(DSAU),组合了适于插入海底使若干地震接收机与地下构造耦接的流线型吊杆和电子数据采集与通信模块的密封体。这些采集站(DSAU)投入水中,在重力作用下沉入海底。若干中继浮标(RCB)位于海面,各自带有GPS定位模块、与例如船上的中央站(CC-RU)的无线电链路和与海底采集站(DSAU)通信的声学通信的模块,二者都用于测定这些站相对中继浮标的位置,并交换控制数据和地震数据(若条件适合,良好的运行次序数据或能获得的地震迹线)。该系统适用于地下构造的地震勘探或监控。



1. 一种对海底地下构造采集地震数据的系统，包括：中央控制与采集站 (CCRU)；适于浮在水面的若干中继浮标 (RCB)，各中继浮标每个包括控制模块 (CPU)、利用例如 GPS 型卫星定位的定位信号接收机 (Rx) 和与中央控制与采集站 (CCRU) 交换数据的无线电传输装置 (VHF)；每个包括含压力检波器 (PS) 和与配备地震接收机 (SRU) 机壳的流线型部件或吊杆相关联的密封体的多个海底地震采集站 (DSAU)，适于在重力作用下沉入水团底部并进入底部使地震接收机 (SRU) 与地下构造耦接，各采集站 (DSAU) 包括控制单元 (UC) 和用于采集地震接收机 (SRU) 与压力检波器 (PS) 在海底收到的地震数据的装置 (DAM)，其特征在于，中继浮标和海底地震采集站 (DSAU) 各自配有一声学传输装置，包括声学应答器 (AT)、声学定位模块 (PLM) 和声学通信模块 (ACM)，用于利用调制解调器通过应答器 (AT) 交换来自中央站 (CCRU) 的定位数据或控制数据或者由采集装置获得并准备发送给所述中央站 (CCRU) 的地震数据。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，地震采集站 (DSAU) 分成若干组，各中继浮标适于与比其他中继浮标更接近的采集站组交换定位数据和控制数据或地震数据。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的系统，其特征在于，各采集站 (DSAU) 包括存储装置 (DSM) 和控制单元 (UC) 里的装置，前者用于对应于由各采集站中地震接收机检测的地震信号的地震记录迹线，后者用于通过其声学通信模块 (ACM) 以特定传输频率控制向中继浮标 (RCB) 延迟传递至少部分所述存储的地震迹线。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的系统，其特征在于，各采集站 (DSAU) 包括存储装置 (DSM) 和控制单元里的装置，前者用于对应于由各采集站中地震接收机检测的地震信号的地震记录迹线，后者用于形成指示所述采集站良好工作次序的数据，并用于按特定传输频率通过其声学通信模块 (ACM) 控制向中继浮标 (RCB) 传递形成的数据。

5. 如以上任一权利要求所述的系统，其特征在于，各采集站 (DSAU) 包括将记录的地震数据光学传输给中继浮标 (RCB) 或载运器的装置。

6. 如以上任一权利要求所述的系统，其特征在于，各中继浮标 (RCB) 包括与控制模块 (CPU) 一起工作的装置 (PLM, VHF)，用于获取相对于采集站 (DSAU) 的定位的声学信号并对其注明日期，而且将它们随其卫星定位系统的接收机

(Rx)收到的自己的坐标同时发送给中央站(CCRU)。

7. 如以上任一权利要求所述的系统,其特征在于,各中继浮标(RCB)包括用于记录来自采集站(DSAU)的获得的地震数据并用于将它们发送给中央控制与记录站(CCRU)的装置(COM)。

8. 如以上任一权利要求所述的系统,其特征在于,各中继浮标包括用于管理地震源触发信号的传输以最佳地与海底站(DSAU)采集地震数据同步的装置。

9. 如以上任一权利要求所述的系统,其特征在于,各采集站(DSAU)包括与密封体(1)关联的浮力装置(4)和按中央站(CCRU)的指令使所述密封体(1)脱离相应吊杆(2)的投放装置(3)。

10. 如以上任一权利要求所述的系统,其特征在于,各采集站(DSAU)包括与工业传输网耦合以向中央站直接传递存储的地震数据的耦合装置。

11. 如以上任一权利要求所述的系统,其特征在于,中央站(CCRU)包括控制装置(UC),它包括与存储装置(MEM)关联的中央单元(CPU)和管理中央电源(CPU)与图形接口之间交流的接口元件,图形接口管理与目视显示与打印装置(IGO, PR/PL)、海量存储装置(DD, CD, BM)及与采集站(DSAU)和中继浮标(RCB)通信的装置(FSI, NI)的交流,装置(E1, E2)可利用无线电链路与中继浮标通信并接收卫星定位信号,而装置(E3)用于控制和触发地震源(SS)。

12. 如以上任一权利要求所述的系统,其特征在于,包括确保布设和回收采集站及其数据的便携式控制与测试站(PTCU),包括利用无线电链路探测返回海面后的采集站(DSAU)的装置、下载存储在采集站(DSAU)里的数据并对其记录的装置、远端回收存储在中继浮标(RCB)里的地震数据的装置,以及用通信网向中央控制与记录站(CCRU)传递地震数据的装置。

13. 一种对海底地下构造进行地震勘探或监控的方法,包括:

—在水团底部安装一系列地震信号采集单元,包括对至少一个地震接收机配备机壳的流线型部件或吊杆和用于由各接收机接收的地震数据的采集模块,各采集单元适于在重力作用下沉入水团底部并进入底部而使地震接收机与地下构造相耦接,

—确定装在海底的各采集单元的位置,

—运用水下地震源波的发射作地震操作,响应于构造发射的波接受地下构造断层反射的波,收集各采集单元的接收机接收的数据,和

—中央站(CCRU)回收各采集单元获得的地震数据,

其特征在于,包括在中继浮标与海底地震采集站(DSAU)之间交换来自中央站(CCRU)的定位数据或控制数据,或者由海底采集设备(DSAU)采集的地震数据,该地震数据通过每个所述海底采集设备(DSAU)内的装置发送给所述中央站(CCRU),各中继浮标包括声学应答器(AT)、声学定位模块(PLM)和应用调制解调器的声学通信模块(ACM)。

14. 如以上任一权利要求所述的方法,其特征在于,还包括各海底地震采集站(DSAU)投入水中时通过参照卫星定位系统作定位和初发时间同步,并且通过组合时间同步数据和在采集站与各种中继浮标之间作声学遥感得到的时间测量值监控其下沉到海底,直到所述站与海底接触稳定。

15. 如以上任一权利要求所述的方法,其特征在于,还包括利用所述相应的装置把各采集站的地震接收机检测的地震记录迹线以声学方法传输给相应的中继浮标。

16. 如以上任一权利要求所述的方法,其特征在于,还包括利用所述相应的装置将指示各采集站良好工作次序的质量数据以声学方法从各采集站传输到相应的中继浮标。

应用海底采集站的地震数据采集系统

技术领域

本发明涉及应用置于水团底部的采集站的地震数据采集系统。

在位于约 300~1500 米深水层下面地下区域(指深海面)的地震勘探领域的活动正在迅速发展。将来准备开发的油田平均规模显然随水深而增大。由于启动成本,生产成本与相关的风险都随下沉深度的增加而变得更高,所以最重要的是优化生产。这就要求用新的勘探与生产技术来减小不确定性并以可以接受的成本更快地生产。

地震法在不断发展。但除了效果佳以外,石油商仍认为成本太高而不能系统地应用。多元地震勘探(3C/4C)和称为重复的(4D)地震勘探目前明确地确定为扩展潜力最高的技术,它们联合起来通过应用现有的附加数据能管理地下储油罐,并把它们与从井内仪表得到的数据结合起来。问题在于将检波器置于海底的地震勘探系统以合理的价格投入市场,同时按信息丰富合理等优点来考虑这类系统所提供的利益。最适用的勘探系统除了开发期间的储油罐监控以外,还必须满足储油罐特征的地震勘探要求,特别在深海条件下,同时要可靠、有效和经济。

背景技术

应用敷设在海底的地震电缆或拖缆的 OBC 型地震勘探法已为众所周知。诸如装在 U 型连接上提供正确定向的听地器或水听器等地震接收机全部沿该部分安置并与海底耦接。接收机用拖缆内部线路接至海面船舶上的采集设备。几条电缆可平行敷设,从而形成 3D 地震设备。这类拖缆通常应用的深度约为 500 米,有时甚至超过 1000 米。拖缆拖曳浸没在地震勘探作业构架内,或永久安装在长期监控(4D 地震监控)范围内。第二船用于移动地震源。这种技术尤其适用于受阻区域与过渡区域。除非把电缆埋在泥沙里,否则地震检波器与海底的耦接并非最佳,而且尽管有大量地震检波器材,获得的地震数据也质量平平。

例如,专利 US--4870625、WO--99/23510、98/07050 或 97/13167 都描述过这类设备。

还熟知,对于海洋学研究,尤其是勘测大陆边界的结构与地震活动性,要放

下每个由包含地震接收机、水听器与听地器等的密封箱组成的海底(OBS型)采集站和相关的电子设备,能连续记录低频地震信号并把数据存储在海量存储器里。地震检波器在泥沙里的耦接要令人满意。设备从海底拉到海面后,要回收得到的数据。由海面船只声控激励的发射装置能与镇重物断开,然后把采集设备拉到海面,诸如标志与告警灯等发信装置可在海上对其定位。站台每次使用后,再沉放前要作调节。大多数这些站台的工作深度可达6000米。用于科学任务的一些站台相对较小,它们之间的距离可从几百米到几百千米。记录时间由数据存储量与电源电池规模调节,从一周到几个月不等。

例如,专利US—4422164、4692906或5189642都描述了这类系统。

还熟知,在海底定位地震数据采集单元,可改善地震检波器与地下构造的耦接。

使用海底机器人或通过从充分流线型直接靠重力插入海底的海面采集单元发射,可实现这种定位。这类地震信号采集单元包括对至少一台地震接收机(如3C听地器与水听器)配备机壳的流线型部件或吊杆、测量其定向的倾斜仪和罗盘与地震数据收集模块,以及在海底对每个采集单元定位的装置(声学遥测)及回收收集的地震数据的海面装置。工作结束后,这些单元也用机器人回收。这类系统的工作水深可达1500米。

例如,法国专利申请00/16536或专利FR—2738642和US—4134097都描述了这类采集系统。

申请人提出的专利FR—2774775也描述了一种对海上储油罐作地震勘探或监控的方法,其中一个或多个地震发射单元包括一个或多个放入海底与电源装置关联的地震源,每个单元通过多功能控制管缆接至海面。地震接收机也与底面耦接。

无论是移动的还是与水团底部耦接的,水下采集设备,一般都与声学定位装置有联系。这些设备与配备卫星定位装置(GPS定位系统)的若干海面浮标的相对位置通过声学遥感定位。例如,专利US—5119341和5579285都描述了组合了声学遥感和卫星定位的定位装置。

发明内容

根据本发明,系统的目的在于通过接触水团底部的采集站获得来自海洋地下构造的多元地震数据,或是响应于海面或海底冲击或振动源同步地(主动地震)在水中地震波的发射,或是响应于永久由底土中自然演化而产生的微小地震事件(被

动地震)。

它包括中央控制与采集站、若干浮于水面并每个包括控制模块的中继浮标、例如 GPS 型卫星定位信号接收机, 以及与中央控制与记录站作数据交换的无线电传输装置, 多个海底地震采集站每个包括与配备地震接收机机壳的流线型部件或吊杆相关的密封体, 适于靠重力沉入水团底部而使地震接收机与地下构造耦接, 各采集站包括用于地震接收机在海底接收的地震数据的控制装置与采集设备。

该系统的特征在于, 中继浮标和海底地震采集站都配备有声学传输设备, 包含声学应答器、声学定位模块和声学通信模块, 用于通过应答器可用调制解调器交换来自中央站的定位数据或控制数据, 或者采集设备获得的准备发送给所述中央站的地震数据。

根据一实施例, 地震采集站分为几组, 各中继浮标适合与比其它中继浮标更接近的海底采集站组交换定位数据与控制数据或地震数据。

根据一实施例, 例如各采集站包括用于存储对应于由各采集站的地震接收机检测的地震信号的地震记录迹线的装置, 和控制单元中用于通过其声学通信模块对中继浮标控制以特定传输频率延迟传递至少一部分所述存储的地震迹线的装置(只是确保海底采集站良好工作次序的优质数据, 或者若采集站与中继浮标的距离不太远, 则是所有地震迹线)。

根据另一实施例, 各采集站包括能将记录的地震数据光学传输到中继浮标或各采集站附近海底车辆的装置。

根据另一实施例, 各采集站包括用于存储对应于由各采集站地震接收机检测的地震信号的地震记录迹线的装置, 和控制单元中用于形成指示所述采集站良好工作次序的数据并用于通过其声学通信模块以特定传输频率控制向中继浮标(RCB)传递形成的数据的装置。

根据一实施例, 各中继浮标包括与控制模块一起工作的装置, 用于获得相对采集站位置的声信号并对其注明日期, 并且用于连同其被卫星定位系统的接收机接收的自身坐标一起将它们发送给中央站。

根据另一实施例, 各中继浮标包括用于记录来自采集站并准备发送给中央站的获得的地震数据的装置。

根据一实施例, 各采集站包括与密封体关联的浮力装置和按中央站命令将所述密封体与相应吊杆断开的发射装置。

根据另一实施例, 各采集站包括与工业传输网耦合以将存储的地震数据直接

传给中央站的装置。

根据一实施例，中央站包括含有与存储装置关联的中央单元的控制装置和管理中央单元与显示器之间交换的接口元件，以及打印装置、海量存储装置、与采集站和中继浮标通信的装置、与中继浮标作无线电通信并接收 GPS 定位信号的设备和控制与触发地震源的装置。

根据另一实施例，各采集站包括将记录的地震数据光传输到中继浮标或车辆的装置。

根据另一实施例，各中继浮标包括管理触发地震源的发信号传输以使所有海底站最佳地同步采集地震数据的装置。

根据另一实施例，该系统包括供采集站和数据配置与恢复后勤系统使用的便携式控制与测试站，包括利用无线电链路在采集站回到海面时对它定位的装置、下载存储在采集站里的数据并对其记录的装置、远编回收存储在中继浮标里的地震数据的装置，以及利用通信网将地震数据传给中央站与记录站的装置。

按本发明对海底地下构造作地震勘探或监控的方法包括：

-在水团底部安装一系列地震信号采集单元，包括对至少一台地震接收机配备机壳的流线型部件或吊杆和由各接收机接收的地震数据的采集模块，各采集单元适用于在重力下下沉到水团底部并进入底部，使地震接收机与地下构造耦接，

-确定装在海底的各采集单元的位置，

-利用水下地震源波的发射作地震操作，响应于构造中发射的波，接收地下构造断层反射的波，收集各采集单元的接收机接收的数据和

-中央站回收各采集单元获得的地震数据。

它的特征在于，该方法包括在中继浮标与海底地震采集站之间交换来自中央站的定位数据或控制数据，或海底采集设备获得的并准备通过各所述海底采集设备中的设备发射给所述中央站的地震数据，各中继浮标包括声学应答器、声学定位模块与应用调制解调器的声学通信模块。

根据一实施例，该方法包括例如通过参照 GPS 型卫星定位系统来定位投入水中的每个海底地震采集站以及它们的初始同步，并通过在采集站与各个中继浮标之间用声学遥感获得的时间同步与时间测量数据的组合监控其沉入海底，直至所述站与海底的接触稳定。

根据一实施例，该方法包括利用所述相应的装置把地震接收机检测的地震记录迹线从各采集站以声学方式传送到相应的中继浮标。

根据一实施例，该方法包括利用所述相应的装置，将指示各采集站良好工作次序的质量数据以声学方法从各采集站传到相应的中继浮标。

附图说明

通过阅读以下参照附图而描述的诸非限制性实施例，可明白根据本发明的方法与系统的其它特征与优点，其中：

图 1 示出装在所研究构造上的采集系统的各种元件的空间分布，

图 2 示出各海底采集站 DSAU 的结构，

图 3 示出各海底采集站的流程图，

图 4 示出各海底采集站 DSAU 的地震接收机检测的信号的采集链路框图，

图 5 示出海面上各中继浮标 RCB 的流程图，

图 6 示出中央站 CCRU 的流程图，

图 7 是表示其主要功能的中央站框图，和

图 8 是可以例如代表其采集设备布置与回收后勤系统及其维持的辅助中央站 PTCU 的框图。

具体实施方式

该系统系模块化，包括(图 1)下列元件：

- 若干置于海底可采集地震数据的可回收采集站 DSAU，
- 位于海面的若干控制中继浮标 RCB，
- 在控制中继浮标 RCB 与船上控制设备之间作信息、指令与数据交换的无线电链路，
- 用于定位、指令与数据传输的双向海底—海面声学链路，至少能控制(QC)海底设备的良好工作次序。
- 用于在海面回收中继浮标 RCB 和采集站 DSAU 后对其定位的 GPS 型链路，
- 无线电链路，在采集站 DSAU 返回海面后由它们激励以向回收船只传输定位坐标。
- 该系统包括一船上控制设备，包括：
 - 用于测试与控制水中设备的便携装置 PTCU，较佳地对其代表中央站 CCRU 的部分功能，使操作更加灵活，
 - 船上集中记录与控制站 CCRU，包括用于控制和确定回收采集模块的位置

的设备，和

一起参照作用的熟知类型的 DGPS 站，适用于将差示位置校正参数发送给中继浮标 PCB，可提高测定其位置的精度。

I、海底采集站 DSAU

各采集 DSAU 包括适用于容纳各种构成电子模块的加压柱形箱 1(图 2)。锥形吊杆 2 用可卸构件用可卸构件 3 紧固于柱形箱 1 的基部。站最好靠重力沉向海底，基本上垂直于投放点，考虑到可能的海流，要与海底作充分耦接。吊杆 2 与柱体 1 在机械上不耦接，它包括用于各种地震检波器 S 的机壳(至少一个组件包括与水听器关联的三元听地器材或三耳机)。将包括浮标、气槽与控制元件的浮力设备 4 紧固在柱形箱 1 的上方，使站在柱形箱与吊杆 2 不耦接时回到海面。

各站较佳地包括一机构(未示出)，用于撞击时在海底泥沙中推进，以确保地震检波器完好耦接。当定位系统检测出 DSAU 稳定于海底时，可通过检测 DSAU 的着地接触或根据中继与控制浮标 RCB 收到的指令松开该推进机构。

根据一变型，各海底站还可包括紧固于支持锥形吊杆的中心轴的若干柱体(如两个或三个)。

各基本采集站 DSAU 适合采集地震检波器收到的信号：吊杆 2 中的 3C 听地器和水听器，并对辅助地震检波器或设备配有一定数量(达 10)的输入端。它包括(图 3)：

- 专用于管理该站的控制单元 UC，包括微控制器和数据与程序存储器，
- 注明各种事件的日期所需的高精度时钟，
- GPS 接收和 VHF 无线电发射器，它仅在 DSAU 位于海面时被激励，
- 投放模块 RM，使 DSAU 的投放器 AR 被触发而使采集站 DSAU 返回海面并回收。
- 包含声学应答器 AT 的定位与检测模块 PLM，用于确定该模块离海面的位置。
- 声学通信模块 ACM 还应用声学应答器 AT 作必要的交换以相对海底设备传输质量控制数据(QC)，用于启动记录循环，并触发钩件而释放箱体。
- 信号处理装置 TBM，使数据采集与地震起动触发同步，
- 接在数据存储装置(微型盘或闪存盘)的数据存储模块 DSM，还包括一高速链路，在采集站 DSAU 回收到海面上后可在船上下载地震数据，

—数据采集模块 DAM，包括模拟地震数据采集与转换部件(前置放大器、模/数转换器、滤波)和带非地震检波器的接口部件，

—一系列非地震检波器 ASU，其中包括压力检波器、湿度检波器、接触检波器等，

—地震接收机模块 GP，包括至少一个与海底耦接装置关联的 3 元听地器和安置在箱体上部的水听器 PS，

—箱体外侧的中速链路，DSAU 在设置前和回收后可对其初始化和控制，和

—电源管理模块 PSM。

I-1 采集站 DSAU 的控制单元 UC

控制单元 UC 包括一个 DSP 型(数字信号处理器)低耗微处理器。可编程逻辑电路用于管理输入-输出资源、诸如声学通信模块 ACM 等非地震检波器或装置的中断与特定接口、投放模块 RM、定位模块 PLM、投放模块 RM 中的 GPS 接收机与 VHF 发射机/接收机、数据存储模块 DSM，以及与箱体外部作地震或控制数据交换的高中速电缆链路。DSAU 应用程序存在于可再编程存储器里，而动态数据、地震数据或参数包含在适当容量的随机存储器里。

I-2 内部时钟

为了精确地注明与定位或地震采集有关联的事件的日期，要求例如精度为 2×10^{-9} (1 毫秒/5 天)的 OXC0(炉温补偿晶体振荡器)型振荡器。对较长的服务周期，必须作重校正。在将 DSAU 投入水里之前，可利用内部或外部 GPS 接受机的 PPS(每秒脉冲)信号作日期与时间的时钟同步。日期与时间的精度必须优于 1 微秒。

I-3 服务链路

为了不开箱体而与船上的 DSAU 通信，使用了下列两条电缆链路：

a) 带 RS-232 或 RS-422 型串口的外部 GPS 链路，其传输率按连接的设备自行配置。该链路用于该 DSAU 的配置与维护，可用接收机同步 DSAU 的内部时钟，

b) 用于回收记录数据的高速链路。

I-4 数据采集模块 DAM

数据采集模块 DAM 管理地震接收机模块 SRU，包括 3C 听地器、水听器模块 PS 和非地震检波器模块 ASU，检测电源电压、定位压力、箱内湿度、DSAU

着地接触、倾斜仪与罗盘。

模块 DAM 负责：

- 地震检波器的模拟信号的数字化，
- 非地震检波器的采集和控制，
- 耦接测试仪以检查听地器的耦接状态，和
- 测试发生器以测试地震通道质量。

对三元 x 、 y 、 z 听地器与水听器 P 接收的地震信号的数字化的电路，每条通道(图 4)包括放大器 A 与滤波器 F 以及带+取—滤波器 DF 的增量总和型模/数转换器 ADC，它们都是低耗装置。转换为 24 位，钟频为 2048MHZ。在 3HZ 与 824-412-206-103HZ 之间，采样周期分别为 0.5-1-2 或 4 毫秒。例如信号动态范围为 120dB。

非地震检波器的数字化电路在功能上相同，不过采样周期长得多(如 1 秒)，并符合特定使用装置的技术规范。

I-5 听地器模块 GP

听地器模块 GP 的标准特点包括一个 3 元听地器，可选用 X-Y 倾角仪与磁罗盘。模块基部呈流线型，以与 S 波可作最佳耦接。该模块装在沉入海底泥沙中的海底采集站 DSAU 的吊杆里，与地震检波器完美耦接。

I-6 数据存储模块 DSM

获得的地震数据存储在非易失存储媒体上，后者包括一块或多块基于闪存存储器技术或微型盘的盘片。例如最小存储容量从 1 千兆字节可扩至 4 千兆字节。要存储采样周期为 2 毫秒、压缩比为 1: 2 的 26000 张 10 秒摄像，1 千兆字节量级的容量足够了。对于 3000 米深的目标，覆盖的拍摄区为 36km^2 量级，对应于以每 25 米一个拍摄点的速率拍摄 28800 次，行间距离为 50 米。

I-7GPS 接收机

该 GPS 接收机具有两功能：

- DSAU 在布设前，使其内部时钟同步，和
- 在站 DSAU 返回海面后采集定位坐标，利于在海底数据回收时对采集组件的定位。

只要采集站 DSAU 完全保持在水下，就去激励 GPS 接收机。

I-8 定位与探测模块 PLM

a) 定位与探测原理

位于水面(最小 2 米)的浮标网的定位原理, 包括例如水下车辆 AUV 的应答器声源或从海底站 DSAU 发射的信号的传播时间测量。该声源定期发射两种连续的信号: 第一信号与 GPS 时间同步, 第二信号作为深度的函数而随时间滞后。所有浮标都接收这些信号, 并以相应的 GPS 时间极其精密地注明这两种信号的到达日期。然后, 浮标通过无线电链路将其与由 DSAU 接收的到达时间关联的自身位置 DGPS 发送给控制系统。知道了声音在水中的传播速度后, 把该传播时间直接转换成应答器/浮标距离。由于深度由各浮标精密测得, 所以利用在水平面弧度等于斜距的圆的交点便可得出该声源的位置。

根据该装置的深度, 定位精度在 1 米量级或以下。

定位系统在各站 DSAU 一投入水中后即被激励, 因而能监控其沉降过程中在水里的轨迹。DSAU 的位置稳定后, 即认为其安装完毕。于是去激励定位系统, 直到回收时间或直到在操作期间偶尔检查其位置。

b) 声学应答器 AT

发送遥感数据的声学应答器的特征要求如下:

- 频率: 34KHZ
- 循环周期: 1~2 秒
- 时钟稳定度: 10^{-8} /日
- 压力检波器: 0~30Mpa, 1%

在把站 DSAU 投入水中前, 时钟必须利用 GPS 接收机的输出信号 PPS(每秒脉冲)同步。

为优化海底站 DSAU 的设备, 该声学应答器较佳地还可为声学通信模块所使用。

I-9 声学通信模块 ACM

通过调制解调器可用双向声学链路将指令利用位于海面的浮标 RCB 发送给 DSAU 并从其接受质量控制数据 QC, 这些指令与船上的中央控制与记录单元 CCRU 的操作相联接。该链路还可用于精密地与地震摄像同步, 例如 1200 位/秒的速率可发送 150 字节/秒, 在地震操作时这足以满足几乎连续的控制。各浮标 RCB 较佳地与对其指定的设备的采集装置 DSAU 通信的声学自然频率相关联。这还可优化声学测距。

这些指令可管理 DSAU 的各种功能, 如电源管理、功能激励或去激励、它们的配置、地震采集参数化、地震操作控制与数据记录控制等。

各站 DSAU 发射的质量数据 QC 可得到工作诊断：地震信号质量、电源电平控制、数据记录容量监控、电子控制等。

传输所有获得的地震数据更难实现。如对于 10 秒~2 毫秒与压缩系数为 2 的地震摄像，鉴于中等传输率为 1200 位/秒，从站 DSAU 回收 4 个轨道会持续 3 分 20 秒。对于 20 位/秒的低速率，要 3 小时 20 秒，4800 位/秒的高速率为 50 秒。对于完整拍摄的数据，在诸浮标 RCB 能同时接收数据的情况下，必须将该时间乘上设备的 DSAU 个数除以中继浮标 RCB 个数。

I-10 投放模块 RM

投放系统由来自中央控制与记录单元 CCRU 或便携式测试系统 PTCU 的指令触发。这确保投放机构触发使容器返回海面并对地震检波器激励探测装置。若浮力组件不足以使吊杆脱离海底，则可将听地器模块 GP 与 DSAU 断开而抛弃于海底。一接到投放指令，站 DSAU 就激励该定位系统与程序，并考虑到上升时间和 GPS 接收机、无线电发射机与站 DSAU 目视探测闪光的激励时序。

I-11 无线电发射机

无线电发射机可将 GPS 坐标发送给中继浮标 RCB 或直接发送给检测船。发射机只有在 DSAU 返回海面后才能有效地被激励。应用的无线电频率与中继浮标 RCB 同中央控制与记录站 CCRU 之间链路使用的频率相同。

I-12 同步模块 TB

同步模块 TB 的功能在于精密地测定源触发时间(≤ 100 微秒)并使获得的数据与该时间同步。作为一般原则，地震采集与地震源触发同步启动。这就要求在地震操作时将同步信号 TB(时间信号)从源通过中央控制与记录站 CCRU、浮标 RCB 传输到采集站 DSAU。考虑到基本上与该信号在不同媒体、空气与水中传输相关联的延迟，必须设法校正并计及各种传播时间。系统的所有元件与 GPS 接收机获得的时间极精密地同步。中央控制与记录站 CCRU 使该时间与触发地震摄像的精密时间关联起来。该信息在采集同步信号之后立即发送给海底站 DSAU，使它们与通过应用在申请人提出的专利 FR-2787201(US-6253156)所描述的方法获得的地震样本再同步。

I-13 电源模块 PSM

电源模块设计成便于调换，供电量适应地震操作要求。对短期操作，可使用碱性电池，但长期操作必须应用昂贵的锂电池。电源容量最小必须接近连续操作 7 天。或者，电容量必须延长到 1 个月或更长。

II、中继浮标 RCB

各中继控制浮标 RCB 位于海底地震装置上方的水面上，浮标 RCB 至少用两个。海底站分成与中继浮标一样多的组，并对各中继浮标指定与其最近的海底站的交换管理。其功能有：

—作为中继器，通过无线电链路和船上的中央控制与记录站 CCRU 交换数据，并通过声学链路与采集站 DSAU 交换数据，

—获取并注明相对站 DSAU 定位的声学信号的日期，同时将它们随其 GPS 接收机收到的 GPS 坐标一起发送给中央站 CCRU，

—若地震操作的进程允许，只要声学链路的传递速率足够，就在海量存储器(盘片)上记录来自站 DSAU 的地震数据。

各中继与控制浮标的电子设备包括(图 5)：

—管理该浮标的微处理器卡 CPU(PC 型)，

—大容量盘 HD，

—例如以太网 ETH 型网络接口，

—至少一条与船甲板上站 DSAU 通信的电缆链路(COM1, COM2)，

—精密时钟 H，

—GPS 接收机 Rx，

—例如甚高频无线电收发机 Rx/yx，

—定位 PLM 的声学模块，

—用于定位和数据传输的应答器或水听器 AT，

—数据传输 ACM 用的声学调制解调器，

—地震摄像同步接口 TBM，

—配有电池与太阳能阵列以增大容量的电源管理模块 PSM，

—耦接浮标 RCB 推进设备 PROP 的定位控制模块 ASP，

—用于浅水区的锚定设备。

II-1 微处理器卡

微处理器卡例如是一种工业型低耗 PC 卡，适于管理盘片，然后通过高速通信网把存储在其上的地震数据传给中央控制与记录站 CCRU。

II-2 无线电链路

中央控制与记录站 CCRU 同海底站 DSAU 之间通过中继浮标 RCB 的无线电链路，例如是一种频率为 216~220MHZ 或 450~470MHZ 的无线电传输信道，

传输率以 10kbit/s 为宜。该链路用于：

—声学定位模块，用于接收自中央站 CCRU 至海底站 DSAU 的指令，并从中接收定位信息，

—地震采集期间的数据交换：中央控制与记录站 CCRU 为海底站 DSAU 接收的指令，并从中传输质量控制数据 QC 或地震数据。

各浮标 RCB 以专用地址标识，并且有特征无线电发射频率。所有浮标的接收频率相同。

II-3 声学调制解调链路

这是一种利用调制解调器的双向声学链路。各浮标 RCB 有其自己的声频，可与对其指定的系统的海底站 DSAU 通信。这还可优化声学测距。根据传输条件，链路的传递速率可在 20 和 4800bit/s 之间选择。一般以 1200bit/s 的中速为宜。

II-4 声学定位模块

该模块与声学应答器、极精密而稳定的时钟 (10^{-8} /月)GPS 接收机和无线电收发机通信。安装中继浮标前，时钟与 GPS 接收机的信号 1PPS (每秒脉冲)同步。例如信号重复周期为 1 或 2 秒。

II-5 地震摄像同步接口

为了以所有海底站 DSAU 的程度最佳地同步采集，该接口适于管理地震源触发信号的传输。

II-6 中继浮标电源

考虑到各中继浮标的功能和操作长度，其电源容量可作调节。需要时，电池限制在自维持箱内，以便于其在操作期间的调换。

添设太阳能阵列可增大电池容量。

II-7 可控推进装置

多少有些强烈的海流会使浮标安装后漂移。向中央控制与记录站 CCRU 定期传输 GPS 坐标可连续监控漂移。受控的全向推进装置可让浮标保持在原位。已知的自推进浮标原理适用于中继浮标 RCB。这类浮标的位移速度可达 3 节，一天与 7 天之间的距离基本上依赖所使用的大能量类型。

在系统应用于浅水或中等深度水中时，因成本较低使用把浮标锚定至海底的系统较佳。

2-8 光学传输

当海底采集站与数据传输设备的距离相对较短时：中继浮标或可能一种正在附近通行且配备收集组件的海底承运器，也可用光学传输信道把收集的地震迹线传给该收集组件。此时，可将与光通信模块 ORM 和光接收机 RxOPT 相关联的中继浮标的通信电子装置用作该收集组件(图 5)。该电子模块的声学装置用于将数据传递指令发送给海底采集站，而后者用该光学装置反过来将数据送给该收集组件。

III、中央控制与记录站 CCRU

如图 6 的流程图所示，例如可装在船上的中央控制与记录站 CCRU，首先包括一控制装置 UC，它包括与存储器 MEM 关联的中央单元 CPU。该中央单元利用第一总线 B1 与下列接口通信：

- 管理与显示屏 IGO 交流的图示接口 GI，
- 管理与键盘和鼠标交流的串行接口 SI，
- 管理与存储盘和光盘交流的接口 DI，
- 管理与磁带输送机构交流的接口 BI，
- 管理与打印机交流的并行接口 PI，
- 在海底站 DSAU 浸入海面之前或回收到海面之后管理与其交流的快速串行接口 FSI，和

—管理通过本地通信网(如以太网型)与海面浮标 RCB 交流的接口 NI。

利用第二总线 B2，中央单元 CPU 可与下列装置通信：

- 甚高频无线电波的收发装置 E1，
- GPS 定位信号接收装置 E2，和
- 地震源 SS 控制与触发装置 E3。

如图 7 的框图所示，中央站具有如下功能：

- 为操作员管理图示控制接口，
- 管理甚高频无线电链路，以便控制和监控水中的采集设备、中继浮标 RCB 和站 DSAU，
- 采集设备布设与回收阶段对定位信息作图示处理与显示，
- 建立并维护含水中设备定位信息与功能状态的数据库，
- 管理与船舶和地震源控制设备的 GPS 导航系统的接口，
- 控制和监控地震操作，显示差错事件和质量数据 QC 所含的信息，回收获得的地震数据：

—在地震采集停滞时间内，若数据传递率足够高，可用无线电链路回收，
—在回收了设备中继浮标 RCB 和海底采集站 DSAU 后，或通过通信网由浮标 RCB 或便携式测试中央站 PTCU 回收，而且

按标准格式(如 SEG-D)将所有地震数据记录在磁性材料上。

IV、便携式控制与测试站 PTCU

为使操作更灵活，可将中央站 CCRU 的部分功能委托给对其指定了采集设备布设与回收后勤系统与维护的辅助中央控制与测试站 PTCU。便携式站 PTCU 以强力便携式 PC(《硬化》)为主构成。它的功能例如有：

- 操作员的图形控制接口，
- 采集设备 DSAU 和 RCB 的配置参数初始化，
- 实施质量管理测试 QC 和各站 DSAU 的工序控制，
- 管理甚高频无线电收发机，以便监控水中采集设备、中继浮标 RCB 和站 DSAU 的定位，
- 在采集设备布设与回收期间对定位信息作图示处理和显示，
- 建立并维护含有定位信息与水中设备功能状态数据的数据库，
- 用甚高频无线电链路探测回到海面后的采集站 DSAU，
- 或者，管理地震源控制设备的接口并控制地震采集，
- 将同时存储和记录在一定数量采集站 DSAU 里的数据下载到内部硬盘或磁盘上，

—在将采集得到数据存储在中继浮标 RCB 中的情况下，利用网络通信收回这些浮标的地震数据，和

- 利用如以太网型工业通信网将地震数据传给中央控制与记录站 CCRU。

V、操作描述

系统布设如下：

先准备好中继浮标 RCB，将它投入勘探构造上方的水中。

各海底站 DSAU 在投入水中前，先在船甲板上作配置、检验与同步。

然后，海底站 DSAU 被接连投入水中，在重力作用下沉到海底。它们的位置由便携式测试系统 PTCU 或中央控制与记录站 CCRU 监控。必须注意会使站的流动轨道或多或少漂向海底的海流。举个例说，如假定站 DSAU 的沉速为 1m/s，对其指定的位置为 3000m 深。对于在 0 与 1500m 之间变化约为 40cm/s 的海流，则以 7cm/s 沉向 3000m，不必考虑逆流，相对于期望的点，着落点漂

移约 700m。有时偏差甚至达几 km。一般而言，海面的海流更强。考虑到海流引起的漂移，必须首先投放 DSAU，以确定其着落点并随后考虑真实漂移而校正投放点。

设置一结束，就开始采集地震数据。每次地震摄像后，把数据存储在各海底站的存储模块 DSM 中(图 3)。海底采集站 DSAU 与中继浮标 RCB 之间的双向声学链路可发送代表海底站良好工作次序与在地震操作过程中获得的地震数据质量的质量数据 QC。

若水位不太高而且速率足够高，海底采集站 DSAU 与中继浮标 RCB 之间的该双向声学链路还可向海面发射至少部分记录在海底采集站里的地震迹线。

地震摄像结束时，回收海底采集站 DSAU 的办法是对钩件 3(图 2)作声学激励并松脱采集箱 1，使之返回海面。目视装置、标志与闪光以及 GPS 接收机与甚高频发射机的激励，都有助于探测与回收站 DSAU。

地震数据的回收例如由便携式测试系统 PTCU 实施，该系统利用诸如以太网型快速工业网链路接至中央控制与记录站 CCRU。

电池和镇流器经重新调节、调换或再充电后，海底站 DSAU 又可工作了。

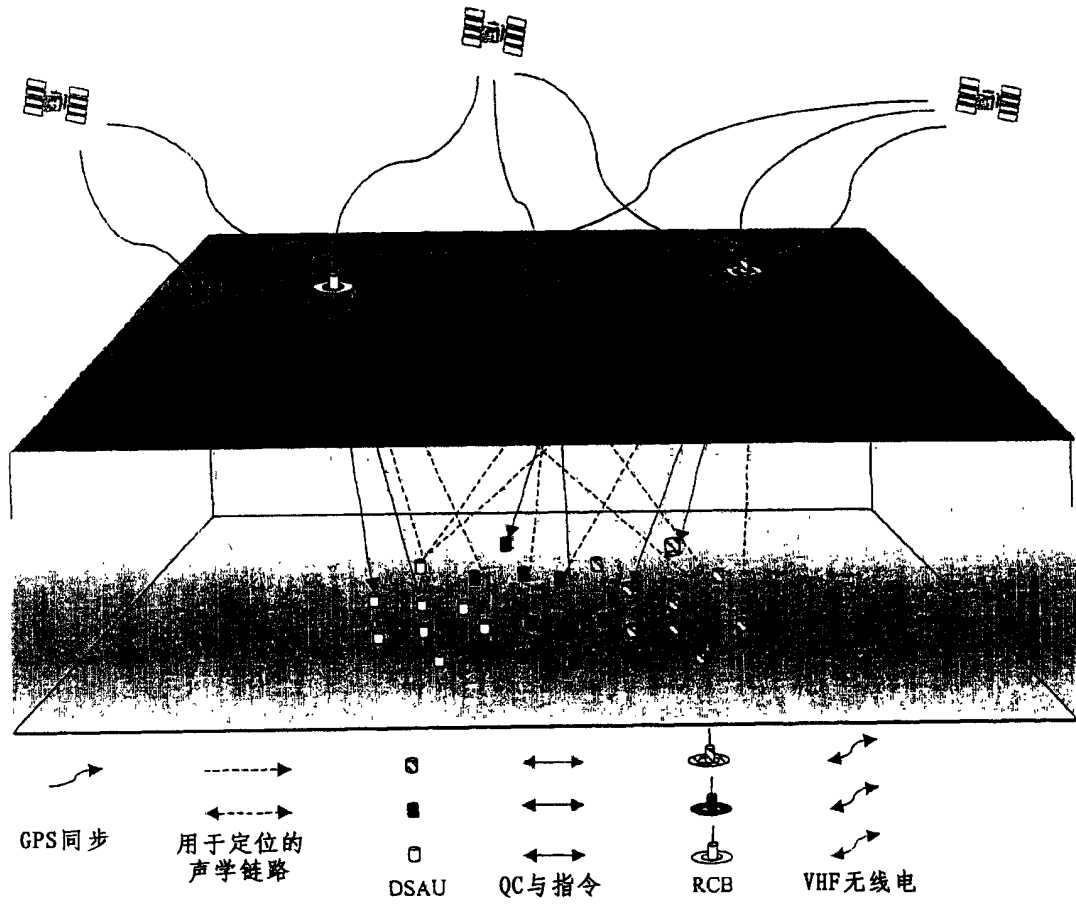


图 1

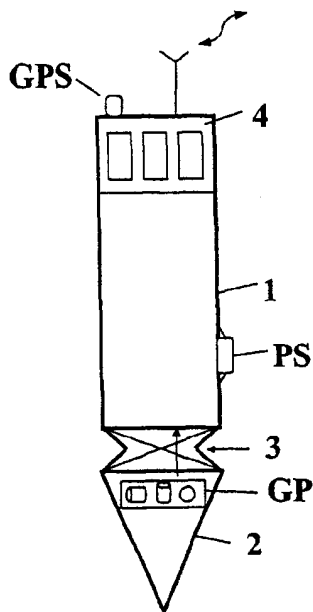


图 2

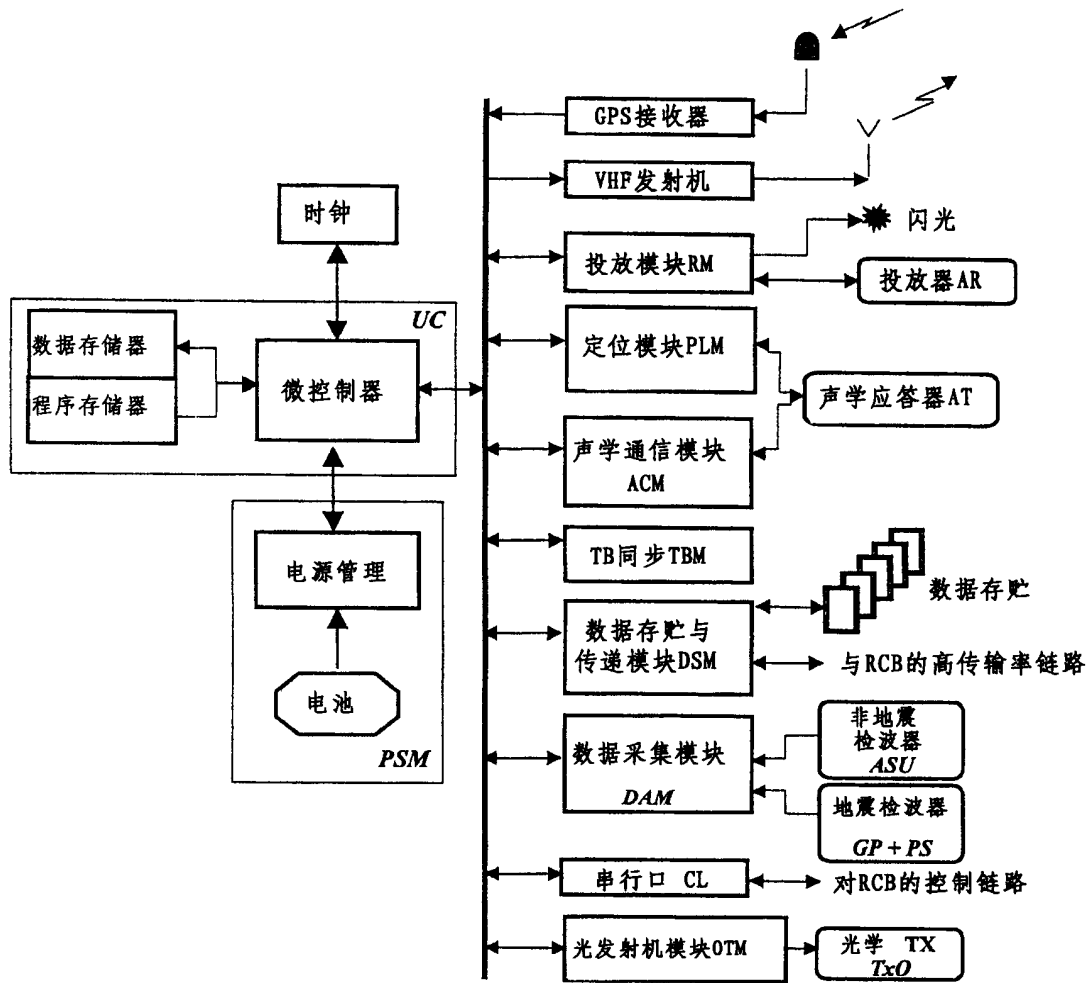


图 3

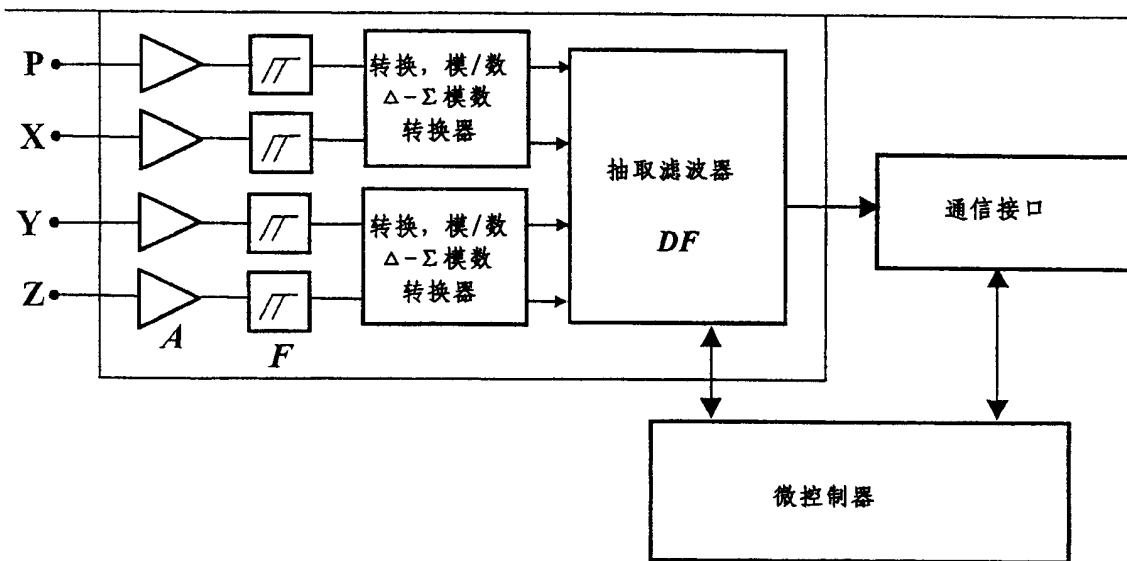


图 4

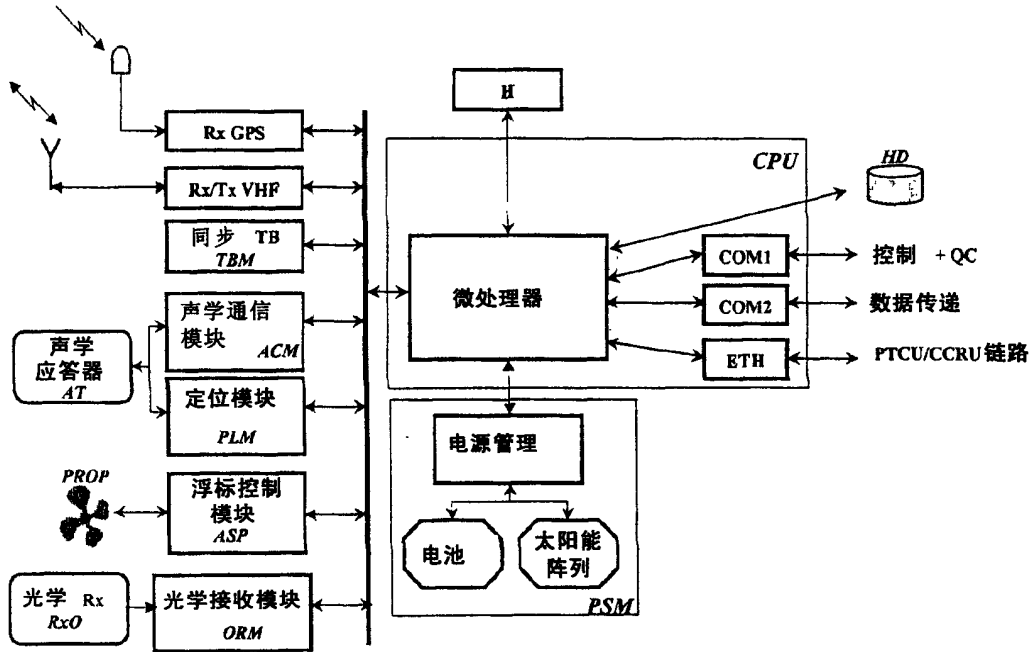


图 5

模块

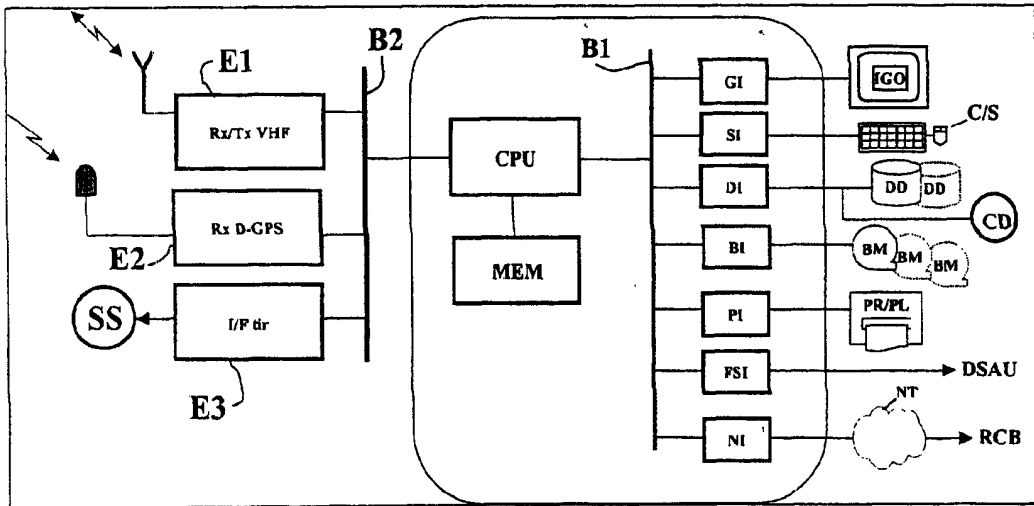


图 6

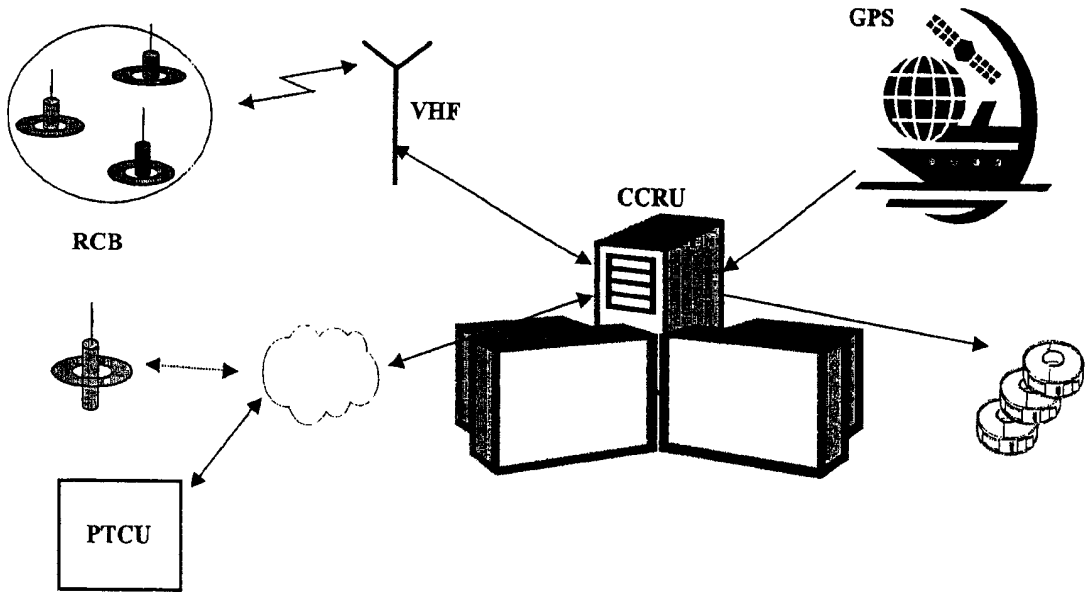


图 7

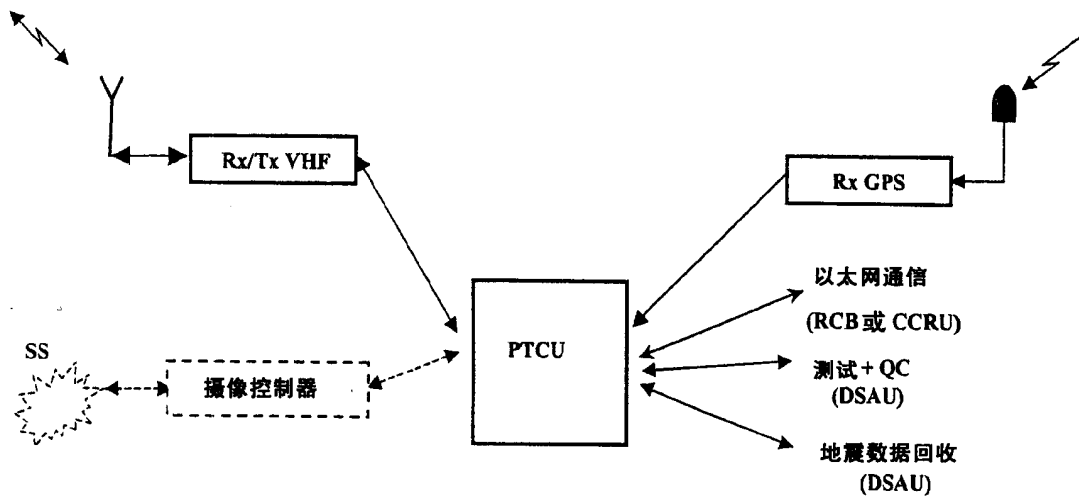


图 8