

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01N 27/00

E21B 47/12



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00100553.7

[45] 授权公告日 2004 年 1 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1136449C

[22] 申请日 2000.1.25 [21] 申请号 00100553.7

[71] 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园

[72] 发明人 丁天怀 卢小冬 侯汝舜 文云骏

审查员 王丽华

[74] 专利代理机构 北京清亦华专利事务所

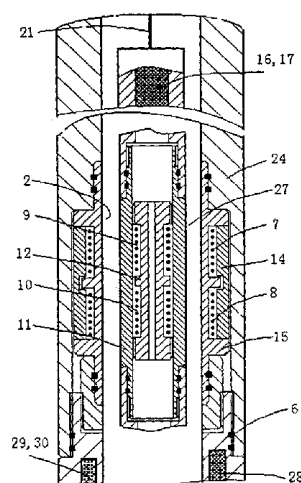
代理人 廖元秋

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

[54] 发明名称 井下无铁芯线圈耦合通讯装置

[57] 摘要

本发明属于油气井地层参数测量仪器领域，涉及井下无铁芯线圈耦合通讯装置。包括通过电缆与地面设备相连的电缆探头组件和放置在井下仪器载体上的大线圈组件，电缆探头包括：非铁磁材料的小线圈骨架套筒和固定在小线圈骨架套筒内的小线圈骨架，发送、接收信号的相位调制解调电路，以及作为调制解调电路一部分的一对小线圈绕组；大线圈组件包括：非铁磁材料的大线圈骨架，大线圈绕组的保护夹瓦，发送、接收信号的相位调制解调电路，以及作为调制解调电路一部分的一对大线圈绕组。本发明可避免了寻求高温居里点铁氧体材料的困难，采样相位调制解调电路能够避免井下发射、接收装置存在相对运动对传输信号的影响，因而不需要使用井下定位装置。



1、一种井下无铁芯线圈耦合通讯装置，包括通过电缆与地面设备相连的电缆探头组件和放置在井下仪器载体上的大线圈组件，其中电缆探头包括：非铁磁材料的小线圈骨架套筒和固定在小线圈骨架套筒内的小线圈骨架，发送、接收信号的相位调制解调电路，以及作为调制解调电路一部分的一对小线圈绕组；大线圈组件包括：非铁磁材料的大线圈骨架，大线圈绕组的保护夹瓦，发送、接收信号的相位调制解调电路，以及作为调制解调电路一部分的一对大线圈绕组；所说的一对小线圈绕组绕在所说的小线圈骨架上，该小线圈骨架固定在所说的小线圈骨架套筒内；所说的一对大线圈绕组绕在大线圈骨架上，该大线圈骨架固定在井下仪器载体上，该保护夹瓦安装在大线圈骨架外侧；所说的电缆探头中的相连部位采用密封机构密封，所说的大线圈组件中的相连部位采用密封机构密封。

2、根据权利要求 1 所述的井下无铁芯线圈耦合通讯装置，其特征在于，所说的小线圈骨架为截面呈两个背向的 E 的圆柱；所说的大线圈骨架为截面呈两个背向的 E 的圆套筒；该大线圈骨架外侧安装有保护大线圈的两个半圆柱形的夹瓦。

3、根据权利要求 1 所述的井下无铁芯线圈耦合通讯装置，其特征在于，所说的小线圈骨架套筒采用和电缆探头壳体的热膨胀系数相近或一致的非电磁屏蔽材料，所说的小线圈骨架采用与小线圈骨架套筒相近或一致的材料。

4、根据权利要求 1 所述的井下无铁芯线圈耦合通讯装置，其特征在于，所说的大线圈骨架采用和井下仪器载体的热膨胀系数相近或一致的非电磁屏蔽材料。

5、根据权利要求 3 或 4 所述的井下无铁芯线圈耦合通讯装置，其特征在于，所说的非电磁屏蔽材料是工程塑料。

6、根据权利要求 1 所述的井下无铁芯线圈耦合通讯装置，其特征在于，所说的密封机构为高温 O 型密封圈。

井下无铁芯线圈耦合通讯装置

技术领域 本发明属于高温、高压环境下的油气井地层参数测量技术领域，特别是涉及电缆探头与井下测量仪器的数据和控制信号双向传输的通讯装置。

背景技术 在完成油气井钻井工序后，一般需要进行地层参数等的测试工作，根据测量的数据对井下油气储藏状况等进行分析。一个典型的油气井试井测试系统的结构如图2所示。系统主要包括安放在仪器载体24上的测量仪器28，与单芯电缆21直接相连的电缆探头27，耦合线圈通讯装置的线圈绕组26，其中，用于测量井下地层参数的测量仪器28安放在仪器载体24上，测量时，仪器载体24随油管管线22下放到被测油气井23的预定作业深度。电缆探头27与单芯电缆21与地面设备25直接相连，将电缆探头27施放到线圈绕组26有效作用距离内，就可以在地面实现井下测量的实时监测与控制。

由于油气井井下测量具有高温、高压、空间有限的特点，并且井下测量仪器沉浸在导电的腐蚀性流体介质中，测量过程中存在很多不利于井下测量仪器和电缆探头电路直接耦合的因素，一般需采用井下电磁耦合通讯装置实现油气井下电子设备之间的非接触通讯。井下电磁耦合通讯装置是指利用固定在井下测量仪器载体和电缆探头上的导体线圈之间的电磁耦合，来实现缆绳探头与井下测量仪器的数据和控制信号双向传输的通讯装置。电缆探头通过单芯电缆与地面设备相连，从而实现井下测量的实时监测和远程控制。

这种井下电磁耦合通讯装置的工作原理是：处于独立的闭合回路中的两个线圈，当其中一个线圈内存在变化的电流时，在一定的距离内，另一个线圈闭合回路中将产生可测量的感应电流信号。应用这个原理就可以实现油气井下电子设备之间的非接触通讯。

美国专利 US 4 901 069 介绍了一种使用高温铁氧体材料磁芯实现的井下电磁耦合线圈通讯装置，其结构如图3、4所示，它包括以下几个部分：电磁耦合的内线圈绕组69、外线圈绕组62，内、外线圈绕组62、69的磁芯63、70，发送驱动电路82，解调接收电路81。内线圈组件35通过悬挂缆绳13和地面系统相连，外线圈组件31通过发送驱动电路82和解调接收电路81与通用异步发送/接收器84相连，由内线圈组件35和外线圈组件31构成耦合通讯工具，通用异步发送/接收器84由井下计算机83来控制。发送驱动电路82和解调接收电路81是一种频移键控（FSK）调制解调电路，频移键控（FSK）调制解调电路是一种常用的低速调制解调方式，它使用不同的频率表示二进制数据，特点是实现简单，解调时不需要本地载波，对电平的变化适应能力较强，但是信号占用的频带宽。

内线圈组件35固定在与悬挂缆绳13相连的内部件A上，在耦合通讯期间，内部件A由制动棘爪C、弹簧C1和外部件B的内表面E的凹槽D与外部件B锁定。外线圈组

件 31 由高分子材料 F 密封。

在该专利 US 4 901 069 中，井下耦合通讯装置的耦合线圈需要磁芯增强耦合效果，并且，由于采用频率调制解调方式，需要使用锁定结构 C、C1 和 D 来保证耦合通讯期间与缆绳相连的耦合通讯装置内部组件和外部组件之间不存在相对运动，以避免井下压力变化及流体流动影响井下通讯。通常试井需要多方协调，时间周期长，耗资巨大。该专利不但设计、实现复杂，而且当井下情况复杂，特别是流体流量变化太大或者出现稠油、出沙等现象时，不但不能实现有效通讯，还可能导致井下装置毁坏。

发明内容 本发明的目的是为克服上述已有技术的缺陷，提出了一种井下无铁芯线圈耦合通讯装置，该装置不需要高居里点的铁氧体材料做耦合线圈芯体，也不需要井下定位系统，因此结构简单，可靠性高。

本发明提出一种井下无铁芯线圈耦合通讯装置，包括通过电缆与地面设备相连的电缆探头组件和放置在井下仪器载体上的大线圈组件，其中电缆探头包括：非铁磁材料的小线圈骨架套筒和固定在小线圈骨架套筒内的小线圈骨架，发送、接收信号的相位调制解调电路，以及作为调制解调电路一部分的一对小线圈绕组；大线圈组件包括：非铁磁材料的大线圈骨架，大线圈绕组的保护夹瓦，发送、接收信号的相位调制解调电路，以及作为调制解调电路一部分的一对大线圈绕组；所说的一对小线圈绕组绕在所说的小线圈骨架上，该小线圈骨架固定在所说的小线圈骨架套筒内；所说的一对大线圈绕组绕在大线圈骨架上，该大线圈骨架固定在井下仪器载体上，该保护夹瓦安装在大线圈骨架外侧；所说的电缆探头中的相连部位采用密封机构密封，所说的大线圈组件中的相连部位密封机构密封。

所说的小线圈骨架为截面呈两个背向的 E 的圆柱；所说的大线圈骨架为截面呈两个背向的 E 的圆套筒；该大线圈骨架外侧安装有保护大线圈的两个半圆柱形的夹瓦。

所说的小线圈骨架套筒可采用和电缆探头壳体的热膨胀系数相近或一致的非电磁屏蔽材料，所说的小线圈骨架可采用与小线圈骨架套筒相近或一致的材料。

所说的大线圈骨架可采用和井下仪器载体的热膨胀系数相近或一致的非电磁屏蔽材料。

所说的非电磁屏蔽材料可为工程塑料。

所说的密封机构可为高温“O”型密封圈。

本发明的井下无铁芯线圈耦合通讯装置的工作原理是通过两对分别固定在井下仪器载体和电缆探头上的无铁芯互感线圈的耦合，来实现井下测量仪器和缆绳探头之间信号双向传输的。本发明不使用铁氧体材料的线圈芯体就可以实现两个独立闭合电路之间的信号有效非接触耦合传递，从而避免了寻求高居里点铁氧体材料的困难；耦合通讯装置使用两套独立的互感线圈，实现井下测量仪器和缆绳探头之间的双向通讯；本耦合通讯装置采用相位调制解调电路，保证在通讯装置对接过程中，即使井下仪器载体和电缆探头之间存在相对运动，也不会影响线圈耦合传输信号的精度，所以无需设计和使用时复杂的电缆探头井下定位与锁定装置就可以实现井下与地面间信号准确、可靠的通讯。由于该发明的电缆探头与井下仪器载体之间没有需要在井下连接的部件，因此便于电缆探

头和井下仪器载体能够在高温、高压的油气井井下实现良好的密封。

本发明所说的小线圈骨架可为截面呈两个背向的 E 的圆柱；所说的大线圈骨架可为截面呈两个背向的 E 的圆套筒；该大线圈骨架外侧安装有保护大线圈的两个半圆形的夹瓦。

所说的小线圈骨架套筒可采用和缆绳探头的热膨胀系数相近或一致的非电磁屏蔽材料，所说的小线圈骨架可采用与小线圈骨架套筒相近或一致的材料。以使在井下温度范围内的热膨胀不会导致小线圈导线断裂或耦合性能下降，不会导致小线圈骨架与小线圈骨架套筒连接松动，使小线圈骨架套筒和缆绳探头在井下温度范围内的热膨胀不会导致密封机构失效。

所说的大线圈骨架可采用和井下仪器载体的热膨胀系数相近或一致的非电磁屏蔽材料，使井下温度范围内的热膨胀不会导致密封机构失效，且大线圈骨架的受压变形和高温膨胀不会导致大线圈导线断裂或耦合性能下降。

本发明的特点：

其一，耦合线圈不需要采用磁芯来增强耦合效果，结构简单，容易实现电缆探头和井下仪器载体的密封；

其二，使用两对的耦合线圈实现信号的双向传递，传输速度高；

其三，使用相位调制解调方式，电缆探头和井下仪器载体之间的相对运动不会影响信号传输的精度。

附图说明

图 1 为本发明的井下耦合通讯工具的机械结构示意图。

图 2 为一般的试井测试系统的结构示意图。

图 3 为已有技术的井下耦合通讯工具的原理示意图。

图 4 为已有技术的井下耦合通讯工具的机械结构示意图。

图 5 为本发明的井下耦合通讯工具的原理示意图。

具体实施方式 本发明设计的一种井下无铁芯线圈耦合通讯装置实施例结合附图进一步说明如下：本实施例的工作原理及机械结构如图 1、5 所示。本耦合通讯装置包括电缆探头 27 和与井下仪器载体 24 相连的大线圈组件 2。电缆探头 27 包括包括：一对小线圈绕组 9、10 绕在一小线圈骨架 12 上，小线圈绕组 9、10 是相位调制解调电路 16、17 的一部分，小线圈骨架 12 为截面呈两个背向的 E 的圆柱，小线圈骨架 12 固定在非铁磁材料的小线圈骨架套筒 11 内；大线圈组件 2 包括：一对大线圈绕组 7、8 绕在大线圈骨架 15 上，大线圈绕组 7、8 是相位调制解调电路 29、30 的一部分，大线圈骨架 15 为非铁磁材料的截面呈两个背向的 E 的圆套筒，大线圈骨架 15 固定在井下仪器载体 24 上，大线圈骨架 15 外侧安装两个半圆形的夹瓦 14 保护大线圈绕组 7、8；电缆探头 27 中使用螺纹相连部位同时使用高温“O”型密封圈 6 密封，大线圈组件 2 中螺纹连接的部位同时使用高温“O”型密封圈 6 密封。

大线圈骨架 15 和小线圈骨架套筒 11 使用非电磁屏蔽材料，当大线圈绕组 7、8 和小线圈绕组 9、10 进入有效感应距离内的时候，即可在电缆探头 27 和井下测量仪器 28 之间实现双向通讯。

大线圈骨架 15 和小线圈骨架套筒 11 所用的非电磁屏蔽材料可采用尼龙；

小线圈骨架 12 可采用尼龙；

大线圈绕组 7、8 和小线圈绕组 9、10 可采用高温漆包线或多股航空导线。

本实施例的相位调制电路 16、29 和相位解调电路 17、30 可采用相移键控 (PSK) 电路，当通讯期间缆绳探头 27 与井下测量仪器载体 24 之间存在相对运动时，由于多普勒频移现象，接收的信号与发送的信号之间会存在差异。采用相位调制电路 16、29 和相位解调电路 17、30，多普勒频移不会对传输过程中调制传输的信息产生影响，即在传输数字信号时，可以使用更小的信号误差带；在直接传输模拟信号，可以实时监测井下仪器时，不会降低信号精度。

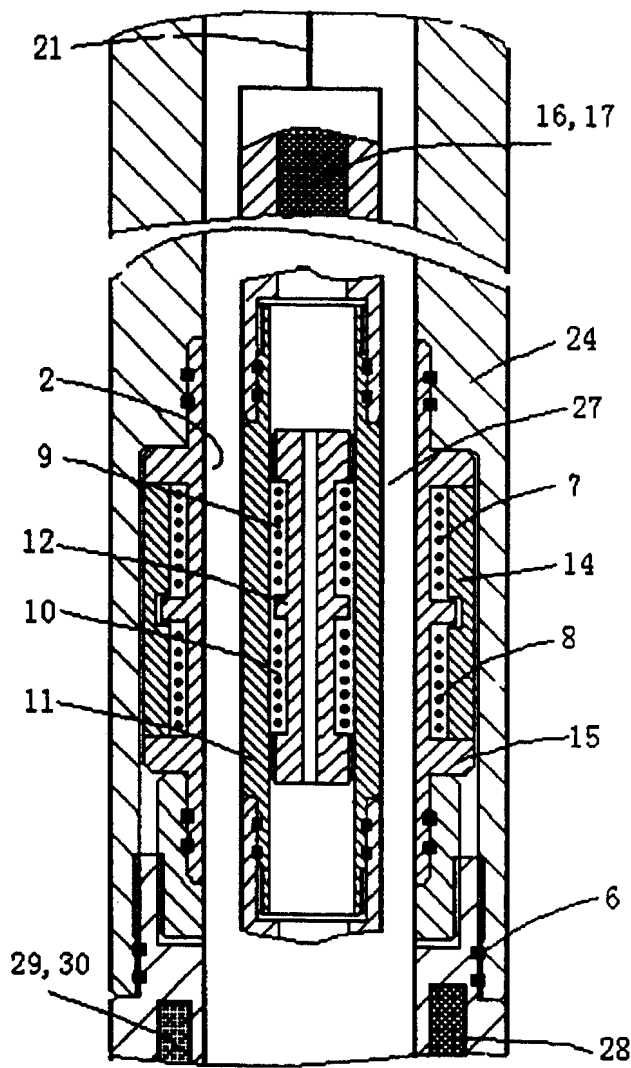


图 1

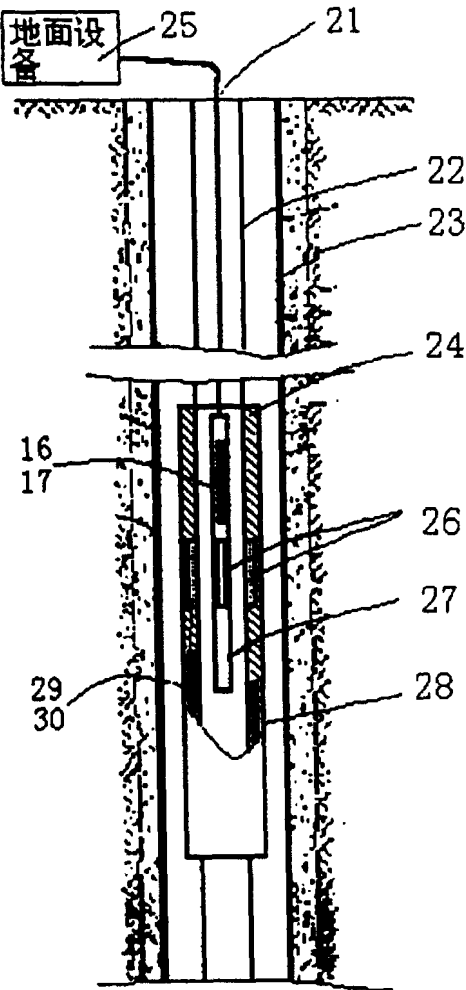


图 2

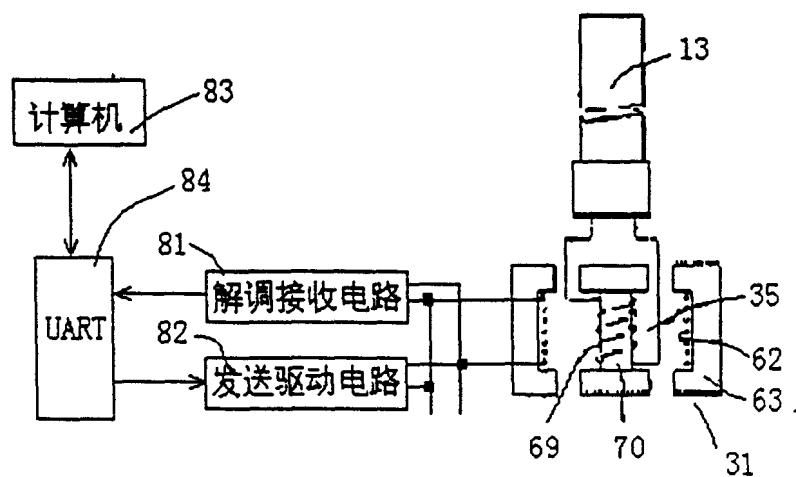


图 3

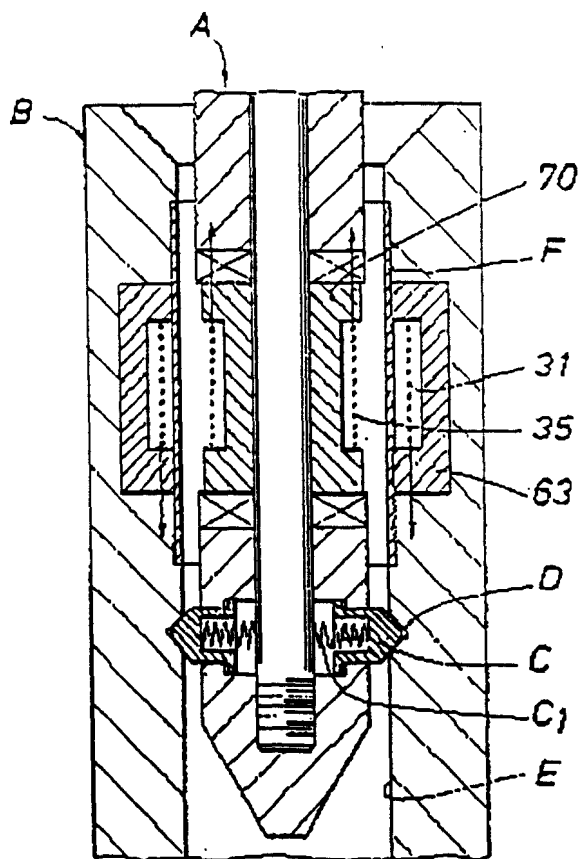


图 4

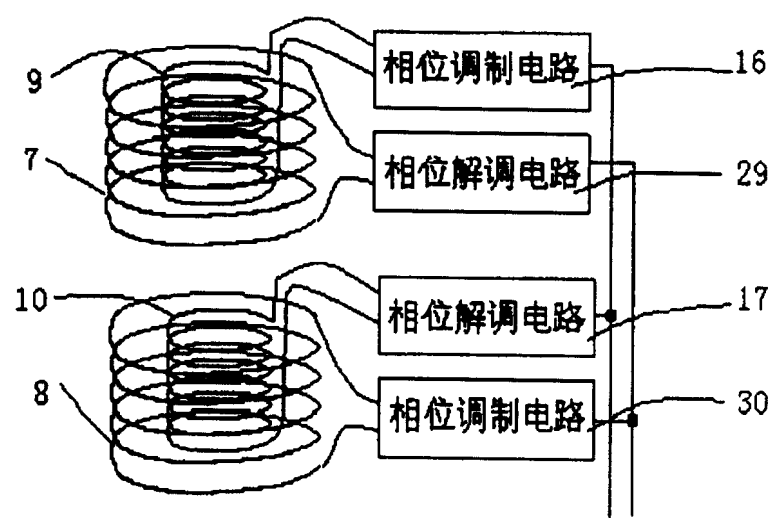


图 5

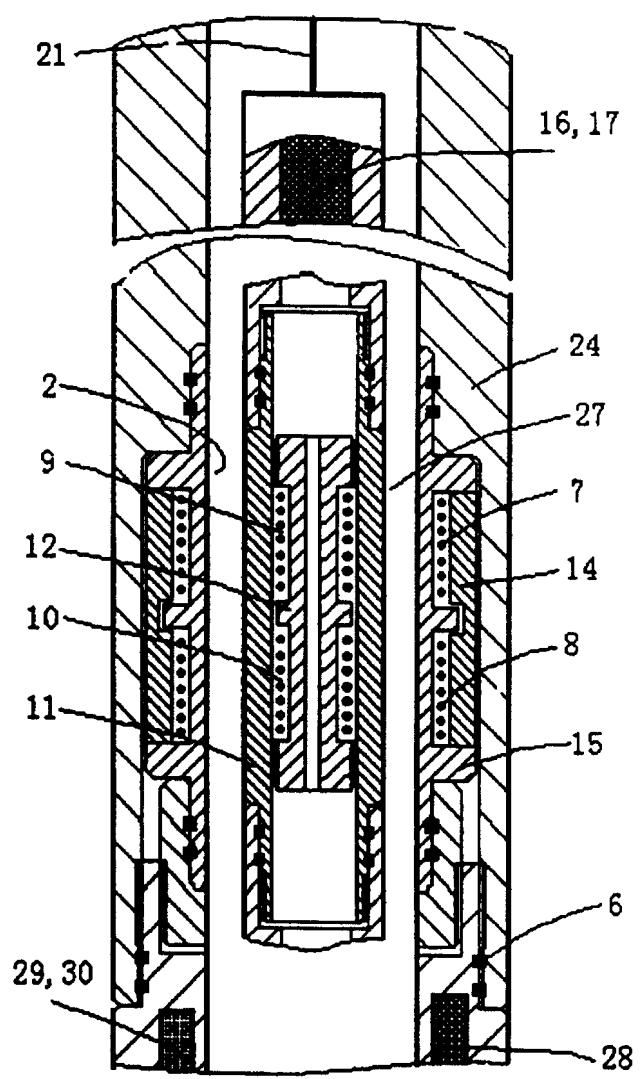


图 6