

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810175821.3

[43] 公开日 2009 年 4 月 1 日

[51] Int. Cl.
E21B 47/00 (2006.01)
G01B 11/16 (2006.01)

[11] 公开号 CN 101397902A

[22] 申请日 2008.11.5

[21] 申请号 200810175821.3

[71] 申请人 大庆油田有限责任公司

地址 163453 黑龙江省大庆市让胡路区中原路 99 号

[72] 发明人 刘合 王中国 姚洪田 林发枝
王清平 孙晓明 孔令泉

[74] 专利代理机构 大庆知文知识产权代理有限公司
代理人 李建华

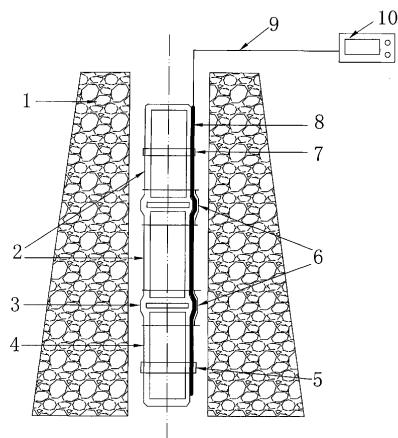
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 1 页

[54] 发明名称

应用光纤布里渊传感器监测油、水井套管轴向应变的方法

[57] 摘要

一种应用光纤布里渊传感器监测油、水井套管轴向应变的方法。主要解决现有技术中存在的，使用常规电子传感器不能监测全井段套损点、难以适应井下恶劣条件等问题。其特征在于：将纤维增强树脂封装的光纤布里渊传感器随单根油、水井套管下井，而沿油、水井套管串轴向布设，在井下距地面较近处采用监测光缆连接所述光纤布里渊传感器，此监测光缆的另一端连接至地面上的光纤应变分析仪，所述光纤应变分析仪带有激光源以产生光信号，由于所述光纤布里渊传感器沿油、水井套管串轴向布设，与所述油、水井套管串协同变形，因此所得到的所述光纤布里渊传感器的变形量 $\Delta \varepsilon$ 就是所述油、水井套管串的轴向变形量。具有可监测全井段套损点的特点。



1、一种应用光纤布里渊传感器监测油、水井套管轴向应变的方法，其特征在于该方法由如下步骤组成：

①将纤维增强树脂封装的光纤布里渊传感器随单根油、水井套管下井，而沿油、水井套管串轴向布设，在井下距地面较近处采用监测光缆连接所述光纤布里渊传感器，此监测光缆的另一端连接至地面上的光纤应变分析仪，所述光纤应变分析仪带有激光源以产生光信号；

②应用所述光纤应变分析仪测得所述光纤布里渊传感器的初值频移信息，即 V_{B0} ，将此初值频移信息导出并保存；

③应用所述光纤应变分析仪测试所述光纤布里渊传感器在采样时刻的频移信息，即 V_B ，将所取得的采样时刻的频移信息导出并保存；

④利用光纤布利渊传感器的基本原理公式（1），即

$$V_B = C_e \Delta \varepsilon + C_T \Delta T + V_{B0} \dots \dots \dots \quad (1)$$

将通过步骤②和③所取得的 V_{B0} 与 V_B 数值代入后，公式（1）转化为公式（2）， $\Delta v_B = C_e \Delta \varepsilon + C_T \Delta T \dots \dots \dots \quad (2)$ ，即无初值影响的温度、应变耦合模型，

其中， C_e 为布里渊应变灵敏度系数， C_T 为布里渊温度灵敏度系数， $\Delta \varepsilon$ 为所述光纤布利渊传感器的变形量， ΔT 为温度变化；

⑤应用所述光纤应变分析仪测试随套管一起下入井内的所述光纤布里渊传感器的布里渊频移信息，即 V_B ，并将数据导出后存储；

⑥将所述光纤应变分析仪中采样时刻监测光缆的布里渊频移数据导出，由于监测光缆中的光纤不受外力，因此其布里渊频移为公式（3），

$$V_{BT} = C_T \Delta T \dots \dots \dots \quad (3)$$

C_T 为布里渊温度灵敏度系数， ΔT 为温度变化；

⑦将步骤⑥中所得到的布里渊频移与无初值影响的温度、应变耦合模型结合，即将公式（3）与公式（2）结合，得到公式（4），

$$\Delta v_{Be} = \Delta v_B - \Delta v_{BT} = C_e \Delta \varepsilon \dots \dots \dots \quad (4)$$

其中， $\Delta \varepsilon$ 为所述光纤布里渊传感器的变形量， C_e 为布里渊应

变灵敏度系数， $\Delta\nu_{B\epsilon}$ 为所述光纤应变分析仪实时采集到的布里渊频移；

⑧由于所述光纤布里渊传感器沿油、水井套管串轴向布设，与所述油、水井套管串协同变形，因此由步骤⑦中所得到的所述光纤布里渊传感器的变形量 $\Delta \epsilon$ 就是所述油、水井套管串的轴向变形量。

2、根据权利要求 1 所述的应用光纤布里渊传感器监测油、水井套管轴向应变的方法，其特征在于完成所述步骤①时，按照以下方式进行：

首先，下套管过程中当下入目的层套管时，将所述光纤布里渊传感器的末端固定在该套管的预定位置处；

其次，随每一根套管下井前，地面需预留 15m 左右的所述光纤布里渊传感器，以便其顺利下入井内；

再次，在每个套管接箍的位置处用传感器保护罩对所述光纤布里渊传感器进行保护，同时应用光时域反射计监测断点；

另外，采用金属条捆绑的方法将所述光纤布里渊传感器与每一根套管中段固定，以保证所述光纤布里渊传感器与套管的协同变形；

此外，所述光纤布里渊传感器在井下距地面 2~3 米处与所述监测光缆连接，由所述监测光缆将光信号传送至所述光纤应变分析仪；

最后，所述监测光缆接出井口后，重新熔接跳线头，并接入接线盒内进行保护，便于后续监测。

应用光纤布里渊传感器监测油、水井套管轴向应变的方法

技术领域:

本发明涉及油田套管损伤研究领域中一种监测油、水井套管轴向应变的方法，具体的说是涉及一种基于布里渊散射原理而应用光纤布里渊传感器监测油、水井套管轴向应变的方法。

背景技术:

目前，在油田油、水井套损研究中，在套管外监测套管轴向变形的方法是：下套管过程中在监测井段安放一个带有常规电子传感器的测压工具，该传感器接收的压力来自于测压工具胶筒内腔，传感器将地层压力、温度值转换为模拟的电信号，通过信号电缆传送至地面。这种监测方法存在以下缺陷：一是常规电子传感器受测压工具按放位置的限制，只能监测一个点，不能准确地监测全井段套损点的具体深度和方位；二是常规电子传感器由于其自身尺寸、耐腐蚀能力以及抗干扰性能等的限制，而无法满足在井下恶劣条件下对监测用传感器的要求，非常易于损坏。

发明内容:

为了解决现有监测油、水井套管轴向应变常规技术中存在的，使用常规电子传感器不能监测全井段套损点、难以适应井下恶劣条件等问题，本发明提供一种应用光纤布里渊传感器监测油、水井套管轴向应变的方法，该方法实施后，具有可监测全井段套损点的特点，并且所使用的光纤布里渊传感器经过特殊改装，非常适于在井下恶劣的环境条件下使用。

本发明的技术方案是：该种应用光纤布里渊传感器监测油、水井套管轴向应变的方法，由如下步骤组成：

- ①将纤维增强树脂封装的光纤布里渊传感器随单根油、水井套管下井，而沿油、水井套管串轴向布设，在井下距地面较近处采用监测光缆连接所述光纤布里渊传感器，此监测光缆的另一端连接至地面上的光纤应变分析仪，所述光纤应变分析仪带有激光源以产生光信号；
- ②应用所述光纤应变分析仪得出所述光纤布里渊传感器的初值

频移信息，即 V_{B0} ，将此初值频移信息导出并保存；

③应用所述光纤应变分析仪测试所述光纤布里渊传感器在采样时刻的频移信息，即 V_B ，将所取得的采样时刻的频移信息导出并保存；

④利用光纤布利渊传感器的基本原理公式（1），即

$$V_B = C_e \Delta \varepsilon + C_T \Delta T + V_{B0} \dots \dots \dots \quad (1)$$

将通过步骤②和③所取得的 V_{B0} 与 V_B 数值代入后，公式（1）转化为公式（2）， $\Delta \nu_B = C_e \Delta \varepsilon + C_T \Delta T \dots \dots \dots \quad (2)$ ，即无初值影响的温度、应变耦合模型，

其中， C_e 为布里渊应变灵敏度系数， C_T 为布里渊温度灵敏度系数， $\Delta \varepsilon$ 为所述光纤布利渊传感器的变形量， ΔT 为温度变化；

⑤应用所述光纤应变分析仪测试随套管一起下入井内的所述光纤布里渊传感器的布里渊频移信息，即 V_{BT} ，并将数据导出后存储；

⑥将所述光纤应变分析仪中采样时刻监测光缆的布里渊频移数据导出，由于监测光缆中的光纤不受外力，因此其布里渊频移为公式（3），

$$V_{BT} = C_T \Delta T \dots \dots \dots \quad (3)$$

C_T 为布里渊温度灵敏度系数， ΔT 为温度变化；

⑦将步骤⑥中所得到的布里渊频移与无初值影响的温度、应变耦合模型结合，即将公式（3）与公式（2）结合，得到公式（4），

$$\Delta \nu_{Be} = \Delta \nu_B - \Delta \nu_{BT} = C_e \Delta \varepsilon \dots \dots \dots \quad (4)$$

其中， $\Delta \varepsilon$ 为所述光纤布里渊传感器的变形量， C_e 为布里渊应变灵敏度系数， $\Delta \nu_{Be}$ 为所述光纤应变分析仪实时采集到的布里渊频移；

⑧由于所述光纤布里渊传感器沿油、水井套管串轴向布设，与所述油、水井套管串协同变形，因此由步骤⑦中所得到的所述光纤布里渊传感器的变形量 $\Delta \varepsilon$ 就是所述油、水井套管串的轴向变形量。

为达到较好的监测效果，在完成上述步骤①时，可以按照以下方式进行：

首先，下套管过程中当下入目的层套管时，将所述光纤布里渊传感器的末端固定在该套管的预定位置处；

其次，随每一根套管下井前，地面需预留 15m 左右的所述光纤布里渊传感器，以便其顺利下入井内；

再次，在每个套管接箍的位置处用传感器保护罩对所述光纤布里渊传感器进行保护，同时应用光时域反射计监测断点；

另外，采用金属条捆绑的方法将所述光纤布里渊传感器与每一根套管中段固定，以保证所述光纤布里渊传感器与套管的协同变形；

此外，所述光纤布里渊传感器在井下距地面 2~3 米处与所述监测光缆连接，由所述监测光缆将光信号传送至所述光纤应变分析仪；

最后，所述监测光缆接出井口后，重新熔接跳线头，并接入接线盒内进行保护，便于后续监测。

本发明具有如下有益效果：本发明将光纤布里渊传感原理首次应用在监测油、水井套管轴向应变领域中，利用可求取的光纤布里渊传感器的变形量而得出与之轴向协同变形的套管的变形量，由此精确的监测出全井段的套管变形量，而不再局限于现有技术中仅监测某一个点的套管损伤，具有革命性的突破。此外，本发明在应用时，对普通的光纤布里渊传感器进行了纤维增强树脂封装，并内部封装两芯光纤，由此使得这种改进了的光纤布里渊传感器可以适应井下恶劣的作业条件，确保了对套管损伤监测的稳定性。

附图说明：

图 1 是本发明中所涉及方法的工作过程示意图。

图中 1-地层，2-套管串，3-套管接箍，4-目的层套管，5-目的层套管外固定金属条，6-传感器保护罩，7-套管中段固定金属条，8-光纤布里渊传感器，9-监测光缆，10—光纤应变分析仪。

具体实施方式：

下面结合附图对本发明作进一步说明：

本发明中所述方法是基于光纤布里渊传感原理，即光在传输过程中，光子与光纤中不规则的微观粒子发生非弹性碰撞而产生布里渊散射，由于声波的存在，使布里渊散射光的频率将产生一个布里渊频移。基于光纤布里渊传感原理而制造出来的光纤布里渊传感器已经在许多领域得到了应用，但是在油田套管损伤领域的应用确是本发明首次涉及，本方法的具体构成为：

①将纤维增强树脂封装的光纤布里渊传感器随单根油、水井套管下井，而沿油、水井套管串轴向布设，在井下距地面较近处采用监测光缆连接所述光纤布里渊传感器，此监测光缆的另一端连接至地面上的光纤应变分析仪，所述光纤应变分析仪带有激光源以产生光信号；

②应用所述光纤应变分析仪得出所述光纤布里渊传感器的初值频移信息，即 V_{B0} ，将此初值频移信息导出并保存；

③应用所述光纤应变分析仪测试所述光纤布里渊传感器在采样时刻的频移信息，即 V_B ，将所取得的采样时刻的频移信息导出并保存；

④利用光纤布利渊传感器的基本原理公式（1），即

$$V_B = C_e \Delta \varepsilon + C_T \Delta T + V_{B0} \dots \dots \dots \quad (1)$$

将通过步骤②和③所取得的 V_{B0} 与 V_B 数值代入后，公式（1）转化为公式（2）， $\Delta V_B = C_e \Delta \varepsilon + C_T \Delta T \dots \dots \dots \quad (2)$ ，即无初值影响的温度、应变耦合模型，

其中， C_e 为布里渊应变灵敏度系数， C_T 为布里渊温度灵敏度系数， $\Delta \varepsilon$ 为所述光纤布利渊传感器的变形量， ΔT 为温度变化；

⑤应用所述光纤应变分析仪测试随套管一起下入井内的所述光纤布里渊传感器的布里渊频移信息，即 V_{BT} ，并将数据导出后存储；

⑥将所述光纤应变分析仪中采样时刻监测光缆的布里渊频移数据导出，由于监测光缆中的光纤不受外力，因此其布里渊频移为公式（3），

$$V_{BT} = C_T \Delta T \dots \dots \dots \quad (3)$$

C_T 为布里渊温度灵敏度系数， ΔT 为温度变化；

⑦将步骤⑥中所得到的布里渊频移与无初值影响的温度、应变耦合模型结合，即将公式（3）与公式（2）结合，得到公式（4），

$$\Delta V_{Be} = \Delta V_B - \Delta V_{BT} = C_e \Delta \varepsilon \dots \dots \dots \quad (4)$$

其中， $\Delta \varepsilon$ 为所述光纤布里渊传感器的变形量， C_e 为布里渊应变灵敏度系数， ΔV_{Be} 为所述光纤应变分析仪实时采集到的布里渊频移；

⑧由于所述光纤布里渊传感器沿油、水井套管串轴向布设，与所述油、水井套管串协同变形，因此由步骤⑦中所得到的所述光纤布里

渊传感器的变形量 $\Delta \varepsilon$ 就是所述油、水井套管串的轴向变形量。

为达到较好的监测效果，在完成上述步骤①时，可以按照以下方式进：

首先，下套管过程中当下入目的层套管时，将所述光纤布里渊传感器的末端固定在该套管的预定位置处；

其次，随每一根套管下井前，地面需预留 15m 左右的所述光纤布里渊传感器，以便其顺利下入井内；

再次，在每个套管接箍的位置处用传感器保护罩对所述光纤布里渊传感器进行保护，同时应用光时域反射计监测断点；

另外，采用金属条捆绑的方法将所述光纤布里渊传感器与每一根套管中段固定，以保证所述光纤布里渊传感器与套管的协同变形；

此外，所述光纤布里渊传感器在井下距地面 2~3 米处与所述监测光缆连接，由所述监测光缆将光信号传送至所述光纤应变分析仪；

最后，所述监测光缆接出井口后，重新熔接跳线头，并接入接线盒内进行保护，便于后续监测。

上述方法已在大庆市采油五厂杏 10-5-丙 3112 井试验实施。实施时，所述井嫩 II 段标准层深度 809 米，目的层套管下深 819.92 米，光纤布里渊传感器末端布设在 818.02 米，光纤布里渊传感器长度为 816 米。监测光缆：选用包括光纤、金属软管、凯夫拉纤维，两层 PU 护套和两层金属编织网的结构，与常规光缆相比，抗拉强度提高了 4 倍，抗侧压强度提高了 5 倍，适合井下的恶劣工况。此外，这种井下监测光缆内的光纤保护在金属软管中不受外力，因此也可以使用监测光缆随光纤布里渊传感器下入井内，而作为光纤布里渊传感器实时点对点的温度补偿传感器使用。所采用的光纤应变分析仪为上海横河国际贸易有限公司生产的 AQ8603 光纤应变分析仪，光纤应变分析仪的参数选择为：监测最大长度 2km，空间分辨率 0.5m，平均化次数 2×10^{13} 次，在此参数下，进行监测。

具体施工工艺流程如下：

- a) 下套管过程中当下入目的层套管时，将光纤布里渊传感器的末端固定在该套管的预定位置即 818.02m 处；
- b) 每一根套管下井前，地面需预留 15m 左右的光纤布里渊传

感器，以便其顺利下入井内；

- c) 在每个套管接箍的位置用传感器保护罩进行保护，同时应用光时域反射计监测断点，又称 OTDR 监测断点；
- d) 光纤布里渊传感器在井下距地面 2~3 米处采用监测光缆连接，监测光缆将光信号传送至地面 AQ8603 光纤应变分析仪；
- e) 光缆接出井口后，重新熔接跳线头，并接入接线盒内进行保护，便于后续监测。

最后计算得出的监测数据结果表明，目的层套管应变基本保持在 190~250 个微应变左右，处于安全状态。

在完成上述工作过程中，由于存在大量的数据计算，因此可以开发二次解调设备将经过光纤应变分析仪一次解调后得到传感器的布里渊频移信息转化成所需要的套管轴向应变信息，以省去大量的人工计算。在开发二次解调设备过程中，主要通过滤波、去躁、初值补偿和温度补偿等方法来完成。

