



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02805034.7

[43] 公开日 2004 年 6 月 2 日

[11] 公开号 CN 1502005A

[22] 申请日 2002.2.11 [21] 申请号 02805034.7

[30] 优先权

[32] 2001.2.16 [33] US [31] 60/269,280

[32] 2002.2.8 [33] US [31] 10/071,279

[86] 国际申请 PCT/US2002/004116 2002.2.11

[87] 国际公布 WO02/066921 英 2002.8.29

[85] 进入国家阶段日期 2003.8.15

[71] 申请人 哈利伯顿能源服务公司

地址 美国德克萨斯州

[72] 发明人 宋好士 戴维·E·里奥斯-阿莱曼

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司

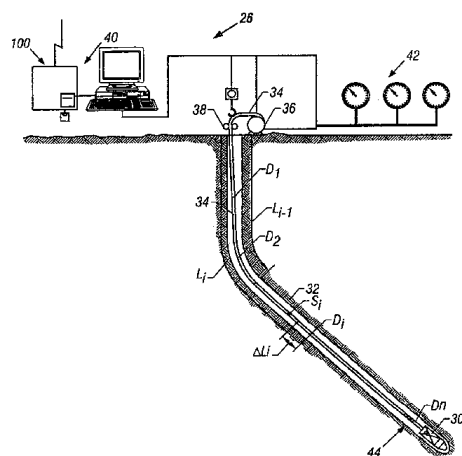
代理人 顾红霞 钟 强

权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图 6 页

[54] 发明名称 长度修正系统及其方法

[57] 摘要

一种地面处理器利用环境概貌来确定布置在井身中的地下管道长度。与管道特性相关的数据都储存在该地面处理器的存储模块中。环境概貌包括与井身环境相关的数据和井设备的操作参数。地面处理器计算与环境概貌相对应的管道延长长度或者收缩长度。地面处理器可以重复这个过程以绘制出油井的测量深度图，与计算管道地下长度的操作一起进行的记录操作使得构造数据与测量深度图相互联系。



1. 一种用来确定发射到井身中的管道的地下长度的方法，该方法包括：

- 5 (a) 在发射管道之前记录管道的地面测量长度；
 (b) 确定环境概貌；以及
 (c) 通过考虑环境概貌因素的影响而修正管道地面测量长度来计算管道的地下长度。

10 2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在步骤 (b) 中的环境概貌至少包括地面和地下温度的数据。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在步骤 (b) 中的环境概貌至少包括钻探流体压力的数据。

15 4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在步骤 (b) 中的环境概貌至少包括钻探流体湍流数据。

20 5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在步骤 (b) 中的环境概貌至少包括一个作用到管道上的张力。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，在步骤 (c) 中首先确定管道中的张力，然后确定管道由于张力作用而产生的长度变化。

25 7. 对于那些利用在井身环境中会产生变形的材料来制造的管道，一种用来确定发射到井身中的管道的地下长度的方法，包括：

- (a) 在发射管道之前记录管道的地面测量长度；
 (b) 确定环境概貌，环境概貌包括地面温度、井身温度、在管道内部流动的钻探流体的流体压力和流速数据、在管道外部流动的钻探流体的流体压力和流速数据、管道张力、以及作用在管道上的摩擦
- 30

力；

(c) 利用地面温度、井身温度、以及管道材料在井身温度下的热膨胀系数计算第一长度变化；

5 (d) 利用在管道内部流动的钻探流体的流体压力、在管道外部流动的钻探流体的流体压力、以及管道材料在井身温度下的泊松比和弹性模量来计算第二长度变化；

(e) 利用管道张力、表面张力以及作用在管道上的摩擦力计算第三长度变化；

(f) 利用第一、第二、第三长度变化确定管道的地下长度。

10

8. 一个油井构造系统，包括：

一个油管柱，该油管柱带有一个终端；

一个传感器装置，设在所述油管柱的所述终端旁，所述传感器装置探测井身环境数据；

15

一个管道长度测量计数器，该长度测量计数器与所述油管柱相连；

多个设在地面上的传感器，所述地面传感器探测地面环境数据；

一个地面处理器，该地面处理器接收所述井身和地面环境数据；

20

一个第一模块，第一模块与所述的地面处理器连在一起，所述第一模块根据所述井身和地面环境数据计算地下管道长度。

9. 如权利要求 8 所述的油井构造系统，其特征在于，所述传感器装置包括一个用来测量所述油管柱的所述终端旁的压力降的传感器。

25

10. 权利要求 8 所示的油井构造系统还包括一个张力接头，该张力接头用于读出靠近所述管道终端的油管柱上面的张力数值。

11. 一个用于运送井下工具的导向系统，该导向系统包括：

30

一个油管柱，该油管柱带有一个终端；

一个井底组件，该井底组件与所述油管柱的所述终端相连，所述井底组件适合于运送井下工具；

一个传感器装置，设在所述油管柱的所述终端旁边，所述传感器装置探测井身的环境数据；

5 一个管道长度测量计数器，该长度测量计数器与油管柱相连；

多个设在地面上的传感器，设置所述地面传感器以探测地面环境数据；

一个地面处理器，接收所述井身和地面环境数据并迅速确定一个修正的管道长度。

10

12. 如权利要求 11 所述的导向系统，其特征在于，井底装置包括一个牵引车。

15

13. 如权利要求 12 所述的导向系统，其特征在于，牵引车为液压驱动。

14. 如权利要求 11 所述的导向系统，其特征在于，所述管道包括复合盘管。

20

15. 如权利要求 14 所述的导向系统，还包括嵌入到所述复合盘管的数据传输线，用于将信号从所述传感器装置传输到地面。

16. 如权利要求 15 所述的导向系统，还包括嵌入到所述复合盘管中的电源传输线。

25

17. 如权利要求 11 所述的系统，还包括一个套管传感器，用于指示在装有套管的井身中穿过的距离；而且其中所述地面处理器利用所述套管传感器提供的距离指示来修正所述地下管道长度。

30

18. 如权利要求 11 所述的系统，其特征在于，所述环境数据是

从一个由温度、流体压力、湍流、管道压缩力和管道张力所组成的数据组中选择出来的。

5 19. 一种用于确定插入到井身中的复合盘管的真实长度的方法，该方法包括：

 将复合盘管的材料特性、井身几何尺寸以及管道几何尺寸储存到计算机的存储模块中；

 在管道插入之前记录管道的地面测量长度；

 将管道的地面测量长度储存到计算机的存储模块中；

10 测量作用到管道上的温度、压力和作用力；

 将温度、压力和作用力数据储存到计算机的存储模块中；

 利用储存的复合盘管材料性能数据、井身几何尺寸和温度数据来计算第一长度修正值；

15 利用储存的复合盘管材料性能数据、井身几何尺寸和压力数据来计算第二长度修正值；

 利用储存的复合盘管材料性能数据、井身几何尺寸和作用力数据来计算第三长度修正值；

 利用第一、第二、第三长度修正值确定管道的长度。

20 20. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于，在所述储存步骤中的储存的复合盘管材料特性包括弹性模量和泊松比。

 21. 如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，弹性模量和泊松比储存在一个查找表中，查找表根据温度来排列弹性模量和泊松比。

25

长度修正系统及其方法

5 发明领域

本发明涉及一种用来确定地面和井身中某一点之间的钻探距离的系统。具体涉及一种使用了处理器的系统，该处理器根据从地面传感器、井下传感器接收的数据来计算真实测量深度，在另外一方面，本发明涉及一种使用脐带式管线来确定地面和井身中某一点之间钻探距离的方法。具体地，本发明涉及一种使用环境条件计算长度的修正值，以修正脐带式管线的地面测量长度，从而确定脐带式管线地下长度的方法。更具体地，本发明涉及到一种利用温度差、压力差以及轴向载荷来修正复合盘绕的脐带式管线的地面测量长度，从而确定脐带式管线相应的地下长度的方法。

15

发明背景

开采碳氢化合物的成功操作通常都建立在对钻探到地下数百甚至数千英尺的井身轨迹做准确记录的能力这个基础之上，在这种碳氢化合物的开采操作中，准确的深度测量所发挥的作用即使不是最关键的，也是非常重要的。参考图 1，“测量深度”（MD）被定义为地面上的点 P_0 与连续点 P_1 ， $P_2 \dots P_N$ 之间的钻探距离。与此相反，真垂直深度（TVD）则是在垂直面上测量的点 P 和地面上的点 P_0 之间的距离。测量深度（MD）和真垂直深度（TVD）对于正确的记录数据的相关性都非常重要。因为 MD 沿着钻探的井身为参考点提供了一个基准，构造特性通常与准确的 MD 记录相连。利用钻探时测量（measurement-while-drilling, MWD）仪器，就可以在钻井的时候测量构造数据，比如伽马辐射量和阻力（resistivity）等。将 MD 与 MWD 测量的数据一起记录下来，就可以给出一个相对于井身轨迹的物理位置的构造数据。一旦井身钻探完毕，该井身的记录就可以显示在每个 MD 的构造特性。这种构造数据可以用来确定哪个构造层更可能含有

30

碳氢化合物矿藏。比如，钻井记录可能显示在点 P_{i-1} 处存在着一个天然气层，在点 P_i 处存在着一个油层（产油层），以及在点 P_{i+1} 处存在着一个水层。因为开采石油远比开采天然气更加有利可图，所以油井的所有者都希望在干扰油层上面的天然气矿藏的情况下开采油层。

5 对于水层更是如此，因为水的开采很少有赢利。而且，无意中采到天然气层或者水层通常都是一件非常令人讨厌的事，因为这些流体都很容易涌入到井里，使井失去利用价值，直到所有的水和天然气都从井中排出为止。此外，在这种情况下还存在的问题是，大多数情况下井身的长度可能为数千英尺，而产油层的厚度可能小于 50 英尺。因此，

10 为了开采产油层而不干扰临近的各层，油井的所有者获得能够精确地反映地下构造测量深度的记录，这一点非常重要。

此外，管理部门通常要求油井的所有者保留详细的构造测量资料。错误的数据会导致无意中违反规章制度，使得油井的所有者受到

15 罚款或者其它处罚。因此，准确的 MD 记录为油井的所有者提供了必须遵守钻探活动管理规定的资料。

对于那些在钻探中使用由传统的钢管或者钢制盘管制造的钻杆柱的油井，获得准确的 MD 记录通常都是一个非常直截了当的过程。对于传统的钢管，构成钻杆柱的单个接头的长度为已知，因此，操作人员只需计算组成钻杆柱的接头数量。例如，参考图 1，如果有 100 个接头，每个长 30 英尺，横跨在点 P_0 和 P_i 之间，那么在点 P_i 的 MD 就为 3000 英尺。同样的，当使用钢制盘管 20 的时候，从地面的卷筒 22

20 中放出的钢制盘管 20 长度就代表了 MD。通常把钢制盘管 20 的长度作为摩擦轮（图中未显示）转数的函数来进行测量。盘管 20 的长度也可以用其它可以购买到的管线放出装置来进行测量。例如，参考图 1，一个设在卷筒 22 上的刻度盘（图中未显示）就能够显示在点 P_0 和 P_i 之间放出了 3000 英尺的钢制盘管 20。因此，刻度盘显示在点 P_i 的测量深度为 3000 英尺。在以上两个例子的任意一个中，只要正确的

25 进行了地面测量，MD 就应当是准确的。显然可以理解，这里所讨论

30

的例子只是起说明作用，并不代表期望的深度值或者测量的精确性。

5 尽管对于由金属比如钢材制造的管道来说，这种现有技术的 MD
测量方法是比较可靠的，但是，对于由复合材料制造的管道，利用这
种方法得不到准确的记录。在 1998 年 5 月 20 日提出的名称为 “Well
System” 的待批专利申请 09/081,961 中对用于制造盘管的复合材料进
行了讨论，特此引用。由非金属比如复合材料制造的管道由于各种因
10 素如温度、压力和轴向载荷的影响，其长度容易发生很大的变化。糟糕
的是，高温、高操作压、以及复杂的压缩和拉伸载荷总是存在于油
井的环境中。因此，当复合盘管进入到井身中时，复合盘管的长度可
能会伸长或者收缩。比如，在刻度盘上的地面测量长度可能显示在点
 P_i 放出的复合盘管长度为 3000 英尺，但是，由于井身环境的影响，盘
绕的复合脐带式管线可能会伸长到 3050 英尺。因此，在点 P_i 的实际
15 钻井深度就将是 3050 英尺，而不是 3000 英尺。当射孔弹（perforation
charges）这样的设备被放到井下，开始对位于点 P_i 的产油区采油的时
候，一个不正确的 MD 记录会在以后的操作中产生严重的问题。因为
这种设备是在钢丝绳或者其它不会产生相同类型或者相同程度膨胀的
设备上进行操作，所以装射孔弹将放置在 3000 英尺而不是在 3050 英
20 尺，很可能在位于点 P_{i-1} 的天然气层范围之内。实际上，即使复合材
料盘管在连续放下射孔弹的相同操作过程中，井下情况都在发生变化
以至于很难将这些连续放下射孔弹的记录相互联系起来。尽管非常需
要准确的 MD 记录，现有技术并没有披露修正那些其材料在环境中会
产生变形的管道的地面测量长度的系统和方法。

25 部分优选实施例概述

本发明是一种用于确定管道在地下的长度的系统和方法，这种管
道由在环境因素的作用下会产生变形的材料制造。管道的地下长度通
常代表了其测量深度。对于盘绕的复合脐带式管线从地面一直延伸到
位于井中的井底组件上的油井，一个优选系统实施例包括一个地面处
30 理器、地面传感器、井下传感器以及一个遥测系统。地面处理器包括

一个软件，该软件利用井下传感器和地面传感器获得的环境概貌来为管道确定环境条件。通过将环境概貌应用到脐带式管线的测量长度上，计算机软件就能够计算脐带式管线的地下长度。

5 该软件的一个实施例包括一个存储模块、一个监控模块以及一个计算模块。计算值以及与管道特性、油井轨迹和其它常量值有关的数据都储存在存储模块中。监控模块接收温度、压力和张力的数据，还有通过遥测系统从井下传感器和地面传感器中传来的油井检测数据。计算模块通过从存储模块和监控模块中获得相关数据来确定地下的脐
10 带式管线长度。一个优选计算模块确定脐带式管线由于作用于脐带式管线上的温度差、流体压力差以及轴向载荷而产生的长度变化。

 本发明的另外一个实施例包括一个与所述优选系统结合在一起使用的钻探时记录（logging-while-drilling, LWD）装置。LWD 装置记录
15 各种性能数据，比如伽马辐射量和阻力。一个优选系统将记录的构造数据信息与计算的地下管线长度结合起来。在另外一个实施例中，本发明与一个套管接箍或者接头定位装置布置在一起，提供在油井装有套管的部分中穿过的距离的准确测量值。套管接箍、接头定位装置或者其它相似的装置的测量值被用来确认或者校准本发明的计算值。

20

 因此，本发明包括了能够使其克服现有技术装置各种问题的特点和优点。下面通过阅读本发明优选实施例的详细描述并参考附图，本领域一般技术人员对上述各种特性以及其它特点更加清楚明了。

25 附图简述

 下面参考附图对本发明优选实施例进行更加详细的描述，其中：

 图 1 是一个示意图，该示意图显示了一个钻孔斜着穿过地层构造的油井；

 图 2 是一个示意图，该示意图显示了一个本发明优选实施例的深度测量系统；
30

图 3 是一个方块图，该方框图表示了一种与本发明优选实施例的深度测量系统结合在一起使用的优选长度修正方法；

图 4 是一个方框图，该方框图表示了一个与本发明优选实施例的深度测量系统结合在一起使用并将地面测量长度转变为参考长度的优选例程；

图 5 是一个输送钻探流体的管道的示意部分的剖视图；

图 6 是在轴向载荷作用下管道的示意部分的放大侧视图。

优选实施例详述

10 本发明优选实施例包括一种通过修正位于油井中的管道的测量长度来得到准确测量深度（MD）的系统以及这样的一种方法。根据本发明优选实施例，通过考虑一种管到元件比如复合材料盘管在油井的环境概貌影响下而产生的轴向变形，然后修正诸如复合材料盘管的管状元件的地面测量长度，从而得到测量深度 MD。术语“环境概貌
15 （environmental profile）”通常指各种油井周围的各种条件以及油井设备沿着井身轨迹施加的载荷。在地下油井的操作中这些条件及载荷是本来就存在的，下文中使用的“管道”指任何一种受到环境因素影响容易改变长度的管状元件。而且，术语“管道”“盘管”以及“脐带式管线”可以互换。现在参考图 2，在钻探的井身 32 中显示了一个井底
20 组件（BHA）30，一根盘绕的复合脐带式管线 34 从卷筒 36 延伸到 BHA30。由于 BHA30 通过井身 32 向前移动，所以 MD 的读数被用来确定 BHA30 的位置。在第一深度的 MD 记为深度 D_1 ，第二点的 MD 读数记为 D_2 ，依次类推。在钻探的过程中，不论何时，BHA 的物理位置都记作深度 D_N 。因此，深度 D_N 代表了目前 BHA 30 的位置，而
25 D_1 到 D_{n-1} 的深度表示 BHA 30 的前一个位置。

为了更好的描述优选实施例的用途，把一个深度点记作深度 D_i ，深度 D_i 代表了任何一个沿着井身轨迹且深度位于 D_1 和 D_N 之间的点。放到深度 D_i 的脐带式管线 34 的地面测量长度记作 L_i ，长度 L_i 一般通过摩擦轮（未图示）来确定，摩擦轮在与被发射到井下的盘管相啮合
30

时旋转。但是，地面测量长度 L_i 并不是在深度 D_i 的真实钻探深度。油井的环境概貌可能会使脐带式管线 34 伸长或者收缩。因此，脐带式管线 34 的地下长度就应该是地面测量长度 L_i 加上或者减去伸长量或者收缩量。

5

仍然参考图 2，一个用于修正测量深度以反映实际钻探深度的优选系统 26 包括一台计算机 40；地面传感器，统一用数字 42 表示；井下传感器，统一用数字 44 表示；以及一个井下遥测系统（图中未显示）。在这里讨论的传感器在本行业中已经是公知的了。因此，传感器只进行简单的讨论并在图 2 中进行了示意性的显示。优选地，地面传感器 42 包括一个流量计；以及一个压力传感器，压力传感器位于钻孔泥浆泵（图中未显示）上；一个温度传感器；一个张力计，张力计位于管道发射器 38 上；一个放出长度传感器，比如卷筒 36 上的摩擦轮（图中未显示），以及一个粘度计。优选地，紧靠着 BHA 30 的井下传感器 44 包括一个压力传感器；一个温度传感器；一个张力接头（tension sub）；一个倾斜传感器以及一个方位角传感器。

10

15

20

计算机 40 包括一个存储模块（图中未显示）以及一个计算模块（图中未显示）。存储模块包括一个测量文件（图中未显示）。优选地，测量文件用于存储比如温度、方位角以及井身在某个深度 D_i 的倾斜度之类的的数据。因此，输入到测量文件的典型数据可以包括一个深度值（D）、一个方位角值（azi）、一个倾斜度值（inc）以及一个温度值（Te）。优选地，测量文件以周期性的深度间隔来存储数据（例如每 20 英尺）。

25

30

计算机 40 通过手动输入或者通过连接地面与井下传感器之间的通信来接收数据。井下遥测系统（图中未显示）将读数从井下传感器 44 传到计算机 40。地面测量参数比如泵流速、泵压力、泥浆密度（“泥浆重量”）以及地面温度可以人工读出并输入到计算机 40 中。另外一个选择方案是，计算机 40 可以直接连接到测量这些参数的地面传感器上面。其它参数比如钻探泥浆密度、井身几何尺寸以及管道几何尺

寸优选地通过手动输入到计算机 40 中。优选地，与裸井直径有关的测量值自动输入到计算机。在两个例子中，计算机都将获得的数据写入到存储模块中。

5 现在参考图 2 和图 3，为了确定在深度 D_i 的测量深度 (MD)，计算机 40 的计算模块包括一个优选的修正方法 100，修正方法 100 考虑到了由于一个或者多个以下因素的影响而造成的长度变化：热膨胀、压力差、湍流以及张力/压缩力（例如轴向荷载）。方法 100 使用一个
10 第一例程 110 来计算一个参考长度 RL_j ，使用一个确定修正长度的第二例程 120 来确定测量深度 MD。参考长度 RL_j ，一个下面将讨论的理论“基准”长度，优选地以预定的时间间隔进行计算（比如每 30 秒钟）。深度 D_i 是沿着井身轨迹的一个具体位置，优选地，深度 D_i 按照预定的距离进行计算（比如每 20 英尺）。

15 参考长度 RL_j 提供了一个事先确定的任意参考点，根据这个点就可以进行测量深度的计算。在盘管发射到油井之前，盘管在地面就已经受到了各种环境因素的影响，比如环境温度（例如空气和钻探流体的温度）以及钻探流体的流体压力，盘管还受到由很多因素所引起的
20 轴向作用力（张力）的影响，这些因素包括发射器、剥离挖掘机（stripper）和牵引车的操作，管道以及 BHA 的重量。在修井操作过程中，这些环境因素经常发生变化，并使放到井身中的管道变长或者缩短。因此，在相同的环境概貌中具有相同的长度两段盘管，如果在被发射到井身中的时候存在着不同的环境概貌，这两段盘管将使限深
25 轮显示出不同的表面测量长度 L_j 。例程 110 通过将所有的表面测量长度 L 转换成理论参考长度 RL ，使地面环境变化所造成的误差最小化。

 现在参考图 4，显示了一个用来将地面测量长度 L_j 转换成一个相应的参考长度 RL_j 的优选例程 110。参考长度 RL_j 代表了一个给定盘管 S 段在参考环境概貌下的计算长度（例如：72° F，没有轴向荷载，没有
30 钻探流体引起的液压）。长度变化 ΔL_T ， ΔL_P ，以及 ΔL_F 分别在 112、

113 和 114 步骤中进行计算，然后在步骤 116 中求和得到修正的长度差 CL_j 。这些长度变化都是由地面和参考环境概貌之间的温度、压力和轴向载荷差引起的。在步骤 112 中， T_j 是影响盘管长度的空气、钻探流体或者其它加热/冷却源的温度。在步骤 113 中， P_j 是管道受到的总压力差；也就是系统在测量点以下的压力降。在步骤 114 中， F_j 表示由地面张力计测量的作用在盘管上的轴向作用力。在步骤 118 中，参考长度 RL_j 通过将长度差 CL 、前一部分的参考长度 RL_{j-1} 以及盘管两个连续部分 (L_j-L_{j-1}) 之间的长度差求和来进行计算。图 3 计算方法的其它方面，比如材料常数 (即 E) 将在下面进行详细讨论。

10

再回来参考图 3，优选修正方法 100 在例程 120 中计算由温度 ΔL_T ，压力 ΔL_P ，以及轴向荷载 ΔL_F 引起的总长变化。用来计算由于温度、压力和轴向荷载 (张力) 造成的长度变化的示例求和公式分别显示在方框 122、124、126 中。可以理解，示例公式使用了有限元分析来确定脐带式管线 34 的长度变化。那就是，把脐带式管线 34 做成由很多段组成的模型，每个段由测量文件中的深度值 D_i 来确定。因此，为了确定深度 D_i 和 D_{i-1} 之间的示意段 S_i 的长度，例程 110 将参考与这些点 (比如 D_i 和 D_{i-1}) 相对应的测量文件中的深度值项。在步骤 130 中，这些长度变化值与参考长度 RL 相加从而确定测量深度 MD_n 或者 D_n 。

20

继续参考图 3，方框 122 显示了一个用来计算深度 D_n 处的总受热伸长量 ΔL_{Te} 的示例求和公式。该求和公式包括从 S_1 到 S_n 各段由于温度差而产生的长度变化。比如对于示意段 S_i ，其长度变化 ΔL_{Tei} 利用 D_i 处的温度 (记作 T_{ei})，在深度 D_i 处的温度记作 T_{ei} 、参考环境概貌温度为 Te_0 (比如 $72^\circ F$)、管道材料的热膨胀系数为 α 和 S_i 段的长度为 (D_i-D_{i-1}) 来计算。

25

受热延长长度的计算既要利用实时数据又要利用储存在存储模块中的数据。对于 S_n 段，靠近井底组件 BHA 30 的井下传感器 44 提供

30

了在深度 D_n 处的温度。对于剩下的各段，从点 P_1 到点 P_{n-1} 的温度都储存在存储模块的测量文件中，并在计算长度变化时重新获取这些数据。

5 优选修正方法 100 考虑到了复合材料的热膨胀系数 α 随着温度的变化而变化的情况。 α 和温度之间的关系通常由管道材料的生产商提供，而且在任何情况下都可以利用本领域公知的方法通过实验而得到的经验数据来确定 α 和温度关系。优选地，计算机存储模块中包括一个查找表，这个查找表将温度 T_e 和相应的热膨胀系数 α 相互联系起来。应当指出的是，方框 22 对 D_n 使用了测量文件项。用于该项的深度值无法得到。因此，这个深度可以参考以前的深度读数来进行计算。

15 继续参考图 3，方框 124 显示了一个用来计算深度 D_n 处由于压力差而产生的总伸长长度 ΔL_p 的示例求和公式。脐带式管线 34 的压力差造成了一个轴向张力，轴向张力使管道的长度发生变化。现在参考图 5，图上显示的钻探流体 142 通过管道 34 流向井下，然后沿着脐带式管线 34 和井壁 146 之间构成的环行空间 144 流向井口上方。典型地，脐带式管线 34 中的压力 P_i 比环行空间 144 中的压力 P_a 大。压力差 ΔP 就是脐带式管线 34 内的压力 P_i 和环行空间中的压力 P_a 的差。

20 正的压力差 ΔP 使脐带式管线 34 径向扩张。脐带式管线 34 的径向扩张使脐带式管线 34 的长度减小。对于由管道的压力差造成的管道长度变化，其计算方法在本领域中已经公知。因此，这里描述的计算方法仅仅是完成这种运算总体考虑的一种说明。

25 S_i 段的压力差则利用市售的液压流体模型应用程序/软件来进行计算。现在参考图 3 和图 5，典型地，计算压力差 ΔP 需要测量得到的钻探流体的密度（即“泥浆的重量”）、泵的压力、BHA 处的井下压力、钻探流体的粘度、井身 32 的直径（ D_w ）、脐带式管线的外径（ D_{ot} ）、以及脐带式管线 34 的内径（ D_{it} ）。应当指出的是， D_w 既可以是井身 32

30 的直径，也可以是通过水泥粘结到井身 32 上面的完井管道（图中未

显示)的内径。还应当指出的是,衬套 155 可以设在脐带式管线 34 的里面。在这种情况下, D_{it} 就应当是最里面的衬套的内径。计算压力差要利用在本领域中已经公知的流体力学方法进行。而且,完成这种计算的软件可以通过很多的商业途径购买得到。

5

优选地,使用一个设在 BHA 30 处的压差传感器(图中未显示)来确认压差计算的精确度。应当看到上述计算方法为脐带式管线 34 的每一段都计算出一个压力差值,包括靠近 BHA 30 的第 S_n 段。因此, S_n 段的压力降就可以同 BHA 差压传感器的读数进行比较。如果实际的
10 压力差值和计算的压差值在规定的误差范围内,那么液压流体模型方程就可以正确地预测判断脐带式管线 34 中的流体流动。如果计算的压差值和计算的压差值差别太大,就需要使用不同的流体流动模型方程(例如幂定律、宾汉(Bingham)、赫谢耳-巴克利(Herschel-Buckley)、纽托尼亚(Newtonian))来计算压力差。实际上,
15 可以将计算模型编程使之按顺序利用若干液压模型例程来进行计算,从而确定计算出的 S_n 段的压力与 S_n 段的实际测量压力最为接近的模型例程。

利用计算的压差 ΔP ,与 S_i 段压差 ΔP 相对应的圆周应力 σ
20 就可以通过压差 ΔP 和管道的几何尺寸来确定:

$$\sigma_{HOOP} = \frac{(D_{it})\Delta P}{2W_{th}}$$

典型地,这个计算方法需要管道 34 的内径(D_{it})以及管道的壁厚 W_{th} 。当管道 34 里面安装有衬套的时候, D_{it} 应当是最里面的衬套的内径。因此,轴向应变 ε 就可以用圆周应力 σ 来进行计算:
25

$$\varepsilon_{lat} = -\nu \frac{\sigma_{HOOP}}{E}$$

轴向应变 ε 利用盘管的部分特性来进行计算。复合材料的特性随着温度的变化而变化已经是公知的了。因为井身 34 中的温度变化非

常剧烈，杨式模量（Young's Modulus，即弹性模量）和泊松比的值都由周围的环境温度确定。比如，计算机的存储模块中包括一张查找表，这张查找表将杨氏模量和泊松比的值与温度联系起来。考虑了这些因素后，由压力差所产生的总长度变化就由从 S_i 到 S_n 之间各段的长度变化的总和来决定。

现在参考图 6，有几个因素都会影响到管道示意段 S_i 中的张力： S_i 段管道的质量， S_i 段管道中钻探流体的流动速度，滑动摩擦力 F_s ，表面摩擦力 F_{in} , F_{ann} 以及由牵引车或者发射器引起的荷载。优选方法 100 首先计算最靠近地面的那一段盘管在各种因素的作用下产生的张力，然后再逐个计算相邻下一段的张力变化。

由示意段 S_i 所定义的这么一段管道有一个浮重 W_b ，浮重 W_b 使脐带式管线 34 中的张力产生变化。将计算出的管道重力 W_b 用来计算管道 S_i 段的体积。因为管道浸在钻探流体中，所以还必须考虑到浮力。 F_w 主要由 W_b 确定，其计算作用力 F_w 的示例公式如下：

$$F_w = \frac{-W_b \cos\left(\frac{inc_i + inc_{i-1}}{2}\right)}{\cos\left(\frac{inc_i - inc_{i-1}}{2}\right)}$$

inc 的值从存储模块中的测量文件项取得，应当看到以上方程考虑到了倾斜的井身。

继续参考图 6，钻探流体通过脐带式管线 34 流到井底，并通过环行断面向井口流动，并在脐带式管线 34 表面上产生曳力。从脐带式管线 34 中流过的钻探流体产生的拖曳作用将在脐带式管线 34 上产生一个张力，将这个张力记作 F_{bore} 。从环行区域中流过的钻探流体产生的拖曳作用将在脐带式管线 34 上产生一个挤压力，将这个挤压力记作 F_{ann} 。流体的曳力 F_{bore} 和 F_{ann} 可以使用已有的流体力学模型进行计算，根据沿着给定表面的压差以及压差作用的表面面积来计算曳力的示例计算公式如下：

$$F_{ann} = \frac{\pi}{4} OD (Hole OD - OD_{tubing}) (\Delta P_{ann})$$

$$F_{bore} = \frac{\pi}{4} ID^2 (\Delta P_{tubingbore})$$

5 摩擦力 F_f 阻止盘绕的复合脐带式管线 34 的滑动。除了的 W_b 的垂直分量以外，作用在盘管各段上的张力以及压差也都构成了与摩擦力 F_f 有关的法向力或者侧向力（RSF）。侧力 RSF 有一个倾斜分量 SFI 以及一个方位分量 SFA。示例的计算公式如下：

$$SFI = W_b * \sin(inc) - 2 \left(F_{i-1} - \frac{\pi}{4} ID^2 (dP_i) \right) * \sin \left(\frac{inc_i - inc_{i-1}}{2} \right) - \Delta F_{i-1} * \sin \left(\frac{inc_i - inc_{i-1}}{2} \right)$$

$$SFA = \left(2 * \left(F_{i-1} - \frac{\pi}{4} ID^2 (dP_i) \right) * \sin \left(\frac{azi_i - azi_{i-1}}{2} \right) + \Delta F_{i-1} * \sin \left(\frac{azi_i - azi_{i-1}}{2} \right) \right) * \sin(inc_i)$$

10

$$RSF = \sqrt{SFI^2 + SFA^2}$$

可以看出，SFI 考虑了盘管的重量（ W_b ）、压力差（ dP ）以及张力的变化（ ΔF_{i-1} ）。而 SFA 则考虑压力差（ dP ）以及张力的变化（ ΔF_{i-1} ）。摩擦力 F_f 则通过 RSF 乘以摩擦系数 μ 来求得：

15

$$F_f = tmf * \mu * RSF$$

因为摩擦力 F_f 的方向取决于复合盘管的运动方向，所以公式中使用了一个起下钻方式（trip mode）因子（tmf）来给 F_f 分配一个正值或者负值。如果脐带式管线 34 被拉向井下，就可以给 tmf 分配一个正值（比如+1）来表示摩擦力能够减轻张力。如果盘管脐带式管线 34 被推向井口，就给 tmf 分配一个负值（比如-1）来表示摩擦力能够减轻挤压力。

20

25 各个张力可用来确定盘管第 S_i 段的总张力变化：

$$F_i = F_{i-1} + F_w + F_f - F_{bore} + F_{ann}$$

在盘管的每一段 S_i 都要进行以上计算。在计算的第一步，优选地，将摩擦系数设为一个假定的油井摩擦系数 μ 。在完成第一步迭代后，

将计算出的最靠近 BHA 的那一段盘管 S_n 的张力（即 F_n ）与接近 BHA 的张力接头测量出的张力进行比较。如果计算的张力值和测量的张力值都在规定的误差范围内，那么就可以认为 μ 是估计比较合理的油井摩擦系数。如果计算的张力值误差太大无法接受，就重新修改 μ ，然后对盘管的所有各段重新进行张力计算。这个计算过程一直要继续进行下去，直到测量的张力和计算的张力都相当接近。

最后，用计算出的 F_i 来计算 ΔL_F :

$$\Delta L_F = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n F_i * \frac{(D_i - D_{i-1})}{E}$$

10

因此，在操作过程中，当 BHA 和连接到盘绕的脐带式管线 34 穿过井身的时候，计算机的计算模块的第一例程周期性的计算参考长度 RL。当 BHA 达到预先设定的深度间隔时，计算模块的第二例程对井身中的盘绕的脐带式管线 34 进行有限元模型分析。第二例程使用计算和测量得到的环境系数来计算 BHA 的测量深度。计算模块给出计算深度并利用深度、温度、井身方位的数据来更新测量文件。

15

系统 100 既可以用于接收通过手动输入的数据，也可以通过连接地面与井下传感器之间的直接通信来接收数据。用来测量各种参数，比如管道地面测量长度、泵流速、泵压力、起吊载荷以及地面温度的地面传感器可以使用已知的通信方法将数据直接输入到计算机中。钻探流体的粘度和“泥浆重量”需要不断变化以适应钻探操作。尽管钻探流体的粘度和“泥浆重量”可以直接输入到计算机中，这种数据很少变化并且适合于手动输入。除此以外，测量张力、温度和压力的井下传感器可以使用嵌入到管道壁中的电缆通过遥测系统连接到计算机上。优选地，像井身的几何尺寸和盘管的几何尺寸这样的参数通过手动方式输入到计算机中。应当理解的是在数据的获取和输入过程中并不需要特殊的例程。计算地下管道长度的过程中也不需要特殊的例程。传感器信息直接输入到计算机这种情况下，计算机包括一个用来从地面和井下传感器中获取数据的监控模块。

20

25

30

优选系统 100 也可以和其它深度测量设备一起使用。例如，在加套管的井身中确定套管接箍和接头的位置的设备就可以提供非常精确的深度测量值。在 1999 年 4 月 5 日提出待审批的专利申请 09/286,362 中对套管接箍定位器和其它类似设备进行了讨论，特此提出引用并用于各种目的。在油井维修操作中，在开始造斜点（kick-off point）形成井身的一个新的侧面排水孔之前，BHA 将穿过整个加了套管的井身跨度。套管接箍定位器或者类似的设备就可以用来最后确定地面和开始造斜点之间管道的地下长度。这个最终的长度可以用来与管道的计算长度进行比较以校准油井传感器或者修正计算方法。

在另外一个实施例中，优选系统和/或方法可以在油井钻探完毕后使用。比如，可以确定在测量深度 D_i 处有碳氢化合物矿藏。为了完成在测量深度 D_i 处的穿孔。需要将复合盘管放到井下，以便将钻油井所需要的工具运输到深度 D_i 处。放到井下的复合盘管会受到相同的井身条件和操作参数的影响，使盘管在钻探过程中伸长。因此，所述优选系统可以用来修正地面测量长度 L ，以便将工具运送到深度 D_i 处。在这个实施例中，优选系统被用做一种导向工具。

在另外一个实施例中，本发明的长度修正系统或方法可以用于三维（3D）转向系统中。在打井操作开始之前，操作人员通常要对预计的地下构造进行大量的地质学研究。通常使用地震试验、测井记录和其他油藏描述技术来确定和判定碳氢化合物矿藏。这样的检测方法认为 3D 的油井井身轨迹能使井身最大程度地与碳氢化合物矿藏接触/或者与两个或者多个碳氢化合物矿藏或者矿层相互交叉。为了实施这个 3D 油井井身，根据已知的油藏描述技术提供的信息，首先钻探一个 3D 的井身。然后为 3D 轨迹绘制数字地图并输入到通用计算机存储模块中。在钻井操作过程中，长度修正方法提供的真实测量深度与 BHA 传感器提供的方位角和倾斜读数结合在一起，与数字绘制的 3D 油井井身轨迹进行比较。如果 BHA 的方向和位置与需要的 3D 油井井身轨

迹不一致，就需要采取修正行动。

优选系统 100 还能用于提供管道滑动显示。就像前面解释的那样，设在 BHA 30 处的牵引车牵引着管道穿过井身。“锁定”通常出现在盘管在井身中停止平稳滑动的时候。典型地，盘管开始弯曲成为波浪型或者正弦曲线型。如果没有进行纠正，盘管将弯曲成为螺旋状，这是一种非常糟糕的情况，几乎需要返工才能纠正。在其它的情况下，盘管可能会挂在井身的拐弯处或者其它受到限制的地方。能够在早期显示出管道“锁定”的方法之一就是监控管道和井身之间的摩擦系数 μ 。如果摩擦系数 μ 出现意想不到的或者剧烈的变化就可以提醒操作人员井身中出现了管道锁定的情况。因此，通过摩擦系数的计算和记录，操作人员就有了一种实时的或者接近实时的方法来监控管道的完整性。而且，如果摩擦系数超出了预先设定的值，这个系统还包括自动的安全关闭操作。

应当理解的是，上述方程和计算方法都仅仅是示范性的。这些方程以及补充的说明都只是用来说明在推导用来预测脐带式管线 34 中的张力的方案时所做的一些考虑。本领域的一般技术人员很容易理解在确定张力的计算方法中用到的相关流体力学和固体力学知识。而且本领域的一般技术人员都能够理解上述计算方法的某些方面对计算或者测量的参数采用了近似方法或者外推法进行处理。

还应当理解到，所述修正方法和系统反映了井身条件和钻探参数的一个优选工程模型。其它的使用了不同液压模型和物理模型的建模方法经过证明同样令人满意。比如，对于某些应用来说，可以认为由温度这样的或者多个因素所产生的长度变化非常小，可以忽略不计。而且，经过改进的井下传感器可以用实际的读数来替代某些计算值（比如压力差的读数）。因此，权利要求并不局限于描述的建模技巧和方法。

5

已经对本发明的优选实施例进行了展示和描述。本领域的技术人员可以对本发明作出修改、而不脱离本发明的精神和内容。这里描述的实施例仅作为示范，但并不局限于此。在本发明的范围内，可以对系统和装置作出许多的修改和变化。因此，保护范围并不局限于这里描述的实施例，而应当只受到后面的权利要求书的限制，权利要求书的范围应当包括与权利要求书中的主题等价的所有范围。

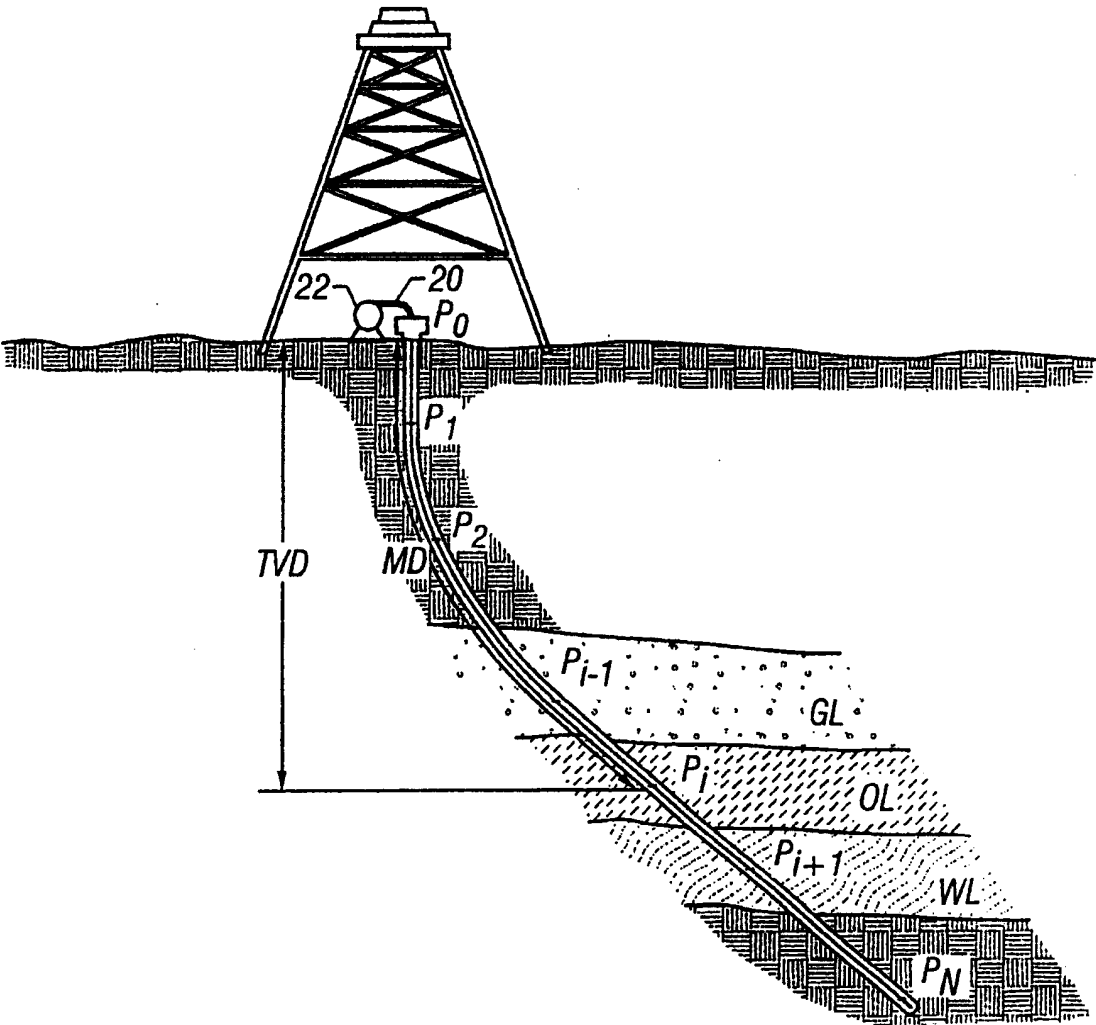
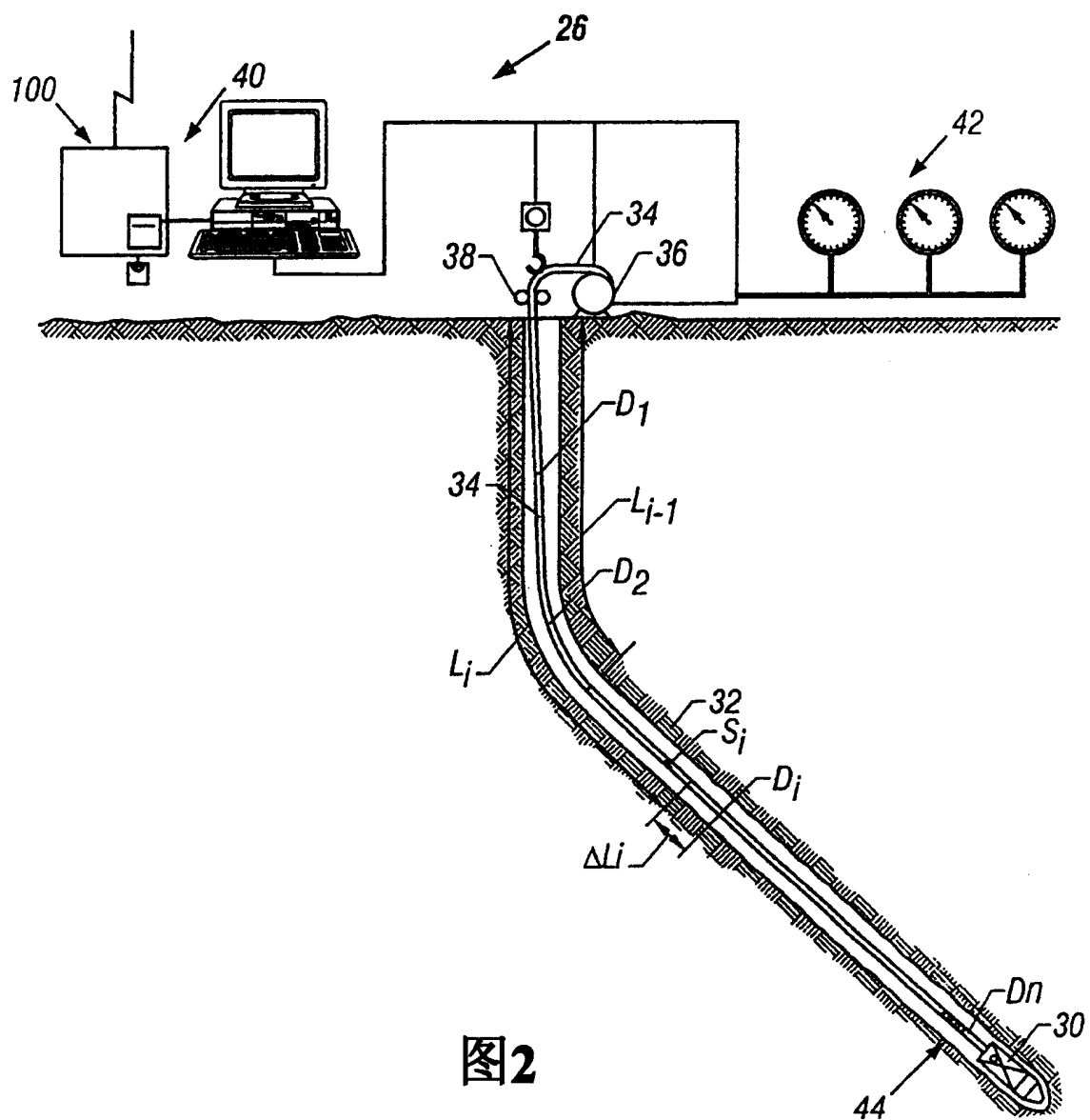


图1



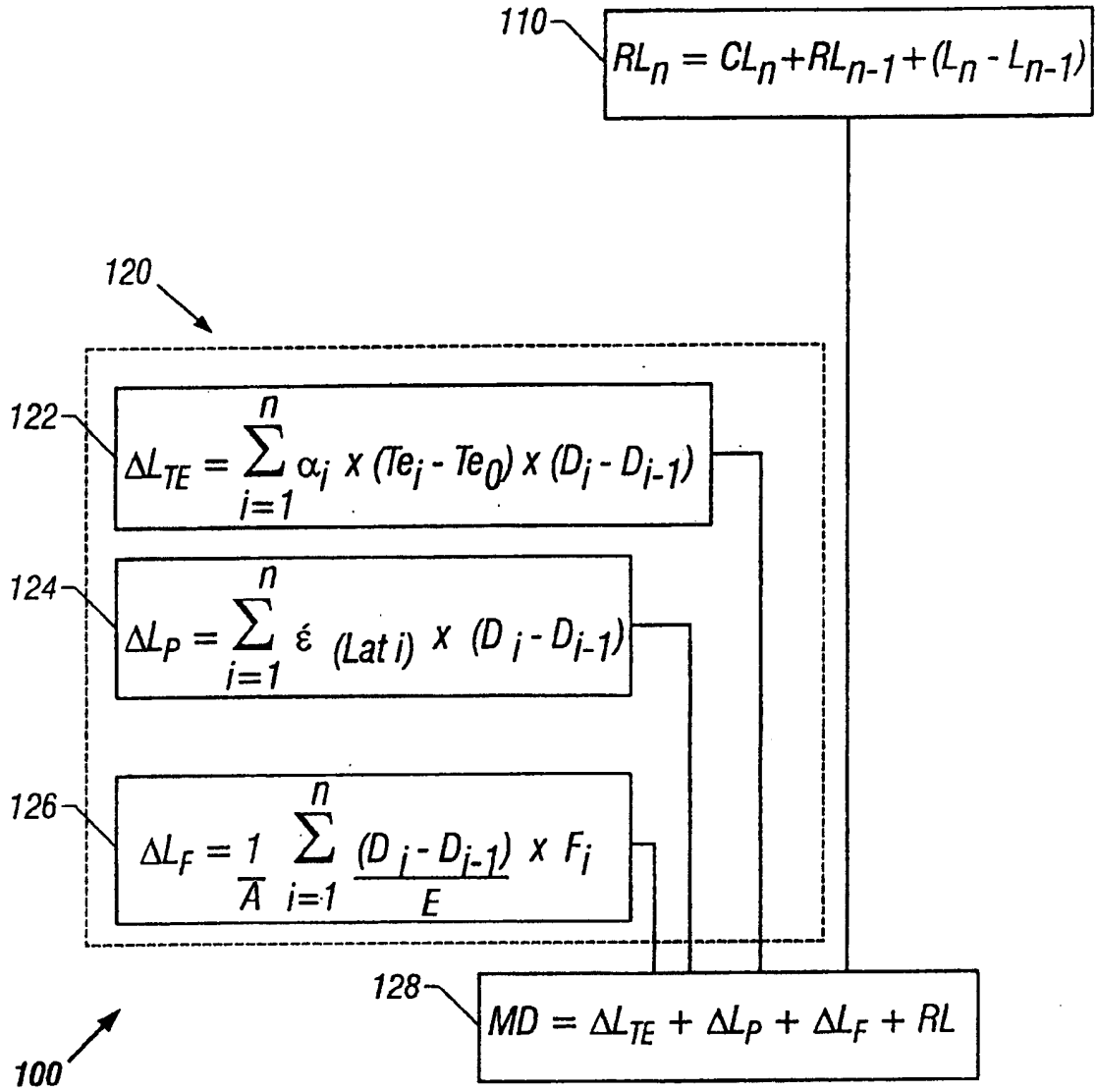


图3

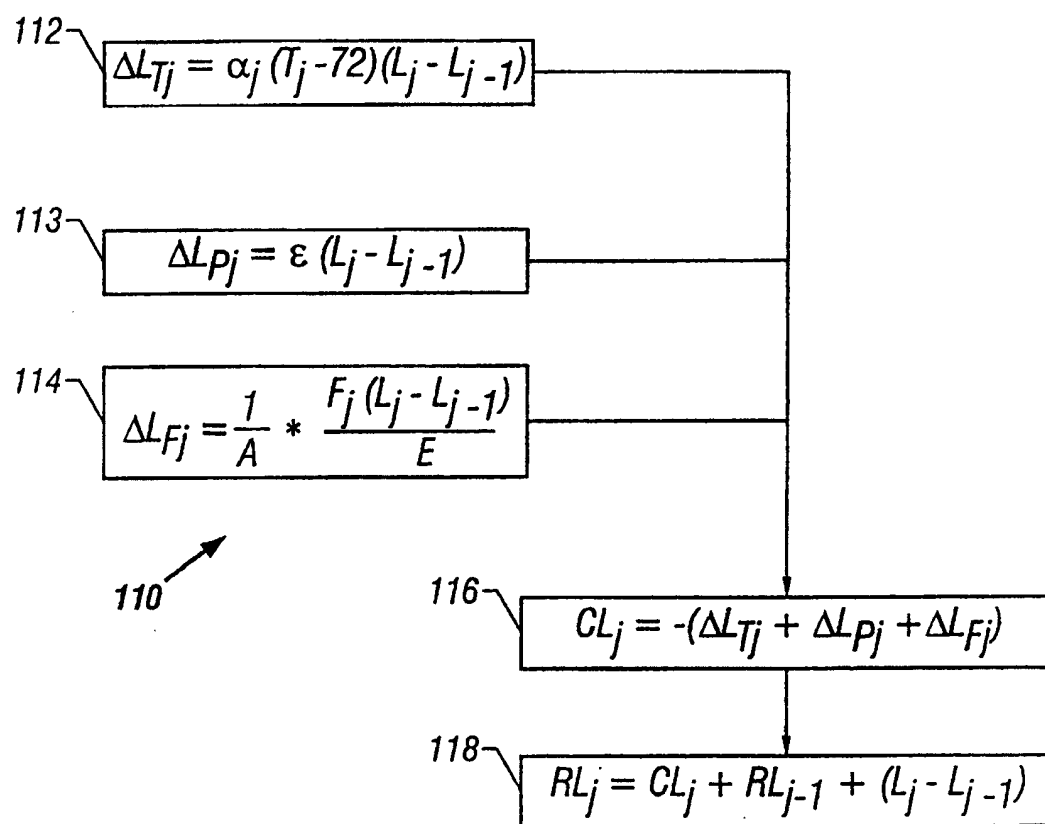


图4

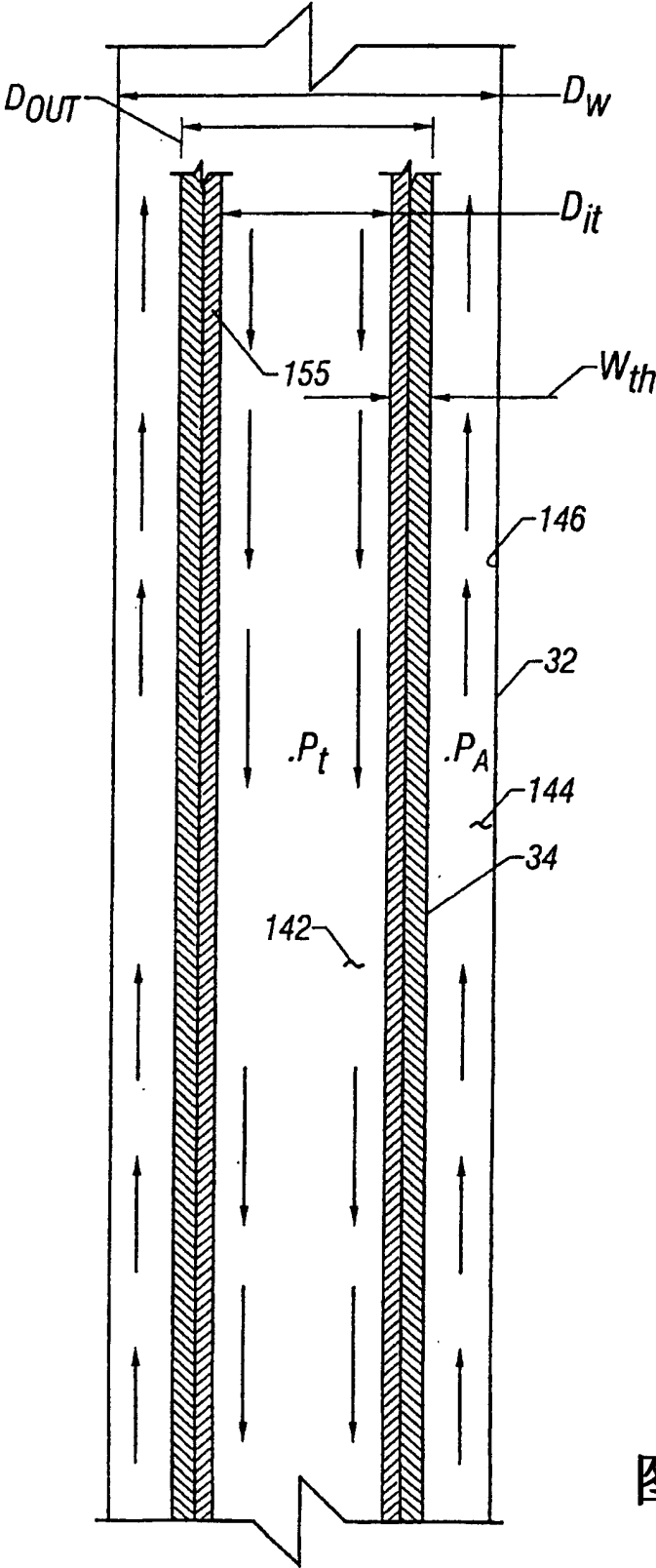


图5

