



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96198589.5

[43] 授权公告日 2003 年 8 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1117280C

[22] 申请日 1996.12.23 [21] 申请号 96198589.5

[30] 优先权

[32] 1995.12.28 [33] US [31] 08/579,807

[86] 国际申请 PCT/US96/20890 1996.12.23

[87] 国际公布 WO97/24615 英 1997.7.10

[85] 进入国家阶段日期 1998.5.27

[71] 专利权人 微动公司

地址 美国科罗拉多州

[72] 发明人 R·E·杜顿

[56] 参考文献

US5363696A 1994.11.15 G01F27/22,G01F33/28

WO9510028A 1995.04.13 G01F1/84,G01F15/08

审查员 飞竹玲

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

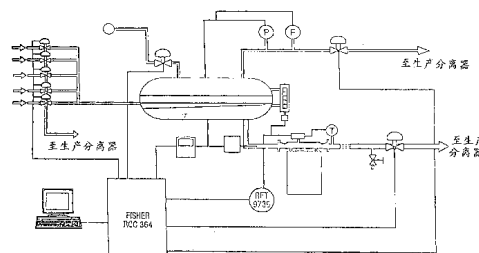
代理人 邹光新 张志醒

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 2 页

[54] 发明名称 自动测井系统及其操作方法

[57] 摘要

一种自动测井系统(20)利用将具有质量流量计和密度计两种功能的 Coriolis 流量计(66)与一种出水量(水含量)监测器(66)组合使用计算从测试分离器(24)中排出的呈混合的或两相的产物流的材料 的体积流速和密度。修正油相密度值以便消除水成分的影响并将经过修正的油相密度值划分为质量流速读数,以便得到净油流速。系统的控制由一个利用气套系统(28)防止测试分离器内的气体释放的自动控制器(86)管理。



1. 一种自动测井系统(20)，用于确定由形成组分混合物的井头产物分离出来的相应的组分水(48)、油状乳液(50)、油(52)、气体(54)的体积，该系统包括：

5 在接受井头产物时作出响应并且将所述的组分混合物分离为它的那些相应的成分的分离装置(24)；

用于用所述的组分混合物充注所述的分离装置达到可以使所述的分离装置将所述的井头产物的组分混合物分离成为它们的相应的组分(48、50、52、54)的一个充注液位的充注装置，和用于从所述的分离装置中将所述产物的组分混合物的液体成分(48、50、52)排出达到排
10 放液位的排放装置，所述的液体成分包括油组分(52)和水组分(48)；

所述的自动测井系统的特征在于：

在所述的排放装置从所述的分离装置中排出所述的液体成分到达所
15 述的排放液位时用于测量所述的油组分和所述的水组分的每一种的液体密度值和质量流速值的测量装置；

用于通过调节所述油组分的出水量的流体密度值来修正所述的油组
分的所测得的液体密度值以提供修正的油组分流体密度值的修正装置，
在其中，所述的修正装置使用所述的水组分的所述的流体密度值修正所
20 述的油组分的所测得的流体密度值；以及

用于使用所述经过修正的油组分流体密度计算相应于所述的油组分的
25 体积流速的计算装置。

2. 根据权利要求1所述的系统，其特征在于所述的测量装置包括一个
用于提供所述的质量流速值和所述的流体密度值的质量流量计和密度
计。

25 3. 根据权利要求1所述的系统，其特征在于所述的排放装置包括连接于所述的分离器和一个控制器(86)上的可用电子装置控制的排放阀(72)。

4. 根据权利要求3所述的系统，其特征在于所述的充注装置包括一个
30 连接于所述的分离器和所述的控制器(86)上、用于向所述的控制器(86)指示所述的分离器的所述的流体液位的流体液位指示器(46)。

5. 根据权利要求1所述的系统，其特征在于所述的充注装置包括与
一个井头产物流体源和所述的分离装置相连接的可用电子装置控制的阀

(32)。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于所述的测量装置包括一个科里奥利质量流量计、一个密度计和一个出水量监测器(66)。

7. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于所述的充注装置和所述的排放装置包括用于通过加入所述的组分混合物达到所述的预定的充注液位以重复充注所述分离装置和从所述的分离装置中排出所述液体成分的装置。

8. 一种操纵自动测井系统测量从井头产物的组分混合物中分离出的相应的组分水(48)、油状乳液(50)、油(52)、气体(54)的体积和密度的方法,该方法包括如下步骤:

用所述组分混合物(48、50、52、54)充注测试分离装置(24)达到用所述的分离装置分离所述的组分混合物所需要的充注液位,所述的组分混合物包括水组分(48)和油组分(52)(P204);

从所述的分离装置中排出所述的组分混合物的液体成分(48、50、52)达到排放液位(P206);

在所述的排放装置从所述的分离装置中排出所述的液体成分到达所述的排放液位后测量相应的液体成分的流体密度值、质量流速值和出水量值(P208);

通过调节所述的油组分中的出水量的流体密度值修正对于所述的油组分测得的所述的流体密度值,以便提供经过修正的油组分流体密度值(P210); 以及

使用经过修正的油组分流体密度值和所述的质量流速计算相应于油组分的体积流速(P200),

其特征在于所述的修正步骤使用以下公式修正对于所述的油组分测得的流体密度值

$$\rho_{o, T} = (\rho_t - \rho_{w, T} WC) / (1 - WC),$$

在其中, $\rho_{o, T}$ 是在温度T下经过修正的油组分流体密度; ρ_t 是在温度T下用密度计测得的含有残留水的油组分的总密度; $\rho_{w, T}$ 是在温度T下用密度计从分离出的水相中测得的水组分的密度; 还有WC是以分离的油组分中的水的体积份数表示的含有残留水的分离的油组分的出水量。

9. 根据权利要求8所述的操纵自动测井系统的方法,其特征在于所

述的排放步骤的特征是在所述的分离器之内的材料之上提供一个加压气套(28),以便在所述的液体成分从所述的分离器中被排出时防止所述材料的闪蒸。

- 5 10. 根据权利要求9所述的操纵自动测井系统的方法,其特征在于该方法还包括步骤P212,该步骤包括在所述的排放装置排放所述的分离装置达到所述的排放液位之后用所述的组分混合物重新充注所述的分离器装置,并且重复所述的排放步骤直至得到足够数量的油组分允许进行所述的测量步骤为止。

自动测井系统及其操作方法

5 发明领域

本发明涉及用于测量包括油、汽、水成分的组分混合物的产量的自动油田分离器系统。更具体地讲，该分离器系统利用互补流量计、密度计和出水量（水含量）探头测量的产品的组分混合物的相应的各个成分或相的产量。

10 背景技术

油、气井到达地表层以下，以便抽尽其中封闭有可开采量的油气的岩层。油、气和水可以同时从一个单独的生成岩层流到井中。油、气和水的这种多相流体产生一种可被分离为它的相应组分的产品的组分混合物。理想的是将包括油气水的组分混合物分离为各自的成分，因为通常只有油气有市场，而水无市场，因为这种水一般是能造成处理问题的盐水。油气生产常常伴随产生相当数量的水，因为在泵的运行成本加上盐水处理成本之和不超过油气销售收入的情况下从商业上讲打这些井还是可行的。

油田一般遍布一系列有矿产开采权的井场。每个或一组井场通常有一个经营者，该经营者管理指定的一组油井使之产油。经营者必须获得测井数据才能恰当地管理该井场。测井数据包括井头压力数据以及从单个一口井产生的组分混合物的相应的油气水成分的体积流速。该井场经营者需要测井信息以便在每一口产油井中的各种所有权利益之中合理地分配从这口井所获得的总收益。此外，该井场经营者还需要测井信息以便进行尝试从整体上优化井场的生产性能的技术研究。例如，工程师可以选择关闭具有过高出水量（水含量）的油井产油，并且将这个井转换为注水井以便帮助正在进行的注水。

油田或油田的一部分中的产油井常常共享一套包括一个主生产分离器、一个测井分离器、管道输送通路、盐水处理井和安全控制装置的生产装置。使用公共的或共享的生产装置防止经营者为多余的设备花费额外的资金。

测井分离器用于帮助测量出自从单独一口油井采出的产品材料的体

积流速信息。测量值包括相应的油气水相的体积流速，例如，每天 95 桶水，每天 5 桶油，以及每天 6MCF 气体。另外一个有用的测量值是‘出水量（水含量）’测量值。术语‘出水量（水含量）’在这里被定义为表示一种油水混合物中的油体积和水体积之间的任意的比例。根据‘出水量（水含量）’这个词的最常见的用途，由于水占 100 桶油水液体总量的 95 桶，所以在以上这个例子中的油井生产流体出水量（水含量）为 95%。术语‘出水量（水含量）’有时也用于表示产出的油的总体积与产出的水的总体积之比。术语‘出油量’意味着表示油的体积除以油水体积之和。如同这里所定义的那样，‘出水量（水含量）’这一项包含了所有这两种可能的含义。

主生产分离器和测井分离器每一种都用于分离以这些相或成分混合物的形式到达生产装置的相应的油气水成分。主生产分离器接收来自多个油井的混合产物，将这些产物加以分离用于销售。同主生产分离器相比，测井分离器的生产能力低，并被用于测定单井生产率。如这里所使用的那样，术语“相”指的是可能与其他流体接触存在的流体的类型，即油水混合物包括独立的油相和独立的水相。同样，油气和水的混合物包括独立的气相和独立的液相，该液相包括油相和水相。工业术语把‘两相’分离器看作是一种用于从包括油和水的液相分离出气相的分离器。

‘三相’分离器用于从液相分离出气相并且还将所述的液相分离为油相和水相。

同两相分离器相比较，三相分离器还需要另外的阀堰装置，并且一般具有较大的体积以便于为了用重力法将产物分离为相应的油汽水成分而使产物具有较长的驻留时间。使用三相测井分离器使得可以直接测量分开的成分。即使在这种直接测量中也存在误差，这是因为水几乎不可能在生产装置中完全从分开的油组分中分离出来。通常在使用分离器从油组分中除去大部分水后，在分开的油组分中仍然还存在最多达百分之十的残余水。

与三相分离器相比较，两相分离器成本低，结构要简单得多并且几乎不需要维护保养。使用两相分离器通常不允许在生产条件下从分开的液体（油和水）成分中直接获得体积测量值。与一个两相分离器组合使用科里奥利流量计可以很好地测量从测井分离器中流出的液相中的油和水的体积。

使用电容或电阻探头测量产出流体中的出水量（水含量）这在工业中是已知的。这些出水量（水含量）监测器的运行基于油和水的介电常数具有很大的差别的原理。因此，出水量（水含量）探头可以测量混合油水流体流中的水的体积百分比。然而，这些监测器所提供的出水量（水含量）测量值的精度只有在水的体积小于总的流体流的体积的 20% 至 30% 的情况下才是可以接受的。最高为 30% 的精度极限远远低于从许多油井观测到的水平。例如，一口油井的总的液体产量可以有 99% 的水。因此，出水量（水含量）监测器被用于确定低水含量的油组分中的出水量（水含量）。出水量（水含量）监测器常常不能确定由一种两相分离器中流出的材料中的水含量，这是因为全部液体成分的水含量超过了 30% 这一精度上限。

必须将基于科里奥利的质量流速转换为体积，因为油田产品按常规是按体积而不是按质量出售的。常规的科里奥利计除去进行质量流速测量外，还具有各种各样的能力。常规的科里奥利质量流量计还可以用作一种振动管密度计，因为该质量流量计是根据起弹簧作用的振动管和质量体系的原理工作的。这些密度值被用于将总的的质量流速测量值转化为体积值。然而，该体积测量值涉及到总的混合流体流。

使用科里奥利流量计确定在总的的质量流体流中的油、气和水的相应的质量百分比存在很多困难。可以使用科里奥利流量计确定总的的质量流速并将总的的质量流速指定给在混合流体流中的相应的成分或相。这种计算技术在确定两相（例如水和油）流体的质量分布时特别有用。即便如此，该技术目前仍然需要对用手工得到的样品进行实验室分析，以便提供用于体积流速和出水量（水含量）计算的密度数据值。

美国专利 5,029,482 教导使用通过使具有相应的气体和液体成分的已知质量百分比的混合气液流体流流过一个科里奥利流量计得到的一个根据经验导出的关系式。而后，利用这个根据经验导出的关系式按照对总的的质量流速的直接的科里奥利测量值计算已知气液百分比的混合气液流体流中的气体百分比和液体的百分比。

美国专利 4,773,482 教导，总的油水流体流的水部分可以按照以下公式 (1) 计算：

$$(1) \quad X_w = (D_e - D_{o,T}) / (D_{w,T} - D_{o,T}),$$

在其中， X_w 是水在总的混合油水流体流中的质量份数； D_e 是在测

量温度 T 下总的混合油水流体流的密度； $D_{o,T}$ 是在测量温度 T 下在总的混合油水流体流中已知的纯油成分的密度；而 $D_{w,T}$ 是在测量温度 T 下在总的混合油水流体流中已知的水的密度。值 $D_{o,T}$ 和 $D_{w,T}$ 可以根据公式 (2) 和 (3) 对温度效应进行修正：

$$5 \quad (2) \quad D_{o,T} = D_o^* - C_o (T - Tr)$$

$$(3) \quad D_{w,T} = D_w^* - C_w (T - Tr)$$

在其中， D_o^* 是在参比温度 Tr (通常选择为 $60^\circ F$) 下的油密度； D_w^* 是在参比温度 Tr 下的水密度； C_o 是油的热膨胀系数； C_w 是水的热膨胀系数，其余变量定义如上。本领域普通技术人员会明白热膨胀系数 C_o 和 C_w 以及其他对密度进行温度校正的关系式可以从各种来源得到，其中也

10 包括美国石油研究所的出版物。

总的体积流速根据公式 (4) 计算：

$$(4) \quad Q_e = M_e / D_e,$$

在其中， Q_e 是由总的混合油水流体流中得到的基于科里奥利的质量

15 流速；其余变量定义如上。

油的体积流速根据公式 (5) 计算：

$$(5) \quad Q_o = Q_e (1 - X_w),$$

在其中， Q_o 是油的体积流速，其余变量定义如上。

计算水的体积流速根据公式 (5)：

$$20 \quad (6) \quad Q_w = Q_e X_w,$$

在其中， Q_w 是水的体积流速，其余变量定义如上。

体积流速值 Q_o 和 Q_w 可以通过用测量温度下的密度乘该体积流速值并除以参比温度下的密度被修正到标准参比温度 Tr ，如在式 (7) 中那样：

$$25 \quad (7) \quad Q_o^* = Q_{o,T} D_{o,T} / D_o^*,$$

在其中， Q_o 是在标准参比温度 Tr 下油的体积流速， $Q_{o,T}$ 是在温度 T 下油的体积流速并且根据式 (5) 计算；其余变量定义如上。

由于密度值 $D_{o,T}$ 和 $D_{w,T}$ 必须由用手工从一口指定的产油井采集的样品来测定所以在使用公式 (1) - (7) 时存在明显的问题。在缺乏实

30 实验室测量的情况下，由于科里奥利计不能通过对混合流体流的直接测量产生油密度和水密度，所以仍然不可能将相调解质量流速信息转化为油和水的体积。由于样品暴露于大气压之下，频繁取样所处的环境产生了

在进行实验室测量时的误差源。暴露于大气压使气体散失，这样所得到的样品与先前的样品相比密度相对来说提高了。此外，几乎不可能提供再现油田条件的实验室测量。所生产的流体的密度值在一口油井的有效期之内常常变化。因此，需要对产品流体进行周期性取样。因此，进行实验室测量就可以抑制由于缺乏对流体取样的及时性而造成的误差和改变不能在实验室中再现生产现场的条件状况。

源于科里奥利计的直接密度测量不能用于体积计算，这是因为常常不能从单独的油组分获得令人满意的直接密度测量值。即使使用分离器将油组分同水组分分离开，被分离出的油相仍然含有最高达大约10%的水（按体积计）。残余的水造成了直接密度测量的误差。

引起测井体积不准确的另一个来源涉及到溶液气体在降压下的释放。所生产的流体的压力-体积-温度性状可以引起从组分混合物中得到的分开的油和气的被测量的明显的差别。气压降低将使气体从油相中释放出来。气压增加又将气体赶回溶液。因此，最理想的是测试分离器将主生产分离器调节到适当状态。

测试分离器中的压力可以不同于主生产分离器中的压力。两相测井分离器常常通过使气体在由于液体从该分离器中排出而产生的压力降低下从该流体中释放对生产流体进行闪蒸。在液体被排出时并没有致力于控制测试分离器的压力，这是因为通常认为被分离开的产品组分为了最后出售会重新混合于主生产分离器中。不能控制测试压力将导致错误的体积测量值，因为降低的气压引起溶解气体从油相中释放出来。因此，液体体积减小并且液体密度较大。

实际上需要可以测量总产品流中的相应的相或组分体积流速而不需要对该产品流的人工样品进行实验室测量以便提供相应组分的密度值的基于科里奥利的流量计。此外，还需要一种在测量过程中利用销售管线或主生产分离器条件以便于保存体积测量数据的完整性的测试分离器系统。

发明内容

本发明通过提供一种不需要对生产流体进行人工取样或实验室分析以确定油气成分的密度的全自动科里奥利测井系统克服了以上所述的问题。此外，该测试系统还消除了由溶解气体在压力降低条件下的释放所导致的体积测量误差。

本发明的测井系统具有两种运行模式。该测井系统作为一个正常测井系统运行测量从组分混合物（即包括油气水成分的井头产物）中分离出来的相应成分的体积。该测井系统还具有一种无须人工采集用于测量密度的产物流体样品的专门的密度测量模式。由该系统所获得的现场密度测量值要比实验室测量更为精确，这是因为对流体的测量是在在线条件下进行的。

该系统包括一个接受井头产物并且将该混合物分离为它的那些单独的成分的测试分离器。一根阀管被用来有选择地用单独一口油井的产品充灌该测井分离器。该测井分离器被用于保留油、气和水相或成分的混合物，同时重力从组分混合物中分离出这些成分。打开排放阀在那些相应的组份分离后至少部分地从测井分离器中排放产品组分混合物的液体组分。科里奥利流量计（包括一个质量流量计和一个密度计）被用于测量相应的油水组分在它们离开测井分离器时的质量流速。密度计被用于获得该测井分离器中的被分开的油组分的密度读数。一个出水量（水含量）监测器被用于获得被分开的油相的出水量（水含量）读数。概括起来说，流体密度、温度、质量流速、以及出水量（水含量）测量值被用于计算产物流体中油水成分的体积流速。这种修正使得可以对油的体积流速进行更精确的计算。

在优选实施例中，通过将一个加压气源与该测井分离器连接起来还可以最大限度地降低体积测量误差。即使在分离器排放阀允许液体从该测井分离器中流出时仍然可以使分离器压力大致保持恒定。

根据本发明的上述方案，提供了一种自动测井系统，用于确定由形成组分混合物的井头产物分离出来的相应的组分：水、油状乳液、油、气体的体积，该系统包括：在接受井头产物时作出响应并且将所述的组分混合物分离为它的那些相应的成分的分离装置；用于用所述的组分混合物充注所述的分离装置达到可以使所述的分离装置将所述的井头产物的组分混合物分离成为它们的相应的组分的一个充注液位的充注装置，和用于从所述的分离装置中将所述产物的组分混合物的液体成分排出达到排放液位的排放装置，所述的液体成分包括油组分和水组分；所述的自动测井系统的特征在于：在所述的排放装置从所述的分离装置中排出所述的液体成分到达所述的排放液位时用于测量所述的油组分和所述的水组分的每一种的液体密度值和质量流速值的测量装置；用于通过调节

所述油组分的出水量的流体密度值来修正所述的油组分的所测得的液体密度值以提供修正的油组分流体密度值的修正装置，在其中，所述的修正装置使用所述的水组分的所述的流体密度值修正所述的油组分的所测得的流体密度值；以及用于使用所述经过修正的油组分流体密度计算相应于所述的油组分的体积流速的计算装置。

在上述系统中，所述的测量装置包括一个用于提供所述的质量流速值和所述的流体密度值的质量流量计和密度计。

所述的排放装置包括连接于所述的分离器和一个控制器上的可用电子装置控制的排放阀。

所述的充注装置包括一个连接于所述的分离器和所述的控制器上、用于向所述的控制器指示所述的分离器的所述的流体液位的流体液位指示器。所述的充注装置还可以包括与一个井头产物流体源和所述的分离装置相连接的可用电子装置控制的阀。

所述的测量装置包括一个科里奥利质量流量计、一个密度计和一个出水量监测器。

所述的充注装置和所述的排放装置包括用于通过加入所述的组分混合物达到所述的预定的充注液位以重复充注所述分离装置和从所述的分离装置中排出所述液体成分的装置。

根据本发明的另一个方面，提供了一种操纵自动测井系统测量从井头产物的组分混合物中分离出的相应的组分：水、油状乳液、油、气体的体积和密度的方法，该方法包括如下步骤：用所述组分混合物充注测试分离装置达到用所述的分离装置分离所述的组分混合物所需要的充注液位，所述的组分混合物包括水组分和油组分；从所述的分离装置中排出所述的组分混合物的液体成分达到排放液位；在所述的排放装置从所述的分离装置中排出所述的液体成分到达所述的排放液位后测量相应的液体成分的流体密度值、质量流速值和出水量值；通过调节所述的油组分中的出水量的流体密度值修正对于所述的油组分测得的所述的流体密度值，以便提供经过修正的油组分流体密度值；以及使用经过修正的油组分流体密度值和所述的质量流速计算相应于油组分的体积流速，其特征在于所述的修正步骤使用以下公式修正对于所述的油组分测得的流体密度值

$$\rho_{o, T} = (\rho_t - \rho_{w, T} WC) / (1 - WC),$$

其中， $\rho_{o, T}$ 是在温度 T 下经过修正的油组分流体密度； ρ_t 是在温度 T 下用密度计测得的含有残留水的油组分的总密度； $\rho_{w, T}$ 是在温度 T 下用密度计从分离出的水相中测得的水组分的密度；还有 WC 是以分离的油组分中的水的体积份数表示的含有残留水的分离的油组分的出水量。

- 5 在上述的操纵自动测井系统的方法中，所述的排放步骤的特征是在所述的分离器之内的材料之上提供一个加压气套，以便在所述的液体成分从所述的分离器中被排出时防止所述材料的闪蒸。

10 该方法还包括在所述的排放装置排放所述的分离装置达到所述的排放液位之后用所述的组分混合物重新充注所述的分离器装置，并且重复所述的排放步骤直至得到足够数量的油组分允许进行所述的测量步骤为止。

其他的显著的特点、目的和优点对于本领域的普通技术人员来说结合附图根据以下的讨论解释将是很清楚的。

附图说明

- 15 图 1 绘出一幅根据本发明的自动测井系统的示意图；以及图 2 绘出一幅控制图 1 所示的系统的运行的流程图。

具体实施方式

20 图 1 示出自动测井系统 20。系统 20 的主要组成部分包括用于选择性流动的一些个别的油井的阀管道 22、测井分离器 24、用于测量来自测井分离器 24 的产品成分的体积流速的流速测量装置的排放管线 26、用于保持测井分离器 24 中的恒定压力的外壳系统 28 和自动系统 30。测井系统 20 的各个部件可以购自不同的商业单位并且像图 1 所示那样被组装在一起。

25 阀管道 22 包括一系列阀，例如阀 23。每一个阀与一条通向一口单独的产油井（未示出）的井头供给管线（例如供给管线 34）相连。每一个阀与一条测井分离器供给管线（例如通向测井分离器输入管线 38 的管线 36）相连。每一个阀与一个通向一个常规主生产分离器 42 的主生产分离器输入管线 40。这些阀，例如阀 32，最好是用电启动三通阀，利用压缩空气操纵一些阀，这些阀控制通向测井分离器管线 38 和主生产分离器
30 输入管线 40 的入口。阀 32 被用于将一口单独的井的产物引向主生产分离器 42 或测井分离器 24。用于这种目的的最为可取的三通阀是带有一个 MATRYX MX200 启动器的 Xomox TUFFLINE 037AX WCB/316 油

井开关阀。这些阀的结构最好能制作成每一个都能从一口相应的单独的油井接受产品流体。这些阀可以选择性地将产品流体切换给主生产分离器输入管线 40，在其中这些流体与来自其他的阀的流体相混合以便输送给主生产分离器 42。可以选择单独一个阀将产品由它的相关油井切换给测井分离器输入管线 38，以便输送给测井分离器 24。

测井分离器 24 是一种具有足够的耐测井压力的强度的卵形外壳 44 的常规测井重力分离器。测井分离器 24 配置有一个用于指示自动系统 30 的包括水 48、水中油乳状液 50 和油 52 的全部液体的液位的电子液位指示器 46。气体 54 驻留在总液位上方的测井分离器 24 之内。液位指示器 46 的一个典型形式就是带有一块观察镜的 Fisher Model 249B - 2309 型模拟浮子系统液位变送器。测井分离器 24 被连接到一根管道气排放管线 56 上，该管线最好包括一个吃水压力变送器 58，例如 Rosemount of Eden Prairie, Minnesota 制造的 2088 型压力变送器。管道气排放管线 56 最好也包括一个气体流量计 60，例如 Rosemount of Eden Prairie, Minnesota 制造的 8800 型灵敏涡流计涡流级，或一个小孔差压变送器，例如 Rosemount of Eden Prairie, Minnesota 制造的 3051 型差压变送器。电子控制气体流动控制截流阀 62 控制通过气体排放管线 56 的气体的流动。例如，阀 62 可以购买 Fisher of Mashall Town, Iowa 制造的 V2001066 - ASCO 型阀。气体排放管线 56 终止于主生产分离器 42。

流速测量装置的排放管线 26 与测井分离器 24 上的排放点 64 相连。流速测量装置的排放管线 26 包括一个出水量（水含量）监测器 66，该监测器使用电测量定量流过流速测量装置的排放管线 26 的流体的出水量（水含量）。水和油具有不同的介电常数，这使得有可能利用电测量定量出水量（水含量）。另外一些可以从市场上买到的装置包括使用微波辐射测量出水量（水含量）的装置。一种典型的出水量（水含量）监测器 66 是 Drexelbrook Model CM-2 电容监测器。装置的排放管线 26 由出水量（水含量）监测器 66 延续到液体流量计 68。液体流量计 68 最好包括一个科里奥利流量计（包括一个质量流量计、一个密度计和一个温度计），这样就得到了通过测量装置的排放管线 26 的材料的质量流量、密度和温度测量值。典型的流量计 68 包括可以从 Micro Motion of Boulder, Colorado 买到的 ELITE Models CMF300356NU 和 Models CMF300H551NU。温度传感器 69 用来测量装置的排放管线 26 之内的

流体的温度。典型的温度传感器 69 是 Rosemount of Eden Prairie, Minnesota 制造的 Model 68 传感器。采样端口 70 是一个为获取管线 26 之内的样品而设置的手动阀。在线静电混合器 71 被用于确保通过端口 70 从管线 26 中获取充分混合的样品。

5 排放阀 72 最好采用电子控制和用压缩空气操纵。可以打开排放阀 72 通过测量装置的排放管线 26 排空测井分离器 24, 并且可以关闭排放阀 72 以便由阀管线 22 用产品充注测井分离器 24。典型的排放阀 72 是 Fisher 液位控制阀 Model EZ-667-ASCO 阀。测量装置的排放管线 26 终止于主生产分离器 42。

10 气套系统 28 包括一个压缩气源 74, 这可以是来自空气压缩机的气体, 或来自用于操纵生产装置的压缩气源的燃料气。气源 74 还可以是主生产分离器 42。气源 74 流入供气管线 76, 该管线通向气套阀 80。典型的阀 80 是 Fisher Model 357-546。阀 80 最好运行以便保持测井分离器 24 之内的恒定压力, 如果需要, 可以采用对通过供给管线 76 的气流截流的方式。管线 76 端接于测井分离器 24 的上部入口点 82。

15 自动系统 30 被用于控制系统 20 的运行。系统 30 包括一台用数据采集和编程软件编程的计算机 84 (例如 IBM 486 兼容机)。这种软件较为可取的品牌是 Intellution 软件 DMACS, 这种软件可以从 Intellution (Fisher Industries 的子公司) 买到。这种软件之所以特别可取是因为它
20 可以发出指示代表有潜在危险的机械故障的异常测井条件的报警。计算机 84 控制远距离操作控制器 86 的编程, 该控制器包括一系列驱动器和允许计算机与系统 20 的远距离部分相互作用的接口。远距离操作控制器 86 的较为可取的品牌是 Fisher Model ROC364。控制器 86 还可以用软件编程以便有利于完成来自计算机 84 的指令。阀控制引线 88、90、92 和
25 94 将控制器 86 分别与相应的电子控制阀 32、80、72 和 62 相连接, 用于有选择地控制这些阀。引线 96 将控制器 86 与压力变送器 58 相连接。引线 98 将控制器 86 与气体流量计 60 相连接。引线 100 将控制器 86 与出水量 (水含量) 计 66 相连接。引线 102 将控制器 86 与变送器 104 相连接, 该变送器又与流体液位计 46、液体流量计 68 以及温度传感器 69 相
30 连接, 以便把信息传送给控制器 86。变送器 104 的典型品牌是可从 Micro Motion of Boulder, Colorado 买到的 ELITE Model RFT9739。

图 2 绘出了一幅操纵测井系统 20 的运行的图解过程控制图。图 2 的

过程受计算机 84 或控制器 86 中的控制软件的控制。步骤 P200 代表一个标准的测试模式，该模式可任选地包括测试一个选定的油井，所采用的方式为两种，一种是通过调节管道 22 使该油井的产物流过测试分离器 24，另一种是在不需要测试的情况下使用阀管线 22 让所有的产物都流入主生产分离器 42 而绕过测试分离器 24。

在步骤 P200 中，油井的管理者需要准确和精确地了解以上由公式 (5) 所定义的油的体积流速 Q_o 和以上由公式 (6) 所定义的水的体积流速 Q_w 。计算这些值需要计算水分含量，例如以上由公式 (1) 所定义的 X_w 。在公式 (1) 中，流量计 68 只能提供混合密度读数 D_e ，尽管给定的油井是处在测试状态。因此，公式 (1) 要依靠实验室测量来提供 $D_{o,T}$ 和 $D_{w,T}$ 。如以上在本发明的背景部分所指出的那样，由于实验室的条件与测试系统 20 中的条件（例如压力、温度和溶解气体含量）不一致，所以实验室测量有时缺乏准确度和精确度。

根据本发明，公式 (1) 的 $D_{o,T}$ 和 $D_{w,T}$ 用公式 (8) 的 $\rho_{o,T}$ 和 $\rho_{w,T}$ 代替：

$$(8) X_w = (D_e - \rho_{o,T}) / (\rho_{w,T} - \rho_{o,T}),$$

在其中， $\rho_{o,T}$ 是纯油相的密度（排除被分离的油组分中的任意残留水分）， $\rho_{w,T}$ 是纯水相密度，其余变量定义如上。公式 (8) 的变量 $\rho_{o,T}$ 和 $\rho_{w,T}$ 不同于公式 (1) 的变量 $D_{o,T}$ 和 $D_{w,T}$ ，这是因为变量 $D_{o,T}$ 和 $D_{w,T}$ 是由根据人工取得的样品，即样品通过插口 70 从系统 20 取出后在一个流动实验室中进行的实验室测量得出的。相反，变量 $\rho_{o,T}$ 和 $\rho_{w,T}$ 则是由在线测量，即用流量计测量测试系统 20 中的材料，得出的。

以下关于步骤 201-214 的讨论说明如何得到 $\rho_{o,T}$ 和 $\rho_{w,T}$ 的在线测量值。这些值很重要，这是因为公式 (1) - (7) 中的每一个都通过用 $\rho_{o,T}$ 代替 $D_{o,T}$ 和用 $\rho_{w,T}$ 代替 $D_{w,T}$ 给出了卓越的（更为准确的）计算，如在公式 (8) 的情况对公式 (1) 所做的那样。由于在线密度测量无须进行有误差倾向的实验室测量，所以这种替换提高了计算的精度。相反，公式 (1) 则取决于不能反映在线状态的有误差倾向的实验室测量。

最好对流量计 68 编程，以便通过分别用 $\rho_{o,T}$ 和 $\rho_{w,T}$ 替换 $D_{o,T}$ 和 $D_{w,T}$ 完成根据公式 (2) - (8) 的计算。这些计算还可以利用计算机 84 或控制器 86 来完成。

必须周期性地更新这些变量 $\rho_{o,T}$ 和 $\rho_{w,T}$ ，因为这些值在该生产井的

有效期内是变化的。因此，图 2 的过程包括开始于步骤 P201 的温度测量模式。在步骤 P201 中，计算机 84 使控制器 86 启动管线 22 中的一个阀（例如阀 32）。该阀的启动将来自一个选定的油井的物质流体通过该阀转移到测试分离器 24 中。如果该油井已经与测试分离器 24 连通，则无须启动该阀，但是，在进入实际测井之前进入密度测量模式通常是有利的。

在步骤 P202 中，控制器 86 打开排放阀 72，由阀 32 来的物质流体通过测试分离器 24 和测量装置排放管线 26 流入主生产分离器 42 中。控制器 86 使用液体流量计 68 测量足以充满采集管线 38、测试分离器 24 和流量计 68 之前的测量装置排放管线 26 的那一部分的总的液体的体积。该体积的流体流过测试分离器 24，但是由于排放阀 72 处于打开状态，所以不能充满测试分离器 24。可以随意使用这个体积的倍数以确保测试分离器 24 可以用来自另一个油井、不能流过阀 32 的液体充分置换。这种体积测试分离器的排空操作明显地优于依赖于排空该分离器的流动时间的常规的分分离器排空循环。依赖于时间的排空循环可以导致该分离器不能被充分排空，并且实验测量最终是针对来自那个错误的油井的流体进行。体积排空确保实验测量最终是针对来自那个正确的油井的流体进行。

在步骤 P204 中，控制器 86 关闭排放阀 72，以使用液体充注测试分离器 24。同时，允许阀 32 继续使物料流入测试分离器 24，直到液位指示器向控制器 86 提供一个测试分离器 24 中的液体业已到达充注液位为止。充注液位最好由油井的管理者预先确定，并且可以对控制器 86 或计算机 84 编程，以便对于每一个产油井将测试分离器 24 充注至不同的液位。每一个油井的最佳充注液位根据本领域中的经验来确定。充注液位最好以总液位为基准，但是如果在液位指示器 46 中使用了加权浮子，那么也可以以油或水的液位为基准。气体流量计 60 测量在充注过程中离开测试分离器 24 的气体体积流量，同时，如果需要将测试分离器中的物料保持在大体恒定的压力下，则由控制器 86 调节气体流量控制截流阀 62。气体流量计 60 向控制器 86 提供一个指示流过气体排放管线 56 的气体的体积的信号。

在控制器 86 接收到一个指示测试分离器 24 被充注满的信号的时候，控制器 86 使阀 32 将它的产品转向主生产分离器 42。控制器 86 还关

5 闭气套阀 80 和气流控制截流阀 62, 将材料密封在测试分离器 24 中。测试分离器 24 中的材料可以沉淀, 同时重力将测试分离器中的材料的油、气和水分别分离。重力分离的等待周期可以以一个足够长的时间, 例如 30 分钟为基准, 如本领域中的经验所指出的那样。在系统 20 的初始安装阶段, 操作人员可以通过液位指示器 46 上的视窗观察测试分离器 24 中的分离情况。将分离所需要的时间作为编程控制数据提供给计算机 84。测试分离器 24 中的材料获得了充分的时间以使重力引起不同材料的分层。这种分层现象不需要出现在两相分离器中, 这是因为该分离器仅仅设计用来测量两相 (气体和总液体) 流体。

10 在重力分离过程中测试分离器 24 中的充注液位最好分布在该分离器的内部容积的大约 60% 至大约 80% 的范围内。排放液位最好下降至该分离器内部容积的大约一半。测试分离器 24 的相应的充注和排放液位对于每一个油井最好是不同的, 并且可以把它们编程输入计算机 84。例如, 以高出水量 (水含量) 和低生产速度同时带有极少量伴生气进行生产的油井最好伴随高充注液位和低排放液位, 以便优化该分离器内的产油体积。比较起来讲, 以高气-油比和高油体积速度生产的油井最好具有低充注液位, 并且排出极少量的体积降至排放液位以便能分离气相, 同时不需要很大的排放体积就能清除油层下的被分离的水相。

15 在步骤 P206, 在控制器 86 确定测试分离器 24 内部的材料被充分分离后, 控制器 86 打开排放阀 72 通过测量装置排放管线 26 将测试分离器 24 中的材料排放至主生产分离器 42 中。阀 32 和 62 保持关闭。从测试分离器 24 中被排放的材料的体积最好保持很少, 例如少于分离器的总体积的约 5% (100 桶容积的分离器中有 5 桶)。如果需要获得该油井日常速率的精确测井, 这种少量排放体积使得可以迅速重新充注测试分离器 24。

25 步骤 P208 包括获得通过管线 26 排放的材料的测量值。控制器 66 接收到来自出水量 (水含量) 监测器 66 的、指示通过排放管线流动的液体的出水量 (水含量) 的信号。同样, 控制器 86 接收到来自液体流量计 68 的质量流速和密度信号。这些信号可以在流量计 68 或计算机 84 上被转换为体积流速。控制器 86 从温度传感器 69 接收温度信号。在控制器 86 从液位指示器 46 接受到一个指示液体成分从测试分离器 24 中被排放至可以避免将气体引入测量装置排放管线 26 的最低液位时, 控制器 86 关

闭排放阀 72。流量计 68 测量从测试分离器 24 中流出的被分离的材料的密度。水密度 ($\rho_{w, T}$) 是从水层 48 测量的, 比起其他的成分的密度它是最大的。这个测量是针对基本上纯净的水进行的, 因为水组分中基本上不含油。水中油乳化液 50 通常会引起密度测量的很大的偏差, 这些值
5 被忽略。被略去的水中油乳化液还有个特点就是密度小于水而大于油。水中油乳化液 50 的密度测量被略去。油层 52 的密度最低。油层 52 的密度测量值 (ρ_t) 必须作残余水含量修正, 因为它通常含有最高达大约百分之十的水。

根据以下公式 (9) 对测得的油密度进行关于水成分的修正:

$$10 \quad (9) \quad \rho_{o, T} = (\rho_t - \rho_{w, T} WC) / (1 - WC),$$

在其中, $\rho_{o, T}$ 是在温度 T 下经过水修正的油密度; ρ_t 是在温度 T 下用流量计 68 测得的提取了水的油组分的密度; $\rho_{w, T}$ 是在温度 T 下用流量计 68 从分离出的水相中测得的水组分的密度; 还有 WC 是以逸出测试分离器 24 的经过重力分离的油组分中的水的体积份数表示的该油组
15 分的出水量 (水含量)。WC 是用出水量 (水含量) 监测器 66 测量。应该注意, 可以依靠出水量 (水含量) 监测器 66 得到准确的出水量 (水含量) (水含量) 读数, 这是因为在经过分离的油组分中的出水量 (水含量) 一般不超过 10%。值 $\rho_{o, T}$ 用于公式 (8), 而公式 (8) 中的 X_w 值与公式 (2) - (7) 组合使用, 以便进行体积流速计算。

20 在步骤 P208 的过程中, 最好在测试分离器 24 中保持恒定的压力, 这是因为由于相应于压力的异常变化气体被释放出来或者被分离器液体吸收, 过高或过低的压力会导致体积流速和密度测量的误差。控制器 86 监测来自压力变送器 58 的信号, 并且使用这些信号保持测试分离器 24 内部的恒定的压力。控制器 86 调节阀 80 在需要补偿伴随为补偿液体从
25 测试分离器 24 中被取走而出现的气体膨胀产生的压力降低时供给额外的气体。测试分离器 24 内部的压力最好保持等于或稍高于主生产分离器 42 的压力。少量附加压力 (例如 +10psi) 有利于液体通过排放管线 26 并流入主生产分离器 42 而不会引起明显的体积误差。测试分离器 24 内部的压力通常分布在从 $200 \pm 20\text{psi}$ 至 $1500 \pm 20\text{psi}$ 的范围, 但是该压力可以
30 是环境所需要的任意的压力。

在步骤 P210, 计算机 84 确定用液体流量计 68 测得的油的量是否是足以从中获得精确读数的量。最好将阀 32 关闭极短的一段时间, 以便不

中断生产油井的具有明显的压力下降和上升周期的备用状态流动特性。因此,在步骤 P208 中出现的排放测试分离器 24 最好限制为总产量 1 至 3 桶相对小的体积。较为可取的是,控制器 86 在完成测试之前需要产生一个阈值体积,例如 100 桶。体积测量是在该油井实际流出原油整个这段
5 时间内进行。如果油井实验流体的累计数量不充足,那么控制就转入步骤 P212,该步骤重复冲注和排放循环,直到能够得到足够数量的油用于测量为止。在这种情况下,接收由液位指示器 46 发出的信号以便指示出水的排放达到不从测试分离器中排出油的最低液位,直到步骤 P202 和 P208 的重复次数足以得到可测量数量的油为止。该过程的这个特性避免
10 了需要管理人员仅仅为了得到足够数量的用于测量的油而去购买尺寸过量的测试分离器。一旦得到足够数量的油用于测量,步骤 P210 就将控制转至步骤 P214。

步骤 P214 包括使控制返回步骤 P201 的密度测量模式。最好重复该循环,直至由所有的与管线 22 连接的出油井获得密度测量值为止。此外,步骤 P214 可以使控制返回步骤 P200 以便进行测井。
15

由上述过程所得到的测井信息包括出水量(水含量)数据、气体体积流速、油体积流速、水体积流速、油密度、水密度、分离器温度和分离器压力。计算机 84 存储这些数据以便传送给管理人员。此外,这些数据还可以通过与计算机连接的无线电传送给管理人员。十分有利的是,
20 该系统可以比由亲临现场的泵操作人员用人工方法进行的测井更为经常和更为准确。由于科里奥利流量计(包括一个流量计和密度计)固有的精确度和可靠性,所以使用它作为流量计 68 特别可取。

当然,关于以上所列的相应的材料还存在许多市场来源。例如,关于电子控制三通阀(例如阀 32)、出水量(水含量)监测器(例如监测器 66)以及液位指示器(例如指示器 46)存在若干潜在的来源。应用者
25 识别最可取的市场来源这一事实并没有将本发明的实践限制于单独从这些来源所获得的项目,这是因为本领域普通技术人员可以很容易地从其他来源找到基本等效的材料并用这些材料来替换原来的材料。此外,测试分离器 24 可以是具有一系列内浮子和用于排放相应相的排放端口的
30 常规的三相分离器。在这种情况下,每一个排放管线需要一个单独的液体流量计。在这种应用场合,术语‘油’包括气井冷凝物。油井不必生产油、水 and 气,必须的仅仅是井头产物包括这些不同的相的混合物。

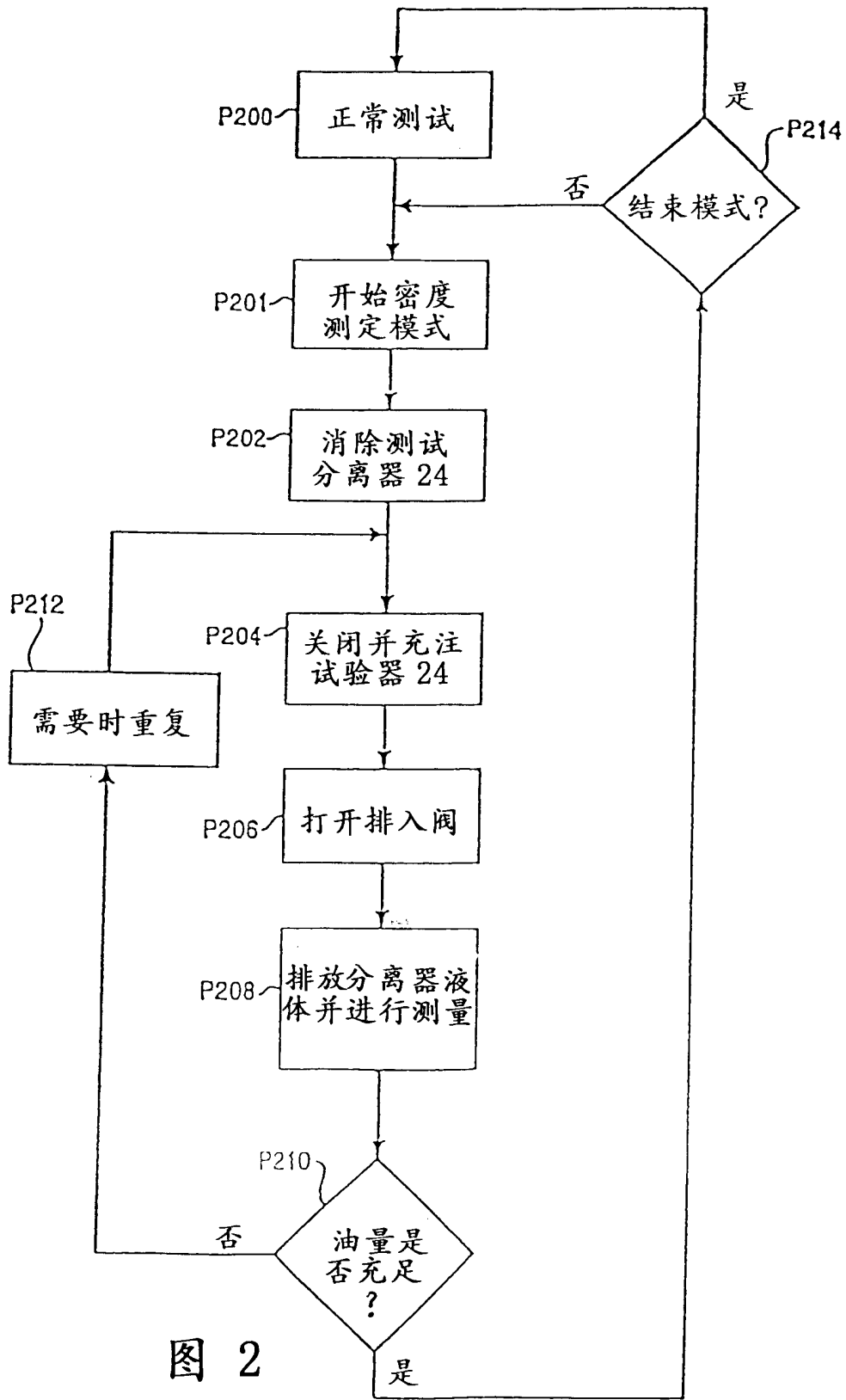


图 2