

计算机在Ekofisk综合生产系统中的应用

B.L.Giles, S.W.Wells
Phillips Petroleum Co.

贾映宣 译
油 工 校

摘 要

Greater Ekofisk Complex 综合生产系统包括7个油田以及它们共同使用的 Ekofisk Center 中央生产平台上的油气处理设施。在中央生产平台上进行油气分离, 分离出的天然气用管线输往德国的 Emden, 原油则用管线输往英国的 Teeside 终端站。这一系统的复杂性要求广泛使用计算机。本文将对用于辅助海上油气藏生产和报表制作的最大的计算机软件系统之一加以概括介绍。述及的内容包括数据的采集、集中、存储和检索, 以及水面以上装置的模拟, 对直到 C_{3+} 的按组分的产品分配、长远期生产预测以及操作和管理报表的制作。

一、引 言

组成 Greater Ekofisk Complex 综合生产系统的各个油田, 是挪威 Phillips 集团于 1968 年至 1972 年期间在北海的挪威海域中发现的。按发现的顺序, 这些油田的名字分别为: Cod, Ekofisk, West Ekofisk, Tor, Eldfisk, Edda 以及 Albuskjell。这些初期发现, 代表了北海发现的第一批具有商业价值的油田。图1为 Greater Ekofisk Complex 综合生产系统的示意图。

Ekofisk 油田及其相邻的油田位于第三纪盆地的最深部位, 具有厚度超过 1,350 英尺 (411.5 米) 的 Danian 阶和上古新世沉积层。在这一层段中, 约有一半包含 Danian 阶和上白垩纪的白垩岩层, 另一半为上古新世的碎屑沉积。Danian 阶和上白垩纪的白垩岩层是 Ekofisk, West Ekofisk, Tor, Edda, Eldfisk 以及 Albuskjell 等油田的主要储油层。在 Ekofisk 地区油田的白垩岩储油层中, 有很发育的垂直方向和横向的裂缝系统。这一地区的原油挥发性较强, 各油田之间的原油性质差异较大。

这些油田所用的生产设施是分几个阶段建造而成的。在第一阶段, Ekofisk 油田的 4 口油井使用装设在一座自升式平台上的分离装置进行生产。生产的原油通过一套单点系泊浮筒装入油轮。在为期 18 个月的一段时间中, 用这种方式每天大约生产 42,000 桶原油 ($6,677.5 \text{ m}^3/\text{日}$), 所有的伴生气均经由火炬放空烧掉。

第二阶段包括安装 3 座平台 (两座为生产用平台, 一座为油田气回注以及生产用), 一座油田的装油平台, 一座四层的生活平台以及一个储量为 100 万桶 ($158,987 \text{ m}^3$) 的混凝土储罐。

第三阶段包括建造Ekofisk Center中央生产平台的油气处理设施以及其他各油田投产时与之相联的油气集输系统。建造了一条长274英里(441公里)的36英寸(91.4厘米)输气管线通到德国的Emden终端站,另外建了一条长220英里(354公里)的34英寸(86.4厘米)输油管线通到英国的Teeside终端站。在Teeside建有一套轻烃处理装置,对原油进行稳定处理并提取乙烷、商业丙烷、异丁烷以及商业正丁烷。

这一操作的高度复杂性从早期的数据开始就表明了需要广泛地运用计算机。在1972年进行了一项研究,以确定Ekofisk的生产操作报表工作所需的计算机硬件和软件。研究的结果表明,需要以下的一些主要系统:

1. 为进行日常操作和报表所需的数据采集、综合、储存和检索系统。这些数据包括:流量检测数据、试验室分析和油气处理的条件、阀的状态、油井状态以及其它所需数据。
2. 技术信息系统(TIS)。这一系统可以从取得的数据产生出所需的操作和工程报表。
3. 模拟水面以上装置的计算机模型。可以用它来评价修改的生产操作条件和处理条件。
4. 一种可以根据直到C₄的各个组分来确定和分配各个油田输送到油、气总输出管线中油、气产量的方法,以便分别确定各油田输到总的油、气管线中的轻组分的份额。
5. Greater Ekofisk Complex综合生产系统的长远期生产预测,包括对各油田产物的组分预测以及对Emden供气和对Teeside供油的数量和组分预测。

对Ekofisk Complex综合生产系统的操作所开发的计算机程序并不只于此。还相继开发了若干其它程序。但本文只对以上各个系统加以介绍。

二、数据采集和初步处理

数据系由Ekofisk Complex、Teeside以及Emden等处的许多数据采集点自动采集。按每30秒间隔进行采集的数据有以下各种:

从46个油气流检测点采集总重量、油气流的体积、密度、压力和温度;

从油气处理流程的30个检测点采集温度和压力;

76个阀态信号;

102个井态信号;

从Emden采集4个总体积数据,3个加热数据以及1个比重数据;

16个特殊变量,例如混凝土储罐中的液面高度。

采集的数据量为每天2,000万比特。对每30秒间隔采集的数据,用一个名为“数据编辑和集中程序”加以编辑和关联,并将它们加工成为更加适用的形式。在此过程中,错误的以及不合格的数据必须被识别出来并加以解决。

在Ekofisk开始进行计算机工作时,就很清楚地表明需要一台大型计算机来运行诸如“技术信息系统(TIS)”这样的大型程序。曾考虑过在Ekofisk Center中央生产平台上装设大型计算机,但因受到空间限制以及其它问题而难以实现。最初只在Ekofisk Center中央生产平台上装设了油、气流量检测计算机和两台Interdata70型小型计算机作为控制室图象显示之用。但是,这些简单的计算机不具备运行例如“数据编辑和集中程序”或者“技术信息系统”这类大型程序的能力。为此,决定使用Interdata70型小型计算机和远程通讯网络

联接,将原始数据传送到陆上基地的大型计算机进行进一步处理。

Ekofisk Center中央生产平台在北海的位置,使之无法采用普通的微波或无线电将数据传送到岸上。为此,设置了庞大的远程通讯网络传送声音和数据。Estes和Walker对这一通讯网络作了专题介绍⁽¹⁾。此网络包括 Ekofisk Center中央生产平台与挪威 Tananger 附近的一个陆上通讯站之间的卫星通讯。Ekofisk和Emden及Teeside 之间采用对流层散射系统通讯。各油田之间通过无线电和微波系统通讯。这一系统比较成熟, Greater Ekofisk Complex、Emden和Teeside的大多数地点之间都可以进行声音和数据传送。

第一台专门为Ekofisk的操作而在陆上装设的计算机是一台 Varian70 型小型计算机。这台计算机装在 Tananger,具有可以切换的备用机组。这一设施被用来从远程通讯网络接受数据,运行“数据编辑和集中程序”,并将经过压缩的数据存入“技术信息系统”的数据库。这台计算机具有编辑和集中数据的能力,但需要一台更大的计算机运行其它程序。为此,在初期通过 Tananger 的电话拨号信路,使用了在奥斯陆的一家计算机服务中心的 IBM 360/50计算机来运行这些程序。所取得的结果再传送回Tananger的Phillips公司的办公室并由打印机打出。后来,又通过电话线路使用了 Phillips 伦敦办公室的一台大型计算机。目前,使用Phillips公司Tananger办公室的一台IBM4381计算机来运行“数据编辑和集中程序”的下游程序。

在1975年至1982年期间,原始数据都输往Phillips公司的Tananger办公室。这一运行是成功的,但由于数据传送量太大,使传送和接收设备的负担很重,整个系统的各个联系环节不如预期的那样可靠,从而使重复传送量相当可观。

1982年用功能更强的硬件更新替换了初期装在Ekofisk Center中央生产平台上的计算机,从而可以在海上完成更多的工作。在这一更新工作完成之后,就把“数据编辑和集中程序”转移到了Ekofisk Center 中央平台的新计算机上运行。这样就只需将经过编辑和集中的数据通过远程通讯传往陆上。计算机能力扩大后,还可以采用双同步传输而不使用异步传输,从而使数据传送速率有明显提高。

三、技术信息系统

“技术信息系统”(TIS)是为Greater Ekofisk Complex综合生产系统的操作和报表工作而开发的最大的单计算机系统。开发了一个虚拟顺序访问法(VSAM)数据库作为 Ekofisk 操作系统的中央存储。几乎所有其它的技术和商业程序都从“技术信息系统”的数据库取得所需的操作数据。“技术信息系统”还包括一个综合报表系统。表1列出了可由“技术信息系统”获得的一些典型报表,可对这一报表系统的范围有所说明。

技术信息系统的基本设计以及由它可以获得的报表种类,是在与需用各种管理和工程报表及各种运算的有关单位反复研究后确定的。虽然由于需要的报表和数据量不断增加而使这一系统有所发展,但这一系统初始设计的成功表明了“设计为首,发展继随”的原则是十分明智的。所有程序用 Fortran 语言编写。在以往的若干年中,这些程序已在不同的计算机上加以运行。目前,此程序正在 Tananger的 Phillips 公司办公室的一台 IBM4381 计算机上运行。这些年来,“技术信息系统”的基本设计基本上未作改变。经过集中的数据储存在文件中并可根据大量制作报表的需要而加以提取。其中不少数据最少每天需要提取一次。

表 1 技术信息系统可提供的典型报表

1. 每月的产量, 产品分配, 输送, 油气处理
2. 每日的产量数据和总体平衡
3. 每月的产量数据和总体平衡
4. 每月的产量分配记录
5. 每月的总体平衡记录
6. 原油的储存和输往终端站的记录
7. 每月的取样分析详细资料
8. 各个单井测试的详细资料汇总
9. 每日井况
10. 每月油井测试情况
11. Emden终端站处理后的天然气质量
12. 原油质量

四、模拟水面以上设施的模型

建立了一个计算机模型以模拟7个油田的平台上的设施、Ekofisk Center 中央生产平台、Emden天然气处理装置以及Teeside的轻烃回收和处理装置。这一模型多与其它程序相配合, 对Ekofisk Center 中央生产平台上生产过程的变化进行研究, 从事计算机辅助操作的工作。它还可对一些线性规划进行计算, 并作为本文将相继讨论的长远期预测模型的一个组成部分, 进行短期的以及长期的油、气生产的工程和经济预测研究。

需要一个能够在计算机上很快运行的模型。对 Ekofisk 的生产过程进行了详尽的研究, 以找出适当的方法, 既可对其中一些关键部分尽可能加以简化模拟, 又不致使模拟损失必要的精确性。作为第一步, 首先使用了一台通用的以用户为对象的生产过程模拟器 对 Ekofisk 的生产过程进行中间试验模拟。将中间试验模拟模型和用严格的单元操作模型的计算结果以及可以得到的实际操作数据进行对比, 并将一些模拟系数作为输入数据送入模型, 以使此模型能与操作数据相符。

需要使此模型具有足够的工程精确性, 以便能在若干年内根据流率和生产参数的变化预测产量。采用了经过修正的Soave—Redlich—Kwong 公式^[2]计算决定于组分的气—液平衡比率。假设了闪蒸罐在平衡状态下工作, 并使用一些校正系数在不同的点上对模拟过程加以校正, 以使之适用于非平衡状态。例如, 对分离器的校正系数为一些乘数, 并用这些系数修正分离器的温度; 对脱水器和多级分离器则用一些折扣系数加以修正。这些系数是根据大量的逐个塔板的精确分离程序和总体分离程序运行结果而得出的。在这一模型中的 Ekofisk 部分, 要对70个液、气流进行组分和总体平衡。图2是简化的 Ekofisk Center中央生产平台的生产流程。

进行了大量的计算机模拟以确定用不同方法表征 C_7 组分的效果。试验表明, 气、液之间的轻组分平衡会受到 C_7 组分表征方法的明显影响。由于精确计算 Ekofisk Center 中央生产平台的气—液切割比率对这一模型的效用具有重要影响, 因此需要 C_7 组分的比例, 以精确模拟重质组分对轻质组分平衡的影响。采用了非线性回归技术以得出一个试验性的19个组分的

切割比例。它包括了直到 C_{30} 的烷烃和芳香烃,以使北海原油中的 C_7 组分与测得的分子量、比重以及 ASTM D-86 蒸馏曲线相一致。此后,对这一组分切割又作了修正,以便在烷烃和芳烃之外,将烯烃也包括在内。这一 C_7 组分比例成功地模拟了重质组分对轻质组分平衡比率的影响。

使用通用的流程模拟器对水面以上装置的模型进行了满意的中间试验之后,用 Fortran 语言将它写成程序以便在其它程序中加以应用。它既可作为独立的程序供研究工作使用,也可和其它计算机程序结合使用。例如与长期预测模型配合使用,或者作为用于计算机辅助操作的模型的基本组成部分,对油、气性质及流程参数变化时的影响进行预测。

五、产品分配

在生产操作报表工作中采用计算机系统的基本目的之一,是准确地根据油、气组分确定各个油田在向 Emden 的供气 and 向 Teeside 的供油中所占的份额。由于所产的油、气送往不同的市场,而且这7个油田所有者的权益份额也不相同,所以,将所产油、气中的轻质组分精确地按应得的份额分配给各个权益所有者是十分重要的。

一般的做法是用一个设在各个油田生产平台上的单级分离器,将各油田的产出物加以分离(图3)。对分离出的油、气流分别加以计量并输往 Ekofisk Center 中央生产平台的处理设施。有几个油田采用油气混输管线将产出的油气输往中央生产平台。

各个油田的单级分离器不能象 Ekofisk Center 中央生产平台上的分离设施那样,将油、气按组分进行当量计算处理,也不能认为在各个油田分离器处所量出的油、气量将是进入最终油、气输出管线的油、气量。即使这些油、气能够分别全部进入最终的油、气输出管线,但由于目前绝大多数的计量方法和计算图表都无法将含有轻于丙烷组分的原油从井流计量状态转换到其它状态,因此,也难于得出最终的准确计量值。而在 Ekofisk 的综合生产系统中,在生产的早期年代,经各油田分离器输往 Ekofisk Center 中央生产平台的产物中,含有5% (重) 甲烷的情况是经常的。

计算机模拟和研究结果表明,以重量为基础的计量方法比用体积为基础的计量方法能更精确地向各个产品权益拥有者分配产品。经过一些审议之后,Ekofisk Center 中央生产平台的计量采用了这一原则。在 Tuck 的专文中^[3],介绍了 Ekofisk Complex 综合生产系统中所采用的按重量计量流量的方法。在这种方法中,用流量计和物流密度计计量出物流的总重量流率,用各个检测点取样分析的结果可以得出物流的按克分子量以及重量表示的组分切割。在产品管线中各种组分的重量都以同一方式加以表示。这种方法是 GPA (天然气加工者协会) 标准^[4]所规定方法的推广,并在 1973 年被作为一个试用标准而加以采用。虽然这一标准是用于轻烃的,但当较重的原油中所含轻烃组分可以确定时,这一标准也同样可以适用。

“技术信息系统”(TIS)的报表系统,使用由46个计量点所取得的每小时和每天的重量流量数据,以及由人工按每月输入的由各个计量点取样的试验室分析数据,计算出各个油田产物中直至 C_{14} 的各个组分。使用类似的方法,可将总的产品管线中的各组分重量计算出来。在计算中,将生产过程中作为燃料的耗用量、火炬放空以及各种损耗均考虑在内。每一个产品权益拥有者在输入总的油、气管线的物流中所拥有的各种组分的份额比例,是该权益拥有者在各个输入物流中占有的各该组分的总重量除以物流中该组分的总重量。每个产品权

益拥有者在油气管线物流中所应获得的各种组分的份额,为该所有者在输入物流中所拥有的该组份份额比例乘以在油、气产品管线中该组分的总重量。以上讨论的目的仅在于说明用重量作为计量标准的基本原理,并不试图说明处理各产品权益拥有者产品分配问题的详尽办法。

Greater Ekofisk Complex 综合生产系统可能是使用重量代替体积进行物流计量的最大的烃生产装置。使用各组分的重量进行产品分配和解决其它的工程和技术问题,已与具有庞大的数据存取、计算、报表能力的“技术信息系统”(TIS)一起,在这一庞大的操作系统中取得成功。

六、长远期预测

所产油、气的组分随油田不同而有很大差异。为了对Teeside的油流和Emden的气流的重量、体积和组分进行长远期预测,需要建立一个能够对各个油藏的组分特性进行预测,并对Ekofisk Center 中央生产平台分离装置处的油、气切割数量和组分进行精确预测的计算机模型。

使用了前述的模拟水面以上装置的计算机模型,与Phillips公司原有的一个油藏组分物料平衡程序相结合,进行长远期的生产预测。来自各油田的物流中的各组分分量,均由组分物料平衡程序计算出来。加以综合后,输入到模拟水面以上装置的计算机模型中进行所产油、气流中的各组分的重量和体积预测。

对各个油田每月进行一次组分物料平衡计算。在得出组分物料平衡计算结果并按时间加以正确同步后,用长远期预测模型将各油田的生产预测加以综合并输入到模拟水面以上装置的模型中。本文前述的模拟水面以上装置的模型,可以预测出所产物流的油、气切割的重量、体积和组分,并且测报出Teeside的轻烃回收装置处的乙烷、丙烷、异丁烷和正丁烷的数量。所作的是长远期预测,典型的测报期为20年。测报的结果供计划工作使用。

七、结 论

Greater Ekofisk Complex 综合生产系统的庞大和复杂性,决定了需要在综合生产系统中采用计算机。本文述及的计算机程序只是在生产操作中所用程序的一部分。虽然所述及的很多工作都是计算机和工程方面的最新技术,但这些计算机程序都非常成功。数据自动采集与数据编辑和集中程序以及“技术信息系统”(TIS),对需要大量操作和管理报表的Greater Ekofisk Complex综合生产系统来说,是不可缺少的。

参 考 文 献

1. Estes, T.D. and Walker, J.F., "Ekofisk -- A Telecommunications Challenge of the North Sea", Proc. of the 21st Annual Petrol. and Chem. Conference, pp. 171-176 (1974).

2. Hankinson, R.W., Estes, R.C. and Coker, T.A., "Physical Properties from a Modified Scave-Redlich-Kwong Equation of State in a Process System Environment"; Paper presented at 68th Annual AIChE Meeting, Los Angeles, Nov. 1975.

3. Tuck, L., "Mass Measurement at Ekofisk", Petroleum Engineering, V. 47, No. 11, pp 96, 99-100, Oct. 1975.

4. Gas Processors Association, "Method for Converting Natural Gas Liquids and Vapors to Equivalent Liquid Volumes", GPA Publication 8173-81 (1983).

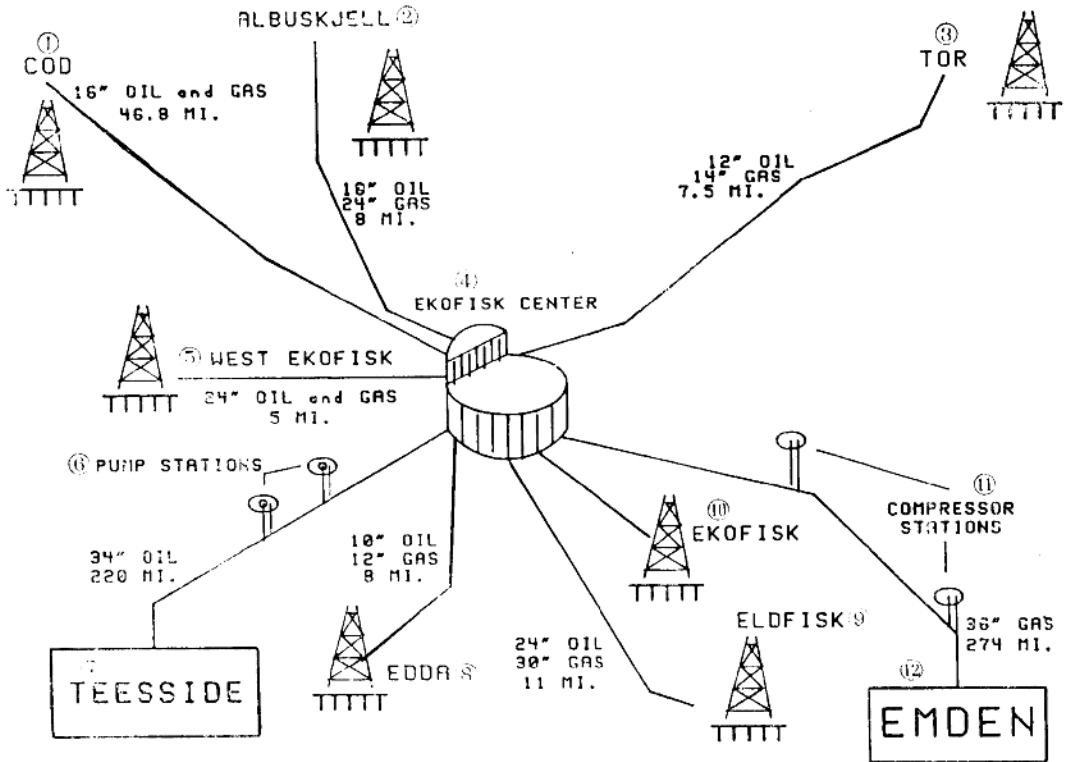


图 1 挪威海区的开发系统

①Cod油田, 16英寸油气混输管线, 长46.8英里; ②Albuskjell油田, 18英寸输油管, 24英寸输气管, 长8英里; ③Tor油田, 12英寸输油管, 14英寸输气管, 长7.5英里; ④Ekofisk Center中央生产平台; ⑤West Ekofisk油田, 24英寸油气混输管线, 长5英里; ⑥泵站; ⑦Teesside终端站, 34英寸输油管, 长220英里; ⑧Edda油田, 10英寸输油管, 12英寸输气管, 长8英里; ⑨Eldfisk油田, 24英寸输油管, 30英寸输气管, 长11英里; ⑩Ekofisk油田; ⑪压缩机组; ⑫Emden终端站, 36英寸输气管, 长274英里

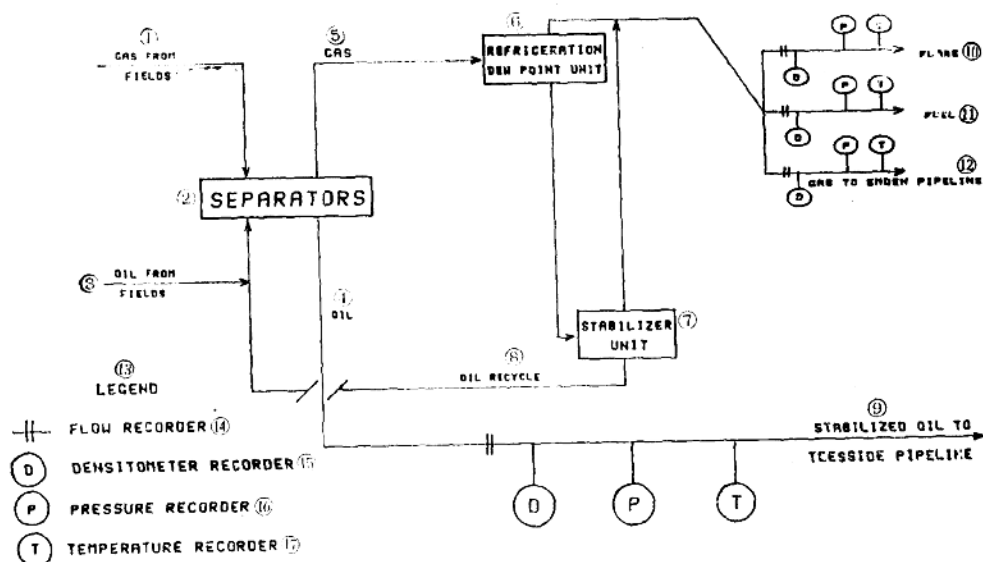


图 2 Ekofisk Center 中央生产平台

①各油田来气；②分离器；③各油田输来的原油；④原油；⑤天然气；⑥冷冻露点装置；⑦稳定器装置；⑧原油再循环；⑨稳定后的原油通往Teeside管线；⑩火炬；⑪燃料；⑫天然气通往Emden管线；⑬图例说明；⑭流量记录器；⑮密度计记录器；⑯压力记录器；⑰温度记录器

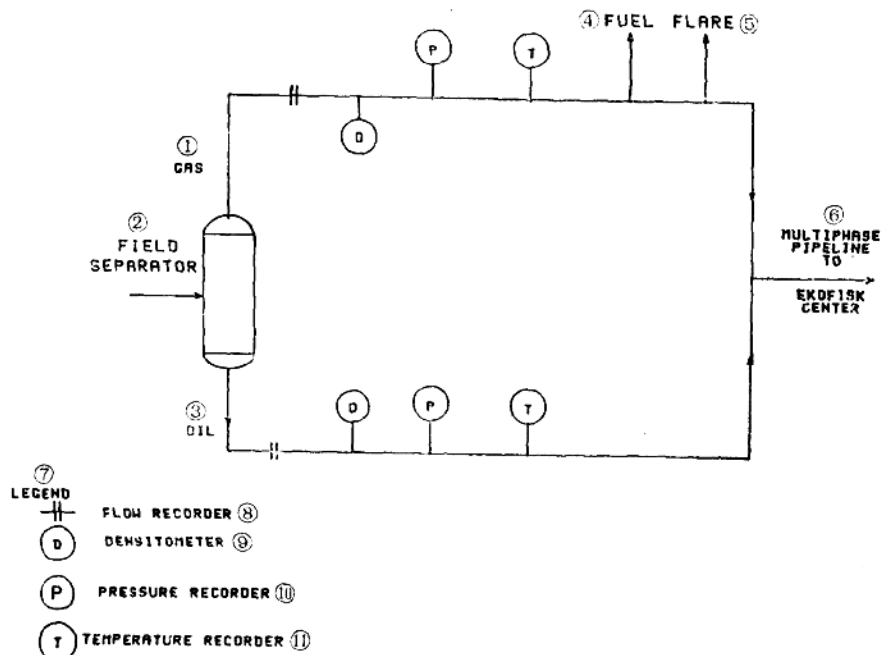


图 3 生产平台的典型数据采集点

①天然气；②油田分离器；③原油；④燃料；⑤火炬；⑥通往Ekofisk Center 中央生产平台的油气混输管线；⑦图例说明；⑧流量记录器；⑨密度计；⑩压力记录器；⑪温度记录器