



为控制单元仿真极端环境条件

# 智能 钻井

在地表下的几千米处，温度高达 200°C，压力高达 1500 巴——这些都是矿物油和天然气储层可能处于的自然条件。由于电子控制器必须在这样的环境中保持稳定可靠的工作状态，因此 Schlumberger 使用 dSPACE 的 MicroLabBox 仿真开发过程中的这些苛刻条件。

# 更

深、更宽和更快，这是开发新的矿物油田和天然气田时的钻井要求。

与此同时，因为易于获取的油气藏已被开采，地质条件变得日益复杂。这对钻井技术提出了更高要求。作为世界领先的油气勘探和生产服务提供商之一，Schlumberger 公司运用创新的钻井技术来开采目前尚未开发的油气藏。该公司大力投资研发，希望提高钻井工具的效率和可靠性。

## 绕行到达目标油气藏

在过去的几十年中，随着旋转导向系统和随钻监测系统等钻井技术的进步，矿物油和天然气不再仅仅通过传统的垂直钻井方法进行开采。定向钻井甚至水平钻井正在得到越来越多的

使用。后两种技术尽管更加复杂，但是可增加产量，并可灵活选取钻井位置。这意味着通常难以获取的油气藏现在可以进行开采。因此，通常一套生产设施便足以开采多口油气井或不同油气藏，大大降低了成本，这对在海上钻井来说尤为如此（图 1）。由于无法在限定的岩层或土层中钻井，只能沿着近乎垂直的坡度进行钻井，这为水平定向钻井（HDD）增加了难度。此外，以小角度截断岩层会导致井眼偏斜以及转向偏差，所以很难钻出井眼。因此，只要钻向出现改变，必须停止钻柱的旋转。为了实现智能钻井，钻头附近布置了多个可调偏置单元（导向执行机构翼肋，图 2）。为了确保钻井方向能按要求进行调整，我们使用了紧密复杂的控制系统。

## 来自地球深处的信息

此外，这些钻井系统可以配备多种模块，用于在钻井过程中收集围岩和流体的各种信息（随钻测井（LWD）），而数年前还只能测定压力和温度等数据（随钻测量（MWD））。为了改进现有钻井技术，Schlumberger 使用了由 dSPACE 工具构成的测试环境，因此可以在实验室中按照与随钻环境相同的温度、压力和入井液条件，开发和优化钻头上导向执行机构翼肋的驱动控制算法。“这个测试平台提供了实时信息，因此工程师能够对持续钻进的轨迹或分区生产测试做出重要决策。” Schlumberger 电动机械和控制系统部门 Mustafa K. Guven 博士说。

&gt;&gt;

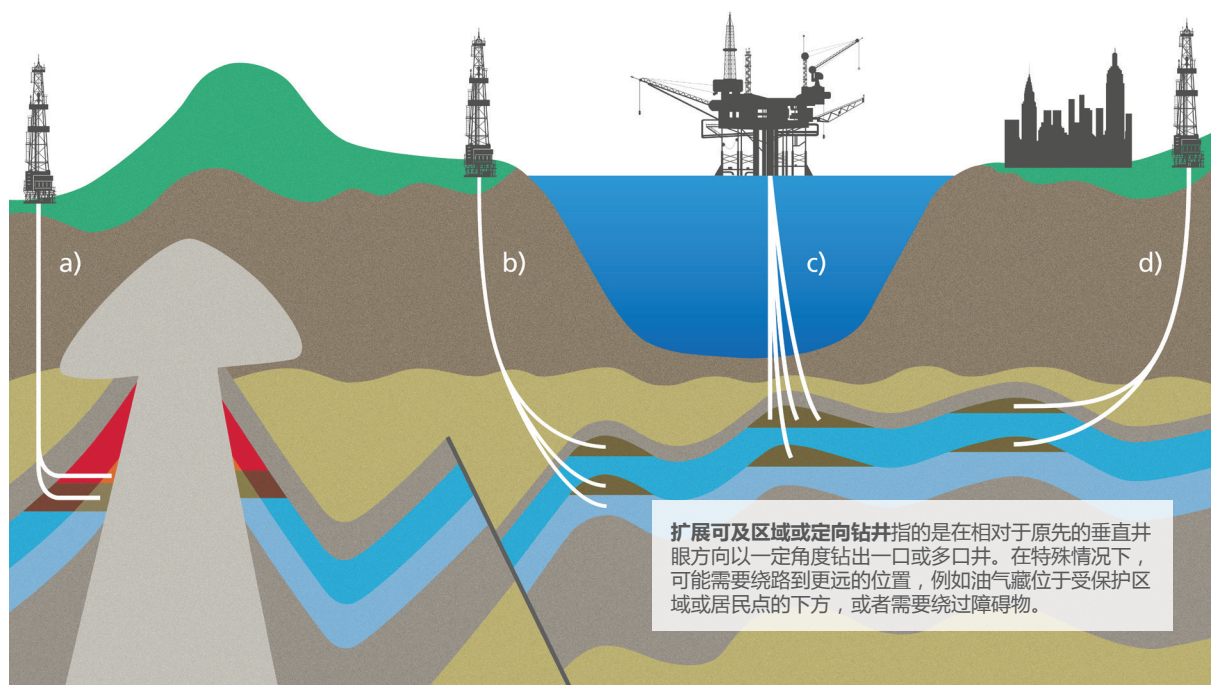


图 1：定向井示例（红色：天然气，深褐色：矿物油）：绕开地质障碍（a）、非生产设施正下方的油气藏开采（a, b, d）、一个井眼开采多个油气藏（a, b, c, d）、一套生产设施开采多口井（c）。



**环境 - 压力、热量和震动**

Guven 继续说：“钻采油气藏的最大挑战之一是其中极端的环境条件。” 钻井采用的电子设备成本很高，然而热量、压力和震动及地质力学应力影响着这些电子设备的耐用性。钻头附近的多个数据采集模块能够实时传输数据，向地面报告其位置和地点，使钻井队能够精确地获取油气藏的位置。因此，这些数据采集模块和电子控制单元 (ECU) 的可靠性至关重要。如果控制单元或传感器在钻井中发生故障，要么导致钻柱必须从井眼中拔出，这样做成本高昂且十分耗时，要么导致数据不准确，无法确保钻井队

准确获取油气藏的位置。最终可能导致多花费数百万美元，甚至钻井计划完全失败。

**油气藏环境中的测试**

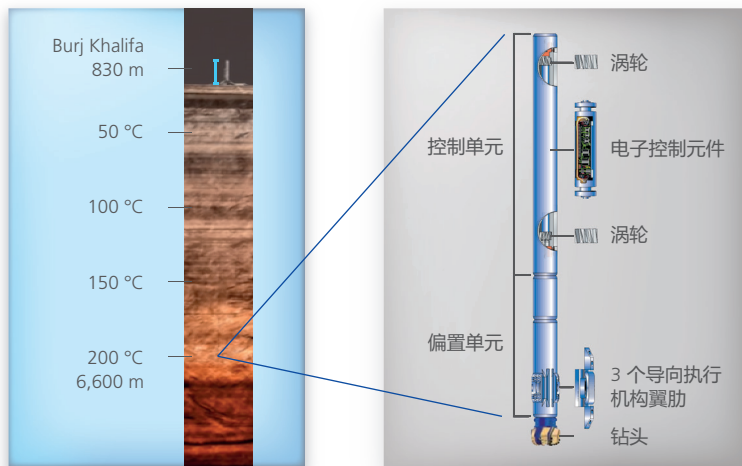
为了节约时间和成本，Schlumberger 使用了失败模式效应分析 (FMEA)、可靠性鉴定测试 (RQT) 和计算机仿真等工程方法。这些方法有助于预测系统、组件和原型的维护需求。Schlumberger 目前正在开发用于实验室的原型驱动系统 D3S (图 3)。D3S 代表“DEMT 开发驱动系统”，其中 DEMT 表示“井下电动机械技术”。驱动系统旨在为单个部件和复杂系统的开发和测试阶段提

供支持。D3S 是一种灵活的驱动系统，搭载最先进的电子硬件。它包含 dSPACE MicroLabBox，可作为快速控制原型 (RCP) 的工具。Guven 解释说：“该系统为测试和优化控制器软件以及实时设置参数提供了一个平台。”

**建立高效的测试平台**

通过建立一个高效的测试平台，Schlumberger 可以同时达成多个目标。该平台可以测定发动机在矿物油藏或天然气藏环境条件下的性能和表现，其中可以评估扭矩、转速和效率等参数。该平台还可测试和评估发动机驱动装置传感器，其生成的算法

图 2：靠近钻头的电子控制元件和控制翼肋所处的位置。



**定向钻井 - 借助 dSPACE 直达目标位置**

**面临的挑战：**

在某些极端的环境条件中，需要使用坚固可靠、能够免维护运行的设备。

**解决方案：**

为控制单元的开发创建一个测试平台，该平台可在实验室中仿真主动钻井过程中油气藏的状况。

**优点：**

可以毫无风险地开发和测试控制单元，也不会产生高昂的拆卸成本。



“由于操作是在地表下方几公里处，所有部件的可靠性显得至关重要，因为每一次故障都会造成数百万美元的损失。dSPACE MicroLabBox 可以仿真很深地方的真实状况甚至恶劣状况，从而支持开发期间控制器的测试和验证。”

美国得克萨斯州糖城市 Schlumberger Ltd. 公司首席工程师 Mustafa K. Guven 博士负责开发用于测试机器和发电机的新工具，并负责将相关的控制算法编写到《电动机械和控制系统》(3MT 项目)。

可用于开发基于模型的控制单元。在 Guven 博士看来，这是为了在电驱动组件可用之前，帮助工程师确保在工具开发的早期阶段执行验证。MicroLabBox 不仅是外围设备（执行器、传感器等）之间主要的通信 I/O 接口，还是执行控制器软件的中央计算单元。dSPACE Real-Time Interface (RTI) 用于实现基于模

型的 I/O 集成，dSPACE ControlDesk 有助于在运行期间访问实时应用程序。

#### 消除测试障碍

在 D3S 驱动系统之前，Schlumberger 没有测试新型机电驱动系统的标准平台。公司也没有明确的优化流程来协调各个任务。此外，只有少数的电子控制

元件可用于创新概念和附加系统的评估和验证。D3S 配有一个 MicroLabBox，帮助 Schlumberger 成功解决了许多难题。D3S 目前正处于开发阶段。此系统一旦通过验证合格，将应用到需要机电驱动系统的项目中。■

由 Schlumberger 有限公司友情授权

图 3：D3S 的系统配置（以 MicroLabBox 作为中央通信系统）。空间定向所用的信号（增量式编码器、霍尔传感器、扭矩传感器和旋变）是数字信号，温度、电压和电流信号是模拟信号。

