



# 第二次国际石油工程会议论文集

2



中国 北京

1986.3

## 目 录

- SPE 14068 在钻井作业和工程设计中利用数据中心和长途通讯技术
- SPE 14069 使用实时数据中心改善钻井效果
- SPE 14072 卫星通讯改变钻井操作和工艺流程
- SPE 14062 用随钻测量资料进行地层评价
- SPE 14118 在阿尔伯达南部地区利用三维地震岩性模拟技术圈定河道储集层
- SPE 14050 电潜泵基本特性概述
- SPE 14114 交联黄原凝胶在实际油田剖面调整中的应用
- SPE 14115 聚丙烯酰胺垂向波及方法改善OK油田扫油效率和采收率
- SPE 14123 在浮式钻井装置上地层测试器试井的应用研究
- SPE 14124 海上采油设备动力学段塞流段塞捕集器的设计
- SPE 14338 水平井生产五年的回顾
- SPE 14126 化学平衡模型在模拟油层注不配伍水研究中的应用
- SPE 14089 岩类学分析在非损害性钻井、完井及增产措施设计中的作用
- SPE 14090 防止酸处理液中有害物的沉淀
- SPE 14093 高温井固砂技术
- SPE 14094 在渤海湾使用高强度微球外加剂改善了水泥性能
- SPE 14095 波特兰水泥及油田用水泥外加剂的分析化学
- SPE 14135 一次注好水泥是否现实
- SPE 14104 美国加利福尼亚州Buena Vista油田轻油蒸汽驱的数值模拟

- SPE 14105 在CO<sub>2</sub>驱设计中应考虑的因素
- SPE 14101 压力导数改善试井分析典型曲线的应用
- SPE 14057 含硫气体的加工处理
- SPE 14054 用于石油勘探与开采策略设计的计算机模拟法
- SPE 14073 在钻井作业中钻头类型和钻井液类型所起的作用
- SPE 14075 聚晶金刚石复合片 (PDC) 钻头的设计与油田扩大应用

# 在钻井作业和工程设计中利用 数据中心和长途通讯技术

R.L.Graff, Tenneco Exploration & Production,  
S.G.Varnado, NL Sperry Sun

徐云英 译

## 摘 要

本文阐述了目前在美国海湾地区使用的一种钻井数据收集和遥测系统。该系统可供20台钻机进行实时监测,在井场收集钻井数据,并通过微波或卫星遥测网络传输到陆上的中心办公室。数据收集装置是先进的计算机控制的泥浆录井设备,它能记录200个以上与钻井系统有关的地面参数。各参数的数据在数据中心的设备上实时在图形显示器上进行显示。各参数的数据可在办公室内连续分析,并通过辅助监视用来使钻井作业更安全,使用钻井工程设计模式进行数据处理和解释可改进钻井作业管理。通过使用这种系统已经降低了钻井费用。例如,连续的进行监视已经使时间节省达到1.5天/月/台钻机。本文将说明在中心办公室的设备上进行的数据处理和操作,从而进一步定量地阐明费用的节约。

## 引 言

在七十年代末和八十年代初,墨西哥湾地区的钻井费用随着效率的降低急剧上升。Tenneco公司(墨西哥湾的一家主要作业者)决定要发展一种可扩展的钻井数据库以改进钻井效率,从而改善其年度钻井预算的成本效果。实时数据系统是为了实现这个目标所选定的主要工具。

Tenneco公司在墨西哥湾美国的水域内拥有124座生产平台,年作业钻机数6—12台。通过实时钻井系统提供的数据有助于在墨西哥湾实现安全而有效的钻井作业。这种系统已经证明以每台钻机为基础的成本效果。从该系统获得的数据已经用于实时应用、办公室的各项功能和工作特性评价。该系统是NL集团Baroid Logging Systems (BLS)公司研制成功的,能处理多至20台钻机的作业。计算机系统是1983年9月开始出现的。

## 方 法

通过墨西哥湾大量的井收集的数据的功能已经形成了一个有用的、多种目的的数据库。能够在钻机时间利用、钻井工作特性、钻井各参数、起下钻、注水泥、循环和有关的钻机活

动诸领域内进行详细的分析和对比。除此之外，数据库对详细地进行钻井研究提供了大量的资料，并可从这些研究结果验证模式。

在井场能够通过许多不同的方法来收集钻井数据。对这种实时系统，决定利用现有的计算机化的由人操纵的泥浆录井装置，因此不需要研制一种新的钻井资料收集系统。为进行数据处理、储存和显示，一般采用微波通讯从井场把数据传输到中央数据中心（CSDC）。CSDC位于路易斯安那州Lafayette的Tenneco海上分部办公室。显示的数据在打印机上打出、画图和荧光屏上显示，显示的数据和图形供钻井工程师和地质师使用。图1表示数据如何传输的一个例子。开始在井场通过各种钻井传感器获得数据，传感器的读数经过转换成电信号传输到计算机处理的泥浆录井装置。目前，有八家泥浆录井装置出售商已将其软件编成能适用于实时钻井系统。以每日24小时为基础，现在的系统每15秒可传输多达352个参数。图2表示通常使用的某些钻井参数。

实时数据可根据作业要求以每1英尺为基础存档或者按选定的时间间隔存档。而过去，用普通的泥浆录井装置记录的钻井数据一般是以5英尺为基础存档的。这种以1英尺为间隔的优点是，它可以更详细地分析钻井趋势和情况，也就是扭矩、钻速等。另一个优点是，在关键性的作业过程中，例如地层流体侵入并眼（井涌），实时系统通过整个压井作业以连续的时间为基础储存的数据可供详细分析压井作业和与井涌情况有关的全部过程。

## 通 讯

实时系统的工作要求有一个可靠的通讯网络，生产平台上现有的微波系统用来为此服务。在井场安装可移动的微波系统使钻井数据与现有的微波系统相连，这就允许各台钻机可连到已被证明是低成本的、联机效率为95%的微波系统上。在微波有效范围之外的各遥远地区，利用正常运行效率接近100%的“C”波段卫星系统。在墨西哥湾卫星通讯费用已经降到与普通微波装置相当的水平。当在遥远地区钻井时，卫星传输系统比微波系统有更好的成本效果。

普通的数据通讯是通过一台2400波特—4通道—4导线调制—解调装置来查错。而现在只用一个通道作数据传输。因而有能力从海上系统连到中央系统三种不同的装置上，例如荧光屏显示、绘图仪和打印机。如果通讯发生中断，那么为了防止数据丢失，在井场安装了数据缓冲寄存器，以便储存逐英尺钻井数据。不同的泥浆录井销售商全都利用同样类型的调制—解调器和数据缓冲寄存器。

## 硬 件

该系统的硬件（见图3）包括一台主机，它查询远处各钻机，处理输入的数据，把它储存在132兆字节的硬盘上，并在检验报警状态时显示数据。主机也可处理有关作业者要求的应用程序。在Zeta 8笔绘图仪上作图，在一台HP激光打印机上印出。遥控荧光屏安装在钻井总监或地质师的办公室里，它有选取数据的能力，有彩色图象供利用。在数据中心的显示荧光屏安装在架上，易于接收和最便于修改。所利用的全部硬件有现货供应。

## 实时应用

有经验的 Baroid Logging Systems 的人员24小时操纵中央数据中心。起初，实时数据系统用来作为辅助监视以监控钻井参数。为了改进这种辅助监视，把一种综合警报系统和中央数据中心相结合以对可能发生问题的情况报警。图4给出了例子。主要的警报是井涌指示，但是钻井参数，例如扭矩、泵压和钻压也可监视。对所监视的各种钻井参数警报既可指示变化的大小又可指示变化率。当某项参数进入警报状态时，在CSDC的荧光屏上显示目视警报，打印出警报信息，并发出可听得见的嘟嘟声。在总监办公室里的遥控荧光屏也显示警报并有声音指示。

由于该系统效率提高，在井场人员方面有些不愿接受这个系统。这是因为担心在井场钻井工程师发觉问题之前，办公室的人员会对可能发生的复杂情况提出意见。这些担心要通过井场和中央数据中心的人员采取仔细地规定通讯程序来消除。基本上，在中央数据中心发现的问题要首先与井场泥浆录井人员讨论。只有在与泥浆录井人员不能取得联系时才与井场钻井工程师联系。只有在井队人员已经报告之后，才与办公室人员进行讨论。目前，这个系统工作得很好，没有发生任何与该系统有关的通讯问题。

### 井涌监视

基本的钻井功能是对钻井参数制定监视和警报，例如钻速、泥浆流量、天然气气量和泥浆池体积，这样，就可对可能发生井涌的情况提供一种探测手段。1985年4月有一个该系统辅助安全方面的例子。在井场上，泥浆录井人员在泥浆录井设备外面正在修理传感器，中央数据中心的人员检测到可能发生井涌的情况，由于不能和泥浆录井人员取得联系，就和井场钻井工程师相联系，在观察了数据之后，他关了井以便控制井涌。

如果记录了井涌，一个专门的图解程序（图5）能显示预计的阻流嘴压力和钻杆压力表，这个程序执行得很快，因为井眼几何形状、泵排量和有关的参数已经储存在该系统中。这个系统使办公室人员能帮助井场钻井工程师。通常，公司的井场人员忙于从事操作阻流管汇和配合整个井场工作，而办公室人员能分析趋势，并提出建议。

最近已经产生了油田和办公室合作的若干个例子。第一个是，在一次压井作业过程中喷嘴堵塞，中央数据中心和办公室人员能帮助井场钻井工程师迅速判断这个问题。另一个例子是，在阻流管汇上的钻杆压力传感器失效，井场钻井工程师因而使回压保持过高。实时数据系统靠各个传感器的工作检测到过压的情况，这个信息传送到井场，更换了出故障的传感器，并成功地压住了这口井。

### 起下钻监视

起下钻监视是中央数据中心的一项重要功能。因为墨西哥湾地层具有很高的渗透率，由于起下钻柱引起压力激动和抽汲，很容易发生井涌。实时数据系统在起下钻时能产生一个图形显示（图6），而一种后备程序可用来计算钻杆灌泥浆量。如果灌泥浆量不当则发出警报，也监视每个立根过载的情况。

## 冲蚀和限制

系统的另一个功能是监视冲蚀或限制。应用程序在背景资料情况下运算,根据泥浆比重、流量、钻杆尺寸等计算出系统预计的压力降。用这个值与测量的立管压力相比较。计算与观察值之比(C/O)的任何偏差表明可能存在问题。能确定警报级来自动地监视这个比值。图7表示在CSDC中利用这个数据,它能用来识别冲蚀的状况。C/O的比值增加是主要的指示。在这个例子中冲蚀的原因井队不是立刻察觉的,是在认真检查钻柱之后,最后才找出来的。该系统不能防止冲蚀,但是它设计成可限制冲蚀对钻井作业的影响。

## 办公室配套功能

### 地质应用

实时数据系统用于地质目的近来已经增加。利用在地质师办公室内的遥控荧光屏,他们能够选择下套管和取岩心位置,实时监视地层孔隙压力的变化趋势。该系统能使地质办公室的专业知识在井场不需要井场地质师的情况下得到应用。此外,若干个室内“专家”能看同样的数据以有助于解决任何可能产生的解释问题。为帮助地质师解释,还能传输额外增加的参数。这些参数包括连续火焰电离层分析读数(Continuous flame ionization chromatograph readings)、岩性和页岩阳离子交换能力。

实时数据系统已证实对邻井和电测资料对比是有益的。例如,在正常的海湾地区钻井情况下,钻速是砂岩和页岩层序的一个很好的指示,并能从泥浆录井曲线做出真垂直深度图。而在Mustang Island地区近来用涡轮钻具和金刚石钻头钻井证明了偏离正常的特性。这使测井解释困难。实时数据系统用来作地面扭矩对井深的曲线图。地面扭矩数据和邻井的电测曲线对比得很好。根据扭矩数据,选择了取心位置,因而节省了一次测井。

随钻测量系统(它通过泥浆脉冲把井下数据传送到地面用来作地层评价)的应用不断增加,并已经结合到该系统中。实时数据系统为地质师在钻进过程中同时观看随钻测量的地层资料(电阻率和伽马射线)提供了一个手段<sup>[2]</sup>。这些数据通常是在泥浆侵入地层之前得到的,在许多情况下,能取消下电缆测井的需要。图8是实时伽马射线和电阻率测井的一个例子,它是在钻井作业过程中,在钻头附近测量的数据,通过泥浆脉冲遥测传输到地面,与实时数据系统相结合,然后输送到中央数据中心而成的。这样结合有助于地质师当井正在钻进时在他的办公室里从远处终端选定下套管和取岩心的位置。

### 钻井工程

在钻井总监本人的办公室内用遥控荧光屏给钻井总监提供实时数据。除了日常显示常规钻井参数外,总监能在彩色监视器上观看起下钻或井涌图象。其他的显示能通过计算机得到实时的或按需要计算出的水力参数,例如钻头水马力或当量循环密度。

除此之外,为了扩大对泥浆系统的监视,测量水的耗量和漏斗粘度,将其传输到中央数据中心,和通常测的泥浆录井数据组合在一起。测量水耗量在决定泥浆的化学组分以避免过量使用化学剂方面、在评价固相控制问题以及确定为井所配制的总泥浆量方面是很重要的。漏

斗粘度的差别已经证明，一种很好的指示是可能存在有CO<sub>2</sub>问题。

连续的实时数据与一天一次的早晨报告相比更有利于较有经验的办公室人员，不仅有助于工程师对有关的钻井问题做出某些决定，而且能在潜在的问题变得严重之前就探测到任何可能发生的问题。这种监视每口井的能力还有一个好处是，减少了给井队的电话，允许钻井工程师可集中精力在井上。应注意保证这个系统不受指责，而是提高作业的效率。

这个系统也能从商业服务部门取得气候资料。通过直接的计算机网络，来得到最新的雷达地图、天气预报和飞行条件的资料。这可证明在安排后勤供应和监视恶劣的气候条件是有利的。

## 钻井作业和最优化

由于实时数据系统执行数据采集功能，钻井工程师能集中精力分析数据以改进并使钻井工作最优化。通过利用计算机作图表和比较，并通过利用脱机模式可加速数据的分析。

图9是对已钻的井分析所使用的钻头费用图的一个例子。这种图是靠实时数据系统收集的数据而作出的。钻井作业完成之后，提出表明钻头工作井段的数据和在该井段平均每英尺的费用。然后用这个数据来准备下一口井的设计。

上述的想法可扩大应用于井对井的费用对比。图10是在相同深度的井段、在相同的一个区块内所钻的三口不同井的一个费用例子。注意当钻进时若发现钻井时间减少，这说明已较好地掌握与新地区钻井有关的曲线图表。利用在中央数据中心的钻井数据库能加速掌握，并使得在平台的寿命期内大大地降低井的费用。

最后，脱机钻井模式能和实时数据一起利用来使钻井过程最优化。通常使用的模式，如水力最优化和D指数，能用来指导选择钻井参数。在岩石力学领域内也正在研究新的钻井模式。为了实现钻井最优化，某些模式是利用从试钻法得到的实时数据，提供钻压和转速等的推荐值<sup>(3)</sup>。利用实时数据与脱机模式可直接比较实际的和设计的工作特性。

## 承包商工作评价

实时数据的脱机应用已证明是有益的。自从1983年中以来对联入系统的各钻机上的承包商工作进行了监视。过去，测量总的起下钻时间作为钻井工作的一个指标已经证明是违背生产的。这是因为钻井队为了使起下钻时间低，必须尽可能快地起下钻杆，因而在他们追求总起下钻时间低的情况下引起井涌或井漏。所以，在这个系统中决定只监视为起下钻或接钻杆而花费在卡瓦上的时间。花费在卡瓦上的时间主要是受井队工作影响的，是承包商考虑控制的时间<sup>(4)</sup>。天气的影响，以及其他特殊情况，例如钻柱潮湿，在上卸时间上要加注明并说明原因。

由于有些钻机有动力水龙头，可连接93英尺（28.5米）的立根，而普通是31英尺（9.5米）的，对接钻杆需要特殊考虑。为了对此作校正，钻杆连接以每英尺的秒数为基础，连接的长度被拆卸时间除。起下连接以每次连接的秒数为基础。一旦监视开始，在起下钻和接钻杆两方面实现了下降的趋势，如图11和12所示。钻井工作的资料以一个正式的月报为基础反馈给井队。由于每台钻机一般每月要做几千次连接钻杆，节省的时间稍微增加一点能导致整个时间很



大的节省。在有些钻机上依靠主动积极性，时间的节省已达到了每月 $1\frac{1}{2}$ 天。另一个好处是，在连接过程中钻杆卡钻的机会较少，因为压差卡钻是与钻杆静止不动的时间多长有关。

进行监视的其他参数包括防喷器短节上卸时间。在将来，附加的钻井工作指示将会合并到该系统中去。这方面的工作标准正处在为承包商建立的过程中，这些工作标准将用来提高钻机的效率，并也有助于将来钻机的选择。必须谨慎不要把标准建立在靠井队牺牲安全或损害设备的水平上。

## 钻机时间利用

由于首次保持以小时记录钻机工作，已经做了对钻井工作的时间分析评价。数据中心很容易执行同样的功能，并具有一个重要的外加特性——实际钻头在井底的钻井时间（图13）。钻井时间包括接钻杆时间、在连接前后花费在循环上的时间、其他有关的活动，而最重要的是实际“钻头在井底的时间”。这个时间所以重要是因为只有当钻头在井底的这段时间钻头才有进尺，在井上它一般只占总时间的20%。利用计算机分析数据已证明是有价值的，在计算机中可分析专门的井段，并对不同的作业建立目标。给出的图是一个区的工作图，所示数据是在1985年中一个月内在该系统的所有钻机上取得的。这个图可确定最花费时间的工作，它表明那个领域应该集中精力以降低费用。

## 结 论

至今，实时数据系统已经表明在节省费用上是一种有效的工具，辅助监视安全方面的实际货币价值是难以估价的。在避免事故造成花费和提高钻井工作性能上已经证明是有效的。该系统在执行实时功能方面已证实具有较高的可靠性。在钻机效率和工作性能的领域中已经实现了意料不到的好处，认为单是这一方面就能有效地证明这个系统的价值。为了改进钻井作业及计划，钻井特性曲线和最优化设计的应用正随着数据库的扩大在不断地增加。现在的钻井环境要求对花在钻井上的每个美元能获得最大的价值，这个系统是有效地用来降低费用的工具之一。

## 参 考 文 献

<sup>1</sup>Issacs, W. R. and Bobo, J. E., "Design Impact of a Real Time Drilling Data Center", SPE 13109, 59th Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, September 16-19, 1984.

<sup>2</sup>True, W. R., "Data System Tightens Tenneco Gulf Operations", *Oil and Gas Journal*, September 10, 1984, ppgs. 170-179.

<sup>3</sup>Gault, A. D., "Measurement of Drilling Properties", SPE 13444, 1985 SPE/IADC Drilling Conference, New Orleans, March 6-8, 1985.

<sup>4</sup>Bahram, S., Miller, J. and Strong, R., "A Practical Method for Evaluating Rig Performance", SPE 11364, 1983 IADC/SPE Drilling Conference, New Orleans, Feb. 20-23.

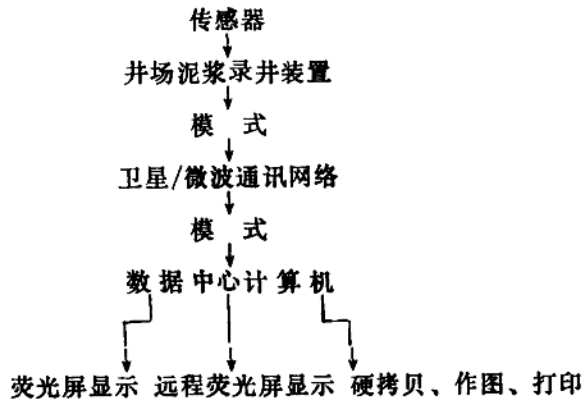


图 1 实时数据传输流程

钻压	泥浆比重 (进口和出口)	泥浆池容量
井深	泥浆温度 (进口和出口)	气体单位含量
钻速	泥浆流量 (进口和出口)	电导率 (进口和出口)
扭矩	泵压	钻头离井底
	节流嘴压力	

图 2 通常使用的钻井参数

计算机:

1-HP 1000, 900系列

1-HP 1000, 600系列

荧光屏显示器:

6-HP 2627彩色图象监视器

16-遥视910, BW终端

2-HP 2621, BW系统终端

磁盘:

2-132兆字节硬盘

磁带:

4-HP 7970E磁带

绘图仪:

2-Nicolet Zeta 8笔绘图仪

打印机:

1-HP 1200激光打印机

4-EPSON打印机

调制-解调仪

12-分微米5000

10-分微米8000

图 3 基础数据中心的硬件

参数	低		高	
	下限	低限	高限	高限
流出	-100	-50	800	150
流入	-1.0	-0.5	1000	150
流量偏差	-50	-10	100	50
节流嘴压力	-5	-1	10	1
立管压力	-1	0	3500	430
扭矩	-1	0	800	100
池体积变化	-30	0	30	
钻压 (1000)	-1	0	30	
钻速	-1	0	35	
天然气	-1	0	100	15

图 4 警报

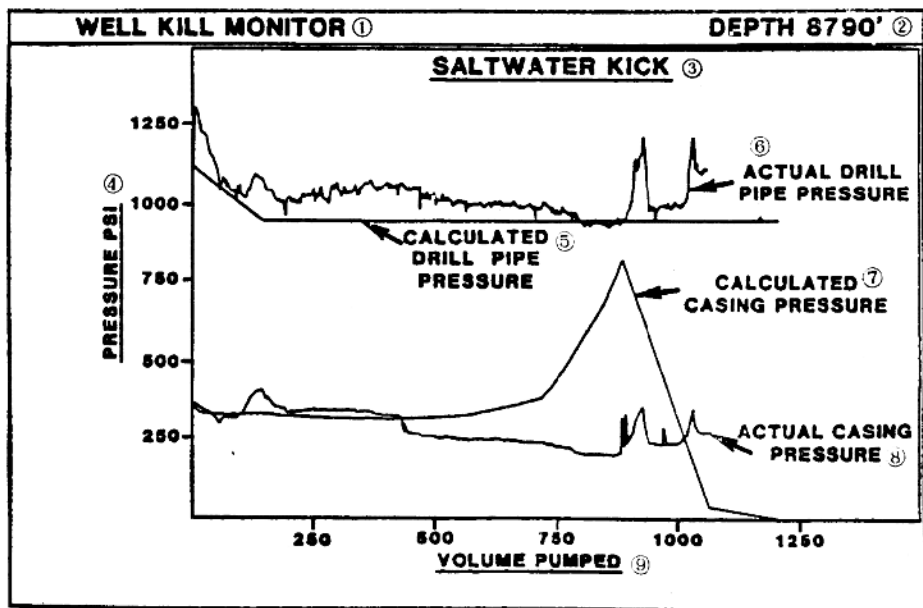


图 5 压力监视

- ①压井监视；②井深8790英尺；③盐水发生井涌；④压力，磅/平方英寸；⑤计算的钻杆压力；  
⑥实际的钻杆压力；⑦计算的套管压力；⑧实际的套管压力；⑨排量

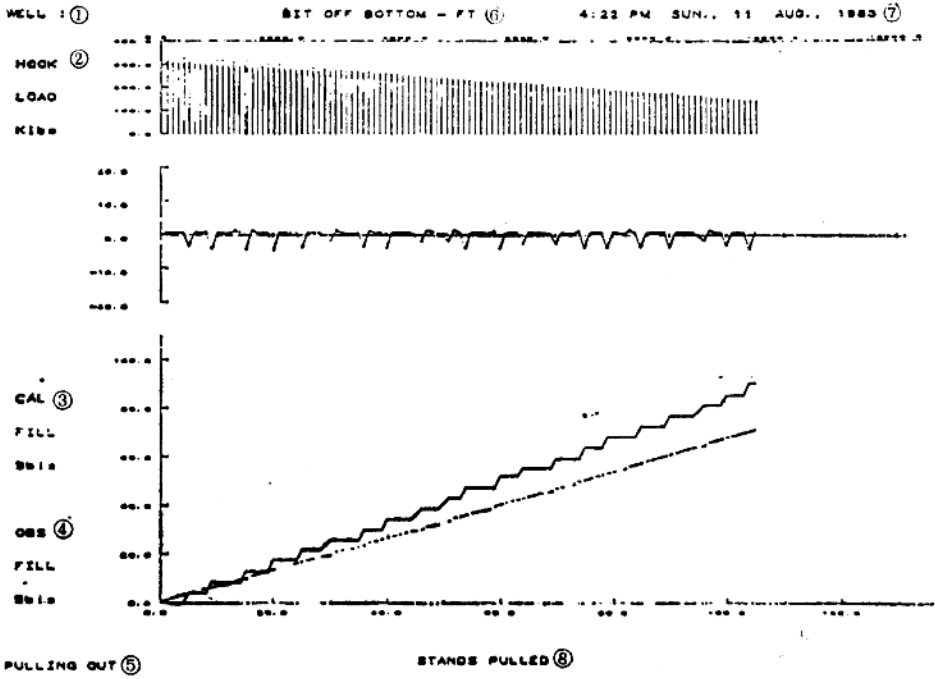


图 6 钻头提高井底

①井；②大钩载荷，千磅；③计算的灌泥浆量，桶；④观察灌泥浆量，桶；⑤起出；  
⑥钻头提高井底，英尺；⑦1985年8月11日，星期日，下午4:22；⑧起出的立根

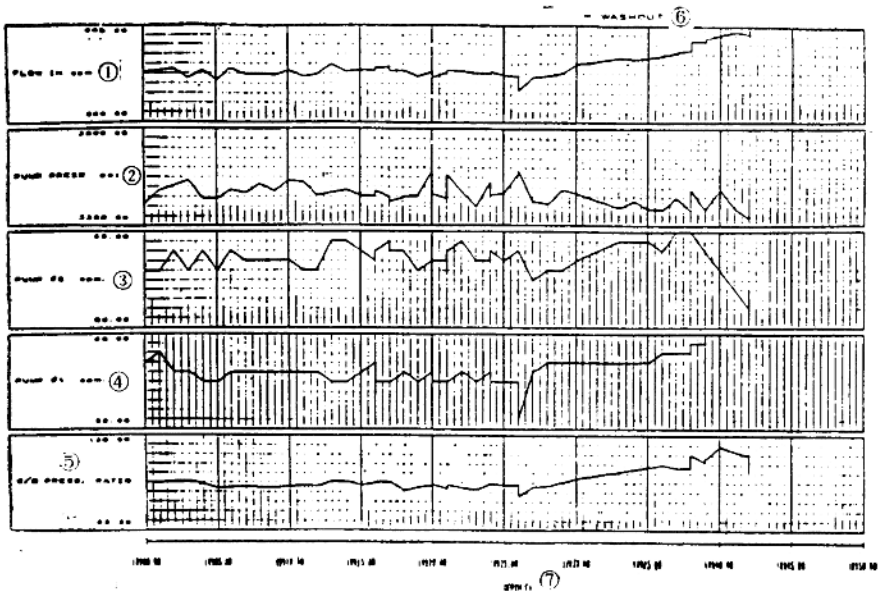


图 7 冲蚀

①流入，加仑/分；②泵压，磅/平方英寸；③泵排量，加仑/分；④同③；⑤C/O压力比；⑥冲蚀；⑦井深，英尺

DRILL RATE AVG ①	0	MFT GAMA ⑤	130	RESISTIVITY ⑥	2.00
300 feet/hr ②	0	20.0	0	RESISTIVITY ⑥	10.0
TOTAL GAS ③	0		0		
100 units ④	0		0		

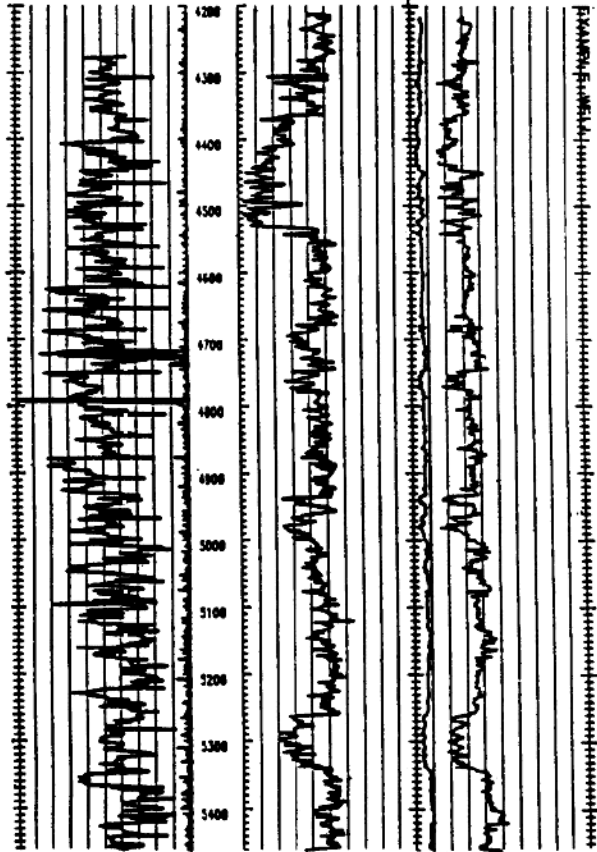


图 8 平均钻速

①平均钻速；②300英尺/小时；③总天然气量；④100单位；⑤伽马；⑥电阻率

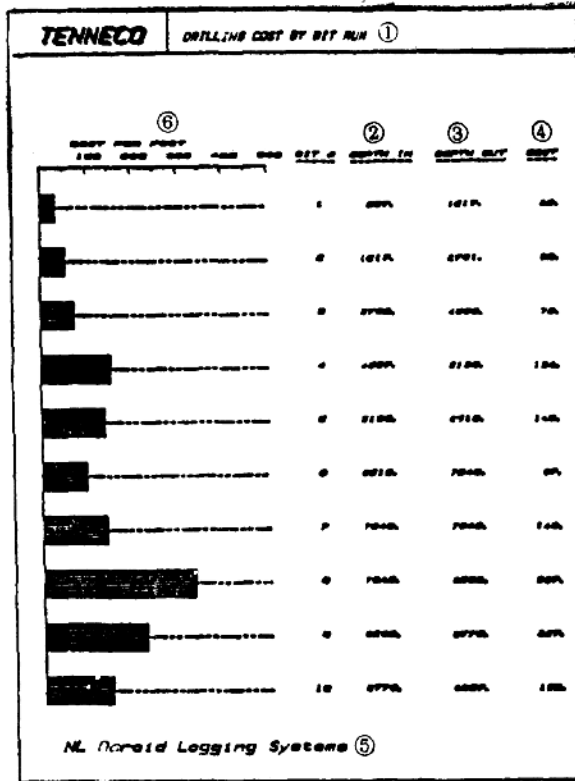


图 9 下井钻头的钻井费用

①所下钻头的钻井费用；②下入深度；③起出深度；④费用；  
⑤NL Baroid录井系统；⑥每英尺费用

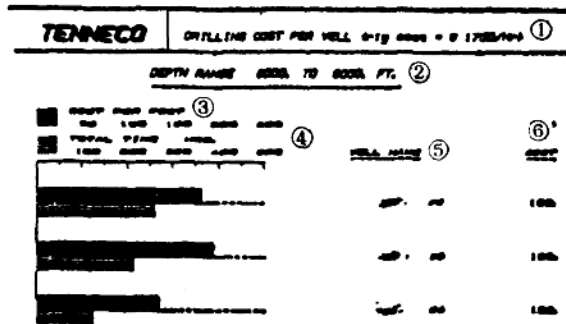


图 10 每口井的钻井费用

①每口井的钻井费用(钻机费用=1750美元/小时)；②井深范围，  
8000—9000英尺；③每英尺费用；④总时间；⑤井号；⑥费用

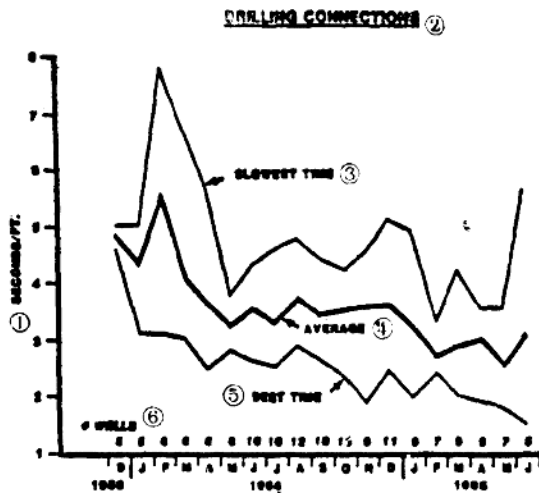


图 11 接单根时间

①接钻杆，秒/英尺；②接钻杆；③最慢时间；  
④平均时间；⑤最佳时间；⑥井

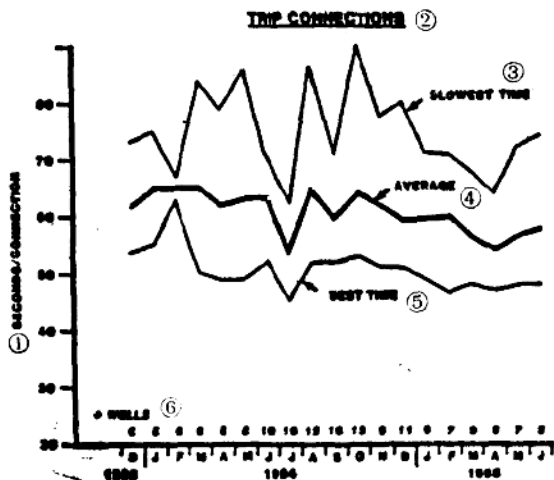


图 12 起下钻时间

①接钻杆，秒/次；②起下钻连接钻杆；③最慢时间；  
④平均时间；⑤最佳时间；⑥井

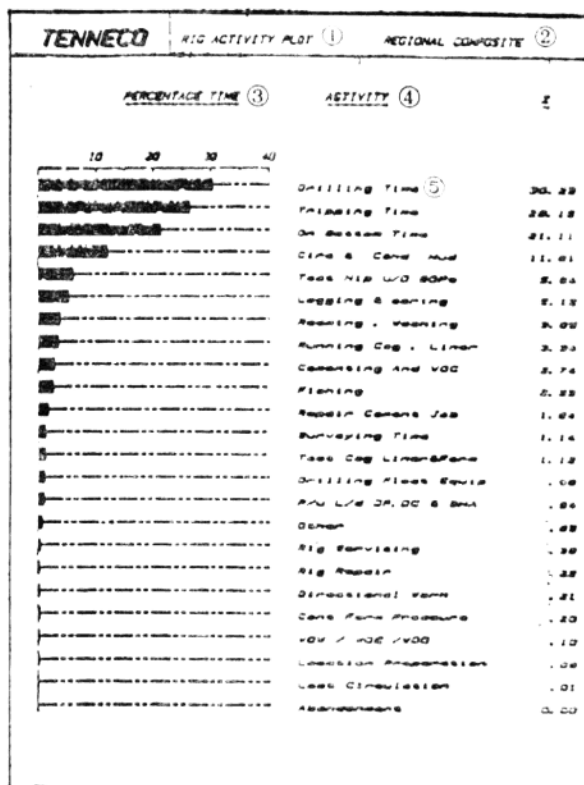


图 13 钻机工作图

①钻机工作图；②地区综合材料；③时间百分比；  
④工作；⑤钻井时间、起下钻时间、……、循环  
泥浆时间、拆卸防喷器短节、……、扩眼、下套  
管和尾管、注水泥和候凝、打捞、水泥修补作业、  
测量时间、……\*

\* 图注说明因原文不清楚，难以辨清。——编注