

713/531-4080

H. Roice Nelson, Jr.  
Senior Vice President

**LANDMARK**

GRAPHICS CORPORATION

Telex 750203 LNDMARK HOU UD

1011 Highway 6 South  
Suite 120  
Houston, Texas 77077  
USA

**記程碑**

製圖藝術公司

區·小羅依斯·納爾遜  
資深副總裁

美國·德州·休士頓 77077  
六號公路南1011號第120室  
電話: 713 / 531-4080  
電傳: 750203 LNDMARK  
HOU UD

石頭標誌有限公司

9—  
1984

石頭標誌有限公司

# 油气勘探译丛

YOU QI KAN TAN YICONG

Fan Wei Cui  
范伟翠  
1985.4.15.



石油部科学技术情报研究所



# 油气勘探译丛

第一期

双月刊

1984年1月25日

## 目 录

找油的哲学.....	(1)
地质	
世界原油储量及资源的分布和数量评价.....	(5)
世界沉积盆地和巨型油气聚集.....	(12)
估算烃类聚集与逸散的概念.....	(28)
油气地质概念基础的完善化问题——以“油气聚集带”的概念为例.....	(37)
地球物理	
地球物理勘探技术的发展方向.....	(42)
大西洋陆缘乔治滩海槽内特强振幅地震异常.....	(47)
怎样校正地震数据以改进地震波阻抗测井记录.....	(54)
测井	
测井与测井解释的进展.....	(60)
双孔隙系统的研究.....	(65)
在孟买高油田岩心和测井的综合分析研究.....	(69)
水泥环和套管间微间隙的声波检测.....	(73)
科技动态	
不受温度影响的井下压力探测器.....	(封四)
石油公司在大西洋海岸外的深水钻井.....	(75)
地质术语解释.....	(76)
新书介绍	
《地层倾角测井与实用地质学》.....	(64)

## 下期要目预告

北美逆掩断层带内石油的生成

落基山前陆区前寒武系冲断带下的油气展望冲断层系统

用三维测量评价特立尼达近海油气田

使用水平地震切片识别隐蔽圈闭

利用双侧向测井资料确定Twin Creek灰岩地层裂缝的流体类型

利用地层温度评价油气的分布和聚集

# 地球物理勘探技术的发展方向

H. Roice Nelson

范伟粹 译

本文综合评述了勘探地球物理学中目前正在使用的新技术，概述了新的数据采集方法、处理技术的改进、人机联作解释技术以及未来地球物理勘探人员的培训等问题。此外，还概述了地球物理勘探新设备和新的勘探方法的发展趋向。勘探工作者长期面临的许多问题将在八十年代获得解决。根据石油和天然气的经济利益的需要，正在不断地采用价格极其昂贵的勘探技术设备。

## 一、野外数据采集技术

### (一)微型计算机<sup>①</sup>

预料微型计算机将成为野外地震队的重要辅助工具。操作员利用微型计算机加上一台打印机可以打印维修计划、小队停工和假日记录以及仪器班表等；测量员用它来检查、打印和存储测量记录；地球物理质量检查人员用来作工区的噪音变化曲线，根据此曲线可提出最佳的野外采集布置方案。这种微型计算机已在一家石油公司的一个地震队使用，并将推广应用到该公司的其他地震队。这将不是遥远的事。

### (二)测量工作的改进

近年来，测量技术已取得不少的进步，预料不久的将来将要出现新的、精确的测量技术。

在海上地震队中卫星定位技术已普遍使用，而且由于有了更多的通讯卫星、海上定位变得更为精确和容易了。轻便的 Magnavox 卫星定位站可以精确地定位。如美国怀俄明州地区上空在不到 4 天内就有 40 多个卫星通过，使

卫星定位的精度很高，经纬度的精度在 3 米以内和高程精度在 0.1 米以内。从已知点接出一个 200 英里内的新点位，其水平精度可达  $\pm 1$  米，垂直精度  $\pm 3$  米。

在陆上测量中业已使用新型的电子测量设备，这种电子测量设备的精度每 1.6 公里误差不超过 1 厘米。倾斜度误差每 1.6 公里不超过 30 厘米。如果测量员操作细心，那末测量精度还可以提高。目前已使用的发光二极管显示易于读数，且不受测量员变动的影响。

长期以来地球物理勘探人员就梦想着一种自动定位的检波器，目前已研制了若干种测链（内中充满液体）。将这种测链沿测线布置在炮点之间，可记录下各跑点的高程差。同时还在发展一种新型仪器，它是利用三角交会法确定面积组合阵内的每一个检波器的位置。

### (三)震源—检波器的改进

#### 震源

七十年代以来地震震源有显著的改进。纵波可控震源已成为常规的数据采集设备。在大多数情况下可控震源队的生产率要比打井放炮队的生产率要高。振动器也有了改进，振动器本身虽愈来愈大，但它变得更加灵活和可靠了。另一种新技术是在同一炮点改变振动器的提升频率，以提高信噪比。有些记录系统允许在记录后将不同震源子波（与每一次提升的输入频率范围有关）与之相关。这种实时相关器可以大大减少存储在磁带上的数据量。

横波振动器在七十年代末投入生产使用。这种振动器在其底板上装了四角锥体，插入地下与地耦合。底板向左右来回振动产生横波。

<sup>①</sup>本段为编译——编者

除此而外，正在生产性试用一些新震源，从不产生气泡的蒸气枪到轻便的陆上震源（包括适用于浅层勘探的小型轻便震源）。在机动车辆进不去的地区使用直升飞机运送轻便钻机，以打浅炮井，地面炸药或压缩炸药也日益广泛地得到应用。在环境要求严格的地区，如美国佛罗里达州埃弗格莱兹地区，正在计划使用海上应用的振动震源。

除发展新型震源外，还对传统的震源进行研究。只有了解了“震源性质”，才有可能定出最佳的激发方式，扩大进入边远地区的可能性和减小对环境的损坏。

#### 检波器

近年来地震检波器也有新的发展。在横波勘探中要求将检波器沿轴向布置，以记录地震波。除横波检波器外，还将发展和利用三分量检波器。目前三分量检波器是用于井下记录，或垂直地震剖面。陆上检波器的进一步发展是研制自动定位检波器。海上压敏检波器电缆的功能与之较为接近。这种电缆利用定深器来控制电缆深度和漂移。

#### （四）记录技术的进展

电讯工业的迅速发展引起了地球物理记录设备的发展。新的记录设备道数更多，采样率更高。目前正在野外工作的多道地震队一次记录已达1024道，再过几年，预料道数将会扩展到4096道。但他们记录的仅是符号位，即0或1。另外出现的几种多道地震队，他们将16位数据记录在一只4道遥控存储箱内。不过记录的形式各不相同：有的是将16位数据记录在盒式磁带上；有的用有线遥测法，将数据送到仪器车。随着卫星通讯技术的发展有朝一日数据将直接从野外输送到中央处理中心。

发展更快、更小和更便宜的存储器不仅影响记录道，而且也影响采样率。1毫秒（或小于1毫秒）采样率的高分辨率勘探已日益普遍。

泡磁存储器的采用有可能使目前使用的地震组合记录仪（4道遥控存储器）发生改变。

目前进行的光导纤维讯息传输技术方面的研究工作将会更大程度地影响地震记录设备。正在发展的一种新的记录方式，其记录精度是可变的，从1位到16位，将会影响到记录在高密度磁带上的数据量，如6250位/英寸磁带，甚至视频或光学磁盘。

上述记录技术的变化，预示着在野外用小型计算机进行偏移前的各种处理的可能性。目前已有一家公司的陆上地震队利用装在仪器车上的小型计算机在野外作了偏移前处理。

#### （五）三维地震技术

目前正在研究的三维地震技术内容包括：面积采集地震数据、处理三维地震数据道，以及根据这些三维数据解决三维地质问题。最简单的面积采集方法是接收器沿测线布置，炮点沿测线的垂直线布置在各接收点之间，使获得的资料代表了地下三维地质体。从二维测线扩展到面积覆盖，使地震资料能与该地区的地质、地球化学以及油气资料相吻合。

如果三维测量设计正确，则利用地震队采集到的资料可以更精确、更经济有效地评价地质问题。根据同一地震队利用同一采集系统在两次野外试验性测量中所采集的数据对比表明，同一地震队利用面积测量技术比利用二维测量技术采集的数据要多一倍，而所化时间仅为二维测量的三分之一，而且利用三维资料更容易了解地下实际的三维地质结构。

此外，三维采集技术所采集的讯息是将反射地震资料与储集层评价以及与其他开采技术相结合的关键。

### 二、处理技术

近十年来，处理技术的发展比上述的野外技术的变化还要快。常规的二维处理技术正在向三维处理技术发展。

处理技术改进的主要方向是进一步提高现有处理能力。三维地震资料的静校正技术正在发展，还要发展更浅层（接近地面的）高分辨率静校正分析。利用十字测线的三维速度分析和

处理三维数据体的方法日趋完善并投入生产。常规的克希霍夫、F—K、有限差分法等的偏移处理正扩展用于三维处理。逐层运算的深度偏移和直接转换技术也日趋完善。正演模型技术作为一种偏移的逆过程正在与偏移方法平行地发展着。预示，波动方程的精确解法即将可能成为现实。

关键问题是能否研制出一种能有效地处理所采集的三维数据体的计算机。这里，数据体的输入和输出将是影响数据处理的一个关键问题。

### (一) 分 散 处 理

八十年代地球物理资料处理正朝着大量使用小型计算机的方向发展。有几家地震承包公司正在出售改进后的Vax11/780和Perking Elmer小型计算机。这些计算机具有多道处理能力，能自动管理处理工作进程，其多程序功能允许许多用户同时使用一台计算机。通用数据(Data General)、雷西翁(Ravtheom)、塞尔(SEL)等公司正在制造其他型号的小型计算机。这些计算机都有地震处理程序包、陈列处理器、海量存储器、光栅化仪、22英寸宽、每英尺200个点的静电绘图仪，以及每英尺1000个点的激光胶片绘图仪，高分辨率显示设备，带程序的终端等设备，还可以联接上大型主机以进行海量的数据运算。

极高功能的微型计算机的发展可以进一步把某些处理步骤“分配”到处理员或解释员的办公室中去进行。以Motorolo 68000和Intel 8086/81基片为基础的多母线微型计算机系统为地球物理勘探工作者开辟了新的途径。如Apollo计算机和Landmark Graphics绘图公司是这类系统的两个实例。

### (二) 超 级 计 算 机

如果软件经正确的向量化使之适合于平行处理，则新型的向量计算机的运算速度将比目前使用的标量计算机快1000倍。大型的向量计算机系统有Gray-1或X-MP和CDC-203或

205。下面通过两方面的比较简单地说明此种非凡的运算速度是怎样达到的。

首先，标量计算机在进行重复运算或逻辑运算时，每一程序步骤都是要重复“n”次，而在向量计算机中重复运算是同时进行的。其次，其数据在通过处理流水线时即发生改变，其速度与运算速度相等。它类似于陈列处理器工作情况。如果输入/输出中的一些基本问题得到解决，则估计在Vax计算机上运算一个二维富里叶合成模型程序需要10个小时，而在CDC-205计算机上只要5分钟。处理速度提高之后数据的传输速度就是很关键的。因为上述向量计算机必须有数台最大的标量计算机来同时向它提供数据。

今天所用的数据传输方法必须大大地加以改进，使得计算机不受输入/输出的限制。随着反演和正演模型技术的发展，地震剖面的迭代拟合法必将成为可能，其范围和复杂性可与储集层研究方面正在进行的工作相似。

## 三、人机联作解释

目前，勘探工作者所利用的大量数据的管理和观察方法亟待改进。

与计算机和数据存储/检索系统的改进密切配合的是显示技术的改进。现在已有几种人机联作解释方法。三维数据体的人机联作显示和解释方法已逐渐接近实用阶段。与此同时，许多地球物理学家，特别是私人咨询人员，正在发展一种用于家庭微型计算机的解释方法。此项目包括合成道程序、作图偏移程序等。

### (一) 新的显示设备

在发展新的、价格低廉的光栅存储管终端设备方面已取得了惊人的进展，其分辨率由小于 $512 \times 512$ 象素(单个图象单元)增加到 $1024 \times 1024$ 象素的多块存储板。卫星成像数据的阴极射线管(CRT)显示是具有上述象素分辨率的最普通的例子。这样的分辨率允许对显示的数据进行人机联作解释。为了对二维数字映象

进行快速显示。这在进行常规地震剖面解释时，可以帮助连续地追踪断层或其他异常体的范围。地球物理服务公司的地震水平切片显示仪可以说明连续地放映地震水平切面的效果。

当地球物理解释人员进入三维地震数据体范畴时，要求配备显示三维空间数据体的设备。现有一种产生视三维图象的设备是高分辨率向量重再现图示仪。用这种显示设备来帮助计算机设计三维地质体已有一些时间了。这种设备可以产生一组可旋转的全色三维向量。另一种显示设备配有一个光栅段发生器，最多可显示240道，每道的样点数为1000个。对这些剖面进行解释时，可以画出它们的三维座标的向量。当剖面在三维数据内移动时，其解释成果就成了一系列可旋转的三维向量。

有助于评价三维数据体的真正的三维显示设备有好几种。一种设备是利用高分辨率静电示波器在振动镜后的三维空间产生一系列虚象。另一种显示设备是由麻省理工学院研究成功的，它利用计算机控制的发光二极管以产生三维映象。第三种设备是利用多个阴极射线二极管和光束分离器使映象位于三维空间。最简单的三维虚象是由两个相对的抛物镜造成的，底部抛物镜内的物体可以用光学方法投影在顶部抛物镜底上小孔的上方。然而要使此项设备满足地球物理解释人员的要求，尚需数年的研究工作才有可能。

## (二) 人机联作解释控制台

有几家公司发展了绘图控制台。它们一般都应用存储管显示并受图件定位数据库管理人员的控制。这是发展人机联作解释控制台的第一步。随着使用小型计算机的勘探人员日益增多，对软件的要求应是能在用户间和多级数据库系统之间更容易地交换信息。利用新的小型/微型计算机的功能，应建立分散化的公司计算机网络。为了解决大量的数据运算问题，当地解释组要从大型标量或向量计算机主机那里预订计算机运算时间。

人机联作解释台应为解释人员所能接受，或是经济有效的。对批量解释系统的人机联作解释的精确性和有效性应进行专门的比较。在速度分析、亮点分析、把合成模型与地震地层学解释相联系、射线轨迹模型等试验中，此种类型的大量重复运算是十分有用的。

这就是为什么八十年代需要强调的主要新技术之一是数据库管理。所形成计算机-软件-解释员系统应能以从现有数据存储系统中提取信息。并能使所有的各数据文件以人机联作的方式直接提供给勘探人员，这将成为八十年代数据管理技术和人机联作解释方面的重大改革。这些技术互相配合后，可以将地震资料与测线位置图、卫星资料、地面地质资料、油气资料、测井曲线、地球化学资料以及其他大量的勘探资料相联系起来。

## 四、改 革

勘探方法正在发生变化，虽然由于改革常会造成混乱，有时为了保险起见，需要放慢改革的速度。在作上述的概况介绍时，调子是比较乐观的，但由于各种新技术与计算机有关。因而对其实现的可能性不应过于乐观。

计算机语言的限制是更为关键的问题。地球物理学是一门关于地球表层的科学，但我们已把自己和计算机语言-*Fortran*联在一起，但此种语言并不能表达地表和地图方面的词汇。对这些十分基本的领域，必须重新进行评价。

另一个问题是高级推销员问题。在试图获得最佳设备时，如果该系统各部分之间没有协调好，则很可能成为一项不配套的系统而用不上。超级计算机的运算速度可以快1000倍。然而如果软件未作充分的修改和向量化，则超级计算机的效率可能还不如现在使用的标量计算机。

集中化系统的管理方式常常导致停滞不前的僵化的官僚主义。然而，分散系统往往又会缺乏必要的控制。新技术必须与各公司的管理方式取得一致。

它已形成了一個進行應用地球物理研究和測量勘探工作為例，可以很好地說明為什麼改變和接受新技術往往是最緩慢的，而且會繼續地緩慢地進行下去。地質勘探人員往往是在最緩慢的時候才能夠採取新的組織的名稱是應用地球物理實驗室（AGL），由五個獨立研究小組組成，其中以 SAL 為最大。

AGL 是一個由地學系和電子工程系聯合幫助和組織起來的內部諮詢企業。

用撥給新成立的地學系的兩萬 5000 美元基金提供。該基金用已故的威廉·凱克先生（William Keeck）名字命名，他是超群石油公司（William Keeck）的創始人。此款項用於購買儀器、辦公室、實驗室、圖書室、計算機、光學設備等。另一筆款項是由 W.M. 凱克（W.M.Keeck）捐贈的。這筆款項是由 W.M. 凱克公司提供的創始人。該實驗室也通過這個網絡（Cybernet）與計算機或為建立測量研究和計算實驗室的基礎的迪吉康（Digicon）地球物理處理系統。

這款項組成了二個研究小組。从庫伦（Cullen）基金採取的一筆款項用於建立專門處理實驗室。這個實驗室正在研究三維數據體存取和人機聯作與顯示的新方法。其設備包括有兩個主要的向量再現顯示系統（其中之一配備光學發生器），一個真的三維顯示設備，並配有一個彩色光譜圖象設備。

八十年代油氣勘探所面臨的最大問題是缺

乏訓練有素的勘探人員。現已從物理學、數學以及地質化學等有關科學領域吸收了大批的勘探人員。但要培養他們熟悉和掌握地質、物理科學家。現在為爭取那些訓練有素的富有經驗時間。現在為爭取那些訓練有素的富有經驗的人材的競爭是十分激烈的。小公司正在徵求富有經驗和有頭腦的最好的科技人員。一家大石油公司的休斯敦分公司在 1981 年中期的統計說明，竟有一半的工作人員由於工作時間短，以培養更多的勘探人員。由於政府的政策，以擴大大學研究集團。

休斯敦大學的這樣的學校的一個例子。在 1977 年人員要求的這樣的大學就是為滿足培訓應用地球物理組织了其中一個研究小組，专门研究物理模型和一般的三維地圖技術。雖然他們已离开休斯敦大學，但是由 43 家大石油勘探公司贊助的地震實驗室在 G.H.F. 加德納（Gardner）博士和 J.A. 麥克唐納（Mc Donald）的指導下繼續工作。地震實驗室是如此的成功，以致

休斯敦大學的這一個研究小組。在 1977 年地質系的弗雷德·希爾特曼（Fred Hiltzerman）和電子工程系的王開恩（Keith Wane）組合了 13 家大學研究集團。一個中等規模的石油公司至少對這些大學中的和勞動力市場上已開始看到這些組合的影響。在文獻中和勞動力市場上已經開始看到這些集團。在文獻中和勞動力市場上已經開始看到這些組合的影響。這一大來源之一是專發展工業界资助的研究基金逐年減少。應用地球物理學的培訓和研究甚至沒有享受休假的權利，由此說明其人事業化是何等艱難。全世界大學和諮詢公司正在采樣，以培養更多的勘探人員。由於政府的政策，以擴大大學研究集團。

休斯敦大學的這樣的學校的一個例子。在 1977 年人員要求的這樣的大學就是為滿足培訓應用地球物理組织了其中一個研究小組，专门研究物理模型和一般的三維地圖技術。雖然他們已离开休斯敦大學，但是由 43 家大石油勘探公司贊助的地震實驗室在 G.H.F. 加德納（Gardner）博士和 J.A. 麥克唐納（Mc Donald）的指導下繼續工作。地震實驗室是如此的成功，以致