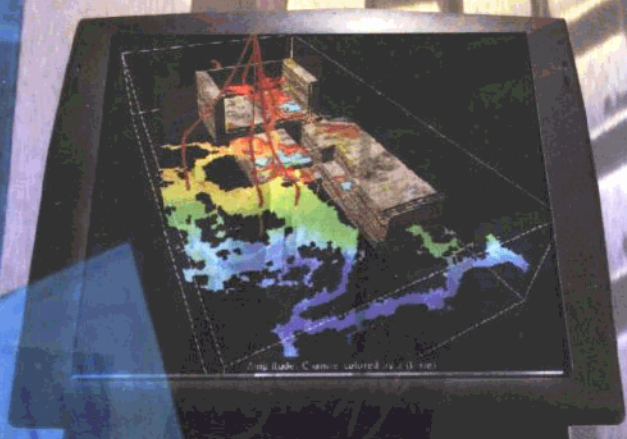


石油勘探开发信息化

——从数据处理到数字油藏

王宏琳 著



石油工业出版社

石油勘探开发信息化

——从数据处理到数字油藏

王宏琳 著

石油工业出版社

内 容 提 要

该书对石油勘探开发计算机应用中的 14 个最重要的领域进行了阐述,包括数据处理、交互解释、三维油藏建模、地质统计、油藏表征、软计算、油井规划、油藏模拟、油藏管理、决策支持、数据银行、电子商务、勘探开发信息系统建设、数字油藏等方面内容。

该书属石油勘探开发信息化技术的普及读物,作者用通俗的语言向读者介绍了在 21 世纪计算机可以为石油工业做些什么,并附有计算机常见术语和概念介绍。本书可供石油行业中高级专业水平的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油勘探开发信息化:从数据处理到数字油藏/
王宏琳著. —北京:石油工业出版社, 2001.2
ISBN 7-5021-3211-2

- I. 石…
- II. 王…
- III. ①信息技术-应用-油气勘探
②信息技术-应用-油田开发
- IV. ①P618.130.8 ②TE319

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 78627 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 32 开本 5.5 印张 146 千字 印 1—1500
2001 年 2 月北京第 1 版 2001 年 2 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3211-2/TE·2435

定价:12.00 元

前 言

在从 20 世纪进入 21 世纪之际，我们可以看到物理和地球物理科学的继续发展、生物和生命科学的蓬勃发展、传播信息和知识的技术急剧发展。国民经济和社会正在加速信息化。

在 1820~1992 年间，世界人口增加翻了 5 番，而经济生产力增加翻了 8 番。但是，这些与近几十年信息技术的迅猛发展不能相比。在 50 年代，IBM 的市场部调查认为全世界只需要 6 台计算机，那时，计算机只用于弹道计算，可是，现在计算机已经用于各行各业。在 70 年代，著名计算机公司 DEC 的总裁 Ken Olson 说过：“不能够想象为什么每个人在他们家里都需要一台计算机”。那时计算机大如冰箱，而且维护困难。可是，现在家用计算机非常普遍了。在 80 年代，微软公司的 Bill Gates 说过：“没有人需要大于 640k 内存的计算机”。那时计算机不使用图形，没有彩色，没有连接网络。可是现在计算机内存多是 256M 或 512M 以上。摩尔定律在 10~15 年内还会适用：计算机芯片的性能价格比每 18 个月翻一番，即 5 年 10 倍，10 年 100 倍，15 年 1000 倍。广域网带宽一年增加 4 倍，三年 64 倍。存储能力两年 7 倍，图形能力三年 100 倍。

20 世纪后半叶，石油勘探开发计算机应用技术实现过两次飞跃（图 1）。第一次在 20 世纪 60 年代末期至 70 年代，

以地震数据处理和油藏模拟为代表，利用大型计算机实现勘探开发复杂的数值计算。第二次在 20 世纪 80 年代中期至 90 年代初期，以地震解释和油藏描述为代表，利用图形工作站实现勘探开发信息交互分析和交互解释。

毫无疑问，计算机曾经为石油勘探开发的技术变革做出过重要的贡献。但是，对于计算机能够做什么，不能做

什么，始终是需要探讨的问题。这本小书有一个大的主题，这就是：在 21 世纪，计算机可以为石油工业做些什么？由于计算机的进一步应用，勘探开发技术还可能发生什么样的飞跃？有人说是“信息集成”勘探或数字油藏。

石油勘探开发信息化涉及的计算机应用领域非常广泛，在这样一本小书中不可能面面俱到。大家知道，无论计算机做任何事情，主要取决于应用软件，因此，我们把重点放在支持石油勘探开发信息化的软件技术发展趋向上，介绍国内外发展中的应用软件新技术。我们选择石油勘探开发计算机应用中的 14 个最重要的领域分别进行讨论，这包括数据处理和解释；油藏建模、描述和软计算；油井规划、油藏模拟

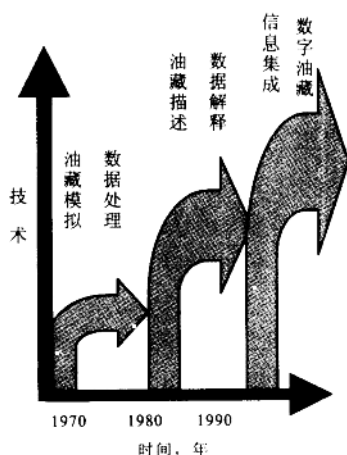


图 1 油气勘探开发计算机应用技术的飞跃

和油藏管理；决策支持和临场感可视化环境；数据银行和电子商务，以及勘探开发信息系统建设和数字油藏等方面内容。对每个应用领域，一般围绕 3~5 个主要发展方向展开讨论，并且介绍有关软件产品，包括国内的以及国外的 CGG, GeoQuest, Landmark 和 Paradigm 等公司的应用软件。

石油勘探开发信息化涉及许多专业领域和高新技术，写作这样的通俗读物，有其特殊的困难。首先，据说公式最容易吓跑读者，由此不得不删除了所有数学公式，尽量采用图示。其次，计算机技术日新月异，新名词、新概念层出不穷。作者在 20 世纪 80 年代末曾经与几位同事一起翻译出版过《韦伯斯特新世界计算机术语词典》，而 1991 年在美国发现《新韦伯斯特计算机术语词典》(Sippl, 1990)，增加了许多新术语。但是，现在看起来，这个新词典也已经过时，目前流行的 Internet, WWW 等术语在这个“新术语词典”中都找不到。因此，附录 A 给出了有关计算机技术的若干术语概念介绍，按照英文字母顺序排列，并在第一次引用该术语的地方用方括号注明相应英文词语。另外，篇幅简短，难以深入介绍问题。幸好 Internet 上包含有大量的石油工业计算机应用技术信息资源，所以在附录 B 给出了相关的高等学校、学术机构、石油技术服务公司和计算机技术公司，以及电子商务服务的网址列表，供读者进一步检索参考。

作 者

2000 年 11 月 18 日

目 录

1	数据处理	(1)
1.1	集成地质和地球物理技术	(3)
1.2	增强交互处理能力	(6)
1.3	开发并行计算机处理技术	(7)
1.4	在线处理分析	(12)
2	交互解释	(14)
2.1	数据结构	(14)
2.2	三维构造解释	(15)
2.3	属性计算和应用	(17)
2.4	交互测井解释	(19)
2.5	三维可视化解释	(20)
3	三维油藏建模	(23)
3.1	带断层的层位	(23)
3.2	断层和层位的网络连接	(24)
3.3	地质约束	(25)
4	地质统计油藏表征	(27)
4.1	建立精确的网格	(28)
4.2	数据综合	(28)
4.3	定量表示不确定性	(30)
4.4	约束和迭代	(30)
5	软计算	(33)
5.1	神经网络计算 (NN)	(33)

5.2 模糊逻辑	(36)
5.3 遗传计算	(37)
6 油井规划	(40)
6.1 地质和地球物理一体化软件的应用	(41)
6.2 一体化钻井软件	(41)
6.3 共享数据	(42)
6.4 共享地球模型	(43)
7 油藏模拟	(45)
7.1 数学模型	(47)
7.2 油藏模拟软件研究	(48)
7.3 并行油藏模拟框架	(48)
8 油藏管理	(50)
8.1 高精度油藏成像	(50)
8.2 油藏特征描述	(51)
8.3 油田开发方案	(53)
8.4 油藏动态监测和控制	(54)
9 决策支持	(57)
9.1 把计算机和信息技术应用到业务全过程	(58)
9.2 实现数据共享	(59)
9.3 建立企业综合管理系统	(62)
9.4 建立具有临场感的可视化决策环境	(62)
9.5 定量评估和综合指数	(63)
10 临场感可视化环境	(65)
10.1 地震解释	(67)
10.2 钻井设计	(69)
10.3 工程评估	(69)
10.4 海洋平台设计	(70)

11	数据银行	(72)
11.1	数据模型和数据加载	(74)
11.2	应用系统接口	(75)
11.3	介质管理	(76)
12	电子商务	(80)
12.1	电子购销	(82)
12.2	应用服务提供者	(85)
12.3	Internet 工业产权市场	(89)
12.4	电子商务与 XML	(90)
12.5	改进核心业务	(91)
12.6	在线业务	(92)
12.7	企业上网	(94)
12.8	远程应用服务	(96)
13	勘探开发信息系统建设	(100)
13.1	业务流程分析	(101)
13.2	勘探开发数据标准的制定	(101)
13.3	数据集成与管理方案	(104)
13.4	数据中心的建设	(106)
13.5	用平台建设	(109)
13.6	运行维护	(111)
14	数字油藏	(112)
14.1	数据管理问题	(114)
14.2	虚拟现实可视化问题	(116)
14.3	信息集成问题	(118)
附录 A	计算机技术若干术语与概念	(120)
附录 B	INTERNET 资源一览表	(139)
附录 C	XML 和 Java	(156)

后记	(163)
参考文献	(165)

1 数据处理

在 20 世纪, 油气勘探技术进步的最重要标志之一是发明了地震勘探技术。地震勘探是利用人工激发的波场, 传播到地下, 观测接收来自地下波阻抗界面的反射波、高速层的折射波, 通过计算机处理分析, 确定地质构造和地层岩石性质。地震勘探技术, 特别是三维地震勘探技术的发展, 与计算机[computer]应用密不可分。可以说, 如果没有计算机, 就没有办法处理这样庞大的地震数据, 就没有今天的地震勘探工业, 也就没有今天这样的石油工业技术发展局面。在石油工业计算机应用中, 地震数据处理是用得最早、效益最好、技术发展最快的领域。在讨论油气勘探开发计算机应用时, 无疑首先应该介绍地震数据处理。

石油地震勘探的计算机应用, 可以追溯到 20 世纪 50 年代。那时野外采集的地震数据都是模拟磁带记录, 需要用模拟—数字转换器, 将模拟[analog]信号转化为数字[digital]信号。1956 年, 美国的一些物探公司开始试验把模拟磁带记录, 经过模数转换进行计算机滤波、叠加和绘制剖面。一直到 20 世纪 60 年代中期, 才开始出现野外数字记录。1968 年, 美国出现了比较成熟的地震数据处理软件[software]。随后在 20 世纪 60 年代末、70 年代初, 德国、法国和中国也相继开发了自己的地震数据处理软件。

地震数据处理是把地面采集的大量的数据转换为地下的精确的图象的过程。有人把地震数据处理技术分成四类: 提

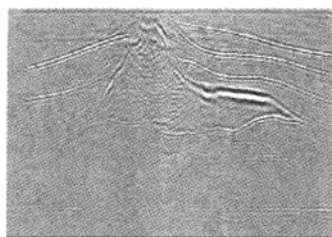


图 1-1 地震剖面显示
(斯坦福大学 SEP)

高信噪比的技术、改善横向分辨率的技术、改善垂直分辨率的技术,以及提取解释信息的技术。这些技术都是为了获得高精度的地下图象。图 1-1 和图 1-2 是地震剖面 and 切片显示[display]的例子,是勘探地球物理学家协会提出的构造模型,由斯坦福大

学 SEP 小组处理的成像结果。

多年来地震数据处理计算机的能力不断地提高。Echo 物探公司的总裁 Terry Elzi 说过,“实际技术进步在硬件[hardware],以前一个星期的处理工作,现在只需要一天,或更少。这不仅是因为 CPU 速度快了 100 倍,而且提高了输入输出速度(I/O),并能够存放更多数据。”同时,他还指出,“我们今天用的处理流程,几乎与十年前一样。只有几个新方法,如深度成像和叠前深度偏移,而其它处理方法

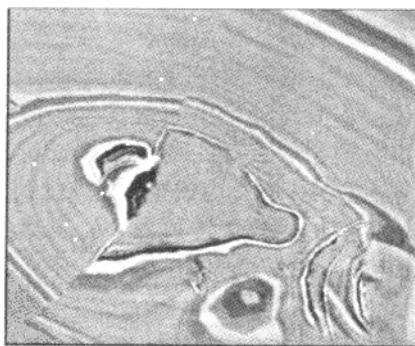


图 1-2 地震切片显示
(斯坦福大学 SEP)

则改变不大”(Duey, 1999)。当然, 他这样说不全面, 因为, 处理方法也在不断改进中, 三维地震处理软件包日趋完善。目前几乎所有的软件包都包括了三维 DMO (倾角时差校正)、三参量速度分析、地表一致反褶积、地表一致相位校正、三维静校正和三维一步法偏移等。

此外, 测井和岩石物理分析, 是另外一个计算机应用比较早的领域。从测井数据的初步处理分析, 到岩石性质的全面细致研究, 都可以利用现代计算技术。基本的数据处理模块包括: 各种格式测井数据加载, 直接存取数据库, 滤波, 数据间隙外推, 温度梯度分析, 多井、多区带交会图和直方图绘制。

现代勘探数据处理中的计算机应用技术, 主要发展趋向有四个方面。

1.1 集成地质和地球物理技术

近年, 三维叠前深度偏移等解释性处理软件有了很大的发展, 并且开始结合地质解释和地球物理解释工具到三维数据的综合深化分析。

新的交互解释工具和反演技术有助于提高三维地震数据处理的精度 (图 1-3)。运用合成地震记录、速度模型、射线追踪正演模型和深度解释的综

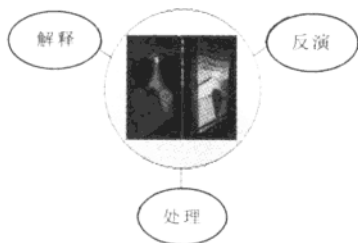


图 1-3 处理、解释、反演交互解释技术和反演技术有助于提高三维地震数据处理的精度

合解释方法，可以大大改进最终的数据处理结果。典型的成功事例是 Diamond 地球物理公司在盐下勘探的工作。该公司在盐下勘探中利用集成的方法，包括三维叠前深度偏移、盐下振幅分析、三维盐下照明研究等技术，发现了著名的 Mahogany、Hickory 等一批盐下油藏（图 1-4，图 1-5）。

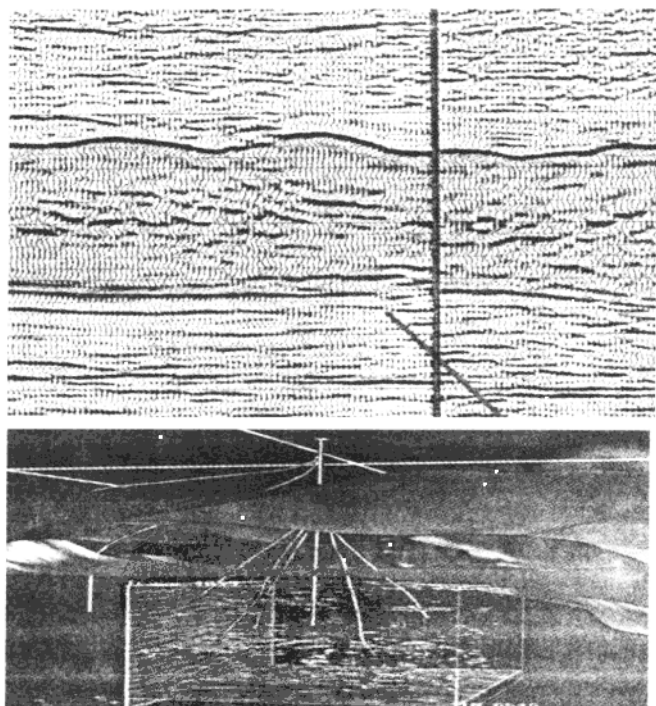


图 1-4 Mahogany 深度偏移成像(上)和盐下振幅显示(下)

Diamond 地球物理公司

由于计算机应用技术的进步,可望对三维数据进行综合深化分析,包括综合利用地震反演、成像和模型等一整套技术。这对提高油气勘探效益有非常大的作用。AMOCO 公司曾经根据其在全球范围勘探的经验得出这样的看法:根据常规二维地震资料解释结果打探井,成功率为 14%;根据常规三

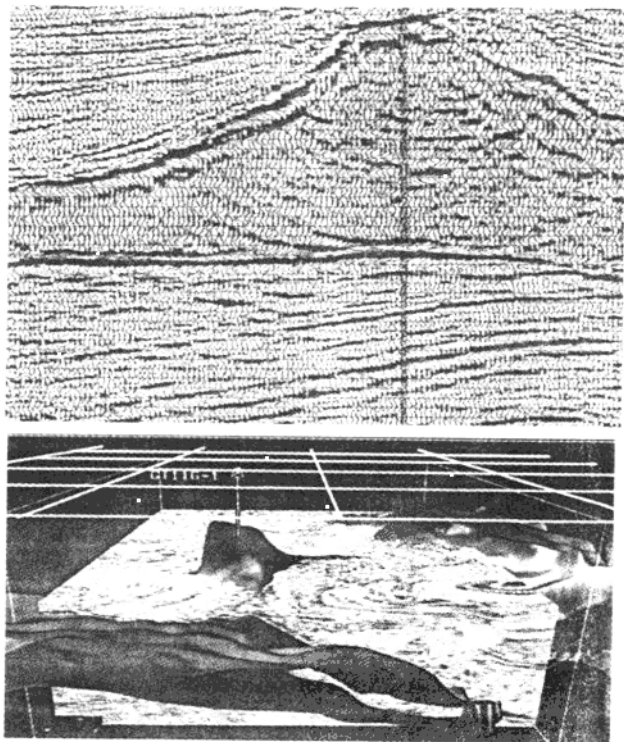


图 1-5 Hickory 深度偏移成像(上)、速度模型(下)

Diamond 地球物理公司

维地震资料解释结果打探井，成功率为 49%，而根据三维数据综合深化分析结果布井，成功率可达 75%（图 1-6）。

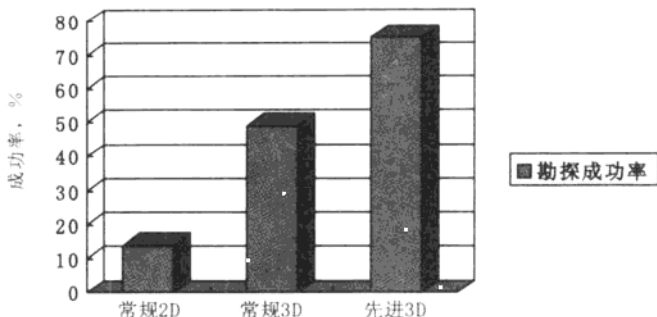


图 1-6 先进的三维数据综合分析提高勘探成功率

油气勘探和开发界正在解决长期存在的资料格式不一致问题。地学科学家能够在同一个平台实时提取、分析、处理和解释所有数据的时代，已经为期不远了。

1.2 增强交互处理能力

地震数据处理的一些环节，早已经引入交互技术 [interactive]。如交互定义观测系统、交互 $f-k$ 滤波、交互静校正和交互速度分析等。现代地震数据处理系统提供交互处理环境、交互编码和交互参数分析工具，并结合三维可视化 [visualization] 到地震属性分析和反演过程。三维可视化与并行计算机的突破，使物探人员可以修改三维速度场，并且可以立即校正地震数据。反复进行校正，将得到与地震数据分析相互吻合的速度模型，这样的模型可以转化为

深度模型。应用交互技术，可以实时进行测井数据处理和岩石物理分析工作。

近年来发展最快速的是交互处理和解释性处理。交互处理是指在工作站上，对数据子集人机联作处理分析，在实现实时的质量控制的基础上，进行全数据集批量处理。而解释性处理则是指在集成化的环境下，利用迭代模型，指导交互处理。

1.3 开发并行计算机处理技术

在地震数据处理中，越来越广泛使用并行处理机系统[parallel processing]。今天，三维叠前深度偏移和其它“计算或数据密集型”的处理，通常运行在大规模并行计算机上。这使得能够使用更精确成像技术来解决勘探问题。早期地震数据处理采用串行计算机[sequential computer]加阵列处理机[array processor]，而 20 世纪 80 年代地震数据处理中心在局域网[local area network]使用的 CRAY、CONVEX 向量计算机 IBM 大型计算机（图 1-7），也已经被并行计算机取代（图 1-8）并可以被连接到广域网[wide area network]。

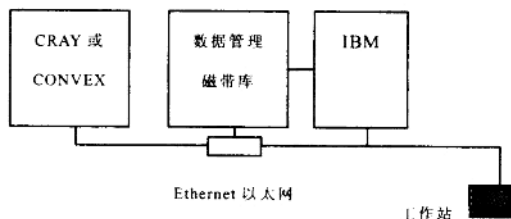


图 1-7 20 世纪 80 年代地震数据处理中心
在局部网络中连接的向量计算机和大型计算机