

Principles of
Applied
Reservoir Simulation

实用油藏数值模拟方法

[美] John R Fanchi 编著 张勇 译

中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

实用油藏数值模拟方法

【美】John R Fanchi 编著

张勇译

中国石化出版社

内 容 提 要

《实用油藏数值模拟方法》是针对油藏工程技术人员和油气田开发管理人员而编制的一本工具书。该书共分五部分。第一部分介绍了油藏数值模拟的概念和术语；第二部分主要模拟了油藏构造、流体性质、岩石和流体的相互作用、历史拟合及预测等；第三部分是实例研究；第四部分是 WINB4D(黑油模型)用户手册；第五部分是技术补遗。各部分都配有实例研究和练习，呈献给读者的是一个有完整功能的油藏模拟器。

该书读者对象：从事油藏数值模拟工作的初学者，石油工程专业技术人员，油气田开发管理人员和相关专业的大学本科和研究生。也可作为油藏工程技术人员的培训教材。

著作权合同登记 图字：01-2005-0896 号

This edition of Principles of Applied Reservoir Simulation by John R Fanchi is published by arrangement with Elsevier INC of 525B Street, Suite 1900, San Diego, CA92101-4495, USA

中文版权为中国石化出版社所有。版权所有，不得翻印。

图书在版编目(CIP)数据

实用油藏数值模拟方法/(美)John R Fanchi 编著;张勇译.
—北京:中国石化出版社,2007
ISBN 978-7-80229-442-4

I. 实… II. ①张… III. IV.

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 152517 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 292 千字
2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷
定价:50.00 元

序 言

《实用油藏数值模拟方法》是针对广泛使用的数值模拟技术而编著的一本工具书。该书既不是关于数值模拟技术的数学论述，也不是一本实例记载纲要。以上提到的两方面内容在其它资料中可以查到。这本书是介绍给初学油藏数值模拟者的向导，它包括了一个完整功能的油藏模拟器可供读者使用。

第一部分介绍了油藏数值模拟的概念和术语。这部分内容涉及到过去20年我们认为对油藏模拟器开发和使用者最有用问题，并提供了在油、气及凝析气油藏模型研究中的好的心得。

实践和参与是学习一门课程最好的方法。第一部分中的练习提供了让你应用这些方法的机会，这些方法在每一章节中都有讨论。结合这部分论述，第二章介绍了一个详细的实例来说明这些方法的应用。这时，你已经完成了一个实例研究，下面你将会参与到每个模型研究的技术阶段。

第三部分和第四部分是用户手册和技术补遗。相应地，三维三相技术黑油模拟器 BOAST4D 可以提供实际应用。BOAST4D 模拟器是 BOAST II 的升级版本，其中考虑了流线。BOAST II 是 1980 年为美国能源部而设计的主流黑油模拟器。作为 BOAST II 的作者，我对其进行了改进，加入了一些特色，修正成为 BOAST4D。例如，你现在可以使用 BOAST4D 模拟水平井，并可进行地球物理的相关计算，这是一项新兴的技术，即 4D 地震流体流动监测。这样，就在软件里添加了有关地球物理计算的“4D”程序。另外，BOAST4D 模拟器改进了代码以提高运算质量，软件允许出现物质平衡方面的问题，并减少了因物质平衡而出现的错误。

BOAST4D 模拟器可以运行于基于 DOS 系统的 486 以上的个人电脑或更好的多处理器系统。结合这本书，通过理解油藏管理的概念和解决不同类型的油藏工程问题，该模拟器很适合用于学习如何使用一个油藏模拟器。不需要使用完全功能的商业模拟器就可以演示复杂而不是简单解析解的研究问题，可见，它是一个很有价值的工具。光盘上不同的实例数据，可以帮助你更广泛的实际问题领域中使用该模拟器。

这本书和软件可以用于不同的学习者，例如，可以作为石油工程专业的大学生的课程，地质科学家、地球物理科学家以及水文学家也可以使用。该书既

可以作为大学的课程也可以作为进修教育的课程。出版者可以提供教师指导。

我将书中的大部分内容作为我在休斯顿任教的进修课程里的讲义。这里，我衷心感谢 BobHubbell 和休斯顿大学主办这项课程，感谢 Gulf 出版社的 Tim Calk 组织出版这本书。对我工业界和学术界过去和现在的领导表示感谢，感谢他们提供了解决各种各样问题的机会。我还要答谢 BOAST 早期版本的设计者：Ken Harpole、Stan Bujnowski、Jane Kennedy、Dwight Dauben 和 Herb Carroll。我特别感谢我的妻子 Kathy Fanchi，谢谢她夜以继日地在电脑旁边制图和校正草稿，谢谢她的精神鼓励。

敬请读者提出批评和修改意见！

John R Fanchi, Ph D
休斯顿，得克萨斯

注：原文序言中介绍书中第三部分和第四部分分别为用户手册和技术补遗，按书的内容应该分别是第四部分和第五部分，为尊重原著，译文没作修改。

目 录

| | |
|---------------------------------|--------|
| 第1章 油藏管理介绍 | (1) |
| 1.1 油藏数值模拟的一致性 | (1) |
| 1.2 数值模拟研究的管理 | (2) |
| 1.3 本书概况 | (3) |
| 练习 | (4) |
| 第一部分 油藏工程基础知识 | (5) |
| 第2章 油藏分析基础 | (7) |
| 2.1 容积 | (7) |
| 2.2 物质平衡 | (7) |
| 2.3 递减曲线分析 | (9) |
| 练习 | (10) |
| 第3章 多相流动概念 | (12) |
| 3.1 基本概念 | (12) |
| 3.2 毛管压力 | (13) |
| 3.3 流度 | (15) |
| 3.4 分流量 | (15) |
| 练习 | (18) |
| 第4章 流动方程的推导 | (19) |
| 4.1 质量守恒 | (19) |
| 4.2 三相流的流动方程 | (20) |
| 4.3 流动方程的向量记法 | (22) |
| 练习 | (22) |
| 第5章 流体驱替 | (23) |
| 5.1 Buckley - Leverett 理论 | (23) |
| 5.2 Welge 方法 | (25) |
| 5.3 混相驱替 | (26) |
| 练习 | (26) |
| 第6章 前缘稳定性 | (28) |
| 6.1 不考虑重力时的前缘推进 | (28) |
| 6.2 考虑重力时的前缘推进 | (29) |
| 6.3 线性稳定性分析法 | (30) |
| 练习 | (32) |
| 第7章 井网水驱 | (33) |
| 7.1 采收率 | (33) |

| | |
|----------------------------------|---------------|
| 7.2 井网和距离 | (34) |
| 7.3 井网采收率 | (35) |
| 练习 | (36) |
| 第 8 章 地下资源的采收率 | (37) |
| 8.1 生产阶段 | (37) |
| 8.2 强化采油 | (39) |
| 8.3 非常规矿物燃料 | (40) |
| 练习 | (41) |
| 第 9 章 经济和环境 | (42) |
| 9.1 SPE/WPC 储量 | (42) |
| 9.2 基本经济概念 | (43) |
| 9.3 投资决策分析 | (44) |
| 9.4 环境影响 | (45) |
| 练习 | (47) |
| 第二部分 油藏模拟 | (49) |
| 第 10 章 模拟过程概述 | (51) |
| 10.1 油藏基础分析 | (51) |
| 10.2 先决条件 | (51) |
| 10.3 计算机模拟 | (51) |
| 10.4 油藏模拟研究的要素 | (52) |
| 练习 | (53) |
| 第 11 章 概念油藏规模 | (54) |
| 11.1 储层取样和规模 | (54) |
| 11.2 综合规模——流动单元 | (55) |
| 11.3 地质统计实例研究 | (56) |
| 练习 | (58) |
| 第 12 章 油藏构造 | (59) |
| 12.1 千兆规模 | (59) |
| 12.2 兆规模 | (61) |
| 12.3 利用地震数据进行油藏描述 | (63) |
| 练习 | (65) |
| 第 13 章 流体性质 | (66) |
| 13.1 流体类型 | (66) |
| 13.2 流体模拟 | (68) |
| 13.3 流体取样 | (70) |
| 练习 | (70) |
| 第 14 章 岩石 - 流体的相互作用 | (72) |
| 14.1 孔隙度、渗透率、饱和度和达西定律 | (72) |
| 14.2 相对渗透率和毛管压力 | (73) |
| 14.3 粘滞指进 | (76) |

| | |
|-------------------------------|---------|
| 练习 | (76) |
| 第 15 章 油藏模拟基础 | (77) |
| 15.1 守恒定律 | (77) |
| 15.2 流动方程 | (77) |
| 15.3 井和设备的模拟 | (78) |
| 15.4 模型的求解过程 | (79) |
| 15.5 模拟器的选择 | (82) |
| 练习 | (82) |
| 第 16 章 模拟油藏结构 | (84) |
| 16.1 绘图 | (84) |
| 16.2 准备网格 | (85) |
| 16.3 模型类型 | (88) |
| 16.4 基础容积模拟 | (88) |
| 练习 | (89) |
| 第 17 章 典型研究的数据准备 | (90) |
| 17.1 数据准备 | (90) |
| 17.2 压力校正 | (91) |
| 17.3 模拟器选择和 Ockham 学说 | (92) |
| 练习 | (93) |
| 第 18 章 历史拟合 | (94) |
| 18.1 直观历史拟合方法 | (94) |
| 18.2 主要历史拟合参数 | (95) |
| 18.3 历史拟合的评价 | (96) |
| 18.4 拟合判断 | (97) |
| 18.5 历史拟合的局限性 | (97) |
| 练习 | (98) |
| 第 19 章 预测 | (99) |
| 19.1 预测能力 | (99) |
| 19.2 预测过程 | (99) |
| 19.3 敏感性分析 | (100) |
| 19.4 经济分析 | (101) |
| 19.5 模拟预测的有效性 | (101) |
| 练习 | (102) |
| 第三部分 实例研究 | (103) |
| 第 20 章 研究对象和数据收集 | (105) |
| 20.1 研究对象 | (105) |
| 20.2 油藏构造 | (105) |
| 20.3 生产历史 | (106) |
| 20.4 中途测试(DST) | (107) |
| 20.5 流体性质 | (108) |

| | | |
|-------------|--------------------------|-------|
| 20.6 | 油藏管理限制条件 | (110) |
| 练习 | | (111) |
| 第21章 | 模型初始化 | (112) |
| 21.1 | 容积法 | (112) |
| 21.2 | 物质平衡 | (112) |
| 21.3 | 相对渗透率 | (114) |
| 21.4 | 流体界面 | (115) |
| 21.5 | 网格块的划分 | (115) |
| 练习 | | (116) |
| 第22章 | 历史拟合与预测 | (117) |
| 22.1 | 单井模型的建立 | (117) |
| 22.2 | 三维油藏模型的历史拟合 | (119) |
| 22.3 | 预测 | (119) |
| 练习 | | (120) |
| 第四部分 | WINB4D 用户手册 | (121) |
| 第23章 | WINB4D 介绍 | (123) |
| 23.1 | 程序配置 | (124) |
| 23.2 | 输入数据文件——WTEMP.DAT | (124) |
| 23.3 | 数据输入要求 | (124) |
| 23.4 | 输入数据集例子 | (125) |
| 第24章 | 初始化数据 | (130) |
| 24.1 | 网格几何尺寸 | (130) |
| 24.2 | 地震速度参数 | (133) |
| 24.3 | 孔隙度、渗透率、传导能力分布 | (136) |
| 24.4 | 岩石和 PVT 分区 | (140) |
| 24.5 | 相对渗透率和毛细管压力表 | (141) |
| 24.6 | 流体 PVT 数据表 | (142) |
| 24.7 | 压力、饱和度初始化 | (144) |
| 24.8 | 运行控制参数 | (146) |
| 24.9 | 求解方法要求 | (146) |
| 24.10 | 解析水体模型 | (147) |
| 第25章 | 动态数据 | (150) |
| 25.1 | 时间步长和输出控制 | (150) |
| 25.2 | 井的资料 | (151) |
| 第26章 | 程序输出评价 | (155) |
| 26.1 | 初始化数据 | (155) |
| 26.2 | 动态数据 | (155) |
| 第五部分 | 技术补遗 | (157) |
| 第27章 | 模拟器组成 | (159) |
| 27.1 | 方程 | (159) |

| | | |
|---------------|----------------------------------|--------------|
| 27.2 | 坐标系系统 | (160) |
| 27.3 | 岩石物理模型 | (161) |
| 27.4 | 物质平衡 | (162) |
| 第 28 章 | 岩石流体模型 | (163) |
| 28.1 | 三相相对渗透率 | (163) |
| 28.2 | 传导系数 | (164) |
| 28.3 | 术语及其说明 | (164) |
| 28.4 | 外推饱和度曲线 | (167) |
| 28.5 | 气体 <i>PVT</i> 关系选项 | (167) |
| 第 29 章 | 初始化 | (170) |
| 29.1 | 压力初始化 | (170) |
| 29.2 | 重力分异饱和度初始化 | (170) |
| 29.3 | 水域模型 | (172) |
| 第 30 章 | 井模型 | (174) |
| 30.1 | 产量约束条件 | (174) |
| 30.2 | 显示压力约束条件 | (176) |
| 30.3 | GOR/WOR 约束条件 | (177) |
| 30.4 | 采液量约束条件 | (177) |
| 30.5 | 注入量约束条件 | (177) |
| 第 31 章 | 井的流动指数 (<i>PID</i>) | (178) |
| 31.1 | 生产指数 | (178) |
| 31.2 | 垂直井 | (178) |
| 31.3 | 水平井 | (179) |
| 第 32 章 | IMPES 方法 | (180) |
| 32.1 | 流动方程和势 | (180) |
| 32.2 | 毛管压力概念 | (181) |
| 32.3 | 压力方程 | (182) |

第1章 油藏管理介绍

油藏数值模拟是油藏管理环节中必不可少的部分。油藏管理常定义为以最小的投资成本、最少的运行费用及最优的开采方式从油藏中获得油气的资源配置 (Wiggins 和 Starzman, 1990; Satter 和 Thakur, 1994; Al - Hussainy 和 Humphreys, 1996; Thakur, 1996)。这两个结果——最优化的开采方式和最低的成本常常是互相矛盾的。如果忽略成本问题, 油气开采最优化是可以实现的, 然而如果油田经营者对有限资源的慎重管理不感兴趣或没有责任心, 他们就会要求成本最低。油藏管理的根本是在一个良好开发的油田中决定采用什么样的油气开采方式来获得最大的经济效益。要想达到油藏管理的基本目标, 油藏数值模拟是最精密复杂的可行方法。

开展数值模拟研究有许多原因。从商业的角度考虑, 可能最重要的一点是油藏模拟可以进行大概的现金流动预测。数值模拟从产量的方面预测经济效益。将产量和价格结合起来就可以估计将来的现金流动。开展数值模拟研究的其它原因见表 1-1。在后面的章节中将会对其中的一些条目进行讨论。

表 1-1 数值模拟的原因

| 共同的影响 | 油藏管理 |
|---------------------------|----------------------------|
| ◇ 现金流动预测 需要对油气价格进行经济预测 | 决定是否增加额外的数据 ◇ 油田生产期的评价 |
| 油藏管理 | ◇ 采收率和时间的关系预测 |
| ◇ 油藏管理的并列行为 | ◇ 对比不同的开采方式 |
| ◇ 油田生产运行情况的评价 理解油藏动态 | ◇ 计划开发中或运行中的变化 |
| ◇ 模型对已评价数据的敏感性 | ◇ 选择和最优化的油田工程设计 最大经济回收率 |

1.1 油藏数值模拟的一致性

油藏数值模拟是应用计算机模拟系统描述油藏中流体流动的。计算机模拟系统通常是一个或多个计算机程序。为避免混淆, 计算机模拟系统在文中称为油藏模拟器, 输入数据后称为油藏模型。

输入数据的准备工作需要许多学科来约束。在建模过程中, 油藏信息被集合起来, 油藏的概念在油藏模拟器中定量的表示出来。图 1-1 说明了不同的规则在油藏数值模拟中的结构。

油藏模拟器联系着不同学科, 并成为它们的桥梁。模拟器起过滤的作用, 从所有油藏描述信息中

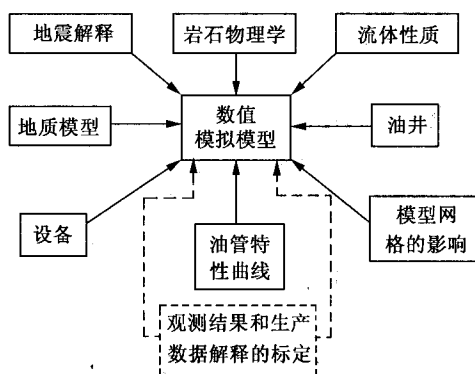


图 1-1 不同学科领域对油藏数值模型的作用

进行挑选。模拟器不受使用者个人观点和表达方式的影响。根据 Millheim 的论述，它限制了个人因素的影响，对每一种假设给以客观的评价。作为假设的过滤器，模拟器往往在第一时间知道所做的假设是否合适。

油藏模拟器最重要的任务是在油藏描述确定的条件下来达成一定的共识。当动态数据拟合出现多解的情况时，这项任务就变得更复杂。油藏模型解的不惟一性，在后面章节中会更详细的论述。也就是说可能会有不同的模型可以表达同样的油藏描述数据。因此，模拟器必须在不同的油藏表述中找到能被普遍认可的一个，这通常是通过否定一个或多个油藏模型来完成的。于是，当动态数据不能拟合好任何一个油藏模型时，人为因素便显现出来。合理性的双重标准是问题的本质，这也是为什么个人因素最能影响数值模拟的过程。

1.2 数值模拟研究的管理

理想的情况是，各行业的专家组成一个团队共同工作以建立起有意义的油藏模型。团队协作的发展阶段如下：

◇ 介绍：互相认识对方

◇“争论”：团队成员在如何开展工作问题上产生分歧

成员可能会失去目标

◇“标准”：团队成员为提高工作效率制订标准

◇“执行”：团队成员的理解

每个成员能做什么

怎样使团队的效率最高

正确的管理是认识到这些步骤，并允许在团队合作成熟默契之前有一个磨合期。多数油田的现代油藏数值模拟研究是由团队来操作完成的，其中，团队就像矩阵管理组织中的项目队伍一样。这里的矩阵管理和项目管理是一个概念，它有两个明显的特征：

(1) 横向职能管理部门的成员来自不同的工作领域，承担某个项目；

(2) 一个雇员对两个或多个上级负责，这会对经理或雇员造成不便。

为减少潜在问题的出现，研究团队应具备以下特点：

(1) 团队的每个成员都有不同的任务；

(2) 所有成员都为共同的目标而努力。

团队成员应职责专一，避免身兼数职。如果团队有两个或多个成员的职责大量重叠，那么在责任义务方面就会引起混乱。每个队员必须是某个特定学科的决策人，否则在完成某项研究的期限内就不可能达成共识。不允许团队在一种空想平等的环境下度日而没有工作量。

具有效率的团队应该力求一致，但项目期限所带来的压力要求某个队员担任团队内的领导。如果团队内的意见不能达成一致，就无法按期完成研究任务，而在很多情况下，决定都是在意见不能达成一致时作出的。因此，团队应该有一个具有如下素质的领导：

◇ 很强的技术能力

◇ 丰富的经验

团队领导应对项目的技术和资金支配拥有权威性。如果他们没有权威性，就不能履行自己的职责。另一方面，团队领导必须避免独断专行，否则团队的力量将会削弱，最终会使团

队因研究小组的解散而解散。

按照 Maddox 的观点, 团队和研究小组在行为方式上有所不同。小组的行为有如下特征:

(1) 其成员认为他们合成一组只是起行政管理的作用, 个人的工作是独立的, 时有交叉。

(2) 由于其成员不能充分融入到所研究的整个工作对象中, 因此他们只关注自己。他们只是作为受雇者去工作。

与此相反, 团队有如下特点:

(1) 其成员认识到他们之间的相互依赖性, 并且知道只有互相支持, 个人和团队的目标才能圆满完成。时间不能浪费在互相争抢或以牺牲他人利益为代价谋取自身利益上。

(2) 因为成员对他们的协作目标负有责任, 对工作和研究项目有主人翁责任感。

Haldorsen 和 Damsleth(1993 年) 得出了相似的结论: 团队成员应相互了解, 互相尊重, 相互指出缺点并且相互提供信息。

Haldorsen 和 Damsleth 认为每个成员关键是应具备下述条件:

(1) 通过全队努力实现改革、创新的价值;

(2) 面对顾客, 目标集中在“你的需要就是我的付出”。

McIntosh 等人(1991 年) 支持的观点是每个队员应履行其职责(例如, 地质科学家、工程师等)。结论自然是由于对内的作用已确定清楚, 队员能了解自己的作用。

正确的管理能够促使整个研究团队尽职尽责。如果研究团队成员参与规划和决策, 就能培养他们主人翁责任感或“买主”意识, 队员的意见可以影响到工作范围和活动的安排。如果实际的期望建立在项目计划之初, 然后在项目整个过程中始终贯彻, 那么很多问题就可以避免。没有考虑资源的配给或使用期限而盲目扩大工作范围, 会使研究小组丧失信心从而削弱集体观念。

最后, 研究团队在研究过程中应特别留意的一点是, 由小组共同得出的观点比个人单独工作产生的观点要少, 这是心理学的经验证明得出的结论。在描述研究进展过程中工作量的变化时, Tobias(1998) 观察到: 有优势的团队也有他们的缺点, 团队的动力经常性地限制个人的主动性, 因此以团队的方式进行研究, 工作量的增加是以牺牲个人的创造性为代价的。Tobias 建议团队优势和个人工作环境并存。他的意思是在工作流程中同时削弱个人的努力和团队的协作, 来达到最优效果。

1.3 本书概况

本书后面部分的内容是按下面的方式编排的。第一部分是关于油藏工程的初级知识, 这部分内容主要介绍了流体在多孔介质中流动方面的基本概念。第二部分内容解释了油藏数值模拟的概念和术语, 这部分内容中有一个典型练习, 要求读者更改专门的实例数据文件, 在更改数据时必须熟知油藏问题和熟练使用软件 WINB4D。其中, WINB4D 是三维三相油藏模拟器, 关于模拟器的细节问题将会在后续章节中讨论。

第二部分中的练习题目要用到第四部分用户手册中的不同内容。如果你做完所有的练习, 你就会熟练使用用户手册和 WINB4D 软件。在应用 WINB4D 软件的过程中你会获得许

多经验, 这些经验对其它模拟器也是适用的。

成功地完成第二部分的练习题有助于学习第三部的内容——实例研究。实例研究部分的内容是将第一部分和第二部分的内容结合到一起。当完成第三部分内容的学习时, 你就可以参与到模拟研究的每个技术内容了。

第四部分和第五部分分别是 WINB4D 软件的用户手册和技术补遗。第五部分的补充信息将提供更多的关于 WINB4D 算法代码的细节。

练 习

练习 1.1 WINB4D 文件夹: 在本书附带的光盘中有一个三维三相的油藏模拟器, 用户手册在第四部分内容中, 技术补遗在第五部分中。在你的电脑硬盘上新建一个文件夹, 按照第 23 章的要点来运行软件 WINB4D。文件 WINB4D.EXE 的大小是多少?

练习 1.2 WINB4D 的例子数据: 在 WINB4D 光盘上有几套例子数据。从光盘上把所有的文件复制到你的电脑硬盘 \ WINB4D 文件夹中。制作数据文件的列表(后缀为 .dat)。除非另建存储位置, 所有的练习题和软件 WINB4D 都假定存放在目录 \ WINB4D 下。

练习 1.3 程序 3DVIEW 用于显示 WINB4D 数据文件所描述的油藏结构。3DVIEW 是打开 WINB4D 输出文件(后缀为 .arr)的可视化程序。要显示一个油藏的结构, 按下述步骤进行:

用资源管理器打开包含 WINB4D 文件的文件夹。如果没有存储到其它位置, 只需点击鼠标左键即可。

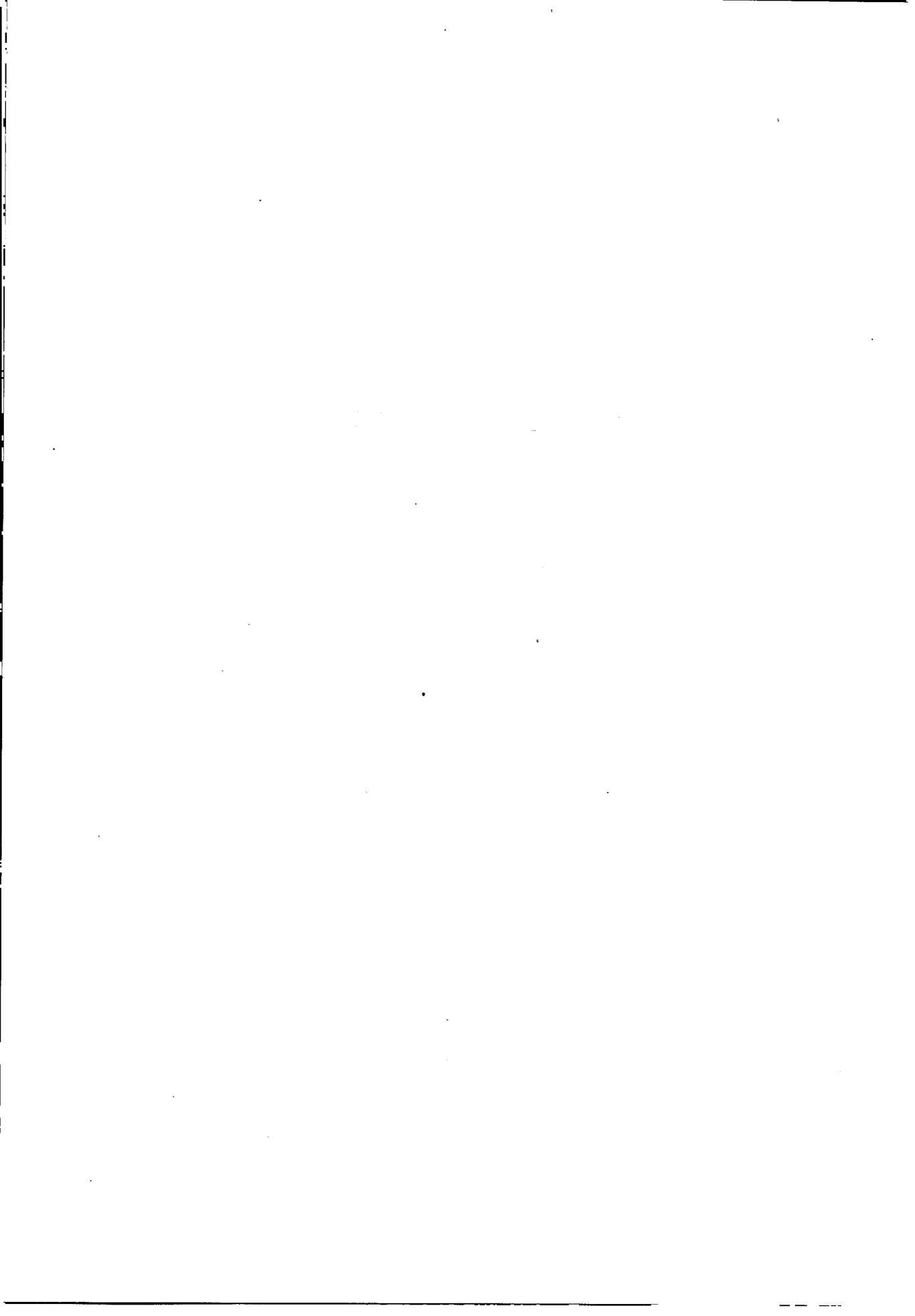
- ① 运行 3DVIEW(双击应用程序 3DVIEW.EXE);
- ② 点击“file”(文件)按钮;
- ③ 点击“Open Array File”(打开成批文件);
- ④ 在文件列表中点击“CS_Rim.arr”文件;
- ⑤ 点击“确定”。

这时, 你就应看到在屏幕中央有一个油藏结构, 这是一个有气顶和油环的背斜油藏。要从不同角度看这个油藏, 按下鼠标左键并移动鼠标即可。通过练习, 你就能学会控制油藏在屏幕上的方位。

点击“Project”(工程)按钮并选择“Smooth Model Display”(光滑模型显示), 网格块就光滑的显示出来。在屏幕上显示的属性是压力“ P ”。要显示其它属性, 则点击“Model”(模型)按钮, 将光标移至“Select Active Attribute”(选择当前属性), 然后点击含油饱和度“ S_o ”。在屏幕上就会看到含油边缘。

退出 3DVIEW; 则点击“File”(文件)按钮, 然后点击“退出”。

第一部分 油藏工程基础知识



第2章 油藏分析基础

基础油藏分析工作可以为油藏模型研究准备输入数据。这些工作包括容量分析、物质平衡分析、递减曲线分析。除了估计流体分布和预测全油田的产量外，这些工作也提供了初期的油藏概念，这可用于模拟研究的设计中。

2.1 容 积

油藏中的流体体积是通过各种不同资料获得的，因此是各学科交叉接口的数量控制点。地球科学家们使用静态资料确定体积的过程通常指的是容积分析法。物质平衡和油藏数值模拟技术用动态数据获得流体体积。因此，油藏特征的描述是准确的，就应该能估算油藏的原始流体体积，而且不管使用何种方法，计算出的流体体积是一致的。在这一部分，我们给出了原始油气地质储量的计算公式。

油藏中原始油气的地质储量(OOIP)为：

$$N = \frac{7758\phi Ah_o S_{oi}}{B_{oi}} \quad (2.1)$$

式中 N ——原始油气的地质储量，STB；

ϕ ——油藏孔隙度；

A ——油藏面积，acre；

h_o ——油层净厚，ft；

S_{oi} ——原始油藏含油饱和度；

B_{oi} ——原始原油体积系数，RB/STB。

伴生气或溶解气是溶解气油比 R_{so} 和原始含油地质储量 N 的乘积。

气藏中的原始自由气地质储量为：

$$G = \frac{7758\phi Ah_g S_{gi}}{B_{gi}} \quad (2.2)$$

式中 G ——原始自由气地质储量，SCF；

h_g ——气藏的净厚度，ft；

S_{gi} ——原始含气饱和度；

B_{gi} ——原始气的体积系数，RB/SCF。

式(2.2)常根据原始含水饱和度与含气饱和度的关系 $S_{gi} = 1 - S_{wi}$ 改写。原始含水饱和度由测井曲线或岩心分析来确定。

2.2 物 质 平 衡

质量守恒定律是物质平衡计算的基础。物质平衡是用来计算物质流入或流出一个系统的情