

国外油气勘探开发新进展丛书 (三)
GUOWAI YOUQI KANTAN KAIFA XIN JINZHAN CONGSHU

Computer-Assisted

Reservoir

Management

计算机辅助油藏管理

Computer- Assisted Reservoir Management

石油工业出版社

(美) 阿布达斯·萨特 詹姆斯·鲍德温 理查德·杰斯帕森 著
章木英 杨权一 吴世旗 尹寿鹏 译

国外油气勘探开发新进展丛书(三)

计算机辅助油藏管理

[美] 阿布达斯·萨特 詹姆斯·鲍德温 理查德·杰斯帕森 著
章木英 杨权一 吴世旗 尹寿鹏 译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对信息技术和一体化油藏管理的交叉及应用情况作了简要的概述,解释了大量油藏管理软件背后的物理和地质原理,对油藏管理经常涉及到的技术领域进行了解释,包括测井分析、地震数据分析、绘图和数据可视化、地质统计数据分析、压力瞬态分析及生产动态分析等。最后用案例说明:问题、处理这些问题的油藏管理策略、完成这些策略的软件以及应用这些现代技术的结果和决策。

本书适应于地质、开发、油藏管理工程技术人员阅读,也可供石油院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助油藏管理/(美)萨特(Satter, A.)等著;章木英等译.

北京:石油工业出版社,2004.7

(国外油气勘探开发新进展丛书.第3辑)

书名原名:Computer-Assisted Reservoir Management

ISBN 7-5021-4707-1

I. 计…

II. ①萨…②章…

III. 计算机应用-油藏-管理

IV. TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 056739 号

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transcribed in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, without the prior written permission of the publisher.

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:11.25

字数:300 千字

定价:60.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《国外油气勘探开发新进展丛书(三)》

编 委 会

主 任：刘宝和

副 主 任：冉新权 张卫国

编 委：吴 奇 赵文智 刘德来 李 阳

沈 琛 张守良 阎建华 周家尧

张仲宏 李 斌 丁云宏 张烈辉

咸玥瑛

序

为了跟踪国外油气勘探开发的新理论、新技术、新工艺,提高中油股份公司油气勘探开发的理论和技术水平,提高整体经济效益,中油股份公司勘探与生产分公司有计划地组织有关专家对国外油气勘探开发及生产方面的新技术、新理论、新成果进行调研引进、吸收,并翻译出版,推荐给油田广大技术人员及管理干部,以期能达到促进生产、更新知识、提高业务水平及技术水平的目的。第一批与第二批引进 10 本专著后,产生了较好的社会效益,得到了广大读者的高度关注和认可,普遍认为翻译质量高,出版质量好,内容满足实际需要。

为了进一步搞好股份公司石油勘探开发的科技发展事业,促进石油工业发展,我们在前两辑出版的基础上,经过多次调研、筛选,又推选出国外最新出版的 6 本专著,即《计算机辅助油藏管理》、《实用油藏模拟技术》、《储气库的设计与实施》、《酸化增产技术》、《异常地层压力的产生与预防》、《三次采油新进展》,以期追踪国外油气田勘探开发的热点问题和切合我国油气田开发实际需要的实用技术。

在全套丛书的引进、翻译出版过程中,勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批著名专家、教授和有丰富实践经验的油田工程技术人员担任该书的翻译和审校人,并使本套丛书得以高质高效地出版。希望各油田及科研院校从事于勘探、开发工作的管理人员、技术人员以及研究人员读读这套丛书,同时在实践中应用之,这将会对今后的工作起到一定的指导和推动作用,为搞好油田勘探开发,实施低成本战略,创造更大效益做出贡献。

中国石油天然气股份有限公司副总裁

关于本书

最近,计算机技术的进步使得在桌面计算机上使用地质科学和工程软件成为可能,以前都局限于大型机器,而且是由专家来使用的。本书,为多学科专业人员书写,教给读者在开发经济可靠项目时,油藏管理计算技术一体化方面的主要概念。基于作者成功的培训教程,本书提供了实际的案例研究、实例问题以及敏感分析结果。

与计算机软件一起,本书通过去除不必要的浪费的时间和猜想工作,将节省您大量的宝贵时间和金钱。市场上的大量软件程序能帮助您:

- (1)制定一个油藏开发规划;
- (2)监测、评价和操作油藏;
- (3)优化油气藏操作;
- (4)创建油藏的数学模型;
- (5)不同运行方案的比较;
- (6)快速分析油藏数据。

计算机辅助油藏管理为您提供了详细的培训,这对于把油藏管理软件成功地结合到您现在的管理规划中是必要的。

关于作者

Abdus Satter 博士最近从德士古勘探开发技术部高级研究顾问的位置上退下来,在得克萨斯休斯敦建立了自己的咨询公司 Satter & Associates。在油藏技术和提高采收率技术方面,他具有 30 多年的世界范围内的各种经验和专项技术。他写了大量的技术文章以及油藏管理书籍,包括《一体化石油油藏管理》和《一体化水驱资产管理》。

James O. Baldwin 具有 30 多年海上和陆上油田油藏开发和开采方面的经验。最近是一位独立的石油工程咨询专家,他的经验包括地质、地球物理、石油工程、油藏模拟和经济评价领域。他为几个油公司工作过,包括 Marathon、Mobil 和 Conoco,组织参加了几次 SPE 会议。Baldwin 在 Vanderbilt 大学化工系获得学士,在西南路易斯安纳大学石油工程系获得硕士学位。

Richard A. Jespersen 最近从德士古勘探开发技术部高级研究顾问的位置上退下来。他具有 29 年多的石油勘探开发经验,包括地震处理和解释、油藏描述和模拟、石油经济、风险评估以及国际运作方面。最近,Jespersen 作为团队的一员,在开发优化油藏管理的规划。Jespersen 在密苏里大学获得物理学学士、在爱荷华大学获得物理学博士学位。

前 言

本书源于过去几年在德士古公司编写和讲授的课程。它最终成为 SPE 的短期培训教程,教程名称与本书一样。我们的目的是为教程中的一些概念提供基本的背景,并附以计算机技术应用实例,我们相信这些概念和技术在当今竞争激烈的商业环境下对优化油气藏管理是非常重要的。

这里讨论的概念不是新的。地质科学家和工程师一直梦想着能够创建油藏的数学模型,用这些模型他们就可以在实际完成最具经济价值的规划以前,尝试各种各样的实施方案。计算机技术的巨大进步使得通过软件完成这些任务的梦想成为可能。

以前,都是专家们应用大型的计算机,现在很多有价值的软件工具在地质科学家和工程师的桌面上就可以看到和应用。这是一种祝福,同时也是一个祸根。它可以使油藏数据的分析工作快速地完成,比以前更为彻底。但是,同时,大量的责任也附加在这些实践者身上,他们要了解大量的油藏管理工具背后的一些原理。把一些数字放入“黑箱”中是很容易的,出来的结果可能毫无意义。希望本书中讲的这些基本知识能告诉读者正确使用得到的大量的软件工具。我们也希望能够增进不同学科人员之间的沟通,确保数据得到充分利用,有目的地使用软件。如果我们想管理好油藏,团队工作比以前显得更为重要,这样就可以使我们的项目获得最大的利益,使公司获得成功。

Abdus Satter James O. Baldwin Richard A. Jespersen

序

在过去的 10 年间,石油工业界在技术方面的两个发展趋势变得异常重要,即信息技术和一体化油藏管理。本书对这些技术的交叉及应用情况作了简要的概述,石油工业也试图利用这些技术从油藏中获得最大的利益。

我本人对于计算机软件在油藏中应用的关注日益增强,现在有这样一种趋势,某些人认为软件是“黑箱子”,它非常神奇、实际上是可用的、而且可以普遍地应用。本书的作者也持有这种观点,用清晰简单的语言解释了在油藏管理过程中目前正在使用的大量软件背后的物理和地质原理。如果工程师和地质学家简单了解软件包的应用及假设条件,就可以大大减少在应用时得出的错误结论。

尽管多年来大家一致重视一体化团队开发和管理油藏,很多人对于自己熟悉的领域以外的知识仍觉得信心不足。作者了解这种需求,对于油藏管理中经常涉及的技术领域做出了简单清晰的解释。我相信,这些解释对于只熟悉自己领域的专家及复合人才是有用的。讨论的技术领域包括测井分析、地震数据分析、绘图和数据可视化、地质统计数据分析、压力瞬态分析以及生产动态分析(包括油藏模拟)。

我们中大多数人很难“赶上”有代表性的高质量软件的发展步伐,来解决油藏管理中出现的问题。本书作者可以帮助我们,他们说明了典型软件的应用情况,更为重要的是,提供了独立和一体化的软件包清单。

最后,作者意识到了用实例来传授技术的重要性。结尾部分的案例研究把所有内容放在了一起:问题、处理这些问题的油藏管理策略、完成这些策略的软件以及应用这些现代技术的结果和决策。

本书将证明,它对石油工业的地质科学家和工程师具有重要的价值。

W. John Lee

Peterson 主席和得克萨斯 A&M 大学石油工程教授

致 谢

作者对德士古公司允许此书出版及提供的支持表示感谢。感谢业内同事、合作人员以及学生,从他们身上我们了解了油藏管理的方方面面以及计算机软件在完成任务时起到的作用。特别是,与科学软件公司(SSC,现在是贝克休斯公司的一部分)长期的合作及其 WorkBench 石油软件为我们阐述观点提供了大量的实例。

我们特别感谢 Jack DeLage 先生(以前在 SSC)对第 8 章地质统计分析的贡献,伦敦帝国理工 Alain Gringarten 博士(以前也在 SSC)为第 9 章试井分析提供了资料,Gemini 解决方案公司的 James Buchwalter 博士和 Raymond Calvert 博士提供了 Merlin 和 Appentice 油藏模拟软件,以及在研究第 19 章的实例时提供的指导。

还要特别感谢我们的夫人,Yolanda Satter、Kathy Baldwin 和 Sandy Jespersen,以及我们各自家庭的帮助,在本书长时间的策划和写作过程中给以理解和鼓励。

最后,作者(2 个工程师和 1 个地质科学家)作为一个团队在一起工作,使本书物有所值,阐述了多学科一体化的计算机软件在油藏管理中的作用、应用及其重要性。

Abdus Satter James O. Baldwin Richard A. Jespersen

版 权 声 明

本书英文书名为“Computer - Assisted Reservoir Management”。

本书经由美国 Penn Well Corporation 授权翻译出版,中文版权归石油工业出版社所有,侵权必究。

版权应同号:版权(2003)合字-0125

版权登记号:01 - 2003 - 4182

目 录

1 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 内容与目标	(1)
1.3 组织	(2)
参考文献	(2)
2 油藏管理概念与实践	(3)
2.1 油藏管理定义	(3)
2.2 油藏管理历史	(3)
2.3 油藏开采期限过程	(3)
2.4 一体化和团队工作	(4)
2.5 组织和团队工作	(4)
2.6 油藏管理过程	(6)
参考文献	(9)
3 数据采集、分析和管理的	(10)
3.1 数据类型	(10)
3.2 数据采集和分析	(11)
3.3 数据验证	(11)
3.4 数据存储与检索	(11)
3.5 数据应用	(12)
参考文献	(12)
4 油藏模型	(13)
4.1 地质科学和工程的作用	(13)
4.2 地质科学	(13)
4.3 工程	(14)
4.4 一体化	(14)
参考文献	(16)
5 测井分析	(17)
5.1 概述	(17)
5.2 测井类型	(18)
5.3 分析程序	(20)
5.4 一体化软件包实例分析	(20)
参考文献	(25)
6 地震数据分析	(26)
6.1 概述	(26)

6.2	地震测量和处理	(26)
6.3	构造解释	(28)
6.4	地层解释	(30)
6.5	三维可视化	(31)
	参考文献	(31)
7	绘图和数据可视化	(32)
7.1	概述	(32)
7.2	数据控制	(32)
7.3	数据输入	(32)
7.4	绘图软件实例	(32)
7.5	模型数据	(33)
7.6	交互显示	(33)
8	地质统计分析	(36)
8.1	概述	(36)
8.2	常规绘图	(37)
8.3	图形统计	(38)
8.4	克里金方法	(41)
8.5	模拟	(43)
8.6	不确定性计算	(44)
8.7	三维扩展和协同克里金	(45)
8.8	结论	(46)
	参考文献	(46)
9	试井分析	(47)
9.1	概述	(47)
9.2	试井类型	(47)
9.3	瞬态流体流动理论	(48)
9.4	常规分析	(48)
9.5	试井分析开始前要问的问题	(55)
9.6	分析期间检验	(56)
9.7	WORKBENCH 试井分析软件	(56)
	参考文献	(59)
10	生产动态分析	(60)
10.1	油藏和气藏	(60)
10.2	天然生产机理	(60)
10.3	油藏动态分析	(61)
10.4	储量	(62)
	参考文献	(62)
11	容积法	(63)
11.1	概述	(63)
11.2	油藏体积	(63)

11.3 原始油气地质储量	(65)
参考文献	(66)
12 递减曲线方法	(67)
12.1 递减曲线	(67)
12.2 递减曲线方程	(68)
12.3 分析程序	(70)
12.4 实例	(70)
参考文献	(73)
13 物质平衡方法	(74)
13.1 油藏	(74)
13.2 气藏	(75)
13.3 物质平衡案例研究	(76)
参考文献	(79)
14 油藏模拟	(80)
14.1 油藏模拟概述	(80)
14.2 油藏模拟器	(81)
14.3 模拟过程	(82)
14.4 油藏模拟滥用情况	(84)
14.5 模拟工程师的箴言	(84)
14.6 实例	(84)
参考文献	(85)
15 计算机软件	(86)
15.1 独立软件	(86)
15.2 一体化软件包	(87)
15.3 石油技术开放软件公司(POSC)	(89)
16 案例研究 1—新发现油田开发规划	(100)
16.1 概述	(100)
16.2 开发和递减采油策略	(101)
16.3 油藏数据	(101)
16.4 油藏模拟	(102)
16.5 产量和储量预测	(102)
16.6 设备规划	(105)
16.7 经济优化	(105)
16.8 执行	(105)
16.9 监测、管理和评价	(106)
参考文献	(106)
17 案例研究 2—成熟油田北 Apoi/Funiwa 研究	(107)
17.1 概述	(107)
17.2 目标	(110)
17.3 挑战	(110)

17.4	方法	(110)
17.5	提交成果	(111)
17.6	递减曲线分析	(113)
17.7	古典物质平衡	(113)
17.8	油藏模拟	(113)
17.9	贡献	(116)
17.10	结论	(116)
	参考文献	(116)
18	案例研究 3—水驱项目开发	(117)
18.1	概述	(117)
18.2	油藏数据	(118)
18.3	油藏模拟	(122)
18.4	产量和储量	(124)
18.5	经济评价	(126)
	参考文献	(130)
19	小型模拟实例	(131)
19.1	概述	(131)
19.2	垂直单井	(133)
19.3	侧向水平单井	(136)
19.4	单井—水锥	(138)
19.5	5 点水驱	(142)
	参考文献	(144)
	主要术语英汉对照	(145)
	单位换算表	(165)

1 绪 论

1.1 概述

正确的油藏管理活动包括:目标设置、规划、执行、监测、评价以及对不能实行规划的修正。一个项目的成功需要把人员、技术、工具、数据以及工作在一起作为合作团队的专业人员整合在一起。

一体化的计算机软件在油藏动态分析方面起到了很重要的作用,动态分析需要开发出一个管理规划,对油藏进行监测、评价和操作。这在日常的操作活动中也是非常有用的。

随着高性能油藏管理一体化地质科学(油藏描述)和工程(油藏生产动态)软件的出现,油藏建模技术取得了重要的突破。几个服务、软件和咨询公司已经开发并正在销售安装在通用平台上的一体化软件。不同学科的用户就像一个篮球队一样可以一起使用软件,而不像原来那样用类似接力棒的方式传递数据和结果。

本书展示了用于油藏动态分析的各种技术。由于结果取决于油藏模型的质量,因此,建立一个可靠的油藏模型就成为工作的重点,模型应包括地球物理、地质、岩石物理以及工程几个方面。书中将讨论一体化软件在开发油藏管理规划、监测、评价和操作方面的作用。内容包括:地质科学和工程数据的整合,以及用一体化软件分析全油田的动态、水平和垂直井生产、锥进井以及水驱型油藏生产情况。

1.2 内容与目标

本书是几年前开始出版的 Satter 和 Thakur 所著油藏管理丛书的第三本。第一本书是《一体化石油油藏管理》,第二本书是《一体化水驱资产管理》。在第二本书中用到了第一本书中的某些基本信息,在第三本书中也用到了。按照这种方式,随后出的书可看作为独立的书籍。

由两位工程师和一位地质学家写的这本书是为了说明油藏研究中所用的计算机软件在地质科学和工程方面的情况。几位作者合起来拥有超过 100 年的国内外油藏研究、油藏运作和管理方面的经验。

本书不是只为经验丰富的工程师们准备的,它同样适合于地质科学家、野外操作人员、经理、政府官员以及参与油藏研究和管理的其他人员。它提供了油藏分析中所用软件的全面知识。石油工程、地质科学、经济学和管理方面的学生也可从本书中受益匪浅。

很多地质科学和工程计算机软件提供了油藏动态分析信息,用于制定一个管理规划以及监测、评价和操作油藏。本书阐述了计算机软件在油藏管理中的作用、应用和重要性。其目的是为了帮助用户能更清楚地找到如何用计算机软件来管理油藏的最好方法。没有“一成不变”的方法,因为每个油藏都独具特色。

本书将是第一本展示地质科学、工程数据和计算机软件是如何整合在一起的书,来分析经

济可靠项目不同方案条件下的油藏动态情况。我们的目的不是发明新的车轮,而是把多年经历所积累的经验以及知识整合起来,来说明车轮是如何运转的。

本书不是为读者提供如何操作软件的经验。它解释了用户需要了解的软件背后“黑箱”的内容,提供基本知识以及对要解决问题的理解。我们提供了不同类型软件是如何运行的实例,包括输入数据和输出结果。例如,书中并不告诉如何完成测井解释,或者如何完成压力瞬态分析。相反,本书告诉读者应该用什么样的软件来完成特定的工作以及期望得到的东西。

总体上,书中展示了以下内容:

- (1)油藏管理概念/方法;
- (2)油藏动态分析所需要的技术;
- (3)用计算机软件说明油藏管理的实例。

1.3 组织

本书开篇对全书、内容和目标以及组织作了概述。

组织本书的思维过程按顺序描述如下:

(1)开始,第2章是关于一体化油藏管理,提供了掌握油藏管理所用计算机软件的必要背景。

(2)第3章讲述需要的地质科学和工程数据,建立一体化油藏模型(第4章),它提供了油藏动态分析的基础。

(3)第5、6、7、8、和9章分别是关于测井、地震、绘图、地质统计和试井分析的,提供了计算机软件的基本知识和应用情况。

(4)第10、11、12、13、14章讨论生产动态分析技术,如容积法、递减曲线、物质平衡和油藏模拟技术。

(5)第15章概述了独立的以及一体化的计算机软件。

(6)第16章针对新发现油田开发规划,进行全油田研究的实例。第17章是关于成熟油田研究,第18章讨论了水驱项目的开发情况。

(7)小型模拟在每天的的工作中发挥了重要的作用。第19章分析了垂直和水平单井、锥进井以及井网水驱动态的实例。

参考文献

1. Satter, A., and Thakur, G. C. : *Integrated Petroleum Reservoir Management : A Team Approach*, PennWell Books, Tulsa, Oklahoma (1994)
2. Thakur, G. C., and Satter, A. : *Integrated Waterflood Asset Management*, PennWell Books, Tulsa, Oklahoma (1998)