



Digital Oilfield in China

THEORY, PRACTICE AND DEVELOPMENT

数字油田在中国

——理论、实践与发展

高志亮 等 编著



科学出版社

数字油田在中国

——理论、实践与发展

高志亮 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在梳理和总结我国数字油田建设成就的基础上,系统地介绍了数字油田理论、实践与发展。全书共三篇十三章三个附录,是我国第一部以数字油田理论探索、数字油田技术与经济学以及数字油田发展与战略作为核心研究内容的专著,对我国数字油田建设和未来发展具有重要的指导作用。

本书可供油田企业领导者、决策者参考,也是石油地质、油藏工程专家的重要参考资料;可供石油院校、地质院校广大师生教学、科研参考,更是广大数字化、智能化管理者、建设者和 IT 界读者的必读之书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字油田在中国:理论、实践与发展/高志亮等编著. —北京:科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-032482-5

I. ①数… II. ①高… III. ①数字技术-应用-油田开发-研究-中国 IV. ①TE319

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 201030 号

责任编辑:韦 沁 朱海燕/责任校对:林青梅

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

竣工印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 10 月第一次印刷 印张:26 3/4

印数:1—1 500 字数:607 000

定价:89.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

我对油田企业不是太了解，但是，我对数字油田倒是很熟悉。因为，数字油田是数字地球提出后，在我国很活跃的一个新生事物。从1999年“数字油田”被提出，到长庆油田的数字化管理，再到胜利油田获得国家863计划项目——“数字油田关键技术研究”和新疆油田“全面建成数字油田”，开启智能油田建设及中海油的“海上大庆”的数字海洋等，相继都有很多的报道，我对这些事件印象深刻。

2009年，我应邀出席长安大学数字油田研究所在西安举行的数字油田高峰论坛，对数字油田有了更深入的了解；看到了由长安大学数字油田研究所高志亮等编著的《数字油田在中国——理论、实践与发展》一书的初稿，很是欣慰。据了解，这是截至目前我国唯一一本全面梳理和总结数字油田的著作。阅读全书对数字油田的来源，数字油田概念的内涵、外延，数字油田的理论、技术和发展趋势的介绍，使人更加全面地知晓我国数字油田的建设与发展过程。该书不但对数字油田的理论、技术、方法进行了深入的总结，而且还有很多创新。这在数字油田领域是一本难得的好书，值得一读。

能源建设在我国国民经济建设中占有重要的地位。我国长期以来依靠化石能源支持国民经济发展，随着化石能源需求不断提高，油气资源产量在逐年增长的同时，勘探开发的难度也在增加。近年来，我国油田企业提出二次创业，油气资源勘探开发向“深、老、边、贫、隐”进军，这样就需要先进思想引领，先进理论指导和先进技术作支持，数字油田技术正是21世纪以来，油田企业出现的最重要的先进技术之一，这对油田企业很重要。

数字油田是将油田全面数字化，整理集成了油田企业所有的数据，把数据作为资源和资产管理并有效利用；将数字油田作为平台，实现勘探开发一体化、地上地下一体化、经营管理一体化；利用数字油田先进技术对油藏进行精细化动态管理和精细化描述、研究，从而发现更多的剩余油，提高采收率。由此可见，数字油田对油田企业二次创业具有很重要的意义。希望数字油田能健康发展。

展，数字油田研究不断深入，数字油田为我国油田企业建设与发展中作出更大的贡献。

最后，祝贺《数字油田在中国——理论、实践与发展》的完成，并希望该书能成为我国数字油田的奠基之作。

刘志刚 教授

2011年8月30日

前 言

本书是一部总结分析我国数字油田建设与发展历史过程的著作。我们按照提出问题、探讨分析、给出路径的原则，从学术研究的立场出发，围绕我国数字油田建设的实践，客观地阐述事实、分析问题，力争做到不恭维，不批判，不带任何偏见。

数字油田的出现是石油石化信息化建设与发展的必然。不管数字油田这个概念由谁提出，也无论它诞生于何年，重要的是，它一经出现，就受到如此广泛的关注和认可，甚至在人们还没有准确界定内涵和外延的时候，数字油田的实践就已方兴未艾，并成就斐然。

十年来，伴随着我国各大油田轰轰烈烈的数字油田建设热潮，也出现了不少关于数字油田的学术争论。尽管我国学术界围绕数字油田进行了广泛而深入的研究，发表了不少相关著作与论文，但遗憾的是，至今尚未出现一部能够全面反映我国数字油田建设与研究成果的专著，这一方面反映出我国数字油田学术研究落后于数字油田的建设，另一方面也说明数字油田研究的难度所在。作为我国唯一一个从事数字油田研究的专业机构，长安大学数字油田研究所责无旁贷地承担了这一重任——编著《数字油田在中国——理论、实践与发展》。尽管我们深知这是一项具有挑战性的并且是前所未有的工作，在一定程度上超出了我们能力范围，但我们愿意大胆地尝试。之所以如此，一方面是不辜负我们研究所服务国家与社会的愿景；另一方面，也希望通过对我国数字油田建设的梳理和研究，抛砖引玉，为今后数字油田研究作出有意义的铺垫。

数字油田内容庞大，涉猎学科与专业众多，要对我国数字油田的建设实践和学术研究进行系统的梳理总结，其难度之大可想而知。加上本研究时间短促，研究团队水平有限，存在的问题和不足肯定不少。对于呈现在读者面前的这本专著，我们既深感欣慰，又忐忑不安。我们希望本专著能够在剖析我国数字油田建设与研究、提出我国数字油田的走向和趋势、分析我国数字油田建设的未来战略等方面有所贡献。我们愿意成为未来所有数字油田的支持者、建设者、

研究者们的铺路基石，为推动我国数字油田走向辉煌尽绵薄之力。

全书共计 40 余万字，包括三篇十三章和三个附件。其中，总论篇分四章，概述了数字油田及其理论产生与发展过程；专题篇分六章，从数字油田技术、数据、安全、管理、经济、价值与风险，论述了数字油田的建设与发展；战略·趋势篇分三章，探讨了数字油田的走向与未来。另外，还有关于数字油田建设总图、透明油田和评估体系等相关课题的三个附件。这些附件是我们研究所近年来关注和研究的问题，现初步成体系，还有部分课题正在研究与完善中。由于附件所涉及的内容无法在正文中占用过多篇幅，故而作为附件出现，供有兴趣的读者参考。

本书著者分工如下：

顾问：刘建朝教授。

章节分工和作者分别为：第 1 章、第 2 章由高志亮研究员、李峰研究员、康丽芳研究生完成；第 3 章、第 4 章部分章节及第 11 章由高志亮研究员、惠立研究生、郑琪研究生完成；第 5 章由晁会霞博士、张伟博士、宋艳萍研究生完成；第 6 章由付国民教授、宋昌顺工程师完成；第 7 章、第 4 章部分章节由张琦教授、刘大伟讲师、孙阳研究生完成；第 8 章由樊根耀教授、高倩研究生完成；第 9 章、第 10 章由高志亮研究员、王聪副教授、常象宇博士完成；第 12 章由陈石博士、梁宝娟博士完成；第 13 章由孙少波博士、谈继强高级工程师、支焕研究生完成。

书稿总体架构由李峰研究员、高志亮研究员设计，并制定了相应的写作标准。成稿后由张琦教授、樊根耀教授、高志亮研究员、王聪副教授通审了全稿，最终由高志亮研究员全面审定。所有英文目录翻译、文字校对和排版由郑琪、康丽芳、孙阳三位研究生完成，程国建教授通审了全部英文。

我们是研究数字油田的群体，大家不同程度地都具有从事油田工作、石油专业教学、油田技术研究的经历，但却没有一个人是数字油田专业出身的人。因为，我国还没有这样的学科培养专门的数字油田人才，所以，我们都还在学习与探索之中。长安大学数字油田研究所就是数字油田的“大讲堂”，我们每个人都在这个“大讲堂”中既当学生，又当先生。我们把数字油田研究作为事业，大家一起仰望星空，追求真理。今天，我们终于将这样一份不尽完美的研究成果奉献给读者。它是我们这个“大讲堂”多年来研习的结果，如果能为我国的

数字油田建设事业作出一点贡献的话，那是我们莫大的荣幸。

我们希望，这本著作能够对所有关心我国数字油田的读者有所助益。对于没有接触过数字油田的读者，能够达到普及数字油田知识的效果；对于从事过数字油田建设的人群，能够成为全方位总结分析数字油田建设历程的重要资料；对于探索、研究数字油田的研究者们，能够给予新的启迪；对于数字油田的高层领导们，可提供决策参考。但是，由于我们的水平有限，很有可能达不到这样的高度，希望广大读者多提宝贵意见。

在此，我们由衷地感谢国内各大油田的领导与同仁，没有他们的鼓励与支持，我们就不可能写出本书；我们要感谢那些已经毕业的硕士、博士研究生，他们是高鹏、王钰、郭花利、王亚妮、高原、王正良等，他们虽然没有参加本书的撰写，但却承担了大量的前期研究工作。

在本书撰写过程中，我们参考了众多学者、专家的研究专著、论文、会议报告、微博等公开与未公开的资料，在此表示感谢。主要文献在书中大多都有注释，但也有一些重要文献因未找到出处等原因没有在书中给予注释，这些疏漏，请各位作者见谅。如果有可能的话，我们将在以后适当的时候专门予以补登。

最后，在本书出版之际，我们特别要感谢长安大学各位领导、长安大学科技处、长安大学研究生部、长安大学地球科学与资源学院的全力支持与帮助。感谢科学出版社为此书操劳的工作人员。

长安大学数字油田研究所

2011年8月

目 录

序 前言

总 论 篇

第 1 章 从数字地球到数字油田	3
1.1 数字油田的由来	3
1.2 数字油田的背景	8
1.3 数字油田的概念	14
1.4 数字油田的特征与性质	21
1.5 数字油田的未来	27
1.6 小结	29
第 2 章 数字油田理论	31
2.1 数字油田理论研究与探索	31
2.2 数字油田的理论	43
2.3 数字油田的实践	57
2.4 小结	63
第 3 章 数字油田在中国	64
3.1 数字油田在大庆油田	64
3.2 数字油田在胜利油田	72
3.3 数字油田在新疆油田	77
3.4 数字油田在长庆油田	86
3.5 小结	91
第 4 章 数字油田发展阶段	92
4.1 数字油田阶段论	92
4.2 数字油田发展机遇	108

4.3 数字油田面临的挑战	116
4.4 小结	121

专 题 篇

第5章 数字油田技术	125
5.1 数字油田技术沿革	125
5.2 数字油田主要技术	130
5.3 数字油田关键技术	148
5.4 数字油田技术趋势	150
5.5 小结	155
第6章 数字油田数据	156
6.1 油田数据及其多源性	156
6.2 数字油田数据的建设	161
6.3 数字油田数据的质量	167
6.4 数字油田数据的应用	172
6.5 小结	184
第7章 数字油田安全	185
7.1 数字油田安全的意义与特点	186
7.2 数字油田安全的现状	188
7.3 数字油田安全应对策略	193
7.4 数字油田安全的未来趋势	201
7.5 小结	207
第8章 数字油田管理	208
8.1 数字油田管理概念	208
8.2 数字油田信息战略管理	212
8.3 数字油田组织管理	219
8.4 数字油田管理创新及策略	228
8.5 数字油田管理未来趋势	231
8.6 小结	235

第 9 章 数字油田经济学	237
9.1 数字油田经济学概述	237
9.2 油田经济效益分析	243
9.3 数字油田投入与产出评价方法	251
9.4 数字油田绩效的对比评价	259
9.5 小结	266
第 10 章 数字油田的价值与风险	267
10.1 数字油田的价值	267
10.2 数字油田控制经济评价与应用	274
10.3 数字油田的贡献	277
10.4 数字油田的风险与风险控制	282
10.5 小结	288

战略·趋势篇

第 11 章 数字油田发展趋势	291
11.1 数字油田建设的基本估计	291
11.2 数字油田建设方法论及其体系	303
11.3 数字油田建设发展趋势	309
11.4 数字油田面临的难题与应对的措施	320
11.5 小结	323
第 12 章 数字油田战略	325
12.1 数字油田战略格局及发展战略	325
12.2 中国数字油田建设战略	337
12.3 从数字油田到智慧油田的战略	346
12.4 小结	350
第 13 章 数字油田服务运维	352
13.1 数字油田服务运维特征	352
13.2 数字油田服务运维模式研究	358
13.3 数字油田服务运维趋势	364
13.4 小结	369

参考文献	370
附录 A 关于“数字油田建设总图”的构想说明.....	374
附录 B “透明油田”建设及其关键技术研究.....	386
附录 C 数字油田评估体系研究.....	399

Contents

Foreword

Introduction

General Discussion

Chapter I From Digital Earth to Digital Oilfield	3
1.1 Original of Digital Oilfield	3
1.2 Background of Digital Oilfield	8
1.3 Concept of Digital Oilfield	14
1.4 Digital Oilfield Characters and Properties	21
1.5 Digital Oilfield Future	27
1.6 Summary	29
Chapter II Digital Oilfield Theories	31
2.1 Digital Oilfield Theory Researches and Explorations	31
2.2 Digital Oilfield Theories	43
2.3 Digital Oilfield Practices	57
2.4 Summary	63
Chapter III Digital Oilfield in China	64
3.1 Digital Oilfield in Daqing Oilfield	64
3.2 Digital Oilfield in Shengli Oilfield	72
3.3 Digital Oilfield in Xinjiang Oilfield	77
3.4 Digital Oilfield in Changqing Oilfield	86
3.5 Summary	91
Chapter IV Stages of Digital Oilfield Development	92
4.1 Digital Oilfield Stages Theory	92
4.2 Digital Oilfield Development Opportunities	108

4.3	Digital Oilfield Challenges	116
4.4	Summary	121

Specific Topics

Chapter V	Digital Oilfield Technology	125
5.1	Digital Oilfield Technology Evolution	125
5.2	Main Technology of Digital Oilfield	130
5.3	Key Technology of Digital Oilfield	148
5.4	Digital Oilfield Technology Trends	150
5.5	Summary	155
Chapter VI	Digital Oilfield Data	156
6.1	Oilfield Data and Its Polyphony	156
6.2	Data Construction of Digital Oilfield	161
6.3	Data Quality of Digital Oilfield	167
6.4	Data Application of Digital Oilfield	172
6.5	Summary	184
Chapter VII	Digital Oilfield Security	185
7.1	Importance and Characteristics of Digital Oilfield Security	186
7.2	Current Status of Digital Oilfield Security	188
7.3	Digital Oilfield Security Defensive Strategies	193
7.4	Digital Oilfield Security Future Trends	201
7.5	Summary	207
Chapter VIII	Digital Oilfield Management	208
8.1	Digital Oilfield Management Concept	208
8.2	Information Strategic Management in Digital Oilfield	212
8.3	Digital Oilfield Organization Management	219
8.4	Digital Oilfield Management Innovation and Strategy	228
8.5	Digital Oilfield Management Future Trends	231
8.6	Summary	235

Chapter IX Digital Oilfield Economics	237
9.1 Digital Oilfield Economics Overview	237
9.2 Oilfield Economical Profit Analysis	243
9.3 Digital Oilfield Investment and Return Evaluating Method	251
9.4 Digital Oilfield Performance Contrast Evaluating	259
9.5 Summary	266
Chapter X Digital Oilfield Values and Adventures Control	267
10.1 Digital Oilfield Values	267
10.2 Digital Oilfield Economical Evaluation and Application	274
10.3 Digital Oilfield Contribution	277
10.4 Digital Oilfield Risk and Its Control	282
10.5 Summary	288

Strategies and Trends

Chapter XI Digital Oilfield Development Trends	291
11.1 Basic Estimation of Digital Oilfield Construction	291
11.2 Digital Oilfield Construction Methodology and System	303
11.3 Digital Oilfield Developing Trends	309
11.4 Digital Oilfield Facing Problems and Solutions	320
11.5 Summary	323
Chapter XII Digital Oilfield Strategies	325
12.1 Digital Oilfield Strategies Pattern and Developing Strategies	325
12.2 Chinese Digital Oilfield Construction Strategies	337
12.3 Strategy from Digital Oilfield to Intelligent Oilfield	346
12.4 Summary	350
Chapter XIII Digital Oilfield Service Operation and Maintenance	352
13.1 Service Operation and Maintenance Characteristics in Digital Oilfield	352
13.2 Service Operation and Maintenance Model Research in Digital Oilfield	358

13.3 Service Operation and Maintenance Trends in Digital Oilfield	364
13.4 Summary	369
Key References	370
Appendix I Description of Digital Oilfield Construction General Plan	374
Appendix II Transparent Oilfield Construction and Key Technology Research	386
Appendix III Digital Oilfield Evaluation System Research	399

总 论 篇