

国外油气勘探开发新进展丛书

GUOWAIYOUQIKANTANKAIFAXINJINZHANCONGSHU

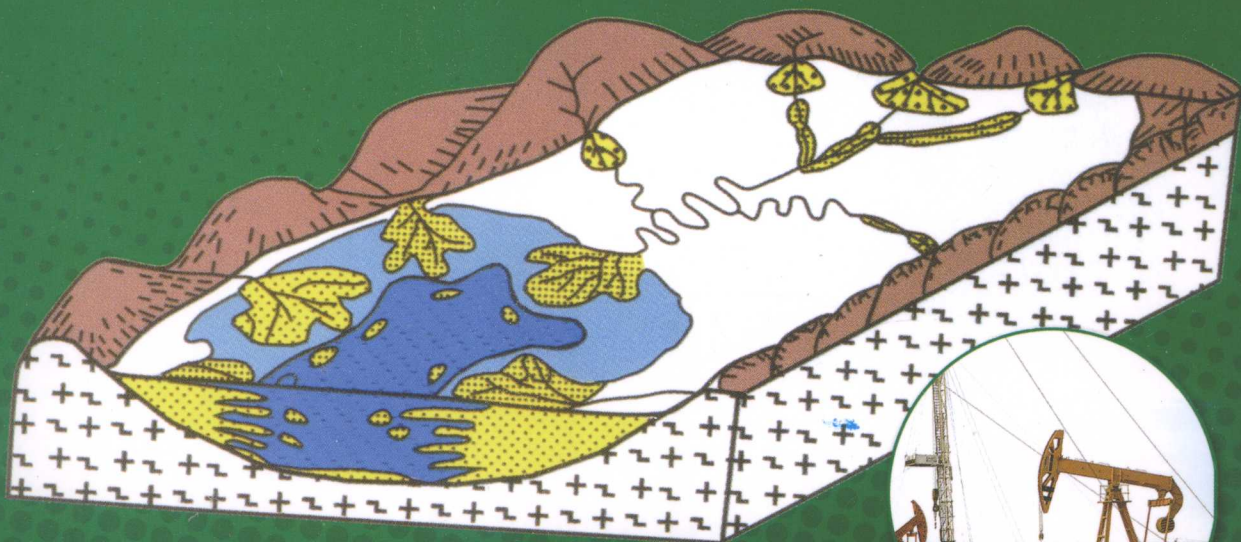


Well Production Practical Handbook

油井生产实用手册

[法]亨利·乔利特 著

王俊亮 刘岩 姬晓强 张港生 译



石油工业出版社

国外油气勘探开发新进展丛书(七)

油井生产实用手册

[法] 亨利·乔利特 著

王俊亮 刘岩 姬晓强 张港生 译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书主要包括：油套管、封隔器和连续油管技术；基于流体流变学的压力损失计算、地层保护、补救性地层清洁和防砂；水力压裂和基岩酸化；水平井和多分支井分类、压降和流动类型；控水、稠油、人工举升和垢处理等。针对每项技术都提供了用于油田设计和产量控制的基本参数和物理学定律、目前装备和工业应用、油井设计和完井的公式等。

本书适合从事与油井生产有关的油藏、钻井、完井和井下作业等相关技术人员及科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

油井生产实用手册/[法]亨利·乔利特著；王俊亮等译。

北京：石油工业出版社，2009，9

(国外油气勘探开发新进展丛书；7)

书名原文：Well Production Practical Handbook

ISBN 978-7-5021-7290-9

I. 油…

II. ①亨… ②王…

III. 采油井-技术手册

IV. TE2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 124768 号

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书经 Editions Technip 授权翻译出版，中文版权归石油工业出版社所有，侵权必究。

著作权合同登记号图字：01-2008-1468

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

发行部：(010) 64210392

经 销：全国新华书店

排 版：北京时代澄宇科技有限公司

印 刷：北京晨旭印刷厂

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本：1/16 印张：25.25

字数：626 千字

定价：98.00 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（七）》

编 委 会

主 任：赵政璋

副 主 任：杜金虎 张卫国

编 委（按姓氏笔画排序）：

马 纪 王俊亮 邓金根

刘德来 吴因业 冷鹏华

周家尧 徐利军 章卫兵

序

为了及时学习国外油气勘探开发新理论、新技术和新工艺，推动中国石油上游业务技术进步，本着先进、实用、有效的原则，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织多方力量，对国外著名出版社和知名学者最新出版的、代表最先进理论和技术水平的著作进行了引进，并翻译和出版。

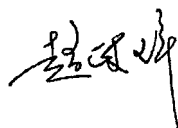
从2001年开始，在跟踪国外油气勘探、开发新理论新技术和最新出版动态的基础上，从生产需求出发，通过优中选优已经翻译出版了6辑34本专著。在这套系列丛书中，有些代表了某一专业的最先进理论和技术水平，有些非常具有实用性，也是生产中所亟需。这些译著发行后，受到了企业和科研院校广大生产管理、科技生产实践人员的欢迎，在实用中发挥了重要作用，达到了促进生产、更新知识、提高业务水平的目的。该套系列丛书也获得了我国出版界的认可。2002年丛书第2辑整体获得了中国出版工作者协会颁发的“引进版科技类优秀图书奖”，2006年丛书第4辑的《井喷与井控手册》再次获得了中国出版工作者协会的“引进版科技类优秀图书奖”，产生了很好的社会效益。

2009年在前6辑出版的基础上，经过多次调研、筛选，又推选出了国外最新出版的6本专著，即《天然气测量手册》、《地面工程合同》、《盆地分析与模拟》、《油井生产实用手册》、《层序地层学原理》、《石油工程岩石力学》，以飨读者。

在本套丛书的引进、翻译和出版过程中，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员担任翻译和审校人员，使得该套丛书能以较高的质量和效率翻译出版，与广大读者见面。

希望该套丛书在相关企业、科研单位、院校的生产和科研中发挥应有的作用。

中国石油天然气股份有限公司副总裁



译者前言

《油井生产实用手册》一书是法国石油天然气研究中心出版的一部专业工具书，内容涉及油田开发与油井生产的各个方面。翻译本书的目的除了直接向中国的石油工程师和操作人员提供油井生产的实用参考资料，为油田现场实际的生产难题提供快速简单的解决方案，更在于开阔国内读者的视野，为国内石油工程师与国际同行的技术交流提供载体，把国外最新的开发生产技术拿来为我所用，以期达到更新知识、提高技术水平、促进生产的效果。

本书共分 26 章，翻译本书历时长达一年的时间，几易其稿，反复修改。全书由大庆油田有限责任公司第三采油厂王俊亮、刘霞，第二采油厂侯玉芳、陈红春、张兴佳，中国石油勘探开发研究院廊坊分院刘岩，渤海钻探第一定向井公司姬晓强、张港生等同志翻译。全书由王俊亮审校。

在本书翻译过程中得到了中国石油大学周广胜博士后的指导和帮助，在此表示诚挚的谢意。

限于译者的专业局限性，书中不妥之处，祈望专家、读者指正。

译者

2009 年 7 月

原书序

为了达到分配到单井的高产量目标，钻井和完井工程师们不得不解决不断增多的复杂油井设计问题。

随着装备的不断进步，以及对涉及到的复杂现象更深入地理解，许多新的技术可供选择。此外，井眼轨迹已经发生变化，水平井、多分支井和大位移井技术的应用变得很平常。

这些变化已经使钻井、固井和完井技术方面有了显著的进步。此外，油藏、钻井和完井工程师作为一个团队，协同工作已经越来越普及。本书写给所有与油井产量有关的工程师们，目的是对油井设计相关的不同的现象和技术提供精确的信息和概述。

本书内容主要包括以下一些主题：

油井技术：油套管、封隔器和连续油管技术。

油井产量评价和控制：基于流体流变学的压力损失计算、地层保护、补救性地层清洁和防砂。

增产：水力压裂和基岩酸化。

水平井和多分支井：分类、压降和流动类型。

生产改善：控水、稠油、人工举升、垢处理。

针对每一个主题都提供了以下信息：用于油井设计和产量控制的基本参数和物理学定律；目前的装备和工业应用，包括新的、最近设计的技术；用于油井设计和完井的公式。

法国石油天然气研究中心

钻井和生产研究发展部主任：

杰奎琳·勒库尔蒂尔

原书前言

近年来油井生产技术取得了显著的进步。因此，在这个领域编写一本新的使用手册对于现场工程师来说，应该是很有使用价值的。

本书将提出油田开发和油井生产的完全、详尽的观点并提供丰富的实用信息。本书旨在为石油工程师和油田操作人员提供参考指南，也为遇到实际问题提供现有的可行的解决方案。本书覆盖了油田能够遇到的大多数情况，读者将会看到目前在用的一些指导原则、建议、公式以及表格。甚至当一些工作外包给服务公司时，参考本手册将帮助油田管理人员能够更好地监督外包的工作和生产情况。

在油田开发中，对既定问题选择一个解决方案要应用许多信息。本书中的信息来源于广泛的石油工业的资料和综述，也来源于在 SPE 以及其他一些国际会议发表过的论文。在每一章的结尾以及在图表的说明中，大量的参考资料将会帮助有兴趣的读者进一步研究某一专题的更多细节。

为了公式使用的方便，本书列举了许多例子。同时，单位采用了公制和美制单位两种方式来表达。这些单位符号的使用为 SPE 董事会的推荐。

因此，本书既是一本指南，又是一本手册。在本书中，操作人员能够找到生产难题的答案，以及找到在油田开发中遇到的大部分问题的快速、简单的解决方法。

亨利·乔利特

鸣 谢

油井生产是一个十分广泛的领域，包括了油藏分析，油井产量分析，增产技术，在水平井、斜井和多分支井中的单相和多相生产，控水和气侵问题，沉积处理，油井维护，下套管修井，标准和经济评价等。一个人不可能是所有这些领域里的专家，因此我特别感谢我在 IFP 的前同事们，石油公司和服务公司的工程师们以及石油咨询顾问们。

IFP 学校教授们发表的著作为我提供了丰富的实用信息。《钻井数据手册》对本书前两章的工作起到特别大的作用。

在 SPE 和 AFTP 会议上，我有幸与与会者、分会主席和组委会成员一起讨论，并在大家的意见中受益匪浅。

我真诚地感谢他们。感谢 TECHNIP 出版公司帮助使本书面世。

没有我的妻子的理解和支持，本书漫长的准备工作就无法完成。感谢我的妻子。

亨利·乔利特

目 录

1 基本数据	(1)
1.1 国际单位制	(1)
1.2 温度转换表	(9)
1.3 相对密度和 API 度对照表	(10)
1.4 运动黏度转换表	(11)
1.5 数值常数和数学公式	(14)
1.6 三角函数公式	(15)
1.7 关于面积和体积的几何公式	(16)
1.8 水平圆桶形容器的容积	(17)
1.9 材料力学和强度	(18)
1.10 电学 (直流电)	(22)
1.11 电学 (交流电)	(24)
1.12 主要化学符号、原子序数和相对原子质量	(25)
1.13 不同材料和液体的相对密度	(26)
1.14 金属的物理特性	(27)
1.15 地层时序表	(28)
参考文献	(28)
2 套管和油管	(29)
2.1 导言	(29)
2.2 套管的几何特性	(29)
2.3 油管尺寸和质量	(32)
2.4 油管钢级和张力要求	(34)
2.5 油管连接	(40)
2.6 螺纹连接的上扣	(42)
2.7 API 和偏梯形油管螺纹形式	(46)
2.8 油管伸长	(47)
2.9 油管运动公式	(47)
2.10 油管容积	(48)
2.11 油管—套管环空容积	(51)
参考文献	(53)

3 连续油管	(54)
3.1 连续油管作业机的结构设计	(54)
3.2 修井安全	(55)
3.3 连续油管工艺和性能	(57)
3.4 砂子和固体的冲洗	(61)
3.5 轻质流体的自喷井	(61)
3.6 辅助测井和射孔的连续油管	(62)
3.7 固井	(63)
3.8 打捞	(63)
3.9 速度管	(64)
3.10 生产应用	(65)
3.11 新型复合可缠绕油管	(68)
参考文献	(68)
4 封隔器	(70)
4.1 导言	(70)
4.2 油管与封隔器的连接	(70)
4.3 封隔器的不同类型	(70)
4.4 油管反应特性	(73)
4.5 封隔器的计算	(75)
4.6 ISO 14310	(78)
参考文献	(78)
5 压力损失	(79)
5.1 流动类型	(79)
5.2 套管和油管中的压力损失	(80)
5.3 环空中的压力损失	(81)
参考文献	(83)
6 油藏基础	(84)
6.1 油藏岩石的性质	(84)
6.2 原油性质	(91)
6.3 地层水性质	(93)
6.4 气体性质	(94)
参考文献	(98)
7 油井产能	(99)
7.1 近井地带原油的流动	(99)

7.2	试井分析方法	(107)
7.3	流入动态关系 (IPR) 泡点压力下油井生产的采油指数: VOGEL 方法	(112)
	参考文献	(115)
8	地层伤害控制	(116)
8.1	地层伤害预防	(116)
8.2	地层伤害补救措施	(121)
8.3	地层伤害测试的推荐做法	(123)
	参考文献	(125)
9	防砂	(126)
9.1	砂岩地层特性和地质学	(126)
9.2	砾石充填	(126)
9.3	滤砂管安装与砾石充填工艺原则	(134)
9.4	选择防砂方法的原则	(138)
9.5	水平井砾石充填、现场操作指南	(141)
	参考文献	(141)
10	增产措施	(143)
10.1	导言	(143)
10.2	水力压裂	(143)
10.3	基岩酸化	(156)
10.4	酸压	(160)
10.5	裂缝充填	(161)
10.6	压裂增产的射孔要求	(162)
	参考文献	(163)
11	水平井和多分支井	(164)
11.1	水平井的产量	(164)
11.2	水平井的压降	(167)
11.3	水平井流动类型	(169)
11.4	多分支井	(170)
	参考文献	(175)
12	地层水管理	(176)
12.1	储层岩石的基本油水流动特性	(176)
12.2	水驱	(177)
12.3	水锥	(179)
12.4	生产井控水	(181)

12.5	井下油水分离 (DHOWS)	(187)
12.6	重要信息	(187)
	参考文献	(188)
13	提高稠油采收率	(190)
13.1	稠油特性	(190)
13.2	稠油生产中的问题	(192)
13.3	常温生产技术	(194)
13.4	提高采收率 (EOR) 方法的一般分类	(194)
13.5	蒸汽辅助重力驱替和蒸汽抽提方法	(198)
	参考文献	(200)
14	人工举升	(202)
14.1	常用方法	(202)
14.2	生产的标准	(203)
14.3	在泵入口的 GOR 计算	(205)
	参考文献	(207)
15	游梁式抽油机和其他连杆泵	(208)
15.1	综述	(208)
15.2	井下有杆泵	(209)
15.3	抽油杆	(212)
15.4	抽油机	(214)
15.5	长冲程抽油机	(217)
15.6	起重式抽油机	(217)
	参考文献	(219)
16	气举	(220)
16.1	气举的类型	(220)
16.2	连续流气举体系的设计	(220)
16.3	间歇流装置的设计	(228)
16.4	压缩机系统的设计	(230)
16.5	附录: 用于气举的气体基础	(232)
	参考文献	(234)
17	电潜泵	(235)
17.1	水力基础知识	(235)
17.2	电力基础知识	(236)
17.3	潜油设备的描述	(239)

17.4	泵的选择	(240)
17.5	计算电潜泵装置电机启动条件的过程	(241)
	参考文献	(246)
18	螺杆泵	(247)
18.1	一般描述	(247)
18.2	螺杆泵特性	(249)
18.3	螺杆泵选择	(251)
18.4	螺杆泵的地面驱动	(254)
18.5	插入式螺杆泵	(257)
18.6	电潜螺杆泵	(258)
	参考文献	(260)
19	水力泵	(261)
19.1	综述	(261)
19.2	活塞型水力泵	(261)
19.3	射流泵	(266)
	参考文献	(270)
20	多相泵抽和计量	(271)
20.1	多相泵抽	(271)
20.2	流量计量一般方程式	(277)
20.3	流量计量的实际数据	(279)
20.4	流态	(284)
20.5	多相仪表的分类	(284)
20.6	性能规范	(287)
20.7	多相仪表的测量技术	(289)
	参考文献	(291)
21	沉积物的处理	(293)
21.1	沥青质沉积物	(293)
21.2	水化物	(296)
21.3	蜡(石蜡)	(301)
21.4	垢	(302)
	参考文献	(304)
22	修井	(307)
22.1	井控操作	(307)
22.2	电缆作业	(307)

22.3	井下安全阀	(309)
22.4	不压井起下管柱	(312)
22.5	钻杆测试 (DST)	(314)
22.6	修井设计	(316)
	参考文献	(317)
23	对套管井的测井和成像	(319)
23.1	地层评价	(319)
23.2	水泥胶结评价	(327)
23.3	井下套管检查	(331)
23.4	生产测井	(335)
23.5	其他套管井措施	(347)
23.6	成像	(348)
23.7	电缆测井的发展	(350)
	参考文献	(351)
24	投资决策的财务公式	(353)
24.1	基本公式	(353)
24.2	现值和资金的机会成本	(353)
24.3	用于油田开发的现值法	(354)
24.4	作出明智的投资决策: 净现值和备选投资标准	(355)
	参考文献	(357)
25	石油生产的标准名录	(372)
25.1	导言	(372)
25.2	管状物	(372)
25.3	阀门和井口设备	(373)
25.4	钢丝绳	(374)
25.5	生产设备	(374)
25.6	矿场生产容器	(375)
25.7	浅海安全和防污染设备	(375)
25.8	塑料管材	(376)
25.9	海下开发	(376)
25.10	常规产品	(376)
	参考文献	(377)
26	术语表	(378)
	参考文献	(383)

1 基本数据

1.1 国际单位制

国际单位制通常也称为 SI 单位制。从美国石油工业单位制转换为 SI 单位制的进程是缓慢的。国际单位制基本量和单位在表 1.1 中列出。一些常用的导出单位在表 1.2 中列出。

使用国际单位制表示范围在 10^{18} 到 10^{-18} 的指数倍增的前缀在表 1.3 中列出。

在公司中工程师和操作人员经常应用的一些国际单位制单位和换算系数在表 1.4 中列出。

表 1.1 国际单位制基本量^[1,2]
(来源:SPE,国际单位制公制单位和 SPE 公制标准)

基本量	国际单位制 单位	国际单位制 单位符号	数字公式的 SPE 字母符号
长度	米	m	<i>L</i>
质量	千克	kg	<i>m</i>
时间	秒	s	<i>t</i>
电流	安培	A	<i>I</i>
热力学温度	开尔文	K	<i>T</i>
物质的量	摩尔	mol	<i>n</i>
发光强度	坎德拉	cd	

表 1.2 常用导出国际单位制单位^[1,2]
(来源:SPE,国际单位制公制单位和 SPE 公制标准)

量	单位	国际单位制单位符号	表示式
加速度	米/秒 ²	...	m/s ²
角加速度	弧度/秒 ²	...	rad/s ²
角速度	弧度/秒	...	rad/s
面积	平方米	...	m ²
摄氏温度	摄氏度	℃	K
密度	千克/米 ³	...	kg/m ³
电容	法拉	F	A · s/V(= C/V)
电荷	库仑	C	A · s
电导	西门子	S	A/V
电感	亨利	H	V · s/A

续表

量	单位	国际单位制单位符号	表示式
电位,电压,电动势	伏特	V	W/A
电阻	欧姆	Ω	V/A
能,功,热量	焦耳	J	N · m
熵	焦耳/开尔文	...	J/K
力、重力	牛顿	N	kg · m/s ²
频率	赫兹	Hz	1/s
功率、辐射通量	瓦特	W	J/s
压力、应力	帕斯卡	Pa	N/m ²
电荷量	库仑	C	A · s
热量	焦耳	J	N · m
比热	焦耳/千克 · 开尔文	...	J/(kg · K)
压力	帕斯卡	Pa	N/m ²
热传导率	瓦特/米 · 开尔文	...	W/(m · K)
速度	米/秒	...	m/s
动力黏度	帕斯卡秒	...	Pa · s
运动黏度	平方米/秒	...	m ² /s
体积	立方米	...	m ³
功	焦耳	J	N · m

表 1.3 国际单位制前缀^[1,2]
(来源:SPE,国际单位制公制单位和 SPE 公制标准)

倍增系数	国际单位制前缀	国际单位制前缀符号
1000000000000000000 = 10 ¹⁸	exa	E
1000000000000000 = 10 ¹⁵	peta	P
1000000000000 = 10 ¹²	tera	T
100000000 = 10 ⁸	giga	G
10000 = 10 ⁴	mega	M
1000 = 10 ³	kilo	k
100 = 10 ²	hecto	h
10 = 10	deca	da
0.1 = 10 ⁻¹	deci	d
0.01 = 10 ⁻²	centi	c
0.001 = 10 ⁻³	milli	m
0.000001 = 10 ⁻⁶	micro	μ
0.000000001 = 10 ⁻⁹	nano	n
0.000000000001 = 10 ⁻¹²	pico	p
0.0000000000000001 = 10 ⁻¹⁵	femto	f
0.000000000000000001 = 10 ⁻¹⁸	atto	a