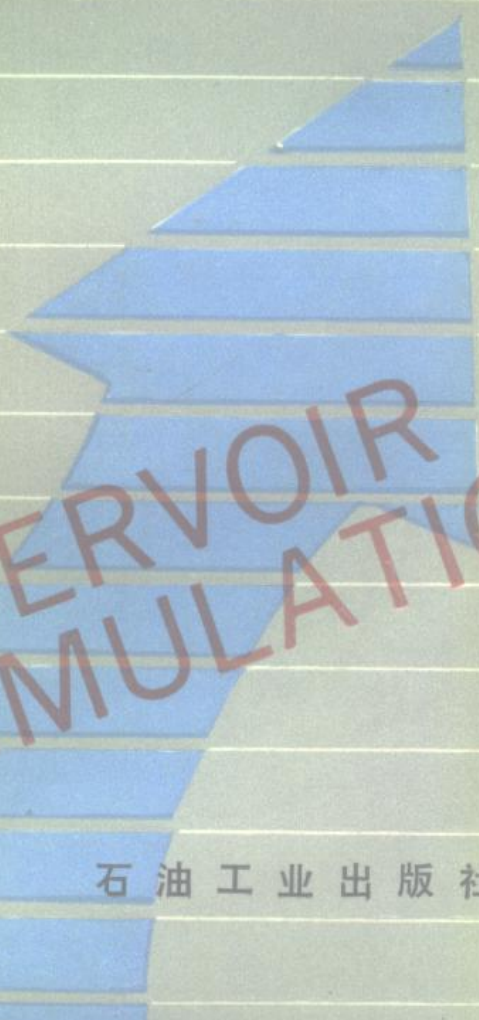


〔美〕 M.J.埃克诺米德斯 K.G.诺尔蒂 等著

油藏增产措施

（增订本）



RESERVOIR
STIMULATION

石油工业出版社

054804



油藏增产措施

(增订本)

〔美〕 M.J. 埃克诺米德斯 等著

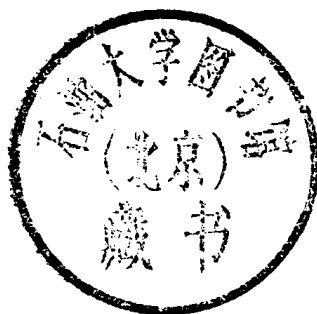
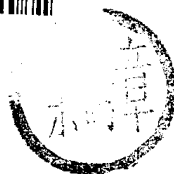
K.G. 诺尔蒂

康德泉 周春虎 等译

李 盈 向世琪



200422186



石油工业出版社

0729-28

MICHAEL J. ECONOMIDES
KENNETH G. NOLTE
RESERVOIR STIMULATION
(SECOND EDITION)
SCHLUMBERGER EDUCATIONAL
SERVICES, 1989
U.S.A

•
油藏增产措施
(增订本)

〔美〕M.J. 埃克诺米德斯 等著
K.G. 诺尔蒂
康德泉 周春虎 等译
李 盈 向世琪

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

•
850×1168毫米32开本 25印张 5插页 655千字 印1—3,000
1991年6月北京第1版 1991年6月北京第1次印刷
ISBN 7-5021-0466-6/TE·447
定价: 9.70 元

内 容 提 要

“油藏增产措施”一书系由目前十多位著名研究者撰写而成的。该书从基本原理入手，并结合目前的新技术方法，全面地论述了涉及这一复杂石油工程领域里的各个方面。本专著的论述从油藏工程概念出发，从实现增产措施进一步合理化开始，继之是水力压裂、基岩酸化、酸化压裂和有关水平井及斜井的增产措施内容。对于地层伤害，亦有专章阐述。全书共十九章，每章都附有重要的参考文献。附录部分示出了岩石性质、用液性能和特性以及实验技术。

本著作的读者对象是石油和天然气开发、开采的工程师和科研人员以及石油大专院校有关专业的师生。亦可供地应力研究者和煤炭开采工作者参考。

全书由李湜(序言、绪论,第三、六、十一章及第八章部分)、康德泉(第一、二、七、九、十、十七章、第八章部分、附录A及术语表)、向世琪(第四、五章及附录B、C)、周春虎(第十二~十六章)、崔红升(第十八章)、阎熙照(第十九章)共同译出。

本书的作者名单：

Usman Ahmed
Kamel Ben-Naceur
Vernon G. Constien
Curtis W. Crowe
Gérard Daccord
Nicole Doerler
Michael J. Economides
Jack L. Elbel
Janet Gulbis
M. King Hubbert
Richard Z. Lemanczyk
Olivier M. Lietard
Hai-Zui Meng
Kenneth G. Nolte
Hervé G. Perthuis
Bernard M. Piot
Laurent P. Prouvost
J-C. Roegiers

作者简介

M.J.埃克诺米德斯(Michael J.Economides)是美国得克萨斯州休斯敦道厄尔·斯伦贝谢公司的高级总工程师。他在堪萨斯大学取得过理学士和理科硕士学位,并从斯坦福大学获得了哲学博士学位。他是阿拉斯加大学石油工程的创始人和教授。他在欧洲担当过道厄尔·斯伦贝谢公司的油藏工程经理和增产措施经理,并著过两部书及有过40多年的技术论著生涯。他已担任了SPE油藏工程委员会的主任和SPE技术今日系列委员会(SPE Technology Today Series Committee)的主任之职。

K.G.诺尔蒂(Kenneth G.Nolte)是道厄尔·斯伦贝谢公司的高级总工程师,并有过水力压裂科学研究和销售的工作任务。先前他是Nolte-Smith公司的主持人和与阿莫科采油公司相关的科学研究的领衔人,16年来,他在该公司工作于海上与北极区的工艺技术和水力压裂。诺尔蒂博士是在伊利诺伊大学和布朗大学获得的工程学位。他已写作了20多篇杂志出版物以及获有相关材料特性、钻井、海上技术和压裂的七项专利权。他是1986—1987年度SPE卓越的讲演者。

目 录

序言	(1)
参考文献	(11)
绪论	(13)
第一章 储层增产措施作业的合理性	(18)
1-1 引言	(18)
1-2 压力不稳定变化分析的基本原理	(18)
1-2.1 在无限作用的油藏中以稳产开采的井扩散方程 式的解	(19)
1-2.2 迭加原理、压力恢复分析及按相对井位迭加	(23)
1-2.3 气井测试	(27)
1-2.4 拟压力函数	(28)
1-2.5 分析图板拟合法与干扰分析	(29)
1-2.6 双孔隙系统的压力不稳定变化分析	(33)
1-2.7 压力导数	(35)
1-3 井和油藏的分析	(40)
1-3.1 酸化井和表皮分析	(43)
1-3.2 表皮效应分量	(45)
1-3.3 因局部完井和偏心的表皮效应	(45)
1-3.4 炮眼表皮效应	(51)
1-3.5 致密地层的压裂和总的特性	(54)
1-3.6 估算最大储层的渗透率	(56)
1-3.7 推荐致密地层井分析的方法	(57)
1-4 结论	(62)
参考文献	(62)
第二章 岩石力学的要点	(65)
2-1 引言	(65)
2-2 基本概念	(66)
2-2.1 应力	(66)

2-2.2	应变	(68)
2-2.3	应力与应变关系	(69)
2-2.4	孔隙压力和有效应力	(72)
2-2.5	破裂准则	(74)
2-3	有关的岩石性质及其度量	(75)
2-3.1	单轴和三轴的试验	(75)
2-3.2	孔隙度和渗透率	(78)
2-3.3	压缩性	(83)
2-3.4	裂缝韧度	(84)
2-3.5	动态性质	(87)
2-4	就地应力及其确定	(88)
2-4.1	原始应力	(88)
2-4.2	构造应力	(91)
2-4.3	地形对应力的作用	(91)
2-4.4	其它的应力	(92)
2-4.5	诱发的应力	(92)
2-4.6	就地应力场的重要性	(94)
2-4.7	现场技术	(95)
2-4.8	实验技术	(99)

参考文献	(102)
-------------	---------

第三章 水力裂缝的模拟	(108)
--------------------	---------

3-1	引言	(108)
3-2	守恒定律和本构方程式	(109)
3-2.1	基本定律	(109)
3-2.2	本构方程	(112)
3-3	裂缝扩展模型	(114)
3-3.1	线弹性裂缝力学 (LEFM)	(114)
3-3.2	裂缝扩展准则	(117)
3-3.3	裂缝扩展模型的一般认识	(118)
3-3.4	二维模型	(120)
3-3.5	径向模型	(129)
3-3.6	拟三维模型	(131)
3-3.7	三维模型	(134)

3-3.8	注入时的压力变化趋势.....	(138)
3-4	流体流动模型.....	(139)
3-4.1	流体流变学.....	(139)
3-4.2	支撑剂的输送.....	(140)
3-4.3	滤失.....	(145)
3-4.4	热传递.....	(151)
3-4.5	可压缩流体.....	(154)
3-5	酸压裂.....	(156)
3-5.1	模拟反应速率.....	(156)
3-5.2	酸压裂应用例题.....	(159)
3-5.3	酸液滤失.....	(160)
3-5.4	粘滞指进.....	(160)
3-5.5	酸压裂的导流能力.....	(162)
3-6	结论.....	(163)
参考文献		(164)
第四章 压裂液化学		(171)
4-1	引言.....	(171)
4-2	水基液.....	(171)
4-2.1	聚合物.....	(172)
4-2.2	交联剂.....	(176)
4-3	油基液.....	(180)
4-4	多相液.....	(182)
4-4.1	泡沫液.....	(182)
4-4.2	乳化液.....	(183)
4-5	添加剂.....	(184)
4-5.1	缓冲剂.....	(184)
4-5.2	杀菌剂.....	(184)
4-5.3	稳定剂.....	(185)
4-5.4	破胶剂.....	(185)
4-5.5	表面剂.....	(187)
4-5.6	粘土稳定剂.....	(188)
4-5.7	液体滤失添加剂.....	(189)
4-6	施工.....	(191)

4-6.1	混配	(191)
4-6.2	质量保证	(192)
参考文献		(193)
第五章 压裂液和支撑剂特征描述		(199)
5-1	引言	(199)
5-2	流变学	(200)
5-2.1	流体的基本关系	(200)
5-2.2	流体性能	(201)
5-2.3	幂律模式	(202)
5-3	剪切和温度对流体性质的影响	(203)
5-3.1	压裂液微结构特征	(213)
5-4	泡沫压裂液	(214)
5-5	悬浮液流变性	(215)
5-6	支撑剂输送	(218)
5-6.1	由液体流变数据判断支撑剂的输送	(219)
5-7	液体滤失	(223)
5-7.1	压裂液滤失性的评价	(224)
5-7.2	静态下的液体滤失	(224)
5-7.3	流动条件下液体的滤失	(227)
5-8	地层与裂缝的伤害	(228)
5-8.1	粘度与伤害的关系	(229)
5-8.2	粘性聚合物伤害能力表述	(229)
5-9	支撑剂	(232)
5-9.1	砂子	(233)
5-9.2	涂脂砂	(233)
5-9.3	中强度支撑剂	(233)
5-9.4	高强度支撑剂	(233)
5-9.5	支撑剂的物理性质	(234)
参考文献		(239)
第六章 施工所需资料		(246)
6-1	引言	(246)
6-2	数据类型	(248)
6-2.1	油层流动能力	(248)

6-2.2	裂缝的几何尺寸和方位特征.....	(248)
6-2.3	压裂液和支撑剂评估.....	(249)
6-3	资料的来源	(250)
6-3.1	地质学.....	(250)
6-3.2	地球物理与油层物理测井.....	(250)
6-3.3	岩心试验.....	(256)
6-4	动态井眼试验	(261)
6-4.1	微型压裂试验.....	(261)
6-4.2	地面倾斜仪.....	(264)
6-4.3	井眼地震.....	(265)
6-5	优化数据采集	(267)
6-5.1	探井和早期开发井.....	(267)
6-5.2	开发晚期井.....	(268)
6-6	结论	(269)
参考文献		(269)
第七章	运用压力分析的压裂诊断	(275)
7-1	引言	(275)
7-1.1	压裂压力分析的以往的结构.....	(276)
7-2	基本的关系式	(277)
7-2.1	在压裂和闭合期间的物质平衡.....	(277)
7-2.2	裂缝中的流体流动.....	(281)
7-2.3	裂缝可塑性.....	(281)
7-3	注入期间的压力	(286)
7-3.1	从压力推断几何形态.....	(289)
7-3.2	压裂压力的示例.....	(291)
7-3.3	受阻延伸的压力响应——单位斜率.....	(292)
7-3.4	过隔层的伸展——变小的压力.....	(295)
7-3.5	水平裂缝一比上覆(应力)大的压力.....	(298)
7-3.6	张开天然裂缝——恒定的压力.....	(299)
7-3.7	按双对数图斜率的裂缝诊断.....	(301)
7-3.8	模拟注入期间的压力.....	(304)
7-4	闭合之际的分析	(308)
7-4.1	基本原理和无关模型的关系式.....	(308)

7-4.2	压力递减分析	(313)
7-4.3	界限间的插值法	(317)
7-4.4	对应用的闭合分析的考虑	(317)
7-4.5	闭合时期分析的示例应用	(327)
7-5	综合分析:注入和闭合	(332)
7-5.1	用液效率	(332)
7-5.2	净压力	(332)
7-6	现场方法	(334)
7-6.1	确定闭合压力	(335)
7-6.2	压力测量	(339)
参考文献		(341)
第八章 优化支撑裂缝施工		(345)
8-1	引言	(345)
8-2	物理系统和数学公式	(347)
8-2.1	油藏产出能力	(347)
8-2.2	开采系统动态	(353)
8-2.3	NODAL分析	(354)
8-2.4	裂缝几何形态模式——二维解析反演解	(357)
8-2.5	压裂液选择	(362)
8-2.6	支撑剂输送	(362)
8-2.7	作业约制	(370)
8-2.8	经济依据	(372)
8-3	施工优化设计过程	(373)
8-4	裂缝设计可变性的参数研究	(384)
8-5	结论	(394)
参考文献		(394)
第九章 在裂缝设计中需要考虑的问题		(403)
9-1	引言	(403)
9-2	规模的局限性	(403)
9-2.1	生产套管的影响	(403)
9-2.2	裂缝导流能力的影响	(403)
9-2.3	井间距需考虑的方面	(405)
9-2.4	临界净压力的限制	(408)

9-2.5	粘度效应	(408)
9-2.6	用液效率的局限	(409)
9-3	以预定的规模或用量需考虑的问题	(410)
9-3.1	优化 F_{CD} 的恒定支撑体积	(410)
9-3.2	最优 F_{CD} 值的恒定长度	(410)
9-3.3	各种不同导流能力的恒定长度	(412)
9-4	高支撑剂浓度的效益	(414)
9-5	油藏性质的作用	(416)
9-5.1	油藏孔隙度的影响	(417)
9-5.2	地层高度估计过高	(417)
9-5.3	杂混成层状的油藏	(419)
9-6	射孔眼对裂缝施工的影响	(420)
9-6.1	限流施工	(420)
9-6.2	射孔眼冲蚀	(420)
9-6.3	射孔眼砂堵	(421)
9-6.4	射孔眼相位	(422)
9-7	结论	(423)
参考文献		(424)
第十章 裂缝高度预测以及施工后的测量		(427)
10-1	引言	(427)
10-2	有关裂缝高度模拟的线性裂缝机理	(428)
10-3	裂缝高度预测方法	(431)
10-3.1	以纵波(即压缩波)和横波(即剪切波)计算 岩石的弹性性质	(431)
10-3.2	采用横向弹性模型的应力计算	(432)
10-3.3	用线性裂缝机理模型预测裂缝高度伸展	(433)
10-4	测裂缝高度的方法	(438)
10-4.1	温度测井	(439)
10-4.2	放射性伽马射线测井	(441)
10-4.3	地震方法	(446)
10-4.4	井下声波电视	(447)
10-4.5	地层微扫描器	(448)
10-4.6	噪声测井	(448)

10-4.7	转子流量计测量	(448)
10-5	结论	(448)
参考文献		(448)
第十一章	压裂效果评价和压裂井的动态	(452)
11-1	引言	(452)
11-2	有限导流能力裂缝模型出现前的文献选讲	(454)
11-3	CINCO和SAMANIEGO (1978, 1981a) 模型	(458)
11-4	裂缝堵塞和伤害的介绍	(466)
11-5	压裂后井的分析	(469)
11-5.1	有限导流裂缝井的解释实例	(471)
11-6	有井筒储存的有限导流能力裂缝井的解释	(473)
11-7	未处理井和压裂的生产预测比较	(475)
11-8	长时期自流井的裂缝长度和导流能力的计算	(477)
参考文献		(479)
第十二章	地层伤害的特性	(483)
12-1	引言	(483)
12-2	拟伤害与地层伤害	(484)
12-2.1	拟表皮效应与井的构造	(484)
12-2.2	拟表皮效应与生产条件	(484)
12-2.3	其它的假伤害	(485)
12-3	真实的地层伤害	(486)
12-4	地层伤害的起源	(487)
12-4.1	钻井伤害	(487)
12-4.2	注水泥伤害	(490)
12-4.3	完井及修井液伤害	(492)
12-4.4	砾石充填中的伤害	(493)
12-4.5	生产过程的伤害	(494)
12-4.6	增产处理过程的伤害	(496)
12-4.7	注水井的特殊问题	(498)
12-5	伤害的不同类型	(499)
12-5.1	乳化液	(499)
12-5.2	润湿性改变	(501)
12-5.3	水堵	(501)

12-5.4	盐垢	(501)
12-5.5	有机沉积物	(503)
12-5.6	混合沉积物	(504)
12-5.7	淤泥和粘土	(504)
12-6	结论	(506)
参考文献		(506)
第十三章 酸化物理学		(521)
13-1	引言	(521)
13-2	非流动条件下的固-液反应	(522)
13-2.1	表面-反应-限定动力学	(522)
13-2.2	传质-限定动力学	(523)
13-2.3	混合动力学	(524)
13-2.4	实际岩石	(524)
13-2.5	温度效应	(525)
13-2.6	化学计量法	(525)
13-3	有一流体运动情况下的固-液反应	(526)
13-3.1	表面-限定-反应动力学	(526)
13-3.2	传质限定动力学	(530)
13-3.3	混合动力学	(538)
13-4	其它的不稳定性	(539)
13-4.1	粘性指进	(540)
13-4.2	与溶解现象有关的不稳定性	(540)
13-4.3	井眼周围的非均匀伤害	(541)
13-4.4	润湿流体的渗吸	(541)
13-4.5	几种现象的组合	(541)
13-5	在砂岩酸化中的实际应用	(542)
13-6	碳酸盐岩酸化的实际推论	(543)
13-6.1	排量的影响	(543)
13-6.2	微乳液的使用	(543)
13-6.3	液体粘度的影响	(544)
13-7	结论	(544)
参考文献		(545)
第十四章 砂岩基岩的酸化		(549)

14-1	引言	(549)
14-1.1	液体配制的要求	(550)
14-1.2	作业设计	(550)
14-2	选液标准	(550)
14-2.1	基本概念	(550)
14-2.2	矿物学标准	(551)
14-2.3	选液方法	(554)
14-2.4	用于避免伤害性沉淀的酸	(555)
14-2.5	液体选择的其它标准	(555)
14-3	决策树的编制	(557)
14-3.1	微粒运移	(557)
14-3.2	裂缝性地层	(558)
14-3.3	高渗灰质砂岩	(558)
14-3.4	井眼液体中固体物的伤害	(559)
14-3.5	有关酸液配方的其它添加剂	(559)
14-4	预冲洗液和后冲洗液	(559)
14-4.1	预冲洗液	(560)
14-4.2	后冲洗液	(560)
14-5	用土酸酸化砂岩	(561)
14-5.1	化学计量方程式	(561)
14-5.2	副产品的溶解度	(564)
14-5.3	动力学: 影响反应速度的因素	(569)
14-5.4	HF酸反应模拟	(572)
14-6	其它酸化配方	(573)
14-6.1	氟硼酸	(574)
14-6.2	连续土酸	(577)
14-6.3	醇土酸	(579)
14-6.4	为缓速土酸加 $AlCl_3$	(579)
14-6.5	有机土酸	(580)
14-6.6	自生土酸体系	(580)
14-6.7	调节缓冲的氢氟酸体系	(581)
14-7	基岩酸化设计	(581)
14-7.1	注入压力	(582)

14-7.2	最大泵注排量确定	(583)
14-7.3	液量: 经验	(583)
14-7.4	液量: 数学模拟	(586)
14-8	结论	(590)
参考文献		(591)
第十五章 砂岩酸化中的液体置放和分流		(597)
15-1	引言	(597)
15-2	液体置放技术	(598)
15-2.1	化学暂堵技术	(598)
15-2.2	机械置放技术	(599)
15-3	暂堵剂	(602)
15-3.1	暂堵剂的分类	(603)
15-3.2	分流处理中的主要问题	(604)
15-4	实验室鉴定暂堵剂的有效性	(605)
15-5	预测在油(气)藏条件下的有效性	(606)
15-5.1	源有暂堵剂滤饼的拟表皮效应	(607)
15-5.2	暂堵剂滤饼的生成过程	(608)
15-5.3	多层油(气)藏的流入特性关系	(609)
15-5.4	分流处理时流量分布实例	(610)
参考文献		(612)
第十六章 基岩酸化处理评价		(614)
16-1	引言	(614)
16-2	由井口测量推算井底参数	(615)
16-2.1	井底压力	(615)
16-2.2	层面注入排量	(617)
16-3	处理过程中表皮系数演变的检验	(618)
16-3.1	McLeod和Coulter的技术	(618)
16-3.2	Paccaloni技术	(619)
16-4	PROUVOST和ECONOMIDES方法	(622)
16-4.1	处理过程中表皮系数的推算	(622)
16-4.2	处理前油(气)藏特性的确定	(623)
16-5	讨论: 压力响应的分量	(624)
16-6	计算举例	(626)