

大港油田
科技丛书

20

大港油田科技丛书编委会编

防砂工艺技术



北京)

石油工业出版社
PETROLEUM



INDUSTRY PRESS

157418	
分类号	TE358.1
种次号	001

大港油田科技丛书 20

防砂工艺技术

大港油田科技丛书编委会编



石油大学 0160684

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了大港油田 30 多年来防砂工艺技术的开创及发展, 经验及教训, 记述了大量工艺研究成果及现场应用实践。内容包括大港油田防砂历程, 大港油田推广应用最多的八种人工井壁防砂工艺、五种溶液型有机及无机化学剂固砂工艺, 衬管防砂、砾石充填防砂工艺, 防砂管柱设计及配套工具, 防砂井现场施工技术及防砂工艺技术展望。

本书适合防砂专业科研、工程、地质的专业技术人员及管理人员阅读, 也可供现场作业人员及技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

防砂工艺技术/大港油田科技丛书编委会编.
北京: 石油工业出版社, 1999.4
(大港油田科技丛书; 20)
ISBN 7-5021-2554-X

I. 防…

II. 大…

III. 井(石油、天然气) - 防砂 - 技术

IV. TE256

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 10057 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 10 印张 239 千字 印 1—2300

1999 年 4 月北京第 1 版 1999 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2554-X/TE·2080

定价: 18.00 元

大港油田精神文明丛书总编委

主 任：王 鹏 姚和清

副 主 任：张德寿（常务）

主任委员：孙希敬 陈玉瑾 高兰成 朱敬成 郭德宝 张大德
俞叔武 于庄敬 薛士荣 刘志谦 王鹤龄 于树方
蒋永佑 华勇魁 于秋云 王兴隆 段新坎 黄建庆
李润寿 张国欣

大港油田科技丛书编委

主 任：孙希敬

副 主 任：张大德 于庄敬（常务） 薛士荣

委 员：吴永平 曲经文 周嘉玺 李文瑞 马世煜 毛立言
宋伯韬 周学仁 李学文 刘鸿斌 牟祥汇 孙宝绪
李 淦 王巧月

序

大港油田三十多年来在勘探、开发和建设方面都取得了长足的进步，物质文明和精神文明建设结出丰硕成果，创造了许多成功经验，这些都是广大职工共同努力，发扬艰苦奋斗、顽强拼搏、无私奉献的创业精神的结果。为了使这些成果和经验系统化、理论化，形成财富，促进油田勘探开发建设进一步发展，经济效益大幅度提高，大港油田领导提出编写大港油田“科技丛书”的设想。这个安排引起大港油田党委的重视，经过认真研究，决定扩大“丛书”编写范围，于1997年5月油田党委和公司联合下发文件，决定编撰“大港油田精神文明建设丛书”，成立了精神文明建设丛书编委会，丛书下设七个系列，“科技丛书”是其中之一，并成立了编委会。

“科技丛书”怎样写，以哪些读者为对象，写成什么样的书，对这些问题我们花费了较长时间，听取了各方面的意见，进行广泛深入讨论，逐渐形成了明确的指导思想。大家认为这套“丛书”应有独特的品质，它不同于教科书，不同于科普读物，不同于论文集，不同于经验总结（成果汇编），也不同于工具手册。要突出“科技”和“大港”两个特色。“科技”特色是总结大港油田三十多年极其丰富的科学技术实践和创造发明，做到有理论基础、方法原理、实用程序和实践成果，在“科技”特色的基础上，突出“大港”特色，写出大港发明创造的技术，在国内外有影响的技术，使用过的技术，试验过的技术，并有成功和失败的实例分析，还要讨论一些技术的实用性和发展方向，全书不是简单的技术描述和实际案例分析，而是一次再提高再创造，使读者特别是中青年科学技术人员和各级管理干部，还有非本专业的技术人员，有原理可查，有方法可学，有实例可看，有经验可借鉴，起到承上启下的作用。

这套“丛书”为广大读者提供大港油田科技发展的历程。大港油田三十多年的发展建设经历了风风雨雨，有成功的经验和失败的教训，学会借鉴前人的经验和教训，少走弯路，杜绝重复劳动，对我们事业的兴旺发达和科技专家成长都有一定的好处。“丛书”还展示了大港油田的科技全貌，反映了大港油田的技术状况，为广大青年技术干部，各级管理人员和非本专业技术干部了解油田技术状况修通了高速公路。还应说明，活跃在大港油田勘探开发早、中期各条战线的技术骨干，现在多数已经退休，在工作上完成了交接。有许多退休老专家参加“丛书”的编撰工作，把他们多年积累的宝贵经验留下来，也算老专家们在技术上对大港油田的干部职工有了个好交代。这套“丛书”正式出版适逢大港油田勘探开发建设三十五周年之际，谨以此书献给为大港油田建设做出卓越贡献的人们。

这套“科技丛书”，按照油田的习惯说法，包括十个专业共24册约800万字。即：

- 第一册 勘探历程与经验
- 第二册 第三系石油地质基础
- 第三册 油气藏与分布
- 第四册 新区、新层系、新领域
- 第五册 地质实验技术
- 第六册 地震勘探资料采集技术

- 第七册 地震勘探资料处理和解释技术
- 第八册 大港油田开发实践
- 第九册 枣园高凝高粘中低渗断块油田开发
- 第十册 提高采收率技术
- 第十一册 油气藏探边测试方法与应用
- 第十二册 钻井工程技术 (1)
- 第十三册 钻井工程技术 (2)
- 第十四册 钻井工程技术 (3)
- 第十五册 滩海工程技术
- 第十六册 录井技术
- 第十七册 测井技术 (1)
- 第十八册 测井技术 (2)
- 第十九册 电泵采油与分层注水
- 第二十册 防砂工艺技术
- 第二十一册 压裂与酸化工艺技术
- 第二十二册 试油与油井大修
- 第二十三册 油田地面工程设计与施工
- 第二十四册 石油炼制

为了编撰好“丛书”，确保达到设计要求，使各分册有个好质量，编委会认真研究精心设计各册编写提纲，这是写好“丛书”的基础。安排章节的作者力争由学科带头人执笔，分册负责人全文贯通，提出修改意见、把关，负责完成初稿，这是保证“丛书”质量的重要环节。然后由编委会组织 6 至 7 名专家进行审查定稿。尽管这方面我们做了不少工作，由于水平有限，错误在所难免，敬请读者批评指正。

孙希敬

1999 年 2 月 4 日

前 言

防砂是开发易出砂油气藏必不可少的工艺措施之一，对原油稳定生产及提高开发效益起着重要作用。防砂工艺技术的好坏是防砂措施效果好坏的关键。要取得好的措施效果，首先要有适应于地层条件及开发方式的工艺技术。

将大港油田 30 多年来防砂工艺技术的科学试验成果、生产应用实践、成功的经验、失败的教训再提高再创造，编撰成书使之“系统化”、“理论化”，是一笔宝贵的财富，对大港油田今后防砂工艺技术的发展必能起到承上启下，少走弯路，多走捷径的作用。

本书总结了大港油田所有研究、引进、设计、试验，推广应用过的及现在使用的防砂工艺技术、井下工具，基本反映了大港油田防砂技术发展状况及现有水平。一些工艺技术是大港油田独创首用，至今还广泛应用于油田内外油水井防砂。

全书介绍了 20 多种防砂工艺技术，每一种工艺技术都有原理、适用性、工艺设计、施工步骤、注意事项和效果分析。既有实践经验，又有理论指导。图表和实例均为真实资料，可供参考。具有较强的实用性和操作性，特别适用于从事防砂工作的科技人员、管理干部及设计、放工员参考借鉴。将这么多资料、经验和研究成果，毫无保留地公布于众，是希望与国内外同行广泛交流，共同推进防砂工艺技术的发展。

全书内容取材于历年防砂工作、工艺总结、科研项目鉴定材料、油井生产资料及编写者个人实践经验。全书共分九章，第一、二、四、五、九章由陈炳谦编写，第三章由郑素清、彭鹂编写，第四章第二节由姬晓冬编写，第六章由曾钦国、焦德广编写，第七、八章由焦德广编写。全书由陈炳谦统稿，李文瑞审查。孙希敬、张大德、李文瑞、牟祥汇、马双才、王运旭、王巧月等专家审查定稿。

本书编写过程中，钻采工艺研究院史淑勤做了许多组织和后勤保障工作，油田有关单位和个人提供了许多资料，曹庆萍帮助收集资料，郑素清、刘建勋帮助打印，李军、汪文昌帮助复印装订，钻采工艺研究院九室同志及申劲、杨金华、汪文昌协助制图、描图，在此向这些单位和个人表示衷心感谢。

由于编写人员水平有限，难免存在不少缺点和错误，诚恳期望读者批评指正。

《防砂工艺技术》编写组

1998 年 11 月 1 日

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 疏松砂岩油藏的地质特征	(5)
第二节 油田出砂简况及所造成的危害	(6)
第三节 油层出砂原因	(7)
第二章 大港油田防砂历程	(9)
第一节 开始摸索试验阶段 (1964 年—1971 年)	(9)
第二节 现场防砂试验阶段 (1972 年—1978 年)	(10)
第三节 生产应用阶段 (1979 年—1989 年)	(16)
第四节 防砂工艺日趋完善阶段 (1990 年至今)	(21)
第五节 三十五年防砂主要技术成果	(23)
第六节 对油田防砂的一些认识	(26)
第三章 人工井壁防砂	(30)
第一节 水泥砂浆人工井壁防砂	(30)
第二节 树脂砂浆人工井壁防砂	(34)
第三节 塑料预包砂防砂	(38)
第四章 溶液型化学剂固砂	(48)
第一节 酚醛溶液地下合成固砂	(48)
第二节 树脂溶液固砂	(53)
第三节 水玻璃溶液固砂	(62)
第五章 衬管防砂	(67)
第一节 衬管防砂原理	(67)
第二节 大港油田衬管防砂研制过程	(68)
第三节 七种防砂衬管	(69)
第四节 衬管滤砂性能研究	(74)
第五节 衬管防砂配套工具及配件	(81)
第六节 防砂施工工艺	(83)
第七节 防砂效果	(84)
第八节 衬管打捞	(87)
第六章 砾石充填防砂	(90)
第一节 大港油田砾石充填防砂研究	(90)
第二节 砾石充填防砂分类及充填工艺	(94)
第三节 砾石选择	(96)
第四节 管内砾石充填方法	(100)
第五节 裸眼井砾石充填防砂	(109)
第六节 水平井及大斜度井砾石充填防砂工艺	(111)

第七章 防砂管柱设计及配套工具·····	(114)
第一节 化学防砂管柱设计及配套工具·····	(114)
第二节 砾石充填防砂管柱设计及配套工具·····	(118)
第八章 防砂井现场施工技术·····	(128)
第一节 防砂井井筒准备·····	(128)
第二节 油层预处理·····	(134)
第三节 防砂前地面准备·····	(137)
第四节 防砂主要设备·····	(138)
第五节 施工中常见故障及处理·····	(140)
第九章 有关防砂问题的探讨与展望·····	(143)
第一节 有关防砂问题的探讨·····	(143)
第二节 防砂技术展望·····	(147)
参考文献·····	(149)

第一章 绪 论

疏松砂岩油藏在大港油田十分发育，自 1965 年相继开发的 25 个油田及开发区井中，有 16 个区块的油井出砂。出砂层位从上第三系明化镇组到下第三系孔店组，特别是明化镇组尤为严重，试油过程中就大量出砂。主要出砂油田及开发区有港东、港西、羊三木、孔店、自来屯、王官屯等，面积为 80.9km^2 ，占探明含油面积的 23%；可采储量 $6774 \times 10^4\text{t}$ ，占全油田可采储量的 47.4%；年产油量 $194 \times 10^4\text{t}$ ，占全油田年产量的 45.1%；出砂油井 931 口，占总生产油井的 39.5%。因此，疏松砂岩油藏的开发在大港油田占有十分重要的地位。

早在 60 年代，在油田勘探初期，就伴随着防砂工艺的研究和应用，经 30 多年的不断发展和完善，已形成了人工井壁防砂、化学溶液固砂、衬管防砂和筛管砾石充填防砂四大类共 21 种防砂工艺方法及配套技术（表 1-1），基本上能适应各类油层、不同井况的防砂需要。

表 1-1 大港油田各种防砂工艺效果表

序号	防砂工艺名称	施工井次	可比成功率 %	平均有效期 mon	统计期 a	备 注
1	酚醛树脂溶液固砂	361	73.1	18.3	1972—1985	
2	加偶联剂的酚醛树脂加固井壁	11	100	28.3	1984	因增加成本未推广
3	水基地层清洗剂酚醛树脂加固井壁	180	90.6	19.2	1985—1995	
4	酚醛溶液地下合成固砂	52	69.2	32.8	1972—1974	因安全问题后来停用
5	水玻璃·氯化钙固砂	15	66.7	22.7	1975—1976	施工复杂未推广
6	水玻璃·卤化固砂	135	77	9.1	1975—1983	
7	一次性注入法化学溶液固砂	47	90	>15	1994—1997	
8	油携水泥砂浆	108	62	23.1	1973—1975	被水携干灰砂取代
9	水携干灰砂	232	81	26.3	1975—1997	
10	树脂杏壳人工井壁	857	78.9	28.7	1972—1997	
11	树脂石英砂人工井壁	11	81.8	27.1	1976	石英砂不如杏壳砂好
12	泵后混合树脂杏壳人工井壁	34	74.2	22	1985—1988	被高强度人工井壁取代
13	高强度人工井壁	27	88.9	>15	1996—1997	

续表

序号	防砂工艺名称	施工井次	可比成功率 %	平均有效期 mon	统计期 a	备 注
14	CS-1 新型固结剂防砂	129	90	>12	1992—1997	
15	复合陶粒人造岩层防砂	80	90	>12	1993—1997	
16	塑料预包砂防砂	134	85	>20	1986—1992	因成本高, 1992 年未生产
17	衬管防砂	184	73.9	30	1974—1981	被筛管砾石填充取代
18	水泥衬管 (地层预填砂)	39	82	36.2	1978—1979	被筛管砾石填充取代
19	筛管砾石充填防砂	169	84.4	>30	1978—1996	
20	割缝管砾石充填防砂	35	95	>12	1996—1997	
21	双层预充填塑料衬管防砂	78	85	>14	1992—1997	
22	其他防砂工艺	22	40	2—4	1972—1990	如羟基铝、稀水泥浆等
共 计		2940				

在 21 种防砂工艺中, 筛管砾石充填防砂、割缝管砾石充填防砂和塑料预包砂等防砂工艺为大港油田在国内首先应用。可溶性水泥衬管、双层预充填塑料衬管、CS-1 新型固结剂防砂、复合陶粒人造岩层防砂、高强度人工井壁和一次性注入法化学溶液固砂等六种工艺为大港油田独创。这些防砂工艺, 除在本油田推广使用外, 还在胜利、辽河、中原、华北、冀东、渤海、安徽等油田使用上百井次。

全油田自 1972 年至 1997 年共防砂 2940 井次 (其中油井 2636 井次, 注水井 304 井次), 可比成功率 82.9%, 综合成功率 75.7%, 当年累计增产原油 $94.2 \times 10^4 \text{t}$, 累计增油 $402 \times 10^4 \text{t}$, 累计增加注水量 $1064.6 \times 10^4 \text{m}^3$ (表 1-2)。

表 1-2 大港油田历年防砂效果统计表

年	油井水井	井 次				成功率, %		当年累计增产油量, t	每施工一口井年增产油量, t 每施工一口井增注水量, m ³
		施工	有效	无效	无对比	可比 ^⑤	综合 ^⑥	当年累计增注水, m ³	
1972	油	44	27	16	1	62.8	61.4	14904	338.7
1973	油	37	20	15	2	57.1	54.0	9941	268.7
1974	油	58	40	17	1	70.2	69.0	28256	487.2

续表

年	油井 水井	井 次				成功率, %		当年累计增产油量, t	每施工一口井年增产油量, t 每施工一口井增注水量, m ³
		施工	有效	无效	无对比	可比 ^③	综合 ^④	当年累计增注水, m ³	
1975	油	137	75	39	23	65.8	54.7	38783	283.1
	水	14	12	2		85.7	85.7	76898	5492
1976	油	114	67	31	16	68.4	58.8	40158	352.3
	水	13	13			100	100	20642	1587
1977	油	113	88	18	7	83.0	77.9	62232	550.7
	水	8	7		1	100	87.5	54763	7823
1978	油	195	133	35	27	79.2	68.2	91090	467
	水	29	29			100	100	114167	3936
1979	油	196	154	20	22	88.5	78.6	92800	473.5
	水	24	20	1	3	95.2	83.2	129338	5389
1980	油	135	106	16	13	86.9	78.5	28546	453
	水	55	49		6	100	89	92935	1689
1981	油	140	86	22	32	79.1	61.4	28314	202
	水	29	25		4	100	86.2	59207	2041
1982	油	103	72	16	15	81.8	69.9	21661	380
	水	24	24			100	100	32006	1333
1983	油	157	110	33	14	76.1	70.1	35987	229.2
	水	7	6	1		85.7	85.7	16146	2307
1984	油	67	47	4	16	92.2	70.1	17921	267.5
1985	油	51	35	4	12	89.7	68.6	7898	154.9
1986	油	79	57	9	13	86.4	72.2	13250	168
	水	4	4			100	100		
1987	油	74	58	9	7	86.4	78.4	15841	214
	水	1	1			100	100		

续表

年	油井 水井	井 次				成功率, %		当年累计增产油量, t	每施工一口井年增产油量, t 每施工一口井增注水量, m ³
		施工	有效	无效	无对比	可比 ^③	综合 ^④	当年累计增注水, m ³	
1988	油	51	43	6	2	87.8	84.3	21591	423
	水	3	3			100	100		
1989	油	89	70	10	9	87.5	78.7	41165	462.5
	水	5	5			100	100	10555	2111
1990	油	92	80	10	2	88.9	87	48190	523.8
	水	16	14	2		87.5	87.5		
1991	油	85	76	9		89.4	89.4	84437.4	993.4
	水	50	47	3		94	94		
1992	油	114	94	20		82.5	82.5	31791	278.9
	水	15	14	1		93.3	93.3		
1993	油	98	85	13		86.7	86.7	55023	561.5
	水	3	3			100	100		
1994	油	74	60	14		81.1	81.1	21758	294
1995	油	87	70	17		80.4	80.4	21547	247.7
	水	5	5			100	100		
1996	油	119	95	24		79.8	79.8	24545	206.3
1997	油	127	97	24	6	80.2	76.4	44544	350.7
	水	1	1			100	100		
总计	油	2636	1945	451	240	81.2	73.8	942178.4 ^⑤	357.4
	水	304	282	8	14	97.2	92.8	606657	2916.6
		2940 ^①	2227	459	254	82.9	75.7		

①不包括胜利、冀东等七个油田施工的近百口井；

②不包括先期防砂及大修后防砂的增产量；

③可比成功率 = 有效井次 / (施工井次 - 无对比井次)；

④综合成功率 = 有效井次 / 施工井次；

⑤防砂井在有效期间累计增产油量为 $402 \times 10^4 \text{t}$ ，注水井累计增注水 $1064.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

第一节 疏松砂岩油藏的地质特征

大港油田已开发的几个疏松砂岩油藏的地质特征虽有差别，但其主要特征相近。这类油藏成岩性差，胶结疏松，胶结物泥质含量高，普遍为砂泥岩互层，纵向及平面差异大，非均质严重，地下油水关系复杂。这些地质特征，大大增加了防砂工艺技术难度，也决定了只有发展多种防砂方法及综合配套工艺技术，才能满足各类油水井的需要。

一、构造特征

大港油田港西开发区位于渤海湾含油气盆地黄骅拗陷中部，是一个在港西古隆起基底上发育起来的、由上第三系地层组成并被断层复杂化的长轴背斜构造。油田内断层发育，段块多。构造被 22 条断层分割成大小不等的 6 个区，32 个自然断块，最大断块面积为 3.065km^2 ，最小断块面积为 0.112km^2 ，一般在 0.8km^2 。断块面积小，能量不足，增加了开发的难度。

二、储层特征

第三系是一套泛滥平原上蛇曲河流相地层。在沉积过程中，由于河流侧切扫移作用频繁，因此，在垂向上表现为多旋回，平面上，侧向岩性，物性变化大。其主要含油层系为明化镇组及馆陶组。明化镇组是一套灰绿，浅灰绿色粉细砂岩，以泥质胶结为主，胶结疏松，胶结类型为孔隙—接触式。胶结物平均含量为 19.58%，其中，粘土含量为 13.75%，粘土占胶结物 70.2%，粘土矿物分类含量，典型井见表 1-3。

表 1-3 粘土矿物分类含量典型井

井 号	井 段 m	层 位	岩 性	粘土矿物相对含量, %					
				蒙 脱 石	伊 利 石	高 岭 石	绿 泥 石	混 层 比	蒙脱石类型
港 119	1080.03	明化	细砂岩	88	2	6	4	90	Na, Ca
西 48-4	761.18~762.13	明化	砂岩	77	7	11	5	>7	Ca
西 2-8	1038.71~1039.1	明化	泥质粉砂岩	82	4	9	5	80	Na, Ca
西 7-8-2	1076.29	明化	粉砂岩	77	5	18		85	Na
西 7-8-2	1079.31	明化	含油砂岩	78	3	19		95	Na
西 7-8-2	1077.55	明化	含油砂岩	65	5	30		95	Na

油层的粒度中值为 $0.07\sim 0.17\text{mm}$ ，平均为 0.12mm ，孔隙度为 $30\%\sim 31\%$ ，空气渗透率为 $221\times 10^{-3}\sim 1264\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ，平均为 $834\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

油层压力系数在 $0.98\sim 1.02$ 之间，接近静水柱压力，地饱压差只有 $0.5\sim 0.6\text{MPa}$ ，弹

性能量低, 边底水作用小。

明化镇组下段的明二、明三两个油层组是开发区的主力油层, 占总储量的 80%, 胶结极为疏松。明一油层组属于流砂层, 油层射开就出砂, 给生产带来很大困难。

三、油层分布特征

开发区含油面积 29.7km^2 , 有 558 个油砂体, 从上到下分为 32 个小油层, 油层深度 602~1444m, 含油井段长达 842m。开发区油、气、水层在平面和纵向上都比较复杂, 其主要特征是:

1) 含油、含气井段长, 油、气、水层间隔出现, 但含油层段比较集中, 主要分布于明二、明三油层组。

2) 油层层数多, 厚度大。单井钻遇油层多, 一般在 4~5 层以上, 多者达几十层。如西 46-4 井, 仅一类油层就有 22 层, 加上二类油层和气层可达 33 层之多。油层厚度大, 大部分井在 10m 以上, 厚者达百米以上, 如西 11-8 井, 油层厚度达 131.2m, 全开发区单井油层厚度平均为 14.5m。

3) 平面上油层分布变化大, 各区块油层差异大。由于岩性变化大及储层的不均质性严重, 因而油层在平面上变化较大。构造中部油层厚度大, 平均有效厚度达 22.2m, 边部厚度小, 平均为 5.5m。

四、流体特征

开发区内流体性质的特点是: 油重、气轻、水淡。地面原油密度为 $0.89\sim0.944\text{t/m}^3$, 一般为 0.922t/m^3 , 凝固点为 $-22\sim28.5^\circ\text{C}$, 50°C 原油粘度为 $48.2\sim598.5\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。平均为 $93.4\text{mPa}\cdot\text{s}$, 地下原油粘度为 $6.53\sim77.6\text{mPa}\cdot\text{s}$, 平均为 $29.61\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。胶质沥青含量 $12.13\%\sim21.06\%$, 平均为 16.02% 。含蜡量 $6.13\%\sim10.33\%$, 平均为 9.07% 。原油物性差, 流动阻力大。

天然气相对密度 0.64, 甲烷含量 89.5%, 重烃含量 3.23%, 原始气油比为 34。

地层水总矿化度为 $4533\sim17737\text{mg/L}$, 氯离子含量为 $864\sim2119\text{mg/L}$, 平均为 1572mg/L , 水型为 NaHCO_3 。

由于以上的地质特征, 构成了港西开发区油井出砂的内在原因及防砂工艺的复杂性。

第二节 油田出砂简况及所造成的危害

大港油田油井出砂是油田开发工作中长期面临的问题之一。由于油水井出砂给试油求取资料及生产带来很大困难, 每年要花费大量的人力、物力进行防砂作业和研究工作。

一、试油期间出砂严重

西 49-4 井, 1975 年 8 月射开明一₄ 油层, 厚度为 5.4m, 射孔前实探砂面 798.5m。射孔后再探砂面 792.1m, 上升了 6.4m。

羊 8-13 井, 射开馆陶组 16.6m ($1369.4\sim1386\text{m}$), 设计用 5mm、6mm、7mm 油嘴系统试井, 结果 5mm 油嘴原油含砂在 0.05% 以上, 油嘴经常出现堵塞现象, 不能正常生产, 致使系统试井失败。

西 161 井用 3mm 油嘴生产, 井口原油含砂达 0.5%~9.0%, 产液 7.85m^3 , 冲砂 87.14m。羊三木最早试油的羊 1 井, 1964 年 9 月用 57~103 弹射开馆陶组 $1360.54\sim1393.2\text{m}$, 静压为 13.88MPa, 9 月 30 日至 10 月 7 日套管用 15mm 油嘴试油, 日产油

1.14t, 水 5.58m^3 , 流压为 13.5MPa , 压差为 0.38MPa , 井口原油含砂 $0.1\% \sim 0.5\%$ 。10月12日至15日抽汲、深度为 500m , 抽33次, 日产油 6.8t , 水 23m^3 , 地层出砂 1.2m^3 。在试油期间这样严重出砂井是很普遍的, 增加了试油的难度, 基本无法系统试井。

二、采油期间出砂加剧

采油期间, 出砂随着时间的增长越加严重。有些油井在投产初期出砂就很严重, 如西47-3井1970年8月射开明二组3、4号层, 井段为 $813 \sim 851.1\text{m}$, 两层厚度 18.9m , 生产18天就因砂埋油层而停产, 砂面上升 202m , 被迫进行防砂作业。羊3井, 射开馆陶组 $1362.0 \sim 1398.8\text{m}$ 油层, 下泵投产9个月, 砂卡泵9次, 4次检泵, 生产71天, 生产时率 26.3% , 羊11-12井, 1971年下泵投产, 采馆陶组 $1368 \sim 1398.8\text{m}$ 井段, 砂面上升速度平均每天达 1.7m , 下泵5天就砂卡, 检泵2次, 冲出砂 1m^3 多。这类井很多, 不防砂就不能正常生产。油田注水后, 油层胶结物的泥质遇水膨胀及迁移, 采液强度的提高, 以及频繁的井下作业, 油井出砂更加严重。生产中经常发生砂埋油层, 砂卡泵, 砂堵油嘴、阀门、出油管线, 以及严重磨损集输设备等问题, 甚至有些油井出砂太多, 引起地层结构破坏, 使盖层塌陷, 与地层砂相混, 严重降低出油能力, 达到不可修理的程度, 大大降低油井利用率及采收率。

油田平均每年防砂100多井次, 检泵冲砂600多井次, 冲出砂柱 40000m 以上, 冲出砂量在 500m^3 左右。加上原油带出井口的砂, 每年地层出砂在 3000m^3 以上。油井出砂, 不但影响产量, 伤害油层, 增加作业工作量及清砂工作量, 也降低了采油时率。

由于生产过程中大量出砂, 防砂又不及时, 造成地层坍塌, 套管损坏井增多。据统计, 截止1990年底, 港西开发区共完钻井551口, 经调查证实套损井有196口, 其中由于出砂, 引起套损井79口, 占总套损井数的 40.3% , 而且每年以20口左右速度递增。再如羊三木油田截止1988年底, 发现24口井套管损坏, 占总井数的 13.2% 。在油层部位损坏的19口井, 占总套损井的 79.2% 。

综上所述, 油田开发越到后期, 出砂越加严重, 情况更加复杂, 其危害也越大, 只有强化防砂工作, 才能使这些出砂井继续生产, 多出原油。

第三节 油层出砂原因

油井出砂的内因在于油层本身的地质因素, 开采条件是油层出砂的外因。

一、地质因素

1) 油层埋藏浅, 缺少上覆地层压实作用, 胶结疏松, 成岩性差, 又是泥质胶结, 胶结强度低, 是油层出砂的基本原因。如港西明一组油层是流砂层, 射孔就出砂;

2) 构造复杂, 断层发育。地层结构受到严重破坏, 岩层强度降低, 岩层原始应力状态被复杂化, 都会加剧地层出砂, 如靠近断层的港6井, 射孔后砂面上升 23.19m ;

3) 流体性质对地层出砂有影响, 如油稠、粘度大、携砂能力强等。羊三木开发区原油含沥青, 胶质成分多, 在 $17\% \sim 25\%$ 之间; 密度大, 为 $0.94 \sim 0.98\text{g}/\text{cm}^3$; 地下原油粘度高, 为 $37 \sim 402\text{mPa}\cdot\text{s}$, 油从油层中流出, 很容易将本来胶结不牢固的砂粒带出油层。

4) 地层压力降低, 增加了地应力对岩石颗粒的挤压作用, 扰乱了颗粒之间的胶结, 也可能引起出砂。

二、开采因素

1) 采油过程中由于液体渗流而产生的对砂粒的拖曳力是出砂的重要原因。在其他条件相同时,生产压差愈大、渗透率越高,在井壁附近液流对地层的冲刷力就愈大。在同样的生产压差下,地层是否易于出砂,还取决于建立压差的方式,突然建立压差时,压力未能迅速传播出去,压力分布曲线很陡,井壁压力梯度很大,容易破坏地层结构,引起出砂;缓慢建立压差时,压力可以逐渐传播出去,井壁附近的压力分布曲线比较平缓,压力梯度较小,不致于影响地层结构。因此,过大的工作制度,造成过大的生产压差,以及强烈的抽汲及气举之后往往会引起出砂。

例如羊三木有一口井,泵径为38mm时,基本不出砂,而泵径增大到44mm或56mm时就开始出砂,甚至改用电潜泵生产,产量由每日几立方米增加到500m³以上,动液面由0降至500m以下,造成砂刺断井下分离器,储油罐沉砂剧增的不良后果。港102井测试,气举诱喷,压差过大,达8.83MPa,压降速度为0.03~0.04MPa/min,喷出砂浆含砂35%,下部17根油管砂堵。港3井测试时用15mm油嘴放喷,生产压差大于3MPa,出砂24.3m³。

2) 油层见水。油层胶结物以粘土为主,一般占70%左右,而粘土矿物成分中蒙脱石含量达80%左右的砂岩地层注水后,注入水浸泡地层,都会使粘土遇水膨胀变松散,降低胶结强度,进而发生颗粒位移,大大加剧地层出砂程度。如西7-11井,当原油含水1.5%时,井口原油含砂0.11%左右,而注水受效,含水上升到50%时,井口原油含砂增至最高为13.3%。又如西13-8井,含水由痕迹至6%时,含砂为0.1%~0.2%,含水上升至16%~55%时,含砂量也上升至0.3%~0.8%,油嘴经常堵砂,在2年时间内,地面流程三次被砂堵。油井在下泵后,由于用清水压井检泵冲砂,出砂更加严重。港174井,一年之内作业7次,漏入大量压井水,破坏井壁结构,引起出砂。

3) 频繁作业及作业过程中措施不当,也是导致严重出砂的原因之一。修井作业,本是恢复停产井,增加原油产量的有效手段。但是,过于频繁的修井作业,特别是那些特殊作业,如压裂、酸化、大修等,如果没有保护油层的措施,就很容易导致出砂加剧。频繁的作业,反复的压井,挤注化学药剂,都会使地层结构加快破坏。起下管柱,不注意控制速度,特别是起出大直径井下工具,速度过快,对地层造成巨大的抽汲力。有时起油管,井筒不灌水,迅速形成很大压差,造成井喷或产液速度过大,也是出砂原因之一。

4) 对油井管理不当也会引起地层出砂,如果频繁地改变工作制度,开关井,操作不平稳,引起地层激动,形成的水击效应会使稳定的砂桥破坏。注水井放压过快,油井放套管气过快,都可能引起地层出砂。

以上分析是一般的出砂原因,但是对于某一单井、单层的出砂原因,就须具体情况具体分析,找出主要原因,有的放矢,采取措施。