

GUDAOYOUTIAN CAIYOU GONGCHENG JISHU

孤岛油田

采油工程技术



肖建洪 主 编
付继彤 王代流 副主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

孤岛油田采油工程技术

肖建洪 主编

付继彤 王代流 副主编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

孤岛油田采油工程技术/肖建洪,付继彤,王代流主编.
—北京:中国石化出版社,2013.10
ISBN 978-7-5114-2408-2

I. ①孤… II. ①肖… ②付… ③王… III. ①油田开发
IV. ①TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 228538 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者
以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 19 印张 469 千字

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定价:76.00 元

《孤岛油田采油工程技术》

编写委员会

主 编 肖建洪

副 主 编 付继彤 王代流

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王代流	王志刚	王汝涛	付继彤	田学华
孙晋祥	刘吉明	朱岸昌	池 涛	张清波
张德杰	张 岩	张学超	肖建洪	孟德嘉
屈人伟	姚辰明	倪文俊	徐 强	隋志起
韩学良	韩 鹏	董宪彬		

前 言

孤岛油田是我国 20 世纪 70 年代投入开发的大型整装稠油疏松砂岩披覆背斜构造油气藏，主要含油层系是上第三系的上馆陶组油层，主要开发层系砂层组储油物性好，具有高渗透率、高孔隙度、胶结疏松、非均质性强、强亲水等特点，岩性以细砂岩为主，主要胶结类型为接触式、孔隙—接触式。馆陶组原油具有高黏度、高饱和、低含蜡、低凝固点等特点。

孤岛油田自 1971 年 2 月正式投入开发，先后经历了天然能量开采、低含水期、中含水期、高含水期和特高含水期五个主要开发阶段。开发建设 40 多年以来，取得了原油产量连续 21 年保持在 $400 \times 10^4 \text{t}$ 以上、连续 32 年在 $350 \times 10^4 \text{t}$ 以上、目前仍保持在 $300 \times 10^4 \text{t}$ 以上的骄人业绩，已累计生产原油 $1.8 \times 10^8 \text{t}$ 。

孤岛油田的油藏特点，决定了油田开发工艺技术的多样性和复杂性。油田开发初期，主要以化学防砂、井筒掺水、掺油等工艺技术来克服油层出砂和稠油在井筒中流动困难的问题；进入中高含水阶段以后，随着含水率的不断上升，通过不断探索和实践，在油层保护、机械采油、注水工艺、油水井防砂、堵水调剖、套损井治理、动态监测等采油配套工艺方面取得了长足的发展；特别是进入特高含水阶段以后，大力发展聚合物驱油和稠油热采技术，配套形成了一系列聚合物驱和稠油热采工艺技术系列，孤岛油田聚合物驱油应用规模、开采水平和整体效益均处于国内领先水平，稠油热采产量保持了持续增长的态势，成为孤岛油田产量接替的主要阵地。

为更好地挖掘油田开发潜力，对孤岛油田开发 40 多年来所采用过的主要采油工程技术及其适应性进行系统总结，使技术人员特别是年轻技术人员在研究和制定采油工程技术方案及工艺措施具有较好的参考性和较强的针对性，针对不同的油藏、不同的物性，不同的开采条件能正确地选择和应用合适的采油工程技术及工艺，从而进一步提升采油工程技术应用水平，是本书编撰的主要目的。本书内容丰富，为全面了解和掌握孤岛油田的采油工程技术提供了丰富的材料，也可供其他同类油田的技术人员参考。

《孤岛油田采油工程技术》全书共分 14 章，第 1 章介绍孤岛油田使用的完井工程技术，由徐强编写；第 2 章总结孤岛油田使用的机械采油技术，由蒋淑婷、刘吉明编写；第 3 章总结孤岛油田注水工程技术，由倪文俊、朱岸昌编写；第 4 章总结注聚工程技术，由隋志起编写；第 5 章介绍注汽工程技术，由董宪彬编写；第 6 章总结油气集输处理技术，由孟德嘉、许浩伟编写；第 7 章介绍防砂工艺技术，由张德杰编写；第 8 章介绍油气层保护及储层改造技术，由屈人伟、徐强编写；第 9 章介绍孤岛油田稠油开采工艺技术，由韩鹏编写；第 10 章总结孤岛油田在套损井治理方面所用的技术，由韩学良编写；第 11 章介绍特种生产设备

及井下修井工具，由王汝涛、周涛编写；第 12 章介绍特种作业技术，由孙晋祥编写；第 13 章总结油水井工程测井方面所用的技术，由姚辰明编写；第 14 章介绍采油工程信息技术，由池涛编写。此外，张学超、张岩、田学华、张清波对部分章节的内容进行了补充完善。全书由肖建洪、付继彤、王代流、王志刚统稿、审定。

由于编写水平所限，特别是老一辈技术人员已陆续离退休，使得历史资料很难收集齐全，本书在编写过程中虽然参考了大量资料，但也很难把油田用过的所有技术全部总结出来。书中不妥之处恳请读者批评、指正。

目 录

第1章 完井工程技术	(1)
1.1 钻井液体系	(1)
1.1.1 钻井液性能	(1)
1.1.2 钻井液基本配方	(2)
1.1.3 钻井液材料	(2)
1.1.4 钻井过程中的油气层保护方案	(3)
1.2 固井完井工艺	(3)
1.2.1 井身结构及套管设计	(3)
1.2.2 固井工艺	(4)
1.2.3 完井工艺	(5)
1.2.4 射孔工艺	(6)
第2章 机械采油技术	(10)
2.1 工艺流程	(10)
2.2 采油地面设备	(11)
2.2.1 常规型游梁式抽油机	(11)
2.2.2 皮带式抽油机	(12)
2.2.3 异形游梁式抽油机	(13)
2.2.4 各类抽油机的适应性分析	(14)
2.3 人工举升技术	(14)
2.3.1 常规机械采油技术	(14)
2.3.2 特高含水期抽油机井配套技术	(16)
2.3.3 螺杆泵采油技术	(29)
2.3.4 水力喷射泵采油技术	(34)
2.3.5 电泵采油技术	(36)
2.4 油井单井计量	(37)
2.4.1 普通油气分离器量油	(37)
2.4.2 低(无)伴生气计量站量油系统	(38)
2.4.3 “功图法”计量系统	(38)
2.4.4 多井式油气计量装置	(39)
2.4.5 计量技术发展方向	(40)
2.5 油井测试技术	(40)
2.5.1 示功图测试与分析	(41)
2.5.2 动液面测试	(43)
2.5.3 抽油井综合测试仪	(44)
2.6 工况管理	(44)

2.6.1	工况分析图版设计	(45)
2.6.2	控制图边界线的确定	(45)
2.6.3	工况分析图版使用方法和要求	(46)
2.6.4	工况分析图版使用平台	(46)
2.7	采油化验	(46)
2.7.1	原油分析	(47)
2.7.2	油田采出水分析	(49)
第3章	注水工程技术	(50)
3.1	工艺流程	(50)
3.1.1	泵站	(50)
3.1.2	配水系统	(52)
3.1.3	高压注水管线	(53)
3.2	注水设备	(54)
3.2.1	离心泵	(54)
3.2.2	柱塞泵	(58)
3.2.3	泵站内计量	(59)
3.3	精细过滤	(59)
3.4	注水工艺技术	(62)
3.4.1	笼统注水工艺	(63)
3.4.2	分层注水工艺	(64)
3.4.3	管柱防腐技术	(70)
3.5	节能技术	(71)
3.5.1	系统效率计算方法及评价标准	(71)
3.5.2	离心泵站系统	(72)
3.5.3	柱塞泵站节能技术	(73)
第4章	注聚工程技术	(75)
4.1	发展历程	(75)
4.2	聚合物母液配制技术	(76)
4.2.1	聚合物溶液配制过程及工艺流程	(76)
4.2.2	聚合物母液配制的自动控制	(77)
4.2.3	母液配制的主要设备	(79)
4.2.4	母液配制的相关指标及计算公式	(80)
4.3	聚合物混配注入技术	(80)
4.3.1	聚合物混配过程及工艺流程	(80)
4.3.2	聚合物混配过程主要设备	(81)
4.3.3	聚合物溶液混配的相关指标及计算公式	(82)
4.4	聚合物溶液保黏技术	(82)
4.5	化学剂地面混配注入技术	(83)
4.5.1	二元复合驱药剂地面混配注入工艺	(83)
4.5.2	甲醛地面注入工艺	(84)

4.6	微生物驱注入技术	(84)
4.7	活性高分子驱	(85)
4.8	注聚化验技术	(86)
4.8.1	取样装置	(86)
4.8.2	低剪切取样操作规程	(87)
4.8.3	溶液浓度化验操作规程	(88)
4.8.4	溶液黏度化验操作规程	(89)
第5章	注汽工程技术	(90)
5.1	注汽工艺流程	(90)
5.2	注汽锅炉	(90)
5.2.1	常规注汽锅炉	(90)
5.2.2	过热注汽锅炉	(91)
5.2.3	高干度注汽锅炉	(93)
5.3	水处理	(94)
5.3.1	除硬技术	(94)
5.3.2	除氧技术	(96)
5.3.3	反渗透技术	(97)
5.4	注汽化验技术	(98)
5.4.1	硬度测定	(98)
5.4.2	亚硫酸钠测定	(98)
5.4.3	干度测定	(99)
第6章	油气集输处理技术	(101)
6.1	工艺流程	(101)
6.1.1	原油脱水处理	(101)
6.1.2	污水处理	(102)
6.2	油气集输处理技术	(103)
6.2.1	原油脱水技术	(103)
6.2.2	污水处理	(108)
6.3	油气集输计量	(109)
6.3.1	原油外输计量	(109)
6.3.2	天然气计量	(111)
第7章	防砂工艺技术	(115)
7.1	地层充填防砂	(116)
7.1.1	酚醛树脂地下合成防砂	(116)
7.1.2	水带干灰砂防砂	(117)
7.1.3	树脂涂覆砂防砂	(118)
7.2	管内防砂筛管防砂	(119)
7.2.1	环氧树脂滤砂管	(120)
7.2.2	绕丝(割缝)筛管砾石充填防砂	(122)
7.2.3	金属防砂筛管防砂	(134)

7.3 水平井防砂	(138)
7.3.1 水平井管内防砂	(138)
7.3.2 水平井管外防砂	(141)
第8章 油气层保护及储层改造技术	(143)
8.1 油气层保护技术	(143)
8.1.1 储层敏感性特征评价	(143)
8.1.2 油层保护	(151)
8.2 储层改造技术	(152)
8.2.1 解堵增注	(152)
8.2.2 水井调剖	(155)
8.2.3 油井解堵	(157)
8.2.4 油井堵水、堵聚	(158)
第9章 稠油开采工艺技术	(160)
9.1 井筒注汽技术	(160)
9.2 热采增效工艺	(163)
9.2.1 氮气泡沫调剖	(163)
9.2.2 高温堵水	(165)
9.2.3 二氧化碳复合吞吐	(165)
9.2.4 汽驱井封窜技术	(166)
9.3 油层降黏工艺	(166)
9.3.1 降黏剂评价方法	(166)
9.3.2 水溶性自扩散降黏剂辅助吞吐技术	(168)
9.3.3 油溶性降黏剂辅助吞吐	(169)
第10章 套损治理技术	(170)
10.1 油水井套损现状	(170)
10.1.1 套损形态	(170)
10.1.2 套损现状	(171)
10.1.3 套损原因分析	(172)
10.2 套损检测技术	(175)
10.2.1 套损检测技术概述	(175)
10.2.2 套损检测技术特点及适应性	(176)
10.3 套损治理技术	(176)
10.3.1 发展历程	(176)
10.3.2 套损治理技术特点及适应性	(178)
第11章 特种生产设备及井下修井工具	(203)
11.1 特种生产设备	(203)
11.1.1 修井作业设备	(203)
11.1.2 水泥泵车	(204)
11.1.3 其他特种车辆	(205)
11.2 常用井下修井工具	(206)

11.2.1	套管检测处理工具	(206)
11.2.2	配套打捞工具	(208)
11.2.3	完井配套工具	(219)
第12章	特种作业技术	(231)
12.1	不压井作业技术	(231)
12.1.1	相关设备	(231)
12.1.2	适用条件	(232)
12.1.3	施工准备	(232)
12.1.4	施工工序	(233)
12.1.5	施工注意事项	(234)
12.2	水平井修井技术	(234)
12.2.1	水平井内防砂管柱打捞	(236)
12.2.2	水平井冲砂	(241)
12.2.3	水平井连续油管 CT(Coiled Tubing) 修井技术	(242)
12.2.4	水平井井下管柱切割技术	(244)
12.2.5	水平井钻(磨)铣技术	(245)
第13章	油水井工程测试技术	(247)
13.1	固井质量检测	(247)
13.2	井身轨迹测量	(248)
13.3	套管技术状况检测	(249)
13.3.1	多臂井径成像测井技术	(250)
13.3.2	井壁超声波成像测井技术	(250)
13.3.3	电磁探伤成像测井技术	(251)
13.4	寻找和验证层间窜槽	(253)
13.4.1	利用井温测井	(253)
13.4.2	利用同位素示踪测井	(253)
13.4.3	利用固井质量检测法	(253)
13.4.4	利用脉冲中子氧活化水流测井资料	(254)
13.5	综合找漏	(255)
13.5.1	套管技术状况检测法	(255)
13.5.2	同位素示踪测井法	(255)
13.5.3	井温测井法	(255)
13.5.4	流量测井法	(256)
13.6	井下管柱位置性能检测	(256)
13.6.1	磁定位测井	(257)
13.6.2	井下封隔器密封性检验	(257)
13.7	注水井分层测试与调配	(259)
13.8	注蒸汽井参数测试	(266)
第14章	采油工程信息技术	(268)
14.1	采油工程数据处理及综合业务系统	(268)

14.1.1	系统建设的意义与解决的主要问题	(268)
14.1.2	系统功能介绍	(268)
14.1.3	系统应用情况及下步发展方向	(270)
14.2	井下作业网上运行管理系统	(271)
14.2.1	系统建设的意义与解决的主要问题	(271)
14.2.2	系统功能介绍	(271)
14.2.3	系统应用情况及下步发展方向	(273)
14.3	PEOffice 一体化	(274)
14.3.1	建设的意义与解决的主要问题	(274)
14.3.2	PEOffice 一体化系统功能介绍	(275)
14.3.3	系统应用情况及下步发展方向	(276)
14.4	工艺措施效果评价系统	(277)
14.4.1	系统建设的意义和解决的主要问题	(277)
14.4.2	系统功能介绍	(278)
14.4.3	系统应用情况及下步发展方向	(280)
14.5	三次采油数据库管理系统	(281)
14.5.1	建设的意义和解决的主要问题	(281)
14.5.2	三次采油数据库管理系统功能介绍	(281)
14.5.3	系统应用情况及下步发展方向	(289)
参考文献		(290)

第 1 章 完井工程技术

孤岛油田是受构造控制的层状油气藏，埋藏深度 1120 ~ 1350m，平均孔隙度 32% ~ 35%，平均渗透率 $1264 \times 10^{-3} \sim 3370 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均含油饱和度 60% ~ 69%。油层主要为泥质胶结，泥质含量 10% 左右，碳酸盐含量低，平均 1.46%。胶结类型主要为接触式、孔隙—接触式、接触—孔隙式，胶结疏松易出砂。

油井完井应立足于保护油层，防止油层伤害；油、气层和井底之间必须有效地连通，使油气井发挥最大的生产能力；各油、气、水层之间有效地封隔，满足分层采油、分层注水、分层测试的要求；防止井壁坍塌，油层出砂，便于修井；具备进行各种采油工艺增产措施的条件。

1.1 钻井液体系

孤岛油田上部地层岩性胶结疏松，易发生坍塌，钻井液的主要作用是抑制地层黏土造浆。下部储层段要求钻井液严格控制固相含量、滤失量，设计钾盐聚合物钻井液体系，配合使用低荧光封堵防塌剂或其他性能相近的处理剂保护油气层。斜井、水平段加入原油润滑剂，确保润滑防卡性能。钻井液体系优选结果见表 1-1。

表 1-1 钻井液体系

开钻序号	分段	钻井液体系
一开	一开井段	膨润土浆
二开	直井(定向井、水平井)	钾盐聚合物(润滑)钻井液

注：为保护储层，在储层段使用邻井储层地层水作为钻井液用水。

1.1.1 钻井液性能

钻井液性能参数见表 1-2。

表 1-2 钻井液性能参数

项目	性能指标			
	表层	二开		
		直井段(储层前)	斜井段(储层前)	储层段
密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.05 ~ 1.10	1.05 ~ 1.20	1.05 ~ 1.20	1.10 ~ 1.20
漏斗黏度 FV/s	35 ~ 45	40 ~ 50	40 ~ 50	45 ~ 55
API 滤失量 FL/mL		< 10	≤ 5	≤ 5
滤饼厚度 K/mm		1	< 0.5	< 0.5
静切力 $G10''/10'/(Pa/Pa)$		1 ~ 4/2 ~ 8	2 ~ 5/3 ~ 8	2 ~ 5/3 ~ 10
pH 值		8 ~ 9	8 ~ 9	8 ~ 9

续表

项目	性能指标			
	表层	二开		
		直井段(储层前)	斜井段(储层前)	储层段
固相含量 $S/\%$		<12	<12	<14
含砂量 $CS/\%$		<0.5	<0.3	<0.3
动切力 YP/Pa		2~4	6~10	7~12
塑性黏度 $PV/\text{mPa}\cdot\text{s}$		5~10	10~20	12~25
膨润土含量 $MBT/(\text{g/L})$		40~50	35~45	30~40

注：定向井、水平井摩擦系数 <0.1；直井储层段含砂量 0.5。

1.1.2 钻井液基本配方

钻井液基本配方见表 1-3。

表 1-3 钻井液基本配方

材料名称及代号		分段加量	加量/(kg/m ³)	
			一开井段	二开井段
				直井 定向井及水平井
1	防塌降黏降滤失剂			15~20 20~25
2	固体乳化剂			1~3
3	聚丙烯酰胺钾盐 KPAM			1~3 2~3
4	低荧光封堵防塌剂(储层段)			20 20
5	水解聚丙烯腈铵盐			5~10 5~10
6	原油			50~150
7	膨润土	30~50		
8	纯碱	3~5		
9	聚合物降失水剂		10~15	10~15
10	磺化沥青乳液		15~20	15~20
11	高黏 CMC	1~3		

其他：烧碱、固体润滑剂、加重剂等

1.1.3 钻井液材料

钻井液材料见表 1-4。

表 1-4 钻井液材料

钻井液名称及代号		单井用量/t		
		直井	定向井	水平井
1	纯碱	0.5	0.5	0.5
2	膨润土	5	5	5
3	防塌降黏降滤失剂	3	4	6
4	MV-CMC	0.2	0.2	0.2
5	固体乳化剂		0.4	0.6
6	聚丙烯酰胺钾盐 KPAM	1	1	1.5
7	低荧光封堵防塌剂	3	3	4
8	氢氧化钠	1	1	1.5
9	水解聚丙烯腈铵盐	2	2	3
10	原油		10	20
11	重晶石粉	150	160	180
12	聚合物降失水剂	2	3	5
13	磺化沥青乳液	2	2	3
14	高黏 CMC	0.2	0.2	0.2

1.1.4 钻井过程中的油气层保护方案

- ①近平衡压力钻井，油层段钻井液密度为 $1.10 \sim 1.20 \text{g/cm}^3$ ，施工中严格控制。
- ②使用钾盐聚合物钻井液体系；配合使用低荧光封堵防塌剂或其他性能相近的处理剂保护油层。
- ③保证药品投入，药品质量符合要求。
- ④搞好净化，控制固相含量，含砂量 $< 0.3\%$ ，固相含量 $< 10\%$ 。
- ⑤储集层 API 滤失量 $\leq 5 \text{mL}$ 。

1.2 固井完井工艺

1.2.1 井身结构及套管设计

1. 井身结构

孤岛地区井型主要有直井、斜井、水平井，地层压力相对正常，依据本地区已钻井情况，在搞好一级井控的前提下，采用二开井身结构即可满足要求， $\Phi 273.1 \text{mm}$ 表层套管下深 250m，水泥返至地面。二开下入 $\Phi 177.8 \text{mm}$ 油层套管，普通井水泥返油层以上 200m，热采井水泥返至地面。井身结构设计见表 1-5。

表 1-5 井身结构设计表

井号	开钻次序	井深/m	钻头尺寸/mm	套管尺寸/mm	套管下深/m	水泥封固段/m
	一开	251	346.1	273.1	250	0~251
	二开	1500.55	241.3	177.8	1497	0~1500.55

2. 套管设计

套管设计是在最经济的条件下, 保证在整个寿命期间套管上的最大应力在允许的安全范围内, 使油气井得到可靠的保护。套管强度计算执行标准 SY/T 5322—2008《套管柱强度设计推荐方法》。套管柱设计见表 1-6。

表 1-6 套管柱设计强度校核例表

类别	套管外径/mm	井段/m	钢级	壁厚/mm	扣型	每米质量/(kg/m)	累重/t	安全系数			钻井液密度/(g/cm ³)
								抗拉	抗挤	抗内压	
定向井	Φ273.1	0~250	J55	8.89	短圆	60.32	15.08	10	4.04	10	1.10
	Φ177.8	0~1497	P110HB	9.19	偏梯	38.69	55.10	4.86	2.29	4.53	1.30

1.2.2 固井工艺

固井设计执行 SY/T 5374.1—2006《固井作业规程 第1部分: 常规固井》、SY/T 5374.2—2006《固井作业规程 第2部分: 特殊固井》、SY/T 5412—2005《下套管作业规程》、SY/T 5467—2007《套管柱试压规范》、SY/T 6464—2000《水平井完井工艺技术要求》等标准。优选出的完井方式基本参数。

1. 固井完井基本参数

固井完井基本参数见表 1-7

表 1-7 固井完井基本参数表

井眼尺寸/mm	套管尺寸/mm	套管下深/m	水泥上返深度/m	固井完井方式	备注
Φ346.1	Φ273.1	250	地面	内插	定向井
Φ241.3	Φ177.8	1497	地面	常规	

2. 固井施工工艺要求

合理使用套管扶正器, 保证套管居中度大于 70%。对于大斜度井, 在重点井段套管段加用液压扶正器与弹性扶正器混合使用来确保固井质量; 在保证井眼安全的前提下, 尽可能提高注替排量, 提高顶替效率; 施工过程中保证注水泥施工的连续性。

3. 水泥浆体系

根据孤岛地层特点与井眼条件, 采用增韧微膨胀水泥浆体系, 增加水泥环韧性的同时具有微膨胀功能, 提高水泥环与地层、套管间的胶结质量, 避免固井和压裂时油气水窜。此外在水泥浆中加入 30%~40% 石英砂作为热稳定剂, 水泥浆体系中使用的添加剂必须满足水泥浆性能要求, 保证施工安全和固井质量, 满足各类井型长期开采的要求, 并有利于保护油气层。油层水泥浆性能要求见表 1-8。

表 1-8 油层水泥浆性能参数

项目名称	性能要求		备注
	一开	二开	
密度/(g/cm ³)	1.85	1.90	
流变性/cm	≥25.0	≥25.0	
失水量/mL	<250	<150	水平井<50
自由水含量/(mL/250mL)	<3.5	<1.5	水平井为0
稠化时间/min	120	180	
抗压强度(MPa/24h)	14	14	

1.2.3 完井工艺

孤岛整装油藏油层埋藏浅、胶结疏松易出砂，尾管完井方式因钻完井工序复杂、尾管直径小，不适用；含油层段长、含油小层多、易出砂。为满足分采、分注以及防砂工艺的需要，套管射孔完井是最为适合孤岛油田油藏特点的完井方式。

1. 直、斜井完井

直、斜井均采用套管射孔完井。套管射孔完井一般是钻穿产层后，下入生产套管并在环形空间注入水泥，用射孔器射穿套管、水泥环和部分产层，构成井筒与产层的通道。针对孤岛油田出砂严重的区块，在套管射孔完井的基础上，采用了先期防砂技术——绕丝筛管砾石充填防砂技术。该技术具有适应性强、成功率高、对油层伤害小、寿命长等优点。该技术可以选择性地射孔后防砂，避开水、气层并可实现多层充填完井。工艺步骤：射开油层—清洗炮眼—下防砂管柱—砾石充填—反洗、丢手起管柱—下生产管柱、投产(图 1-1)。

2. 水平井完井

孤岛整装油藏已进入特高含水开发阶段，为保持孤岛油田的持续稳定发展，水平井技术作为老区挖潜提高采收率、新油田高效开发的一项重要技术，在整装油藏逐步得到应用。

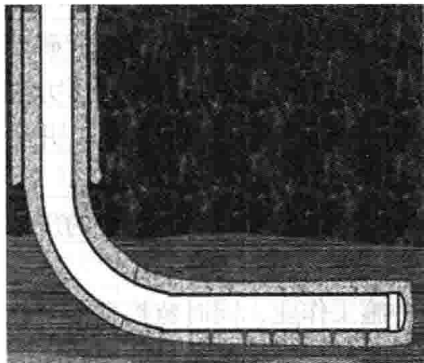


图 1-2 水平井套管射孔完井示意图

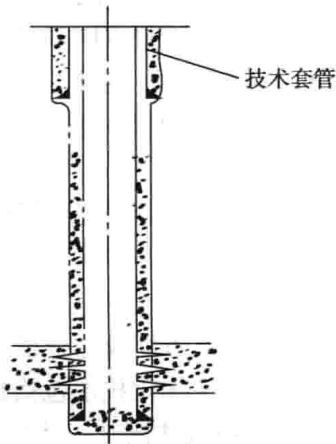


图 1-1 直斜井砾石充填示意图

水平井完井方式主要有裸眼完井、割缝衬管完井、带 ECP 的割缝衬管完井、套管射孔完井、裸眼预充填砾石筛管完井以及套管预充填砾石筛管完井。为了满足防砂的需要以及应对地层的复杂情况，完井方式选择以套管射孔完井为主，对钻井情况较好的采用裸眼筛管防砂完井。到 2012 年底，孤岛油田有水平井 218 口，其中裸眼筛管防砂完井 68 口，占水平井总井数的 31%。水平井套管射孔完井、裸眼筛管防砂完井示意图分别见图 1-2、图 1-3。