



GUOWAI SHENCENG QICANG
SHUIPINGJING DINGXIANGJING
WANJING JISHU

国外深层气藏 水平井定向井完井技术

何 鲜 主编

PIP
PETROLEUM
INDUSTRY
PRESS

石油工业出版社



国外深层气藏水平井 定向井完井技术

何 鲜 主编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是在检索、筛选和研究国外有关深层气藏水平井定向井完井技术文献的基础上编译而成的。本书重点介绍了国外在深层气藏水平井定向井完井方法、测试评价技术、固井技术、射孔技术和气层保护技术等方面的先进技术和有效方法,其后附有7个典型实例。

本书可供从事气田钻井、开发和采气工艺的管理人员、工程技术人员和现场操作人员,以及石油大专院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

国外深层气藏水平井定向井完井技术/何鲜主编.

北京:石油工业出版社,2001.7

ISBN 7-5021-3357-7

I. 国…

II. 何…

III. 气田-水平井完井-技术

IV. TE257

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 24084 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 13.5 印张 343 千字 印 1—1500

2001 年 7 月北京第 1 版 2001 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3357-7/TE·2516

定价: 26.00 元

编译委员会

主 编：何 鲜

副主编：王俊明 蒲春生

委 员：邹来方 赵万优 付 超 刘利霞 王永全

前 言

天然气既是一种优质、丰富的能源，又是重要的化工原料，开发利用的经济效益、环境效益和社会效益都十分巨大，随着世界各国对能源的进一步需求和对环境问题的日益关注，天然气受到普遍重视，发展天然气已成为当代世界潮流。到 1999 年 1 月，世界探明天然气可采剩余储量 $146 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。天然气产量也大幅度增长，1998 年世界天然气总产量 $2.348 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，储采比 62。1999 年天然气在一次能源消费结构中的比例约 23.2%。

我国是世界上开发利用天然气最早国家之一，但就形成一定规模的天然气工业而言，却只有短短的 30 余年历史。我国天然气工业是新中国成立后伴随着石油工业的发展而成长起来的，随着中下游基础设施的建设，在四川形成初步的现代天然气工业。“七五”以来，我国天然气勘探取得了重大突破，截止到 1999 年底，探明储量突破 $2 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。但我国天然气产量仍比较低，1999 年的总产量仍比较低，1999 年的总产量 $243 \times 10^8 \text{m}^3$ ，储采比 56，天然气在一次能源消费结构中的比例仍停留在 2%。

技术对天然气工业发展的影响是巨大的，利用新技术已取得的进步是人们难以想象的。从最近几年世界天然气发展历程看，除了天然气勘探技术不断提高外，天然气钻井、开采技术也取得了长足的进步。主要包括气藏早期精细描述与评价技术、气井现代试井综合解释技术、气藏开发数值模拟技术、提高采收率技术、深层致密低渗透气藏巨型压裂改造技术、水平井技术、非常规气藏开采技术以及气田开发上下游配套建设等技术。

深部致密气藏埋藏深，压实、胶结和成岩作用强烈。从孔隙特征看，基质孔隙主要是微孔隙和溶蚀孔隙，致密砂岩中泥质含量高，岩石颗粒细，孔隙和喉道半径特别小，微孔隙较发育，由于岩石胶结致密，孔隙连通性差，导致渗透低。所有这些特点都要求在水平固井与射孔、完井与测试中有较高的油层保护技术；在开采工艺上要求对开发层系、开发井网、开发方式、大型水力压裂、深度酸化、防腐防垢等方面有先进卓越的技术。

为此，我们通过检索和筛选近年来国外关于深层气藏水平井定向井完井、测试和油层保护，以及深层气藏开采技术等方面的文献，并编译成为《国外深层气藏水平井定向井完井技术》、《国外深层气藏开采技术》这两本书，旨在向我国气田开发的管理决策人员、工程技术人员和现场操作人员介绍国外这些方面的发展动态、配套工艺技术和操作管理经验。

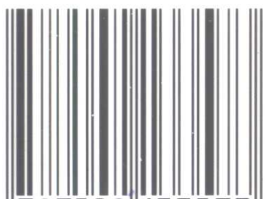
应该指出的是，因为涉及这一领域的国外文献不是很多，以及由于时间仓促，编译水平有限，难免有一些不足之处，敬请谅解。

编译者

2001.5

责任编辑： 阎熙照 郑吉妹 封面设计： 赛维玉 责任校对： 王 群

ISBN 7-5021-3357-7



9 787502 133573 >

ISBN 7-5021-3357-7/TE · 2516

定价： 26.00 元



目 录

第一章 完井方法及其选择	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 碳酸盐岩地层完井方式的选择.....	(3)
第三节 衬管固井.....	(5)
第四节 水平井砾石充填完井法	(12)
第五节 水平井非固井完井法	(22)
第六节 遥控完井、智能完井和选择性完井技术	(26)
第七节 单井眼完井设计	(29)
第八节 高压无油管双管完井	(39)
第二章 完井测试与评价技术	(43)
第一节 水平井测井	(43)
第二节 碳酸盐岩地层中水平井的测井解释	(56)
第三节 澳大利亚高压超深井的测试	(61)
第四节 碳酸盐岩气藏试井资料解释	(65)
第五节 超深凝析气井试井方法	(73)
第六节 用生产测井资料优化水平井试井评价	(77)
第七节 水平井测井与测井技术发展的新方向	(84)
第三章 水平井固井	(87)
第一节 倾斜井固井质量的研究	(87)
第二节 怎样提高大斜度井及水平井的固井质量	(91)
第三节 大斜度井注水泥问题.....	(101)
第四节 保护碳酸盐岩气层的固井技术.....	(103)
第五节 苏桥潜山深井固井工艺技术.....	(108)
第四章 水平井定向井射孔技术	(117)
第一节 水平井射孔.....	(117)
第二节 气藏射孔完井动态.....	(123)
第三节 射孔完井效率评价.....	(130)
第五章 气层保护技术	(137)
第一节 碳酸盐岩气层完井液的损害.....	(137)
第二节 保护碳酸盐岩气层钻井完井液技术.....	(142)
第三节 欠平衡钻井、完井及不压井起下钻的新一代技术.....	(147)
第四节 碳酸盐岩高压油气藏水平井及大斜度井欠平衡钻井技术.....	(148)
第五节 在补救作业中的欠平衡钻井.....	(154)
第六节 有关低渗气藏钻井、完井、增产措施和开采的问题、机遇及解决办法.....	(157)
第六章 应用实例	(170)

第一节	应用产量非均匀指数对完井进行优化排序·····	(170)
第二节	加利福尼亚挠性油管传送生产测井系统综述·····	(174)
第三节	固井实例——流花 11—1—5 大斜度井固井情况 ·····	(180)
第四节	印度的水平井试井·····	(184)
第五节	在低压气井中使用空气泡沫可提高完井和修井作业效率·····	(188)
第六节	通过先进的增产技术和气藏分析优化完井方案——对俄克拉何马州 Major 县 奥基纳气田 RedFork 层的实例研究 ·····	(196)
第七节	怀俄明州马登深部地层中含硫气深井的钻井和完井实践·····	(204)

第一章 完井方法及其选择

第一节 概 述

随着水平井钻井技术的发展，钻水平井的数量越来越多。它的发展极大地促进了完井技术的发展，水平井完井工艺变得日益完善，尤其是近几年来更为突出。新工艺、新设备不断地被用于水平井完井。例如，1984 年第一次在裸眼的中半径水平井中成功地使用了串联的封隔器试油获得成功；1985 年开始在水平井中使用套管外封隔器作为地层间的隔离；1986 年使用割缝衬管和套管外封隔器实现了对地层的封隔，并对产层进行选择性地生产；1987 年使用套管外封隔器和带孔眼接箍使地层之间隔离，进行了选择性的生产控制和选择性地增产作业；1987 年单衬管悬挂器和“C”型高特性衬管密封装置配合使用获得成功；1987 年和 1988 年 11 口水平井使用了简单 DAL 型衬管悬挂器；1988 年 3 口水平井使用了 SBG-3 型封隔器作为密封悬挂器；1988 年在水平井内使用 RS 型封隔器，可重复安装桥塞和油管送入射孔枪组合管串获得成功。同年使用 MJS 型热力封隔器与隔热油管成功。此外，砾石充填和预充填砾石筛管在水平井内的使用都是近几年来水平井完井技术发展中出现的新工艺、新装置，从而形成了水平井完井的不同方法。

一、水平井完井方法

目前水平井完井方法可以分为裸眼完井、筛孔/割缝衬管完井、筛孔/割缝衬管带管外封隔器完井和衬管固井/射孔完井等四种完井方法。由于钻水平井的造斜率不同，这四种方法并不完全适用于各类水平井。短半径水平井由于造斜曲率半径小，只能采用裸眼或筛孔/割缝衬管完井方法。长半径、中半径水平井为完井提供了灵活性，可以采用以上任一种完井方法。图 1—1 是四种不同完井方法的示意图。

1. 封隔水平井段的作用

虽然水平井段部分布置在同一油层内，不同的层段之间在油藏特性、地质特征方面并不一样，完井中采用管外封隔器封隔或水泥封隔是必要的，它有以下几方面的作用：

- (1) 生产中减少产层或层段之间的干扰；
- (2) 减少采油中的含水、含气量；
- (3) 提高油、气产量；
- (4) 把蒸气或水注入到所要求的地层中，需要隔绝其他地层；
- (5) 有助于砾石充填、增产和压裂作业；
- (6) 提高对油藏评价的能力。

2. 封隔的做法

在水平井段内，对层段之间的隔绝一般采用如下做法：

- (1) 使用套管外封隔器，封隔油层的顶部和底部；
- (2) 隔离裂缝；
- (3) 固井注水泥封隔全井段或部分井段；

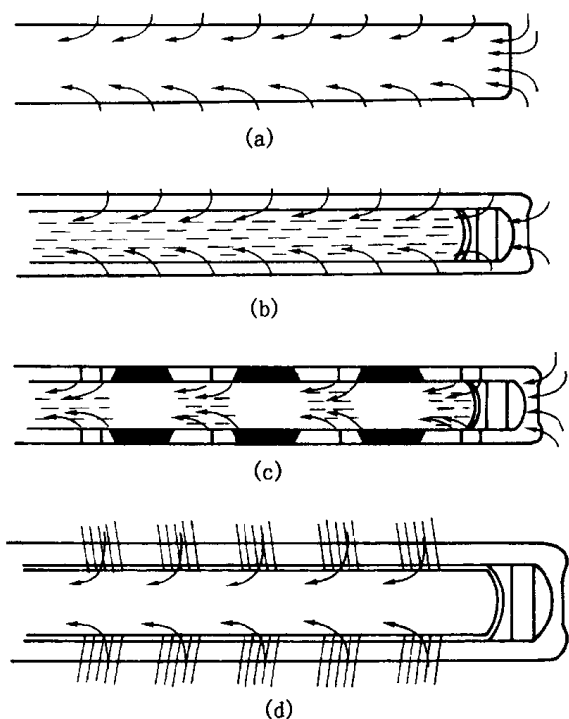


图 1—1 四种完井方法

(a) 裸眼完井；(b) 筛孔/割缝衬管完井；(c) 筛孔/割缝衬管带管外封隔器完井；(d) 衬管固井完井

(4) 封隔局部的液流（一般采用密封皮碗、封隔器及密封油管）。

3. 四种完井方法的运用对比

四种完井方法的优缺点分析对比如下。

1) 裸眼完井

从世界水平井发展的历史看，在最早的第一批水平井中，第一批完井是采用裸眼完井，一般适用于致密岩层，它具有以下优点：

- (1) 费用低；
 - (2) 没有产量损失；
 - (3) 使用裸眼封隔器可以进行增产作业。
- 它的缺点如下：

- (1) 可能造成井眼堵塞，甚至造成部分的或全部井段的报废；
- (2) 生产控制差；
- (3) 修井作业困难；
- (4) 废弃部分生产井段困难。

2) 筛孔/割缝衬管完井

许多长半径、中半径及短半径水平井采用筛孔或割缝衬管完井。割缝衬管可分为三种类型。

第一种是沿衬管轴线铣出不同宽度和长度的割缝。第二种是在管体上钻不同直径的孔。第三种是预制砾石充填衬管。

使用筛孔/割缝衬管完井的优点如下：

- (1) 割缝衬管起着保持油层与井眼间的流体通道的作用；
- (2) 由于选择适当尺寸的割缝和筛孔可以控制部分出砂；
- (3) 在松软地层常使用绕丝筛管控制出砂，而砾石充填筛管可以有效地进行砂控。

其缺点是：

- (1) 不可能控制生产；
- (2) 废弃部分生产井段困难；
- (3) 不可能进行生产测井。

3) 筛孔/割缝衬管带管外封隔器完井

由于管外封隔器同割缝衬管一道使用在裸眼井中，很难预测其密封效果，只能起到以下作用：

- (1) 可在石灰岩裂缝地层中实现层段的隔离；
- (2) 可隔绝水层和气层；
- (3) 可达到部分准确的生产测井；
- (4) 可完成部分选择性的增产作业。

4) 衬管固井完井

采用衬管固井完井可以达到以下效果：

- (1) 在任何油层都可以有效地完成封隔；

- (2) 整个生产期间,任何时候都可以达到对原生水和气的封隔;
- (3) 可以达到准确的生产测井;
- (4) 能够完成选择性的增产作业或选择性生产。

其缺点是水平井衬管固井和射孔费用高,目前固井质量难以保证。

二、选择水平井完井方法的原则

前面已经介绍了四种完井方法的优缺点以及层段间封隔的必要性和作法。选择水平井完井方法必须从以下几个方面来考虑:

- (1) 生产(包括产量、生产模式);
- (2) 生产测井;
- (3) 生产控制;
- (4) 预期的修井要求;
- (5) 生产井注水、注气量的控制;
- (6) 生产层段的废弃。

设计水平井时应当全面考虑完井后可能采取的生产措施,并结合油藏和地质条件分析对比四种完井方法的优缺点以及完井工艺的可行性来确定其完井方法,才能实现预计的产量,达到长期稳产。

第二节 碳酸盐岩地层完井方式的选择

完井是衔接钻井和采油工程而相对独立的一项系统工程,完井方式的选择是完井系统工程中最为关键的一个技术环节。一口井完井方式的选择是否合理,直接关系到该井今后的开发开采能否顺利进行。理论上讲,完井方式必须适应产层地质特性,还必须满足采油工程的各种要求。实践表明,采用与产层性能相匹配的完井方式,可以减少对油气层的损害,提高油气井产量,延长油气井寿命,真正达到“少投入,多产出”。

目前,碳酸盐岩层已成为我国油气的主要产层之一,其完井方式的选择也日益受到重视,但未见系统的研究和报道。调查表明,国内外在碳酸盐岩油气层中主要采用如下四种完井方式:(1)套管射孔完井;(2)裸眼完井;(3)割缝衬管(或割缝套管、贯眼套管)完井;(4)尾管射孔完井。

一、碳酸盐岩层完井方式的选择依据

1. 目的层

如果是孔隙性碳酸盐岩油气层,由于渗透率低,不论有无气顶、底水,都要选择能采用压裂酸化增产措施的套管或尾管射孔完井。如果是裂缝性碳酸盐岩油气层,可以根据有无气顶、底水情况,选择套管或尾管射孔完井及裸眼完井,有时也可选择衬管完井。

2. 油气产量

对高产气井,可采用裸眼或衬管完井;如果采用射孔完井,则必须是在大直径的套管($\geq \phi 177.8\text{mm}$)内射孔。对高产油井也需同样考虑,否则将会给今后的采油工作带来诸多不便。例如在 $\phi 127\text{mm}$ 套管(尾管)内射孔完井后,一般只能下 $\phi 57\text{mm}$ (泵筒外径 89.5mm)管式泵抽油,而下 $\phi 70\text{mm}$ (泵筒外径 107mm)管式泵抽油就比较勉强。在采用 $\phi 57\text{mm}$ 的管式泵抽油时,由于泵的理论排量仅 $42\sim 212\text{t/d}$,再考虑到泵效不高,将不能满足高产的需要。在油气开发的后期,由于含水率较高,其限产作用会更为强烈。

对低产油气井，原则上采用射孔完成，主要是考虑到今后要采用增产措施。

3. 地层压力和渗透率

高压高渗地层的流动性好、供液能力强，而低压低渗地层的流动性差、供液能力弱。要考虑到今后是否采用增产措施而选择合理的完井方式。

4. 目的层上下气顶和底水

对于有气顶、底水的油层，在选择完井方式时要考虑避开气顶、底水；对有底水的气层，也要考虑避开底水。

5. 泥岩、页岩夹层

对具有泥岩、页岩夹层的目的层，一般应采用射孔完成。在钻开油层和固井、完井时，必须考虑抑制泥岩、页岩夹层的水化膨胀问题。否则，将易引起井塌，或者在泥岩、页岩夹层水化膨胀后裂缝型产层受到压缩作用从而使裂缝闭合，最终限制产量（实际上，这也是一种严重的地层损害，必须引起高度重视）。

6. 深井或高破裂压力井

对深井或高破裂压力井，一般应采用射孔完成。而且还应加大生产套管的直径，以便下入较大直径的油管，这样有利于减少水力压裂时井筒的摩阻，有利于在压裂时压开产层。某些深井或高破裂压力井，在压裂时往往压不开产层，其原因之一就是套管尺寸太小、井筒摩阻太大。

二、碳酸盐岩层完井方式的选择方法

1. 几种完井方式的优缺点

碳酸盐岩层几种完井方式的优缺点见表 1—1。

表 1—1 碳酸盐岩层完井方式的优缺点

完井方式	推荐套管程序	优 点	缺 点
先期裸眼完井	$\phi 339.7\text{mm} \times \phi 244.5\text{mm} \times \phi 177.8\text{mm}$	完井工序简单，地层损害最小，井的完善程度高，能下较大直径的油管（ $\phi 88.9\text{mm}$ 、 $\phi 101.6\text{mm}$ ），油井可下 $\phi 83\text{mm}$ 管式泵	不利于产层的分段改造，有井塌和沉砂的隐患
套管射孔完井	$\phi 339.7\text{mm} \times \phi 244.5\text{mm} \times \phi 177.8\text{mm}$	完井工序较简单，采用屏蔽式暂堵技术可有效地防止地层损害，能防井塌和沉砂，有利于采用增产措施和修井。可下大直径射孔枪，井的完善程度较高，气井可下大直径管柱。油井可下 $\phi 83\text{mm}$ 管式泵	对钻井和固井、完井过程中的油气层保护技术要求高，其成本比裸眼完井成本高
尾管射孔完井	$\phi 339.7\text{mm} \times \phi 244.5\text{mm} \times \phi 177.8\text{mm} \times \phi 127\text{mm}$	采用屏蔽式暂堵技术可有效地防止地层损害，能防止井塌和沉砂，可采用增产措施和修井	对油气层保护技术要求高，其成本比裸眼完井成本高。限产作用强烈，在深井和高破裂压力井中压裂困难。完井工序复杂
衬管完井	$\phi 339.7\text{mm} \times \phi 244.5\text{mm} \times \phi 177.8\text{mm} \times \phi 127\text{mm}$	在产层顶部下套管固井后再钻开产层的衬管完井，地层损害小，能防大的井塌和沉砂	增产难度较大，限产作用强烈

2. 几种完井方式的适用条件

(1) 套管或尾管射孔完井：①有气顶或有底水或有含水夹层及易塌夹层等复杂地质条件，因而要求实施分隔层段的储层；②储层各分层之间存在压力、岩性等差异，因而要求实施分层测试、分层采油、分层注水、分层处理；③要求实施大规模水力压裂作业的低渗透

储层。

(2) 裸眼完井：①岩性坚硬致密，井眼稳定不坍塌的碳酸盐岩储层；②储层无气顶、无底水、无含水夹层及易塌夹层；③单一厚储层，或压力、岩性基本一致的多储层；④不准备实施分隔层段，要求选择性处理的储层。

(3) 衬管完井：①储层无气顶、无底水、无含水夹层及易塌夹层，②单一厚储层，或压力、岩性基本一致的多储层；③不准备实施分隔层段，要求选择性处理的储层。

3. 完井方式选择推荐程序

通过理论研究和现场实践，提出了碳酸盐岩油气层完井方式选择流程（如图 1—2）。

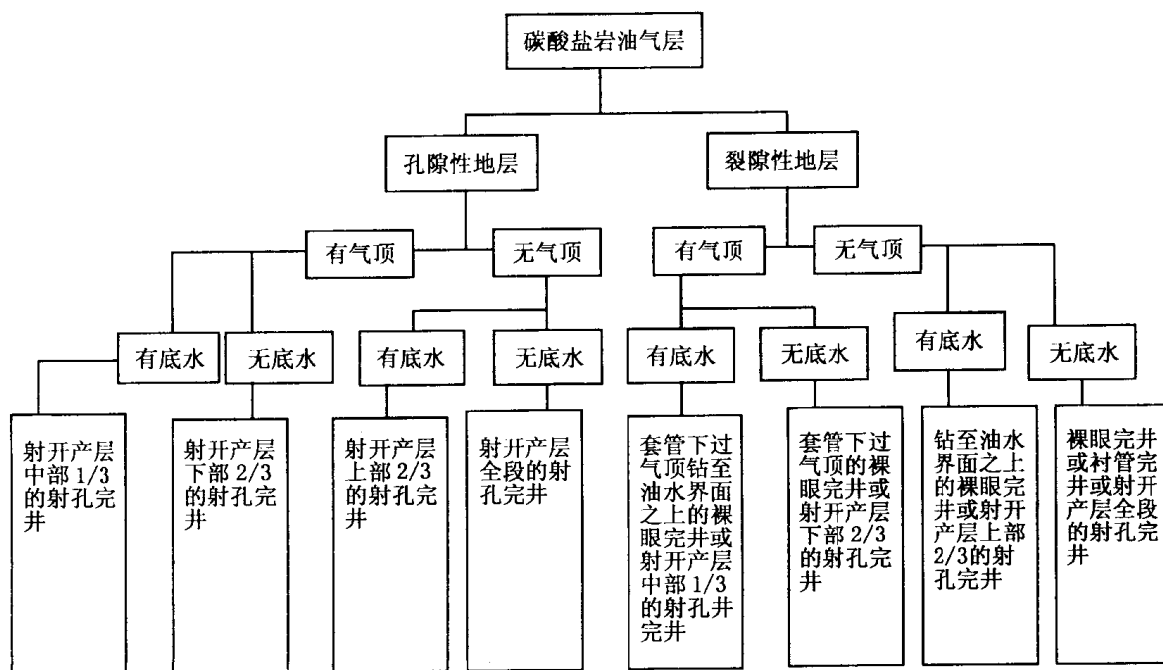


图 1—2 碳酸盐岩油气层完井方式选择流程

推荐做法：碳酸盐岩油气层大多不存在出砂问题，并且多为稀油和天然气藏，可以不考虑防砂和热采问题，可按渗流特征分孔隙性地层和裂缝性地层来选择完井方式。对孔隙性地层，在开采过程中一般要采取增产措施，所以原则上都要选择套管（或尾管）射孔完井。在油井完井时应根据有无气顶和底水考虑控制和利用气顶和底水的问题。天然气井应考虑底水问题。对裂缝性碳酸盐岩地层，既可选择套管射孔完井，也可选择裸眼完井或衬管完井，可视具体情况取舍。

第三节 衬管固井

长半径、中半径水平井、大斜度井与常规定向井固井比较，主要采用了两大技术措施。一是旋转或旋转与上下活动衬管固井技术；另一项是采用套管外封隔器。

提供这两大技术装备的公司有 TIW、BAKER、CTC、HALLIBURTON 等。TIW 公司于 1984~1988 年在 37 口大斜度井和水平井中成功地使用了旋转、旋转与上下活动衬管相结合的装置和管外封隔器。这些井的平均衬管长度为 2076ft (632.77m)。表 1—2 列举了该公司在 PRUDHOE BAY 地区 10 口中半径水平井及大斜度井使用旋转与上下活动衬管的资料。

表 1—2 10 口中半径水平井及大斜度井使用旋转与上下活动衬管资料

井 号	JX—2 水平井	B—30 水平井	V—21 大斜度	G—22 大斜度	G—29 水平井	F—23 大斜度	G—23 大斜度	E—28 水平井	E—25 水平井	E—22 大斜度
衬管尺寸 (in)	7	7	7	51/2	7	51/2	51/2	7	51/2	51/2
衬管长度 (ft)	1070	1520	572	2439	1252	2587	2210	159	2733	2572
衬管顶部倾角	45°	50°	71°	35°	43°	46°	35°	51°	32.9°	60°
衬管鞋处倾角	80°	83°	79°	86°	84°	85°	84°	91°	97°	85°
最大倾角	80°	83°	79°	86°	84°	89°	86°	97°	97°	85°
上下活动衬管	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
旋转衬管	不是	不是	是	不是	是	是	是	是	是	是
水泥充填 地层封割器	不是	不是	不是	是	是	是	是	是	是	是
顶替水泥浆时 地面最大扭矩 (ft·lb)	没有	没有	16600	没有	14500	16250	9250	15300	10625	9800

在 PRUDHOE BAY 地区的垂直地层剖面上, 油层上部有连续的大段不渗透页岩, 作业者设计大斜度井钻穿大段页岩和所有产层, 穿过产层的井眼倾角为 80°~88°, 然后下衬管、水泥固井和射孔完井。采用固井/射孔完井有助于增产作业和修井。相反, 对那些在垂直地层剖面上没有不渗透的页岩的地方则选择水平井完井。这些井的产层采取钻水平段来延伸长度。下割缝衬管穿过水平段, 并用水泥封固气顶部分没有割缝的衬管, 以隔绝气顶。由于采用远离井底固井的方法, 减少了水泥封固井段的长度, 提高了衬管固井成功的可能性。水平井衬管固井中, 除了使用衬管悬挂器外, 还使用了分级注水泥接箍、水泥浆充填膨胀式管外封隔器等。许多研究人员一直建议旋转衬管有助于顶替钻井液, 提高固井质量。与此同时, CLARK 和 CARTER 指出在模拟冲刷试验研究中采用上下活动衬管比旋转衬管更能够提高顶替效率。基于这些研究和以前的试验, 在 PRUDHOE BAY 地区的大斜度井和水平井固井作业中采取旋转并上下活动衬管以达到固井成功的目的。

下面介绍大斜度井、水平井衬管固井中, 为了提高固井的成功率选用以下装置。

一、旋转与上下活动衬管的衬管悬挂系统

目前石油公司主要选用了 TIW 公司生产的旋转与上下活动衬管相结合的衬管悬挂系统。图 1—3 是这套装置用于长半径、中半径水平井衬管固井完井简图。

1. 旋转与上下活动衬管悬挂系统的部件

这套装置包括以下三个部件。

1) “L” 型安装接箍

“L” 型安装接箍带有连接器、带动衬管旋转的“RP”花键和花键接头、加长短节和“B”型可回收密封装置接收筒。图 1—4 为“LG”型安装接箍剖面图。

2) “R” 型坐封工具

“R” 型坐封工具的结构如图 1—5 所示。在调整钻井液和固井作业期间通过花键把扭矩传给安装接箍和悬挂器本体。坐封工具上的安装连接器与安装接箍内的螺纹以反扣连接, 把

整个衬管连接于坐挂工具之下。连接器通过锁钉固定于方形轴上，此时旋转块的位置正好与花键槽相咬合，地面驱动钻具的旋转通过咬合的旋转块与花键而传递给悬挂器，从而带动衬管旋转。

3) “R”型液压悬挂器

“R”型液压悬挂器的结构简图如图 1—6 所示。它有滑行锥体（卡瓦锥体）、卡瓦、卡瓦臂、压缩弹簧，在连接体下部有活塞与坐封套相连接。它的工作原理是，当固井碰压后，通过增加管内压力剪切销钉使活塞向上运动，活塞推动坐封套及卡瓦沿滑行锥体上行使卡瓦外张与上一层套管壁咬紧，实现衬管悬挂。

“R”型液压悬挂器的优质螺纹抗扭矩强度大。悬挂器呈整筒型结构，有承受最大内压力的特点。销钉可预防过早坐封。

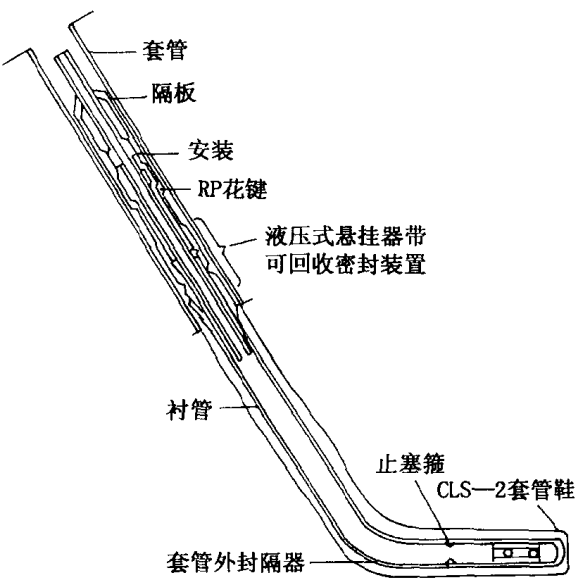


图 1—3 旋转与上下活动衬管悬挂器系统

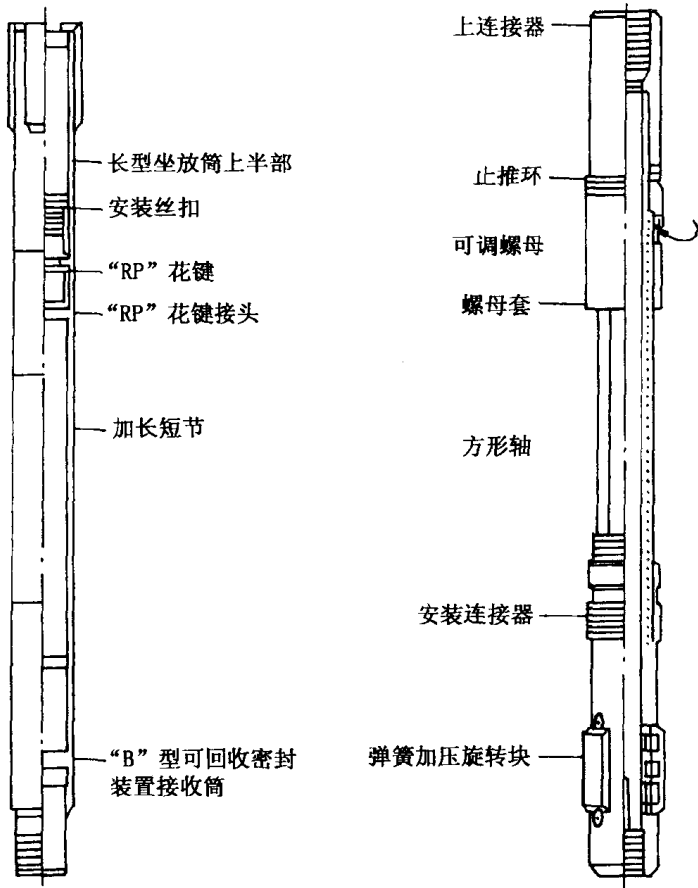


图 1—4 “LG”安装接箍带 RP 花键和可回收密封装置接收筒剖面图

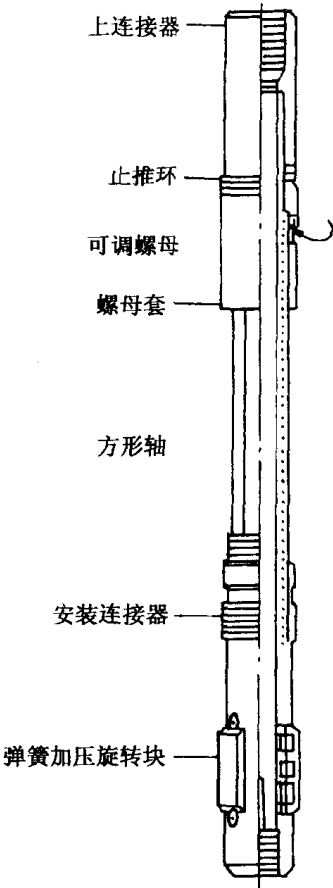


图 1—5 “R”型坐封工具

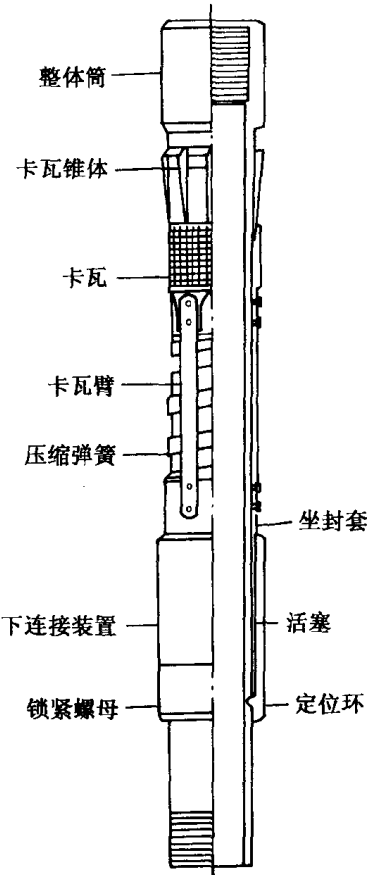


图 1—6 “R”型液压悬挂器

2. 旋转与上下活动衬管固井简化程序

图 1—7 是这套系统简化的工作步骤。

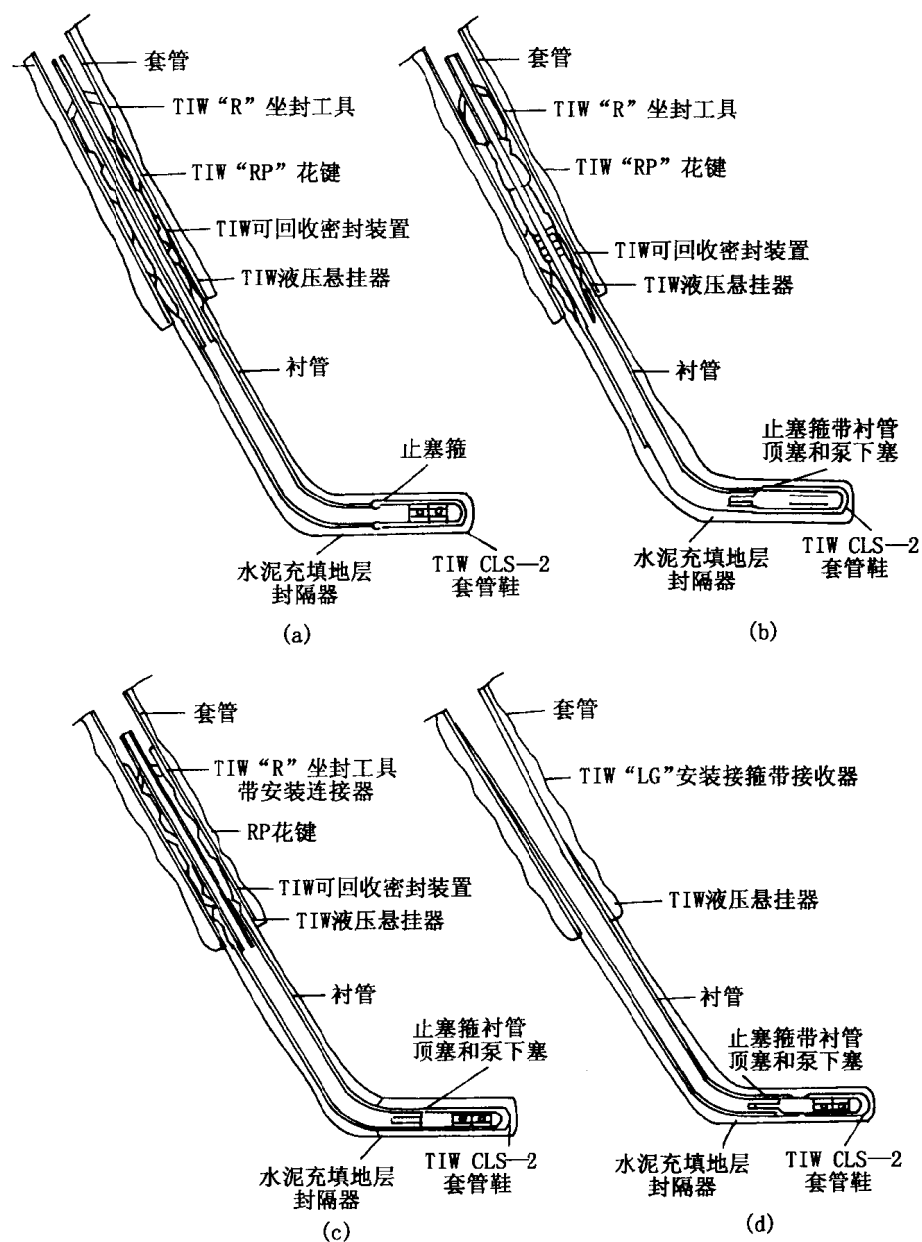


图 1—7 旋转与上下活动衬管固井简化程序图示

(a) 在调整钻井液和固井期间旋转和上下活动衬管；(b) 完成水泥顶替和衬管顶塞碰压

后坐封悬挂器；(c) 卸开安装连接器时，由螺母套子捕获，以防止重新咬合；

(d) 坐挂完毕，起出坐挂工具

(1) 按设计的衬管串结构顺序下入衬管、旋转与上下活动衬管悬挂系统、送入钻具、固井方钻杆及旋转水泥头等。

(2) 注水泥固井，在固井期间靠地面旋转并上下活动钻具使衬管作相同的运动，如图 1—7 (a)。

(3) 释放顶替胶塞，用顶替液替顶水泥浆。当胶塞与浮箍挡圈相碰之后，停止衬管运动，按要求整压剪断悬挂器活塞销钉，使衬管悬挂器上的卡瓦上行并向外张开与套管壁咬

紧，完成衬管的悬挂。再增加管内压力打开套管外封隔器充填水泥浆，根据预计的充填所有管外封隔器所需的水泥浆体积向管外封隔器挤水泥浆直至使所有的封隔器完全充满水泥浆，实现管外密封，如图 1—7 (b) 所示。

(4) 下放钻具质量、剪断固定连接器的销钉，并使旋转滑块与花键槽脱离，右旋钻具倒扣，使坐封工具的连接器与安装接箍脱离，如图 1—7 (c)。

(5) 起出“R”坐封工具，衬管固井工作结束，如图 1—7 (d)。

二、套管外封隔器

套管外封隔器是随着水平井完井技术的发展而研制的一种固井新技术；生产套管外封隔器的公司有 TIW、CTC、BAKER、HALLIBARTON 等。虽然厂家不同，工具的结构原理都一样，是液压式封隔器。

1. 套管外封隔器的作用

- (1) 提供地层之间的隔绝；
- (2) 允许选择酸化、压裂或其他生产作业；
- (3) 在双级固井中可以减少对低压层的压力；
- (4) 筛孔衬管完井中，使用管外封隔器把不需要固井的筛管和要固井的无孔衬管分隔开，使低压产层与水泥浆分隔；
- (5) 可以制止在固井后所形成的窜槽。

2. 套管外封隔器的种类

套管外封隔器分为两种：一种是具有加强层的膨胀元件；一种是没有加强层的膨胀元件。前者充填液没有选择要求，诸如水和水泥浆均可，在充填后即可承受高压差，并有扶正套管居中的能力。这种管外封隔器的膨胀元件可膨胀长度一般为 10ft 或稍短一些，即使在椭圆型截面的裸眼井中也可以膨胀而密封环形空间。如 BAKER 公司的 5½in 套管外封隔器在内径为 9in 的套管内使用的参数见表 1—3。

表 1—3 5½in 套管外封隔器在内径 9in 套管内使用参数

侧向负荷 (lb)	扶正效率 (%)	支撑距离间隙 (in)
0	100	1.75
2500	75	1.50
5000	56	1.3
10000	31	1.10

没有加强层的套管外封隔器要求适当充填水泥浆。封隔器在水泥浆凝固硬化后可以保持较大的压差，但是没有扶正套管的能力。这种套管外封隔器有较大的膨胀能力，其元件的可膨胀长度为 10ft 或更长一些。

套管外封隔器膨胀前后对比见图 1—8。

三、其他固井套管附件选择

对于大斜度井和水平井固井来说，选择套管附件装置是一个关键，不适当的选择往往造成固井失败。因此，正确选择安装在井下的套管附件能发挥其设计功能，保证固井成功。

1. 浮箍、浮鞋装置

处于水平状态的浮鞋和浮箍装置，既要能保持回压，而且还必须在低的或高的压差状态