

油矿修井工人读本

上 册

《油矿修井工人读本》编写小组 编

燃料化学工业出版社

内 容 提 要

本书比较系统地介绍了国内各油田有关井下作业主要设备的结构、原理、技术规范和使用维护；不压井不放喷设备、各种地面工具和分注分采井下工具；以及井下作业常用工艺技术措施。着重讲各种措施施工方法及安全操作等。

全书共分十三章。包括井下作业概述，油水井维修，封堵水层，封隔器，分注分采工具，油水井封串，水力喷砂技术，油层水力压裂，油层酸处理，试油工艺，井下事故处理，套管修理及侧钻等。

本书是在燃料化学工业部井下作业技术训练班试用教材的基础上编写的，分上、下两册出版。适合修井工人、试油工人阅读，也可供采油工人和现场有关技术人员参考。

油 矿 修 井 工 人 读 本

上 册

《油矿修井工人读本》编写小组 编

燃料化学工业出版社 出版

(北京安门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

* * *

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 8 $\frac{1}{8}$

字数 178 千字 印数 1—25,850

1974年7月第1版 1974年7月第1次印刷

* * *

书号 15063·2091(油 56) 定价 0.57 元

前 言

随着我国石油工业的飞跃发展和油田开发的需要，根据党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的精神，要最大限度地提高采油速度和最终采收率，井下作业技术越来越显得重要，队伍越来越大。为了提高工人的井下作业技术水平，适应生产发展的需要，我们遵照毛主席关于“……走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。”的教导，在燃料化学工业部举办的“井下作业训练班”的基础上组织了由工人、技术人员和教师三结合的教材编写组，结合教学需要，广泛收集了有关资料并征求了石油厂矿同志的意见，编写出《油矿修井工人读本》。

本书稿承燃料化学工业部石油勘探开发规划研究院采油工艺室负责审查。在收集资料过程中，得到了大庆油田等兄弟单位的大力支持，在此，表示感谢。

由于我们路线斗争觉悟不够高，技术水平有限，书中难免有缺点和错误，希读者批评指正。

《油矿修井工人读本》编写小组

一九七三年

目 录

前 言

第一章 修井概述	1
第一节 油（水）井	1
一、井的概念	1
二、井身结构	2
三、油（水）井的完成	3
四、井口装置	9
第二节 井下作业设备	14
一、起重部分	14
二、旋转部分（转盘）	48
三、循环部分	48
第三节 修井工具	58
一、井口工具	58
二、地面工具	63
第四节 不压井、不放喷工具	65
一、井口控制部分	66
二、加压部分	73
第二章 油（水）井维修	81
第一节 清蜡与检泵	81
一、油井结蜡的原因	81
二、清蜡	82
三、检泵	85
第二节 压井与降压	93
一、压井	93
二、喷水降压	99

第三节 注水井的试注	101
一、试注的目的和意义	101
二、注水井的排液	101
三、注水井的洗井	102
四、注水井的试注	102
第四节 清砂与防砂	106
一、油层出砂的原因	106
二、清砂	108
三、防砂	117
第三章 封堵水层	127
第一节 油井出水的原因及防水的措施	127
一、油井出水的原因	127
二、油井防水措施	129
第二节 油井出水层位的确定	130
一、综合对比资料,判断出水层位	130
二、水化学分析法	130
三、根据地球物理资料,判断出水层位	131
四、机械法	133
五、“69”型找水仪找水	134
第三节 封堵水层的方法及工艺	136
一、非选择性堵水	137
二、选择性堵水	144
第四章 封隔器	149
第一节 水力压差式封隔器	150
一、庆 475—8Ⅱ型封隔器	150
二、玉门水力压差式封隔器	151
三、玉门滑套封隔器	151
四、玉—454型高压封隔器	153
第二节 支撑(柱)式封隔器	156
一、玉—153(1)支撑(柱)式封隔器	156
二、可洗井支撑(柱)式封隔器	157

第三节 卡瓦式封隔器	163
一、河—251 型轨道封隔器	164
二、玉—262 型轨道封隔器	165
三、玉悬挂封隔器	166
第四节 水力压缩式封隔器	167
一、胜 751—7 型封隔器	167
二、青 5—6 型封隔器	163
三、玉—757 (2) 型丢手封隔器	170
第五节 水力机械式封隔器	176
第五章 分注分采工具	180
第一节 分层配水管柱及工具	180
一、分层配水管柱	180
二、分层配水工具	184
三、分层配注管柱的组装	201
四、分层配注井的施工步骤	203
五、对封隔器故障的分析和判断	206
第二节 自喷井分层采油	206
一、单管活动式配产器分层配产	207
二、偏心配产器分层配产	214
三、油、套管分采	223
四、分层配产施工步骤	227
第三节 抽油泵分层采油	229
一、玉 V 型单管分采泵的结构和工作原理	229
二、玉 V 型单管分采泵的技术规范	231
三、玉 V 型单管分采泵的井下钻具组合	233
第六章 油 (水) 井封串	234
第一节 油 (水) 井串通的原因	234
一、地层串通的原因	234
二、管外串通的原因	234
第二节 找串	235
一、声幅测井找串	235

二、同位素找串	237
三、封隔器找串	238
第三节 封串的方法	240
一、循环法封串	240
二、挤入法封串	242
三、循环挤入法封串	245
四、填料水泥浆封串	245
第四节 水泥浆的性能	247
一、油井水泥的性质	247
二、影响水泥凝结的因素与水泥添加剂	248
三、水泥浆的计算	250

第一章 修井概述

第一节 油（水）井

一、井的概念

石油是埋藏在地下几十米至几千米深的油层中，把地下的石油开采到地面上来，需要一个通道，这通道就是井；利用机械设备或人力将地层钻成孔眼，这种工作叫做钻井。

在一口井中，井的最上部叫井口，井的最下部叫井底，井眼周围的侧壁叫井壁，井眼的直径叫井径，井口到井底的距离叫井深，整个井眼叫井身，全部井身中的某一段叫井段。如图 1—1 所示。

一口井从开钻到完成，可以分为以下三个主要工序：

（一）将井底的岩石破碎，这部分工作是用钻头冲击、切削或磨碎岩石。

（二）将破碎的岩石取出地面，就是用捞砂筒或循环泥浆将岩屑带出地面。

（三）加固已钻成井眼的井壁，使它不致坍塌，这部分工作是由下套管和固井来完成的。

在油、气田上常见的井为生产

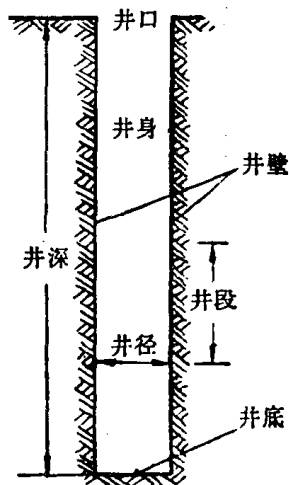


图 1—1 井的示意图

井和注水井。

生产井是为了开采石油或天然气钻的井；注入井是在油、气田开发时为了保持油、气田压力而向地层内注水或注气的井，注入井实际上也是生产井。现场一般称为油、水井。

二、井身结构

井身结构，是指油井（水井）由直径和长度不同、而轴线重合的几层套管所构成的。在井身结构中，有以下几种不同的套管（图 1—2）。

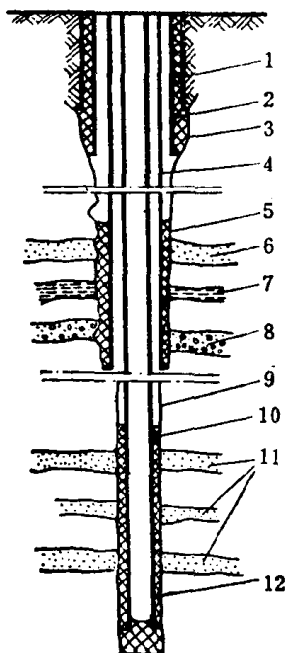


图 1—2 井身结构示意图

1—导管；2—表层套管；3—表层套管水泥环；4—技术套管；5—技术套管水泥环；6—高压气层；7—高压水层；8—易塌地层；9—井眼；10—油层套管；11—主油层（目的层）；12—油层套管水泥环

第一层叫导管。导管的作用主要是在钻井一开始的时候就建立泥浆循环，下导管的坑大部分都是用人工挖的。导管的深度决定于第一层较坚硬岩层所在位置，通常下入深度是2~40米。导管的下部要用石子及水泥浆稳固地固定于该坚硬岩层之上。

第二层套管叫表层套管。下表层套管的目的在于加固上部疏松岩层的井壁和安装封井器，下入表层套管最大深度为300~400米。表层套管以内的套管叫技术套管。下技术套管的目的是为了隔绝上部的高压油、水、气层或漏失层及坍塌层，技术套管的层次是由复杂层的多少和井队技术水平决定

的。

井内下入最后的一层套管叫油层套管。生产层的油或气由井底沿这层套管流至地面。

为了更好发挥套管的作用，使油、气、水层互不串通，便于进行分层作业，需要在套管与井壁的环形空间注入水泥浆封固，这部分工作通常叫固井。如油层上部没有特殊的复杂层，油层套管外水泥上返高度应高于油层顶部 50~100 米。

各油田采用的油层套管较普遍的有 8⁵/₈ 吋、7 吋、6⁵/₈ 吋、5³/₄ 吋、5¹/₂ 吋、4¹/₂ 吋六种。一般注入井，由于长期注水需要，考虑到套管壁的腐蚀，要求套管壁的厚度应比油井的厚些，固井质量要求更严格些。

三、油（水）井的完成

油（水）井完成包括两个方面，一是钻开油层；二是油（水）井完成方法。

（一）钻开油层是油井完成的首道工序。油井完成的好坏直接影响到以后诱导油流和采油、注水等工作的顺利进行。

钻开高压油层时，为了防止井喷，采用适当比重的泥浆压井。为要压住井，泥浆柱对井底所造成的压力比油层静压要大，以便阻止油气流向井底。泥浆比重大，井喷的可能性小；但如泥浆比重过大，就会使泥浆中的泥质颗粒及自由水在这种压差下进入油层孔隙中，使油层受到泥浆浸及水浸。

对一般孔隙砂岩来说，当井壁形成泥饼后，泥浆浸现象会减少，并且粘土颗粒渗入的深度比水要小一些。但是，对石灰岩及其它裂缝性油层，泥浆往往会大量地进入裂缝，并深入很远，甚至把油层完全堵死。这样，就会造成更严重的危害。

水进入油层的危害有两个方面，一方面，水浸入油层后，

会排挤油而占据贮油空间,形成油水乳化物,大大增加界面张力和流动阻力;另方面,如油层是泥质胶结的砂岩,水渗入油层后,会使粘土膨胀,从而堵塞孔道,降低油层的渗透率。

防止水浸与泥浆浸的办法,首先应根据油层情况,选用性能良好、比重合适的钻井循环液;其次钻穿油层时,应快速钻进,以缩短浸泡油层的时间。

(二) 油井完成的方法

油井与油层相连通所采取的形式及结构,称为油井完成方法或井底结构。合理的井底结构应该要确保油井长期稳定高产。为此,它要能保证油层具有最大的渗滤面和与油井最好的连通性,并要能够保护油层,防止水、气侵入。对多油层油田,为了进行分层作业,也要保证各油层间互不串通。

1. 射孔完成 是钻开整个油层后,下套管注水泥。水泥凝固后,用声波测井并进行试泵,检查水泥封固是否良好。经试泵合格后,下射孔枪,对油层射孔,使油层和油井通过这些孔眼而沟通(图1—3)。

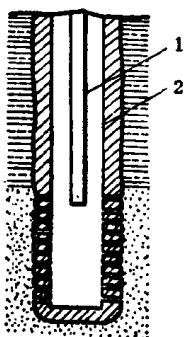


图1—3 射孔完成
1—油管; 2—套管

射孔完成方法的优点是:能有效地防止油层坍塌;可以任意选择出油层位;可以进行分层作业。因而,我国各油田大部分油、水井均采用这种完成方法。射孔完成的缺点是油流阻力大。

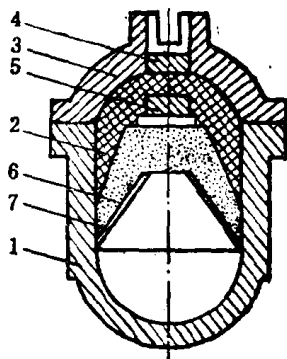
射孔时孔眼直径决定于油层性质,射孔密度决定于套管强度,一般射孔密度为6~10孔/米。射入深度决定于所用射孔枪的类型。

射孔枪分三类:子弹式、鱼雷式和聚能喷流式。前二者都是用子弹射

穿套管和水泥环而进入油层,造成从油层到油井的油流通道。不过鱼雷式的子弹是在射入油层后再发生爆炸,能产生更大的洞穴和裂缝。由于这类射孔枪的穿透能力弱,射孔后油流阻力较大,特别是鱼雷射孔枪很容易破坏套管,因此,实际生产中用得比较少。

聚能喷流射孔器不是用子弹,而是将烈性炸药做成一定的几何形状,在它射出的方向有一个圆锥形的金属锥斗,称为聚能穴。在穴面上镶有金属片(图1—4)。爆炸时产生高温高压的气体,熔化金属穴,形成一股细长的金属喷流,喷流压力达300,000公斤/厘米²,温度达3,000~5,000°C,速度达9,000~12,000米/秒。在穿透套管和水泥环后还能深深地射入地层。

图1—4 聚能喷流射孔器
1—弹壳盖; 2—炸药柱内座; 3—
弹壳底座; 4—铅药饼; 5—起炸药饼;
6—炸药柱; 7—金属锥斗



由于这种射孔枪不需要很厚的弹药室,也不用强有力的炮身,所以可以制成较小尺寸的,用于小井眼中射孔。聚能喷流射孔器目前有57—103型,58—65型。58—65型射孔器比57—103型的威力大些,但是,对套管的破坏较大。

目前在现场普遍用于生产的为文胜二型无枪身射孔弹(图1—5)和小直径防砂射孔弹(其主要性能见表1—1)。

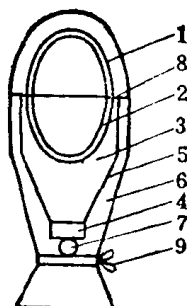


图 1—5 文胜二型无枪身射孔弹

1—聚能室间保护罩；2—聚能药形罩；3—聚能药柱；4—起爆炸药；5—聚苯乙烯薄膜；6—聚胺酯泡沫塑料；7—导爆索孔；8—焊接处（锡焊）；9—扎紧绳

它的主要优点是穿透能力强，对套管破坏小。

射孔工序：（1）通井。（2）井口装好防喷装置，该装置包括 5~8 吋放炮大闸门，或闸板式放炮封井器，或全封封井器。（3）井中灌注一定高度、一定比重的压井液。

（4）随时注意观察井口溢流及出气情况。如有井喷征兆，则应马上起出电缆，停止射孔，关好防喷器（或放炮大闸门），采取措施压井。（5）井口附近严禁烟火。（6）协助放炮车搞好工作，使射孔位置正确，施工安全。

2 裸眼完成 是油井钻至油层顶部，下油层套管、注水泥；然后用较小直径的钻头钻开油层。如果没有底水，还可以加深一些作为口袋（图 1—6）。

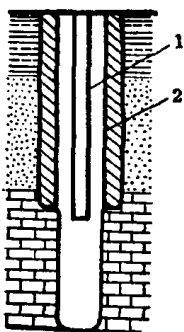


图 1—6 裸眼完成

1—油管；2—套管

裸眼完成法的优点是：油层全部裸露，因而油层不仅具有最大的渗滤面积，而且流线平直，油流阻力小；钻井速度快，成本低。其缺点是井底容易坍塌。在碳酸盐类裂缝性储油（气）层的井上，主要用这种完井方法。

3. 衬管完成 是油井钻到油层顶

表 1—1 国内各种射孔弹性能对比表

射孔弹 名 称	药量 (克)	射孔深度 (45号钢) (毫米)	孔 径 (毫米)	耐 温 (°C)	耐 压 (公斤/厘米 ²)	一次下井弹数 及 孔 密	下井 深度 (米)	说 明
文革 1 号	125	65~70	8~10	60~80	180~200	60发10孔/米	1200 ~ 1400	试验 14 根套管, 700发裂81发 (11.6%) 一般裂缝小于90 毫米, 只有一条裂缝123毫米
文胜 1 型	15	40~45	9~10	100	540	96~120发 10孔/米	2800	10%孔有20毫米以内的裂纹
文胜 2 型	15	60~65	8~10	100	380	96~120发 12孔/米	2800	12.9%孔有 24 毫米以内的裂 纹
防砂射孔弹	5.2	30~40	4~5	100	380	320~400发 40孔/米	2800	无裂缝
I 型玻璃弹	13	55~65	8	80	250	40发10孔/米	1500	
58—40 型	13	50~55	7~8	80	160	10孔/米	1500	破裂套管, 裂孔率78%, 最长 382毫米
58—65 型	24	65~75	10~12	80	180	10孔/米	1500	套管破裂严重, 裂孔率80%以 上, 一般裂缝长200~300毫 米, 最长一米多
58—100 型	50	90~105	12~16	80	180		1500	套管破裂严重
322—1 型	17.5	65~70	9~10	60~80	400		2800	未作套管破裂试验
57—103 型	24	65~75	10~12	80	500	20发10孔/米	3500	因带枪身套管不裂
57—103 型	24	45~55	10~12	80	500	20发10孔/米	3500	此栏数据主要说明装枪后的穿 孔深度降低情况
新 103 型	17.5	70~73	9~10	80	500	20发10孔/米	3500	改进了的 57—103 射孔弹对枪 身破坏力小
85 型	13	60~65	8~10	80	500	20发10孔/米	3500	用在85型枪身内, 套管不裂
68—7 型 小井眼	7	35	5~8	80	500	8发8孔/米	1000	带玻璃枪身, 套管不裂

部以后，下油层套管、注水泥；然后换小钻头钻开油层，把衬管下到油层部位（图 1—7）。

衬管是一些带眼的管子，长度根据油层厚度来决定。衬管上部装一个堵塞器和悬挂器。堵塞器用来隔开油层和井眼的上部，悬挂器是将衬管悬挂于套管下部。为使起下管柱方便起见，衬管头处应做成喇叭口的形状。

衬管从孔的形状来分有圆孔和割缝两种。从防砂效果看，割缝的衬管比圆孔的衬管好。

衬管完成的优点是油流阻力较小；缺点是不能防止油层坍塌和任意选择出油层位。

4. 砾石衬管完成 为了克服衬管完成法的缺点，人为地在衬管和井壁之间充填砾石，称为砾石衬管完成。充填砾石的方法可分为井内直接充填和地面预制充填两种。前者是先将衬管下入井内，然后用洗井液将砾石带入衬管与井壁之环形空间内；后者是预先在地面上将砾石衬管制成，然后下入井内。由于砾石是经过筛选的，所以能防止砂子进入井内，同时又能大大减小油流的阻力。井内直接充填法比地面预制充填法油流阻力更小，但由于工艺比较复杂，一般采用地面预制充填法。

5. 贯眼完成 是先钻开油层，然后在油层部位下入带眼套管。套管上的孔眼是在地面预先钻好的。为了保证油层部位不注进水泥，在油层顶部的套管上装有水泥伞，在水泥伞上部的套管上，有若干孔眼以便挤出水泥浆。在水泥伞下部有倒装的回压凡尔，这凡尔用生铁做成，在注完水泥后可将其钻掉，结构见图 1—8。

这种方法的优点是油流阻力比较小，与裸眼完成差不多。缺点是不能防止油层坍塌；不能任意选择出油层位。

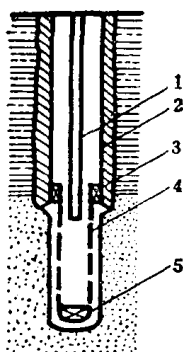


图 1—7 衬管完成

1—油管；2—油层套管；3—堵塞器；4—衬管；5—衬管鞋

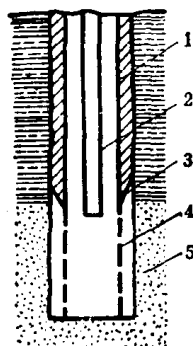


图 1—8 贯眼完成

1—油层套管；2—油管；3—水泥伞；4—带眼套管；5—油层

四、井口装置

为了控制高压油、气、水的流动方向和大小，必须有一套相应的井口装置。井口装置分套管头、油管头及采油树三部分。连接方式有丝扣、法兰和卡箍三种。

(一) 套管头

井口装置的下部分称套管头，其作用是将外部的各层套管与油层套管连接起来，并使管外空间严密不漏（图 1—9）。目前由于钻井技术发展较快，通常只下油层套管，套管外用水泥封固，不用套管头。

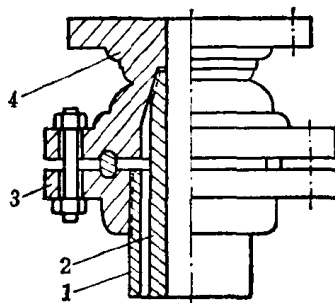


图 1—9 套管头

1—外层套管；2—内层套管；3—法兰盘；4—套管头

(二) 油管头

油管头是井口装置的中间部分（图 1—10、1—11）。其作用是吊挂油管、密封油

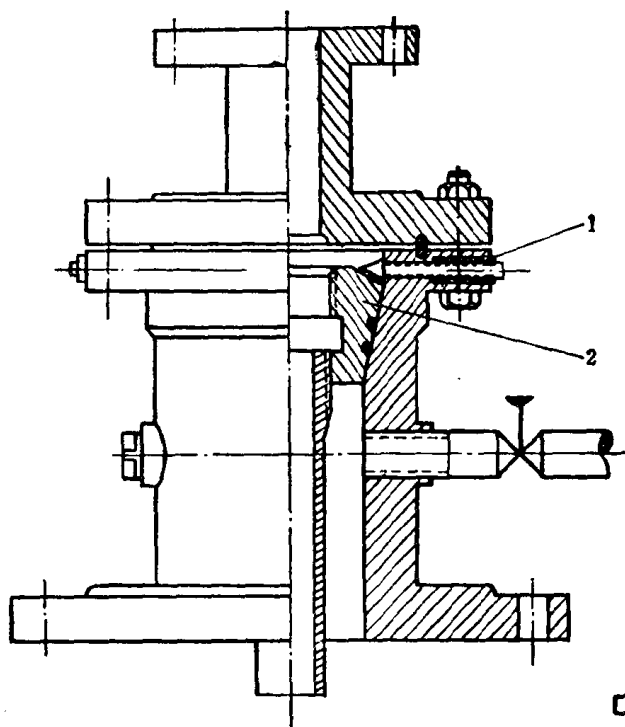


图 1—10 顶丝法兰式油管头

1—顶丝；2—油管挂

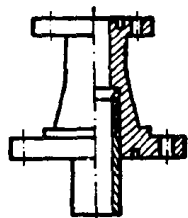


图 1—11 油管头

管与油层套管之间的环形空间。

油补距与套补距。现场通常是以钻井时的转盘补心上平面作为标准面来计算油层位置和下井工具的位置。

油补距——从油管挂平面到转盘补心上平面的距离叫油补距。下井工具的深度应为下井钻具的长度加上油补距（图 1—12）。