

石油工人自学丛书



采油

中册
自喷采油

石油工业出版社

油田工人自学丛书

采 油

中 册

自 喷 采 油

白扶松 编 张骏康 修订



石油

工业出版社

280418

内 容 提 要

本书是油田工人自学丛书采油的中册，内容主要介绍采油及注水井日常操作工艺，常用设备的结构、工作原理、使用维护，油水井单井动态分析，以及油气井完井工艺过程、分层开采及井下作业简介等。

本书内容比较切合实际，文字通俗易懂，具有初中以上文化程度青年工人，通过自学本书可对自喷采油的基本原理、设备性能以及采油工艺操作等有较系统的了解，为今后提高自身技术熟练程度打下良好基础。

油田工人自学丛书

采 油

中 册

自 喷 采 油

白执松 编 张胶康 修订

石油工业出版社出版

(北京安定门内大街福成里65号)

北京顺义燕华营印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 10^{1/2}印张 235千字 印1-4,000

1985年10月北京第1版 1985年10月北京第1次印刷

书号：15037·2584 定价：1.60元

出版说明

油田工人自学丛书是为各油田刚从事采油工作的青年工人熟悉和掌握本职专业技能编写的普及性技术读物。为了适应各工种工人不同的学习重点，将根据采油专业的分工分册出版。丛书共包括：采油(上、中、下)三册，修井(上、下)二册，抽油井示功图的测试和分析，试井，油层压裂，油气井酸化，原油脱水，天然气(伴生气)加工，原油矿场集输，输油管道阴极保护等分册。

这套丛书一部分是我社以前出版的各工人读本经修订而成；一部分则是新组织编写的。今后还将根据需要陆续组织编写有关采油专业其它方面技术读物，以满足广大采油工人更广泛的学习要求。

修 订 说 明

原《采油工人读本》分上、下两册出版。该书自1976年出版以来，深受读者欢迎。为了满足读者需要，曾多次重版，总印数达9万余册，成为广大采油工人提高自身技术水平必不可少的读物。同时还被各油田选作技工培训教材，对提高石油工人技术素质、促进石油工业技术进步起到了应有的作用。随着石油工业的不断发展，采油技术也有了较大的发展，为了适应这一新的情况和进一步提高书稿质量，使内容更加切合实际，对原《采油工人读本》上、下册作了较大修改，并改为分三册出版，上册《采油地质》、中册《自喷采油》、下册《机械采油》。本书是中册《自喷采油》，是在原大庆油田和大庆石油学院合编的《采油工人读本》上册(自喷、注水)的基础上修订而成。修订中将原书中石油地质知识一章扩编为《采油地质基础》，作为本书上册出版，还对原书中某些已被淘汰的工艺和井下工具等内容进行删减并增补了某些现场实用的有关科研和革新成果，另外对原书中叙述不够完善之处也补充了新的内容。

该书原编写者除白执松外，樊营、张子香两同志也参加了部分工作。本书修订者是张骏康。赵素衡同志参加了原书及修订本中插图及图表的整理和清抄工作。

本次修订虽作了一些努力，但因水平有限，不妥之处望广大读者批评指正。

目 录

第一章 油井完成的工艺过程	(1) ▶
第一节 石油钻井及分类.....	(1)
第二节 钻井质量对采油的影响.....	(5)
第三节 油井完成的方法.....	(6)
第四节 替喷.....	(8)
第二章 自喷井的流程和设备	(11) ▶
第一节 油、气集输流程概述.....	(11) ▶
第二节 自喷井井口流程.....	(20)
第三节 自喷井地面设备.....	(25)
第三章 自喷井管理	(54)
第一节 原油、测气.....	(54)
第二节 清蜡与防蜡.....	(77)
第三节 油井变化分析和常见事故的预防和处理.....	(102)
第四节 油井常用管、阀、工具及设备的日常维修.....	(124)
第四章 自喷井的分层开采	(141)
第一节 分层配产.....	(141)
第二节 试井与化验.....	(164)
第三节 井下工艺简介.....	(203)
第五章 注水井管理	(211)
第一节 注水流程和设备.....	(212)
第二节 注水井分层配水.....	(229)
第三节 注水井管理.....	(263)
第六章 油水井动态分析	(292)
第一节 油田动态分析概述.....	(292)

第二节	单井动态分析常用的资料·····	(297)
第三节	油水井动态分析的方法·····	(319)

第一章 油井完成的工艺过程

地下的油、气是用油井开采出来的。因此，油井就是采油的重要工具，这个工具的情形、性质、以及它对采油的影响等，是应该有所了解的。

本章将简要介绍油井的建设及油井的质量对采油工作的影响等问题。

第一节 石油钻井及分类

油、气藏和其它矿藏不同之处是：油、气是流体，埋在地下浅则上百米，深则几千米的地层内。因此，开采油、气不能象对煤、铁等矿床那样，进行露天开采或坑道开采。而必须用专门的石油钻井设备进行钻井，才能开采出来，就是通常所说的石油钻井。

为了开采地下的油、气资源，从勘探到油气田开发的各个阶段，都必须进行钻井。由于钻井的目的和作用不同，又可分为资料井、探井、生产井、注入井、检查井、加密井等。在油、气田勘探阶段，为了研究某地区的全部地层情况、沉积特点、构造形态等所钻的井叫资料井；为了进一步探明油、气藏的构造，储油层的性质，含油、气、水的边界等综合资料而钻的井叫探井；在已探明的油、气田上，为了开采油、气而钻的井叫生产井；产油的叫油井，产气的叫气井，产水的叫供水井；在油、气田开发阶段，为了增加油、气井产量，提高油、气田采收率，而向储油、气层注入水、气等用的井，就叫注水井、注气井；在开发过程，为了检查开发方案，编制开发的调整方案，检验

驱油效果和水线移动情况，检查油、气层性质变化情况，或断层、裂缝、溶洞、水气夹层等所钻的井叫检查井；检查井在检查目的达到后，一般可改作生产井或注入井；加密井或称调整井，是开发过程中，为了提高油田采收率，在已钻的井间补钻的生产井或注入井。

当然，还可以有为其它特殊目的而钻的专门井。

无论钻那类井，都要用一套钻井的机械设备即钻机，来进行钻井的工作。目前钻机的种类很多，我国主要是用转盘旋转钻机。它由以下几个系统组成。如图1-1所示。

动力系统：包括电动机、柴油机等驱动绞车、转盘、泥浆泵运转的钻井动力机械。

旋转系统：是带动井内钻杆、钻头、钻具旋转钻进的一套机械设备，如绞车、转盘等。

吊升系统：是悬吊和起下钻具的机械设备，包括井架、天车、钢丝绳、游动滑车、大钩、滚筒等设备；

控制系统：是操纵钻机运转和调节钻头压力的机械设备，如各种离合器和刹把等。

循环系统：钻进时：为了清除井内钻碎的岩屑，需要循环泥浆，以便将岩屑从钻杆和井壁间的环形空间带到地面，循环泥浆所需的一套设备，如泥浆泵、水龙带、水龙头等，即称循环系统。

整个钻井过程，一般可分三个阶段：第一个阶段叫钻前准备，包括平整井场、钻井用各种机械及设备的搬家和安装、井口安装等工作；第二阶段叫钻进，包括钻碎岩石、循环泥浆、保护井壁、加深井眼、维持钻进等工作；第三阶段是完井，包括电测、固井、射开油层、替喷诱流及交井等工作。

下面简要介绍钻进的过程。

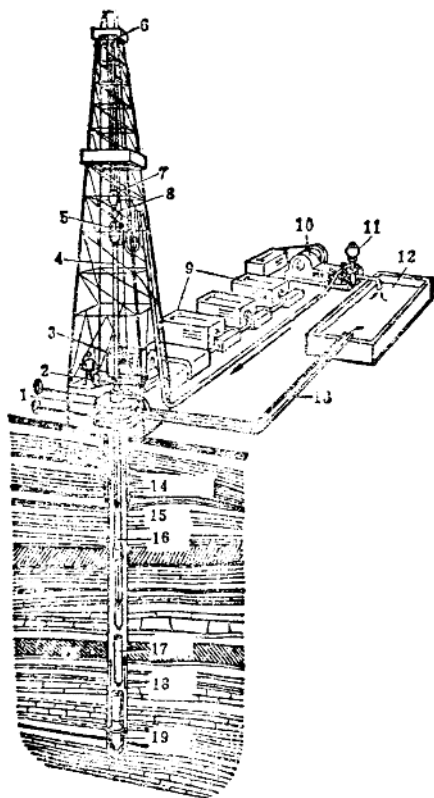


图1-1 转盘旋转钻钻井示意图

- 1—防吸器；2—转盘；3—绞车；4—方钻杆；
 5—水龙头；6—天车；7—游动滑车；8—大钩；
 9—动力组；10—泥浆泵；11—空气包；12—泥浆池；
 13—泥浆槽；14—表层套管；15—井眼；16—钻杆；
 17—钻铤；18—泥浆；19—钻头

钻进时，吊升系统悬吊着方钻杆、钻杆、钻铤、钻头等着具，由旋转系统的转盘带动方钻杆和下面的钻具一同旋转。钻头旋转时，吃入地层破碎岩石，随着井眼被加深，钻头也不断下移。同时，循环系统将泥浆泵向井内。泥浆经水龙头带、水龙头沿方钻杆、钻杆等的中心流到井底，从钻头的水眼冲出，冲刷岩石、清洗井底，把破碎的岩屑带着从钻杆外的环形空间返到地面，返出的泥浆在泥浆槽经筛网和沉淀，除去岩屑后，又被泵打到井底。整个钻井过程中，泥浆总是在泥浆槽和井底间循环着。钻进过程循环泥浆起着冷却钻头、带出岩屑、清洗井底、保护井壁、润滑钻具等多方面的作用。

当钻完一段深度时，方钻杆的上端靠近到转盘面，就要加长钻具。加长钻具时，将方钻杆提起，从钻杆上卸下，在钻杆上接上一根或几根钻杆，下入井内，再接上方钻杆继续钻进。

当钻头磨损不能钻碎岩石时，就要把全部钻具起出，换上新钻头再下入井内钻进。

钻进过程，钻头穿过各种地层，有的易塌，有的易漏，有些含高压水、气。如果这类地层影响正常钻进，就要下钢质套管，并在套管外注水泥浆，将这类地层隔开。然后再用较小尺寸的钻头继续往深处钻，直到钻穿油气层。通常在钻开油层前或钻开油层后，为了保护井壁、防止坍塌、封隔一些高压水、气层或复杂地层，总要下套管，注水泥的。向井内下套管、注水泥的工作一般称为固井。

除了有特殊要求外，一般井筒应当垂直不变，钻进过程对油气层不能污染损害，所要隔开的地层应毫无串漏。这些就是对钻井的质量要求。

第二节 钻井质量对采油的影响

钻井的质量好坏，对采油工作有很大影响，最常遇到的问题：

一、井斜的影响

就是井眼轴线偏离了预定的中心线。井眼斜了的油井对采油影响很大。例如：

1. 由于井斜，可能没有完全钻穿目的层，或根本没有钻达油层，就影响油井产量或根本不出油；
2. 由于井斜，在井眼弯曲度大的地方，油流阻力增大，容易结蜡，形成井斜结蜡点；
3. 当井内发生落物，如刮蜡片等工具掉在井内时，由于井斜就使打捞有困难；
4. 井斜严重时，要开采多个油层就不易实现分层配产配注的措施。

二、泥浆的影响

钻井过程所用泥浆的性能对油井投产后的生产有很大影响。例如：

1. 钻开油层时，泥浆比重过大，浸泡时间过长，就有大量泥浆侵入油层，将油层的油气流通孔道堵死，使油井不能自喷甚至不出油；
2. 在钻开疏松、高压的油、气层时，泥浆比重不恰当，或其它性能不良，则可能引起油、气猛烈喷出，造成井喷事故。油、气喷出时，将油层内的大量砂粒带出，则冲垮油层。严重时，引起火灾，使油井报废；
3. 当泥浆的性能不好，失水量大时，渗入油层的泥浆水将长期排不出来，影响油、气从油层产出；

4. 对一些低压油层，泥浆常在油层面上形成泥糊，使油、气不能产出。对这类油层，应该在泥浆内掺石油，即用油基泥浆，或纯用原油作循环液来钻开油层。

三、固井质量的影响

我们要求在固井后，所应封隔的地层都封隔开，不再有各层间的窜通或漏失。因为如果固井质量不合格，就会带来许多严重的后果。例如：

1. 当水泥环串槽，使应分隔的几个油层窜通时，就会打乱开发层系，使开发方案难以实施；

2. 当应封隔的水、气夹层没有封隔开，就会使油、水井的生产变化不正常，给油、水井的分析工作造成错误；

3. 当注入层和生产层在井内窜通时，就不能顺利地进行分层配产配注，因为注入层的水窜到生产层，开采生产层的油井含水就很快上升，而向注入层注入的水就不能达到预期的效果；

4. 当高压水层或高压气层和井筒内的开采层窜通，就会严重影响开采层的生产，使该油井或水井也不能正常生产。

5. 当固井水泥浆的用量计算不准，就造成水泥浆上返高度不够，即应封隔的层系没有封隔开，或水泥浆返出后，井底的水泥浆替不完，在油层部位的套管内凝为水泥柱。

第三节 油井完成的方法

注完水泥后，钻井工作并没有结束，因为油气层还被水泥环和套管封固着。怎样让油气从地层中流到井筒来呢？通常采用射孔的办法。即用自动定位仪，将射孔枪对准井下油气层的部位，发射子弹，打穿套管和水泥环，射进油气层，石油、天然气就经过这些弹孔流入井中（如图1-2）。这叫

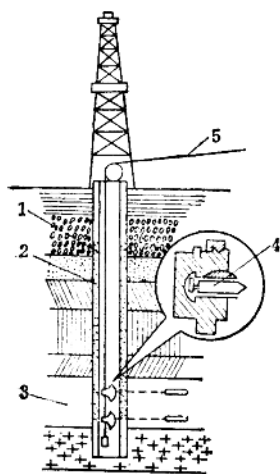


图1-2 射孔完成法

- 1—套管； 2—水泥环；
3—油层； 4—射孔弹；
5—电缆

“射孔完成法”。

射孔完成法适用于各种复杂地层，能严密地封隔油、气、水层，防止他们之间互相串通。缺点是油、气通过为数有限的弹孔流入井内，阻力较大。

因此，对于比较坚硬和稳定的油气层，在没有油、气、水层互相干扰的情况下，可采取不用水泥封固油、气层的完井方法。一般有四种方法（如图1-3）。

一、裸眼完成法

即只在油、气层以上的井段下套管、注水泥进行封固，然后钻开油、气层，使油、气层裸露开采。

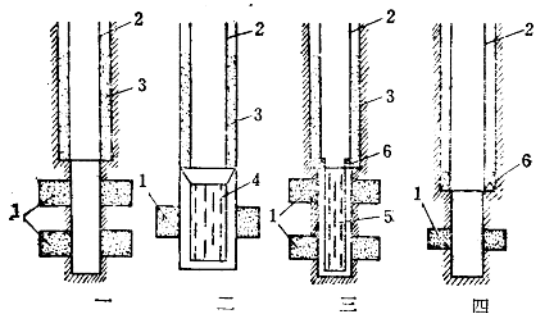


图 1-3

- 一、裸眼完成法；二、贯眼完成法；三、衬管完成法；四、堵塞器完成法
1—油层； 2—套管； 3—水泥环； 4—带眼筛管； 5—衬管； 6—封隔器

二、贯眼完成法

当钻开油层下套管时，在油层部位的套管是带眼筛管，套管与筛管的连接处装有一个水泥伞，注水泥浆时，水泥浆通过水泥伞的孔眼上返。即油层部位无水泥环。

三、衬管完成法

即套管下至油气层顶部，用水泥封固，然后钻开油气层，下入一段带孔眼的衬管，套管和衬管环形空间用封隔器封严。

四、堵塞器完成法

即整个井眼都不下套管，而将带有堵塞器（胶皮、封隔器等）的油管，下到油层顶部的台肩处。

此外，对于一些特殊的油井相应地采用不同的完成方法；如对于小直径井眼，下入尺寸很小的油层套管，就不再下油管；又如在裸眼井中，下入多排小直径管子，并在环形空间注水泥，分别在需要开采的油气层部位定向射孔，故各个油层的油、气分别从不同的油管喷出，即多油层分层开采的完井法。

油井完成的方法不是一成不变的。随着钻井工艺和油田开发技术的发展，新的完井方法也在不断地涌现出来。

第四节 替 喷

油井完成以后，石油和天然气还不能自动喷到地面上来。因为这时井眼内还充满着泥浆，井底压力大于油层压力。只有当井底压力低于油层压力时，油、气才能连续流入井内。同时在钻井和射孔的过程中，油层会被泥浆污染，堵塞部分孔隙，也影响油流入井。替喷就是设法降低井内液柱压力，清除堵塞油层的污物，让油气畅顺地流到地面上来。

替喷的方法很多，我国通常采用替喷法，抽汲法，提捞法，气举法等等。

一、替喷法

将油管下入油井底部，利用洗井机或水泥车把低比重泥浆，或者清水，或者原油注入井内，替出井内原来的泥浆，降低井底液柱压力，这叫第一次替喷。然后上提油管至油层中部，或者继续在底部向井内打清水，至返出的清水中带有大量油花并形成轻微井喷为止。此为二次替喷。

用原油替喷时，一般采用从油、套管环空注入，从油管返出的反循环洗井，这样易于控制井喷和放喷。

二、抽汲法

如果经过替喷后，油井仍不能自喷时，就需要采用抽汲的方法使其达到自喷的目的。抽汲方法，就是用一种特制的抽子，高速度地在油管内上下提放，把井内的液体逐渐地抽出，进一步减低井内液柱压力。在强大的抽力下，有可能把侵入油层的泥浆、污物等清除，使油井自喷。

三、提捞法

这种方法是用一个钢管制成的提捞桶下入井内，一桶一桶地把井内原有液体捞出地面，达到降低井底压力的目的。此法多用于不能自喷的井中。

四、气举法

这种方法是利用移动式压缩机向油管或套管内打入压缩气体，使井中的液体从套管或油管排出。

经过上述方法诱喷，油井达到自喷以后，就打开套管闸门，进行放喷。这是因为油、气井虽已经过各种方法诱喷，井内及其附近的地层内还有清水、泥浆及其它脏物。为了使这些脏物不致残留在地层及井内，对油、气层起不良作用，

同时也为了尽快地得到准确的地质资料，而使油气排出一部分，直到油气层畅通为止。例如大庆油田，套管放喷一般排出10立方米左右，然后改为油管放喷，放出5立方米左右即可。对于放喷量的多少，可根据诱喷是否彻底和油层浸泡时间来决定。

诱喷放喷都是非常重要的工作，做不好会给以后生产带来极为不良的后果。例如，残留的泥浆、污水、碎屑、弹壳、绳头等杂物，会经常发生堵塞油嘴的现象。如果诱喷时油管没有下到井底，使井底残留有泥浆，经过一定时间，泥浆和岩屑沉淀，就形成人为的砂面遮堵一部分油层。如诱喷不及时，泥浆、污物长期浸泡油层，堵塞油层内的油流孔道，会大大降低油层的渗透率，严重影响油层产量。