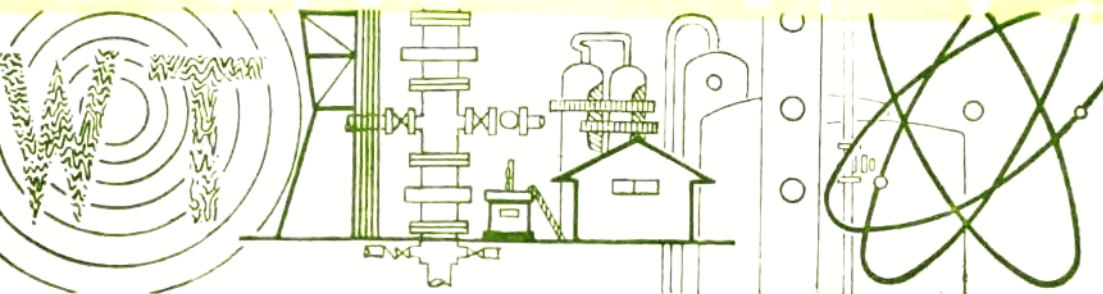




石油技工学校试用教材

修井工艺

玉门石油管理局技工学校 罗荣禄 主编



TE358

10

修井工艺

玉门石油管理局技工学校 罗荣禄 主编

石油工业出版社



B 542950

内 容 提 要

《修井工艺》一书是为石油技工学校采油专业编写的修井教材，重点阐述了修井措施中的各项工艺技术及基本原理。本书的特点是内容系统，深入浅出，通俗易懂，并注意反映了国内外的新工艺和新技术，适合于采油专业的师生使用。

本书除作为技工学校教材外，亦可供职工培训，职业高中及现场有关人员学习参考。

修 井 工 艺

玉门石油管理局技工学校 罗荣禄 主编

石油工业出版社出版发行

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京丰盛印刷厂排版印刷

787×1092毫米 16开本 7印张 165千字 印1—10,000

1988年9月北京第1版 1988年9月北京第1次印刷

书号：15037·2962 定价：1.20元

ISBN 7-5021-0110-1/TE·109

前 言

本教材是根据石油部劳资司1984年审订的石油技工学校采油专业的《修井工艺》教学大纲的要求编写的。作为石油技工学校采油专业修井课程的试用教材，亦可供油田职工培训选用和采油、修井工人学习参考。

全书共分八章，书中结合实际讲述了有关修井作业的基本知识。本书在编写过程中，主要参考了《油矿修井工人读本》，大庆石油管理局井下作业公司技工学校吴志义、梁思魁1984年编的《修井工程》和玉门石油管理局技工学校陈一1982年主编的《采油工程》，还参考了大、中专教材和有关资料，并收集和整理了大量的生产实践资料。本书力求理论联系实际，深入浅出，通俗易懂。并注意了课程的科学性、系统性和实用性，使其尽可能达到教学大纲的要求，适合教学需要和目前技工学校学生的水平。

本书由玉门石油管理局技工学校的罗荣禄编写绪论、第八章和附录，罗荣禄和彭克信合编第一章，罗荣禄和蒋光兴合编第五章；由辽河石油勘探局技工学校的李亚洲编写第二、四、七章；由大港石油管理局技工学校的陈振刚编写第三、六章；全书由罗荣禄主编，并由玉门石油管理局技工学校的冯传贤、窦信超审阅。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中的错误和缺点在所难免，敬请各位教师和读者批评指正。

编者

1987.4

目 录

绪论	(1)
第一章 油(水)井维修	(3)
第一节 压井与降压	(3)
第二节 清砂与防砂	(6)
第三节 清蜡和防蜡	(13)
第四节 修井检泵	(16)
第二章 封隔器	(21)
第一节 封隔器的分类、型号编制方法和用途	(21)
第二节 支撑(柱)式封隔器	(23)
第三节 卡瓦式封隔器	(24)
第四节 水力扩张式封隔器	(27)
第三章 油层酸处理	(31)
第一节 盐酸处理	(31)
第二节 酸液和添加剂	(34)
第三节 酸处理工艺	(38)
第四节 土酸处理	(40)
第五节 酸化新技术与新工艺	(42)
第六节 影响酸处理效果的因素	(43)
第七节 注水井增注	(45)
第四章 油层水力压裂	(48)
第一节 油层水力压裂基本原理	(48)
第二节 压裂液和支撑剂	(50)
第三节 压裂设计	(53)
第四节 压裂工艺	(57)
第五节 压裂设备及其工具	(59)
第六节 压裂效果的分析	(62)
第五章 封堵水层	(65)
第一节 油井出水原因及防水措施	(65)
第二节 油井出水层位的确定	(67)
第三节 油井堵水工艺	(69)
第六章 试油	(74)
第一节 试油概述	(74)
第二节 试油工艺	(75)
第三节 试油方法	(78)
第七章 井下事故处理	(82)
第一节 概述	(82)
第二节 落物事故处理	(84)

第三节	卡钻事故处理	(89)
第八章	套管修理	(94)
第一节	套管损坏的原因及其判断	(94)
第二节	套管损坏的类型及修理方法	(95)
附录一	抽汲计算	(100)
附录二	本书常用许用单位和非许用单位及换算关系表	(102)
主要参考书		(103)

绪 论

修井工艺技术是油田开发科学技术的重要组成部分。要把深埋地下的油气开采到地面上来,必须用钻井的方法钻得石油井,并通过采油技术来实现。然而,在采油过程中,一方面由于客观和人为的因素,石油井经常发生一些故障,导致井的减产,甚至停产。例如,自喷井常常因油管结蜡、井底沉砂等故障而堵塞油管和掩埋地层,阻止了石油流出地面;抽油井井下的深井泵也常常因砂、蜡而发生故障;注水井则常常因井底砂埋或封隔器损坏而不能正常注水。为了恢复油、水井的正常生产,必须及时修理,解除这些故障。另一方面为了增产挖潜,提高油田采收率,需要进行增产措施,改造油层。因此在油田开发中就提出了修井任务和修井工艺技术。

修井工作是指为使油、水井恢复正常生产和注水,或者为提高其生产和注水能力而对它们所进行的解除故障的工作和所实施的措施。修井工作因油、水井的生产方式不同,其内容也不尽相同,但它们起下操作所需要的主要设备、工具和操作方法等都大同小异。

修井工作对发展石油工业有十分重要意义。从开发好地下资源上来讲,要获得大量的油气产量,使油田在较长时期内稳产和高产,修井工作是必不可少的。因为一口石油井处在自然环境和人为条件下工作,无时不在发生变化。例如,老君庙油田由于长期采油和频繁的井下作业,几乎每口井都出现过或大或小的问题,不经过修理就不能维持正常生产。所以,为了完成国家对油田要求的油气产量,全国每年要进行上万井次的修井和增产增注施工作业。

修井工作对提高油田开发的经济效益,也起着重要的作用。对于故障井进行修理使其恢复正常生产,远比钻一口新井所用的设备、钢材、人力和时间要少得多,这样就延长了油井的寿命,提高了油田的开发速度,为国家节省了投资。

从地质的角度来看,修井工作更是油田开发中离不开的措施,它是油田能够合理、迅速开发的保证。因为井网的布置是根据油田开发方案决定的,石油井发生故障不处理,只有重新钻井才能开发出地下油气。而只靠钻新井采油,不靠修井维持正常生产,势必将油田上本来可以正常生产的井变成报废井,甚至造成油田生产停顿,油田开发方案无法实施。

修井工作已被国内外石油工作者高度重视,理论研究不断取得新成果,工艺技术越来越完善,机械化、自动化程度越来越高,新型的设备和工具大量出现和应用,有力地促进了修井工艺的发展和提高。

修井工艺是随着油田开发技术的发展,从采油工艺中分离出来的一门独立的工艺技术。它象钻井和采油工艺一样,在整个油田的开发中具有同等重要的地位,尤其在油田开发后期,修井工艺就显得更为重要。当油井投入开采之后,采油工艺和修井工艺必须紧密配合,缺一门工艺技术都不会使油田开采工作顺利地进行。一口石油井在采油过程中不可能不发生故障,而一旦发生故障就必须通过修理才能使故障井恢复正常采油。要对油井进行修理就需要采用合适的修井工艺技术来完成,因此,修井工作为油井的正常采油提供了保证,修井质量的好坏对油井采油有极大影响。修井质量好,则油井恢复正常生产后,其产液量高,生产时间长,采油效益提高;修井质量差,则油井在投产后,其产液量下降,甚至不出油,或者

只出水。

因此，修井工作作为油田开采工作中维护石油井正常生产，实现开发方案和调整方案，提高油田开采效果的重要手段，必须坚持优质、高速，坚持质量、安全第一，修必彻底，不留后患。并且要求大力发展和应用先进的采油工艺技术，以取得最高的经济效益。要使修井后见到明显的效果，修井质量必须达到修井目的和设计要求，并且修后不损坏套管和油层，以及井下无落物等。总之，修井工作对一个油田的合理开发起着重要作用，它与采油工作一起为开发油田服务，而修井质量是提高油田采油效益的重要保证。

复习思考题

1. 什么叫修井？修井工作的目的是什么？
2. 修井和采油的关系怎样？
3. 修井在油田开发中有何重要性？你怎样学好这门课？

第一章 油（水）井维修

油（水）井维修是石油开采中常见的和必不可少的修井内容，是维持油田正常生产的重要保证。据统计，各油田每年维修工作量占整个修井工作量的60%以上。尽管大多数维修措施的工序比较简单，但是，如果在工作中重视不够，措施不当，就会影响油井的产量，甚至损害油层，缩短油井的寿命。因此，对油（水）井的维修要做到思想重视、充分准备、措施合理、精心施工、保护油层、优质安全、一次成功。

第一节 压井与降压

对高压自喷油、气井修井时，为了防止井喷事故和便于修井工作的顺利进行，所遇到的第一个问题就是要降低井口压力。只有在油、气井完全停止自喷后才能拆卸井口，进行井下施工。

在油、气井上降低井口压力的方法是采用压井的方式，而在注水井上通常采用喷水降压的方式来降低井口压力或者采用不压井不放喷井口装置进行起下钻。

一、压井

1. 压井的概念和目的

所谓压井，就是往井内注入密度适当的压井液，使井筒内的液柱压力与地层压力相平衡（即井口压力为零）的工艺过程。

显然，压井的目的就是把井暂时压住，使其井口压力暂时降为零，以便于使井内的油、气在施工过程中不能喷出，保证施工作业顺利进行。

2. 压井的原理和计算

压井的原理就是利用井筒内的液柱压力来平衡地层压力，使地层中的油、气、水能暂时停止流动。实际工作中就是根据油层静止压力的大小，选择不同密度的压井液，使井筒里的液柱压力与地层压力相平衡，从而达到压井的目的。

由压井的原理可知，井内的压井液柱在井底油层部位形成的井底压力至少应与油层静压（或地层压力）相平衡。因此，未压井时，在关井达到静止的情况下，其油层静压等于液柱压力与井口压力之和。即

$$p_{\text{油层}} = p_{\text{液柱}} + p_{\text{井口}} \quad (1-1)$$

为了使油井敞口作业时不发生井喷，须使 $p_{\text{井口}} = 0$ 。而要使井口压力降为零，则必须提高井筒内液体的密度，以增加井筒内的液柱压力。即

$$p_{\text{油层}} = p_{\text{液柱}} = \frac{\rho_{\text{液}} H}{10^4} \times 9.807 \times 10^4 \approx 10 \rho_{\text{液}} H \quad (1-2)$$

在实际工作中，为了安全起见，其压井液柱压力应略大于油层静压的5%~10%，于是压井液的密度可由下式确定

$$p_{\text{液柱}} = 10 \rho_{\text{液}} H = (1.05 \sim 1.10) p_{\text{油层}}$$

$$\rho_{\text{液}} = \frac{(1.05 \sim 1.10) p_{\text{油层}}}{10H}$$

$$\rho_{\text{液}} = \frac{K p_{\text{油层}}}{10H} \quad (1-3)$$

式中 $p_{\text{油层}}$ ——油层静止压力, Pa;

$p_{\text{液柱}}$ ——井内液柱压力, Pa;

$p_{\text{井口}}$ ——井口压力表压力, Pa;

$\rho_{\text{液}}$ ——压井液的密度, kg/m^3 ;

H ——油层中部深度, m;

K ——考虑平衡不稳定的安全系数, 通常取1.05~1.10。

根据(1-3)式便可选择密度合适的压井液。

3. 压井液的选择

压井液对油层的影响程度以及压井效果的好坏, 取决于压井液的液柱压力与油层静压的对比关系和压井液体本身的性质。因此, 正确地选择压井液的密度及其性质是保证压井质量的重要环节。

选择压井液时要遵循应使所选取的压井液在井筒内所具有的液柱压力, 对油层压而不死、活而不喷的原则。即既能保证修井施工顺利进行, 又不损害油层。

表 1-1 常用压井液密度 kg/m^3

压井液	原油	清水	碱水 (烧碱) 50%	盐水		地层水	油基泥浆	水基泥浆
				普通盐水	加入氯化钙			
密度	760~980	1000	1000	1000~1180	1000~1260	1000~1030	800~1800	1050~2000

总之, 压井时应根据该井的具体情况和本油田开发的要求, 通过压井液密度计算, 以选定合适的压井液压井。所准备的压井液体积应大于井筒容积的1.5倍。

例 已知某油田油层静止压力为 $116.5 \times 10^5 \text{Pa}$, 油层中部深度为1000m, 问压井时压井液密度为多少?

解 由(1-3)式求 $\rho_{\text{液}}$

$$\rho_{\text{液}} = \frac{K p_{\text{油层}}}{10H} \approx \frac{1.10 \times 116.5 \times 10^5}{10 \times 1000} \approx 1281.5 \text{ kg}/\text{m}^3$$

故根据以上压井液密度的要求, 可选择泥浆或高密度无固相压井液来压井。

4. 压井方法

压井方法选择的正确与否是压井成败的一个重要因素。目前现场常用的压井方法有灌注法、循环法和挤注法三种。

(1) 灌注法 就是往井筒内灌注一段压井液之后, 就可以把井压住的方法。

此法多用在井底压力不高、修井工作简单、修井时间短的修井作业上。利用这种方法压井的特点是压井液与油层不直接接触, 可基本上消除油层受侵害的可能性, 同时修井后很快就能使油井投入生产。

(2) 循环法 这种方法现场应用较多。它是把配好的密度合适的压井液用泵泵入井内并进行循环,井筒中密度较小的油气水被压井液替出井筒,从而把井压住的方法。循环法压井又分为反循环压井和正循环压井两种。

反循环压井 就是压井液从油管和套管的环形空间泵入,从油管中返至地面,使压井液充满整个井筒,从而将井压住的方法。

这种方法多用在压力高、产量大的油井中。因为,在反循环压井开始时,井内油、气从油管中大量喷出,当压井液从油套管环形空间到达油管鞋后,则可用出口闸门控制其喷出量,所以不易使压井液气侵,容易提高压井效果。

正循环压井 就是压井液从油管中泵入,从油管和套管的环形空间返至地面,使压井液充满整个井筒,从而将井压住的方法。这种方法适用于低压、气量较大的油井。在压井前先将井内气体放空,造成暂时停喷,然后压井,其效果较好。

实践经验证明:即使在压井液密度选择比较合适的情况下,用正循环压井常常失败,而采用反循环压井则往往容易得到成功。

(3) 挤注法 这种压井方法是在既不能用循环法,又不能用灌注法压井的情况下采用的。如井下砂堵、蜡堵或因某种事故不能进行循环的高压井等。其方法是井口只留有压井液的进口,其余管路闸门全部关死,在地面用高压将压井液挤入井内,把井筒中的油、气、水挤回地层,以达到压井的目的。这种压井方法的缺点是,压井时可能将井内的脏物(砂、泥等)挤入油层,造成油层孔道堵塞,对油层不利。

5. 影响压井成功率的因素

(1) 泥浆性能的影响

用泥浆压井,由于井内情况的变化,使泥浆性能变坏,直接影响压井的成功率。泥浆的性能常常由于下述原因变坏。

1) 水侵 即在压井过程中,外来水侵入泥浆。泥浆受到水侵,其粘度变小,密度降低,压不住井。遇到这种情况,应及时往泥浆内加入粘土粉或重晶石粉,以提高泥浆的粘度和密度。

2) 气侵 即进入井筒内的天然气大量混入泥浆中。其现象是泥浆出口处夹有小气泡,密度严重降低,粘度相应增加,此时很容易发生井喷。发生上述情况时,应适当地增加泥浆密度并进行充分循环。

3) 钙侵和水泥侵 地层中的石膏侵入泥浆,使泥浆中的钠基粘土变为钙基粘土,这种现象称为钙侵。泥浆钙侵后,其粘度和切力降低,失水量增大。水泥侵则是指水泥侵入泥浆中,使泥浆性能变坏。水泥侵后,泥浆的粘度增高,流动性变差,失水增加。无论是泥浆钙侵还是水泥侵,都给压井工作带来困难,严重者还会侵害油层。

4) 盐水侵 即是地层中的盐水侵入泥浆后,使泥浆性能发生变化的现象叫盐水侵。泥浆盐水侵后,泥浆中的含盐量增高,粘土的水化性能变坏,并使泥浆的粘度增高而易被气侵,造成泥浆的密度降低,严重时会发生井喷事故。

(2) 设备和施工措施等因素的影响

压井用的泥浆泵上水不好,排量太小,压井时间过长或脏物进入压井液而造成卡泵。压井过程中,井口闸门控制不合适(出口过大或过小);井下情况不明(如油井结蜡,含水,油气比,静压以及周围井的连通情况等)等,都会影响压井工作的顺利进行。

如果在注水井上进行修井施工时,采用压井液压井的方法必将污染油层,影响修复后的

注水效果。因此须用喷水降压或关井降压的方法来代替压井，既可满足修井作业降低井口压力的需要，也可符合不侵害油层的要求。

所谓喷水降压，就是指在修注水井之前，控制油管（或套管）闸门，让井筒内以至地层内的液体按一定的排量喷出地面，直到井口压力降至为零的过程。所谓关井降压，是指修井前一段时间注水井关井停注，使井内压力逐渐扩散而达到降压目的的方法。

1. 喷水降压的目的或作用

(1) 降压 因为油层压力很高，井筒内充满高压液体。当打开井口进行井下作业时，井内的高压液体必然以较大的速度和排量源源喷出。为了保证井下安全，使井下作业顺利进行，一般在放喷出口安装喷咀，以控制喷率（单位时间的喷水量）。随着放喷时间的增长，喷出量的增多，井筒内的压力不断下降，喷势及喷出量也必然降低。注水井喷水降压就是应用这个道理，使井口压力降至为零，井口处的喷率趋近于零。当敞开井口作业时，也不至于发生井喷，从而达到了降压之目的。

(2) 解堵 注水井在投注相当长的一段时间后，由于注入水的质量没有严格保证，井底附近地带的地层孔隙常被注入水携带的杂质、污物所堵塞，致使地层渗透率减小，注水量降低。为此，对注水井采用放喷措施，可以使地层内高压液体冲刷和携带出岩层孔隙中的堵塞物，解除堵塞，恢复地层渗透率。同时，由于高压液体通过井筒喷出地面，还有洗井的作用。

2. 喷水降压工艺

(1) 喷水降压的方式 根据液流方式的不同，注水井喷水降压的方式有油管放喷和套管放喷（即油、套管环形空间放喷）两种。现场常用油管放喷的方式。套管放喷只是在油管堵塞等特殊情况下才应用。

(2) 喷水降压的技术措施 油田情况不同，井况不同，其喷水降压的技术措施也不同。

1) 初喷率的确定 初喷率即是指开始放喷时单位时间内的喷水量，其单位是升/分或吨/时。初喷率选择的正确与否，不仅影响到喷水降压的成败，还会影响到井况及油层。一般初喷率控制在50升/分，含砂量在0.3%以下。

2) 喷出量幅度的提高及极限喷率的确定 一般在初喷率的条件下，喷出总水量大于喷水管（油管或油套管环形空间）容积的2~3倍后，若含砂量仍不上升，即可以逐渐提高喷率，但每次提高幅度不得超过16升/分。如果喷率提高到某一喷率后，发现含砂量突然开始上升，即说明此时的喷率已达到极限喷率（也叫临界喷率）。

在极限喷率下继续喷水一小时后，若含砂量不降，应立即控制到极限喷率以下喷水。

3) 取资料及控制调节喷率 采用喷水降压时，要求每隔半小时记录一次井口压力、喷水量、含砂量、含泥量等，以便及时控制和调节适当的喷率。

第二节 清砂与防砂

油层出砂是油田开发中的砂、蜡、水、稠四大害之一，也是砂岩油层开采过程中常见的问题。它直接影响油井的正常生产和原油生产任务的完成，影响采油工艺技术和油田开发方案的顺利实施。

二、喷水降压

油井出砂后，将给生产带来危害。对于疏松油层，出砂是提高采油速度的主要障碍。油

层出砂后,砂子可在井筒内沉积形成砂堵;随着生产时间的延长,井底积砂越来越多,砂面不断上升,以致掩盖油层全部射孔段,阻碍油流,从而降低了油井产量,甚至掩埋或卡住井下管柱,造成砂卡事故,使油井停产,同时也增加了修井工作量。另外,油井出砂还会磨损设备,如抽油泵的凡尔和活塞、衬套等。长期出砂严重的井甚至引起井底坍塌而损坏套管。因此,必须分析油井出砂的原因,研究清砂的方法和防砂的技术措施,以确保油井生产的顺利进行和油田开发取得良好的经济效益。

一、油层出砂的原因

影响油层出砂的因素很多,出砂的原因也较复杂。但是归纳起来主要有地质和开采两大因素。

1. 地质因素

(1) 油层疏松引起出砂 油层疏松与否主要取决于砂粒间的胶结程度。胶结程度的好坏与岩石的颗粒组成、胶结物种类及含量和胶结方式有关。一般胶结物越多,胶结力越强,油层越不易破坏;反之,油层就易于破坏而形成出砂。砂岩中的胶结物有粘土、碳酸盐和硅质三种。一般硅质胶结的强度最大,碳酸盐胶结次之,粘土胶结最差。

当其它条件相同时,渗透率越高,岩石强度越低,则油层越易于出砂。从老君庙油田某资料井的岩石强度与渗透率的关系曲线可以说明这一点(见图1-1)。

(2) 油层构造变化引起出砂 地层在构造上发生急剧变化的地方,如在断层多、裂缝发育、地层倾角大和边水活跃的地区,使地层结构受到破坏,在这种地区的井容易出砂。

(3) 地层中流体(油、气)的物理性质对油层出砂也有影响。如原油粘度高,油层含气量大等,都容易引起出砂。

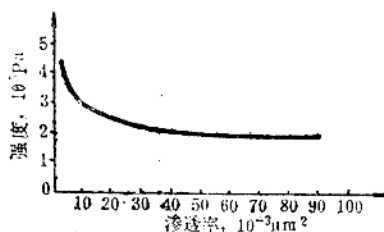


图 1-1 老君庙油田某井岩石强度与渗透率关系曲线

2. 开采因素

(1) 油(水)井工作制度不合理 自喷井的油嘴口径过大,抽油井的抽油参数组合过大,都会使油井生产压差过大,砂岩油层的结构遭到破坏而引起油井出砂。当注水井猛烈放喷时,也会破坏油层结构引起出砂。

(2) 措施不当引起出砂 频繁的增产增注措施会破坏岩石的结构。如多次重复压裂,使砂岩多次受到高压高速压裂液的冲刷,削弱了岩石颗粒间的胶结力;酸化溶解了岩石颗粒间的胶结物;密集射孔破坏岩石结构甚至引起套管破坏等。这些都会引起油层的出砂。

(3) 油井出水时引起出砂 因为具有一定压力的水从地层流向井底时,冲刷和浸泡岩层的胶结物,破坏了岩层颗粒之间的胶结(特别是泥质胶结),而引起油层出砂。

(4) 完井方式选择不当引起出砂 如应该用射孔完井的误用了裸眼完井的油(水)井,就易造成出砂。因此完井方式一定要根据该井地层的地质状况正确选择,否则会使油井大量出砂。

二、清砂方法

油层出砂后,如果井内的液流不能将全部进入井筒内的砂带到地面,就会使井内砂子越积越多,堵塞油层的渗滤面和出油通道,使油井减产或停产;同时,还可能造成难以处理的井下砂卡事故,因此,必须采取措施清除积砂。通常采用的清砂方法有两种,即水力冲砂和机械捞砂。

1. 水力冲砂

水力冲砂就是用高速流动的液体将井底砂堵冲散,并借用液流循环上返的携带能力,将冲散的砂子带出地面,从而清除井底的积砂,恢复与提高油井的产量或注水井的注入量。

(1) 冲砂液的要求与选用 冲砂液,即指进行冲砂时所采用的液体。一般常用的冲砂液有原油及低固相或无固相泥浆、清水、乳化液、气化液等。对冲砂液的性能有如下要求:

- 1) 具有一定的粘度,以保证有良好的携砂能力;
- 2) 具有一定的密度,以便形成适当的液柱压力,防止冲砂过程中造成井喷;
- 3) 性能要稳定,不损害油(气)层,能保护油(气)层的渗透性能;
- 4) 由于液柱压力的作用而部分进入油层中的冲砂液,在冲砂后能容易排出,以防止污染油层;

5) 在满足上述各要求的条件下,应尽量采用来源广,价格便宜的冲砂液。

为了防止油层污染,在液体中常加入表面活性剂。一般原则是油井用原油,水井用清水(或盐水),低压井用混气冲砂液。如果高压油井采用原油形成的液柱压力不足以平衡油层压力时,可选用清水或者无固相泥浆冲砂。

(2) 冲砂的方法 冲砂是油(水)井维修中经常要进行的一项工艺技术。由于油田和油井的条件各不相同,采用的冲砂方法也不同。按冲砂液循环的方式可将冲砂的方式分为正冲、反冲、正反冲和混气冲砂四种。

1) 正冲砂 指冲砂液沿着油管(冲砂管)向下流动,在流出油管口时,以较高的流速冲散砂堵,被冲散的砂子与冲砂液混合一起沿着油管与套管的环形空间返至地面的冲砂方法。通常在油管下端带斜尖,这样可以防止下放太快,油管插入砂中而憋泵。亦可用斜尖刺松砂堵,便于冲砂(图1-2)。利用这种冲砂法冲砂时,由于冲砂管直径较小,所以冲刺力大,容易冲散砂堵;但是,由于油、套管环形空间较大,冲砂液的上返速度比下行速度小得多,所以携砂能力较弱,大颗粒砂子不易带出,易在冲砂过程中发生卡钻事故。为了提高携砂能力,需要保持高液流速度就必须提高泵的排量,这样就须增加设备的功率。

2) 反冲砂 指冲砂液由套管与冲砂管的环形空间进入冲刺砂堵,而被冲起的泥砂与冲砂液混合后沿冲砂管上返到地面的冲砂方式。

反冲砂的优点是液流上返速度大,携砂能力强,不易在冲砂过程中发生卡钻事故。但由于油、套管环形空间大,液体下行时流速低,冲刺力不大,不易解除较严重的砂堵,同时还易堵塞冲砂管。

3) 正反冲砂 这是为了利用正冲砂和反冲砂的各自优点,弥补其不足而提出的一种冲砂方式。具体办法就是先用正冲的方式冲散砂堵,并使砂子处于悬浮状态;然后,迅速改用反冲方式,进行反冲洗,将冲散的泥砂从冲砂管内冲出。这样可以迅速解除较紧密的砂堵,

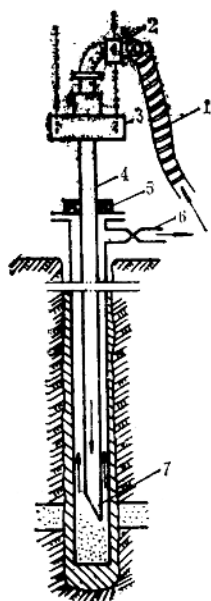


图 1-2 冲砂示意图

1—水龙头; 2—活动弯头; 3—吊卡; 4—油管; 5—封井器; 6—套管出口; 7—斜尖

提高冲砂效率。采用正反冲砂方式时,为了使倒换冲砂方式(流程)方便、迅速,地面管线上必须安装专用的总机关(阀组)。

为了充分利用正反冲砂的优点,进一步提高冲砂效率,可采用如图1-3所示的冲砂管柱来联合冲砂。它是在距离冲砂管底部15~20米处装一个分流器。分流器是用来改变液流通道;其上带有一个可用液力涨开的密封环,以便密封套管和冲砂管之间的环形空间。冲砂液从油、套管环形空间进入井内,经过分流器进入下部冲砂管,将砂堵冲散。被冲散的砂随同液体先从不部冲管与套管环形空间返至分流器后,进入上部冲砂管内,然后返至地面。这样既增大了对砂堵的冲刺力,又可增加上返液流速度,同时又不需改换冲洗方式,因而可提高冲砂效率。使用这种冲砂方式的要求是套管无损坏及变形。

4) 负压冲砂 又称混气冲砂,它是防止地层漏失的工艺之一。油田开发后期,由于地层压力下降,用清水冲砂,井筒内液柱压力往往大于地层压力而产生严重漏失。由于混气泡沫液具有密度小、粘度大和携砂能力强的特点,故用其冲砂可减少井筒回压,产生极大负压,从而可防止井筒漏失。负压冲砂工艺,就是把水泥车和压风机在井口并联(如图1-4),将它们分别打出的泡沫液和气体在三通处混合后打入井内形成密度较小的泡沫,从而使井筒液柱压力低于地层压力,达到漏失井冲砂后不污染油层,且有一定排液解堵作用的目的。泡沫液是由0.5%的ABS起泡剂和0.2%的 Na_2CO_3 稳定剂及水混合而成,泡沫液与高压气体混合后就形成了泡沫。

对于油管內发生堵塞或带封隔器而不能建立循环的井,可在油管內下入小直径的冲砂管进行冲砂,即所谓的冲管冲砂方式。



图 1-3 联合冲砂管柱示意图

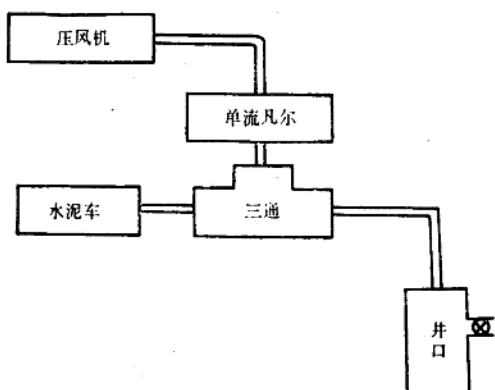


图 1-4 负压冲砂管汇连接示意图

能用冲砂法清除砂堵的油井,都尽量采用冲砂法清砂。

三、防砂方法

清砂工作固然重要,但更重要的工作是防砂。根据油层出砂的原因,油层岩石胶结疏松是油层出砂的主要内在因素,而开采措施不当等外在因素,将使油层出砂更为严重。对于胶

2. 机械捞砂

机械捞砂就是利用绞车将不同形式的捞砂筒下入井内捞取井底积砂。这种方法一般适用于严重漏失不能建立循环的井或油层压力低而不宜采用普通冲砂的油井;对于井内砂柱不长,而且沉积不太紧密和井深在几百米以内的低压油井也适用于捞砂。目前现场常用的捞砂筒有活塞式捞砂筒和真空式捞砂筒两种。

由于捞砂效率低,清除砂堵的时间长,耽误油井的生产时间。所以,凡是

结还不是很疏松的油层,井的开采措施不当往往是油井出砂的直接因素。所以,为了防止油层出砂,一方面要针对油层和油井条件,正确选择完井方法,制订合理的开采措施;另一方面要根据油层和油井的条件及出砂规律,选用科学的防砂技术进行防砂。目前油田上除生产中制订合理的开采措施外,常采用人工井壁和人工胶结砂层防砂(化学防砂方法)与滤砂器和砾石充填防砂(机械防砂方法)等防砂工艺措施。

制订合理的开采措施就是指在油井生产管理过程中,制定合理的工作制度,开、关井平稳操作,严防油井“激动”等,都是防止油井出砂,保护油层的重要措施。

人工井壁防砂法通常是指从地面将固体颗粒(砂粒、核桃壳粒等)和未固化的胶结剂按一定比例拌和均匀,用液体携至井下挤入油层出砂部位,胶结剂固化后,将固体颗粒胶固,于是在井底附近套管外形成具有一定强度和渗透性的“人工井壁”,可起到阻止油层砂子流入井内的作用。这类防砂方法也叫颗粒防砂方法,其中主要有水泥砂浆、树脂-核桃壳及树脂砂浆等人工井壁防砂法。

人工胶结砂层防砂法是指从地面向油层挤入液体胶结剂及增孔剂,然后使胶结剂固化,将井壁附近的疏松砂层胶固,以提高砂层的胶结强度,同时又不会使渗透率有较大的降低。这类方法也叫液体防砂方法,被推广使用的有酚醛树脂溶液及酚醛溶液地下合成等方法。

由于以上几种防砂方法(统称化学防砂方法),在《采油工程》中有较详细的讲述,这里不再多述。下面重点介绍衬管、砾石充填和滤砂器防砂。

衬管、砾石充填和滤砂器防砂是以力学为基础的物理防砂方法(又称机械防砂方法)。尽管它们大都是些老方法,然而由于不断改进和完善施工工艺,目前在国内外一些油田上仍然是一种重要的防砂手段。

1. 衬管防砂

就是将带有割缝的管子(如图1-5)下入裸眼井内,用封隔器固定在套管下部,如图1-6所示。当地层液体流向井底时,液流中一定数量的小砂粒可通过缝眼进入井内,而较大的砂

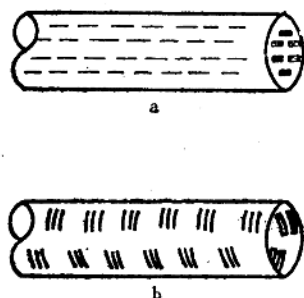


图 1-5 割缝衬管示意图

a—垂直割缝衬管; b—水平割缝衬管

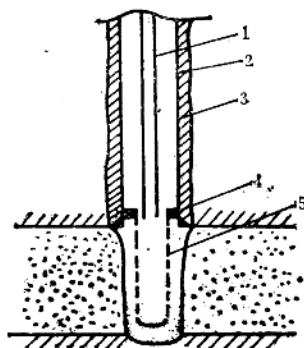


图 1-6 衬管完井示意图

1—油管; 2—套管; 3—水泥环; 4—封隔器; 5—衬管

粒被阻止在衬管外形成“砂桥”或“砂拱”。这种较大的砂粒又成为较小砂粒的滤器,把较小砂粒阻止在更外面,就这样通过自然选择,在井壁处形成一个由粗到细的滤砂器。它既具

有良好的通过能力，又能阻止油层大量出砂。

衬管防砂的主要作用原理是建立在砂粒在缝眼处形成砂拱的基础上。由于衬管是利用砂粒成拱作用通过自然选择形成的滤器来防砂。所形成的滤器人们是无法控制的，因而限制了它的防砂效果；由于它往往不能控制细砂，而且易发生堵塞，并且如果要求割缝宽度很小时，加工也困难。因此，根据衬管防砂的原理提出了充填砾石的方法。

2. 砾石充填防砂

砾石充填是将人工在地面上选好的具有一定粒度的砾石（砂）用液体携带到井内，充填于井底，在井壁处构成一个砾石滤器来阻止砂粒流入井内，以达到保护井壁（裸眼井）防砂入井的目的。

常用的砾石充填有两种：

裸眼内砾石充填和套管内砾石充填。裸眼砾石充填是用于裸眼完成的井，是在钻井时，钻开油层并对油层部位扩眼后进行的，如图1-7a所示；套管内砾石充填用于射孔完成的井，如图1-7b所示。二者防砂的原理是相同的，而成败的关键，从设计上来讲，首先是合理选择砾石的大小和衬管割缝的尺寸。而选择砾石的原则是既要使砾石填层保持较高的渗透率，又能防止油层出砂；衬管割缝则能挡住砾石，阻止砾石进入井底。

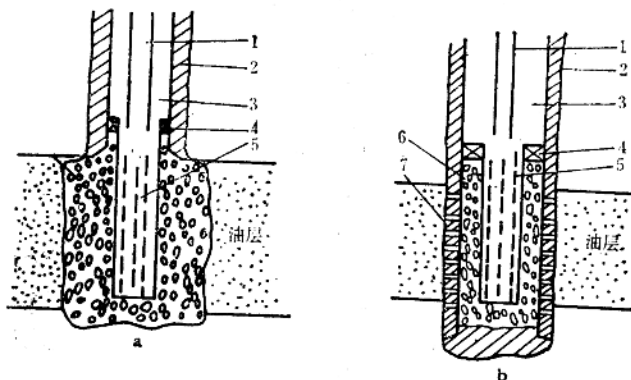


图 1-7 砾石充填

a—裸眼砾石充填，b—套管内砾石充填

1—油管；2—水泥环；3—套管；4—封隔器；5—衬管；6—砾石；7—射孔孔眼

现时的砾石充填防砂已采用金属绕丝筛管（用梯形不锈钢钢丝绕焊在筋条上制成的），并用专门的工具（如Y411—114型填砂丢手封隔器等）循环填砂、丢手留在井内。其施工管柱结构和施工后井内结构如图1-8所示。

套管内砾石充填要求井壁附近清洁，以防止地层砂或污物与充填的砾石相混，致使投产后的渗流阻力增加，严重降低产量。故施工中除必须彻底清洗井底外，还须冲洗射孔炮眼（用专门的工具进行）。这样施工后，在绕丝筛管和套管环形空间充满一定粒度的砾石，依靠砾石和筛管形成的两道稳定的滤砂层，构成井底地带的高渗透性的防砂屏障。

砾石充填绕丝筛管防砂工艺目前已在我国各油田推广使用，取得了良好的防砂效果。

3. 滤砂器防砂

这是将地面制好的滤砂器下到井底来阻止地层砂进入井内的一种防砂方法。下面介绍三种用于射孔井内的滤砂器。

(1) 砾石滤砂器 由两层带孔眼的同心管所组成，并在内外管子上分别包以25~30孔/厘米²的铜丝网。在两管的环形空间充填不同直径(0.5~0.8、0.8~1.2、1.2~1.5毫米)的砾石，如图1-9所示。

(2) 塑料滤砂器 在带有孔眼的2 $\frac{1}{2}$ 英寸油管外面包有铜丝网，并在其外胶结一层塑料