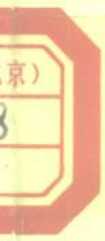


石油工人自学丛书



修井

下册



石油工业出版社

内 容 提 要

本书较系统地讲述了国内油田井下作业、修井工艺技术理论、设备工具、技术措施、施工程序和安全操作等方面的知识，同时介绍了国外的修井先进工艺、技术装备和修井工具等情况。

本书是在一九七四年版《油矿修井工人读本》的基础上修订而成的。删去了原第十三章侧钻内容，增添了修井设备、修井工具和工程测井等新章节内容。

全书共十五章，分上、下两册。上册包括井的基本知识、修井设备、修井工具、工程测井、油、水井维修、封隔器和井下注采分层管柱等内容，下册包括油、水井封串、封堵水层、油层水力压裂、油层酸处理、水力喷砂技术、试油工艺、井下事故处理、套管修理等内容。

本书适合井下作业和修井工人阅读，也可供采油工人和现场技术人员参考。

油田工人自学丛书

修 井

下 册

冯传贤 吴志义 等编

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京昊海印刷厂排版

北京顺义燕华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米32开本13 1/4印张 1插页 275千字 印5,001-8,000

1988年11月北京第1版 1991年7月北京第2次印刷

ISBN 7-5021-0071-7/TE·71

定价：2.75 元

出版说明

油田工人自学丛书是为各油田青年工人熟悉和掌握本职专业技能的普及性技术读物。为了适应各种工人不同的学习重点，该丛书将根据油田专业分工情况分册出版。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，热采等分册。

这套丛书一部分是我社以前出版的各种工人读本修订而成；一部分是新组织编写的。今后还将根据需要陆续组织编写油田有关专业其它技术读物，以满足广大油田工人更广泛的学习要求。

前 言

为了适应修井工艺技术的飞速发展和油田现场实际的需要，根据一九八三年六月石油工业部在四川召开的石油工人技术培训教学计划和教学大纲审定会精神和该会议制定的油矿修井工人技术培训教学大纲，我们对一九七四年出版的《油矿修井工人读本》进行了全面修订。

本书初版是由冯传贤、窦信超、冀志云、马世峰等编写。此次由冯传贤（第四、五、十章）、吴志义（第二、三、七、十一、十三、十四、十五章）、窦信超（第一、六章）、鄢怀智（第八、九章）、冀志云（第十二章）等进行修订。在修订过程中，玉门石油技工学校和大庆井下作业公司等单位，以及王福洲、童志秀、栗名仁、张逢炎、王少武、魏光、杨山、常国介、李岩等给予了大力支持。全书由大庆石油管理局王德民审定。

由于编者水平有限，难免有错误和不足之处，诚恳期望广大读者给予批评指正。

一九八五年四月

目 录

第八章 油、水井封串	(1)
第一节 油、水井串通的原因	(1)
一、地层串通的原因	(1)
二、管外串通的原因	(1)
第二节 找串	(2)
一、低压井找串	(3)
二、高压井封隔器找串	(5)
三、漏失井封隔器找串	(5)
第三节 封串的方法	(5)
一、循环法封串	(5)
二、挤入法封串	(7)
三、循环挤入法封串	(10)
四、填料水泥浆封串	(10)
第四节 封串水泥的特性及要求	(12)
一、油井水泥的性质	(12)
二、水泥浆的物理性能及工艺要求	(14)
三、温度、压力对水泥浆的影响	(16)
四、水泥浆性能的调节	(18)
五、特殊油井水泥简介	(21)
六、封串水泥浆计算	(23)
七、附表	(26)
第九章 封堵水层	(29)
第一节 油井出水的原因及防水的措施	(29)
一、油井出水的原因	(29)
二、油井防水的措施	(32)

第二节 油井出水层位的确定	(32)
一、综合对比资料判断出水层位	(33)
二、水化学分析法判断出水层位	(33)
三、根据测井和试井资料判断出水层位	(33)
四、机械法判断出水层位	(34)
第三节 封堵水层的方法及工艺	(34)
一、非选择性堵水	(35)
二、选择性堵水	(47)
三、机械堵水	(65)
四、油井堵水效果评价标准	(66)
第十章 油层水力压裂	(67)
第一节 水力压裂的基本原理和裂缝的形成	(67)
一、水力压裂的基本原理	(67)
二、水力压裂裂缝的形成和方向	(70)
第二节 压裂井层的选择	(73)
一、压裂选井的一般原则	(73)
二、不宜压裂的几种情况	(74)
三、重复压裂	(75)
第三节 压裂方式	(76)
一、合层压裂	(76)
二、单层选压	(77)
三、一次多层分压	(78)
四、选择性压裂	(79)
五、高含水井的堵水压裂	(81)
六、限流法压裂	(82)
七、酸化压裂	(85)
第四节 压裂液	(85)
一、对压裂液的基本要求	(85)

二、压裂液的分类.....	(86)
第五节 支撑剂.....	(90)
一、对支撑剂物理特性的要求.....	(91)
二、支撑剂的种类.....	(91)
三、支撑剂的应用.....	(92)
第六节 压裂设备.....	(93)
一、压裂车.....	(93)
二、混砂车	(102)
第七节 压裂参数的确定	(108)
一、破裂压力	(108)
二、排量的确定	(110)
三、加砂量的确定	(111)
四、含砂比的确定	(111)
五、压裂液的用量	(112)
六、压裂方式的确定	(113)
七、压裂车辆数量的确定	(113)
八、最高施工泵压的确定	(114)
第八节 压裂施工	(115)
一、压裂前的准备	(116)
二、压裂施工	(117)
第九节 深井压裂	(118)
一、对支撑剂的要求	(118)
二、对压裂液的要求	(121)
三、深井压裂方式的确定	(122)
第十节 压裂中常出现的问题及解决办法	(124)
第十一章 油层酸处理	(128)
第一节 油层酸化处理原理和方法	(129)
一、盐酸处理原理	(129)

二、土酸处理原理	(132)
第二节 酸液及添加剂	(135)
一、酸液类型	(135)
二、酸液添加剂	(140)
第三节 酸处理工艺	(145)
一、选井选层原则	(145)
二、酸液的计算	(146)
三、酸液的配制方法	(156)
四、酸化施工过程	(159)
五、施工组织与安全措施	(164)
第四节 酸化效果分析	(165)
一、施工效果分析	(165)
二、影响酸化效果的因素	(167)
第五节 酸化增注新工艺	(170)
一、砂岩酸化新工艺	(170)
二、分层酸化	(172)
三、压裂酸化	(173)
四、注水井酸化增注	(175)
第十二章 水力喷砂技术	(179)
第一节 水力喷砂的原理及参数选择	(179)
一、工作原理	(179)
二、参数选择	(180)
第二节 施工工艺	(186)
一、工具与设备	(187)
二、喷砂液	(187)
三、排量与压力	(188)
四、喷射时间、喷砂量与含砂比	(188)
五、喷嘴深度的计算	(189)

六、施工过程	(192)
七、水力喷砂射孔注意事项	(194)
八、水力喷砂的实际应用	(195)
第十三章 试油工艺	(197)
第一节 试油工艺方法	(198)
一、水泥塞试油	(199)
二、封隔器试油	(202)
三、深井试油工艺	(205)
第二节 诱流	(208)
一、替喷	(208)
二、抽汲诱流	(210)
三、气举诱流	(223)
四、提捞	(226)
第三节 试油资料的录取	(228)
一、录取试油资料的要求和内容	(228)
二、录取资料的方法	(229)
第四节 中途测试	(236)
一、测试方法	(236)
二、测试工艺	(240)
三、泥巴伞裸眼测试	(244)
第五节 海上油气井试油	(248)
一、井下测试	(248)
二、试油和燃烧器	(256)
第十四章 井下事故处理	(259)
第一节 井下事故的探视及处理原则	(259)
一、常用专用名词术语和计算	(259)
二、事故井的探视	(266)
三、井下事故处理的基本原则	(278)

第二节 打捞井下落物	(279)
一、井下落物事故的类型	(279)
二、井下落物事故的处理	(280)
第三节 解除井下卡钻事故	(303)
一、解除砂卡	(303)
二、解除水泥卡钻	(308)
三、解除落物卡钻	(312)
四、解除套管卡钻	(313)
第四节 处理事故仪表及辅助工具	(313)
一、指重表	(314)
二、安全接头	(322)
三、外铣鞋与内铣鞋	(322)
四、常用的钻杆及钻杆接头	(326)
第十五章 套管修理	(328)
第一节 套管损坏的现象及原因	(328)
一、套管损坏的现象	(328)
二、套管损坏的判断	(329)
三、套管损坏的类型	(333)
四、套管损坏的原因	(336)
第二节 套管变形的修理	(337)
一、胀管修复法	(337)
二、爆炸整形法	(347)
三、磨铣整形法	(349)
第三节 套管破裂的修理	(351)
一、套管破裂的一般修理方法	(351)
二、套管补贴技术	(356)
第四节 套管折断和衬管损坏的修理	(363)
一、套管折断的修理	(363)

二、衬管损坏的修理	(365)
第五节 取套和更换套管	(366)
一、倒扣取套换套	(367)
二、切割取套补接换套	(370)
附表	(376)
一、油管性能表	(376)
二、钻杆性能表	(382)
三、套管性能表	(385)
四、油管截面积与体积表	(402)
五、套管与油、套管环形空间每米容积表	(403)
六、常用材料相对密度表	(405)
七、水泥混合容积表	(406)
八、本书非许用单位和法制单位换算表	(407)

第八章 油、水井封串

在多油层油田的开发中，由于各油层的层间差异需要进行分层作业。但是由于固井、采油及地层结构等因素的影响，常常会造成部分油、水井的层间或管外串通，从而使各种井下分层作业无法实现，严重地影响到油田的开采速度和最终采收率。因此，油（水）井封串是保证油田分层技术的重要措施。

第一节 油、水井串通的原因

油、水井串通的类型有两种：一种是地层串通；一种是管外串通。

一、地层串通的原因

地层串通是由于地层的裂缝造成的。如玉门老君庙油田的 K、L、M 层普遍存在着各种水平、垂直、斜交的天然裂缝。这些裂缝的长短不一，有的可在井筒内延伸到 10 米以上，沟通了本井的其它层；有的甚至沟通了两口井或两口以上的井。

由于地层串通比较复杂，在目前的技术条件下，还不能解决其封堵问题。

二、管外串通的原因

管外串通，是指套管与水泥环或水泥环与井壁之间的串

通。管外串通大致由以下原因造成：

(1) 固井质量差引起串通。

(2) 射孔时震动太大，在靠近套管壁处的水泥环被震裂，形成串通。

(3) 管理措施不当引起串通。由于对水井或油井管理措施不当而造成地层坍塌，形成管外串通。如：注水井洗井时形成的倒流或井喷；正常注水时的倒泵压差过大；采油压差过大等均会引起地层出砂，在套管附近形成空洞而坍塌，造成串通。

(4) 分层作业引起串通。分层酸化或分层压裂时，由于施工时压差过大而将管外地层憋串，特别在夹层较薄时，憋串的可能性更大。

(5) 套管腐蚀造成串通。

为了防止或减少串通，对油水井要采取相应的防串方法。例如：对出砂较为严重的井，及时采取相应防砂措施，以免由于继续出砂而引起地层坍塌；对分注井注入压力较高的层位，要搞增注措施，避免在高压差下分注；对分层酸化和分层压裂井，可采用套管平衡压力的方法，以减少层间压差等。

第二节 找 串

油水井找串的方法主要有声幅测井找串、同位素测井找串和封隔器找串三种方法。前两种方法在第四章工程测井中已经讲述过。

封隔器找串是一种比较简单可靠的找串方法。目前现场

常用水力扩张式封隔器找串。根据找串时封隔器数目的不同，可分为双水力扩张式封隔器找串和单水力扩张式封隔器找串两种。单水力扩张式封隔器找串是将封隔器下至欲测的两层之夹层上，封隔器下部接 DQ0654-5 型节流器（定压凡尔），最下面接单流凡尔。

双水力扩张式封隔器找串与单水力扩张式封隔器找串的区别是定压凡尔下部再接一个水力扩张式封隔器，两封隔器刚好卡在下部层位射孔段的两端（图 8-1）。

通常在多油层井找串而下部层段又有漏失层的情况下采用水力扩张式双封隔器找串。

根据找串井油层情况的不同，找串工艺又可分为低压井找串、高压井找串和漏失井找串三种类型。

一、低压井找串

将封隔器下至预定位置后，先测量井的溢流量，再循环洗井，投球；当压力憋起来后，测定返出液量。如返出量小于或等于溢流量时，则证明管外不串；如返出量大于溢流量，将封隔器提至射孔段以上，验证封隔器的密封性。如封隔器是密封的，则说明地层是串通的。

找串时应仔细观察排量、泵压、进出口水量等变化情况，并将这些数据详细记录在报表上。

封隔器找串时注意事项：

（1）找串前要先进行冲砂、热洗、通井等工作，以便了解该井的套管完好情况及井下有无落物。

（2）油管数据要准确，封隔器应坐在欲测层段的夹层上，且位置应避开套管接箍。

(3) 测串时应坐好井口，若井口用自封封井器密封时，应防止封隔器在憋压时上顶。

(4) 测完一个点上提封隔器时，要缓慢泄压，慢慢上提，以防砂子大量外吐，造成卡钻事故。

(5) 若发现串通时，必须上提封隔器至射孔段以上，检查封隔器的密封性。

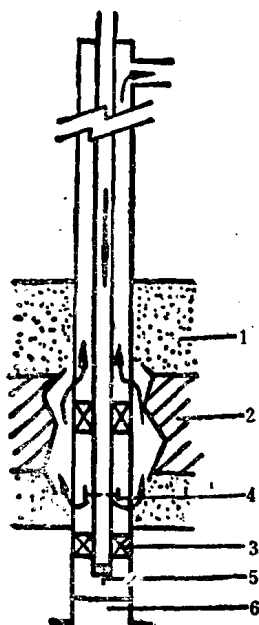


图 8-1 双水力扩张式封隔器找串管柱结构图

1—油层；2—夹层；3—水力扩张式封隔器；
4—DQ0654-5型节流器；5—单流凡尔；
6—人工井底



图 8-2 高压井封隔器找串示意图

二、高压井封隔器找串

在高压自喷井找串时，可用不压井不放喷的井口装置将封隔器下至预定位置。油管及套管应装压力表。测串时，从油管泵入液体，使油管与套管造成压差，并观察套管压力是否随着油管压力而变化。如套管压力随着油管压力变化，且封隔器经验证完好，则证明管外是串通的，见图 8-2。

三、漏失井封隔器找串

在地层漏失，找串液无法构成循环的情况下，可以在水力扩张式封隔器下至预定位置后，采用油管打液体，套管测动液面的方法或换其它类型封隔器，采用套管打液体，油管内下压力计测压的方法进行找串。

第三节 封串的方法

一、循环法封串

对串通时间不长，串通量不大的管外串通井，可采用循环法封串。所谓循环法就是将水泥浆以循环而不憋压的形式替入串槽内，使水泥浆凝固，以达到封串的目的。

这种方法的优点是对油层的污染比较小，一般不会产生封串后堵死全部射孔段的问题。

（一）循环法封串分类

根据管柱的连接方法不同，循环法封串又分为单水力扩张式封隔器封串和双水力扩张式封隔器封串。

1. 单水力扩张式封隔器封串

封串管柱结构如图 8-3 所示。

采用单水力扩张式封隔器封串时，封串前只露出夹层以下 1 至 2 个小层段，其它层段采用人工填砂的方法掩盖。封隔器坐于夹层上。井口部分采用自封封井器密封。

2. 双水力扩张式封隔器封串

管柱结构如图 8-4 所示。

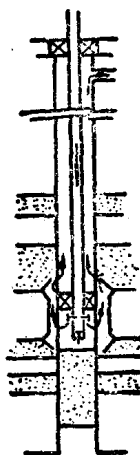


图 8-3 单水力扩张式封隔器封串管柱结构

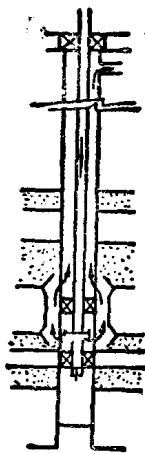


图 8-4 双水力扩张式封隔器封串管柱结构

采用两个水力扩张式封隔器封串时，下封隔器坐于串通层以下紧靠串通层的夹层上，上封隔器坐于已串通的夹层上，水泥浆由两个封隔器之间替进，由串通的下部油层进入串通部位。

这种方法的优点是可不填砂，可以不留水泥塞或少留水泥塞；缺点是下入井内的封隔器多级，遇到卡钻时较难处理。