



石油技工学校试用教材

采油工程

张泰琇 陈一 主编 王文富 修订



5

石油工业出版社

采 油 工 程

张泰琇 陈 一 主编

王文富 修订

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书主要内容有自喷、抽油、注水、特殊井管理及油气集输五部分。在本次修订中，注意到课程的系统性、科学性和与采油实习课的分工，侧重理论分析和工艺原理，并力求从技校特点出发，做到文字通俗，结合实际。

本书除作为石油技工学校采油专业的专业课统编教材外，也可供职工培训、职业高中和现场采油工程技术人员参考。

采 油 工 程

张泰琇 陈 一 主编

王文富 修订

石油工业出版社出版发行

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

北京昊海印刷厂排版印刷

787×1092毫米 16 开本 13¹/₄ 印张 321千字 印 1—22,000

1987 年 7 月北京第 1 版 1987 年 7 月北京第 1 次印刷

书号: 15037·2834 定价: 2.00 元

前 言

本书是根据石油部劳资司于 1984 年审定的石油技工学校采油专业《采油工程》的教学大纲要求,在 1982 年大庆和玉门石油管理局技工学校等共同编印的试用教材基础上修订而成的。试用教材分上、下二册,上册由大庆石油管理局技工学校张泰琇主编,下册由玉门石油管理局技工学校陈一主编,其编写分工是:张泰琇编写上册第一章至第六章(自喷和注水)。河南石油勘探开发公司技工学校王文富编写下册第一章至第四章(抽油井机械部分)。陈一编写下册第五章至第七章(试井和抽油井管理)。胜利石油开发技工学校岳伯平编写下册第八章(矿场油气集输)。当时参加编写工作的还有辽河石油勘探局技工学校孙东凯,大庆石油管理局技工学校王洪玉、旁永顺等。全书最后由胜利石油学校魏文杰审阅。

本次修订编写工作,除注水和自喷部分由张泰琇修订外,其余部分由王文富修订,最后全书由王文富定稿。

本次修订根据新大纲精神对试用教材做了如下修改:

1. 首先删繁就简,突出原理和理论部分,有关采油工的实际操作、设备的维护保养、检查、校正等均放在实习教材中解决。示功图部分重点放在理论示功图的分析判断,删去了不具有典型意义的实际示功图。

2. 力求突出技校特点,因此在自喷原理部分只作定性分析,以免与中专内容雷同。

3. 突出《采油工程》特点,删去了与地质课程的粘连部分。例如注水部分删去了油田注水方法等。

4. 由于各油田油层物性和流体性质的差别,各油田采用设备、仪表、流程等不完全相同。因此本教材在具体问题上很难满足各油田需要,但共性问题力求讲明。油气集输部分新增了四合一装置,为联合站管理打基础。

本书在编写过程中,得到了大庆、玉门、河南和胜利油田的有关领导和同志们的大力支持与帮助,在此一并致谢。

由于编者的水平有限,书中缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

目 录

绪论.....	1
第一章 自喷采油.....	3
第一节 油井.....	3
第二节 自喷原理.....	19
第三节 量油、测气.....	23
第四节 加热保温.....	29
第五节 自喷井生产分析.....	34
第六节 分层采油.....	38
第二章 机械采油.....	51
第一节 机械采油概述.....	51
第二节 抽油泵.....	54
第三节 抽油机.....	63
第四节 抽油杆和井口装置.....	79
第五节 抽油设备的选择.....	83
第六节 影响泵效的因素及提高泵效的措施.....	92
第七节 示功图及动液面测试和分析.....	98
第八节 抽油井的管理.....	109
第三章 注水.....	119
第一节 水源与水质.....	119
第二节 注水流程.....	123
第三节 注水计量仪表.....	125
第四节 注水井管理.....	130
第五节 分层注水.....	134
第四章 特殊井的管理.....	144
第一节 出砂油井的管理.....	144
第二节 清蜡与防蜡.....	149
第三节 稠油井的管理.....	156
第五章 矿场油气集输.....	164
第一节 概述.....	164
第二节 油气集输设备.....	169
第三节 原油计量.....	180
第四节 原油及天然气净化.....	185
第五节 金属管路的腐蚀及防腐.....	190
附录.....	196
附录 I 单位换算表.....	196
附录 II 公式符号.....	196
附录 III 抽油泵理论排量.....	198
主要参考文献.....	206

绪 论

一、我国石油发展简史

我国是世界上发现、开采、利用石油和天然气最早的国家之一。但是由于长期的封建社会阻碍生产力的发展,使我国石油工业真正发展壮大还是在新中国成立以后。五十年代找到了克拉玛依油田,特别是在六十年代初大庆油田投入开发后,甩掉了依靠洋油的时代,奠定了我国发展石油工业的坚实基础,以后相继发现胜利、大港、辽河等陆上油田,使我国年石油产量达亿吨以上。但我国是一个大国,人均产油量仍比较落后,因此石油工业面临的任务仍是很艰巨的。

二、石油在国民经济中的重要性

石油是我国实现四个现代化不可缺少的物质基础,是现代化国防不可缺少的战略物资,在国民经济的各个领域几乎都离不开石油。因此被誉为“工业的血液”,和煤炭一样被称为“黑色的金子”,石油的主要用途如下。

1. 是重要的能源及动力润滑材料

石油是一种原料,通过炼油厂炼制出汽油、煤油、柴油和润滑油四大类油品。由于各种机械工作条件的差异,对油品性质要求也不相同,目前按油品性质要求可细分为上百种产品,从天空到地面,从陆地到海洋,从最小的钟表到万吨巨轮的庞大机械,都离不开石油产品做能源和润滑。

2. 是农用化肥的重要原料

没有化肥我们的粮食生产上不去,合成氨需要的氢,就是以某些石油产品或天然气来做原料的。

3. 是合成橡胶、合成塑料、合成纤维的重要原料

一台解放卡车约需 200 公斤橡胶、一架飞机约需 600 公斤橡胶,一艘三万吨军舰约需 68 吨橡胶,可见数量之大是相当可观的。塑料制品也已深入人们生活的各个领域,日常生活用品如塑料鞋、伞、布、盆、碗、桌、椅等。工业上还用塑料代替木材,用于航空、航海等。质量优良色泽鲜艳的合成纤维,如的确良、晴纶、尼龙、维棉等已成为人们普遍喜爱的衣料。以上三大合成工业的原料,都可从石油中提取。

其他用品如蜡烛、凡士林、合成洗涤剂等的原料也可从石油中提取。渣油和沥青可用来铺路和防潮。从上述可见,石油不仅是重要的能源,更重要的它是化工原料,关系着民用军需的各个领域。

三、本课程的主要内容

《采油工程》是根据教学大纲要求开设的采油专业必修课,全书共五章,两章采油(自喷和抽油),一章注水,另一章是特殊井,最后介绍油气集输,这些内容是为以后管理和分析油井打下理论基础。有关二次采油由各油田根据自己的实际情况补充内容,本书不做统一要求。

四、采油工作者的主要任务

采油工程是研究石油从油层流向油井，从油井流到地面的科学。简单说是将地下石油采出来的科学。采油工作者的任务是用现代科学技术诱导石油从地层流到地面。

采油工作的对象存在两个系统，一个是以含油气区为主的系统称为油层系统，油层是一个完整的水力学体系；另一个系统是在含油面积内布置一定数量的油、水井，这个系统称为油井系统。由此两个系统引出了点、面、体的相互关系。油井对油层是点和面的关系，油层有一定面积和厚度，因此又构成一个复杂的地下空间油砂体。采油的过程就是认识油层、开发油层的过程。由于油层深埋地下，看不到摸不着，这就决定了采油的复杂性和间接性，复杂性是指影响因素多，间接性是指要依赖旁证去分析判断，即依靠资料说明问题，这也是采油区别于机械类专业的特点。因此，采油要懂点开发地质，也要懂点机械，使基础知识广泛一些。

注水、管井、修井是采油的三个环节，搞好这三个环节才能使油井长期高产稳产。

第一章 自 喷 采 油

如果依靠油层本身所具有的能量，将石油从油层驱入井底，又由井底举升到地面，这样的生产井称为自喷井。用这种自喷方式进行采油，称为自喷采油。

自喷采油是依靠油层压力将石油举升到地面，并利用井口剩余压力输油到计量站、集油站。故自喷采油具有设备简单、操作方便、产量较高、采油速度较快、经济效益好等优点。采油工作者的任务是尽力发挥油层潜力，充分利用地层能量，减少能量消耗，延长自喷期，使自喷采出程度最大。

第一节 油 井

油井是油、气、水流向井口的通道，也是测取油水井生产资料的窗口，改造油层的增产措施也要通过油井来完成。一口油井寿命长达几十年，因此采油工人必须熟悉油井，管好油井。油井是由钻穿地层的孔眼和套管，以及套管和井壁之间的水泥环所组成，在套管内下有油管，套管顶部靠地面有井口装置。在油层部位下的套管称为油层套管，直径一般为 $5\frac{1}{2}$ "，深度由油层位置确定，从几十米到几千米深。

一、油井完成程序

一口油井从开钻到完井交付生产，一般要经过的工序是：钻井—测井—下套管—注水泥固井—射穿油层（井底完成）—下油管、装井口—诱导油流投产。

在这些工序中，对采油影响较大的是油井和油层如何沟通，即井底完成、钻井质量、井口装置和诱导油流。为了叙述方便，先讲油井和油层如何沟通。

井底完成，又叫做油井完成，也就是采取什么样的结构将油层和油井沟通起来，给油流入井造成良好的通道。这是整个钻井工艺过程中最后一道十分重要的工序。

合理的井底结构，应该是能在油井长期的生产过程中，确保油层中渗流到井底周围的油气顺利入井。为此，在客观条件允许的情况下，尽量做到使油层对井底具有最大的渗滤面和最好的出油条件，并且还能保护油层，防止层间串通，造成水、气侵入以及井底堵塞等。

（一）射孔完成法

当钻穿全部油层之后，下油层套管直至井底，再注入配好的水泥浆置于油层套管与井壁环形空间的规定高度，将套管和井壁岩层固结在一起，然后下入专门的射孔枪向油层部位射孔，穿透套管和水泥环，为油层中的油气流入井内打开通道。这种井底完成方法称为射孔完成法，具体情况如图 1-1 所示。

射孔完成法的优点是：只将能够生产的部位射开，其余的层段全是被封闭和隔开的，层间的油、气、水不能互相串通干扰，有利于分层开采、采取分层措施、进行分层管理、防止油层坍塌和便于选择出油层位。这种井底完成方法适应性强，是目前现场上广泛应用的方法。射孔完成法的缺点是：射开的孔数是有限的（孔数密了易将套管破坏），所以油层的裸露面

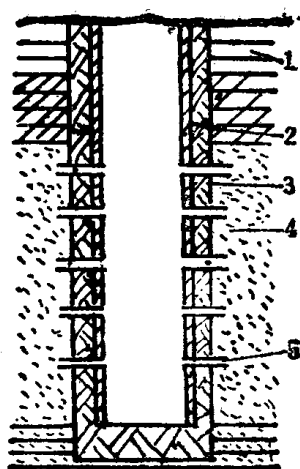


图 1-1 射孔完成井底结构示意图

1—地层；2—油层套管；3—水泥环，
4—油层；5—射开的孔眼

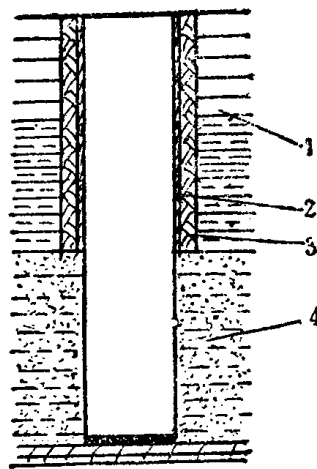


图 1-2 裸眼完成示意图

1—地层；2—油层套管；3—水泥环；4—油层

积小，油气流入井中的阻力大，并且射孔的成功率较低，准确性也较差，又不易防止砂子入井。

(二) 裸眼完成法

当将井眼钻至油层顶部后停钻，下油层套管至油层顶部，注水泥固井，然后再用较小直径的钻头钻穿油层井段，这种井底完成方法叫做裸眼完成法，如图 1-2 所示。

裸眼完成法的优点是：整个油层井段全部处于裸露状态进行生产，因此不仅具有较大的渗透面积，而且油流入井的流线是平直的，所以油流入井的阻力小。这种裸眼完成法对于碳酸盐岩裂缝性油层是最适用的，但不适用于砂岩油层，因不能防止砂子流失，易造成井底周围的油层坍塌。同时油、气、水相互串通干扰，不能进行分采分注和分层管理。

(三) 衬管完成法

当井眼钻到油层顶部时停钻，下油层套管、注水泥固井后，再用较小直径的钻头钻穿油层，然后下入一根预先在地面上打好孔眼的管子（称其为衬管）。衬管的上端用封隔器（堵塞器）固定在油层顶部的套管尾端，这种井底完成方法叫做衬管完成法，如图 1-3 所示。

衬管完成法适用于胶结程度差的砂岩油层。并具有防砂和防止井底周围油层坍塌的作用。

衬管的结构形式比较多，其中最简单的结构形式是钻有圆孔的管子。圆孔的直径一般为 1.6~1.9 毫米，孔数多少根据管子规范和孔眼本身直径大小不同而定，每米管子上可以钻 25~1200 个孔眼。这种孔眼式衬管的优点是能通过油流的能力大。但是，由于油层具体情况的不同，这一优点常常不能充分被利用。如果油层是胶结疏松的砂岩，油流入井时就会把大量的细砂带到井中，因为带孔的管子不能阻止细砂流过。若油层中的砂子流失过多，井径会自行扩大，造成油层或油层顶部坍塌，使套管鞋裸露，上层水就会窜入井中影响生产。而且还常常会将衬管压变形和挤坏等，大体情况如图 1-4 所示。

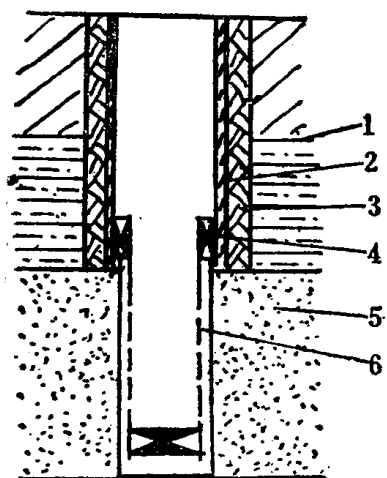


图 1-3 衬管完成示意图

1—地层；2—油层套管；3—管外水泥环；
4—封隔器；5—油层；6—衬管

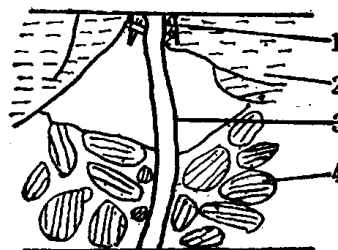


图 1-4 井底坍塌示意图

1—管外水泥环；2—岩层；3—油层衬管；
4—塌块

另一方面，让砂子无控制地流入井中，还会在井中形成砂堵，降低油井的生产能力，或者将采油设备磨损至坏。

为了防止井底周围油层中的砂子无控制地大量流失，可以利用缝眼结构的管子做衬管。这种缝眼衬管的功用是：一方面只允许一定数量和较小的并能被原油带到地面的砂子进入井内；另一方面这种缝眼衬管的孔眼能把较大颗粒的砂子阻止在衬管之外，不使其入井。在这种情况下，大砂子就在衬管外形成“砂拱”，如图 1-5 所示。

这种缝眼衬管上的缝眼是外窄内宽，（图 1-6A），只要砂子入缝就可以通过，不夹砂子。这种能自然选择，且具有良好的通过能力的缝眼衬管，可以减少因砂堵而引起的停产以及采油设备的磨损，也可以防止无控制的出砂造成的井底坍塌使油井报废。

为了促使砂拱的形成，必须要根据油层岩石的机械组成来确定缝眼的形状和尺寸。现在现场上应用比较广泛的割缝衬管，是在管壁上沿着与轴线平行（图 1-6B）或者垂直（图 1-6C）的方向割成缝眼。

衬管完成法也有一定的缺点，因为它是靠油层砂粒自然形成砂拱来防砂的，所以不易控制。圆孔管子虽然具有较好的通过能力，但却不能防止砂子进入井中。割缝管子虽然能够控制砂子进入井中，但是容易被泥质颗粒堵塞而使油流入井的阻力增加。

为了进一步克服圆孔衬管和割缝衬管的缺点，人为的向衬管和井壁岩层的环形空间充填砾石，以防止砂子流入井中。这种井底完成的方法，称为砾石衬管完成法，也叫做砾石填充法。

（四）贯眼完成法

贯眼完成是先钻穿油层，然后在油层井段部位下入带眼的套管。套管上的孔眼是在地面上预先钻好的。为了保证油层部位不注进去水泥，在油层顶部的套管上装有水泥伞。水泥伞是一把倒置的用钢片做筋的帆布伞。在水泥伞上部的套管上有若干个孔眼，入井的水泥浆从这若干个孔眼中进到环形空间而上返到预定高度。在水泥伞下部有倒装的回压凡尔，这个凡尔是用生铁做成的，在注完水泥之后，可将其钻掉，其大体情况见图 1-7。

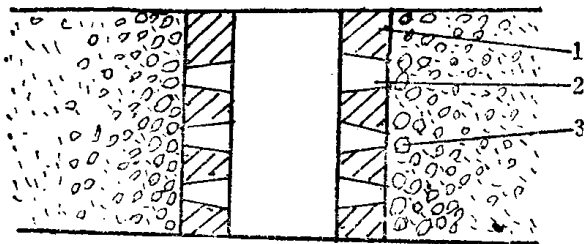


图 1-5 衬管完成形成砂拱示意图

1—缝眼衬管, 2—缝眼, 3—砂子

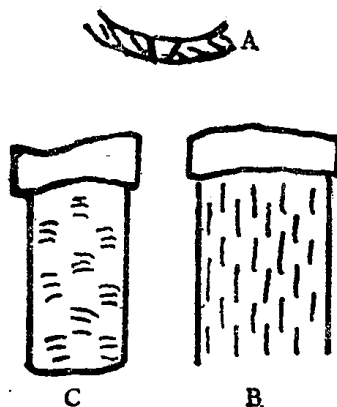


图 1-6 割缝眼衬管示意图

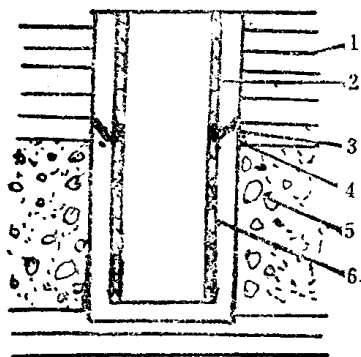


图 1-7 贯眼完成示意图

1—地下岩层; 2—油层套管; 3—水泥伞;
4—返出孔眼; 5—油层; 6—带孔眼套管

贯眼完成法井底结构的优点是油流入井阻力小, 与裸眼完成近似。其缺点是不能防止油层坍塌, 无法进行分采措施, 泥浆浸泡时间较长。

二、钻井泥浆对采油工作的影响

钻穿油层这道工序质量的好坏, 将直接影响油井的生产能力, 同时也关系着这口井能否正确而又迅速地取得油层的各项资料。为了避免和减少一些不良的影响, 使各项工作能够顺利地进行, 在钻穿油层时对泥浆的要求是: 既要把井压住, 不能造成无控制的井喷, 又不能让泥浆液侵入油层造成污染、堵塞而降低油层的渗透能力。

根据以上要求, 在钻穿油层之前, 必须正确估计油层压力。油层压力有高有低, 通常是以密度为 $1.038 \sim 1.061$ (根据地区而不同) 的盐水水柱压力为标准, 区分为高压油层和低压油层, 凡是油层压力高于它的则称为高压油层, 低于它的则称为低压油层。

(一) 高压油层的钻开

当要钻穿压力大, 含油饱和度高, 含气量大的高压油层时, 需要注意预防井喷, 所以必须准备好防喷设备。与此同时还应注意不能使泥浆密度过大, 要严格控制泥浆的失水量, 以免损害油层的出油能力, 影响油井正常生产。

(二) 低压油层的钻开

当要钻穿压力低, 含油饱和度低, 含气量少的低压油层时, 应当严格控制压井泥浆的密度和失水量, 严格禁止井中泥浆液柱对井底的回压大于油层压力和失水量过大造成水侵和泥侵现象而污染油层, 降低油层的有效渗透能力。

1. 水侵现象

所谓水侵现象, 即在井内泥浆液柱压力的作用下, 使泥浆水向地层中渗透, 进入岩石的孔隙中, 这种现象叫做水侵现象。

泥浆的密度和失水量越大, 泥浆的浸泡时间越长, 侵入地层中的水量就越多, 侵入地层

也越深，在地层孔隙的毛细管中将形成一段水一段油，具体现象如图 1-8 所示。



图 1-8 水侵效应示意图

由于油水界面张力的存在，产生了毛细管阻力，在这种情况下，油气要从油层中渗流入井底就必须克服很大的阻力，这就是所谓“水侵效应”。

泥浆水侵入井底周围的油层中之后，还会使油层中的粘土胶结物膨胀，从而降低油层的渗透能力，在井底周围的油层中形成一个低渗透圈，这样就要大大地增加油气渗流入井的阻力。对于钙质、铁质胶结的砂岩和石灰岩油层关系不大，但在泥质胶结的砂岩层中反映就极为突出。

2. 泥侵现象

由于井中的泥浆压井液对井底的回压超过了油层压力，在泥浆液柱对井底的回压和油层压力之差的作用下，使泥浆中的固体颗粒进入油层的孔隙之中，这种现象叫做泥侵现象。

泥浆液柱对井底的回压和油层压力之差越大，泥浆中的固体颗粒越多、越细、越易侵入微小的孔隙之中，油层被堵塞也就越严重。泥侵现象对于一般的孔隙砂岩来说，当井壁形成泥饼之后，泥侵现象就会减少。而对于石灰岩或者是其他的裂缝性油层，泥浆压井液会大量地漏失进入裂缝，并会侵入很远，危害特别严重。

由以上两个问题可以看出：泥浆对于油层的危害，一方面决定于钻穿油气层时的泥浆比重、性能和泥浆浸泡的时间；另一方面还取决于油气层本身的性质。如果油气层的压力高，连通性好，渗透性好，粘土胶结物少，因泥浆和泥浆水侵入堵塞油层之后，虽然能够解除，但总还有一定影响。对于油层压力低，连通性差，渗透性不好，粘土胶结物多的油气层，泥浆和泥浆水侵入堵塞油层之后，那是不易解除的，对油井生产影响很大。所以在钻穿油层的过程中，必须想方设法减少这些不良的影响。

防止水侵和泥侵的办法，首先是应根据油层的具体情况，选用性能良好、比重适宜的钻井循环压井液。其次是应以最快的钻井速度钻穿油层。

目前钻穿油层时所用的压井液，大部分是水基泥浆，使用油基泥浆较少，这里以水基泥浆为例讨论这个问题。

1) 泥浆密度

在钻穿油层的过程中，选用泥浆密度的大小，应根据油层特点和钻穿油层的经验来确定。对于高压油层为了防止井喷，可以选用泥浆液柱的压力比油层压力大 10~15 大气压，但要注意不能过大，以免将油层压死。对于探井，更是应趋向于采用密度较低的压井液钻穿油层，这样有利于尽快的找到油田。对于低压不能自喷的油层，要尽量采用低密度的压井液钻穿油层。

压井液密度的具体确定，首先是根据要钻穿的油层性质、特点和本队钻进技术经验来确定过盈压力的大小。例如选用泥浆柱压力比油层压力大 5 大气压（即过盈压力），则可按下式计算

$$\rho_L = \frac{10^4 (P_s + 5)}{h}$$

式中 ρ_L ——压井液密度；

P_s ——油层压力， kg/cm^2 ；

h ——油层深度， m 。

2) 泥浆失水量

泥浆失水量是衡量在钻穿油层过程中，有多少泥浆水渗入到油层中的一个重要参数。失水量大，就表示在钻穿油层过程中渗入到油层中的泥浆水多，渗入的深度也大。

如果泥浆性能好，粘土颗粒分散很细，容易在井壁形成薄而坚韧的泥饼，从而可以使泥浆中的自由水很难通过泥饼进入油层，失水量就小。相反，泥浆性能不好，粘土颗粒分散程度差，则在井壁形成厚而疏松的泥饼，因此泥浆中的自由水很容易通过泥饼进入油层中，失水量就大。

由于目前水基泥浆还不能把失水现象完全消除，所以在钻穿油层的过程中，必须把泥浆失水量控制为最小，一般情况下不得超过每 30 分钟 5 毫升。

3) 泥浆粘度

泥浆粘度也是泥浆的一个重要性能。泥浆的粘度和失水量成反比的关系，即泥浆的失水量越小其粘度就越高。所以当失水量符合要求时，而泥浆的粘度则往往会过高。这对于钻穿高压油层来讲，就容易发生气侵（油层中的天然气入井混在压井液之中，使压井液密度下降）而造成井喷事故。所以，在实际工作过程中，对泥浆性能必须根据具体情况随时加以调整。

为了减少水侵对油层的危害，在泥浆中加入一些表面活性剂后收到了良好的效果。

在钻穿低压油层和裂缝性油层时，更要注意选择性能好的泥浆。我国目前在高压喷射钻井新工艺中，采用了低固相优质轻泥浆，用聚丙烯酰胺作处理剂，对降低泥浆柱回压，减少粘土成分，降低失水量，都取得了较好的效果。

除此之外，在钻穿油层时，必须采取快速钻进，特别是在钻穿低压油层时显得更为重要。对其他工序的衔接也要抓紧些，以缩短泥浆浸泡的时间。

三、井口装置

井口装置，就其作用来讲是由悬挂密封、调节控制和附件三个部分组成。

（一）悬挂密封部分

悬挂密封部分由套管头和油管头两个部分组成。

1. 套管头

套管头的作用是连接下井的各层套管，密封各层套管的环形空间。连接双层套管的套管头的具体结构和连接方式如图 1-9 所示。表层套管与其法兰之间，有的是丝扣联接，有的是焊接（即将表层套管和顶法兰用电焊焊在一起）。油层套管和法兰大小头，一般用丝扣连接后座在表层套管顶法兰上，用螺栓把紧，用钢圈密封。法兰大小头的上法兰与套管四通或三通连接。近年来，有的油井已经不用法兰大小头了，而是一片法兰盘代替了法兰大小头，即用电焊将两层套管焊在同一个法兰盘上，具体结构如图 1-10 所示。

2. 油管头

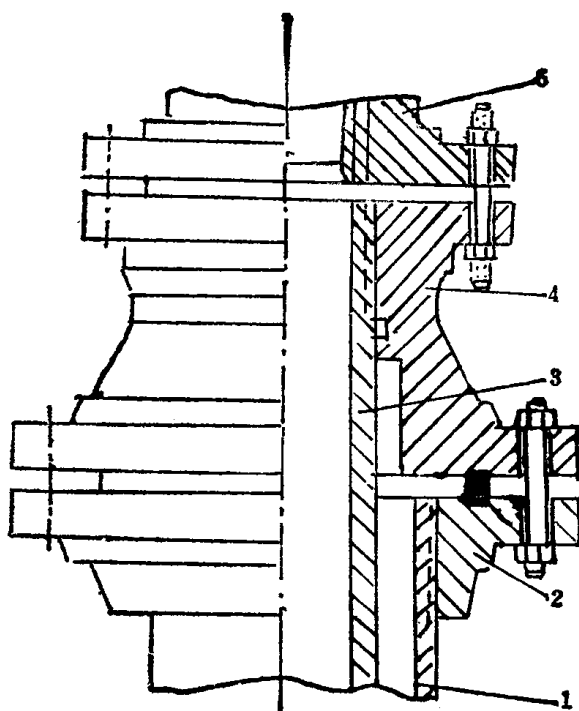


图 1-9 套管头示意图

1—表层套管；2—表层套管法兰；3—油层套管；
4—法兰大小头；5—套管四通

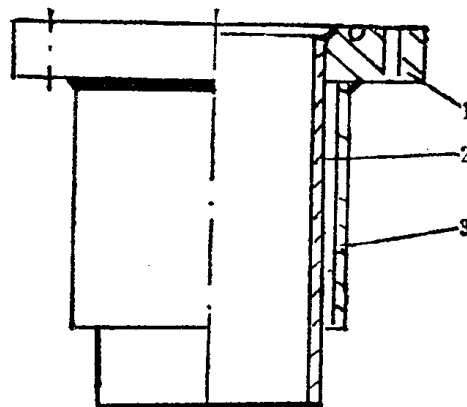


图 1-10 用法兰连接双层套管示意图

1—法兰盘；2—油层套管；3—表层套管

油管头的作用，是悬挂下入井中的油管，密封油、套管环形空间。在油田开发中，各项采油工艺都在不断改革，为了和不压井起下作业相配套，近年来对油管头也进行了相应的改进，经改进定型的油管头结构如图 1-11 所示。这种顶丝法兰油管挂，油管是通过油管短节以丝扣与油管悬挂器（萝卜头）连接在一起，并坐在顶丝法兰盘上。顶丝法兰盘置于套管四通上法兰和原油管挂下法兰之间，顶丝法兰的上、下均用钢圈，用多条螺栓固紧并达到密封。

修井时，不压井，油管尾部装有工作筒，从井口投入相应的堵塞器后，拆开井口，提起油管，以橡胶萝卜头换去金属萝卜头，坐回原位，即可起油管了，当油管起出后关好装在井口的封井器即可。

3. 合成一体的井口悬挂密封装置

经过多年的实践和改进，近年来已经将单层套管的套管头和油管头合成一个整体了，具体结构如图 1-12 所示。油管通过油管短节以丝扣和油管悬挂器连接后，坐在套管法兰内，压紧密封圈，密封油、套管环形空间，并用四条螺丝紧平和加压。

（二）控制调节部分

油井的控制调节部分叫做采油树，采油树的作用是控制和调节井中的流体，实现下井工具仪器的起下等。采油树是由大小闸门、三通和四通等件所组成。按连接方式的不同，可分为以下三种类型。

（1）以法兰连接的采油树，如松Ⅱ型，其具体结构如图 1-13 所示。

除了压力表、喇叭之外的各个闸门，三通以及四通之间均用法兰连接，所以称之为以法兰连接的采油树。

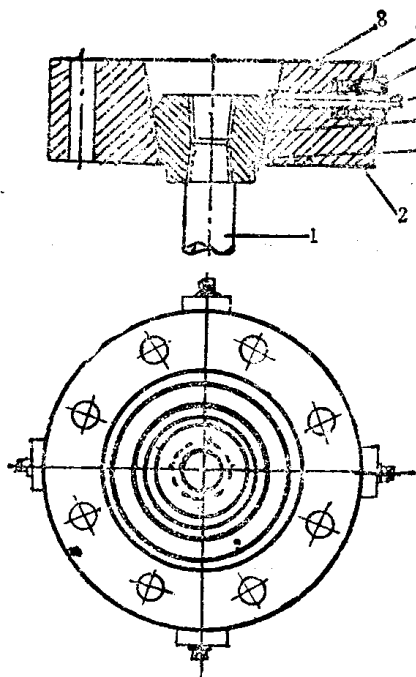


图 1-11 顶丝法兰盘油管挂示意图

1—油管短节；2—顶丝法兰盘；3—悬挂器（萝卜头），
4、7—盘根；5—顶丝；6—压帽；8—钢圈槽子

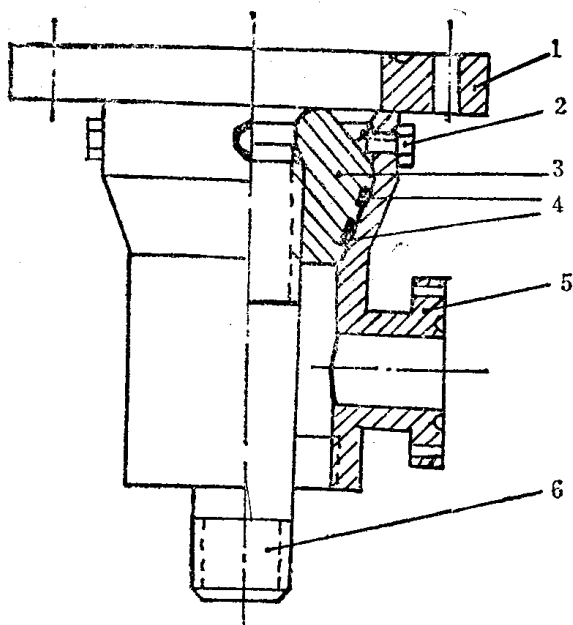


图 1-12 合成一体的井口悬挂密封装置示意图

1—油层套管法兰；2—紧平防顶螺丝；3—油管悬挂器，
4—密封圈；5—套管三通法兰；6—油管短节

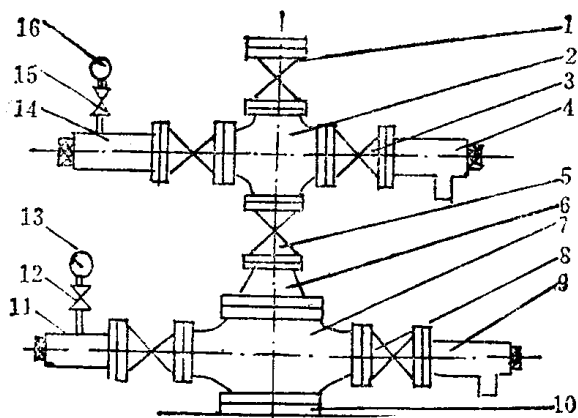


图 1-13 松Ⅱ型采油树示意图

1—清蜡闸门；2—油管四通；3—生产闸门；4—油咀三通；
5—总闸门；6—法兰大小头；7—套管四通；8—套管闸门；
9—套管三通；10—底法兰；11—套压表补心；12—套管压力
表旁嘴；13—套管压力表；14—油管压力表补心；15—油管
压力表旁嘴；16—油管压力表

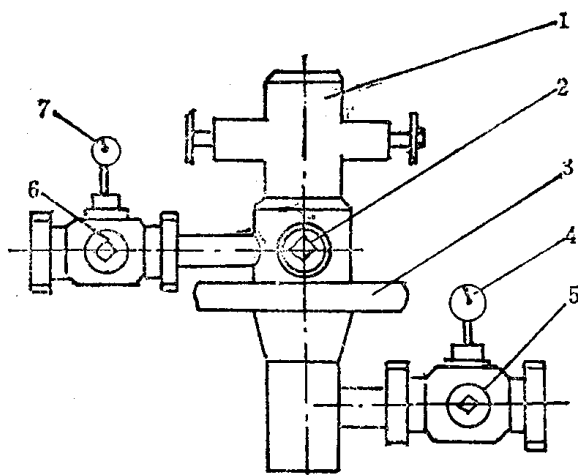


图 1-14 大庆160微型采油树示意图

1—清蜡闸门，闸门芯子是用橡胶制成的，清蜡工具在
井中关清蜡闸门也夹不断清蜡用的钢丝；2—总 闸门。
为球形三通闸门，并和油管三通成一个整体，大大的缩
小了体积；3—卡箍，只用两条螺栓代替了以法兰连接的
8~12条螺栓；4—套管压力表，直接装在套 管闸门上，
省略了补心和旁嘴；5—套管闸门，三通卡箍式球阀；
6—生产闸门，三通卡箍式球阀；7—油管压力 表，同样
是直接装在闸门上，不用表补心和旁嘴

(2) 以丝扣连接的，如胜 251 型等，即大小闸门、四通、三通等之间均以丝扣连接在

一起，所以称为丝扣连接的采油树，因目前现场上用的比较少，所以这里不多介绍了。

(3) 以卡箍连接的采油树，如大庆 160 微型采油树，其具体结构如图 1-14 所示。

这种微型采油树，高是 1.05 米，宽为 0.7 米，重量不超过 150 公斤，工作压力为 160 大气压。和法兰连接的老式采油树相比较，具有体积小、重量轻、节省钢材等优点。之所以称其为微型采油树，主要是体积小。

采油树，按其控制程度又分为两部分。即套管闸门以内和总闸门以下为无控制部分，如果这部分出了问题，需要进行维修或者是更换，必须先把井压住后方可进行。所以在日常管理过程中不要随意开关总闸门和两个套管闸门。其余的为有控制部分。

采油树的种类很多，国产各种常用的采油树的详细规范和性能等如表 1-1 所示。

为了使读者对于井口装置有一个完整的认识，这里以大庆 150 型井口装置为例，绘制了结构图，如图 1-15 所示。

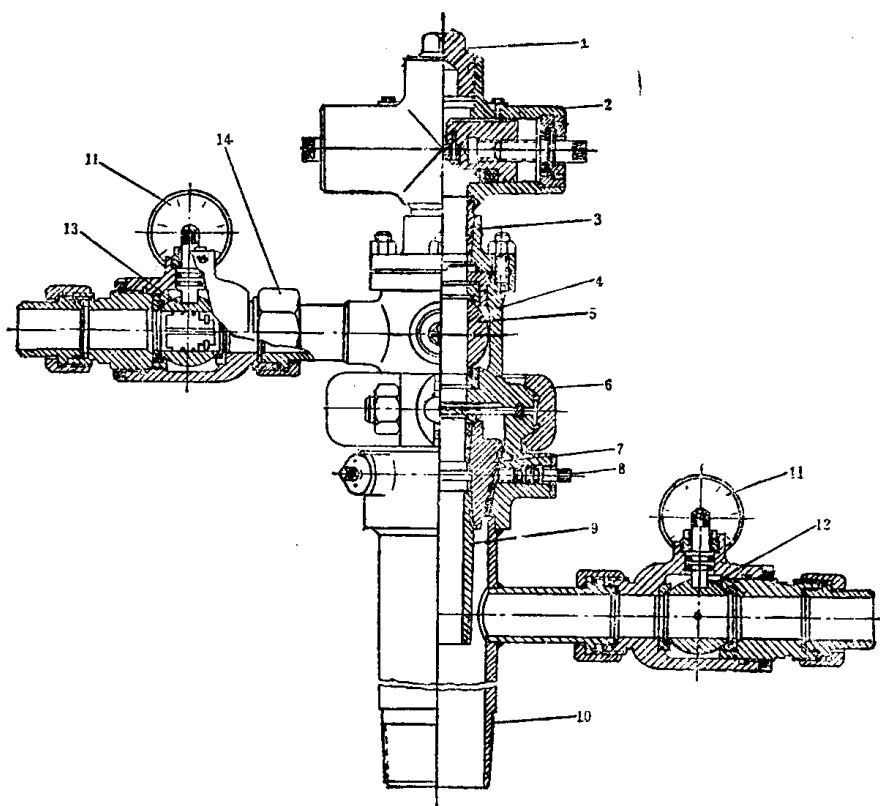


图 1-15 大庆150型井口装置结构图

1—死堵；2—清蜡闸门；3—法兰；4—油管三通；5—总闸门芯子；6—卡箍；7—油管头；8—顶丝；9—油管短节；10—套管短节；11—压力表；12—套管闸门芯子；13—油管闸门芯子；14—活接头

(三) 采油树附件

采油树的附件，包括油嘴、压力表、取样放空和回压闸门等。

1. 油嘴

油嘴的作用，是控制和调节油井的产量。选用的油嘴规范不同，对井底形成的回压就不同，生产压差(静止压力减去流动压力)也就不同，油井的产量也相应的不同。油嘴的大小与井底回压、生产压差以及产量之间的关系，称为自喷采油井的工作制度，每口井都有自己的工作制度。为了满足油田上所有的自喷采油井应建立不同的工作制度的需要，制造了不同规范的

表 1-1 采油树技术规范表

型 号	试压 (kg/cm^2)		公称压力		重量 (kg)	顶丝法兰尺寸 (mm)		钢圈 (mm)		外形尺寸 (mm)		通过 (mm)	油管挂盘根 (mm)	适用套管 尺寸 (英寸)	备注
	强度	气密	kg/cm^2	型式		外径	螺孔中心 距	螺孔直径 $\times$ 个数	形式	个数	钢圈	高	宽		
CY _b -250	500		250	卡箍	729	380	318	$\phi 30 \times 12$	闸板	6	88.7	1750	1463	65	164 $\times$ 141 $\times$ 8.5 5 $\frac{3}{4}$
胜 254	500	250	250	卡箍	440	380	318	$\phi 30 \times 12$	闸板	6	88.8	1397	1340	65	168 $\times$ 148 $\times$ 10 5 $\frac{3}{4}$
庆 150 井口闸	300	150	150	卡箍	380	380	318	$\phi 30 \times 12$	闸板	3	92	750	1290	65	139 $\times$ 122 $\times$ 8.5 5 $\frac{3}{4}$
CY _b -80	水压 160	80	80	卡箍	305	380	318	$\phi 30 \times 12$	闸板	4	88.7 (73)	1400	1140	65	168 $\times$ 148 $\times$ 10 139 $\times$ 122 $\times$ 8.5 5 $\frac{3}{4}$
荣丰-210	420		210	法兰		380	318	$\phi 30 \times 12$	闸板	6	110	2540	1750	65	140 $\times$ 120 $\times$ 9.5 5