

石油钻井工人读本

下 册

西南石油学院钻井教研组编

石油化学工业出版社

石油钻井工人读本

下 册

西南石油学院钻井教研组 编

石油化学工业出版社

前 言

为了适应我国石油工业迅速发展的需要和广大石油工人为革命积极学习技术的要求，我们西南石油学院钻井教研组的同志，在毛主席教育革命路线的指引下，于一九七二年深入现场，接受工人阶级再教育，在调查研究的基础上，编写了《石油钻井工人读本》上、下册初稿。以后，在泸州气矿举办的“钻井工人训练班”进行了试讲，同时汲取老工人讲课中介绍的具体操作经验加以整理，对初稿作了修改补充。一九七三年，我们又在胜利和大港两油田，请有关领导、工人和技术干部对初稿进行了多次讨论和审查，再次作了修改与补充。

在本书编写过程中，四川石油管理局、胜利油田、大港油田和华东石油学院等有关单位，给予了大力支持，并提供了许多宝贵的资料，我们在此表示感谢。

本书的主要对象，是经过一定钻井实践的钻井工人。因此，在内容上注意了普及与提高相结合，学用结合，便于自学等问题。但由于我们的思想水平和业务水平很低，缺乏实践经验，书中一定存在不少缺点，甚至错误，希望广大读者提出宝贵意见，以便再版时修改。

西南石油学院钻井教研组

目 录

第九章	中途测试	1
第一节	中途测试的方法和工具	1
第二节	中途测试的井口装置与地面设备	7
第三节	中途测试工艺	9
第四节	测试资料的取得	14
第十章	固 井	23
第一节	固井的目的和要求	23
第二节	井身结构	23
第三节	下套管	27
第四节	注水泥	43
第五节	固井质量的检查与补救	64
第六节	安装井口装置	67
第十一章	油、气层的钻开和完井工艺	71
第一节	油、气井的完成方法	71
第二节	钻开油、气层	76
第三节	完井工艺	106
第四节	酸化投产	121
第十二章	井下复杂情况与事故的预防和处理	130
第一节	卡 钻	130
第二节	井 漏	144
第三节	井 喷	151
第四节	失 火	156
第五节	钻具事故及处理与井下落物的打捞	164
第十三章	钻井设备安装和开钻前的准备工作	177

第一节	井场布置	177
第二节	钻井设备的基础	179
第三节	安装井架	186
第四节	钻井设备的安装	191
第五节	穿大绳	200
第六节	钻鼠洞和下鼠管	205
第七节	挖圆井、立导管	207
第八节	钻台工具的安装	208
第九节	组织工作与安装质量的检查	209
第十四章	海上钻井	212
第一节	海洋常识	213
第二节	海上钻井装置	218
第三节	海上钻井工艺技术特点	228

第九章 中途测试

钻井的目的是为了弄清地质情况，尽快地开发祖国的石油和天然气藏。因此，在钻探过程中遇到良好油、气显示（如井喷、井涌、油气侵、井漏、放空等现象）或地质、气测、录井有良好显示时，在井身条件许可的情况下，可停钻进行中途测试。其目的在于提前取得显示层位的地质资料，不漏掉一个油、气层，及时发现新的油、气藏，提高探井成功率，加快勘探速度。在钻探石灰岩裂缝性油、气藏时，由于裂缝发育情况比较复杂，哪些地方、哪些层位有工业性油、气流，事先难以准确的判断，中途测试就更加重要了。

第一节 中途测试的方法和工具

进行中途测试需要解决两个问题：一是降低泥浆液柱对测试层位的压力（回压），为油、气流向井口创造条件；二是要保持泥浆液柱对测试层位以上各地层的压力不发生变化，避免在测试过程中上部井眼垮塌。常用的测试方法是下带玻璃板的接头（下简称玻璃接头）的封隔器（见图 9—1）。该封隔器能最大限度地降低回压，同时对上部地层保持原有的泥浆液柱压力。

用封隔器带玻璃接头进行中途测试的方法如图 9—1 所示。

用封隔器带玻璃接头进行中途测试时，入井的钻具为：筛管 + 钻杆 + 封隔器 + 平衡凡尔 + 玻璃接头 + 钻杆连至井口。玻璃接头的作用是保证在下入和座封封隔器时，因玻璃板

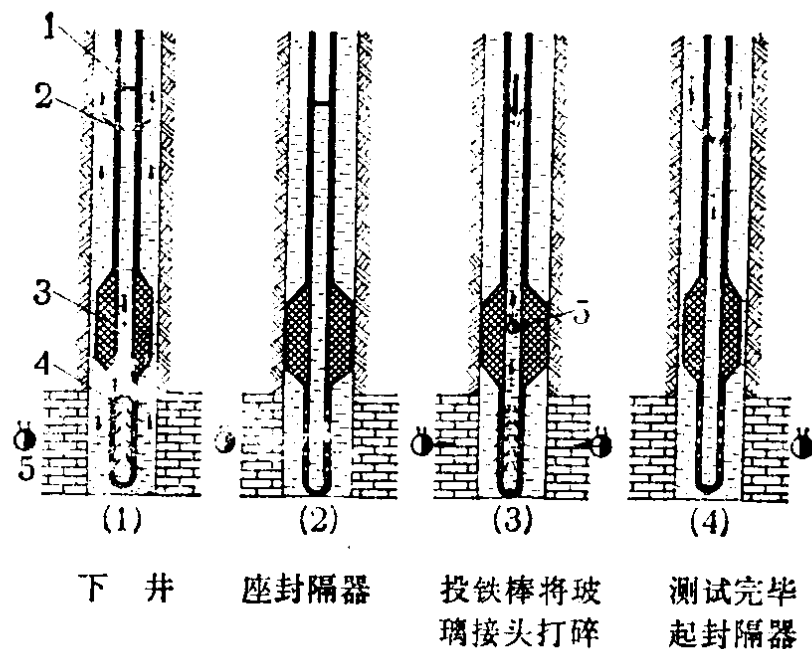


图 9-1

1-玻璃板; 2-平衡凡尔; 3-封隔胶皮; 4-筛管; 5-油、气

的阻挡井内泥浆不会上升到接头以上的钻杆内部。这样，一旦投入铁棒打碎玻璃板后，解除了原来作用在油气层上的液柱压力，使油气流自由流入筛管的孔眼。当钻杆处在拉伸状态（即下钻与起钻）时平衡凡尔是打开的，钻杆重量下放压坐封隔器时是关闭的。平衡凡尔的作用有二；在下井时，使被排出的泥浆有一部分从平衡凡尔的孔眼流出，不致于使被排出的泥浆全部都要从封隔器与井眼的间隙中流过，以减小下入过程中的泥浆摩擦阻力，使封隔器顺利下入，这样就减小了在下入过程中封隔器向下压泥浆的压力，以免有地层被压裂；在起封隔器时，钻杆一上提，平衡凡尔打开，环形空间的泥浆即从平衡凡尔的孔眼流至封隔器下面的空间，给封隔器胶皮一个向上的推力，与作用在胶皮上的泥浆液柱压力平衡，使封隔器容易起出。封隔器是这种测试方法的主要工具，其作用是把泥浆液柱与要测试的地层隔绝起来，以保证投铁棒打碎玻璃板时能最大限度地降低井底压力，使油、气

通过钻杆流至地面，完成中途测试的任务。

除此而外，当裸眼井段的地层坚硬致密，不垮塌也不漏失时，也可以采用钻具排液，轻泥浆（或清水）替喷或抽汲提捞等较简便的方法降低泥浆液柱压力，达到诱喷测试的目的。然而这种情况是不多的。

本章着重讨论下封隔器带玻璃接头进行中途测试的工具和工艺，抽汲、提捞等其它方法在完井测试部分介绍。

由上面分析知道进行中途测试要有以下的工具：封隔器，玻璃接头，平衡凡尔，筛管。

1. 裸眼筒形封隔器

裸眼筒形封隔器的结构见图 9—2 所示，由上、下接头、伸缩管、橡皮筒、中心管和膨胀鞋等部分组成。

当钻具下到井底，加压，伸缩管下移，压缩橡皮筒，使橡皮胀开，起封隔井筒环形空间的作用。

膨胀鞋是一个由硬橡皮制成的筒式部件，装在封隔器橡皮筒下部，其作用是防止封隔器胶皮在泥浆液柱的高压和井内温度作用下向下移动变形，保证封隔器胶皮与井壁挤紧，如图 9—3 所示。

中心管的上、下丝扣都是反扣，一旦封隔器被卡拔不出时，可正转钻杆起出钻具把橡皮筒留在井下。

2. 卡瓦封隔器

卡瓦封隔器的结构如图 9—4 所示，由橡皮筒、卡瓦、弹簧片和锁扣装置（灯口式挂环和制钉）等部分组成。

卡瓦封隔器是在套管内起封隔作用的。下井时，由于制钉的作用带动整个卡瓦系统（包括从卡瓦到灯口式挂环的所有零件）下行，由于扶正弹簧片与套管内壁之间较大的摩擦阻力，钻具上提时，卡瓦系统不随之上移，当下钻到预定

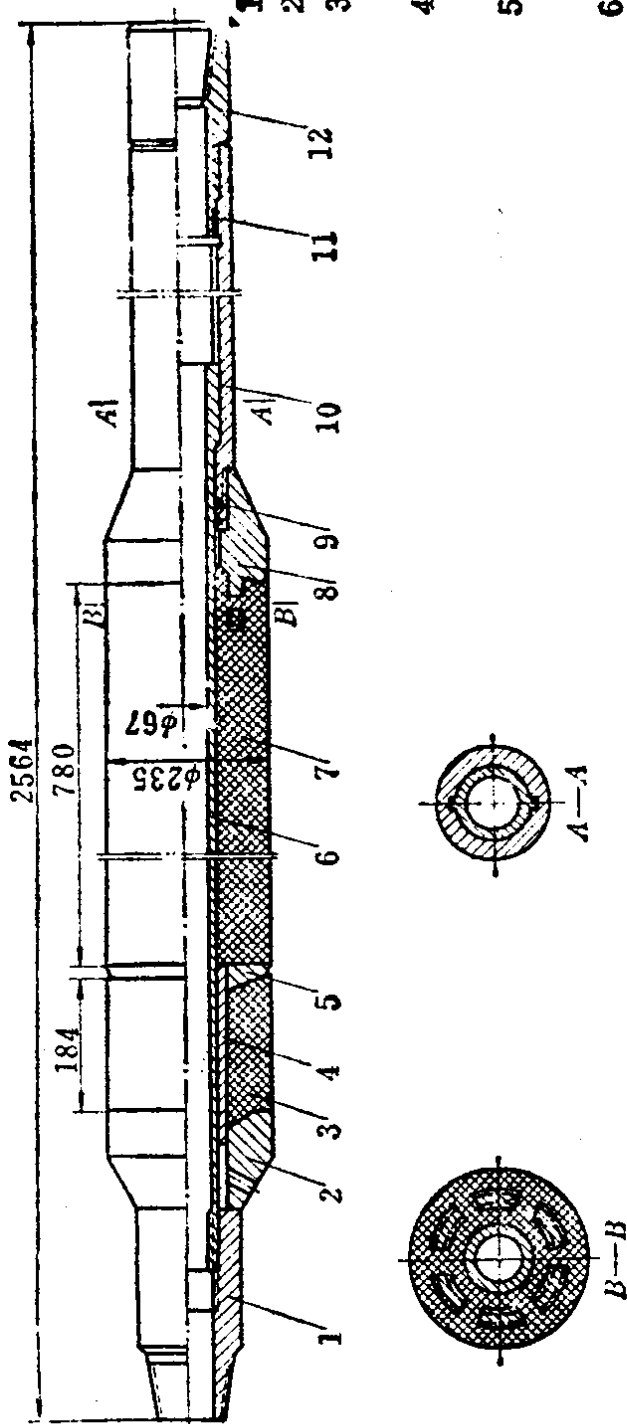


图 9-2 9 3/4" 裸眼筒形分离器
1-下接头; 2-支座; 3-膨胀鞋; 4-膨胀鞋内套; 5-膨胀鞋压盘; 6-中心管; 7-橡皮筒;
8-硫化压缩; 9-密封圈; 10-伸缩管; 11-密封圈; 12-上接头

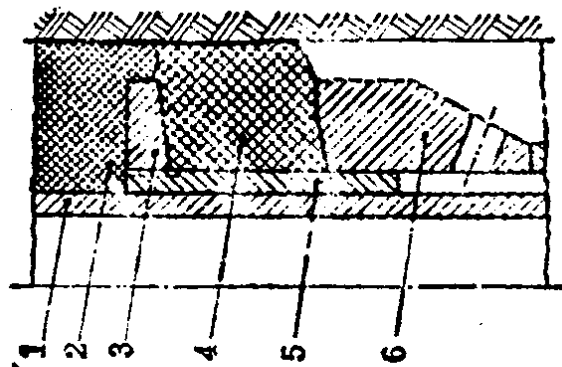


图 9-3
1-中心管; 2-橡皮筒;
3-膨胀鞋压盖; 4-膨胀鞋;
5-膨胀鞋内套; 6-支座

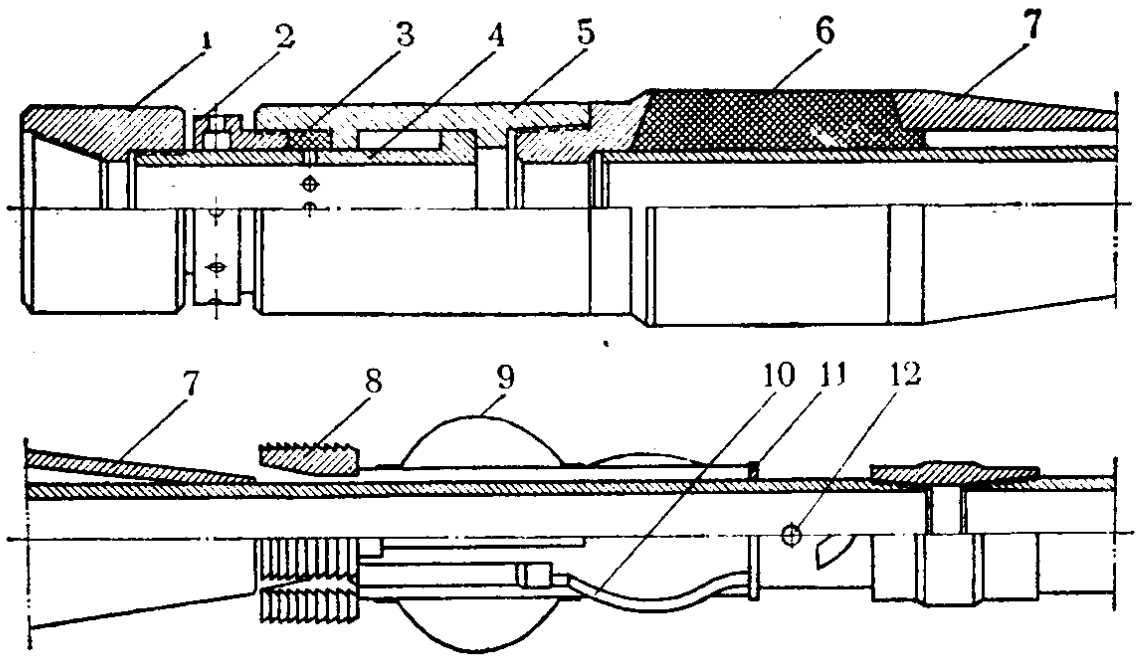


图 9—4 8' 卡瓦式封隔器示意图

1-上接头；2-盘根压帽；3-盘根；4-内中心管；5-下接头；6-橡皮筒；
7-锥体；8-卡瓦；9-弹簧片；10-弹簧片；11-制钉；12-卡槽

深度要坐封隔器时，可上提钻具。当制钉超过脱栓槽时立刻刹住，然后用大钳正转或反转（视卡瓦封隔器系正转或反转脱锁而定）1~3圈，依井深浅而定，让其脱栓，再下放钻具，这时卡瓦锥体将随钻具下移，而卡瓦系统不下移。于是，卡瓦即被卡瓦锥体张开卡在套管内，使钻具不能继续下移，这时，继续下放钻具，钻具重量即通过平衡凡尔坐加在橡皮筒上，把橡皮胀开达到封隔的目的。起卡瓦封隔器时，由于卡瓦的牙纹是向下的，故只需提升钻柱，反转（或正转）上栓即可。

装配卡瓦封隔器时，应注意四片卡瓦的张开度要一致，脱栓机构和循环外筒在中心管上要活动自如。

3. 玻璃接头

玻璃接头的结构如图 9—5 所示。

为了保证测试的成功，玻璃接头的制做要有一定的要

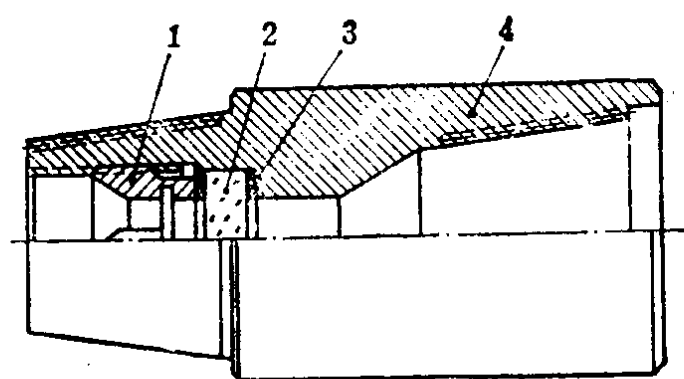


图 9--5 玻璃接头

1-压帽；2-玻璃板；3-铅垫；4-本体

求：

1) 密封性好。
下井前必须先在地面
耐压试验合格，在其
承压端（公扣方向）
试压至玻璃接头所承
受最大液柱压差加 20
~30 大气压的压力。

例如某井中途测试，玻璃接头下至井深 2000 米左右，井内为清水，玻璃板所承受最大液柱压差为 200 大气压，因此，试泵压力应为 220~230 大气压。

2) 压玻璃板的上下台肩应平正，与本体中心线成 90° ，精度要求达到三级。压圈丝扣与本体配合间隙应符合要求，以保证密封良好。

3) 对玻璃板要求具有较高的强度，在高液柱压力下不破裂；易打碎，投入冲击铁棒能把它完全打碎。常用玻璃板系用钾玻璃制成，直径 66 毫米，厚 16~19 毫米，玻璃板中不能有气泡。

4. 平衡凡尔。平衡凡尔结构如图 9—6 所示。

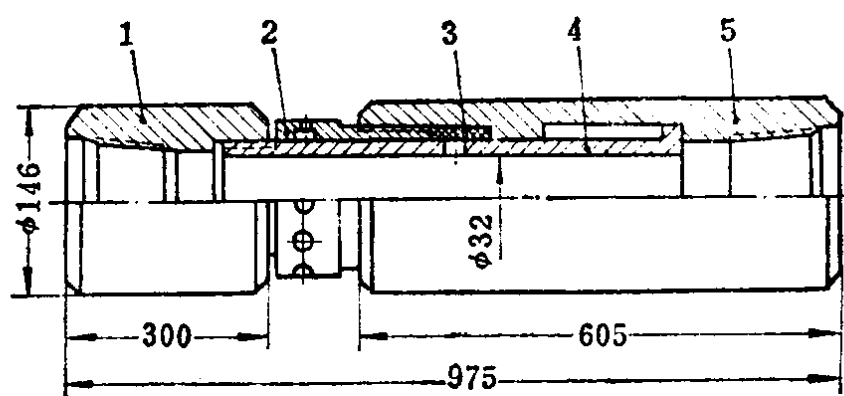


图 9--6 平衡凡尔

1-上接头；2-盘根压帽；3-盘根；4-内中心管；5-下接头

在下钻和起钻时，内中心管上提，内中心管侧孔与盘根压帽侧孔相通。泥浆便可流进钻杆内，起平衡压力的作用。当坐封隔器进行测试时，内中心管下移，二侧孔相错开，使环形空间液柱压力不能作用到高压油、气层上，保证测试成功。

第二节 中途测试的井口装置与地面设备

中途测试的井口装置有锥管挂式和钻杆挂式两种。锥管挂式如图 9—7 所示，当封隔器在预定位置坐好后，使锥管挂恰好坐于特殊四通（内表面为斜面的四通）上，然后倒出联顶节，在上防喷器上安上钻杆鞋（结构如图 9—8），在钻杆挂上装个采油树闸门，闸门上装压力表，以钻井时的放喷管线作测试管线，在测试管线上接油气分离器、计量罐和气体流量计。

这种方法的优点是不必另外装测试管线，缺点是在油、气层压力较高时，不能关井求静止压力，因为受目前的防喷器芯子的最大耐压能力所限制；此外在组配钻具时较麻烦，因为要

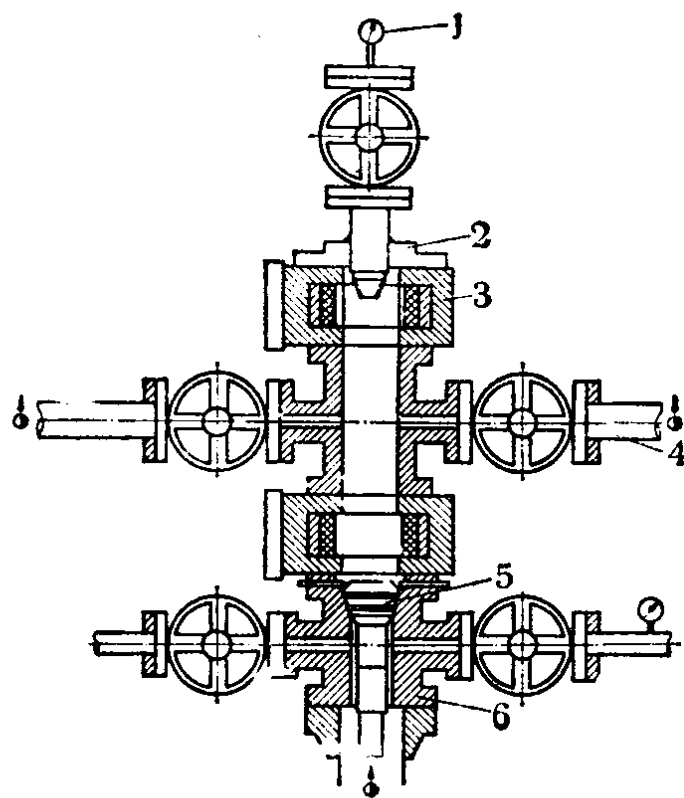


图 9—7

1-压力表；2-钻杆挂；3-封井器；4-测试管线；
5-锥管挂；6-特殊四通

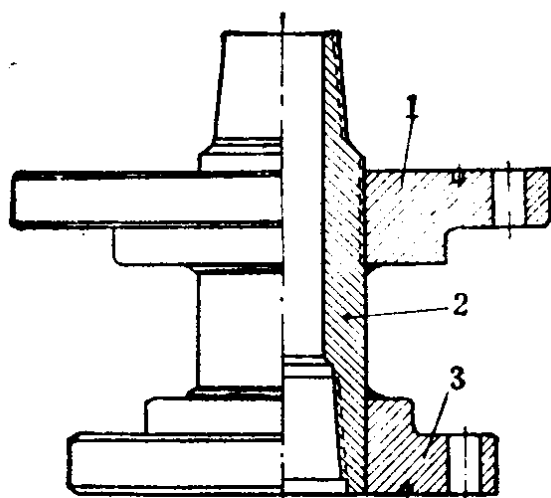


图 9—8 585×470 钻杆鞋

1-法兰；2-接头；3-法兰

使封隔器坐好后，锥管挂恰好坐于特殊四通上。

钻杆挂式如图 9—9 所示。封隔器坐好后，卸掉方钻杆，在钻杆上面接钻杆挂并承坐在转盘上。然后，在钻杆挂上装

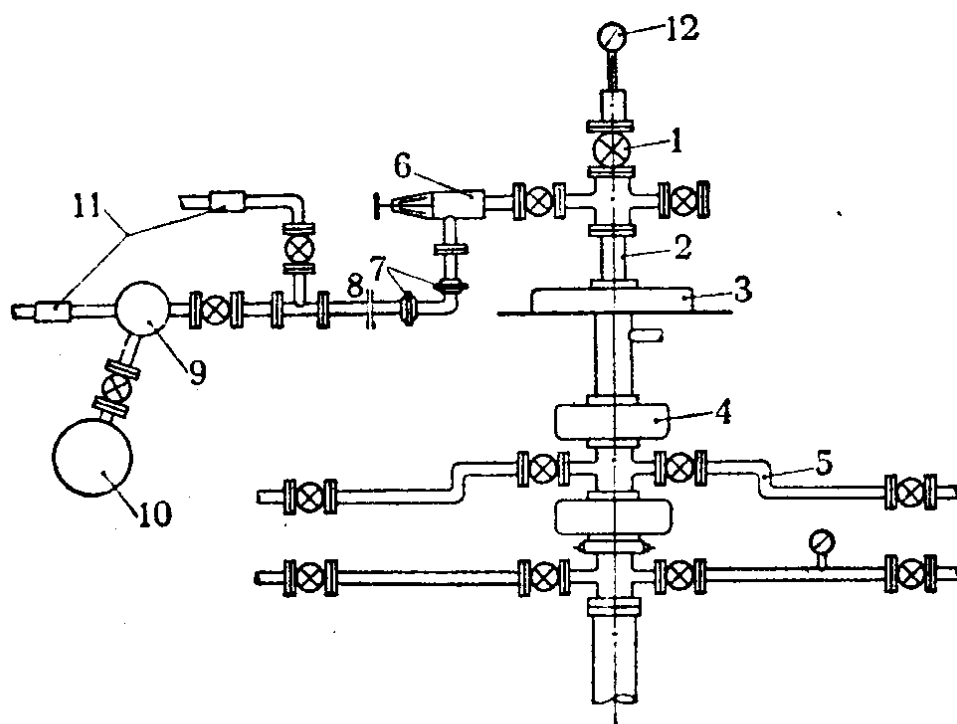


图 9—9

1-采油树或简易井口；2-钻杆挂；3-转盘；4-封井器；5-钻井时用的放喷管线；6-针形阀（或油嘴套）；7-由壬；8-测试管线；9-油气分离器；10-计量罐；11-气体流量计；12-压力表

采油树闸门、安装测试管线、油气分离器、计量罐和气体流量计。这种方法没有锥管挂式的缺点，但需要另接测试管线。

第三节 中途测试工艺

使封隔器能够下得去，坐得牢，封得严，起得出和取全取准各项资料，是中途测试工艺的主要内容，而如何能使封隔器坐得牢，封得严，起得出又是中途测试的关键。

一、封隔器的选择

先期完成的井，测试层位离套管鞋较近者，可选用卡瓦封隔器（是在套管里面用的）。其余情况一般采用裸眼筒形封隔器。

封隔器的尺寸，主要取决于井筒条件。从封隔作用而言，只要能顺利下入，橡皮筒与井壁的间隙越小越好。目前使用的封隔器，其胶皮筒的外径一般比钻头直径小10毫米（即间隙为5毫米）。各种尺寸的裸眼筒形封隔器的胶皮外径与它封闭的最大外径如表9—1。

表 9—1

项 目 \ 通称尺寸	4 ¹ / ₄ "	4 ³ / ₄ "	5 ³ / ₄ "	6 ¹ / ₈ "	7 ³ / ₄ "	8 ¹ / ₂ "	9 ³ / ₄ "	11 ³ / ₄ "	12 ¹ / ₄ "
本体胶皮外径（毫米）	96	110	135	145	180	200	235	280	290
封闭最大井径（毫米）	110	125	150	160	200	220	260	310	320

二、井 眼 准 备

为了确保封隔器顺利下入，测试前，在井眼易卡、阻的

部位要反复划眼，直至畅通无阻为止。起钻前，应调整泥浆性能，如果沉砂较多且有垮塌现象时，应适当提高泥浆粘度和切力，然后大排量充分循环2~3周，把井眼彻底冲洗干净。出口泥浆的含砂量应小于1%，这点很重要，其意义在于：使测试管柱能下到井底，保证封隔器坐在预定设计位置；同时保证加压坐封隔器时，钻柱的下移是用在压胀橡皮筒，而不是使钻柱在沉砂中继续插入；避免沉砂堵塞筛管的孔眼，影响油、气流入钻杆内；避免封隔器在井内停留较长时间后发生砂卡。

三、下封隔器

根据砂样、钻时、电测和电测井径（中途测试前最好先电测）等资料综合分析，确定封隔器所下井深，使封隔器一定坐在靠近测试层位，并且井径规则、井斜变化小的致密而坚硬的岩石上，井径规则的井段至少有3米以上，最大井径不超过钻头直径20~30毫米，以此组配入井的钻具。

钻具下井前，应把指重表校正好。下钻操作做到“一慢、二匀、三不转”，不猛刹、猛放，以免击破玻璃板。遇阻卡时上提下放不宜超过悬重三格，不要用转盘转动钻具，可用吊钳正转，变换方向再下，如经多次仍下不去，可起钻检查。下钻时，钻杆丝扣必须上紧。下钻过程中，如发现指重表读数突然增加，这是玻璃板破了，浮力减小，故悬重增加，要起钻检查玻璃接头。用卡瓦封隔器时，入井15米左右应试坐，并起出检查，没问题方下入井内。下卡瓦封隔器时，上提距离不能超过脱栓槽长，以免在下钻中途卡瓦张开。

四、坐封隔器

怎样才能使封隔器在测试过程中起封隔作用，是用封隔器进行测试的关键。为此，必须对封隔器的工作状况作个大致的分析，下面以裸眼筒形封隔器为例进行讨论。

测试管串下到井底后，加压坐封隔器，橡皮张开与井壁挤紧，如图 9—10（1），其挤紧的程度决定于加压的大小、橡皮特性、封隔器与井壁间隙等因素。当投入冲击铁棒，打碎玻璃板后，地层中的高压油、气、水以及处在堵塞器下面的泥浆，经筛管孔眼流入钻杆，或喷出地面，封隔器橡皮下面所承受的向上的顶力突然卸掉，封隔器上面受到一个自上而下的冲击载荷。冲击载荷的大小，取决于泥浆液柱压力和地层压力的恢复速度。在“干”层的情况下，缺乏油、气、水从封隔器下面上顶的平衡力量，这个自上而下的冲击载荷就最大，这时，封隔器要承受整个泥浆液柱压力。如果封隔器处在井眼的中心，井径比较规则，地层比较坚实，封隔器性能良好，张开的橡皮与井壁之间有较强的挤紧摩擦力，那么即使冲击载荷较大，封隔器的密封性能仍然是良好的，如图 9—10（2）。封隔器若坐在较软的岩石处，则会呈图 9—10（3）的状态；若坐在井斜变化较大处则会如图 9—10（4）所示；若橡皮过软或封隔器与井壁间隙过大，或井径不规则，封隔器处在较大井径处时，橡皮与井壁之间的挤紧摩擦力比较小，这时会如图 9—10（5）。显然，在图 9—10（3）、（4）、（5）所示之情况下，封隔器就不能很好地起封隔作用，而且在起封隔器时，容易把橡皮损坏。

上面的分析使我们认识到，使封隔器下得去，坐得牢，封得严，起得出，主要的是要掌握好正确选择坐封隔器的位置

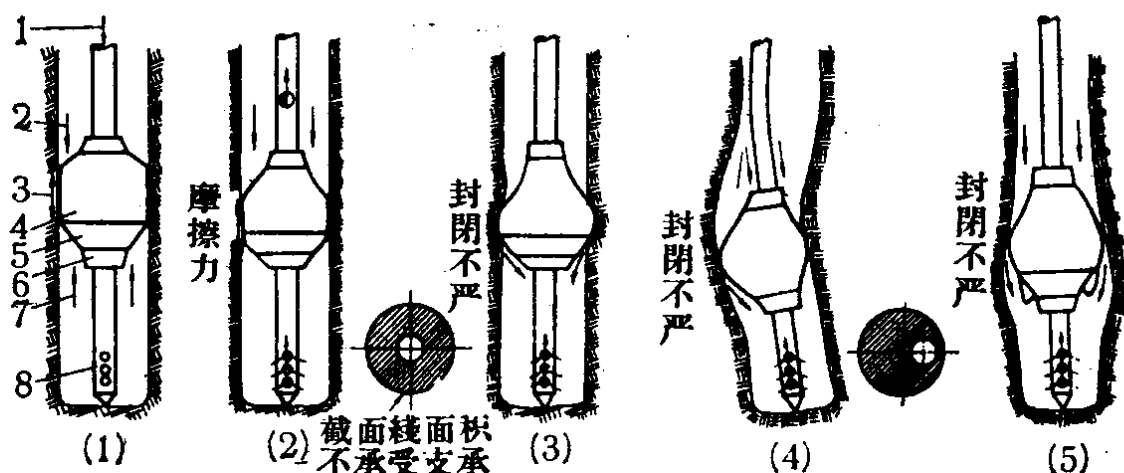


图 9—10 筒形封隔器工作状况分析示意图

1-钻柱重量； 2-泥浆液柱压力； 3-摩擦力； 4-封隔器橡皮； 5-膨胀鞋；
6-支座； 7-地层压力； 8-筛管

以及加压适当达到一定的压缩距这两点。加压大小应根据封隔器类型、尺寸、井眼大小、岩层性质等因素来决定。加压要适当，太小会使橡皮封闭不严，太大容易压坏胶皮，压坏支撑管柱。根据四川现场的经验，每吋径封隔器加1.5~2.5吨是适宜的。在压力作用下，测试管串的压缩距乃是管柱本身弯曲引起的纵向位移和封隔器的伸缩管下移距离之和，在钻压作用下因管柱弯曲引起的纵向位移可在测试前下钻循环泥浆（带回压凡尔，相当于测试时的玻璃接头）时求得，把坐封隔器时的压缩距减去这个数字，就是在坐封隔器时伸缩管下移的距离。通过这个数值我们就了解了封隔器橡皮的张开程度，在具体操作时即可判断加压是否适当了。根据现场使用的经验，提出下列一些数字，如表 9—2 和表 9—3。

表 9—2、9—3 中的数据仅供参考，应用时要具体情况具体分析。一般来讲，井越深，钻具越小，则压缩距应越大；洗井液为泥浆时的加压吨位应比清水的大；井底沉砂多而且地层较软时，压缩距也应相应增大。