石油工人技术等级培训教材

地 层 测 试 工

中国石油天然气总公司劳资局

石 油 工 业 出 版 社

图书在版编目（CIP）数据

地层测试工/中国石油天然气总公司劳资局编.
北京：石油工业出版社，1998.1
石油工人技术等级培训教材
ISBN 7-5021-2110-2

Ⅰ.地…
Ⅱ.中…
Ⅲ.地层油气藏-测试-技术培训-教材
Ⅳ.P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（97）第 19010 号

石油工业出版社出版
（100011 北京安定门外安华里二区一号楼）
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行
*
787×1092 毫米 16 开本 15 印张 362 千字 印 1—1500
1998 年 1 月北京第 1 版 1998 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-2110-2/TE·1775
定价：23.00 元

前　　言

为了全面提高地层测试工人队伍素质，满足地层测试工人技术培训和考核的需要，中国石油天然气总公司劳资局组织编写了这套工人技术等级培训教材。

这套教材依据国家颁发的工人技术等级标准和总公司劳资局制定的《石油工人应知应会技能项目》按工种分初、中、高级三部分编写，每部分包括相应等级的应知理论和应会技能，二个部分，是地层测试工人学习技术参加技能鉴定的主要学习资料，也是企业建立考试题库实行规范化技能鉴定的重要依据。

本书由华北石油管理局张纪坤同志主编，并负责编写第五、第二十六单元，副主编王希权编写了第二、十、十一、十九单元，副主编范新明编写了第二十二单元，胡坚编写了第十四、二十一、二十四单元、庄建山编写了第十二单元和中级工应会技能，李祥兵编写了初、高级工应会技能，陈俊昌编写了第八、十五、二十五单元，李群编写了第十三单元，罗宁编写了第四、十七单元，陆兴峰编写了第二十三单元，蒋登高编写了第一单元，王元龙编写了第二十单元，刘铮编写了第七、十六单元，李清旺编写了第六、十八单元，刘占国编写了第三、九单元，冯正权参编了第十五、二十五单元。

刘福刚、邓世文、叶荣同志对稿件进行了仔细审定，在此表示衷心的感谢！

由于作者水平所限，疏漏和错误之处，请广大读者提出宝贵意见。

编　者

一九九六年十月

目　　录

地层测试工工人技术等级标准…… (1)

第一部分　初　级　工

应 知 理 论

第一单元　力、力矩、静液柱压力…… (4)
一、力…… (4)
二、力矩…… (5)
三、静液柱压力…… (5)
复习思考题…… (5)
第二单元　地质基本知识…… (6)
一、地层及地质年代…… (6)
二、岩性…… (7)
复习思考题…… (8)
第三单元　试油设备知识…… (8)
一、通井机的功用和规范…… (8)
二、试油井架的功用和规范…… (8)
三、提升系统的组成、功用和规范…… (9)
四、水泥车的功用和规范 …… (10)
复习思考题 …… (11)
第四单元　钻井液基本知识 …… (11)
一、钻井液的功用 …… (11)
二、钻井液的性能 …… (12)
三、钻井液的类型 …… (13)
四、地层测试对钻井液性能的要求 …… (14)
复习思考题 …… (15)
第五单元　套管井常规测试 …… (16)
一、套管井常规测试管柱 …… (16)
二、套管井常规测试管柱工作原理 …… (16)
三、常规测试工具 …… (17)
四、套管井测试工艺 …… (28)

复习思考题 …… (31)
第六单元　井口压力控制装置 …… (32)
一、控制头 …… (32)
二、钻台管汇 …… (33)
三、活动管汇 …… (33)
四、显示头 …… (33)
五、投杆器 …… (34)
复习思考题 …… (34)
第七单元　地层测试仪器、仪表 …… (35)
一、机械式井下压力计 …… (35)
二、时钟的结构和规范 …… (37)
三、温度计 …… (37)
四、地层测试器放样装置 …… (37)
复习思考题 …… (38)
第八单元　测试资料的录取与整理 …… (38)
一、地层测试的目的 …… (38)
二、地层测试录取资料的项目 …… (39)
三、测试资料的现场整理与计算 …… (39)
复习思考题 …… (43)
第九单元　安全生产知识 …… (43)
一、防喷 …… (43)
二、防火、防爆 …… (44)
三、防止硫化氢中毒 …… (45)
四、测试管柱埋、卡和井下落物的预防 …… (47)
五、人身事故的预防 …… (47)
复习思考题 …… (47)

应 会 技 能

项目一　给 200—J 压力计装卡片并划基线 …… (49)
项目二　将两支 200—J 压力计分别装入 123.8mm 的内、外压力计托筒内 …… (50)
项目三　现场组装 140mm 套管井常规测试管柱 …… (51)
项目四　安装 140mm 套管井常规测试井口控制装置 …… (52)
项目五　安装裸眼井常规测试井口控制装置 …… (53)
项目六　找出常规测试压力卡片的全部基本点，说明其物理意义，算出各点的压力值 …… (54)

项目七　对 140mm 卡瓦封隔器进行层间保养 …… (55)
项目八　保养 95mm 液压锁紧接头 …… (56)
项目九　保养 95mm 安全接头 …… (57)
项目十　将 95mmTR 震击器的计量行程由 5″调至 7″ …… (58)
项目十一　给多流测试器加注液压油 …… (59)
项目十二　给 127mm 裸眼旁通阀加注液压油 …… (60)
项目十三　给 152mm 安全密封加注液压油 …… (61)
项目十四　给 95mm 多流测试器进行液压延时性能试验 …… (62)
项目十五　用氮气对多流测试器的取样器进行试压 …… (63)
项目十六　从 95mm 多流测试器上整体卸下取样器 …… (64)
项目十七　在放喷求产过程中，将钻台管汇左侧的大油嘴换成小油嘴 …… (65)
项目十八　保养 95mm 多流测试器的换位机构 …… (66)
项目十九　保养 127mm 裸眼旁通阀的主旁通阀 …… (67)
项目二十　解除 140mm 卡瓦封隔器下钻中途遇阻的故障 …… (68)
项目二十一　MFT—50 型推车式干粉灭火器的操作使用 …… (69)

第二部分　中　级　工

应 知 理 论

第十单元　石油地质知识 …… (70)
一、石油和天然气的性质 …… (70)
二、石油的生成 …… (71)
三、石油的聚集 …… (72)
复习思考题 …… (75)
第十一单元　工程测井基本知识 …… (75)
一、固井声幅测井 …… (75)
二、套管磁测井（磁性定位） …… (76)
三、井径测井 …… (76)
四、井温测井 …… (77)
复习思考题 …… (78)
第十二单元　裸眼井测试 …… (78)
一、裸眼井测试管柱 …… (78)
二、裸眼井测试工具 …… (80)
三、裸眼井测试工艺 …… (84)
复习思考题 …… (86)

第十三单元　套管井跨隔测试 …… (87)
一、套管井跨隔测试管柱 …… (87)
二、套管井跨隔测试工具 …… (88)
三、套管井跨隔测试工艺 …… (88)
复习思考题 …… (88)
第十四单元　高压油气井测试 …… (89)
一、高压井口压力控制装置 …… (89)
二、高压油气井测试的特点 …… (90)
三、高压油气井测试的要求 …… (91)
复习思考题 …… (92)
第十五单元　油气水的分离与计量 …… (92)
一、三相（卧式）分离器的结构和工作原理 …… (92)
二、油气计量装置 …… (93)
三、油气计量的方法与步骤 …… (98)
复习思考题 …… (99)
第十六单元　井口装置与防喷器 …… (99)
一、钻井井口装置 …… (99)
二、试油井口装置 …… (100)
三、钻井防喷器 …… (102)
四、试油封井器 …… (104)
复习思考题 …… (105)
第十七单元　测试压力卡片现场分析 …… (106)
一、压力卡片曲线的组成 …… (106)
二、压力卡片曲线分类与鉴别 …… (107)
复习思考题 …… (120)
第十八单元　测试工具的性能检验 …… (120)
一、测试工具的液压延时试验 …… (120)
二、测试工具的液压密封试验 …… (121)
复习思考题 …… (121)

应 会 技 能

项目二十二　拆卸 127mm 裸眼旁通的计量阀 …… (122)
项目二十三　组装 127mm 裸眼旁通计量阀 …… (123)
项目二十四　更换 127mm MFE 花键芯轴 …… (124)
项目二十五　更换 177.8mm P—T 封隔器摩擦垫块和弹簧 …… (125)

项目二十六　139.7mm 剪销封隔器的保养 …… (125)
项目二十七　保养 95mmMFE 泄油阀接头及附件 …… (126)
项目二十八　组装 152.4mm 安全密封 …… (127)
项目二十九　测量 127mm 液压锁紧接头的液压面积 …… (128)
项目三十　139.7mm 套管跨隔测试管柱的连接 …… (129)
项目三十一　35MPa 测试井口压力控制装置的水压试验 …… (130)
项目三十二　127mmMFE 取样器的水压试验 …… (131)
项目三十三　保养 127mm 安全密封的滑阀总成 …… (132)
项目三十四　保养 35MPa 活动管汇的活动弯头 …… (133)
项目三十五　保养 121mm 裸眼封隔器 …… (133)
项目三十六　组装 200—J 压力计隔膜总成 …… (134)
项目三十七　取样器的放样与样品的计量 …… (135)
项目三十八　安全密封与裸眼封隔器的组装 …… (136)
项目三十九　保养 127mm 裸眼旁通副旁通 …… (137)
项目四十　拆卸 95mmMFE 的延时机构 …… (138)
项目四十一　组装 95mm 震击器 …… (139)
项目四十二　127mm 裸眼旁通阀的性能试验 …… (140)
项目四十三　组装旋塞阀 …… (141)
项目四十四　检查和更换压力表 …… (142)
项目四十五　用震击器进行裸试测试工艺的震击解卡操作 …… (142)
项目四十六　在井眼中解脱 95mm 安全接头 …… (143)
项目四十七　在井眼中对接 95mm 安全接头 …… (144)
项目四十八　139.7mm 套管井坐封深度在 300～500m 的浅层测试 …… (145)
项目四十九　139.7mm 套管负压井的开关井操作 …… (146)
项目五十　152mm 裸眼井单封隔器测试管柱的连接 …… (146)

第三部分　高　级　工

应 知 理 论

第十九单元　石油勘探开发常识 …… (148)
一、勘探常识 …… (148)
二、开发常识 …… (149)
三、勘探开发相关名词术语 …… (150)
复习思考题 …… (150)
第二十单元　射孔 …… (151)

一、射孔的概念及射孔方式的选择…… (151)
二、油管传输射孔技术…… (151)
复习思考题…… (152)
第二十一单元　海洋井测试…… (153)
一、海洋井测试特点…… (153)
二、海洋井测试的井下测试工具…… (153)
三、海洋井测试的地面设备…… (154)
四、海洋井测试程序…… (155)
复习思考题…… (156)
第二十二单元　APR 工具测试 …… (156)
一、APR 测试管柱 …… (156)
二、APR 测试工具 …… (156)
三、APR 工具测试工艺 …… (170)
复习思考题…… (171)
第二十三单元　膨胀式测试工具…… (172)
一、膨胀式测试工具的用途及特点…… (172)
二、膨胀式测试工具的管柱结构及工作原理…… (172)
三、膨胀式测试工具部件…… (175)
四、测试工艺…… (181)
复习思考题…… (189)
第二十四单元　电子压力计试井…… (189)
一、电子压力计的结构、性能和工作原理…… (189)
二、井下存储试井技术…… (191)
三、地面直读试井技术…… (193)
复习思考题…… (199)
第二十五单元　油藏评价基本知识…… (199)
一、压力恢复曲线解释方法…… (199)
二、压力卡片的处理及油层参数计算…… (200)
复习思考题…… (201)
第二十六单元　增产措施…… (201)
一、水力压裂…… (202)
二、高能气体压裂…… (203)
三、酸化…… (204)
四、地层测试与增产措施…… (204)
复习思考题…… (205)

应 会 技 能

项目五十一　存储式电子压力计下井前的准备…… (206)
项目五十二　存储式电子压力计记录数据的回收…… (207)
项目五十三　组装 S—15 型遥控安全阀 …… (208)
项目五十四　在半潜式钻井平台上坐封 244.5mmRTTS 封隔器 …… (209)
项目五十五　江斯顿矿场压力机的调节校准…… (210)
项目五十六　调整 95mmTR 震击器的组装角 …… (211)
项目五十七　PRG—3 压力计下井前的现场准备工作 …… (212)
项目五十八　保养 127mmLPR—N 阀的球阀部分 …… (213)
项目五十九　给 127mmLPR—N 阀充氮 …… (214)
项目六十　对 127mmLPR—N 阀进行功能试验 …… (215)
项目六十一　保养 127mmAPR—M2 阀的循环阀部分…… (216)
项目六十二　组装 117.5mm 液压循环阀 …… (217)
项目六十三　组装 127mmLPR—N 阀的氮气腔和计量部分 …… (218)
项目六十四　组装 127mm 伸缩接头 …… (220)
项目六十五　研磨 95mm 多流测试器延时阀与阀座 …… (221)
项目六十六　组装 Vann85.7mm 环空加压点火头 …… (222)
项目六十七　测量并选配 121mmTR 震击器的液压缸和延时阀…… (223)
项目六十八　测量并选配安全密封的滑阀和滑阀套…… (224)
项目六十九　现场组装 139.7mm 套管井 TCP 与 MFE 测试工具联作管柱 …… (225)

地层测试工工人技术等级标准

初　级　工

一、知识要求

1. 具有高中（技校）毕业以上文化知识。

2. 熟悉钻井液的类型、密度、粘度、失水、含砂的基本知识。

3. 熟悉力、力矩和静液柱压力的基本知识。

4. 掌握地层、地质年代、岩性、油藏等常用地质术语。

5. 了解与测试有关的钻井设备和试油设备的性能。

6. 了解井口专用工具的用途和使用方法，以及常用套管的技术规范。

7. 掌握所用井下测试工具、测试井口压力控制装置及测试专用仪器、仪表的性能、结构和使用方法。

8. 掌握测试目的，以及录取地层测试资料的基本要求和方法。

9. 掌握测试技术操作规程及质量要求。

10. 掌握防火、防喷的安全知识。

二、技能要求

1. 能正确选用工具、量具、仪器、仪表、接头。

2. 能配备常见套管井常规测试管柱。

3. 能识别地层测试常用接头的扣型。

4. 能独立进行套管井的常规测试。

5. 能进行测试的一般理论计算。

6. 能进行所用测试工具的正常维护保养及常规性能检验。

7. 能根据测试情况和测试卡片定性判断测试成功或失败。

8. 能现场读出测试卡片的全部“基本点”压力，填写现场测试报告，编写施工小结。

三、工作实例

1. 拆卸、组装 95mm 和 127mm 两种系列的全套 MFE 套管测试的井下工具。

2. 对 MFE 工具进行加油和调试。

3. 装卸 200—J 井下压力计、画基线、安装温度计。

4. 用 95mmMFE 测试管柱进行 139.7mm 套管井常规测试。

5. 拆、装测试井口及流程。

中　级　工

一、知识要求

1. 熟悉机械制图的基本知识。

2. 熟悉石油地质和工程测井的基本知识。

3. 掌握钻井液的基本原理和钻井液性能对测试工艺的影响。

4. 熟悉常用钻杆、油管的技术规范。

5. 熟悉各种规格井眼的常规和跨隔测试工艺原理、工艺流程、操作规程及注意事项。

6. 掌握低压和高压测试井口压力控制装置及专用仪器、仪表的结构、工作原理和技术规范。

7. 掌握调试设备等工房设备的性能、操作方法。

8. 熟悉常用液压油、润滑油、密封脂的种类和性能。

9. 熟悉井口装置和防喷器的规格，性能及使用方法。

二、技能要求

1. 能根据测试目的和要求作出不同规格的裸眼井、套管井的常规测试，以及跨隔测试的施工设计。

2. 能进行难度较大的测试施工。

3. 能分析测试工具的故障，并能进行维修。

4. 能拆卸、组装、保养测试井口压力控制装置。

5. 能进行井下工具、井口压力控制装置的水压试验。

6. 会绘制遥测压力图。

7. 能分析、判断测试过程中井下异常情况，并处理测试事故。

8. 能看懂工具装配图，绘制工具零件图。

9. 能看懂油气水层的测井曲线和地质剖面图。

三、工作实例

1. 利用 127mm MFE 测试管柱对 215.9mm 裸眼井进行常规测试。

2. 利用 127mm MFE 跨隔测试管柱对 177.8mm 套管井进行跨隔测试。

3. 对 152.4mm 的安全密封进行保养，加油和调试。

4. 35MPa 测试井口压力控制装置的水压试验。

5. 研磨 MFE 延时阀与阀座的密封面。

6. 例行保养 200—J 压力计。

高　级　工

一、知识要求

1. 掌握常用井下测试工具、专用仪器、仪表的性能、结构和使用方法。

2. 掌握各种特殊井、复杂井的测试操作方法及注意事项。

3. 掌握常用测试工具、设备的配套标准及工具部件的报废标准。

4. 了解固井、酸化、压裂的工艺原理及工艺流程。

5. 了解射孔基本知识及射孔质量对测试资料的影响。

6. 了解存储试井、地面直读试井的基本原理和工艺流程。

7. 熟悉油藏评价的基本概念和参数计算的一般方法。

8. 掌握油（气）勘探、开发常识。

二、技能要求

1. 能组织陆地、海洋各种特殊井、复杂井的测试施工。

2. 能根据测试工具的技术标准对工具的精密部位进行测量和分析。

3. 精通常用井下测试工具、测试井口压力控制装置的操作技术和各类油、气井测试工艺技术。

4. 能用 APR（PCT）工具进行套管井测试施工。
5. 能对测试工具、设备进行技术性能鉴定。
6. 能排除工具的复杂故障，处理复杂测试工程事故。
7. 能现场熟练操作存储式电子压力计。
8. 会电工的一般操作。

三、工作实例

1. 215.9mm 裸眼井的跨隔测试
2. 井斜为 55°左右的套管定向井的常规测试。
3. 在海洋半潜式浮船上进行油、气井测试。
4. 选配和测量 127mm MFE 液压缸和延时阀。
5. 127mmLPR—N 阀的拆卸、组装和保养。
6. RPG—3（或 K—2）型井下压力计和记时器的操作。
7. 修理 MFE 花键芯轴的换位槽。

第一部分　初　级　工

应　知　理　论

第一单元　力、力矩、静液柱压力

一、力

1. 力的概念和单位

人们在生产劳动和日常生活中，通过对物体的推、拉、提等活动，感到人对物体加了力，因而使物体的运动状态发生变化。后来人们进一步观察到物体与物体间也有这样的相互作用。通过长期的生产实践和科学实验，人们建立了力的概念。力是物体间的相互机械作用，这种作用使物体的运动状态发生改变。

力使物体运动状态发生改变的效应称为力的效应，力对物体的效应取决于三个要素：力的大小、力的方向、力的作用点。因此力是矢量，可以用带箭头的线段表示，如图 1—1 所示，线段的起点 A 表示力的作用点，线段的长度 A—B，表示力的大小，箭头的指示方向表示力的方向。

在法定计量单位中力的单位是牛顿（N），1N 定义为使质量为 1kg 的物体产生 1㎡/ s^2 的加速度所需的力。

工程单位制中的 1kgf，相当于法定计量单位中的 9. 80665N，即 1kgf = 9. 80665N。

2. 力的基本性质

(1) 作用力与反作用力

物体间相互作用的力总是成对出现的，有作用力，则必有反作用力，作用力和反作用力总是大小相等、方向相反，作用线在同一直线上，分别作用于这二个物体上。

机械中动力的传递，都是通过机械部件之间的作用与反作用的关系实现的。

(2) 力系、合力与力的平行四边形法则

作用在同一物体上的几个力称为力系。若能用一个力与一力系等效，则此力称为该力系的合力。作用在物体上的二个力可合成一个合力，合力也作用于该点，合力的大小和方向由以二分力为邻近所构成的平行四边行的对角线来表示，这就是力的平行四边形法则。如图 1—2 所示，图中 R 表示合力，F_1、F_2 表示分力。

求合力的大小和方向，可以用几何作图法，或利用几何关系计算：

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos(180 - \alpha)$$

$$= F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cos\alpha$$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cos\alpha}$$

图 1—1　力的图示　　图 1—2　力的平衡四边形法则

(3) 二力的平衡

一个物体的两端受到 F_A 和 F_B 力的作用，要使物体保持平衡，这二个力必须大小相等、方向相反，且作用在同一作用线上 (共作用线)，这就是二力的平衡条件，见图 1—3。

二、力矩

用扳手拧紧螺钉时，力 F 使扳手绕螺钉(亦即绕 0 点的轴) 转动，力 F 愈大,螺钉拧得愈紧,力 F 的作用线离螺钉中心 0 愈远，拧紧螺钉愈省力 (见图 1—4)。这样力 F 使搬手绕螺钉的转动效应,不仅与力 F 的大小有关，还与力的作用线到螺钉的距离 L (力臂) 有关。因此乘积 F · L 就是力的转动效应的度量，称为力矩，用 M 表示，M = F · L。同时规定，顺时针方向的力矩为正，反时针方向为负。

图 1—3　二力的平衡　　图 1—4　力矩

三、静液柱压力

1. 静液柱压力的概念

液体是有重量的，当容器内盛有流体时，容器底部必然受到液体重量而引起的压力，液面越高，底面所承受的压力越大。因而在静止液体的任意点所承受的压力，是由液体自身重量产生的，其大小取决于液体的密度和液柱垂直高度，可按下式计算:

$$p = 0.0098 \cdot \rho \cdot H$$

式中　p ——静液柱压力，MPa;

ρ ——液体密度，g/cm^3;

H ——液柱的垂直高度，m

2. 帕斯卡定律

定律: 加在密闭的液体上的压力，要按照它原来的大小，由液体向各个部分各个方向传递。

复 习 思 考 题

1. 解释名词

力矩　正力矩　负力矩　合力

2. 问答题

1) 力的三要素是什么？2) 试述两力的平衡条件？3) 简述平行四边形的法则？

3. 计算题

1）测试井中的液体密度为 13kg/ m^3（1.3g/ cm^3）井深 3000m 处的液柱压力是多少？

2）1 吨力等于多少牛（N）？

第二单元　地质基本知识

一、地层及地质年代

地球自形成以来经历了漫长的历史。在地球历史发展的每一个阶段，地球的表面都有一套相应的地层生成。在正常情况下，后形成的地层总是盖在先形成的地层上面，愈在上面的地层，其年龄越新，愈在下面的地层，其年龄越老。

在地壳中，层层重叠的地层构成了地壳历史的天然物质记录。长期以来，由于生产发展的需要，人们研究了地壳中的地层和它们的层序，并按照一定的原则把全部地层分成了许多层段，而且给每一层段都取了一个特有的名称，使每一个有专门名称的层段都在地层系统中占有一个特定的位置。

1. 地层地质年代分级

地壳全部地层的年代由老至新分为太古代、元古代、古生代、中生代和新生代五个大部分，各代生成的地层，相应分别称为太古界、元古界、古生界、中生界和新生界。各个“代”中，又分为几个“纪”，生成的地层称为“系”。如古生界的地层分寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系和二叠系；中生界地层分三叠系、侏罗系、白垩系；新生界地层分第三系、第四系。每个“纪”又分为若干个“世”，每个“世”中又分为若干个“期”。和世对应的地层单位称为“统”，和“期”对应的地层称为“阶”，结合各地区实际和工作上的需要，还可以进一步细分。

2. 地层地质年代表

表 2—1、表 2—2 是把地层的历史年代与各年代生成的地层相对应，按照地层由老到新的顺序，由下而上地依次列出整个地层系统的历史年代和各历史年代生成的地层的各个单元的名称，以及它们的关系。

表 2—1　地层单位和地质年代对照表

使用范围	地层单位	地质时代单位
国际性的	界	代
	系	纪
	统	世
全国性的或大区域性的	（统）	（世）
	阶	期
	带	时（时代、时期）
地方性的	群	
	组	
	段	时（时代、时期）
	（带）	
地方性的（辅助地层单位）	杂　岩	
	亚群、亚组、亚段、亚带	

表 2—2　各地质年代单位划分表

代	纪	世	代	纪	世
新生代	第四纪	全新世	古生代	泥盆纪	晚泥盆世
		更新世			中泥盆世
	第三纪	上新世			早泥盆地
		中新世		志留纪	晚志留世
		渐新世			中志留世
		始新世			早志留世
		古新世		奥陶纪	晚奥陶世
中生代	白垩纪	晚白垩世			中奥陶世
		早白垩世			早奥陶世
	侏罗纪	晚侏罗世		寒武纪	晚寒武世
		中侏罗世			中寒武世
		早侏罗世			早寒武世
	三叠纪	晚三叠世	元古代	震旦纪	晚震旦世
		中三叠世			中震旦世
		早三叠世			早震旦世
古生代	二叠纪	晚二叠世		早元古代	
		早二叠世	太古代	晚期	
	石炭纪	晚石炭世			
		中石炭世		早期	
		早石炭世			

二、岩性

石油和天然气都埋藏在地下不同深度的岩石之中。尽管埋藏深度相差很大，但都还在地壳的范围内。

组成地壳的岩石，根据其成因可分为岩浆岩、沉积岩、变质岩三大类。

1. 沉积岩

沉积岩是古老的岩石风化剥蚀后，其风化产物再经过搬运、沉积及成岩作用而形成的。

根据沉积岩的成因和物质成分，将沉积岩分为四类：

1）碎屑岩：是由碎屑和胶结物组成的沉积岩，按粒度分为砾岩、砂岩、粉砂岩。

2）粘土岩：是由粘土矿物组成的沉积岩，如泥岩、页岩。

3）碳酸盐岩：是由碳酸盐矿物组成的沉积岩，如石灰岩、白云岩。

4）生物岩：是由生物沉积物组成的沉积岩，如煤、油页岩。

沉积岩的分布面积很广，在沉积岩中蕴藏着极为丰富的矿产，尤其是被誉为工业血液、黑色金子的石油就生成了沉积岩中，而且大部分储集于沉积岩中。

2. 岩浆岩

岩浆岩是岩浆在一定地质作用的影响下，由地壳深处上升，并且经过冷却、凝固、结晶而成的岩石。

岩浆是处于地壳以下高温、高压状态下的含有大量挥发物的硅酸盐熔融体。岩浆的温度超过 1000℃，压力在几百兆帕以上。当地壳运动使地壳本身出现薄弱地带时，岩浆就会冲入薄弱地带，甚至喷出地表，这时岩浆的温度、压力下降，挥发物质析出、经冷凝和结晶后，就形成了岩浆岩。

岩浆岩主要分为以下几大类：超基性岩、基性岩、中性岩、中酸性岩、酸性岩、碱性岩。

3 变质岩

在地球内力作用的影响下，由于物理化学条件的改变，使早期形成的岩浆岩和沉积岩在固体状态下，其成分、结构和构造相应地发生变化的作用，称为变质作用。因变质作用而形成的岩石称为变质岩。由岩浆岩变质而成的叫正变质岩，由沉积岩变质而成的称副变质岩。

常见的变质岩有片麻岩、片岩、千枚岩、板岩、大理岩、石英岩、云英岩等。

变质岩与火成岩一样是不能生油的，但在储集条件、构造条件及其它条件充分具备的时候，也可以储集石油和天然气。

复 习 思 考 题

1 地壳全部地层的年代由老至新分为哪几个代？

2 太古界和中生界各包括哪几个系？

3 沉积岩按成因和物质成分分为几类？石油主要生成于什么岩性中？

第三单元　试油设备知识

一、通井机的功用和规范

通井机是井下试油作业最常用的一种动力设备，它的功用如下：

1) 牵引。通井机的动力设备带动绞车滚筒旋转，通过钢丝绳提升游动系统，进行起下油管、抽汲、提捞等井下作业。

2) 上紧管柱丝扣。通过猫头轴，用棕绳上紧油管丝扣。

我国油田常用的是不自带井架自走履带式拖拉机型的通井机，如红旗—100 型，XT—12 和 C—100 型等。

通井机的技术规范见表 3—1。

表 3—1　通井机技术规范

通井机型号	柴油机型号	滚筒直径 mm	滚筒长度 mm	状绳最大拉力 kN	刹车鼓直径 mm	猫头数量	总重量 kN
XT—12	6135—AK10	360	910	116.9	1070	2	175
红旗—100	4160T	345	910	86.3	950	2	151

二、试油井架的功用和规范

试油井架是钻采机械提升系统重要设备之一，它是具有一定高度的金属结构物，并具有一定的稳定性。它的功用为：

1) 用来装置天车，支承整个提升设备，如钢丝绳、活动滑车、大钩和吊环等，以便悬

挂管柱及井下工具，进行起下油管、抽汲提捞等作业和处理事故等。

2）把油管排放成立根，作为立根的依靠。

试油井架的技术规范见表 3—2。

表 3—2　试油井架技术规范

井架型号	BJ—18	BJ—24	BJ—29
井架高度，m	18.26	24.25	29.251
工作负荷，kN	400	300	500
天车型号	TC—20，TC—30，TC—50		BY—40
天车中心到支脚座中心的水平距离，mm	1800	2400	2800
天车安装尺寸，mm	770×335	648×335	
顶架高度，mm	1500	1500	1000
顶架负荷，kN	20	20	
绷绳	6 根钢丝绳绷于井架上段	8 根钢丝绳绷于井架上段	前 4 根，后 4 根绷紧
井架自重，kg	2.7	3.53	7.4

三、提升系统的组成、功用和规范

提升系统是由通井机、井架经过游动系统的有机连接而构成的。通井机、井架前已述及，现对游动系统进行介绍。

游动系统是由天车、游动滑车、大钩、钢丝绳和地滑车等组成。它在试油作业中起着悬吊、起下井内管柱、井下工具和其它重物的功用。

1. 天车

天车是提升系统的一部分，它与游动滑车组成游动系统，是游动系统的固定部分，装在井架顶部，故称天车。

目前油田常用的天车有三轮、四轮、五轮三种，负荷为 200～500kN，轮径为 432、460、567mm 三种，适用的钢丝绳直径为 18.5～22mm。

BY—40 型天车技术规范：

起重量，kN　400	滑轮绳槽宽，mm　25	外型尺寸，mm
滑轮数　5	滑轮轴直径，mm　17	长 648mm 宽 814mm 高 777mm
滑轮直径，mm　600	导轮直径，mm　900	重量，kN　8

2. 游动滑车

游动滑车是由一组游动滑轮组成，其中有二轮、三轮、四轮等几种。常用滑轮的直径有 386、460 和 576mm 三种，适应的钢丝直径为 18.5 和 22mm 两种。

游动系统提升的重量主要决定于动滑轮数。若动滑轮为一个时，死绳固定在地面，起重拉力为 $Q_{钩}/2$。死绳固定在游动滑车上，则拉力为 $Q_{钩}/3$。这是由于前者的有效绳数为二根，后者有效绳数为三根的缘故。

根据以上推理，通井机活绳拉力计算公式为：

1）当死绳固定在地面时：

$$P_{快} = Q_{钩} / (Z\eta_{数}) = Q_{钩} / (2n \cdot \eta_{效})$$

式中 $P_{快}$——快绳拉力；

$Q_{钩}$——大钩负荷；

Z——有效绳数；

$\eta_{数}$——游车效率；

n——游动滑轮数。

2）当死绳固定在游动滑车上时：

$$P_{快} = Q_{钩} / (Z \cdot \eta_{效}) = Q_{钩} / [(2n + 1)\eta_{效}]$$

BY—40 型游车技术规范：

起重量，kN 400　　滑轮绳槽宽，mm 25

滑轮数 4　　滑轮轴直径，mm 170　　重量，kN 9.7

滑轮直径，mm 600　　外型尺寸，mm 631×700×1360

3. 大钩

大钩的作用是悬挂吊环和吊卡进行起下油管作业，或悬挂水龙头进行冲砂洗井作业。

常用的大钩有 200、300、400、500、750kN 多种。根据井深和预期负荷不同，采用不同规范的大钩，使用的大钩必须与游动滑车配套。

BY—40 型大钩技术规范：

起重量，kN 400　　大钩弹簧负荷，kN

大钩钩口直径，mm 130　　工作行程开始时 9.74

大钩弹簧工作行程，mm 140　　工作行程终了时 19.75

耳环内径，mm 85　　外径尺寸，mm 520×470×1485

重量 kN 4.3

4. 地滑车

在深井试油作业时，为了避免拉倒井架或拉翻通井机，提升钢丝绳不得直接由绞车滚筒穿到天车上去。通常把钢丝绳从绞车顺着地面拉到井架脚下，穿遇地滑车然后穿过天车。

地滑车通常采用地脚螺丝固定。深井负荷大时应采用绳坑法固定，绳坑深 2m 左右。绳坑内绳套固定在二根钢管或（木方）上，在坑的底部四壁掏孔，将钢管（或木方）两端固定在孔内，绳套拉至地面放正，用石块充填并浇灌水泥固定。

5. 钢丝绳

试油作业多采用“6×19”逆捻钢丝绳，其技术规范为（以 D 型钢丝绳为例）：

百米钢丝绳重量，kN 1.163

破断拉力（当钢丝绳抗张强度为 170kgf/mm^2），kN 2540

直径，mm 22

钢丝，mm 1.4

钢丝绳载面积，mm^2 175.4

四、水泥车的功用和规范

水泥车是将泵装在汽车上，用汽车带动泵运转来进行循环洗井、压井、注水泥等工作的

专用设备。目前现场经常使用的是 SNC—H300 黄河水泥车（最大泵压为 30 MPa）和 AC—400A、AC—400B 型水泥车（最大泵压为 40 MPa），其技术规范见表 3—3 和表 3—4。

表 3—3　水泥车技术规范

水泥车型号	AC—400A 型	3NC—300 型
最大工作压力，MPa	40	30
最大排量，m^3/ min	1. 02～1. 17	1. 27
柱塞直径，mm	90，100，115	100，115，117
柱塞行程，mm	200	250
泵进口管线内径，mm	102	102
出口内径，mm	51	51

表 3—4　AC—400A 和 AC—400B 水泥车号数

柱塞直径，mm	90		100		115	
挡位	排量，L/ min	泵压，MPa	排量，L/ min	泵压，MPa	排量，L/ min	泵压，MPa
1A/ B	213/ 243	39. 2/ 39. 2	263/ 299	31. 75/ 31. 26	348/ 398	24. 01/ 24. 01
2A/ B	390/ 444	21. 56/ 21. 07	480/ 548	17. 64/ 17. 15	635/ 724	13. 23/ 13. 23
3A/ B	625/ 714	17. 13/ 16. 53	7. 75/ 888	10. 78/ 10. 5	1025/ 1176	8. 13/ 8. 13

注：为获得较高的工作压力进行试油、修井，试油修井泵常选用柱塞直径为 90mm、固井常选用 100、115mm 柱塞。

复 习 思 考 题

1. 试述通井机的功用？
2. 试述试油井架的功用？
3. 试述试油游动系统的组成和功用？
4. 地滑车的作用？
5. 试述水泥车的类型和功用？

第四单元　钻井液基本知识

一、钻井液的功用

钻井液技术是钻井工程技术的一个重要组成部分。人们常用“钻井液是钻井的血液”来形象地比喻其在钻井作业中的重要地位。它一方面直接影响着能否快速、优质、安全的钻进，同时又对保护油气层有着直接的影响。钻井液的功用如下：

1）清除井底岩屑并携带至地面。钻井液从钻具内注入井底从钻头喷嘴流出，清除井底和钻头破碎的岩屑，并将其由环形空间携带至地面。

2）冷却并润滑钻头和钻柱。钻井过程中，钻头和钻柱与地层摩擦产生大量的热，必须用循环的钻井液把它带到地面散发掉，从而起到冷却钻头和钻柱的作用。同时钻井液对钻柱还有一定的润滑作用，从而降低钻柱扭矩，延长钻头寿命。

3）形成低渗透性滤饼，阻止滤液渗入地层。性能良好的钻井液，能在渗透性地层的井

壁上形成薄而低渗透性的滤饼，以巩固井壁，并可阻止滤液渗入地层。

4）控制地层压力。调节钻井液密度以建立与地层压力相适应的液柱压力，防止发生喷、漏、卡、塌等井下复杂情况。合理的钻井液密度必须根据所钻地层的孔隙压力和破裂压力加以确定。正常情况下，密度的附加值按压力值计算：气层为 3～5MPa，油层为 1.5～3.5MPa。

5）悬浮岩屑。钻井液具有触变性，当停止循环时，能使钻屑处于悬浮状态。恢复循环时，钻井液恢复原来的流体状态，把砂子携带到地面。

6）减少油层损害。选用适当类型及性能的钻井液钻开油层，可以使油层的损害降至最低程度。

7）录井。通过分析钻井液带出来的岩屑、油花、气泡及钻井液性能的变化，可以了解钻遇地层的岩性和地层含油气情况。

8）将水力功率传给井下动力钻具。钻井液是从地面向井下动力钻具传递水力功率的媒介。

二、钻井液的性能

为了实现上述钻井液的功用，钻井液必须具备优良的性能。

1. 密度

钻井液单位体积的质量称为钻井液的密度，常以 kg/m^3（或 g/cm^3）表示。

钻井液密度主要用来调节钻井液静液柱压力，以平衡地层压力，防止发生井喷，钻井液的密度必须符合地质和工程的要求。密度过大有以下害处：1）损害油气层；2）降低钻井速度；3）易造成压差卡钻；4）易憋漏地层。而密度过低则容易发生井喷，井塌等事故。

2. 粘度

钻井液流动时，液体分子间、固体颗粒之间以及液体与固体颗粒之间有内摩擦阻力，粘度就是钻井液流动的内摩擦阻力的大小。钻井过程中钻井液粘度的大小与钻井工作有着密切关系。钻井液粘度过高，有以下坏处：

1）流动阻力大，能量消耗高。

2）净化不良易引起井下复杂情况。

3）易泥包钻头，起下钻易产生抽汲或压力激动，易引起卡、喷、漏、塌等事故。

4）脱气较难，易造成气浸。

粘度过低，钻井液携砂能力差，井内沉砂快而且多，容易引起井下事故。

因此钻井液粘度应根据钻进的地层、井深和井眼实际情况来决定。

3. 切力和触变性

当钻井液静止时，粘土颗粒之间会形成某种网状结构，结构的强度随静止时间的延长而增大，反映这种结构强度大小的性能称为静切力。现场一般测二个切力值，一个是钻井液静止 1min 的切力，称为初切力；另一个是静止 10min 后的切力，称为终切力。钻井液静止时切力随时间延长而增大，网状结构加强，但经搅拌后结构破坏，又能恢复其流动性的这种性质叫做触变性。

切力和触变性的大小与悬浮岩屑、携带岩屑和循环泵压、开泵泵压等有密切关系。通常希望初切力小（一般规定为 0～20mg/cm^2）、终初力适当（10～60mg/cm^2）。

4. 滤失量和滤饼厚

由于钻井液液柱压力通常比地层压力大，钻井液中的一部分水因为压力差的作用渗透到

地层里去，这种现象叫做失水。失水的多少称为滤失量。在失水的同时，钻井液的一些固体颗粒便在井壁上形成滤饼，滤饼的厚薄与滤失量的大小有关。滤失量大，滤饼厚；滤失量小，滤饼薄。

滤失量过大常引起下列不良后果：

1）滤液大量进入油气层内会引起油气层的渗透率变化，损害油气层，降低产能。

2）易泡垮坍塌地层，形成不规则井眼，造成一系列井下问题，如电测困难，起下钻阻卡甚至造成卡钻，报废井眼。

3）在高渗透地层易造成较厚的滤饼而引起阻卡，甚至发生压差卡钻。

钻井中对滤失量的要求如下：

1）在油气层中钻进，滤失量愈低愈有利于减少对油气层的损害，尤其在高温高压地层滤失量应在 10～15cm^3 较为合适（一般地层滤失量为 20cm^3）。

2）在易塌地层钻进，滤失量应严格控制在 5cm^3 以内。

3）要求滤饼薄而坚韧，以利于保护井壁，避免压差卡钻。

API 滤失量的测量是用滤失仪和高温高压滤失仪进行测量。

API 滤失量是在用滤失仪在压差为 0.6895 MPa 及常温下通过 45.8±0.6cm^2 过滤的滤纸，经历 30 分钟时滤液的数量（以cm^3 计），同时在滤纸上沉积的固相颗粒厚度为滤饼厚度（以 mm 表示）。

API 高温高压滤失量是用高温高压滤失仪在压差为 1.034 MPa 和 150℃情况下测定的滤失量，或在压差为 3.105 MPa 和 200℃情况下测定的滤失量。

5. 固相含量

固相含量是指钻井液中的岩屑、粘土、加重材料等的全部含量。前者为无用固相，后二者为有用固相。对钻井液中的无用固相（岩屑）要彻底清除，粘土要控制到规定的范围内。固相含量过多弊多利少：

1）细的固相颗粒浸入油气层后会造成永久性堵塞，造成油气层严重损害。

2）固相含量高，滤饼厚，滤饼摩擦系数大，易引起井下复杂情况。

3）固相含量高，钻井液的流变性能难以控制，流动阻力大，功耗高，钻井效率低。

6. 含砂量

钻井液含砂量是指大于 74μm 的颗粒在钻井液中所占的体积百分数。一般规定含砂量不能大于 2%，深井不能大于 1%。含砂量大，容易磨损钻具和泵配件。同时也会使失水量增大，滤饼增厚，摩阻系数大，容易发生卡钻。

7. 泥饼摩阻系数

在钻井过程中发生的卡钻最多的、危害最严重的是泥饼粘附卡钻。钻柱与泥饼的粘附力与泥饼摩阻系数成正比。为了预防泥饼粘附卡钻，钻井过程需经常测定泥饼摩阻系数。

8. pH 值（酸碱度）

pH 值即钻井液的酸碱度，钻井液 pH 值的大小表示钻井液酸碱性的强弱。pH = 7 时，钻井液为中性；pH < 7 时，钻井液为酸性；pH > 7 时，钻井液为碱性。钻井液以呈微碱性较好，对于某一种钻井液，有一个合适的 pH 值范围，在这范围内，钻井液性能较稳定。

三、钻井液的类型

在钻井中，由于所钻遇的地层不同，深浅不一，地层流体不同等情况，这就需要根据不同特点采用适应井下情况的钻井液类型。

常用的钻井液类型有以下几种体系（根据我国标准化钻井液分委会的分类)。

1. 淡水钻井液体系

淡水钻井体系的费用较低，原材料来源较广，技术难度较小，易为人们掌握，而且对环境的污染较轻。因此在地层情况不太复杂的中深井钻井大多采用淡水钻井液体系。

淡水钻井液又分为:

1) 不分散钻井液体系。该类钻井液是用膨润土（钠土或钙土均可）及清水配成，或利用清水在易造浆地层钻进而自然形成，故也称为天然钻井液。它基本不加药剂处理或用极少量药剂处理。这种钻井液通常用于表层或浅层钻进。

2) 分散型钻井液体系。该类型是指以水、膨润土以及各类分散剂，如木质素磺酸盐为主剂配制而成的水基钻井液。这些药剂属于解絮凝剂及降滤失剂，并用一些特殊的化合物来调整或维护特定的性能。该类钻井液主要用于深井或较复杂的地区钻井。

2. 钙处理钻井液体系

该类型是一种含有钙而具有抑制性的水基钻井液。由于该钻井液含有 Ca^{2+} 或 Mg^{2+} 二价阳离子，故具有一定的抑制粘土膨胀的特性，可用来控制页岩坍塌和井径扩大。

3. 不分散聚合物钻井液体系

该体系是一种经过具有絮凝及包被作用的有机高分子处理的水基钻井液。它具有较强的抑制分散的能力，故可保持固相颗粒在较粗的粒度范围及固相含量低，从而有利于提高钻速。

4. 盐水（包括海水和咸水）钻井液体系

该体系包括海水、咸水及盐水钻井液，其氯根浓度在 189000 mg/ L 以内，也就是达到饱和以前的各种含盐钻井液。它具有一定的抑制性，粘土在其中处于粗分散状态。

5. 饱和盐水钻井液体系

该体系是含盐量达到饱和程度（氯根含量达 189000 mg/ L）的水基钻井液，主要用于岩盐层的钻进，以防止岩盐层溶解和坍塌。

6. 钾基钻井液体系

该体系是一类以各种高聚物的钾、铵、钙盐及氯化钾为主处理剂而配成的防塌水基钻井液，它具有很强的抑制能力，主要用于不稳定的水敏性泥页岩中钻井。

7. 油基钻井液

该类体系包括两种:

1) 油包水乳化钻井液。它是以水为分散相，油为连续相。在液相中的水含量可高达 50 %。它用不同浓度乳化剂（脂肪酸)、高分子量皂和水来控制流动性。

2) 油基钻井液。它通常是由氧化沥青、有机酸、碱及各种试剂的混合物及柴油组成。它通过酸、碱皂和柴油浓度的调节来维持粘度和凝胶性能，用于含水敏性矿物地层的钻进，减少水对油层的损害。

8. 气体体系

该类型包括气体及泡沫钻井液二类，主要用于低压、低渗透油层的完井钻进。

四、地层测试对钻井液性能的要求

钻开油气层对地层进行测试，首先要考虑钻井液对油层的污染。目前钻开油层所使用的钻井液大多是粘土和水配制而成的水基钻井液。性能不好的水基钻井液会造成对油层的严重污染。因为钻井液的滤液侵入油层会造成地层中的粘土水化膨胀、分散运移，而使油流通道

缩小，降低产油能力。而钻井液中的固相颗粒侵入油层会堵塞地层孔隙通道，阻碍油、气产出。因此在钻开油气层进行地层测试时，为了防止钻井液对油层的污染，应选择与油层岩性相适应的钻井液钻开油层。

1）采用低固相或无固相钻井液，以减少固体颗粒的侵入。

2）在钻井液加入桥堵剂以减少固相颗粒和滤液的侵入。这种桥堵剂桥堵在地层孔隙口处，在井壁形成致密的泥饼，从而控制了钻井液固相颗粒和滤液的侵入。这种桥堵剂可通过反冲洗或酸处理加以清除。

3）地层测试时对钻井液性能应达到以下要求：

①密度合适。要合理选择钻井液密度，不使钻井液液柱压力过多地高于油、气层压力，做到“压而不死，活而不喷”，应以地层压力为依据来确定地层测试时的钻井液密度。

②严格控制钻井液失水量。高温高压失水控制在15 ml以内（砂泥岩）或20 ml以内（碳酸岩），从而减少滤液浸入油层。

③控制固相含量。固相含量尽可能降低，无用固相应控制在4%以内，尽量减少固相侵入油层。

④降低含砂量，含砂量应小于0.2%～0.5%，防止砂卡测试工具。

⑤为防止测试时卡钻，（裸眼井测试）泥饼摩阻系数小于0.15/45 min。

在套管井中测试，为防止压井液对油层的污染，最好采用无固相盐水液，无固相盐水液也称洁净的完井液，一般含20%左右的溶解盐类，由NaCl、KCl、$CaCl_2$中的一种或多种盐类配制而成，其密度可在1.05～1.80g/cm^{3}范围内调节，能满足大多数地层测试的要求。

复习思考题

1. 名词解释

初切力　终切力　含砂量　pH值　滤失量　固相含量

2. 问答题

1）钻井液的功用有哪些？

2）钻井液密度过大或过低，各有哪些坏处？

3）钻井液粘度过大有哪些坏处？

4）钻井液滤失量过大，有哪些坏处？

5）钻井液中固相含量过多有哪些坏处？

6）含砂量大的害处是什么？

7）钻井液有哪些类型？

8）钻开油层时，钻井液对油层的污染表现在哪些方面，有哪些害处？

9）钻开油层时对钻井液的性能有哪些要求？

10）钻井液密度的附加值是多少？

11）在套管井中采用无固相盐水液压井有什么好处？

3. 计算题

1）某井井深3200 m，钻井液密度为1.25g/cm^3，求液柱压力是多少？

2）如该井的油层压力为35 MPa，其钻井液密度选用多大合适？

第五单元　套管井常规测试

地层测试既可用于钻井过程中的裸眼测试，也可用于下套管后的完井测试。套管井常规测试（完井测试）就是用油管（或73ｍｍ钻杆）接上测试工具下井，利用测试工具中的封隔器将测试层段和环空液柱封隔开，而测试阀则将测试层段与油管内空间分隔开，使油管内形成低压，通过在地面提放管柱来操纵测试阀，使测试阀多次开启和关闭，从而使油气层出现多次流动和关闭的工作状态。在不同工作状态下得到油、气、水产量，地层静压，流压数据和短期地层压力恢复资料，及油气层流体样品。通过对测试资料处理和分析，可以对油气层进行评价。

套管井常规测试工具有ＭＦＥ测试工具，ＨＳＴ测试工具和莱因斯常规测试工具，目前国内广泛应用的是ＭＦＥ测试工具。这里对ＭＦＥ套管井常规测试工具进行介绍。

一、套管井常规测试管柱

套管井常规测试，采用95ｍｍ（3　″）ＭＦＥ测试工具，测试管柱自下而上的排列（见图5—1），包括：

1）两支压力记录仪。记录测试地层压力变化情况。

2）开槽尾管。对准油气层中上部，为油气流进入管柱内的通道。

3）卡瓦封隔器。封隔环形空间，使环空液柱压力由封隔器承载，不再作用于测试层。

4）安全接头。测试管柱被卡时，由此处倒开，从而可提出上部测试管柱。

5）震击器。测试工具遇卡时，可用震击器进行震击解卡。

6）液压锁紧接头。当上提下放管柱使测试阀开启和关闭时，用它来锁紧卡瓦封隔器，防止因上提管柱而解封。

7）多流测试器。它是测试工具的主阀，下井时关闭，管柱内形成低压。测试时打开，地层流体在压差作用下进入管柱。操纵阀的开启和关闭，可以实现流动测试和关井测压。

8）反循环阀。测试完毕打开此阀，进行反循环洗井。

图5—1　139.1ｍｍ套管井单封隔器测试管柱

二、套管井常规测试管柱工作原理

1. 下井

下井时，多流测试器的测试阀关闭，使管内保持为低压或一个大气压力，封隔器胶筒处于收缩状态。

2. 坐封、流动测试

测试管柱下至预定测试位置后，根据计算值留出方余，然后下放管柱。上提管柱将方余全部提出至井口，再右旋管柱1～3圈，在保持右旋扭矩的情况下，下放管柱加压至预定负荷，封隔器旁通道被端面密封关闭。封隔器卡瓦卡在套管壁上，胶筒受压膨胀，密封套管环空。在换位机构和延时机构的作用下，多流测试器延时后打开，钻具自由下落25.4ｍｍ，这是主阀的开启显示。地层流体经开槽尾管和测试阀进入油管内，压力计记录流动压力变化，直至预定设计时间。

3. 关井测压

上提管柱至“自由点”悬重（即上提管柱时指重表上悬重不再增加的那个悬重读数），并比“自由点”悬重多提 8.9～1.34kN 的拉力，然后下放管柱至原坐封负荷。在换位机构作用下，测试阀关闭，进行关井测压，压力计记录恢复压力。重复 2，3 的操作，可进行多次流动和关井。上提管柱进行换位操作时，液压锁紧接头对封隔器起液压锁紧作用，使旁通道保持关闭，封隔器保持密封。

4. 起出

关井结束后，上提管柱施加拉力，拉开封隔器旁通道上的端面密封，平衡封隔器上下方的压力，封隔器胶筒收缩，测试阀仍然关闭，即可解封起出。

图 5—2　换位槽图

三、常规测试工具

1. 95mm 多流测试器（主阀 MFE）

在套管井中测试，主要采用 95mm 多流测试器，95mm 多流测试器与 127mm 多流测试器的结构和原理大致相同。多流测试器是测试工具的关键部件，由换位机构、延时机构和取样器三部分组成。

(1) 换位机构

换位机构由花键芯轴、花键套和 J 形销组成。花键芯轴上沿 180°圆周面铣有 J 形换位槽，如图 5—2、图 5—3 所示。J 形销固定在花键套上，J 形销的平头销插入换位槽内。花键芯轴通过上部接头与上部钻具相连。当上提下放钻具时，花键芯轴随着上下运动，由于 J 形销插入花键芯轴的换位槽内，所以当花键芯轴作上下运动时，J 形销就沿换位槽轨道转动，从而花键套也随之转动，但不能作上下运动。J 形销从一个位置换到另一个位置时，与花键芯轴相连的测试阀也就随之从开到关、从关到开地变换位置，达到多次开关井的目的。

图 5—3　换位机构图

换位槽和 J 形销的位置及测试阀的各阶段的关系，见图 5—2、图 5—3。

1) 下井时，J 形销在“A”位置，测试阀处于关闭状态。

2) 测试管柱下至预定位置，坐封封隔器后，下放管柱加压，多流测试器的花键芯轴下行，即换位槽下行，J 形销移至“B”的位置，此时管柱自由下落 25.4mm，地面得到清晰的

显示，表明测试阀已打开。

3）慢慢上提管柱，换位槽上行，出现自由行程 254 毫米，J 形销移至“ C ”位置，测试阀关闭。

4）下放测试管柱，换位槽下行，J 形销移至“ D ”位置，无自由下落显示，测试阀关闭。

5）慢慢上提管柱，换位槽上行，J 形销移至“ A ”位置，测试阀关闭。

如此周而复始地上提下放管柱，便可以进行多次井下开井和关井。

(2) 延时机构

延时机构由阀、阀座和阀外筒组成，它连接在花键芯轴的下部。阀外筒内装有 4607 号合成液压油 (或 UCONLB—1200X 液压油)，阀外筒的内径上下不一致，上部小，下部大。当花键芯轴下行时，阀在阀外筒的小内径处下行，上部配合间隙小，阀紧贴阀座，液压油从阀与外筒间的微小间隙流至上油室，起液压延时作用。当阀行至阀外筒下部较大孔径处，油从阀外围旁通流回到上油室，不起延时作用，管柱突然下落 25.4mm 的自由行程，即为测试阀的开启显示。花键芯轴上行时，阀在弹簧的作用下离开阀座，油从上液室流至下液室，不起延时作用。图 5—4 是液压延时机构示意图。

(3) 取样机构

取样器由取样器外壳、取样芯轴、上密封套、下密封套及两组 O 型和 V 型密封圈组成的双控制阀所构成，是全流通式的。所有地层流体在进入钻杆之前都要流往双控制阀。在测试结束时，双控制阀关闭，把流动状态下的地层样品收集在取样腔内。95mm MFE 取样器容积为 1200cm^3，127mm MFE 取样器容积为 2500cm^3。取样腔配有两个放样阀，便于在地面把样品取出来。图 5—5 为取样器和测试阀的结构示意图。

多流测试器的技术规范见表 5—1。性能试验见表 5—2。

表 5—1　多流测试器技术规范

工具名称	127mm (5″) MFE	95mm (3 ″) MFE
适用环境	无 H_2S	耐 H_2S
抗拉强度，N	1868253	976731
扭矩强度，N·m	20 237	10 744
破裂压力，MPa	151.77	137.9
挤毁压力，MPa	106.7	107.7
最大工作压差，MPa	103	106
外径，mm	127	95
最小内径，mm	23.8	19.0
组装长度，mm	3 023 (2 934)①	3 942 (3 853)①
最大组装扭矩，N·m	13 358	2 711
取样器容积，cm^3	2500	1200
芯轴行程，mm	254	254
自由下落，mm	25.4	25.4
上接头母螺纹	3 ″API 贯眼	2 ″API 正规
下接头公螺纹	4 ″—4 牙/ 英寸修正	2 ″API 正规

表 5—2　多流测试器性能试验

工具名称	液压时试验		水压试验		取样器，MPa
	加压负荷，kN	水压试验，min	工具内部，MPa	取样器，MPa	
127mm（5″）MFE	178	2～5	69	69	1.03
95mm（3　″）MFE	133.5	2～5	69	69	1.03

图 5—4　液压延时机构

图 5—5　取样机构及测试阀

2 液压锁紧接头

它是用于套管井测试的锁紧装置，能对套管封隔器起液压锁紧作用。它由外筒、芯轴、浮套（密封套)、密封活塞及下接头组成，结构如图 5—6 所示。

液压锁紧接头直接接在多流测试器下部，在起下钻过程中，由于液柱压力的作用，把芯轴往上推，上顶多流测试器取样芯轴，使测试阀保持关闭。下放管柱加压打开测试阀时，多流测试器取样芯轴将液压锁紧接头芯轴向下压。在上提管柱进行换位操作时，芯轴受向上的液压作用力向上运动，而外筒和下接头同时受向下的液压作用力使封隔器保持坐封。这个液压锁紧力的大小是液压面积与液柱压力之积。液压面积是指芯轴与浮套之间的环形面积。它的值刻的芯轴上部端面上。更换不同直径的芯轴和浮套（密封套)，可获得不同的液压面积

(见表 5—3)。液压锁紧接头的技术规范见表 5—4。

表 5—3　液压锁紧面积

名称	芯轴最大直径，mm	缸套内径，mm	锁紧面积，cm^2 (m^2)
95mm (3 ″) 锁紧接头	31.9500～0.05	320+0.05	1.61 (0.25)
	34.925～0.115	34.925+0.027	3.23 (0.5)
	41.275～0.115	41.275+0.027	6.45 (1.0)
127mm (5″) 锁紧接头	60.880～0.025	60.960+0.05	3.23 (1.0)
	63.950～0.05	64.010+0.05	6.45 (1.0)
	67.010～0.05	67.060+0.05	9.68 (1.5)
	70.030～0.05	70.100+0.05	12.90 (2.0)

表 5—4　液压锁紧接头技术规范

工具名称	95mm 液压锁紧接头	127mm 液压锁紧接头
适用范围	H_2S，酸，钻井液	无 H_2S
扭矩强度，N	1015 660	
破裂压力，N·m	19 970	
挤毁压力，MPa	182.7	
最大组装扭矩，N·m	2710	
外径，mm	95	127
内径，mm	19	30.48
组装长度，mm	996.7 (907.25)①	1005.84 (909.32)①
上接头母螺纹	2 ″API 正规	4 —4″牙/英寸—修正
下接头母螺纹	2 ″API 正规	3 ″API 贯眼
试验内压②，MPa	68.95	68.95

注：①不包括公扣端长度；

②试压 10 min 不漏。

3. 震击器

用于 MFE 测试工具的震击器是 TR 调时震击器，它由上接头、调时螺母、花键接头、折式锁键、分级阀、阀外筒、补偿活塞、上芯轴和下芯轴等组成，结构如图 5—7 所示。

(1) 震击原理

阀外筒内，上、下油室注满 4607 号合成液压油 (或 UCONLB—1200X 液压油)。当测试管柱下部遇卡时，上提管柱施加一定拉力，阀向上走时延时，当阀走到阀外筒外径的较大内径处，液压油突然降压，释放能量，上芯轴快速向上运动，使芯轴上的台肩与阀外筒上部台肩相撞，产生一个强烈的震击力，促使遇卡管柱解卡。如果一次不能解卡，再下放管柱，使阀回到下方位置，阀向下运动是不延时的，然后再上提管柱施加拉力，等候一段时间又产生一强烈震击力，可这样进行多次震击，直至解卡为止。

(2) 调时系统

调时系统是靠调节液压阀的延时行程来调节震击时间，调节调时螺母在花键短节上所处的凹槽位置 (3 ″震击器花键短节凹槽中刻有 4″，5″，6″，7″，8″，9″等字) 来达到调节液压阀的延时计量行程，从而调节震击延时时间，如图 5—8 所示。调时螺母靠锁环锁在花键

图 5—6　液压锁紧接头结构图

短节上，而锁环又靠扣环锁住。调节步骤是：用螺丝刀撬起扣环，松开调时螺母，把锁环推离凹槽，再转动调时螺母至所需调节位置，再将锁环推进凹槽，用扣环扣住。为减少震击延续时间，可根据井眼条件和钻机功率来调整震击时间。

例如，95mm（3 ″）TR 震击器，当打捞深度的温度为 135℃，液柱压力为 55.1MPa 时，由于钻杆重量和钻机功率允许超过钻杆重量的上提拉力为 9.07～13.6t，查表可知温度在 93.33～148.89℃和压力在 34.5～69MPa 的震击时间。若上提拉力（超过钻杆重量的拉力）为 9.07t，螺母调在 9″位置，震击时间为 3～6min，如果调在 5″位置，震击时间要稍长些。

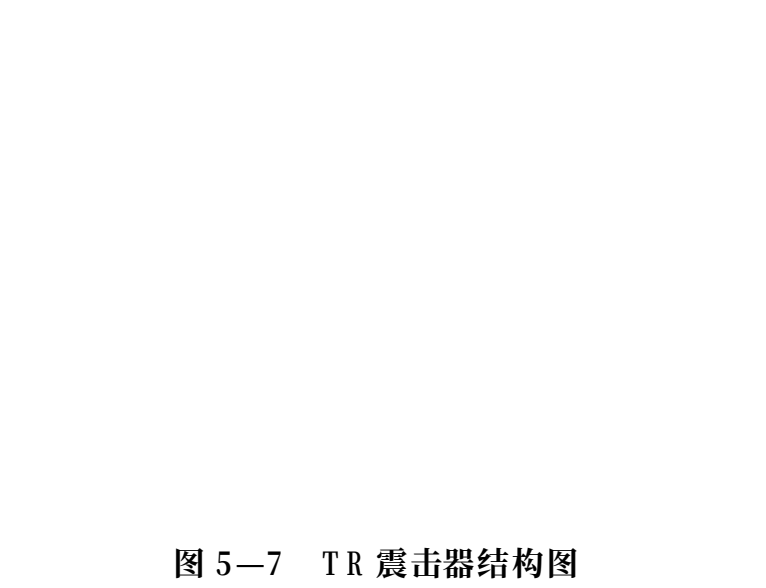

图 5—7　TR 震击器结构图

不论怎样调节延时冲程，阀的自由冲程始终等于 101.6mm，从而总是保持在最佳情况下进行震击。

TR 震击器的技术规范见表 5—5 和表 5—6。

4. 安全接头

安全接头是一种安全保护装置，当封隔器及其以下钻具遇卡，用震击器不能解卡时，可从安全接头处倒开，把以上测试工具及钻具起出，这样仍可获得所取的地层测试资料。

安全接头由上公扣体、下母扣体和两个 O 型圈组成，上下公母扣体的配合螺纹为粗牙

图 5—8　调整时间调节螺母图

螺纹。因为它们配合比较松，因而可快速地拧成一体。当它们拧紧后，其接合台肩的反方向斜面便互相锁紧，使配合螺纹面完全接触，这样的结构具有一定自锁力，不易退开，从而把安全接头构成一刚性整体。当施加一定的轴向压力解除锁紧力时，方可通开，其结构见图5—9。

安全接头一般接在封隔器上方和震击器下方。它能承受钻柱的所有正常作业。

在井眼中解脱安全接头的步骤是：

1）左旋管柱 1～3 圈（浅井转 1 圈，深井转 2～3 圈）。

2）在保持左旋扭矩的同时，下放钻杆对安全接头施加压缩负荷。

3）接着上提钻柱，使安全接头上保持 4.45～8.9kN 的压缩负荷，以解除锁紧力，如果钻压低于 4.45kN，由于井眼条件，安全接头的配合粗牙螺纹有承受张力的可能，从而导致卡住配合粗牙螺纹，难以解脱。如果钻压大于 8.9kN，则有可能在脱开时损坏其配合台肩的反向斜面。

4）左旋钻柱，由于安全接头配合粗牙螺纹螺矩大，当安全接头的粗牙螺纹卸扣时，其上举钻杆的速度比卸钻杆接头快 6～8 倍。在解脱安全接头过程中，钻具悬重将逐步减少，这时应注意保持钻压在 4. 45～8. 9kN，直至完全解脱为止。然后将钻具试探着上下活动，无卡阻后即可提出。

在井眼中重接安全接头的步骤是：

1）钻杆下部带有安全接头的公扣体（配合粗牙螺纹），下部使安全接头公扣体与井下的母扣体接触。

2）略加钻压并缓慢旋转钻柱，若转矩增加，表明安全接头已重新啮合。

安全接头的技术规范见表 5—7。

表 5—5　120mm×380mm（4　″×1　″）TR 震击器技术规范

超过管柱重上提拉力 N（kgf）	产生最大震击力 N	所需震击时间 min	在 93. 33～148. 9℃， 液柱压力 34. 5～69MPa 时的螺母位置
177 987 (18143)		1～2	“3”
		2～3	“5”
		3～5	“7”
266 980 (27215)		0. 5～1	“5”
		1～2	“7”
355 980 (36287)	1685 870	0. 25～1	“7”

表 5—6　TR 震击器技术规范

工具名称	120mm×380mm（4　″×1　″）TR 震击器	95mm（3　″）TR 震击器
适用环境	防 H_2S	防 H_2S
最大上提拉力，N	355 860	222 410
产生最大震击力，N	1685 870	1103 150
最大扭矩，N·m	39 590	17 060
最大屈服上击力，N	556 030	346 960
试验内压，MPa	69	69
组装长度，mm	2457（2361）	2757（2668）
外径，mm	120	95
内径，mm	38	38
上接头母螺纹	3　″APR 贯眼	2　″API 正规
下接头公螺纹	3　″APR 贯眼	2　″API 正规

5. 卡瓦封隔器

它是加压坐封悬挂式封隔器，用于套管井的测试，它由旁通道、密封元件和卡瓦总成三部分组成（见图 5—10）。

旁通道由旁通外筒、上接头、端面密封、密封唇和坐封芯轴组成。当封隔器起下时，旁通道

图 5—9　安全接头结构图

是打开的，而且卡瓦封隔器胶筒下方又有较大的旁通孔，坐封芯轴与胶筒芯轴之间有通道，这样就能旁通起下钻液流和平衡封隔器解封前上下方的压力。当封隔器坐封时，坐封芯轴下行，带动端面密封下移，使其与密封唇吻合，将旁通道关闭。上提封隔器，即可将旁通道拉开。

密封元件由三个胶筒、隔圈和上、下通径规环组成。中间胶筒起主要密封作用，上下胶筒、隔圈和上、下通径规环起防卡作用，即防止中间密封胶筒因受压差作用翻转突出而导致密封失效。因此应当根据不同壁厚套管和井温选择不同尺寸的胶筒、隔圈和通井规环。

卡瓦总成包括锥体、卡瓦、摩擦垫块、垫块外筒、定位凸耳及弹簧等。坐封芯轴下部铣有二种槽——自动槽和人工槽。

图 5—10　套管卡瓦封隔器结构图

1—上接头;2—旁通外筒;3—密封挡圈;4—端面密封;5—坐封芯轴;6—密封唇;7—密封接头;8—上通径规环;9、10—胶筒;11—隔圈;12—胶筒芯轴;13—下通径规环;14—锥体;15—固紧套;16—卡瓦;17—摩擦垫块;18—垫块外筒;19—定位凸耳;20—螺旋销;21—卡瓦弹簧;22—垫块弹簧;23—凸耳挡圈;24—沉头螺钉;25、26—0 型密封圈

当定位凸耳插入自动槽时，封隔器坐封操作过程是：封隔器下井时，凸耳是在自动槽的短槽之中，摩擦垫块与套管壁紧贴，胶筒处于自由状态，旁通道是打开的，用于平衡封隔器上下压力。当封隔器下至预定坐封位置时，先要上提管柱，使凸耳移至短槽的下部位置，再右旋管柱 1～3 圈。在保持扭矩的同时，下放管柱加压，由于管柱旋转，凸耳转到长槽内。加压时坐封芯轴下移，旁通道被端面密封关闭，锥体下行把卡瓦张开，卡瓦卡在套管壁上。然后，胶筒受压膨胀，密封套管环空。解封时，上提管柱，拉开旁通道上的端面密封，平衡胶筒上、下方的压力，胶筒恢复原来的自由状态，凸耳从长槽沿斜面自动

回到短槽，锥体上行，卡瓦收回，即可解封起钻。

表 5—7　安全接头技术规范

工具名称	120mm（4　″）安全接头	95mm（4　″）安全接头
外径，mm	120.65	95
内径，mm	62	31.5
组装长度，mm	483（387）①	387（298）①
试内压②，MPa	68.95	68.95
上接头母螺纹	3　″API 贯眼	2　″API 正规
下接头公螺纹	2　″API 正规或 3　″API 贯眼	2　″API 正规

注：①不包括公螺纹端长度。

②试压 3min 不漏。

如果凸耳换到人工槽内，其操作方法是：上提管柱，右旋 1～3 圈，再下放管柱坐封，凸耳已转到长槽内，坐封操作与自动槽相同。在解封时要上提管柱，左旋 1～3 圈，使凸耳回到短槽内，然后将卡瓦收回，起出管柱。

卡瓦封隔器技术规范见表 5—8。

表 5—8　卡瓦封隔器技术规范

公称尺寸 mm（in）	114.3～139.7（4　″～5　″）	139.7～177.8（5　″～7″）	168.2～193.6（6　″～7　″）	219.1～244.5（8　″～9　″）	273～339.7（10　″～13　″）
适用套管尺寸 mm（in）	114.3～139.7（4　″～5　″）	139.7～177.8（5　″～7″）	168.2～193.6（6　″～7　″）	219.1～244.5（8　″～9　″）	273～339.7（10　″～13　″）
工作压力 MPa	66.14	71.02	67.57	56.54	76.53
挤毁压力 MPa	98.60	105.5	100.66	84.12	114.45
芯轴工作负荷，N	365 640	342 070	495 080	1031 090	838 490
芯轴抗拉负荷，N	545 790	510 210	738 850	1538 630	1251 280
芯轴内径 mm	46	50	62	76	76
全长，mm	1245	1237.5	1318	1650	1956
顶部连接母螺纹	2″外加厚油管	2″外加厚油管	2　″外加厚油管	3″外加厚油管	4　″API 贯眼
底部连接公螺纹	2″外加厚油管	2″外加厚油管	2　″外加厚油管	3″外加厚油管	3″外加厚油管

拉开卡瓦封隔器旁通所需拉伸负荷“ F ”按下式计算:

$$F = \Delta p_{液} \cdot A \times 10^2$$

式中 $\Delta p_{液}$ ——环空液柱压力差，MPa;

F ——拉伸负荷，N;

A ——旁通液压面积，cm^2。

P—T 型封隔器旁通液压面积如表 5—9 所示。

表 5—9 P—T 封隔器旁通液压面积

封隔器公称尺寸，mm (in)	114～139.7 (4″～5″)	139.7～168 (5″～6″)	168～193.7 (6″～7″)	219～244 (8″～7″)	273～339.7 (10″～13″)
液压面积 cm^2	29.67	38.05	51.61	87.08	106.43

各种 P—T 型封隔器胶筒、隔圈、通径规环的技术规范分别见表 5—10、5—11、5—12、5—13、5—14。

表 5—10 114～139.7mm (4″～5″) P—T 封隔器胶筒技术规范

胶筒标号	胶筒外径 mm	通井规环标号	规环外径 mm	隔圈标号	隔圈外径 mm	适用套管尺寸外径×壁厚 mm
4″9.5～13.5#	94.74	4″9.5～13.5#	95.25	4″9.5～13.5#	93.6	114 (4″) ×5.21～7.37
5″17.7～21#	99.95	5″17.7～1#	100	5″17.7～21#	96.8	127 (5″) ×9.19
5″11.5～15#	104.9	5″11.5～15#	106.35	5″11.5～15#	103.2	127 (5″) ×5.59～7.52
5 20″～23	112.3	5 ″20～23	112.3	5 ″20～23#	114.3	139.7 (5″) ×9.17～10.57

注：胶筒标号（即铸字）4 ″9.5～13.5# 中的 4 ″代表适用于 114mm (4″) 套管，9.5～13.5# 代表套管重为 14.16～20.12kg/m (9.5～13.5lb/ft)，胶筒内径均为 60.3mm。

表 5—11 139.7～177.8mm (5″～7″) P—T 封隔器胶筒技术规范

胶筒标号	胶筒外径 mm	通井规环标号	规环外径 mm	隔圈标号	隔圈外径 mm	适用套管尺寸外径×壁厚 mm
5 ″20～23#	112.3	5 ″20～23#	114.3	5 ″20～23#	114.3	139.7 (5″) ×9.17～10.54
5 ″13～17#	117.9	5 ″13～17#	118.8	5 ″13～17#	114.3	139.7 (5″) ×6.20～7.72
6 ″26～32#	136.5	6 ″26～32#	139.7	6 ″26～32#	136	168 (6″) ×10.59～12.06

注：胶筒内径均为 79.25mm。

表 5—12　168～193.7mm（6　″～7　″）P—T 封隔器胶筒技术规范

胶筒标号	胶筒外径 mm	通井规环标号	规环外径 mm	隔圈标号	隔圈外径 mm	适用套管尺寸外径×壁厚 mm
6　″20～24#	142.7	6　″20～24#	143.5	6　″20～24#	142	168（6　″）×7.32～8.94
7″24～30#	149.5	7″24～30#	150.8	7″24～30#	148.6	177.8（7″）×9.19～10.36
7″32～38#	142.75	7″32～38#	143.5	7″32～38#	142	177.8（7″）×11.51～13.72
7″17～23#	152.8	7″17～23#	157.6	7″17～23#	154.4	177.8（7″）×5.87～8.05
7　″29.7～39#	159.1	7 8 ″29.7～39#	164	7　″29.7～39#	160.7	193.7（7　″）×9.52～12.7
7　″20～26.4#	167.9	7　″20～26.4#	172.6	7　″20～26.4#	169.5	193.7（7　″）×7.62～8.33

注：胶筒内径均为 95.4mm。

表 5—13　219～244mm（8　″～9　″）P—T 封隔器胶筒技术规范

胶筒标号	胶筒外径 mm	通井规环标号	规环外径 mm	隔圈标号	隔圈外径 mm	适用套管尺寸外径×壁厚 mm
8　″24～36#	188.9	8　″24～36#	193.7	8　″24～36#	190.5	219（8　″）×6.71～10.16
8　″40～49#	181	8　″40～49#	184.9	8　″40～49#	182.6	219（8　″）×11.43～14.15
9　″29.3～40#	214.3	9　″29.3～40#	219	9　″29.3～40#	215.9	244（9　″）×7.92～10.03
9　″43.5～53.5#	206.4	9　″43.5～53.5#	211.2	9　″43.5～53.5#	211.2	244（9　″）×11.05～13.82

注：胶筒内径均为 124mm。

表 5—14　273～339.7mm（10　″～13　″）P—T 封隔器胶筒技术规范

胶筒标号	胶筒外径 mm	通井规环标号	规环外径 mm	隔圈标号	隔圈外径 mm	适用套管尺寸外径×壁厚 mm
10　″60.7～65.7#	230	10　″60.7～65.7#	233.3	10　″60.7～65.7#	230	273（10　″）×13.84～15.11
10　″51～55.5#	235	10　″51～55.5#	238	10　″51～55.5#	235	273（10　″）×11.43～12.57
10　″32.75～45.5#	241	10　″32.75～45.5#	244	10　″32.75～45.5#	241	273（10　″）×7.09～10.16
11　″54～60#	261	11　″54～60#	264	11　″54～60#	261	298（11　″）×11.05～12.42
11　″42～47#	267	11　″42～47#	270	11　″42～47#	270	298（11　″）×8.46～9.52
13　″61～72#	301	13　″61～72#	304	13　″61～72#	301	339.7（13　″）×10.92～13.06
13　″48～61#	308	13　″48～61#	311.4	13　″48～61#	308	339.7（13　″）×8.38～10.92

卡瓦封隔器胶筒的选用和其硬度排列是根据坐封段的井下温度和胶筒的有效负荷进行选择的，如表 5—15 所示。

6. 开槽尾管

开槽尾管用于套管井单封隔器常规测试，它悬挂在封隔器下面，管体开有槽，是地层流体进入管柱的通道。

开槽尾管的技术规范见表 5—16。

表 5—15　胶筒选用参考表

胶筒排列（邵氏硬度）	井下温度 ℃	胶筒有效负荷，N				
		114～127mm（4″～5″）	127～152mm（5″～6″）	168～193.7mm（6″～7″）	219～244mm（8″～9″）	273～339.7mm（10″～13″）
70-50-70	-18～66℃	13345	17793	22241	35586	80068
80-60-80	38～94℃	17793	22241	26689	53379	88964
80-70-80	66～94℃	22241	26689	31138	66723	111206
90-70-90	66～121℃	22241	22689	31138	66723	111206
90-80-90	94～135℃	26689	31138	40034	88964	124550
90-90-90	121～163℃	31138	35586	44482	111206	133447

表 5—16　73mm（2″）开槽尾管技术规范

组装长度 mm	径向槽数	槽宽 mm	每道槽长 mm	上部联结母螺纹	下部联结公螺纹
1524	12	3	65	2″内加厚钻杆 8牙/英寸	2″内加厚钻杆 8牙/英寸

7. 反循环阀

反循环阀是测试结束后借助外力开启的循环阀。在套管井常规测试中，多使用断销式反循环阀。它是一个特殊的接头，在接头上装有带密封圈的断销塞，需要进行反循环时，从井口向钻杆内投入一冲杆，将断销砸断，即构成了反循环的通道。它可以进行反循环，也可以进行正循环。它接在多流测试器上方 2～3 根油管处，这是为了防止地层流体中含砂多，引起沉淀把断销埋住而打不开反循环阀。在深井测试，为了保证反循环通路，在其上再接一个泵压式反循环阀，它是从管柱内加压将铜片击破而实现循环的。断销式反循环阀的结构见图 5—11 所示，泵压式反循环阀的结构如图 5—12。

图 5—11　断销式反循环阀

四、套管井测试工艺

1. 测试前的准备

测试前的准备包括测试设计、测试工具的准备、井眼和井场的准备。

(1) 测试设计

测试前，应慎重地作出测试设计，并根据测试井和测试层的基本情况，选择合适的测试工具和井口压力控制装置，拟定安全措施，并绘制测试管柱图，提

出一份正式设计。

(2) 测试工具准备

1) 根据测试设计，列出井下测试工具，井口压力控制装置、仪器仪表、专用工具和零配件的清单，并清点检查。

2) 所有测试工具和井口压力控制装置，要进行液压延时试验和液压密封试验，经检验合格后，方能送往井场。

3) 对多流测试器的换位机构要认真检查，保证换位灵活；取样器的密封圈要全部更换。井口要配备相应压力级别的控制头和流动管汇。

4) 封隔器胶筒的选定。套管井要根据井温和套管壁厚选用合适的胶筒、隔圈及通径规环。

图 5—12　泵压式反循环阀

5) 压力计的选用。根据测试时接触到的最大压力，选用相应压量的压力计，最大压力应为所选压力计压量 80 % 左右。

根据设计所需的测试时间（包括起下钻、测试），选择相应额定时间的时钟。

6) 温度计的选用。根据设计要求，核对所选用的温度计。

(3) 井眼准备

测试前要把井眼准备好，为测试创造必要的条件。

1) 测试前必须用通井规通井，通井规外径比坐封段套管内径小 6.5mm，长度不小于 30 厘米，保证封隔器能顺利起下。

2) 对于套管射孔测试井，应充分循环洗井，将井内炮弹壳及杂质清除干净，采用优质压井液，最好采用无固相洗井液。

(4) 井场准备

1) 详细丈量下井测试工具，计算油管的长度，保证封隔器坐封在规定的位置。

2) 测试前对动力设备，井口工具进行保养和检查，大钩要旋转自如，以保证坐封卡瓦封隔器的需要。

3) 指重表灵敏可靠。

4) 安装好油气分离器和计量装置，连接好放喷管线。

5) 测试时备有水泥车，连接好反循环压井管线，备足压井液。

2 测试程序

(1) 下入测试管柱

测试前准备工作就绪之后，即可下入测试管柱。

1) 对下井压力计、温度计进行检查，装好压力卡片，上满时钟，划好基线。

2) 将下井测试工具在地面连接好，按规定扭矩拧紧连接螺纹。检查下井部件是否齐全完好，卡瓦、扶正块要活动自如，外表的沉头螺钉要上紧，当全部测试工具经检查证实无误时，即可下入井中。

3) 要记录多流测试器以下工具的重量（$W_{测}$）便于计算“自由点”。

4) 拧紧下井油管螺纹时，要打好背钳，严防转动管柱，以避免卡瓦封隔器中途坐封。管柱下井过程中操作要平稳，不允许猛提猛放，比平常下钻速度要慢，如有遇阻现象，要立即上提管柱，防止卡瓦封隔器遇阻中途坐封，而使流测试器受压缩而打开测试阀，上提管柱后再慢慢下放，直至消除遇阻现象。

5) 下井过程中，经常观察环空返出情况和指重表悬重，以验证管柱螺纹是否渗漏。有怀疑时，在油管顶端抹一点油，用一张纸蒙上，观察油管是否出气，进一步验证管柱螺纹是否渗漏。

6) 下测试管柱至最后一个单根之前，将投杆器、控制头、活动管汇接在单根上，再与下井管柱连接，下至预定井深后，上提 1～2m，将活动管汇与钻台管汇连接好，再将钻台管汇与显示头、防喷管线连接好，检查所有管汇、分离器、计量装置及两个阀门，保证处于工作状态。

(2) 测试

下完测试管柱后，慢慢上提下放测试管柱，记录上提管柱重量（$W_{上}$），和下放管柱重量（$W_{下}$）以便计算自由点悬重 $Q_{自}$。

1) 理论“自由点”及坐封时指重表读数的计算。MFE 的操作是通过上提下放来开关测试阀的。在上提进行换位操作时，多流测试器花键芯轴有一段自由行程 254mm，当上提重量提至花键芯轴时，芯轴向上移动，而花键芯轴下部重量未提动，因此指重表悬重不再增加，上提管柱经历 254mm 自由行程而悬重不再增加的那个读数称为“自由点”悬重。为了计算“自由点”要记录好下列数据：

$W_{测}$——测试阀以下管柱在液体中的重量，N；

$W_{上}$——在液体中上提全部测试管柱的重量，N；

$W_{下}$——在液体中，下放测试管柱的重量，N；

$W_{钻}$——钻井时全部管柱在液体中的重量，N

$p_{液}$——测试阀位置的液柱压力，MPa；

$f_{封}$——坐封封隔器所需的压缩负荷，N；

B_L——MFE 的浮力损失，N；

$$B_L = p_{液} \cdot A_1 \cdot 10^2$$

式中 A_1——测试阀的液压面积，cm^2。

对于 95mmMFE，$A_1 = 9.68cm^2$；对于 127mmMFE，$A_1 = 25.8cm^2$。

对于套管井测试，下放坐封时指重表读数 $Q_{读}$：

$$Q_{读} = W_{下} - W_{测} - f_{锁} - f_{封}$$

式中 $f_{锁}$——液压锁紧接头的锁紧力，N。

$$f_{锁} = p_{液} \cdot A_3 \times 10^2$$

式中 $p_{液}$——液柱压力，MPa；

A_3——液压锁紧接头锁紧面积，cm^2（见表 5—4）。

上提时理论自由点的计算：

$$Q_{自} = W_{上} - W_{测} - f_{锁} + B_L$$

2) 坐封及开关井操作。坐封时，严密注视指重表读数，上提管柱 1～2m，正转 1～3 圈

(使卡瓦封隔器从短槽换至长槽)，下放管柱至指重表指针在 $Q_{读}$ 位置，停止下放，等 1～2 min，管柱出现自由下落 25.4mm，即表示坐封成功，测试阀打开，显示头有气泡显示。若下放时指重表悬重不降，无自由下落现象，则坐封未妥，应上提管柱 1～2m，换一方位再正转 3 圈，下放坐封，如此重复直至坐封成功，并有明显自由下落开井显示，测试则正式开始。

测试期间要密切注视管外环形空间的液面情况和显示头的冒泡情况。如油、气、水流至地面，应准确记录油气水产量，并取全油、气、水样品。目前一般采用二次流动二次关井测试法。在初流动结束，进行关井操作时，应由有经验的司钻进行操作，用 I 档平稳上提管柱，以便容易观察“自由点”。上提的拉力比实际“自由点”，多 10～15kN 即可，这时井下测试阀关闭，显示头气泡减小，上提后，立即下放，加压无自由下落现象发生，关井测地层压力。随后是第二次开井，测油、气、水产量，第二次关井测取地层压力恢复曲线。

3) 封隔器加压负荷。套管封隔器加压有效负荷见表 5—17。上述加压有效负荷是直接作用在胶筒上，使胶筒达到密封的负荷，但实际加压要根据井的深浅、井斜等因素来确定。现场操作一般采取每 25.4mm 胶筒直径，加压 9.806kN 的方法施加压缩负荷。

表 5—17　套管封隔器加压负荷

胶筒排列 (邵氏硬度)	温　度 ℃	胶筒通称尺寸，mm (in)				
		108.0～127.0 (4　～5)	139.7～152.4 (5　～6)	168.3～193.7 (6　～7　)	219.1～244.5 (8　～9　)	273.1～339.7 (10　～13　)
		加压负荷，N				
70 - 50 - 70	- 18～66	13345	17793	22241	35586	80068
80 - 60 - 80	38～93	17793	22241	26689	53379	88964
80 - 70 - 80	66～93	22241	26689	31138	66723	111206
90 - 70 - 90	66～121	22241	26689	31138	66723	111206
90 - 80 - 90	93～135	26689	31138	40034	88964	124550
90 - 90 - 90	121～163	31138	35586	44482	111206	133447

(3) 测试管柱的起出

当进行了二次开井流动和二次关井后，即可解封起钻。对于自喷井，先投棒砸开反循环阀，进行反循环压井，待油气在压井液中全部消除后，即可解封起钻。解封时上提管柱的重量略高于测试管柱的重量与管柱液体重量之和，等待 3～5min，让封隔器的端面密封旁通道拉开后，平衡封隔器上下方的压力，胶筒收回后即可上提管柱。对非自喷井，先解封起钻，待起钻见到液面时，再接上控制头进行反循环，并记录见到液面时的管柱深度位置，便于计算产量。反循环出来的流体，接入计量罐中进行计量和取样。

当测试工具起至井口时，要对取样器进行现场放样，并对样品进行初步鉴定。起出压力计后，要立即对卡片进行现场鉴别，判断测试是否成功。

复 习 思 考 题

1. 问答题

1) 多流测试器由哪三部分组成。

2) MFE 多流测试器芯轴自由行程是多少？

3) 95mm MEF 的液压面积是多少？127mm MFE 的液压面积是多少？

4) 95mmMFE取样器容积是多少？127mm MFE的液压面积是多少？

2 问答题

1) 简述套管井常规测试管柱工作原理？

2) MFE换位机构是怎样进行换位的？

3) MFE延时机构的构成和工作原理？

4) TR油压震击器的震击原理？

5) 在井下倒开安全接头的步骤？

6) 卡瓦封隔器旁通道的结构和工作原理？

7) 卡瓦封隔器密封元件由哪几部分组成？如何正确选择胶筒和通井规环的尺寸？

8) 液压锁紧接头怎样起锁紧作用？

9) 绘出套管井常规测试管柱图？

10) 简述卡瓦封隔器坐封操作步骤？

11) 如何防止卡瓦封隔器中途坐封？中途遇阻后如何解除？

12) 反循环阀的结构和功用？

3 计算题

1) 液压锁紧接头锁紧力的计算：压井液密度 $\rho=1.1g/cm^3$，测试阀位置3000m，液压锁紧面积 $A_3=3.23cm^2$。求液压锁紧力 $f_{锁}=p_{液}\cdot A_3\times10^2$。

2) MFE测试阀浮力损失的计算公式 $B_L=p_{液}\cdot A_2\times10^2$，测试阀液压面积 $A_2=9.68cm^2$，$\rho=1.1g/cm^2$，测试阀位置 $H_{测}=3000m$。

3) 拉开卡瓦封隔器旁通所需拉力计算 $f=\Delta p_{液}\cdot A\times10^2$：139.7mm卡瓦封隔器的旁通液压面积 $A=29.67cm^2$，$\Delta p_{液}=25MPa$。

4) 自由点悬重的计算：在139.7mm套管井中的测试，井深3200m，测试层段3005～3012m，用73mm油管进行测试，95mm多流测试器位于2985m，液压锁紧接头液压面积为3.23cm²，测试管柱重量为180000N，测试阀下部工具重量为3100N，$W_{上}=W_{下}=185000N$，压井液密度为1.1g/cm³，计算自由悬重。

第六单元　井口压力控制装置

在测试过程中，地层流体经钻杆或油管流到地面之后，必须有控制地引导到分离器和燃烧器中。从钻杆或油管的出口至分离器这段装置统称为井口压力控制装置（或称地面控制装置），它可以有效地控制流体的压力和流量，而不妨碍测试管柱的旋转和提放操作。

井口压力控制装置包括控制头、投杆器、活动管汇、钻台管汇和显示头。

一、控制头

套管井测试多使用单翼控制头，其结构如图6—1所示。

单翼控制头由四个低扭矩旋塞阀、旋转接头、油嘴总成和活接头等组成。它接在测试管柱的顶部。旋转接头可以旋转下部的管柱，而旋转接头上部的阀和活接头不转动，这样既满足操作的要求，也可保证安全。控制头可让地层流体经它流向分离器，又可经它向井内泵入压井液。控制头上还装有投杆挂，把冲杆装在投杆挂上，起投杆器的作用。油嘴总成内装有过滤器和油嘴，起过滤和节流的作用。单翼控制头的工作压力为35MPa，试验压力为

70 MPa。

二、钻台管汇

钻台管汇是安放在钻台上控制流体压力和流量的管汇。它的进口用活动管汇与控制头相连，出口用活动管汇与放喷管线、分离器计量罐相连(见图 6—2)。

双翼钻台管汇由四个低扭矩旋塞阀、三通、油嘴总成和活接头等组成。两个油嘴总成内装有油嘴，油嘴的尺寸从 2mm (5/64″) 至 12.7mm (32/64″)，每 0.4mm (1/64″) 为一档，测试时可按照设计的测试工作制度选用油嘴，以控制适当的压力和流量。有的钻台管汇装有连续可调油嘴，使用很方便。钻台管汇的工作压力为 35 MPa，试验压力为 70 MPa。

图 6—1　单翼控制头

图 6—2　双翼钻台管汇

三、活动管汇

活动管汇是用来连接控制头、钻台管汇和放喷管线，长度、方向可调的高压流动管汇，它采用特制加厚无缝钢管及活动弯头制成，由各种不同长度的管线、活接头、二向和三向活动弯头、安全卡环及固定链条组成。图 6—3 所示为一普通的活动管汇。活动管汇连接方便灵活，为上提下放测试管柱提供了保证。普通活动管汇的工作压力为 35 MPa，试验压力为 70 MPa。

四、显示头

显示头的结构如图 6—4 所示，由低扭矩旋塞阀、针阀、压力表、活接头及橡胶软管组成。显示头接在控制头与钻台管汇之间的流动管线中，用来观察和判断地层流动状态。当井

下测试阀打开后，地层流体向油管或钻杆内流入时，管柱内的空气被压缩，被压缩的空气经针形阀流到橡胶软管内，软管端头插入装满清水的桶中。压缩空气排出时，在水中冒出气泡，表示测试阀已打开。冒泡的程度可显示地层流体流动的强弱，冒泡越强，说明地层流体流入管柱内的量越大。据此可参考调整测试时间，取得合格的压力卡片。普通显示头的工作压力为 35 MPa，试验压力为 70 MPa。

图 6—3　活动管汇

五、投杆器

图 6—4　显示头

投杆器是一个悬挂冲杆的接头，接在控制头和油管(或钻杆) 之间。当测试结果需要进行反循环时，将悬挂冲杆的释放销退出，冲杆即自由下落，砸断反循环阀的销子，使反循环阀打开，进行反循环作业，其结构如图 6—5。由于它接在管柱之间，所以要承受内压并要有一定的强度，一般要求承受 70 MPa 压力和 3110kN 以上的抗拉强度。

图 6—5　投杆器

复 习 思 考 题

1. 控制头的构造和作用。
2. 钻台管汇的构成和作用。
3. 活动管汇的构成和作用。
4. 显示头的构成和作用。

5. 投杆器的构成和作用。

第七单元　地层测试仪器、仪表

地层测试采用的压力记录仪有机械式井下压力计和电子压力计，这里主要对机械式井下压力计进行介绍。

一、机械式井下压力计

根据感应元件和记录方式的不同，地层测试使用的机械式井下压力计可分为弹簧管式和弹簧式井下压力计两大类型。

1. 弹簧管式井下压力计

这种类型的压力计有 RPG 型井下压力计（包括 RPG—3、RPG—4、RPG—5A、RPG—7 型）和 KPG 型井下压力计（包括 KPG、K_2、K_3、K_4 型）。其工作原理是，压力计采用多圈式弹簧管作为压力测压元件，用毛细管连接褶皱盒（封包）和弹簧管，其内腔充满传压介质。被测压力作用于褶皱盒上，褶皱盒受压缩容积变小。由于传压介质不可压缩，溢出的介质经毛细管传输给弹簧管，使弹簧管自由端径向扩张，随压力的变化而成比例地伸展。当压力计承受最高压力值时，其伸展角度为 240°～280°，弹簧管伸展时带动装在其自由端的记录笔在与弹簧管轴向垂直的平面内旋转，并在记录筒内的记录卡片上划出印痕，(此印痕矩基线的高度与被测压力成正比) 同时记录筒在钟机带动下，向下匀速移动。这样的旋持和上下运动构成了时间—压力座标系统的记录图，即压力记录卡片。

2. 弹簧式井下压力计

属于这种类型有 200—J 型井下压力计，CY641 型井下压力计等型号，下面重点介绍 200—J 压力计的结构和工作原理。

200—J 压力计由三部分组成，其结构如图 7—1 所示。

1) 压力装置：包括隔膜、波纹管、液压油、张力弹簧、活塞等。

2) 记录装置：包括记录笔、记录筒、记录卡片、时钟及外筒等。

200—J 压力计的工作原理是，测量压力的主要原件是带活塞杆的弹簧，被测压力作用于隔膜上，经隔膜、波纹管，传递给液压油，作用于活塞杆横截面上，使活塞杆受力拉力弹簧产生位移，弹簧按压力成比例地伸长，活塞杆纵向行程与压力成正比。活塞杆下端装有记录笔，把活塞杆纵向位移记录在金属卡片上，同时时钟机构带动记录筒横向转动，从而在金属卡片上划出压力（纵向）和时间（横向）的关系曲线。

波纹管的顶部配备橡胶隔膜，使压力计中的液压油与井中液体之间形成了第二道隔膜，这样即使橡胶隔膜损坏时，也能保证压力计内部免受污染。

记录卡片使用长方形（152.4mm×177.8mm）金属压力卡片，它能经受压力计所承受的最高温度。

图 7—1　200—J压力记录仪

图 7—2　时钟分件图

200—J 型压力有 11.03，19.32，32.36，44.13，62.05，96.50，137.88 MPa 等 7 种规格，可根据井下所测压力值来选用适合的压力计，井下最大压力应为所选压力计量程的 80 % 左右。

二、时钟的结构和规范

200—J 和 T 型时钟主要由时钟发条、六组齿轮系、摆轮机构和上、中、下盘及壳体等组成。其结构见图 7—2 所示。

表 7—1　时钟技术规范

类型	工作时间 h	转速 h/转	卡片行程 mm/h	额定温度 ℃	壳体耐压 MPa
24h 时钟	24	2.25	66.04	204.44	6.895
48h 时钟	48	4.5	33.02	204.44	6.895
96h 时钟	96	9.0	16.51	204.44	6.895

200—JT 型封闭式时钟，是在恒动转速时产生高扭矩的发条传动装置。当把发条拧紧后，时钟发条在时钟的整个工作期内输出的扭矩是恒定的，发条的能量通过六个齿轮系和一个摆轮机构以均匀速度释放，从而通过传动键带动压力卡片外筒匀速转动。

时钟有 24，48，96h 三种，这些运转时间代表时钟的额定工作时间，任何一种时钟的总运转时间都要比其额定运转时间长。时钟技术规范见表 7—1。

三、温度计

温度计是一种留点式最高温度计，它在压力计的下部，为了防震，它装在护壳内。有三种测量范围的温度计：15.55～104.44℃、93.33～204.44℃、37.78～148.89℃。

四、地层测试器放样装置

地层测试器的放样装置由采样树、简易分离器、气体流量计、N_2 瓶等组成（如图 7—3 所示），用于在现场把地层测试器取样器中的地层流体样品放出来，作现场分析。

图 7—3　放样装置

1—采样树；2—放样接头；3—胶管；4—胶管；5—二氧化碳瓶；6—胶管；7—简易分离器；8—气体流量计；9—量杯

取样器中的地层流体样品经采样树到分离器，经分离后，油、水和钻井液留在分离器内，气体经胶管流至气体流量计，进行计量后排入大气。然后，把留在分离器中的油水和钻井液倒入量杯计量，即可得到取样器中各种液体的量。

图 7—4 为取样器与放样装置的组装情况。地层测试器取样器有二个放样阀，用采样树的放样接头与放样阀连接即可放样。放样前，先用 N_2 瓶内的 N_2 气将放样装置中的各种容器冲刷一下，避免地层流体中带有天然气引起爆炸。一般先从上部放样阀开始放样，气体首先放出。当气体放完后液体不能溢出时，可将采样树与下部放样阀连接，使液体从下放样阀流出。如果取样器内有沉砂堵塞放样阀，这时要用 N_2 气冲刷取样器，消除堵塞，使样品全部排出为止。

图 7—4　取样器与放样装置

复 习 思 考 题

1. 200—J 压力计由哪几部分组成？工作原理？
2. 200—J 压力计有哪几种规格？
3. 时钟的结构和种类？
4. 24，48，96h 时钟的转速和卡片行程？
5. 简速放样装置的组成和放样步骤？
6. 有几种测量范围的温度计？

第八单元　测试资料的录取与整理

一、地层测试的目的

地层测试的目的是在钻井过程中或完井之后对油气层进行测试，获得在动态条件下地层和各种流体的各种特性参数，从而及时准确地对油气层进行评价。其目的概括起来有以下几项：

1）探明新地区、新构造、新层位是否有工业性油气流，验证油、气层的存在。

2）查明油气田的含油面积及油水或气水边界，油气藏的驱动类型和产油、气能力。

3）通过分层测试，取得分层测试资料，计算出储层和流体的特性参数，为估算油、气储量和制定油气田开发方案提供依据。

通过地层测试获得的数据，结合其它资料进行分析、计算，可以得到下列主要参数：

1）渗透率：这是实测的平均有效渗透率，通过地层测试可以获得这一最有价值的参数。

2）地层损害程度：通过测试资料可计算出地层堵塞比和表皮系数。

3）油藏压力：通过关井压力恢复曲线可外推出原始油藏压力。

4）衰竭：在正常测试条件下，可以发现油藏是否有衰竭现象，可以推断所控制的地质储量，判断油藏是否有开采价值。

5）测试半径：是指测试过程中因流量变化所引起的压力波前缘传播深入地层的径向矩离，也叫调查半径。

6）边界：在测试半径内如有断层或边界存在，可通过压力曲线分析计算出矩离，借助于其它资料，还可确定边界类型。

除上述参数外，通过地层测试还可直接或间接地获得多种地层和流体的特性参数。

二、地层测试录取资料的项目

地层测试的任务就是录取资料和对资料进行解释与评价。录取资料就是在现场测试中获取第一性数据，为测试资料的解释与评价提供原始依据。

地层测试应录取以下资料：

1）测试井基本数据，包括①井位；②井深；③井身结构；④测试层位；⑤坐封位置；⑥测试井段；⑦测试厚度；⑧测试层岩性；⑨电测解释结果及孔隙度；⑩油气显示。

2）测试管柱结构数据，包括①测试方法（常规、跨隔或联作）；②下井工具规范（名称、规格、内外径、长度）；③工具所在深度；④井底油嘴尺寸。

3）压井液数据，包括①类型；②密度；③粘度；④失水；⑤含砂；⑥电阻率；⑦氯根含量。

4）测试时地面记录数据，包括①坐封时间；②各次开关井时间；③解封时间；④地面油嘴尺寸；⑤井口压力；⑥地面产出流体类型；⑦产出流体数量；⑧测试时地面显示描述。

5）放样数据，包括①放样地点；②取样室压力；③油样量；④天然气量；⑤水样量；⑥钻井液量；⑦油气比。

6）管柱内回收液数据，包括①液面高度；②液体类型；③液体数量。

7）下井仪器数据，包括①压力计型号；②压力计编号；③量程；④下入深度；⑤内或外压力计；⑥时钟量程及走速；⑦温度计量程与记录的最高温度；⑧初、静液柱压力；⑨初流动压力；⑩初关井压力；1终流动压力；2终关井压力；3终静液柱压力。

8）取样分析数据：

①油分析数据：密度，粘度，凝固点，含水，含蜡，胶质+沥青质含量，含硫，初馏点，馏分。

②天然气分析数据：密度，组分及百分含量，临界温度，临界压力。

③地层水分析数据：密度，pH值，各种离子（六项离子及碘、硼离子）含量，总矿化度，水型。

④高压物性油、气、水分析数据：

原油：饱和压力，地层原油粘度，体积系数，压缩系数，溶解系数，地层原油密度，原始油气比。

天然气：密度，粘度，体积系数，压缩系数，压缩修正系数。

地层水：密度，粘度，体积系数，压缩系数。

三、测试资料的现场整理与计算

测试结束后，现场测试人员应根据现场录取和收集的各项资料按表8—1详细、准确、如实地填写每项内容，并且选择一张记录曲线完整、清晰、光滑并真实反映测试层压力动态的压力卡片，分别读出基本点压力矩，并根据所用压力计校验值计算出压力值，然后根据流动曲线基本点压力值计算产量和平均流动压力。

图8—1　二开二关压力卡片展开曲线图

表 8—1 钻 杆 测 试 现 场 报 告 格 式

(补充件)

现场报告编号:　　测试日期:　　年　月　日

地理位置　省　县　乡　村				构造位置	井别	测试类型
用户单位	测试编号		测试层位	测试井段　至　m		
基　本　数　据			测　试　层　段			

名称及规格	壁厚，mm	下入深度 m	层　位	测试射孔深度 m	厚　度 m	岩　性	录井显示及电测解释
表层套管内径，mm							
技术套管内径，mm							
油层套管内径，mm							
裸眼直径，mm	裸眼深度，m						
测试时井深，m							

钻井液或压井液性质	相对密度	粘度，mPa·s	滤失量，mL	含砂量，%	氯离子，mg/L
通井规外径，mm	通井规长度，mm	通井深度，m	划眼钻头直径，mm	划眼深度，m	

地　面　数　据				坐封类别	套管	裸眼	方余，m

测试阶段	时　间	压　力 MPa	地面油嘴及说明 mm	工　具　下　井　数　据				
				部　件	规　格	长　度 m	深　度 m	内　径 mm
坐　封								
初开井								
初关井								
二次开井								
终关井								
提松封隔器								

加　垫　情　况									
类　型	高　度 m	数　量 m^3	氯离子 mg/L	井底油嘴 mm					

1. 压力计算

(1) 基本点代号及意义

图 8—1 是一张典型的二开二关压力卡片展开曲线，其中 A、B_1、C_1、D_1、B_2、C_2、D_2、E 点即为基本点压力代号，意义分别为:

A：初静液柱压力；

B_1：初流动初始压力；

C_1：初流动末点，初关井始点压力；

D_1：初关井末点压力；

B_2：终流动起点压力；

C_2：终流动末点，终关井起点压力；

D_2：终关井末点压力；

E：终静液柱压力；

FG：压力基线（或零线）。

(2) 压力计算

根据测试所用压力计校验系数及实测温度（每支压力计出厂前或使用一段时间后需要进行校验，提供正确的校验系数）按照下式计算压力值。

$$p = MD \pm A$$

式中 p——压力，MPa；

M——实测温度下的斜率，MPa/mm；

D——位移，mm；

A——截矩，MPa，A>0 取正，A<0 取负。

下面举例说明压力的具体计算方法。例如：××井经测试实测温度为 65℃，测试曲线如图 1，所用压力计型号为 J—200 型，编号为 1021—H。该压力计校验系数表如表 8—2。由于实测温度不可能正好是 60℃或 90℃，而是在这个温度范围内，则斜率 M 应按下式计算：

$$M = M_{校温} + (t_{校} - t_{实}) \times \delta$$

式中 $M_{校温}$——校验温度下的斜率，MPa/mm；

$t_{校}$——校验温度，℃；

$t_{实}$——实测温度，℃；

δ——温度系数，MPa/mm/℃。

故对本例有：

$$M = 0.35839 + (60℃ - 65℃) \times 0.000135 = 0.357715 \ (MPa/mm)$$

然后分别量出 A、B_1、C_1、D_1、B_2、C_2、D_2、E 点到压力基线的垂直位移 D，再按前面的公式计算各基本点压力值。如 B_1 点到基线的距离 7.62mm，则 B_1 点压力为

$$p_{B1} = 0.357715 \times 7.62 - 0.21131 = 2.514 \ (MPa)$$

在计算 M 时应注意：

1) 根据实测温度值，选择与校验系数表中温度最接近的 $M_{校温}$ 计算 M。

2) 温度系数应选取包含实测温度范围内的温度系数。

2 产量计算

1) 对于自喷井层在安装了三相分离器的情况下，其油、气、水产量采用分离器的计量结果。

2) 对于产量较小不连续自喷的井，一般在油罐中用钢卷尺测定油产量。在油罐的量油口处将尺子垂直下至缸底，量出液面深度 h_1，经过一般时间 $t_{后}$ 再用同样方法量出液面深度 h_2，$h_2 - h_1$ 即为在 t 时间内罐内液面上升的高度。油罐直径是已知的，用下面公式即可求出油的日产量：

$$q_o = (h_2 - h_1) \frac{r_{油} \times 0.785 d^2}{t \times 24}$$

式中　q_o——油井的日产量，t;

d——油罐的直径，m;

h_1——开始的液面深度，m;

h_2——经 t 时间液面深度，m;

t——产油时间，h;

$r_{油}$——原油密度，kg/ m^3。

3) 非自喷井层的产量计算:

①当地层产出单相液体（油或水）时，用终流动压力曲线计算产量:

日产油: $q_o = [(C_{终} - B_{终}) \times V_n / t_p \times r_o] \times 146.9$

日产水: $q_w = [(C_{终} - B_{终}) \times V_n / t_p \times r_w] \times 146.9$

式中　q_o——日产油量，m^3/ d;

q_w——日产水量，m^3/ d;

t_p——生产时间，min;

r_o——原油密度 kg/ m^3;

r_w——水密度 kg/ m^3;

V_n——油管或钻杆每米容积，L/ m。

②当地层产出双相液体（油 + 水）时，按回收油量计算日产油量；日产水量按流压曲线计算，公式如下:

日产油: $q_o = (Q_o / t_p) \times 1440$

日产水: $q_o = (Q_w / t_p) \times 1440$

$$Q_w = [(C_1 - B_1) + (C_2 - B_2)] \times 0.0987 \times V_n - Q_o r_o$$

式中　Q_o——测试开井中回收的油量，m^3;

Q_w——按流压曲线计算的回收水量，m^3。

4) 对开井过程中流平的压力曲线，按有效流动时间计算日产量。流平曲线如图 8—2。造成曲线流平的原因是地层物性较好，但能量相对不足，达不到自喷条件，所以开井过程中由于地层流体产出造成管柱内液面上升较快，在很短时间内，液面接近井口，液柱压力接近了地层压力，限制了地层流体的产出，使得后期开井为无效生产，即图中 C_2' 点以后的流动曲线呈平直。对流平曲线的产量计算只需将 t_p 改为 t_p'（有效流动时间），C_2 点压力改为 C_2' 点压力即可。

图 8—2　开井过程中流平曲线图

下面是 8—2 200—J 压力计检定系数:

仪器编号 1021—H，测量上限 44 MPa，60℃～90℃温度系数 = 0.000135 MPa/ mm/ ℃，90℃～120℃温度系数 = 0.000176 MPa/ mm/ ℃，$M_{AT60℃}$ = 0.35839 MPa/ mm，$M_{AT90℃}$ = 0.354341 MPa/ mm，$M_{AT120℃}$ = 0.349075 MPa/ mm，A = - 0.21131 MPa

3. 平均流压计算

1）对于自喷井，应取对应于产量稳定时的流动压力值。

2）对于非自喷井，采用流动压力曲线计算产量时，应取相应计算产量曲线段流动压力的平均值。具体计算方法如下：

①对于只用终流动压力曲线计产的情况，平均压力应为

$$\bar{p}_{wf} = \frac{C_2\text{点压力} + B_2\text{点压力}}{2}$$

②对于既考虑了初流动压力，又考虑了终流动压力曲线求产情况，平均压力应为：

$$\bar{p}_{wf} = \frac{B_1\text{点压力} + C_2\text{点压力}}{2}$$

式中 $\bar{p}_{wf}$——地层平均流动压力。

复 习 思 考 题

1. 地层测试的目的是什么？
2. 简述地层测试中应录取哪些资料。
3. 写出非自喷井层的油、水产量计算公式。

第九单元　安全生产知识

安全生产是石油工业发展的基本保证，“安全第一，预防为主”是我国工业企业劳动保护的基本方针，也是石油工业企业必须遵守的一条原则。地层测试是在油气井中进行作业，可能发生井喷、着火、爆炸及人员中毒和测试管柱埋卡等事故。因此在测试中必须严格执行操作规程，作好防护工作，确保测试工作在安全的前提下进行。

一、防喷

在油气井中进行测试，如果采用的压井液密度过低，下钻时井口环空的外溢现象未及时发现，起钻时未及时向井内灌满钻井液，这些都可能导致测试过程中井喷。有时在高压油、气井中测试，因缺少高压井口控制头，而采用单翼（中压）井口控制头；或在测试施工前，未对井口压力控制装置进行试压检查，测试时井内高压油气将控制头丝扣连接处刺漏，刺断，都可能导致严重的井口失控而井喷。井喷会给国家财产带来巨大损失，因此在测试中必须注意下列安全事项。

1）测试时，应选用适当密度的压井液，达到“压而不死、活而不喷”。压井液密度按下式计算：

$$\rho_{液} = \rho_{地} + \rho_{附}$$

式中 $\rho_{液}$——压井液密度 g/cm^3；

$\rho_{地}$——地层压力当量密度 g/cm^3；

$\rho_{附}$——安全附加当量密度，g/cm^3。

$\rho_{地}$ 按下式计算：

$$\rho_{地} = \frac{p_{地}}{0.0098H}$$

式中 $p_{地}$——地层压力，MPa；

H——测试层段井深，m。

$\rho_{附}$ 按下式计算：

$$\rho_{附} = \frac{p_{附}}{0.0098H}$$

式中 $p_{附}$——安全附加压井液液柱压力，MPa，为经验常数，油层 $p_{附}$ 为1.5～3.5MPa；气层，$p_{附}$ 为3.5～5MPa。

2）对油气井进行测试，井口必须选用与地层压力相适应的井口压力控制装置。测试施工前，应对井口压力控制装置进行试压检查，试压合格后，方可送往井场。

3）地面流程必须全部采用硬管线，连接要牢固，并进行水压试验，试压15MPa，稳定3min不刺不漏为合格。不准采用高压胶管代替硬管线作为地面流程管线，以防胶管爆破和摆动弹跳伤人。

4）对井口防喷器及其控制系统进行检查，保证处于正常状态。井口接好压井管线和放喷管线，固定牢固，必要时用水泥基墩加地脚螺丝或地锚固定。放喷管线尽量为直管线，其转弯夹角应大于120°。

5）井场应备有压井水泥车和压井液，压井液数量应为井筒容积1.5～2倍。

6）起测试管柱时，应及时向井内灌满压井液。起下钻过程中，应密切注意环空显示，井口环空如有溢流现象，应停止起下钻，进行分析判断。如溢流增大或出现井涌现象，应立即联接好井口压力控制装置，关上封井器，准备压井。

7）测试完解封封隔器时，如遇井涌或井喷，应关闭防喷器组，充分进行反循环压井，确实证明无井喷征兆时再起钻。

8）井场应备有灭火机和消防器材，并处于正常状态。

二、防火、防爆

油、气的危险是与它具有易燃易爆的特性分不开的。原油是易燃物质，在常温常压下，原油挥发出来的蒸气与空气混合后，遇火就能点燃；天然气更易与空气混合而点燃。极小的火种（烟头、火星、电火花甚至静电火花）都可能引燃天然气和石油的挥发气而着火燃烧。

当天然气与空气混合，其比例达到某一数值时就会发生爆炸。

对油气层进行测试，经常会产出高压油气流，高压油气是极易爆炸和着火的。如油、气井发生爆炸着火，其危害是很严重的，它能使井毁人亡，并使油气层受到严重破坏，因此在油、气井进行测试，必须做好下列防火、防爆工作。

1）测试中产出的高压油、气流要有控制地引导到分离器和燃烧器中，除做好前述井控防喷工作外，从井口控制头至分离器以及燃烧器的全部地面流程管线的活接头和丝扣必须联

结紧，做到不刺不漏。放喷管线的出口燃烧器要远离井口和油罐区 30m 以外。排放至燃烧器中的天然气要立即点火烧掉，应先点火后放喷。

2）严禁使用明火和进行电气焊。

3）井口出油气时，井口砸活接头最好采用铜郎头，或用木板垫上砸。

4）井场电器设备、照明器具应符合安全规定和防火、防爆要求。测试一般安排在白天进行，如延长至夜晚测试，井口出油气时，井架上应使用防爆灯，井场周围安装足够的探照灯，电气开关应装在离井口 20～30m 以外的安全地区。

5）进入井场车辆应停放在离井口 30m 以外的安全地区。要提前清除柴油机、通井机排气管的积炭，防止排气管排火。

6）配备齐全灭火器及消防器材，并有消防车在现场值班。

三、防止硫化氢中毒

在含有硫化氢气体的油气井进行测试时，要搞好防硫化氢中毒的安全工作。

1. 防硫化氢的技术培训

硫化氢是一种无色、剧毒、强酸性气体，低浓度的硫氢气体具有臭鸡蛋味，其相对密度为 1.176，较空气重。硫化氢燃点是 250℃，燃烧时呈蓝色火焰，产生有毒的二氧化硫。当硫化氢与空气混合，浓度达到 4.3%～46% 的范围内时，就形成一种爆炸混合物。硫化氢的毒性较一氧化碳的毒性大 5～6 倍，几乎与氰化氢同样剧毒。不同浓度的硫化氢对人体的危害见表 9—1。

表 9—1　硫化氢对人体的危害

硫化氢浓度		人体中毒情况
体积百分比	mg/L	
0.001	10	可嗅到一种令人讨厌的臭鸡蛋气味
0.002	20	可在露天工作 8h
0.01～0.02	100～200	2～15min 内可抑制嗅觉，造成咳嗽、眼发炎，8h 以内眼痛和呼吸障碍加剧，8～48h 可导致出血死亡
0.03～0.04	300～400	0～2min 内嗅觉很快失灵，30～60min 内眼、鼻发炎加剧。1～4h 内可能出血死亡
0.05	500	0～2min 内虚脱，失去知觉。需立即作人工呼吸，13～15min 内眼严重发炎，心律失常，30～60min 内眼、头痛加剧，四肢发抖，甚至死亡
0.06～0.07	600～700	2min 内就会失去知觉，导致死亡

为了防止井场周围大气中硫化氢含量过大，而对现场施工人员的生命造成威胁，规定安全临界浓度为 0.002（20mg/L）。在此浓度中，可在露天工作 8h。

硫化氢溶于水形成弱酸，对金属的腐蚀形式有电化学腐蚀、氢脆和硫化物应力腐蚀开裂，以后二者为主，一般称为氢脆破坏。氢脆破坏往往造成井下管柱突然断落、地面管汇和仪表的爆破，井口装置的破坏，严重时导致井喷失控或着火事故。

在测试工具、地面井口装置中都有橡胶、浸油石墨盘根、石棉绳等非金属材料制作的密封件。它们在硫化氢环境中使用一定时间后，橡胶会产生鼓泡胀大，失去弹性，浸油石墨盘根的油被溶解而导致密封失效。

硫化氢对水基泥浆有较大的污染，它会使泥浆性能发生很大变化，使密度下降，粘度上升，以至形成流不动的冻胶，颜色变为瓦灰色、墨绿色。

硫化氢比空气重，残留的硫化氢常聚集在低凹处，会造成对人体的毒害。如有大量硫化氢散发到空气中，会造成对过往行人和附近居民的毒害。

为了防止 H_2S 所带来的危害，测试人员在了解 H_2S 理化特性的基础上，要熟悉井场地形、钻井设备位置与本地盛行风方向之间的关系，了解硫化氢监测仪放置情况，报警器音响特点和风标位置，以及安全撤离路线等。井场发现有硫化氢，立即组织人员向顶风方向撤离；牢记防喷、防火、防爆、防毒中的各项措施和规定；了解诸如防毒面具、供氧呼吸器等防护器具的性能，并学会使用，掌握救护硫化氢中毒人员的知识和基本技能。

2 测试设计

在含硫化氢的油气井进行测试时，要做好测试设计。设计内容包括:

1) 设计中要注明含硫化氢地层及其深度和估计含量，以提醒施工人员注意。

2) 在深部含硫化氢地层不能用常规中途测试工具进行地层测试工作，应采用抗硫化氢的测试工具及地面井口压力控制装置。

3) 合理控制开关井时间减少钻具和测试工具在硫化氢中的浸泡时间。当天然气产量低于 $2.8\times10^4\ m^3/d$，硫化氢含量低于 0.0008 (8 mg/L) 时，浸泡时间最长为 1h；当天然气产量高于 $2.8\times10^4\ m^3/d$，硫化氢含量高于 0.0008 (8 mg/L) 时，浸泡时间最长为 15 min。

4) 要根据钻具在硫化氢中的最长浸泡时间来确定测试时间和测试工作制度。

5) 设计中要提出防硫化氢中毒的安全措施，确保施工人员的安全。

3 含硫化氢的油气井测试安全措施

1) 在含硫化氢的油气井中进行测试时，井场应装有硫化氢监测仪及硫化氢报警的音响装置。当空气中硫化氢含量超过 20 mg/L (浓度为 0.002) 时，临界浓度监测仪能自动报警。

2) 井场工作人员应配带便携式硫化氢监测器和防毒面具。

3) 测试前，选好人员撤离路线，当硫化氢含量超过 20 mg/L 时，井场工作人员应立即向顶风方向撤离。

4) 当在硫化氢含量超过 20 mg/L 的污染区进行必要的作业时，必须佩带防毒面具，应有二人同在一起，以便互相救护。

5) 井场应有医务人员和救护车值班，应备有氧气瓶、供氧呼吸器、急救箱、担架等用具。

6) 井口压力控制装置、地面流程和放喷管线必须固定牢靠，丝扣连接严密，并预先进行水压试验，保证测试放喷过程中不泄漏含 H_2S 气体。

7) 测试开井后，对显示头冒出的气体和液体，应采用硫化氢测定仪连续进行含硫化氢的测定。

8) 当发现显示头含有硫化氢时，应迅速关闭显示头，让流体经地面流程和放喷管线排放至土坑 (土坑应远离井口 30 m 以外)。人员近土坑观察时，应带上防毒面具。

9) 井口出油气时，应采用三相分离器对油气进行分离计量。计量后的油、气经放喷管线排至燃烧器，立即点火烧掉。如产出物为含 H_2S 天然气，天然气产量高于 $2.8\times10^4\ m^3/d$，

硫化氢气含量高于 8 mg/ L 时，应立即进行关井。

10）井下关井后，要立即投棒砸开反循环阀，进行反循环压井，以减少钻柱在硫化氢中的浸泡时间。反循环替出的钻杆内的含硫化氢油气，要立即经放喷管线排至燃烧器点火烧掉。

11）放喷点火须派专人进行，当硫化氢浓度超过安全临界浓度时（20 mg/ L），点火人员应带上防毒面具，位于上风方向离火口距离不得少于 10 m，用点火枪远程射击点火，或先点火后放喷。

12）反循环压井过程中，封隔器下部的压力记录仪仍在测压力恢复。待压力恢复曲线测完，反循环压井压稳后，即可解封封隔器，并观察井口，判断是否确实压稳。如解封后井口有外溢现象，需要继续进行反循环洗井，将井下残留的含硫化氢油、气洗出地面，待井确实压稳后方可起钻。

13）起钻前，应对井场可能积聚硫化氢的地方进行浓度检测，只有当硫化氢含量在安全临界浓度以下时，人员方能进入，进行起钻作业。

14）起钻完，需在井口对取样器录取油气样品时，应带上防毒面具。一般应派专人将取样器送化验室进行转样、做 PVT 分析。

四、测试管柱埋、卡和井下落物的预防

在裸眼井测试时，常因钻井液性能不好和压差过大（液柱压力和孔隙压力之差），造成粘附卡钻，或由于测试时的井眼激动而造成井壁坍塌埋卡钻具。尤其是在测试完进行反循环压井时，反循环阀打开，环空液面迅速下降，井口、出口闸阀未加控制，管柱内、外压差过大，造成的环空井眼激动。或由于液垫过少，在打开测试阀时，产生的突然压降过大，形成封隔器以下测试层段井眼激动，都能造成井壁坍塌埋卡钻具。

在套管井中测试可能发生井下落物对测试管柱的硬卡以及环空沉砂对测试工具的埋卡，为了防止上述卡钻事故的发生，应做好以下防卡工作。

1）对下井测试工具每道上扣严格检查，按规定扭矩上紧，防止测试工具倒开落井卡钻。

2）起下钻时，要仔细检查井口工具，防止钳牙、卡瓦牙松动落井。

3）井口使用踏郎头、板头时应握紧，最好系上保险绳，防止失手时搬手落井。

4）起下钻时，井口应装上钻杆刮泥器，或油管自封封井器，防止落物入井卡钻。

5）套管井测试，如环空为钻井液，应对钻井液的性能，如含砂量、固相含量、能变性、滤饼厚度等提出要求。进行反循环压井时，如泥浆性能不好，应采取先解封，后进行反循环压井的方法，以防反循环过程中沉砂埋卡封隔器。

五、人身事故的预防

1）测试时一定要穿好工作服、工鞋，戴好安全帽。

2）在钻台上工作，应注意站在安全位置，注意自身防护，不能站在大钳摆动的范围内和缠猫头绳处，以防大钳尾绳绷断伤人和猫头绳缠乱伤人。

3）坐封卡瓦封隔器时，大钩应转动灵活，井口控制头连接丝扣应用双钳紧扣，控制头的闸阀、活接头等各部件的连续丝扣亦应上紧，防止坐封封隔器转动下部钻具时，上部控制头倒开或其它部件倒开掉下伤人。

4）用管钳转动管柱时，管钳要咬紧，手要掌握牢，防止管钳打滑或反弹伤人。

5）起吊测试工具时，绳子应绑牢，起吊时严禁重物下有人行走，以防重物落下伤人。

6）抬测试工具时，手要抓牢，抬起、放下步调要一致，防止失手掉落伤人。

复 习 思 考 题

1. 搞好防喷应做好哪些安全工作？
2. 搞好防火防爆应做好哪些工作？
3. 硫化氢气体有哪些毒害？
4. 在含有硫化氢气体的油气井中测试应做好哪些工作？
5. 地层测试时防止落物对钻具的硬卡应做好哪些工作？
6. 防止人身事故，应做好哪些工作？

应　会　技　能

项目一　给 200—J 压力计装卡片并划基线

一、准备工作

1）选好工具用具：压力计扳手一对、卡簧钳 1 把、手电筒一个、划基线专用工具一件。

2）准备 152.4mm×177.8mm 的 200—J 压力计专用金属记录卡片 2 张。

二、操作步骤

1. 装卡片

1）从时钟的时钟筒上卸下弹簧挡圈。

2）将记录卡片沿 177.8mm 长的边卷成圆筒，使圆筒的直径略小于时钟筒的内径。

3）将卷好的记录时钟装入卡片筒内，让卡片底边进入时钟筒底部的环形槽内，使卡片顶端离时钟筒上端约 3.175mm。

4）安装卡片挡圈。

5）用手电筒照着时钟筒内部，检查装入时钟筒内的卡片内表面和搭接处是否有拱起、卷折或损坏，如发现问题应重装，必要时应更换卡片。

2. 划基线

1）将压力计水平设置，卸下温度计外壳。

2）松开并反转时钟与卡片筒间的连接丝扣 1.5～2 圈并装入压力记录装置外壳内，让卡片筒轴承上的锁销插入记录装置外壳镗孔台阶上的销孔内。

3）把划基线工具装在记录装置外壳上，并用手拧紧。

4）顺时针转动时钟，把时钟与卡片筒之间的连接丝扣拧紧，记录笔尖就在卡片上划出了基线。

5）卸下划基线工具，装上温度计外壳并拧紧。

三、技术要求

1）卡片卷成的圆筒装入钟筒后，从钟筒上端俯视，卡片边缘卷成的螺旋线应呈左手握拳形。

2）划基线工具装入压力计的记录装置并用手扭紧后，划基线工具的台肩到压力计记录装置下端面的间隙约为 3.175mm，否则，说明时钟未装到位。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具漏选错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10

续表

序　号	评　分　标　准	标 准 分
3	应沿卡片的 177.8ｍｍ 长的边卷成圆筒，如发生错误扣 10 分	10
4	卡片装入卡片筒后，如不符合技术要求的第 1 条，扣 15 分	15
5	卡片没装正，扣 10 分	10
6	卡片装入记录筒并用弹簧挡圈卡紧后，如有拱起、卷折或损坏等问题，未检查出来扣 10～15 分	15
7	划基线时，压力计应垂直放置，否则扣 5 分	5
8	划基线时，锁销未插入锁孔内扣 15 分	15
9	不使用划基线工具，徒手划基线扣 10 分	10
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	20ｍin	100

项目二　将两只 200—J 压力计分别装入 123.8ｍｍ 的内、外压力计托筒内

一、准备工作

1）选好工具用具：1219ｍｍ 管钳两把、压力扳手两把、9.53ｍｍ 内六方扳手一把。

2）备齐下列 0 型圈：13312 号 0 型圈 2 只，13219 号 0 型圈 4 只。

二、操作步骤

1）从两只 123.8ｍｍ 托筒体上卸下两个上接头。

2）将 4 只 13219 号 0 型圈分别装在 4 只 5/8″×18 牙/英寸的丝堵上。

3）把两个丝堵拧入上接头 5/8″×18 牙/英寸母扣的孔内，该上接头与托筒体连接后为内压力计托筒。将另外两个丝堵装在上接头下部的压力计接头上，该上接头与托筒体连接后为外压力计托筒。

4）将一只 13312 号 0 型密封圈装在压力计上端的 0 型圈槽内，将该压力计接在带 5/8″×18 牙/英寸丝堵的压力计接头上，并把这只压力计装入托筒体内，连接上接头与筒体丝扣，这只压力计为外压力计。

5）将另一只压力计接在上接头上带有 5/8″×18 牙/英寸丝堵的那个压力计接头上，将压力计装入托筒体内，连接上接头与筒体丝扣，该压力计为内压力计。

三、技术要求

1）压力计托筒的传压孔必须畅通，不能被泥、砂等物堵塞。

2）外压力计梯形螺纹根部必须装 0 型圈。

3）压力计与压力计接头、上接头与托筒体之间的连接丝扣必须拧紧。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5

续表

序　号	评　分　标　准	标 准 分
2	工具、用具错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	丝堵上不装 0 型圈，每漏掉一只扣 3 分	15
4	装压力计时，应注意区分内、外托筒，发生错误扣 20 分	20
5	外压力计梯形螺纹根部漏装 0 型圈扣 15 分	15
6	传压孔必须畅通，有一个堵塞扣 5 分	20
7	压力计与压力计接头、上接头与托筒体之间的连接丝扣未拧紧扣 3～10 分	10
8	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	25 min	100

项目三　现场组装 140mm 套管井常规测试管柱

一、准备工作

1）选好工具用具：1219mm 管钳两把、压力计专用扳手两把、钢丝刷一把、73mm 外加厚油管吊卡两个。

2）备齐下列材料：丝扣油 2000g、6.35mm 白棕绳 10m、60mm 外加厚油管公扣护丝一个。

二、操作步骤

1）清洗待下井各件工具的上、下端螺纹。

2）将一只 200—J 压力计拧入开槽尾管下端，将一只 60mmEUE 母扣×73mm—8 牙/ 英寸梯形母扣接头拧在该压力计的下端，再将另一只 200—J 压力计接在该接头下端。

3）用吊卡吊起开槽尾管，将开槽尾管以下的管串下入井内并坐在井口吊卡上。

4）将 95mm 的多流测试器、液压锁紧接头、TR 震击器、安全接头、一只 230×$2^{3}/_{8}$" EUE 公接头、140mm 卡瓦封隔器依次连接起来并拧紧。

5）将一只 73mm 外加厚油管吊卡扣在多流测试器上接头的台肩上并吊起整个管串。

6）在井口将卡瓦封隔器和开槽尾管连接起来，慢慢下放工具管串，将多流测试器坐在井口吊卡上。

7）在多流测试器上方接上两根油管后，再接上反循环接头。

三、技术要求

1）95mm 的多流测试器、液压锁紧接头、TR 震击器、安全接头、230×60mmEUE 母扣接头的组装扭矩为 2760N·m。

2）卡瓦封隔器以下各道丝扣的组装扭矩不小于 600N·m。

3）在起吊“多流测试器—卡瓦封隔器”管串前，在封隔器下端装上护丝。

4）在起吊测试工具管串前，应将白棕绳系在管串尾部，起吊过程中用白棕绳拖住管串尾部。

5）在测试工具入井前，应在井口对封隔器进行换位和坐封检查，对取样器的放样阀、塞、安全阀等部位进行检查。

四、常见故障的分析与处理

如果卡瓦封隔器不能灵活地换位，则需作如下处理：

①检查换位凸耳安装是否正确，如果装反，应卸下重新安装。

②检查换位槽是否光滑畅通，如发现问题，应及时修理，直至换位槽光滑、畅通为止。

2）如果取样器上的放样阀，塞、安全阀漏装或未拧紧、应补装、拧紧。

五、考核标准

序　号	评　分　标　准	标　准　分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	丝扣连接前，未清理干净，一次扣 1 分	10
4	丝扣连接前，未涂丝扣油，一次扣 1 分	10
5	丝扣连接扭矩不符合技术要求，一次扣 1 分	10
6	封隔器下端不装护丝，扣 10 分	10
7	起吊管串过程中，不用棕绳拖住管串尾部扣 10 分	10
8	测试工具入井前，不对封隔器、取样器进行检查扣 15 分	15
9	不能正确进行故障分析与处理扣 15 分	15
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目四　安装 140mm 套管井常规测试井口控制装置

一、准备工作

1）选好工具用具：1219mm 管钳两把、3.6kg 或 5.4kg 大锤郎头一把、钢丝刷一把。

2）准备丝扣油 2000g。

二、操作步骤

1）将整个测试管柱坐在井口上。

2）吊起套管井测试井口控制头，将投杆挂在投杆器内，把控制头与井口的油管连接起来。

3）将一根活动管汇接在控制头上。

4）把钻台管汇放在井口附近适当的位置，将显示头接在钻台管汇上游，再把一根活动管汇接在显示头上。

5）将泡泡头接于显示头上。

6）将一根活动管汇接在钻台管汇的下游，用放喷接头（$1^1/_2$"FLP 活接头公扣×$2^1/_2$"平式油管公扣）把活动管汇和流程管线连接起来。

7）上提井内管柱至设计的方余高度，正旋井内管柱 3～5 圈（控制头和挂起的活动管汇与管柱一起转动），在保持管柱扭矩的同时，把控制头挂起的活动管汇与显示头上游的活动管汇连接起来。

8）下放管柱坐封封隔器。

三、技术要求

1）活动管汇接好后，要把安全链条接起来，以防活接头脱开发生事故。

2）将吊在控制头上的活动管汇与显示头上游的活动管汇连接起来，在初开井前要连结好，以防开井后井内流体喷出来导致连接困难。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、错选一件扣 2 分	10
3	漏装投杆扣 10 分	10
4	活接头丝扣应先清理干净并涂上丝扣油后再连接，否则扣 3～10 分	10
5	坐封前应在控制头上接一根活动管汇，否则扣 5 分	5
6	显示头未接在钻台管汇上游扣 15 分	15
7	不安装泡泡头扣 10 分	10
8	开井前必须先将吊在控制头上的活动管汇与其下游的活动管汇连接起来，否则扣 15 分	15
9	活接头连接不紧，承压 35 MPa 以内刺漏一处扣 3 分	15
10	操作完不收工具、用具扣 5 分	5
定　额	50 min	100

项目五　安装裸眼井常规测试井口控制装置

一、准备工作

1）选好工具用具：1219 mm 管钳两把、3.6kg 大锤郎头一把、钢丝刷一把。

2）准备丝扣油 2000g、细麻绳 2 m。

二、操作步骤

1）把测试管柱顶部的一根钻杆放入鼠洞内。

2）吊起控制头，将投杆挂在控制头下部的投杆器内。

3）将控制头与鼠洞内钻杆连接起来，再把 1～2 根活动管汇接在控制头上。

4）把钻台管汇放在井口附近适当的位置，把显示头接在钻台管汇上游，将两根活动管汇分别接在钻台管汇的下游和上游，再用放喷接关（$1^{1}/_{2}$"FLP 活接头公扣×$2^{1}/_{2}$"平式油管公扣）把活动管汇和流程管线连接起来。

5）提起鼠洞内的钻杆（控制头连同 1～2 根活动管汇一起提起），边提边量方余，并用麻绳将吊在控制头上的活动管汇捆在钻杆上。

6）把装有控制头的这一根钻杆与井口的钻杆连接起来。

7）把泡泡头装在显示头上。

8）上提、下放井内测试管柱，记录坐封前的管柱重量。继续下放管柱，加压坐封封隔器。在测试阀打开之前将吊在控制头上的活动管汇与其下游的活动管汇连接起来。

三、技术要求

1）活动管汇接好后，要把安全链条接起来，以防活接头脱开发生事故。

2）吊在控制头上的活动管汇与其下游的活动管汇的连接，要在开井前进行，以防开井后井内流体喷出来导致连接困难。

3）各处连接活接头必须砸紧，保证活接头连接部位承内压 35 MPa 不刺漏。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分	10
3	漏装投杆扣 10 分	10
4	活接头丝扣应先清理干净并涂上丝扣油后再连接，否则扣 5 分	5
5	必须在鼠洞内将控制头与最后一根钻杆进行连接，并将 1～2 根活动管汇接在控制头上，否则扣 10 分	10
6	显示头未接在钻台管汇上游扣 15	15
7	不安装泡泡头扣 10 分	10
8	开井前必须将吊在控制头上的活动管汇与其下游的活动管汇连接起来，否则扣 15 分	15
9	活接头连接不紧，承压 35 MPa 以内刺漏一处扣 3 分	15
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目六　找出常规测试压力卡片的全部基本点，说明其物理意义，算出各点的压力值

一、准备工作

1）选好工具用具：150 mm 钢板尺一把、放大镜一个、计算器一台。

2）准备与压力计相对应的压力计较验表一份、记录纸若干。

二、操作步骤

1）将压力计里的压力卡片和温度计取出来，把温度记录下来。

2）找出卡片上八个基本点的位置：a、b、c、d、e、f、g、h（如图）。

3）各点的物理意义：a 点为初静液柱压力；b 点为初开井始压；c 点为初开井（初流动）终压；d 点为初关井压力；e 点为二次流动始压；f 点为二次流动终压；g 点为二次关井压力，h 点为终静液柱压力。

4）根据压力计压力较验表和测试温度，计算出温度压力校正系数 M_{at}值。

5）用钢板尺量出八个基本点到基线的距离（mm）。

6）将 M_{at}值和八个基本点到基线的距离代入。

$p = M_{at} \times D \pm A$ 中，即可计算出八个基本点的压力值。

式中　p——各基本点的压力值，MPa；

D——压力偏移距，即 oa、ob、oc、od、oe、of、og、oh 的长度，mm；

A——压力计校正常数，从压力换算表中查得。

三、技术要求

测量八个基本点到基线的距离时，要注意测量的精确性。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分	10
3	漏取温度数据扣 10 分	10
4	应正确找出各个基本点，错一个扣 1 分	10
5	应正确说出各个基本点的物理意义，错一个扣 2 分	15
6	应正确计算出 M_{at}值，否则扣 15 分	15
7	应正确测量出各个基本点到基线的距离，错一个扣 2 分	15
8	应正确计算出各个基本点的压力值，错一个扣 1 分	10
9	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目七　对 140mm 卡瓦封隔器进行层间保养

一、准备工作

1）选好工具用具：1219mm 管钳两把、取“0”型圈专用工具一件、清洗油盆一个。

2）准备下列材料：13315 号“0”型圈 2 只、81241 号端面密封圈 1 只、12766 号胶筒(90℃) 2 只、12762 号胶筒（70℃）1 只、汽油 2000g、黄油 1000g。

二、操作步骤

1）将下卡瓦筒夹于虎钳内，用一把管钳卡在旁通外筒上端，卸松旁通外筒与密封接头的丝扣，然后将管钳卡在密封接头上，卸松密封接头与胶筒芯轴的连接丝扣。

2）用一把管钳卡在坐封芯轴下部作背钳，卸松上接头与坐封芯轴的连接丝扣。

3）卸下旁通外筒，再将密封挡圈从上接头上卸下来，然后卸掉上接头，并把 13315 号“0”型圈从上接头上卸下来。

4）把密封挡圈从坐封芯轴上取下来，并取出端面密封圈。

5）卸下密封接头并从接头内取出 13315 号“0”型圈。

6）取下 3 只胶筒和 2 个隔环。

7）检查密封接头和唇部有无损伤，上、下通径规环有无严重磨损，芯轴换位槽是否光滑，定位凸耳有无伤痕，检查下卡瓦牙齿有无损伤，搬动是否灵活，摩擦垫块有无严重磨损，其弹簧的弹力能否满足工作需要。上述检查如发现有问题的零部件，应及时更换或修理。

8）清洗拆卸下来的各零件和各密封部位。

9）把 2 只 13315 号“0”型密封圈涂上密封脂，一只装在上接头上，另一只装入密封接头内。

10）把一只端面密封圈装入密封挡圈内，再将密封挡圈装在上接头的下部，并将连接丝扣拧紧。

11）将三只与通径规环配套的胶筒和两个隔环，装在胶筒芯轴上。

12）将密封接头装在胶筒芯轴上。

13）给坐封芯轴涂上润滑脂，将坐封芯轴从摩擦垫块外筒内插入，使凸耳进入自动槽或人工槽。

14）连接上接头与坐封芯轴并将丝扣拧紧。

15）将密封挡圈与上接头的连接扣拧紧。

16）将旁通外筒套在上接头上，并将旁通外筒与密封接头的连接丝扣拧紧。

三、技术要求

1）摩擦垫块上的横槽磨平后，要更换摩擦块。

2）每只摩擦垫块的弹簧力不小于 0.5kN，否则更换弹簧。

3）旁 通外筒与密封接头、密封接头与胶筒芯轴之间的连接丝扣的拧紧扭矩为0.6kN·m。上接头与坐封芯轴之间的连接丝扣的拧紧扭矩为 2.76kN·m。

4）三只胶筒的标准配置是：90°—70°—90°。

5）每道丝扣在连接之前涂上适量的黄油。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分	10
3	操作步骤第 1～5 步发生错误或不能完成，每一步扣 3 分	15
4	操作步骤第 7 步中的检查项目，漏掉一项扣 2 分	15
5	漏掉第 8 步扣 5 分	5
6	漏装 13315 号“ 0 ”型圈，每漏装一只扣 5 分	10
7	漏装或错装 81241 号端面密封圈扣 10 分	10
8	胶筒的排列方式 不符合技术要求中的第 4 条扣 10 分	10
9	操作步骤第 12～16 步发生错误或不能完成，每步扣 2 分	10
10	不按技术要求第 3 条规定拧紧丝扣，每处扣 2 分	5
11	操作完后不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	40 min	100

项目八　保养 95mm 液压锁紧接头
(以锁紧面积为 0.25in^2 的锁紧接头为例)

一、准备工作

1）选好工具用具：1219mm 管钳两把、 40mm×0.7m 铜棒一根、清洗油盆一个、取“ 0 ”型圈专用工具一件、装“ 0 ”型圈专用工具一件。

2）备齐下列器材：13238 号“ 0 ”型圈 4 只、13309 号“ 0 ”型圈 2 只、13234 号“ 0 ”

型圈 2 只、汽油 2000g、黄油 500g。

二、操作步骤

1）将上接头夹于虎钳内，卸掉下接头。

2）拔出芯轴和密封套。

3）取出各部位的“ 0 ”型圈。

4）清洗各部件，检查密封套内壁是否光滑无磨损，检查上、下接头内及芯轴上的内外支承环是否损伤、变形，如有损伤和变形应更换。

5）将 4 只 13238 号“ 0 ”型圈中的 2 只装在下接头内，另外 2 只装在上接头上部“ 0 ”型圈槽内。

6）将两只 13309 号“ 0 ”型密封圈装在上接头下部的“ 0 ”型圈槽内。

7）将两只 13234 号“ 0 ”型圈装在芯轴上。

8）在各个密封面和丝扣上涂上适量黄油。

9）将上接头夹于虎钳内，在上接头顶部的宽密封圈槽内填满黄油，让该槽内的“ 0 ”型圈在槽的最上部。

10）将密封套装入上接头，在芯轴上的宽密封圈槽内填满黄油，让该槽内的“ 0 ”型圈处于槽的最下部。

11）将芯轴插入密封套内。

12）将下接头装在上接头上，并将连接丝扣拧紧。

三、技术要求

1）上接头与下接头连接丝扣的组装扭矩为 2760N·m。

2）芯轴的组装位置为：芯轴露出上接头上端面 194mm。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标　准　分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、器材错选一件扣 2 分	10
3	操作步骤第 1～3 步发生错误或不能完成，每一步扣 3 分	10
4	零件未经清洗就组装扣 5 分	5
5	操作步骤第 4 步中的检查项目，漏掉一个扣 2 分	10
6	“ 0 ”型圈漏装或错装，每只扣 3 分	25
7	操作步骤第 8～12 步发生错误或不能完成，每一步扣 3 分	15
8	组装扭矩不符合技术要求第 1 条的规定扣 10 分	10
9	芯轴组装位置不符合技术要求第 2 条的规定扣 5 分	5
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	40 min	100

项目九　保养 95mm 安全接头

一、准备工作

1）选好工具、用具：1219mm 管钳两把、 40mm×0.7m 铜棒 1 根，取“ 0 ”型圈专用

工具一件，清洗油盆一个。

2）准备下列器材：13307 号、13312 号“ 0 ”型圈各 1 只、汽油 2000g、黄油 300g。

二、操作步骤

1）将公扣体夹于虎钳内，卸下母扣体。

2）从公扣体上取下 13307 号和 13312 号“ 0 ”型圈。

3）清洗公扣体和母扣体。

4）在公扣体上安装 13307 号和 13312 号“ 0 ”型圈。

5）用黄油润滑公扣体和母扣体的粗牙配合螺纹，然后用手指或布擦去牙齿上多余的黄油。

6）将公扣体和母扣体连接起来并拧紧。

三、技术要求

1）不准用铅基、锌基黄油润滑粗牙螺纹，推荐用锂基黄油。

2）公扣体和母扣体的组装扭矩为 2760N·m。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、器材错选一件扣 2 分	10
3	操作步骤第 1～2 步发生错误或不能完成，每步扣 5 分	10
4	零件未经清洗就组装扣 10 分	10
5	“ 0 ”型圈漏装或错装，每只扣 7 分	20
6	组装时漏涂黄油扣 10 分	10
7	黄油品种不符合技术要求第 1 条扣 15 分	15
8	组装扭矩不符合技术要求第 2 条扣 15 分	15
9	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	20min	100

项目十　将 95mmTR 震击器的计量行程由 5″调至 7″

一、准备工作

选好工具、用具：6″螺丝刀 1 把、0.9kg 小锻锤头一把。

二、操作步骤

1）用螺丝刀撬起扣环，将锁环从螺母凹槽内拉出。

2）转动调时螺母，使螺母的凹槽离开“ 5 ”字，当螺母的凹槽底边对着“ 7 ”字中间时，停止转动。

3）用螺丝刀再撬起扣环，将锁环推入调时螺母凹槽内，松开螺丝刀，扣环将锁环锁住。

三、技术要求

1）撬扣环时，不要将扣环撬得过高，或取下扣环。

2）调时螺母要用手转动，不准用管钳卡,锔头敲，以防变形。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 5 分	5
3	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
4	操作步骤第 2 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
5	操作步骤第 3 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
6	违反技术要求第 1 条扣 20 分	20
7	违反技术要求第 2 条扣 20 分	20
8	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	20 min	100

项目十一　给多流测试器加注液压油

一、准备工作

1）选好工具、用具：专用加油泵一台、专用加油接头两个、8″活动扳手一把、回油管一根、0.9kg 小锔头一把、6.35mm 内六方扳手一把。

2）准备 UCON—LB—1200—X 液压油 15～20L。

二、操作步骤

1）将多流测试器放在虎钳内，使上接头端低于下接头端（上低下高，略呈倾斜）。

2）卸下延时机构的两个注油塞。

3）将注油接头接在靠近上接头一端的上注油孔内，将回油接头连同回油管接在下注油孔内。

4）借助快速接头和橡胶软管将注油泵和注油接头连接起来。

5）以中到低速向延时机构内泵油，延时机构内的空气和液压油从回油接头经塑料软管排出，进入泵的油桶内，继续慢慢泵油，直到回油管不排出气泡为止。

6）从下注油孔卸下回油接头，将一只注油塞装入孔内，用油泵打压并保持一段时间，以判断“ 0 ”型圈是否漏油和将补偿活塞推到外筒最顶端。

7）如果发现补偿活塞有移动，卸掉下注油塞，装上回油接头和回油管。

8）继续泵油，直到回油管无气泡排出为止。

9）卸掉回油接头。松开快速接头，卸掉注油接头，将两个注油塞装入上、下注油孔内。

三、技术要求

1）加油前先检查油泵的油桶内油量应不少于 15L。如果油量太少，工具内的气泡还未排净，液压油已循环一周，油中气泡太多，空气不易排净。

2）加油时，泵的操作是由中速到低速，边泵油，边用锔头轻轻敲打阀外筒。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分	10
3	操作步骤第 1 步做错扣 3～10 分	10
4	操作步骤第 2～4 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
5	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
6	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
7	操作步骤第 7 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
8	操作步骤第 8～9 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
9	违反技术要求第 1 条扣 10 分	10
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目十二　给 127mm 裸眼旁通阀加注液压油

一、准备工作

1）选好工具、用具：专用加油泵一台、专用加油接头两个、203mm 活动扳手一把、回油管一根、0.9kg 小锤头一把、6.35mm 内六方扳手一把。

2）准备 UCON—LB—1200—X 液压油 15～20L。

二、操作步骤

1）将旁通阀立起，向下顿几下，让阀芯轴下移。

2）将旁通阀置于虎钳内，使公扣端略低于母扣端（上高下低，略呈倾斜）。

3）卸掉阀外筒上的上、下两个注油塞。

4）将回油接头连同回油管一起装在上注油孔内，将注油接头装在下注油孔内。

5）借助快速接头和橡胶软管将加油泵与注油接头连接起来。

6）以中到低速向阀外筒内泵油，外筒内的气体和液压油从回油接头经回油管排出，进入油桶内。继续泵油，直到回油管不排出气泡为止。

7）卸掉回油接头，将注油塞装入上注油孔。用油泵打压，把补偿活塞推到外筒的最下部。

8）卸掉上注油塞，装上回油接头和回油管，继续慢慢泵油，直到无气泡排出为止。

9）卸掉回油接头，装上注油塞。松开快速接头，卸掉注油接头，装上注油塞。

三、技术要求

1）加油前先检查油泵的油桶内油量不少于 15L。如果油量太少，工具内的空气还未排净，液压油已循环一周，油桶内的油混气太多，空气不易排净。

2）加油时，泵的操作是由中速到低速边泵油边用锤头轻轻敲打阀外筒。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分	10
3	操作步骤第 1 步做错扣 3～10 分	10
4	操作步骤第 3～5 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
5	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 15 分	15
6	操作步骤第 7 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
7	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
8	操作步骤第 9 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
9	违反技术要求第 1 条扣 10 分	10
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目十三　给 152mm 安全密封加注液压油

一、准备工作

1）选好工具、用具：专用加油泵一台、专用加油接头两个、回油管一根、专用扳手组件（芯轴拉拔器）一套、0.9kg 小铁郎头一把、203mm 活动扳手一把、6.35mm 内六方扳手一把。

2）准备 UCON—LB—1200—X 液压油 15～20L。

二、操作步骤

1）将安全密封夹于虎钳内，用扳手组件（芯轴拉拔器）把芯轴拉到最下部。

2）松开虎钳，让安全密封的下端低于上端（上高下低，略呈倾斜）。

3）卸掉安全密封上、下两只注油塞。

4）将回油接头连同回油管装在上注油孔内，注油接头装在下注油孔内。

5）借助快速接头和橡胶软管，将加油泵与注油接头连接起来。

6）以中到低速向安全密封内泵油，工具内的空气和液压油从回油接头经回油管排出，回到油桶内。

7）加油时，要边泵油边转动，时而滑阀朝上，时而止回阀朝上。慢慢泵油，慢慢排气，地到回油管不排出气泡为止。

8）卸掉回油接头，松开快速接头，卸掉注油接头。将两只注油塞分别装在上、下注油孔内。

三、技术要求

1）给安全密封加油前必须将芯轴拉到最低位置，否则，工具内的空气排不净，油也加不满。

2）加油前应先检查油泵的油桶内油量不少于 15L。

3）加油时，泵油的速度是由中速到低速。边慢慢泵油，边用郎头轻轻敲打短节和油室外筒。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分	10
3	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
4	操作步骤第 2 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
5	操作步骤第 3～5 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
6	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
7	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
8	违反技术要求第 1 条，扣 10 分	10
9	违反技术要求第 2 条，扣 10 分	10
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目十四　对 95mm 多流测试器进行液压延时性能试验

一、准备工作

1）选好工具用具：230×231 调试接头一对，矿场压力机（调试架）一台，1219mm 管钳两把。

2）接通矿场压力机的电源，打开电动机电源开关，试运转 3min。

二、操作步骤

1）将多流测试器夹于虎钳内，把 231 和 230 扣型的调试接头分别装在工具的母扣和公扣上并拧紧。

2）吊起多流测试器放入调试架，让多流测试器上接头朝调试架液压泵的方向。

3）调节好调试架的距离，用两个销子将多流测试器上、下两个调试接头固定在调试架上。

4）逆时针转动液压操纵箱上的泄压阀。

5）启动液压泵，对多流测试器施加轴向拉力，同时顺时针转动泄压阀，使操纵箱上的负荷表指针指到 136kN。

6）改变操纵阀杆的方向，给多流测试器施加 136kN 的轴向压力，同时观察多流测试器受压时的空行程，记录从“A”点到“B”点的延时时间，观察芯轴下行最后是否出现 25.4mm 的自由行程。

7）改变操纵阀杆的方向，拉出多流测试器的芯轴，再对多流测试器施加 136kN 的轴向压力，让换位销移到换位槽的“D”点。再改变操纵阀杆的方向，对多流测试器施加拉力，换位销即可回到起点位置。

8）抽出拴在上、下调试接头上的两个销子，从调试架内吊出多流测试器。

9）从多流测试器上卸下两个调试接头，性能检验完毕。

三、技术要求

1）多流测试器的液压延时性能受环境温度的影响。95mm 的多流测试器施加 136kN 的轴向压力，环境温度在 20～25℃时的延时时间为 2～5min 为合格。

2）95ｍｍ多流测试器受轴向压力时，空行程超过15ｍｍ，要补加液压油。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	工具、用具错选一件扣2分	10
3	操作步骤第1～4步，发生错误或不能完成扣5～20分	20
4	操作步骤第5步，发生错误或不能完成扣10分	10
5	操作步骤第6步，发生错误或不能完成扣15分	15
6	操作步骤第7步，发生错误或不能完成扣15分	15
7	操作步骤第8～9步，发生错误或不能完成扣5～10分	10
8	违反技术要求第2条，扣10分	10
9	操作完不收回工具、用具扣5分	5
定　额	60ｍin	100

项目十五　用氮气对多流测试器的取样器进行试压

一、准备工作

1）选好工具用具：内六方扳手一把、 40ｍｍ×0.7ｍ铜棒一根、152.4ｍｍ活动扳手一把、放样短节一个、调压阀总成一套。

2）准备高压软管一根、氮气一瓶。

二、操作步骤

1）将取样器夹于虎钳内，让取样芯轴处于关闭位置（芯轴与取样器上端面平齐）。

2）卸掉下泄油塞，装上带快速接头公头的放样短节。

3）松开取样器下泄油阀，使阀贴着弹性挡圈。

4）拧紧上泄油阀，卸松或卸掉上泄油塞。

5）将调压阀总成装在氮气瓶上。将带快速接头的橡胶软管一端接在调压阀总成上，另一端接在取样器上的放样短节上。

6）打开气瓶角阀，调压阀总成上25ＭPa的压力表显示气瓶内的压力，1.6ＭPa的压力表应显示为零。

7）顺时针转动调压阀手柄，气瓶内的气体进入取样器，继续转动调压器手柄，直到1.6ＭPa压力表的压力值升到0.8ＭPa为止。

8）关闭气瓶角阀，逆时针转动调节器手柄，直到调压阀完全关闭为止。让取样器稳压5～10ｍin。

9）打开上泄油阀，放掉取样器内的压力。

10）从放样接头处松开快速接头，卸掉放样接头和上泄油塞，关闭下泄油阀。

11）将放样接头装入上泄油塞孔内，用快速接头和软管将气瓶和放样接头连接起来。

12）重复第6，7，8步，经两次试压，各稳压5～10ｍin，压力不降说明取样器保养合格。

13）打开下泄油阀，放掉取样器内的压力，松开橡胶软管两端的快速接头，再卸掉放样接头。

14）将两只泄油塞装入上、下泄油塞孔内，把两只泄油阀关闭。

15）从气瓶上卸下调压阀总成。至此，试压结束。

三、技术要求

取样器试气压要进行两次，以检验两个泄油阀在开启和关闭位置上均密封可靠。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分	10
3	操作步骤第 1～4 步，发生错误或不能完成扣 3～10 分	10
4	操作步骤第 5 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10
5	操作步骤第 6～7 步，发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
6	操作步骤第 8～9 步，发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
7	操作步骤第 10～12 步，发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
8	操作步骤第 13～15 步，发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
9	违反技术要求扣 10 分	10
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	45 min	100

项目十六　从 95mm 多流测试器上整体卸下取样器

一、准备工作

选好工具用具：内六方扳手一把、1219mm 管钳两把、专用扭矩销一个。

二、操作步骤

1）从泄油阀接头上卸下扭矩塞，看塞孔是否已和上密封芯轴的槽对准。如果未对准，把泄油阀接头与阀外筒之间的丝扣松开，转动泄油阀接头，让孔和槽对准。

2）从扭矩塞孔中插入扭矩销，使取样芯轴与泄油阀接头的相对位置保持固定。将扭矩销上的丝扣拧入泄油阀接头上的扭矩塞孔中。

3）卸掉泄油阀接头与外筒的连接丝扣。由于插入了扭矩销，在卸泄油阀接头的同时，也将上密封芯轴与下芯轴的连接丝扣卸开了。

4）卸掉取样器的下接头。

三、技术要求

1）泄油阀接头上的扭矩塞孔，只能装入扭矩销并把丝扣拧紧，决不能用扳手或铁棍代替。

2）严禁打开取样器，以免使取样器中的气体逸出。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 5～20 分	20
4	操作步骤第 2 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10
5	操作步骤第 3 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10
6	违反技术要求第 1 条扣 20 分	20
7	违反技术要求第 2 条扣 20 分	20
8	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	20 min	100

项目十七　在放喷求产过程中，将钻台管汇左侧的大油嘴换成小油嘴

一、准备工作

1）选好工具用具：914mm 管钳两把、3.6kg 铁锤头一把、专用油嘴扳手一把。

2）准备大、小直径油嘴各一个。

二、操作步骤

1）打开钻台管汇右侧两个旋塞阀，让井内流体通过。

2）关闭钻台管汇左侧两个旋塞阀。

3）用锤头砸松左侧阻流器三通上的活接头，此时活接头上的放压孔放掉左侧两阀间的压力。

4）卸掉活接头，从三通内取出阻流器滤网，用油嘴扳手卸松大油嘴，然后将大油嘴取出。

5）将一个小油嘴装入阻流器短节内，用油嘴扳手拧紧。

6）将阻流器滤网装入阻流器三通内。

7）将活接头装在阻流器三通的丝扣上，砸紧。

三、技术要求

砸阻流器三通上的活接头时，工作人员不要正对活接头上的放压孔，以防管汇内的带压油气冲出伤人。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	操作步骤第 1～2 步，发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
4	操作步骤第 3 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10
5	操作步骤第 4 步，发生错误或不能完成扣 15 分	15
6	操作步骤第 5 步，发生错误或不能完成扣 15 分	15
7	操作步骤第 6 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10

续表

序　号	评　分　标　准	标 准 分
8	操作步骤第 7 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10
9	违反技术要求扣 10 分	10
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	20 min	100

项目十八　保养 95mm 多流测试器的换位机构

一、准备工作

1）选好工具用具：1219mm 管钳两把、内六方扳手一把、取“ 0 ”型圈专用工具一件、清洗油盆一个。

2）准备下列器材：13304 号“ 0 ”型圈 2 只、13249 号“ 0 ”型圈 1 只、汽油 2000g、黄油 1000g。

二、操作步骤

1）将多流测试器的连接外筒夹于虎钳内。

2）将一把管钳卡在花键外筒上作背钳，卸掉上接头。

3）取下花键外筒上的背钳，卸掉花键外筒。

4）从花键套上卸下换位销。

5）取出上接头内的两只 13304 号的“ 0 ”型圈和花键外筒上部的 13249 号“ 0 ”型圈。

6）清洗上接头、花键外筒、花键芯轴、花键套和止推垫圈。

7）检查花键槽有无损伤、换位销有无变形、止推垫圈有无变形，发现问题及时修理或更换零件。

8）将两只 13304 号“ 0 ”型圈装入上接头，将一只 13249 号“ 0 ”型圈装入花键外筒。把换位销装在花键套上。

9）沿花键槽滑动花键套，观察花键套滑动是否顺畅、灵活。

10）给花键芯轴和花键套涂满黄油，摆正六个止推垫圈。

11）把花键外筒套在花键芯轴上，拧紧与连接外筒间的连接丝扣。

12）把上接头装在花键芯轴上并拧紧。

三、技术要求

1）换位机构内要充满黄油，保证换位销在换位槽内滑行畅通无阻。

2）不要在取样器已卸掉的情况下拆卸花键外筒。否则，组装时花键外筒很难与连接外筒连接起来。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5

续表

序　号	评　分　标　准	标 准 分
2	工具、用具错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	操作步骤第 2～5 步，发生错误或不能完成扣 3～10 分	10
4	操作步骤第 6 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10
5	操作步骤第 7 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10
6	操作步骤第 8 步，发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
7	操作步骤第 10 步，发生错误或不能完成扣 10 分	10
8	操作步骤第 11～12 步，发生错误或不能完成扣 5～10 分	15
9	违反技术要求第 1 条扣 5 分	5
10	违反技术要求第 2 条扣 10 分	10
定　额	30 min	100

项目十九　保养 127mm 裸眼旁通阀的主旁通阀

一、准备工作

1）选好工具用具：1219mm 管钳两把、914mm 管钳一把、取“O”型圈专用工具一件、清洗油盆一个。

2）准备下列器材：13246 号“O”型圈 1 只、15635 号“V”形圈 6 只、汽油 2000g、黄油 300g。

二、操作步骤

1）将旁通阀外筒夹于虎钳内。

2）卸掉密封短节。

3）卸掉密封压帽，取下密封芯轴套。

4）从密封芯轴套上取下支承环、“V”形密封圈、压环和 13246 号“O”型圈。

5）清洗卸下来的各部件，按拆卸前各零件的排列顺序，将 13246 号“O”型圈、压环、6 只“V”形圈、支承环涂上适量黄油后装在密封芯轴套上。

6）把密封芯轴套套在阀芯轴上。

7）把密封压帽装在阀芯轴上。

8）将密封短节内密封面涂上黄油，装在阀外筒上。

三、技术要求

1）六只“V”形密封圈的唇口必须朝上。

2）密封短节与阀外筒之间的连接丝扣的组装扭矩为 8000～10000N·m。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10

续表

序　号	评　分　标　准	标 准 分
3	操作步骤第 2～4 步，发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
4	零件未经清洗就组装扣 10 分	10
5	漏装或错装“ 0 ”型圈扣 10 分	10
6	漏装或错装“ V ”形圈、压环、支承环扣 5～15 分	15
7	操作步骤第 6～8 步，发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
8	违反技术要求第 1 条扣 10 分、第 2 条扣 5 分	15
9	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	30 min	100

项目二十　解除 140mm 卡瓦封隔器下钻中途遇阻的故障

一、准备工作

选好工具用具：1219mm 管钳两把。

二、操作步骤

1) 根据现象判断遇阻原因：

①封隔器在一个固定的位置遇阻，是属于套管变形。

②封隔器在一个较固定的范围内遇阻，。是稠油或稠钻井液阻挡工具下行。

③封隔器遇阻后只能上提不能下放，是封隔器坐封后，稠油或稠钻井液（泥饼）将封隔器卡瓦包死，导致凸耳不能回位。

④封隔器遇阻后，经上提再下放可解除，说明是封隔器中途坐封，井筒正常。

2) 处理方法：

①遇阻后要立即上提或高速上提，提一段下放试探一下，如能解阻则继续下钻，不能解阻时，就多起几柱再下放，经多次起放还不能解阻时，将工具起出。

②检查封隔器，如封隔器无问题则对井筒进行处理。

三、技术要求

1) 下测试管柱过程中，接单根或双根后，最初 2～3m 下放速度要慢，以便及时发现遇阻，防止顿钻。

2) 测试管柱遇阻后，上提管柱要小心，不能把上扣的接头提得过高，以免造成卸扣困难。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	不能正确判断遇阻原因扣 25 分	25
4	非井筒原因，不能解除遇阻故障扣 25 分	25

续表

序　号	评　分　标　准	标 准 分
5	违反技术要求第 1 条扣 10 分、第 2 条扣 10 分	20
6	造成测试阀打开扣 15 分	15
定　额	60 min	100

项目二十一　MFT—50　型推车式干粉灭火器的操作使用

一、准备工作

把灭火机放在火场的上风位置，顺风方向。

二、操作步骤

1）将灭火机尽量推近火场；

2）打开二氧化碳瓶开关；

3）开启喷枪对准火焰的根部，左右横扫直至将火扑灭；

4）救火完毕及时清除喷带和喷枪内的干粉，防止受潮后干粉在带和枪内结块。

三、技术要求

1）本灭火器只适合于扑救油类、易燃气体和电器一类火灾；

2）灭火时，应将灭火器放在火场的上风位置，在顺风方向进行灭火操作；

3）将灭火器存放于防潮、防暴晒、易推出的地方；

4）使用的温度范围是 - 10℃～ + 55℃；

5）每年进行一次干粉是否有结块现象的检查；

6）驱动气体如少于原充装量的 10 %，应立即补充；

7）每三年进行一次筒体的水压试验，压力为 2. 4 MPa。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	操作步骤第 1 步发生错误扣 5～10 分	10
3	操作步骤第 2 步，发生错误扣 15 分	15
4	操作步骤第 3 步，发生错误扣 20 分	20
5	操作步骤第 4 步，发生错误扣 10 分	10
6	违反技术要求第 1 条扣 5～10 分	10
7	违反技术要求第 2 条扣 10～15 分	15
8	违反技术要求第 3 条扣 5 分	5
9	违反技术要求第 4 条扣 5 分	5
10	违反技术要求第 6 条扣 5 分	5
定　额	60 min	100

第二部分　中　级　工

应　知　理　论

第十单元　石油地质知识

一、石油和天然气的性质

石油和天然气都是由碳、氢两种元素化合而成，都是可以燃烧的物质。

1. 石油的物理性质

原油是由各种碳氢化合物、混合物组成的一种油状液体，它具有独特的性质。

(1) 颜色

原油的颜色因产地不同而差异很大，一般呈棕色、褐色或黑色，也有无色透明的凝析油，颜色的深浅反映原油的性质，原油越好，颜色越淡。

(2) 密度

原油密度单位是 kg/ m^3 或 g/ cm^3。原油的密度变化是很大的，一般在 0.75～1.0g/ cm^3 之间，只有个别大于 1g/ cm^3 或小于 0.75g/ cm^3。在不同油田或同一油田的不同层位中，原油密度也不同。密度大小是原油质量好坏的标准之一。密度小，油质好；密度大，油质差。汽油密度为 0.695～0.745g/ cm^3，煤油密度为 0.705～0.850g/ cm^3，沥青的密度为 1.14g/ cm^3。一般把密度小于 0.9g/ cm^3 的称为轻质油，大于 0.9g/ cm^3 的称为重质油。密度大小决定于原油的组成成分。

(3) 粘度

原油流动时，分子间产生的摩擦力称为粘度。原油粘度的变化决定于温度、压力和化学成分。温度增高原油粘度降低，而压力增高则粘度增大，原油中轻质油组分增加，粘度也随着降低。因此，原油粘度也同密度一样，在不同油田和不同油层中变化是很大的。

(4) 溶解性

原油具有溶解于有机溶剂的性质。原油能够溶解于氯仿、四氯化碳、苯、石油醚、醇等。原油不溶于水，而与天然气可以互溶。特别是当原油中溶有天然气时，原油粘度会大大降低。根据原油的这种性质，可以鉴定岩石中微量原油的存在。

(5) 凝固点

原油由于温度下降，由液体开始凝固为固体时的温度称为凝固点。凝固点的高低主要决定于含蜡量的多少，含蜡越多，凝固点越高。轻质组分含量高，凝固点低。各地原油凝固点的变化范围较大，常变化于 -50～30℃之间。原油除具备上述物理性质外，还具有一般物质所具有的物理性质，如萤光性、不导电性、气味等。

2. 原油的组成

(1) 化学组成

原油中含碳 80%～90%，氢 10%～14%，碳氢比在 5.9%～8.5% 之间，其它元素

(氧、硫、氮) 约占 1.0% 左右，有时可达 2% ～3%。

(2) 组分组成

1) 油质：是组成原油的主要成分。油质含量高，原油质量好；反之，则原油质量差。

2) 胶质：一般都是粘性的或玻璃质的半固体或固体物质。由于原油中轻质成分的蒸发和氧化，胶质将逐渐增加。当胶质含量高时，原油质量差。

3) 沥青质：沥青质为暗褐色或黑色的脆性固体物质。当沥青质含量高时，原油质量也变差。

4) 碳质：是一种非碳氢化合物的物质，不溶于有机溶剂。

3. 天然气的物理性质

天然气是以气态碳氢化合物为主的各种气体组成的混合气体。有的从独立的气藏中采出，有的是伴生在石油中被采出。天然气一般无色，有汽油味或硫化氢味，可以燃烧。

(1) 密度 (相对密度)

$1m^3$ 天然气在 0℃及 1.01325×10^5Pa 下的质量称为天然气的密度，单位是 kg/m^3，密度的大小与气体的分子量成正比，工作中常用是相对密度，即单位体积天然气质量与同体积的空气质量之比。相对密度在 0.58～1.6 之间的多为干气，在 1.6 以上的多为湿气。

(2) 蒸气压力

将某种气体变成液体时所需要的最低压力叫该气体的饱和蒸气压力。蒸气压力随温度增高而增高。在同一温度条件下，碳氢化合物分子量越小，则其蒸气压力也越大。

(3) 溶解度

天然气在石油或水中的溶解量随压力的增加而增加，随温度的升高而减少。当天然气溶于原油之后，就会降低原油密度、粘度及表面张力，使石油的流动性增大。

(4) 热值

每立方米天然气燃烧时所发出的热量称热值。气体热值变化范围很大，天然气中湿气具有最大的发热量，可达 $8.4\times10^4J/m^3$，远比原油的发热量大。

4. 天然气的化学成分

天然气的化学成分以甲烷为主，其次为乙烷、丙烷、丁烷及其它重质气态烃，它们的含量决定于天然气所在油田或气田的地质条件。此外，天然气常含微量氮、二氧化碳、一氧化碳、氢、氦、氩、氙等气体。

二、石油的生成

1. 生油的物质来源

石油和天然气的成因问题一直是石油地质界深入研究的问题。对油气生成的认识，最基本的有两种观点，即有机生成学说和无机生成学说。有机生成学者认为石油是由生物死亡后演变成的，即由生物遗体在适宜的环境下演变成的。无机学说认为石油是无机物生成的，即在地壳深处，高温高压条件下，碳和氢元素化合而成的。

那么，石油是由什么东西生成的呢？世界上绝大多数的油气田是在沉积岩里发现的。在研究现代海底和湖底的近代沉积中，发现其中的有机物质正向石油方面转化。所以说，石油是由生物死亡之后转变生成的。生物所提供的生油原始物质是它的有机质。因此，大量有机质的存在就是石油生成的物质来源。

2. 石油的生成条件

要使沉积物中的有机质能够保存下来，需要有一个特定的地质条件。根据多方面的研究

认为，石油生成的过程大致是这样的：陆地上的动、植物死亡之后，随着泥砂被河流带到海盆地或湖盆地里，与原来水中的生物一起混同泥砂沉积在盆地底部，形成有机淤泥。由于地壳运动的发生，有的地方上升，有的地方就相对下降。沉积盆地就是不断下降的。不断下沉的盆地或坳陷对有机质的聚集才是有利的。随着盆地的不断下降，泥砂就层层沉积下来。先沉积的有机淤泥就被层层泥砂覆盖起来，和空气隔绝。在这种缺氧的“还原”环境下，有机淤泥中的有机质随着沉积物的成岩过程，经过一系列复杂的物理、化学变化，就逐渐变成了石油。

三、石油的聚集

有机淤泥中的有机物质在成岩过程逐渐变成石油或天然气。这种有机淤泥就是生油层，它经压缩、胶结和固化后就形成为泥岩、页岩或泥灰岩。生油层中已形成的油气微滴，在压缩过程中则由于压力差、毛细管力和浓度扩散作用，向压力低，油、气浓度小的大孔隙或裂缝地层运移。

石油和天然气从生油层运移到周围的大孔隙或裂缝地层后，还是很分散的。在这种大孔隙或裂缝的地层，即所谓油、气储集层中，由于受地下水的动力作用，地下水冲洗这些油气微滴，使其向压力低的方向作定向流动，而在流动过程中，又因油、气、水的密度不同而产生油、气、水的重力分异，天然气浮到储集层的顶部，油滴聚集到地下水的上面，分散的油、气微滴就富集起来了（见图 10—1）。

1. 储集层

石油天然气储藏在地下岩石的孔隙、洞穴、裂缝之中，所以把凡是能够储集油、气，并在其中流动的岩层叫做储集层。

(1) 储集层的特征

储集层能够储集油气是因为它具备了两个重要性质：孔隙性和渗透性。孔隙性和渗透性是储集层的最本质的特征。

孔隙性的好坏决定了油、气的储量，渗透性的好坏决定了油、气的产量。

①孔隙度。岩石的孔隙性的好坏通常用孔隙度来表示。岩石孔隙指的是岩石中孔隙、洞穴和裂缝等各种孔隙空间的总和，称为总孔隙体积。总孔隙体积与岩石总体积的比值即为孔隙率或称绝对孔隙率：

图 10—1　初次运移和二次运移示意图

$$\text{绝对孔隙率} = \frac{\text{岩石中总孔隙体积}}{\text{岩石总体积}} \times 100\,\%$$

流体能在其中流动的，相互连通的孔隙称为有效孔隙。有效孔隙体积与岩石总体积之比值称为有效孔隙率：

$$\text{有效孔隙率} = \frac{\text{岩石中的有效孔隙体积}}{\text{岩石总体积}} \times 100\%$$

一般地说，绝对孔隙率大于有效孔隙率。对于疏松砂岩或未胶结的砂层来说，绝对孔隙率与有效孔隙率差别不大，而致密砂岩和碳酸盐岩的绝对孔隙率与有效孔隙率差别很大。各种岩石孔隙率的变化是较大的，砂岩的有效孔隙率一般在 10％～25％之间，甚至在 5％～40％之间，碳酸岩孔隙度一般小于 5％。

②渗透率。在一定的压力差下，岩石本身允许流体通过的性能叫渗透性。渗透性是决定油层产油能力最重要的因素。渗透性的好坏可用渗透率来表示，渗透率的数值可用达西直线渗滤定律来求得：

$$k = \frac{Q \cdot \mu \cdot L}{At(p_1 - p_2)}$$

式中　k——岩石渗透率，μm^2；

Q——液体流量，m^3；

μ——液体粘度，mPa·s；

L——液体通过岩石的长度，m；

A——岩石的横截面积，m^2；

t——液体通过岩石的时间，s；

$p_1 - p_2$——岩石两端的压力差，MPa。

储油气岩层中，油或油水、油气水渗滤的实际渗透率称为有效渗透率。有效渗透率与岩石性质有关，又与流体性质有关，通常是根据试井（测试）资料求得。

(2) 储集层分类

储集层的类型种类比较多，大致可以分成三大类：

1) 碎屑岩类储集层，即颗粒之间孔隙型储集层。碎屑岩类储集层包括砾岩、砂岩、粉砂岩等。

2) 碳酸盐类储集层，即溶蚀的洞穴型储集层和破裂的裂缝型储集层。这类储层包括石灰岩、白云岩、白云质灰岩、生物灰岩等。

3) 其它类型的储集层，如岩浆岩、变质岩、泥岩。这些岩石裂缝、片理、次生孔隙发育的时候，也可成为良好的储集层。

图 10—2　储集层类型示意图

我国已发现的储集层是多种多样的，但也超不出以上三种类型。以大庆油田为代表的属

砂岩颗粒间的孔隙型储集层：以任丘油田为代表的属碳酸盐岩的溶蚀洞穴型和裂缝型储集层；以四川气田为代表的属碳酸盐岩裂缝型储集层。

还有一些特殊的储集层，如在辽河油田见到的火山岩储集层（孔隙型），玉门鸭儿峡油田的变质岩储集层（裂缝型）以及青海油泉子油田的泥岩储集层等（图 10—2）。

2 油气藏构造

油、气运移到储集层后，还不一定能够形成油气藏。在这个过程中，如果剥蚀作用、氧化作用、岩浆作用等各种破坏性因素比较强烈，就可能使油、气再次逸散，而不能形成油、气藏。如果运移过程中遇到遮挡，运移不能继续进行，油、气就可逐渐聚集而成油气藏。这种适于油气聚集，并形成油气藏的场所就叫做圈闭。聚集油、气的构造就是储油构造。

图 10—3 各类地质圈闭示意图

图 10—4 油气藏内油、气、水分布示意图

1—气；2—油；3—水；4—油气界面；5—油水界面

图 10—5 油、气、水边界示意图

1—含气边界；2—含水边界；3—含油边界

油气藏的构造种类很多，但粗略的可分成三大类。

1）背斜构造，或称构造圈闭：构造运动使地层发生褶皱或断裂，这些褶皱或断裂当条件具备时就可形成构造圈闭。如背斜圈闭，断层圈闭等（图 10—3）。

2）地层圈闭：地壳升降运动引起海进、海退、沉积间断、剥蚀风化等，形成超覆不整合、侵蚀角度不整合、假整合等，其上部为不渗透地层覆盖即构成地层圈闭。

3）岩性圈闭：在沉积盆地中，由于沉积条件的差异，造成储集层在横向上发生岩性变化，并为不渗透岩性遮挡时，即形成岩性圈闭。如砂岩尖灭、透镜体等（图 10—3）。

上图是三种基本的圈闭类型，有时还可见到它们彼此相结合而形成的圈闭类型。但勘探工作的重点仍是寻找有利油、气聚集的构造圈闭。

3. 油、气、水在地下的原始分布

油、气进入圈闭以后，又因为油、气、水的密度不同，在圈闭内进一步分成三个层次，天然气密度最小在上面，油在中间，密度最大的水在下面，成为一个完整的油、气藏（图10—4)。

在气与油接触处和油与水接触处，分别叫油气界面和油水界面。从构造平面图看含油边界又叫含油外端或外含油边界，是油水界面与油层顶面的交线，在这边界以外就不是含油区了（见图 10—5)。

在油藏最低处四周衬托着油藏的水叫边水，在油藏下面托着油藏底部的水叫底水，夹层水又叫层间水。

复 习 思 考 题

1. 名词解释:

孔隙度、有效孔隙率、渗透率、有效渗透率、原油凝固点

2. 问答题

1) 原油有哪些独特的物理性质？

2) 原油由哪些元素组成？

3) 原油的组分包括哪几个部分？

4) 天然气有哪些化学成分？

5) 天然气具有哪些物理性质？

6) 储集层最本质的特征是什么？

7) 石油生成的过程是怎样的？

8) 简述油气藏构造种类，并图示说明。

第十一单元　工程测井基本知识

工程测井是一组测量井下工程状况的测井方法。工程测井的主要任务是取得有关井身质量、固井质量、射孔质量以及套管质量等方面的资料，为井下作业提供施工依据。

工程测井中用于测量井身质量的有井斜测量和井径测量；用于检查水泥胶结情况的有固井声幅测井、声波密度测井以及井温测井；用于测量套管平均内径、局部变形、壁厚、腐蚀情况和接箍位置的有磁定位侧井等。

下面就几种常用的工程测井方法作一简单介绍。

一、固井声幅测井

固井声幅测井又称为水泥胶结测井，是声幅测井中的一种，专门用于测量套管外水泥的胶结情况，以检查固井质量和确定水泥上返高度。

声幅测井的基本原理就是由一套声系发射器 T、隔声体、接受器 R 和电子线路组成的仪器。从发射器发出声波后，经套管、水泥环折射回来由接受器接收记录，测量声波经过套管水泥环折射回来的声波能量大小（图 11—1 和图 11—2)。

若套管与水泥胶结良好，这时套管与水泥环的声阻抗差较小，折射波的能量容易通过水泥环向外传播，因此，沿套管传播回来的折射波能量有较大衰减呈现低幅度。若套管与水泥胶结不好，套管外有泥浆存在，套管与管外钻井液的声阻抗差很大，折射波的能量不容易通

图 11—1　水泥胶结测井原理图

过套管外钻井液传播到地层中去，因此折射波能量衰减较小，呈现高幅度。从而利用水泥胶结测井曲线可以判断固井质量和水泥上返高度。

在进行固井声幅测井曲线解释时，为了消除某些因素的影响，通常是采用相对幅度法：

$$\text{相对幅度} = \frac{\text{目的层井段声幅曲线幅度}}{\text{无水泥井段声幅曲线幅度}} \times 100\,\%$$

图 11—2　固井声幅测井曲线

相对幅度愈大，固井质量愈差。一般作如下规定：相对幅度小于 20 % 为胶结良好；相对幅度介于 20 % ～40 % 为胶结中等；相对幅度大于 40 % 为胶结不好（如窜槽）。

二、套管磁测井（磁性定位）

在油田开发过程中，由于井下作业和地下水的腐蚀等原因的影响，套管内外壁都会出现不同程度的损坏，壁厚变薄。因此必须随时掌握套管壁厚变化的准确资料。

套管磁测井就是利用低频交变电磁场在导体中产生的涡流效应来测量套管壁厚和套管接箍位置的一种测井方法。在一个发射线圈中通以低频交流电时，在线圈的周围就会产生交变电磁场，称一次磁场。当线圈外有导体存在时，导体中会出现涡流，这一涡流同样会在接收线圈中感应出感应电动势，称二次感应。涡流产生的二次场与发射圈建立的一次场之间存在相位差，此相位差的大小与套管壁厚成正比，与套管的性质，交流电的频率有关。对于套管磁测井来说，可以根据记录到的相位差大小来分析套管壁厚的变化，如图 11—3 所示。套管磁测井仪同时还可以记录套管内径的微小变化及套管接箍的位置。

三、井径测井

测量井径的变化，是利用井径仪来完成的，井径仪是由受弹簧力作用而伸张的四个井径臂（也叫井径腿），和将井径臂的张缩变化转换成电阻变化的电位器组成，如图 11—4 图 11—5。

实际进行井径测量时，将仪器下到预计深度上，然后通过一定的方式打开井径腿，于

是，互成 90°的四个井径腿便在弹簧力的作用下向外伸张，其末端紧贴井壁。随着仪器的向上提升，井径腿就会由于井径变化而发生张缩，并带动连杆作上下运动。如果将连杆同一个电位器的滑动端相连，则井径的变化便可转换成电阻的变化。当给该滑动电阻上通以一定强度的电流时，滑动电阻的某一固定端与滑动端之间的电位差将随着其间电阻值的变化而变化。于是，测量这一电位差，便可间接反映井径大小。

井径测井曲线幅度与井径大小成正比，垮塌层，易溶岩层和裂缝溶洞发育井段井径大，有泥饼的渗透层井径小。

井径测井的主要用途是判断岩性、渗透层缝洞发育井段、测井资料的综合解释、固井时用以计算水泥量。

四、井温测井

测量井内温度的测井方法叫井温测井。井温测井主要用于解决油井生产和钻井工程方面的问题，如检查固井质量，确定水泥上返高度，检查压裂效果，确定出水层、吸水层和管外窜槽位置，确定出气层，求取地温梯度，计算各深度地温。

图 11—3　套管磁测井图

图 11—4　井径仪结构示意图

图 11—5　井径测量原理电路图

1. 井温测井的基本原理

井温测井的基本原理是利用井温仪测量井内温度，把温度变化为电位差，连续测定电位差的变化，就可获得随井深变化的井温曲线。

2 井温曲线特征与应用

井温曲线幅度与井温成正比，或与井温梯度成正比。曲线的幅度随地温增高而增大，吸水量大的层温度低，产气层段温度低。水泥井段，曲线幅度增高，出气井段曲线幅度降低。

(1) 寻找油气层

当天然气从高压气层中进入低压井筒中时，气体体积迅速膨胀，这是个吸热过程，因此在产气层段温度变低。在井温曲线上，以明显的低温异常描绘出产气层（如图 11—6)。

图 11—6 井温曲线寻找气层实例　　图 11—7 检查压裂效果的井温曲线

(2) 评价酸化、压裂效果

酸化、压裂是常见的增产措施，其实施效果常用井温曲线来检查。

进行酸化处理时，挤入地层的酸液和地层中堵塞地层流体通道的化合物作用产生放热反应。酸化处理后进行井温测量，根据曲线上出现的正异常，说明酸液进入该井段地层（图 11—7)。进行压裂作业时，会有一定数量的压裂液挤入地层。所用压裂液的温度与地层温度不同，在压裂作业后进行井温测量，根据曲线上局部异常变化，可确定被压裂层位。

复 习 思 考 题

1. 如何利用固井声幅测井曲线判断固井质量？
2. 套管磁测井的用途？
3. 如何利用井径测井曲线判断井径大小？
4. 井温测井的基本用途？

第十二单元　裸眼井测试

裸眼井测试通常在砂泥岩或灰岩裸眼地层中进行，现场多采用 127mm MFE 测试工具或膨胀式测试工具。现对 127mm MFE 工具裸眼测试管柱进行介绍。

一、裸眼井测试管柱

裸眼井测试管柱由反循环阀、多流测试器、裸眼旁通、震击器、安全接头、安全密封、裸眼封隔器、重型筛管、压力计托筒等测试工具组成，见图 12—1，裸眼井测试管柱工作原理见图 12—2。

图 12—1　裸眼单封隔器测试管柱

1. 下井

下井时，多流测试器测试阀关闭，副旁通阀打开，安全密封不起作用，封隔器胶筒处于收缩状态。

2. 流动测试

测试工具下至井底后，接上带有控制头的短钻杆下放钻柱加压至预定负荷，副旁通阀关闭，封隔器胶筒受压膨胀密封环形空间，多流测试器测试阀延时打开，钻柱自由下落 25.4mm，这是主阀的开井显示。地层流体经筛管和测试阀进入钻杆内，压力计记录流动压力变化，直至预定设计时间。

3. 关井测压

上提管柱至“自由点”悬重（即上提管柱时指重表上悬重瞬间不再增加的那个悬重读数），并比“自由点”悬重多提 8900～13400N 的拉力，然后下放管柱至原坐封负荷，测试阀关闭，进行关井测压，压力计记录恢复压力。重复 2、3、操作，可进行多次流动和关井。上提换位操作时，旁通阀向上有延时瞬间打不开，保持关闭，安全密封受环空液柱压力和地层压力之差的作用对封隔器起液压锁紧作用，封隔器保持密封。

4. 起出

关井结束后，上提管柱施加拉力，经延时后，旁通阀拉开，平衡封隔器上下方的压力，安全密封因无压差作用，失去锁紧功能，封隔器胶筒收缩，测试阀仍然关闭，取样器内收集

了流动结束时的地层流体样品，即可解封起钻。

二、裸眼井测试工具

1. 多流测试器

裸眼井测试一般采用127mm多流测试器，其工作原理与95mm多流测试器基本相同，其结构不同点是：

1）取样器容积大，为2500cm^{3}而95mm MFE取样器容积为1200cm^3。

2）127mm MFE液压面积为25.8cm^2，而95cm MFE的液压面积为9.68cm^2。

3）127mm MFE芯轴上的塞子在处理下部筛管遇卡时可施加68.95MPa的泵压冲出，由于芯轴最小孔径为23.8mm，从而可下井下爆炸器在卡点处爆炸松扣，将多流测试器起出，从取样器中获得可靠的地层流体样品。

127mm MFE结构如图12—3所示。

2. 裸眼旁通阀

裸眼旁通阀接在多该测试器的下方，其作用是：

1）起下钻遇到缩径井段时，钻井液从管柱内部经旁通通过，从而减少起下钻阻力和抽吸力。

2）测试结束时，拉开旁通阀，使封隔器上下方压力平衡，便于封隔器解封。

图12—2　裸眼测试工作原理图

旁通阀的结构如图12—4所示，它由主旁通阀、延时阀和副旁通阀组成。延时阀由阀、阀外筒、阀芯轴、上密封活塞和补偿活塞组成。阀腔内充满4607号合成液压油或（UCON LB—1200X液压油）。它上提拉伸延时，下放压缩不延时，下放管柱坐封封隔器时，延时阀不延时，旁通阀立即关闭。而上提MFE进行换位操作时，由于延时阀延时，保持安全密封封隔器坐封。当需要解封起钻时，上提管柱对延时阀施加8900N的拉力，延时1～2min，即可拉开旁通阀。

主旁通阀由密封短节和一组装在阀芯轴上的“V”形密封件所组成，下压阀芯轴，“V”形密封件就关闭密封短节上的旁通孔，上提拉伸延时后又可打开主旁通阀。

副旁通阀由上接头、花键芯轴、平衡密封套、平衡阀套和螺旋销组成。平衡阀套用螺旋销固定在平衡密封套上，平衡密封套的孔与花键短节的旁通孔对齐，这样副旁通在下钻时旁通孔保持开启。下钻遇阻时，主旁通因下放不延时将会立即关闭使下钻液流无法旁通，钻具难以下行。而副旁通由于多流测试器下放时延时，其芯轴不下行，副旁通的螺旋销不会剪断，旁通孔保持开启，起旁通环空液流的作用，就能顺利通过遇阻井段。副旁通只是在坐封封隔器时，多流测试器的测试阀打开前的一瞬间，由于MFE芯轴下行，而下压平衡阀套将

图 12—3　多流测试器结构图

1—上接头；2—油嘴挡图；3—0 型圈；4—花键芯轴；5—0 型圈；6—沉头管塞；7—上外筒；8—垫套；9—0 型圈；10—止推垫圈；11—花键套；12—J 形销；13—花键短节；14—上芯轴

图 12—4　裸眼旁通阀结构图

1—上接头；2—平衡密封套；3—0 型圈；4—锁球；5—0 型圈；6—螺旋销；7—0 型圈；8—平衡阀套；9—花键芯轴；10—花键短节；11—上密封活塞；12、13—0 型圈；14—阀挡圈；15—螺旋锁环；16—阀；17—阀芯轴；18—阀外筒；19—0 型圈；20—注油塞；21—补偿活塞；22—挡圈盖；23—密封芯轴套；24—0 型圈；25—V 形密封圈；26—密封压帽；27—密封短节；28—非挤压环；29—密封保护挡圈；30、31—密封

螺旋销剪断，使平衡阀套将平衡密封套和花键芯轴上的旁通孔关闭。副旁通关闭后就不能打开了。

3. 安全密封

安全密封与裸眼封隔器配套组成安全密封封隔器，其作用是当操作多流测试器进行开关井时，给封隔器一个锁紧力，使封隔器保持坐封。安全密封的结构如图 12—5 所示。

它由活动接箍、阀短节、密封芯轴、油室外壳、连接短节、止回阀和滑阀总成组成。密封芯轴和密封螺母之间的油腔充满了 4607 号液压油（或 UCON LB—1200X 液压油），其锁紧作用是靠液压滑阀和止回阀起作用的，如图 12—6 所示。止回阀即单流阀，与上、下油室

相通，只允许液压油从下油室流向上油室，而不允许从上油室流向下油室。当给封隔器施加压缩负荷时，液压油就从下油室经止回阀流到上油室。滑阀是一种靠压力差推动的控制阀，如果滑阀两端均受钻井液液柱压力的作用，则处于平衡状态，即处于上下油室连通的开启状态；如果滑阀外端受环空钻井液柱压力作用，而内端受地层压力作用，只要钻井液柱压力比地层压力大 1.034MPa，则压差将滑阀推至上、下油室不连通的位置，但只要压差消失，滑阀在弹簧力的作用下，又回到上、下油室连通的位置。

当测试管柱下至井底加压坐封封隔器时，安全密封下油室的液压油很容易地经止回阀和滑阀流向上油室。当封隔器坐封后打开测试阀时，环空钻井液柱压力大于地层压力，压差将滑阀向内推至上、下油室不连通的位置，此时液压油都流至上油室。当操作多流测试器进行开关井时要上提管柱，但由于上油室的油不能流到下油室，安全密封对封隔器起锁紧作用，所以封隔器仍保持坐封状态。

当测试完毕，需要解封封隔器时，上提管柱，对裸眼旁通施加 8900N 的拉力，延时 1～2min，拉开旁通阀，平衡封隔器上下方的压力，滑阀内外端的压差消失，移到原来的开启连通位置，此时液压油从上油室经滑阀自由地流至下油室，安全密封失去锁紧力，封隔器就解封了。

4. 裸眼封隔器

它是机械加压支撑式封隔器，用于封隔裸眼井测试层段与环空液柱的通道，一般与安全密封组成安全密封封隔器，也可单独使用。深井测试用二个封隔器组成一组，其上为安全密封封隔器，下为裸眼封隔器（图 12—7）。

当向封隔器加压时，滑动接箍向下滑动，使胶筒受压膨胀，紧贴井壁，密封环空。这时金属碗压平，其外径增大 19mm，缩小了与井筒的间隙，改善了胶筒受力状况，保证胶筒密封。

图 12—5　安全密封结构图

1—活动接箍；2—密封螺母；3、4—0 型圈；5—注油塞；6、7、8—0 型圈；9—阀短节；10—0 型圈；11—密封芯轴；12—油室外壳；13—连接短节；14、15、17、21、22—0 型图；16—黄油塞；18—滑阀套总成；19—滑阀弹簧；20—滑阀；23—泥浆筛；24—弹性挡圈；25—弹簧；26—止回阀；27—锁紧螺丝；28—孔

胶筒直径根据井径选定，一般比井径小 20～25.4mm。

图 12—6　安全密封工作原理图

金属碗外径（压平后外径）比井径小 6.35～12.7mm，其中底部 10 块比井径小 12.7mm，顶部 5 块比井径小 6.35mm，支承座外径与胶筒外径相同。

当需要将封隔器与安全密封连结在一起组成安全密封封隔器时，则把封隔器的滑动接箍和“0”型圈螺母卸掉，其芯轴和滑头同时与安全密封的连接短节和油室外壳相连接，即可组成安全密封封隔器。

5. 压力计托筒

压力计托筒用于放置压力计和温度计，以便记录测试过程中的地层压力和温度。图 12—8 是压力计托筒的一种。它由上接头、外筒、压力计接头、下接头等组成。当它连接在管柱底部时，则将下接头换成丝堵。压力计装在托筒外筒内，压力计上部与压力计接头连接，压力计接头上有两个传压孔 B，上接头上有两个传压孔 A，如果是作外记录仪，则用带“0”型圈的塞子堵死两 B 孔，压力从 A 孔传入。如果是作内记录仪，则用塞子堵死两个 A

图 12—7　裸眼封隔器结构图

孔，压力从 B 孔传入，托筒可以传递扭矩和承受拉压负荷，其结构如图 12—8 所示。

6. 筛管

筛管是地层流体进入测试阀到管柱内的通道，筛管一般用钻铤做成，并钻有孔。它还起支承作用，裸眼井测试时需配备足够的筛管和尾管（钻铤），并使封隔器坐封于测试层之上的位置。

三、裸眼井测试工艺

1. 裸眼井测试的特点

裸眼井测试是在井壁裸露的井眼中进行，裸露地层有的为坚硬致密的石灰岩和白云岩地层，但大部分为砂泥岩地层。

在砂泥岩地层进行裸眼测试难度较大，主要是害怕卡钻和封隔器封隔不严。测试的上部地层为大段的疏松砂泥岩裸眼井段，如井壁不稳时，易掉块剥落，埋卡封隔器。封隔器以下的地层虽较致密坚实，但在坐封封隔器打开测试阀时，封隔器下部液柱压力突然降低很大，井壁失去支撑力，易形成下部井壁垮塌埋卡支撑管。在测试期间，管柱要在井下静止 8 个多小时，在钻井液性能不好和压差大（液柱压力与地层压力之差）的情况下，易形成压差粘附卡钻。因此砂泥岩裸眼测试最大技术难关是防止卡钻。

其次，砂泥岩地层受到钻井液的长期浸泡，泥岩井段受到钻井液流的冲刷和浸蚀，剥落掉块，形成大肚子井眼，砂岩井段由于钻井液失水，形成厚的泥饼，井径缩小。这种不规则的井径变化，既不利于封隔器的起下，更不利于封隔器的密封。在封隔器坐封时，测试阀打开，产生突然的压降，大的液柱压差作用在封隔器胶筒上，如果胶筒密封不严密或者胶筒接触的地层为疏松的泥岩、带裂缝的砂岩时，易形成封隔器窜漏，因此封隔器坐封时的密封是砂泥岩裸眼测试的第二大技术难关。

图 12—8　压力记录仪托筒

砂泥岩地层裸眼测试的两大技术难关，在石灰岩、白云岩地层也同样存在，只是程度轻重不同而已。

2. 裸眼井测试的要求

(1) 对钻井工艺的要求

1) 采用合理的井身结构，对上部易坍塌疏松地层采用套管封隔，尽量缩短裸眼段长度，裸眼段长度以不大于 1500 m 为宜。

2) 井眼质量好。井斜较小，井径规则，无狗腿和键槽，井壁稳定，无掉块和坍塌现象。

3) 测试前认真划眼通井，达到井眼畅通无阻，最后划眼至井底，充分循环除砂，确保井底无沉砂。

4) 调整钻井液性能，加入适当防卡剂（各种润滑剂、防卡润滑剂、塑料球润滑剂），降

低泥饼摩擦系数，使钻井液性能达优质：含砂量低于0.2%；API高压失水控制在15ml（砂泥岩）或20ml以内（碳酸盐岩）；泥饼摩阻系数<0.15～0.1/45min。

(2) 正确选择坐封位置

封隔器坐封段要选择在地层致密坚硬、垂直裂缝不发育的石灰岩、白云岩和胶结好的砂岩层段，以及井眼规则、渗透率低的泥质砂岩和粉砂岩层段。选择坐封层段还要注意坐封段井径要规则，不能坐封在椭圆形井眼中。为此在测试前要进行双曲线井径测井，选择双井径曲线的互相重合段，及井径曲线规则，长度不短于3m的井段。

(3) 选用合适的测试管柱

封隔器下部全部采用钻铤支撑，钻铤长度不大于80m，这样有利于支撑管的稳定和封隔器的密封。封隔器上部管柱的重量要满足压缩胶筒所需的压缩负荷（胶筒每25.4mm直径加压19.6kN），最好采用双封隔器密封。封隔器胶筒尺寸要根据井温和电测井径进行选择，胶筒直径一般比井径小20～25.4mm，金属碗外径（压平后直径）比井径小6.35～12.7mm，支承环外径与胶筒外径相同。测试管柱中要连接震击器和安全接头，遇到封隔器轻微遇卡时可及时进行震击解卡。测试管柱中应连接两个反循环阀，断销式和泵出式，断销式反循环阀接在多流测试器以上1～2个钻杆立根处，泵出式反循环阀接在断销式上部一个立根处，以防沉砂将断销式反循环阀埋住而砸不开时，可开泵向钻杆内加压打开泵出式反循环阀。

(4) 合理确定测试时间

裸眼井测试时间主要是根据井身质量、钻井液性能来确定。对砂泥岩裸眼井，由于地层比较疏松，容易出现坍塌、粘土膨胀、粘卡等事故，测试时间应控制在钻具允许在井眼内静止停留的时间之内。除起下钻外，一般纯测试时间在6～8h之内，保证在测试结束时能将钻具从井眼中顺利提出。对于碳酸盐岩地层进行的裸眼测试，纯测试时间可以延长，但也要根据测试层上部裸眼井段的长度和是否下技术套管而定。总之裸眼井测试一定要首先考虑井眼的安全，防止造成井下事故。

裸眼井测试开关井时间的分配要根据产层渗透率高低、流动性好坏、测试时的地面显示情况和井眼条件允许钻具静止停留时间来确定。对于砂泥岩裸眼井测试，一般采用一次开关井工艺。

(5) 正确的测试操作

1) 测试压差及液垫的确定。在测度中必须使钻柱内的液柱压力小于地层压力，地层流体才能流入钻柱内。这个压力差值对不同的地层应不相同。若压差过大，对于砂泥岩地层的测试段容易引起地层坍塌，埋卡测试管柱，同时压差过大也会损害油层。若压差过小又可导致地层流体流不出来，或对油藏扰动小，资料反映不出油藏特性。因此正确设计压差，确定合理的液垫高度是搞好测试的重要环节。

2) 测试操作。下放管柱加压坐封封隔器时，要一次加足至所需压缩负荷（按每25.4mm直径加压19.6kN计算）达到一次坐封成功，而不要反复试坐，从而破坏坐封段井壁，造成测试阀打开时环空液面突然下降，井壁坍塌埋卡钻具。

3) 在坐封封隔器时，需有专人观察环空液面，发现封隔器密封不严，环空液面突然下降。应立即上提管柱关闭测试阀，并迅速向环空灌满钻井液。

4) 测试过程中进行换位操作时，当上提至理论自由点悬重，而未出现自由点现象，悬重还一直在增加，应及时分析 是否有卡钻现象，如发现卡钻，应停止测试，及时启动震击器进行震击解卡。

5）测试完，上提钻具解封封隔器时，当发现有卡钻现象，应及时启动震击器进行震击解卡，一般粘附卡钻，及时进行震击即可解卡。

6）非自喷井测试，应先解封，起钻见液面后再进行反循环压井。切不可在未解封时，就进行反循环压井，因反循环的液流会冲刷上部地层的泥砂沉积埋卡在封隔器上，将测试管柱埋卡在井中。同时开始反循环压井时，应控制控制头上的出口闸阀，保持进出口流量一致，如果不对出口进行控制，则因管柱内外压差过大，环空液柱将迅速下降，进口泵排量跟不上，而造成环空裸眼井壁坍塌。反循环替出井内油气后，应关上封井器，充分进行反循环压井，压稳后再起钻。

进行反循环压井后，如管柱内外液柱压力不平衡（因进出口液体的密度差），卸开方钻杆时出现大量外溢现象，切不可改为正循环压井。因为正循环液流从反循环接头断销侧孔处冲出冲击地层，将地层冲垮，而埋卡下部测试管柱。这时可配置 1～2 m^3 重钻井液，用小排量从方钻杆内注入，边注高密度钻井液边上下活动钻具，待进出口压力平衡后，即可提钻。

复 习 思 考 题

问答题

1）绘出裸眼井测试管柱图。

2）裸眼井测试管柱工作原理。

3）127 mm 与 95 mm MFE 有什么不同？

4）裸眼旁通阀的结构和作用是什么？

5）裸眼旁通的副旁通阀的作用是什么？

6）裸眼旁通阀的工作原理？

7）安全密封的结构和作用？

8）安全密封的工作原理？

9）裸眼封隔器的结构和作用？

10）在井深为 3200 m 的 215 mm（$8^1/_2$″）裸眼井中，坐封段平均井径为 235 mm，井下温度为 120℃，应选用哪种尺寸的胶筒、支承座及金属碗？

11）压力计托筒的结构和功用？

12）内外压力计托筒的区别在什么地方？

13）裸眼井测试的特点是什么？

14）裸眼井测试埋卡钻具的因素有哪些？

15）裸眼井测试对钻井液性能有什么要求？

16）裸眼井测试对井眼质量和坐封井段有什么要求？

17）裸眼井测试对测试管柱有什么要求？

18）裸眼井测试操作应注意些什么？

19）测试完反循环压井时，应注意些什么？

第十三单元　套管井跨隔测试

一、套管井跨隔测试管柱

套管井跨隔测试管柱自下而上的排列是：

图 13—1　139.7㎜套管井双封隔器跨隔测试管柱

1）下压力计：记录下封隔器密封情况。

2）带槽尾管：下封隔器下部压力传入下压力计的通道。

3）卡瓦封隔器：将测试层段与下部地层隔开。

4）盲接头：将卡瓦封隔器管内通道封隔开，使下部地层液流不能进入管柱内。

5）压力计及压力计托筒：记录测试层压力变化情况。

6）筛管：测试层液流进入管内通道。

7）剪销封隔器：封隔测试层段与上部环形空间。

8）安全接头：略。

9）震击器：略。

10）套管旁通：起、下钻过程中，旁通环空压井液测试时关闭，解封时拉开旁通，平衡剪销封隔器上下方压力，有利于解封。

11）液压锁紧接头：略。

12）多流测试器：略。

13）反循环阀：略。

其管柱结构见图 13—1。

二、套管井跨隔测试工具

套管井跨隔测试工具除剪销封隔器和套管旁通外，其余与常规测试工具相同。

1. 剪销封隔器

它由上接头、芯轴、胶筒套、下接头、通井规环、隔环、胶筒及剪销等组成（见图 13—2）。

它与卡瓦封隔器配合使用，二者中间配有筛管，用于套管井的跨隔测试。当卡瓦封隔器按坐封步骤坐封后，继续加较大的压缩负荷时，剪销封隔器的剪销剪断，压缩负荷使剪销封隔器坐封，将测试层段与上部环空封隔开，从而可对测试层段进行测试。

2. 套管旁通

它由上接头、芯轴、外筒、凸耳和下接头等组成，芯轴上刻有“J”形槽，下钻时凸耳插入“J”形槽短槽内，其工作原理和卡瓦封隔器“J”形槽相同。下钻时，凸耳处于短槽上部，旁通孔开启，旁通环空压井液。当需坐封封隔器上提管柱时，凸耳处于短槽下部，再右旋管柱 1～3 圈，凸耳转入长槽内，下放加压坐封封隔器时，套管旁通孔关闭。测试完，上提管柱先拉开套管旁通孔，平衡封隔器上下方的压力，有利于封隔器的解封。起钻时旁通孔处于打开状态。

图 13—2　139.7mm 剪销封隔器结构

三、套管井跨隔测试工艺

1）按上述跨隔测试管柱图连接好下井管柱，卡瓦封隔器在下。剪销封隔器在上，中间配以筛管，作为测试层流体进入管柱内通道。

2）将测试管柱下至预定位置，下钻时，套管旁通开启，旁通环空压井液。

3）坐封封隔器步骤与套管井常规测试相同。当卡瓦封隔器按坐封步骤坐封时，套管旁通亦随同卡瓦封隔器的坐封而关闭，卡瓦封隔器坐封后，继续加较大的压缩负荷，剪销封隔器的剪销剪断，剪销封隔器坐封，随后延时 1～2min，测试阀打开，从而对测试层段进行跨隔测试，其测试程序与常规测试相同。

4）测试完，上提管柱拉开套管旁通，平衡封隔器上下方的压力，即可解封封隔器。

其它程序与常规测试相同。

复 习 思 考 题

1. 绘出套管井跨隔测试管柱图。
2. 剪销封隔器的结构和作用是什么？
3. 套管旁通的结构和作用是什么？
4. 套管跨隔测试程序是什么。

第十四单元　高压油气井测试

高压油气井测试，安全生产是最重要的。井口必须装有高压井口压力控制装置，将高压油气流有控制地引导到三相分离器和燃烧器中去，使测试工作安全顺利地进行。

一、高压井口压力控制装置

1. 高压控制头

(1) DMV—15 双翼旋转控制头

双翼旋转控制头的结构如图 14—1，图 14—2 所示，它包括二个主阀，一个旋转头和四个低扭矩旋塞阀组成的双翼流动管汇。旋转头允许钻具转动而不动双翼流动管汇，二个主阀都是球阀、通径大，通过它可进行电缆作业。双翼流动管汇都装有油嘴总成，不必关井就可更换油嘴。

图 14—1　高压地面控制装置

(2) 哈里伯顿“S”型单测试树地面控制装置

“S”型单测试树地面控制装置的结构如图 14—3 所示。

地面控置装置的各部件作用如下:

1) 提升短节，用来提升整个测试管柱。

2) 投杆器，是一个悬挂冲杆的接头，当测试完需进行反循环时，将悬挂冲杆的释放销退出，冲杆即下落，砸开反循环阀。

3) 遥控安全阀，对高压油气井的井口阀可进行远距离控制，为气控（或液控）开关阀。该阀一般处于关闭状态，一旦施加一定的气压即可打开，继续保持这个外压，阀就一直处于开启状态；释放外压，阀就关闭。在井口油气压力作用下保持关闭状态。

4) 多通管汇，钻柱内的油气通过它进入活动管汇及出油管线中去。

5) 压力平衡旋转头，这种旋转头的内部压力是平衡的，用来抵消旋转钻杆时作用在轴

图 14—3　“S”型单测试树地面控制装置

承上的负荷，从而可用摩擦垫片来代替大型轴承，虽然旋转头的强度足以提起测试管柱，但在下面悬着负荷时不允许使用旋转头进行旋转，只有当钻柱坐在转盘卡瓦上时，才能使用压力平衡旋转头。

图 14—2　双翼旋转控制头

6）主阀，为一全开式旋塞阀，在紧急状况下能快速关井。

7）附阀，接在主阀的下部，通过该阀将乙醇加入流道中，防止冬季试气时活动管汇或出油阀被冻结。当使用遥控安全阀时，可从附阀的支管头测量井口压力，欲开关阀时，将螺母旋转 11～15 圈即可。

2. 钻台管汇

采用工作压力为 68.94 MPa 的高压双翼钻台管汇。

3. 活动管汇

采用工作压力为 68.94 MPa 的高压活动管汇，试验压力为 103.41 MPa。

4. 显示头

采用工作压力为 68.94 MPa 的高压显示头，试验压力为 103.41 MPa。

二、高压油气井测试的特点

高压油气井中的天然气具有密度小（仅为原油的 0.07%），可压缩膨胀，易爆炸燃烧和难以封闭等物理化学性能，在高压油气井进行测试，极易引起井喷和燃烧、爆炸。因此，应

作好防喷、防火、防爆工作，如油气中含有硫化氢气体时，则更应作好防毒工作（见第九单元安全生产知识)。

同时，在高压油气测试，管柱内和井口的压力高，它给测试工作带有很大的危险。柱内压力高，管柱内的油气易从丝扣联结处漏出，严重时甚至将管柱刺坏；井口压力高，高压油气易从井口控制头丝扣联结处刺漏，严重时将控制头刺坏，造成井口失控井喷。

三、高压油气井测试的要求

在高压油气井进行测试，除作好防喷、防火、防爆和防毒工作外（见安全生产知识)，最主要的是搞好井控工作，让高压油气流在井下管柱和地面流程内有控制地流动，有控制地引导到出油管线、三相分离器、计量罐和燃烧器中去，从而使测试操作人员能按照测试程序安全地进行测试操作。为此，对下井测试管柱、井口压力控制装置、地面流程和出油管线提出如下的要求。

1. 对测试管柱的要求

1) 在高压油气井测试，为了使环空封隔密封可靠，应装有二个封隔器。在裸眼井测试时装二个裸眼封隔器，其上部为安全密封封隔器；在套管井测试时，在卡瓦封隔上部再装一个安全密封封隔器。这样的双重封隔器，可保证环空的封隔密封可靠。

2) 安装二个反循环阀。下部为断销式反循环阀，上部为泵出式反循环阀，以便在断销式反循环阀被砂堵后，能从管柱内加压打开泵出式反循环阀，形成循环通路，进行反循环压井。

3) 所有测试工具下井前都应进行水压、气压试验。

2. 对下井钻具丝扣连结的要求

下井钻具丝扣要刷干净，涂上高压密封脂，用双钳紧扣，上扣扭矩达到要求，保证丝扣联结在高压油气中不刺不漏。

3. 对井口压力控制装置的要求

要求安装工作压力为 68.94 MPa 的高压井口压力控制装置（包括控制头、钻台管汇、活动管汇、显示头和投杆器)，并试压合格。活动管汇、钻台管汇要用绳索固定牢靠，所有安全链子要固定牢。所有活接头要涂上黄油并确实砸紧，不允许在有压力情况下锤击活接头。

4. 对地面流程的要求

出油管线的丝扣连结要缠上聚四氟乙烯密封带，用管钳上紧，并试压 35 MPa，不刺不漏。管线要用地锚或水泥基墩加地脚螺丝固定牢靠。

地面流程中应装有三相卧式分离器及到计量油罐的出油管线和专用测气计量管线。

三相分离器后面的放喷管线应为直管线，其转弯夹角不小于 120°，放喷管线的出口应接上燃烧器。

5. 对测试操作的要求

测试管柱下至井底，坐封封隔器时，要一次加足所需压缩负荷，做到一次坐封成功。坐封封隔器打开测试阀时，要有专人观察环空液面，如液面不下降则证明封隔器密封良好。

井口出油气时，在钻台管汇上装上适当油嘴控制压力和产量，将油气引导至三相分离器，对油气水进行分离后，再分别流至测试仪表，进行计量。天然气产量很大时，将其引导至临界速度流量计进行计量后，从放喷管线放至燃料器燃烧。如果是高压气井测试，则需要在钻台管汇上换装不同直径的油嘴或针形阀，对井底建立回压进行试气。将油嘴或针形阀由小换大（更换 3～4 次)，改换一次工作制度，可得到不同的压力和产量。

测试完进行反循环压井时，如果是裸眼井测试，则需先进行井下关井，并将封隔器解封后，再进行反循环压井，以防在反循环压井过程中封隔器被沉砂埋卡。封隔器解封后上提1m左右，从投杆器中释放冲杆，砸开反循环阀，这时应立即开动水泥车大排量向环空灌入压井液，同时要尽量控制井口控制头的出口闸阀，以防止环空液面因管内外密度差关系而下降过快，造成井壁坍塌。反循环替出钻柱内油气后，应关上防喷器，充分进行反循环压井，确实证实压稳后，再起钻。尽量不采取正循环压井，以防将井壁冲垮。

如果封隔器坐在套管内测试下部裸眼层段，测试完可先进行反循环压井，将井压稳后，再上提钻具解封封隔器。

高压油气井测试，井口应装有液压防喷器，并备有压井水泥车和足够数量的压井液。

高压油气井地面测试工作应安排在白天进行，如延长至晚上时，应做好防火防爆工作，井架上应安装防爆灯，井场备有探照灯，消防设施齐全，并有消防车在现场值班。

复 习 思 考 题

1. 高压双翼旋转控制头的结构是什么？
2. 哈里伯顿“S”型单测试树地面控制装置由哪些部件组成？它们的作用是什么？
3. 在高压油气井测试，应作好哪些安全工作？
4. 天然气的物理化学性能是什么？
5. 在高压油气井中测试，管柱内和井口压力高，测试工作有哪些危险？
6. 高压油气井测试，对测试管柱有哪些要求？
7. 高压油气井测试，对井口压力控制装置有哪些要求？
8. 高压油气井测试，对地面流程有哪些要求？
9. 高压油气井测试，测试完进行反循环压井时应注意些什么？

第十五单元　油气水的分离与计量

在地层测试中，要精确地计量油、气、水的产量，首先必须将油、气、水分离开，油、气、水的分离要借助于分离器。分离器有二相或三相、立式或卧式之分。在地层测试中，应用得最广泛的是卧式三相分离器。

一、三相（卧式）分离器的结构和工作原理

三相分离器主要由反射板、聚结板消泡器、隔板、消涡器、吸雾器和进口、气出口、油出口、水出口等组成，其结构见图15—1所示。

三相分离器的工作原理：地层流体进入分离器后，流体首先打在反射板上，流体被粉碎，使液体和气体得到初步分离，大部分液体洒落在容器下部，气体携带少量的液滴，流经钢栅时，液滴吸附在聚结板上逐步汇集在一起，靠重力下沉到容器底部，气体再经过消泡器、除雾器等装置，使其中的残留的少量液体进一步分离出来后，到达出气口经放喷管线至燃烧器。液体下沉至容器底部后，靠重力分离，水相沉到油相以下，油面上升超过隔板，进入油室与水完全分开。分离出的水相，从容器底部的出水口，通过油水液面控制器操纵的排水阀排出，以保持油水液面的稳定。油室内的油面由液面调控器操纵排油阀，控制原油排放量，以保持油面的稳定。分离器上装有油水液面计，可以通过板式液面计观察油、水液面。分离器内部还安装了油、水液面控制器，控制器连着调节阀门，以保证油水液面在适当的高

图 15—1　三相（卧式）分离器结构示意图

1—进口；2—反射板；3—聚结板；4—消泡器；5—隔板；6—消涡器；7—吸雾器；8—气出口；9—油出口；10—水出口；11—人孔；12—安全阀；13—破裂盘

度。

地层流体经三相分离器分离出来的天然气中，粒径≥10μm的液滴总含量≤0.0135 mg/L，气中夹带的雾沫粒径限制在1～2μm。

图 15—2　椭圆齿轮流量计结构图

1—表盖；2—减速结构；3—轴向密封联轴器；4—连接螺栓；5—传动齿轮；6—壳体；7—螺栓；8—密封件；9—计量箱；10—下盖板；11—椭圆齿轮轴；12—油塞；13—壳体

图 15—3　椭圆齿轮工具原理图

三相（卧式）分离器的技术规范见API标准。

二、油气计量装置

地层产液经三相分离器分离后，油、气、水分别流经各自的管线及仪表进行计量。

1. 原油计量装置

原油计量装置是三相分离器中的一个重要仪表，原油计量的方法有许多种。计量装置也各不相同。这里介绍一些用于地层测试的三相分离器原油计量装置。

(1) 椭圆齿轮流量计

椭圆齿轮流量计是一种容积式计量仪表，用来连续测量管道中液体的流量。

椭圆齿轮流量计的主要部分是计量箱及内部的一对椭圆齿轮，它们与上、下盖板构成密封的空腔，作为流

量计的定容计量室。

LC 型椭圆齿轮流量计结构如图 15—2 所示，它主要由本体、联轴器、减速机构及表头组成。流量计的工作原理如图 15—3 所示，仪器在工作时，靠流量计进、出口处的压力差推动一对椭圆齿轮旋转，从而不断地把进口处的液体经计量后送到出口处。

图中 (a)， p_1 为进口压力， p_2 为出口压力，液体推动齿轮旋转，压力有反损失，所以 $p_1 > p_2$。由于椭圆齿轮形状对称， p_1 与 p_2 对椭圆轮 B 产生的力距为零，而 p_1、p_2 对椭圆齿轮 A 所产生的力距则分别为 M_1、M_2。因 $p_1 > p_2$，所以 $M_1 > M_2$，此时椭圆齿轮 A 为主动齿轮，并沿着顺时针方向旋转。

图中 (b)，椭圆齿轮 A 所受力矩由大变小，而椭圆齿轮 B 受椭圆齿轮 A 的作用由平衡位置逐渐产生逆时针方向的力矩，这时 A、B 皆产生转动力矩。

图中 (c)，椭圆齿轮 A 的力矩完全消失而处于新的平衡位置，椭圆齿轮 B 则处于逆时针方向最大力距状态，成为主动齿轮，这样椭圆齿轮在流体作用下连续旋转，再通过联轴器和传动齿轮传到表头内的计算机构，而计算机构就记录下通过流量计的总流量和瞬时流量，由指针和字轮表示出来。

表 15—1　椭圆齿轮流量计技术规范

型号	LC—80	LC—40
口径	80mm	40mm
最大流量	60m^3/h	15m^3/h
最小流量	6m^3/h	1.5m^3/h
工作压力	0.16MPa	0.16MPa
工作温度	-10～120℃	-10～120℃

(2) 刮板流量计

图 15—4　凸轮式刮板流量计结构示意图

1—壳体；2—滚柱；3—凸轮；
4—刮板；5—转子筒；6—计量室；

刮板流量计也是一种容积式的计量仪表，刮板流量分凸轮式和凹线式两种，现介绍凸轮式刮板流量计。

1) 结构和工作原理，见图 15—4 所示。

图 15—5　50 (2″) 临界速度流量计结构图

1—接头；2—垫片；3—孔板；4—压力表接头；
5—温度计插管；6—流量计本体

仪器的壳体内腔是一圆形空筒，转子是一个能转动的空心薄壁圆筒，筒边开有四个槽，互成 90°，可让刮板在槽内伸出缩进。四个刮板由二根连杆连接，互成 90°，在空间交叉，互不干扰，在相应的刮板一方，各有一个小滚柱，四个小滚柱分别在一个不动的具有一定曲线形状的凸轮上滚动，从而使刮板时而伸出，时而缩回。若一个连杆的一端的刮板从转子圆筒边的开口槽伸出，连杆另一端的刮板就缩进转子圆筒内，在二个刮板都伸出转子圆筒边时，就形成一个空间，作为计量室，流体流过时，在压力差和流体动力的作用下促使流量计中带有刮板的圆筒旋转，从而不断地排出计量室中的液体。刮板在计量室内运行期间，只是旋转而不滑动（由凸轮控制)。

刮板离开计量室后，就慢慢地缩进转子圆筒内（也由凸轮控制)，与此同时，另一端的刮板则慢慢从转子圆筒内伸出去，这就造成刮板一面转动，一面滑动。转轴每转一圈，就送出一定体积的液体，与液体流量成正比的转速（或旋转频率)，通过脉冲发生器变成电脉冲数，传到二次仪表进行脉冲记数和显示，得出流量值。

其技术指标如下:

表 15—2　刮板流量计技术指标

口径	50mm	最大流量	10 m^3/h	工作压力	1MPa
额定流量	5 m^3/h	最小流量	0.5 m^3/h	被测液体温度	0～60℃

其它原油流量计还有涡轮流量计和腰轮流量计。

2　天然气计量装置

天然气计量方法有多种，地层测试中常用的计量装置有：临界速度流量计、垫圈流量计和波纹管压差计。

(1）临界速度流量计

该仪表主要用于气井测试，直接连接在测气管线上。

仪器由流量计本体，孔板、压盖等组成，见图 15—5 所示。

流量计与孔板配制如下（表 15—3):

表 15—3

流量计规范（mm）	孔板配制（mm）
50（2″）	孔径 2，3，4，5，……35mm 各一块
100（4″）	孔径 10，15，20，25，……75mm 各一块

当天然气流进孔板时产生节流，上游压力 $p_{上}$ 大于下游压力 $p_{下}$ 约一倍，即 $p_{下} \leq 0.546\,p_{上}$ 时，达到临界气流。在临界气流时，流速断面最小处的天然气流速，等于该处温度下天然气的声速。此时进一步降低孔板出口处界压力，不会引起气量的增加，而增加上游压力，虽然断面最小处的流速并不增加，但会使密度增加，气流量增加，说明气体流量与下游压力无关，仅取决于上游压力，因此利用孔板前的压力即可算出气体流量。

$$q_g = 1860\,d^2\,\frac{p_{上}}{Z \cdot \gamma \cdot T_{上}}$$

式中　q_g——气体流量（20℃，760mm 汞柱），m^3/d；

d_g——孔板孔径，mm；

$p_{上}$——上游绝对压力，MPa；

$T_{上}$——上游绝对温度，K（或 $T_{上}=273+t℃$）（t，实侧温度）；

γ——天然气密度，按气体分析资料；

Z——压缩系数。

如 $p_{上}<0.8$ MPa，可不考虑。

公式应用条件：通过孔板的气流必须达到临界流动，如果流量计下游接有管线，应在规定位置安装压力表，测定下游压力，以便了解是否达到临界气流。

临界气流的条件是：下游压力 p_2 与上游压力之比值小于 0.546，即 $p_{下}/p_{上}\leq 0.546$，如果测试时，流量计下游不接管线，则只要上游压力大于 0.2 MPa，即达到临界流动，这时可用近似流量公式进行计算。

近似流量公式：$q_g=10Kd^2p_{上}$，式中 K 系数，一般取 14.5～15，当气流温度较低，压力较大时，取系数 K=15，反之 K=14.5。若上游压力大于 0.8 MPa 时，则应考虑计算压缩系数 Z。

在应用临界速度流量计时，应满足以下条件：

1）日产气量要大于 $8000m^3$；

2）流量计短节必须与试气管线直径相符；

3）上游压力需用标准压力表测量；

4）试气孔板的喇叭口应对准下游，而且所选孔板必须符合 $p_{下}\leq 0.546p_{上}$

5）为避免试气管线处于高压状态，孔板上游的压力最好不超过 0.8 MPa，否则需要进行压缩系数的校正。

例题：有一气井应用临界速度流量计进行测气，孔板孔径为 23mm，孔板上游的绝对压力为 0.7 MPa，上游温度为 15℃，天然气密度为 0.60，测气管线内径为 50mm，求气产量。

解：因 $p_{上}<0.8$ MPa，取 Z 为 1，$T_{上}=273+15=288$ K

$$q_g=1860\times 23^2\frac{0.7}{1\times 288\times 0.6}=\frac{688758}{13.1}=52577m^3$$

（2）垫圈流量计

垫圈流量计是连接在测气管线上，出口不接管线，与大气相通，只适用于测量较小的气体流量，当 U 形管内盛水时，只适用于测量 $3000m^3/d$ 以下的气体流量，当 U 形管内盛水银时，可测量 $3000\sim 8000m^3/d$ 之间的气体流量。

结构如图 15—6 所示，它是由 50mm（2″）测气短节、垫圈（孔板）和 U 形管压差计组成，其工作原理与临界速度流量计基本相同，气体流经孔板时产生节流，形成压差。当气体流速小于临界速度时，压差愈大，流经孔板的气量也愈大，因此，测量 U 形管中液柱的压差值就可算出气量。该流量计下游通大气，即下游压力为大气压，所以上游测出的 U 形管中的压差值即为上下游压差。

当 U 管内压差用汞柱时

$$q_g = 0.635\,d^2\ \frac{293}{T}\times\ \frac{H_{汞}}{r_{气}} = 10.87\,d^2\ \frac{H}{r_{气}\ T}$$

当 U 管内压差用水柱时

$$q_g = 0.172\,d^2\ \frac{293}{T}\times\ \frac{H_{水}}{r_{气}} = 2.93\,d^2\ \frac{H}{r_{气}\ T}$$

式中 q_g——气体产量，m^3/d（标准条件下，20℃，0.1MPa）；

d——垫圈直径，mm；

H——U 型管中汞柱（水柱）压差，mm；

$r_{气}$——天然气相对密度；

T——气流绝对温度，K（或 T = 273 + t,℃）。

在现场时，孔板（垫圈）的选用要合适，孔板的直径和测气管直径之比在 0.4～0.8 之间，厚度应在 3～6mm 之间。

(3) 双波纹管压差计

图 15—6 垫圈式流量计

1—测气短接；2—孔板；3—压帽；4—胶皮管

它主要由测量系统、量程弹簧组和外壳等组成，其结构见图 15—7。主要用在三相分离器天然气体计量的巴顿记录仪中，气体经过丹尼尔节流装置节流后，进入双波纹管差压计进行计量，计量后再输入到巴顿记录仪，经四连杆机构放大，使记录笔在卡片上指示压差的变化。

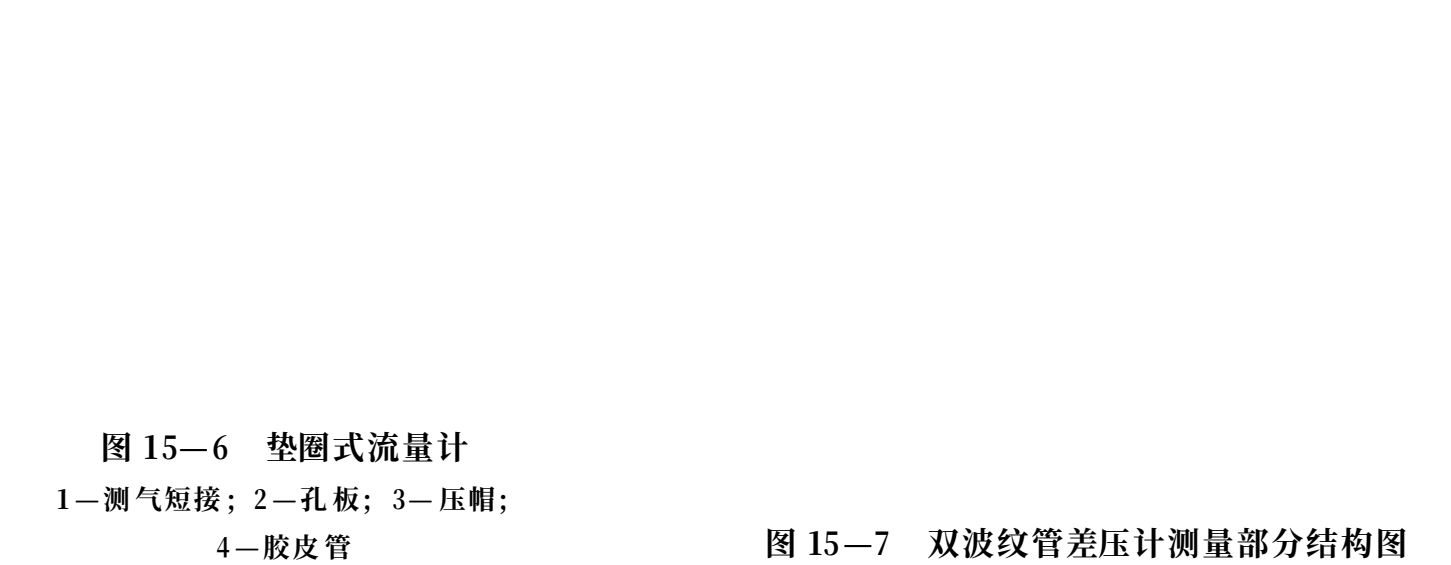

图 15—7 双波纹管差压计测量部分结构图

1—低压引入口；2—低压室波纹管；3—低压室单向保护阀；4—特殊螺母；5—螺杆；6—量程弹簧；7—量程弹簧支承板；8—基座；9—低压室；10—排液针阀；11—低压室外壳；12—阻尼阀保护塞；13—阻尼阀；14—阻尼旁路；15—高压室外壳；16—高压室；17—填充液；18—高压室单向保护阀；19—中芯轴；20—阻尼环；21—温度补偿波纹管；22—高压室波纹管；23—高压入口；24—挡板；25—摆杆

流体经过节流装置（丹尼尔孔板节流装置）所产生的压差，分别经高压阀、低压阀进入高、低压室，在压差的作用下，波纹管被压缩，但其内的工作液体是不可压缩的，因此波纹

管内的部分液体通过阻尼环周围的环境和阻尼旁路流向低压室波纹管的内腔，工作液从左向右流动，破坏了系统的平衡，中芯轴按水平方向从左向右移动，使量程弹簧产生线性拉伸，直至量程弹簧的变形力与压差值所形成的测量力平衡为止，是于系统在新的位置上达到了平衡。当中芯轴右移时，通过固定在中芯轴上的挡板推动摆杆上的驱动臂，使摆杆扭动扭力管(巴顿记录仪)，经芯轴以扭力管同样的扭角传给四连杆机构，经四连杆机构放大，使记录笔在记录纸上显示出压差值。

三、油气计量的方法与步骤

地层流体经地面流程管线进入三相分离器时，首先通过三相分离器的旁通管进行诱喷，使井筒内的液流诱喷干净。在诱喷期间每隔 15 min 在井口取一次油样，分析油样中砂、水的百分含量，当原油中砂水百分含量≤0.2 时，才使其从旁通管进入三相分离器进行分离计量。

地层流体进入三相分离器后，首先要调节排气管线上的气控制阀来控制天然气的排量，从而使三相分离器的压力基本上处于平衡状态。然后通过板式液面计观察分离器内液面的上升高度，当液面上升到容器高度的 1/2 到 3/4 时，再调节原油或水管线上的控制阀，来控制油或水的排放量，从而达到三相分离器的压力和液面的相对稳定，这时才具备了油气水的计量条件。

1. 原油计量

当分离器内液面上升到预定高度时，先打开原油流量计（椭圆齿轮流量计等）的上流阀门，然后关闭原油排放管线的旁通闸门，使原油通过流量计进行计量。计量时从流量计中每隔 15 min 记录一次流量增值，从排油管线上每 1h 取一次油样，用液力计进行原油密度的测定，并每隔 15 min 记录三相分离器的压力和温度值。

从以上方法分别获取原油的杂质百分含量（BSW），原油密度（API），分离器的压力值 p 和温度值等参数。

原油产量按下式计算：

$$Q_{油} = 96\,V(1 - BSW)(1 - shr)\,KK_1$$

式中 V——每 15 min 原油通过流量计的体积数值（即 $V_2 - V_1$）；

BSW——原油中杂质的百分含量；

shr——原油收缩率，由分离器压力值和原油 API 密度值查图获取；

K——体积变化系数，由原油温度值和 API 原油密度值获取；

K_1——原油流量计校正系数。

2. 天然气计量

当三相分离器内的压力和液面均处于相对稳定状态后，将天然气导入丹尼尔节流装置和双波纹管差压计，对天然气进行计量。

$$Q_{气} = 0.284389\,F_b\,F_G\,F_{tf}\,F_o\,F_{pr}\quad H_t\,P_w$$

式中 $Q_{气}$——天然气产量，m^3/d；

F_b——孔板系数；

F_G——密度系数；

F_{tf}——流动温度系数；

F_{pr}——压缩系数；

H_t——测气孔板前后压差，从流量计上读出 mm 水柱；

p_w——测气装置上流绝对压力，MPa。

3. 名词介绍

1）绝对压力：以绝对真空（完全真空）为基准算起的压力，称为绝对压力。

2）表压力：以大气压力为基准算起的压力，称为表压力（表压），又称相对压力、计示压力。

3）真空压力：绝对压力不足于大气压力的部分，称为真空压力（真空度、负压）。

4）绝对温度：用绝对温标单位 K 所标示的温度。绝对温标的零点在 -273.15℃（绝对零度），其分度大小与摄氏温标相同。因此，对于 0℃的绝对温度 273.15K。

复 习 思 考 题

1. 名词解释

绝对压力、表压力、绝对温标和绝对零度

2. 问答题

1）三相分离器的结构和工作原理？

2）常用原油计量装置有哪几种？

3）椭圆齿轮流量计的结构和工作原理？

4）刮板流量计的结构和工作原理？

5）常用天然气计量装置有几种？

6）临界速度流量计的结构和工作原理？

7）临界速度流量计的临界气流条件是什么？

8）应用临界速度流量计有哪些要求？

9）垫圈流量计的结构和原理？

10）双波纹管差压计的结构和工作原理？

11）简述油气计量的方法与步骤？

3. 计算题

1）有一气井应用临界速度流量计进行测气，孔板直径为 25mm，孔板上流动表压为 0.6MPa，上流温度为 16℃，天然气相对密度为 0.60，测气管线内径为 50mm，求气产量？

2）有一气井应用垫圈流量计进行测气，垫圈直径为 24mm，U 型管内水银柱压差为 125mm，上流温度为 17℃，天然气相对密度为 0.65，测气管线内径为 50mm，求气产量？

第十六单元　井口装置与防喷器

一、钻井井口装置

钻井井口装置是钻开油、气层时控制井口压力的井口装备，它由套管头、四通、防喷器、防溢管等组成。

图 16—1　2000m、2000～4000m、4000～7000m 井口装置和防喷器组合

钻井井口装置有以下几种组合形式:

1) 井深在 2000m 以内，选用 14MPa 的井口装置和防喷器，其典型组合形式如图 16—1 所示，即由套管头 + 四通 + 闸板防喷器 + 万能防喷器 + 防溢管。

从下往上各部分的作用为:

①大管头: 外接外层套管（表层套管）内接内层套管（技术套管），使管外空间密封不漏。

②四通: 两侧各接一条放喷管线。

③单闸板防喷器，井内有钻柱时封闭井口。

④万能防喷器: 能密封通径以内任何尺寸和任何形状的钻具或封闭空井。

⑤溢流管: 防止钻井液溢出，引导钻井液经出口管，流至泥浆槽。

2) 井深在 2000～4000m，选用 21～35MPa 的井口装置和防喷器，其典型组合为: 套管头 + 四通 + 二个单闸板防喷器 + 万能防喷器 + 防溢管，其中二个单闸板防喷器，一为半封，一为全封。

3) 井得在 4000～7000m，选用 70～105MPa 的井口装置和防喷器，其典型组合为: 套管头 + 套管四通 + 四通 + 三个单闸板防喷器 + 万能防喷器。其中套管四通为特殊四通。坐在套管头上，两侧各接一条放喷管线，必要时可坐钻杆挂或油管于四通锥面上，以封闭井眼和管串的环形空间。三个单闸板防喷器，一为半封，一为全封，一为剪切式。

二、试油井口装置

试油井口装置由套管头、油管头和采油树三大部分组成。见图 16—2 所示，其作用是悬挂油管和密封油套管环形空间，控制和调节油井产量，保证各种井下作业（洗井、诱导油

流、酸化、压裂等）的施工。

图 16—3　法兰式套管头

1—外层套管；2—内层套管；3—法兰盘；4—套管头

图 16—2　自喷井井口装置

1—套管短节；2—套管头；3—套管四通；4—油管挂；5—总闸门；6—短节；7—油嘴套；8—清蜡闸门；9—生产闸门；10—油压表；11—套压表；12—套管闸门；13—放空闸门

1. 套管头

井口装置的下部分称套管头，其作用是将外部套管与油层套管连结起来，并使管外环形空间密封不漏（见图 16—3）。

油田也有采用环形铁板代替套管头的，即在二层套管之间加焊环形铁板，使油层套管重量坐在技术套管（或表层套管）上，再在油层套管上联接升高短节（套管短节）和套管底法兰，上接油管头（图 16—4）。

图 16—4　用环形铁板代套管头示意图

1—套管法兰；2—套管短节；3、5—套管接箍；4—环形铁板；6、7—套管

2 油管头

油管头是井口装置的中间部分，其作用是吊挂油管，密封油管与油层套管的环形空间（见图 16—5 所示）。它位于套管头的上面，包括套管四通和油管挂两部分。套管四通的下法兰坐在套管头的上法兰上，油管挂下法兰坐于四通上法兰上。

图 16—5　油套管示意图

1—套管大四通；2—油管；3—油管挂

图 16—6　环油补距示意图

1—转盘；2—油管头；3—四通；4—套管接箍

现场通常以钻井时的转盘补心平面作为标准面来计算油层位置和下井工具的位置。油补距是从油管挂平面到转盘补心平面的距离叫油补距。下井工具的深度应为下井钻具的长度加上油补距。套补距是从套管最末一根接箍上平面至转盘补心的距离叫套补距。套、油补距示意图见图16—6。

图 16—7　CYB—25 型采油井口装置

1—螺母；2—双头螺栓；3—套管法兰；4—锥座式油管头；5—卡箍短节；6—钢圈；7—卡箍；8—闸阀；9—钢圈；10—油管头上法兰；11—螺母；12—双头螺栓；13—节流器；14—小四通；15—压力表；16—弯接头；17—压力表截止阀；18—接头；19—铭牌

3. 采油树

采油树是由一些闸门（总闸门、生产闸门、清蜡闸门)、油嘴套（节流器)、三通、四通和卡箍短节等组成，它安装在油管头上，其作用是控制和调节油气井自喷并完成测试、压井、清蜡等工作，其结构见图 16—7 所示。

三、钻井防喷器

钻井防喷器是保证安全钻开高压油气层的关键设备，它与井口装置、压井管汇、节流管汇等组成钻开高压油气井的井控装置，当发生溢流、井喷时，能迅速控制井筒顶部、节制井筒流体的排放，并通过它及时泵入压井液进行压井。

钻井防喷器有闸板防喷器和万能防喷器。钻井防喷器的最大工作压力是指防喷器承受的最大井压，又称额定工作压力，其压力等级有 5 种：14、21、35、70、105MPa。公称通径是指防喷器的上、下通径，有 9 种：即 180、230、280、346、426、476、528、548、680mm 等。

1. 万能防喷器

(1) 万能防喷器的功用

1) 在钻井、测井、测试等作业中发生溢流或井喷时，能封闭方钻杆、钻杆、测试工具、电缆等工具与空井。

2) 当井内无钻具时，能全封闭井口。万能防喷器处于关闭状态时，允许上下活动钻具，但不能通过接头，不准旋转钻具，严禁打开万能防喷器来泄掉井口压力，以防刺环胶芯。

(2) 万能防喷器结构和工作原理

万能防喷器主要由壳体、支撑筒、环状活塞、顶盖、南瓜状胶芯等组成，其结构如图 16—8 所示。其工作原理是：当要封井时，高压油通过壳体的下油塞孔进入下液缸，使环状活塞上行推挤胶芯，使胶芯向圆心移动，直至抱紧钻柱或封闭空井（即封闭井内无钻具时的井口），达到封井目的；相反，当

图 16—8　KPY23—210 万能防喷器结构示意图

图 16—9　IPY 两用防喷器

要打开时，高压油从上油塞孔进入上液罐，使环状活塞下行，消除了环状活塞对胶芯的推挤，胶芯恢复到全开的自由状态，达到开井的目的。

2 闸板防喷器

图 16—10　自封封井器

1—压盖；2—压环；3—密封圈；4—胶皮芯子；5—堵头；6—壳体

1）当井内有钻具时，能封闭钻具与套管之间的环形空间（半封闸板）。但一种尺寸的闸板只能封闭一种尺寸管具。

2）当井内无钻具时，能全封闭井口（全封闸板）。

3）在特殊情况下，可切断钻具，并达到封井的目的（剪切闸板）。

4）当液压失灵时，还可以通过手动锁紧装置来手动关闭闸门（不能手动打开闸门）。闸门需作长时间关闭时，还可以手动锁紧闸门。手动关闭闸门的同时也就完成了手动锁紧。使用后欲打开闸板，必须使手动锁紧装置复位解锁，再用液压打开闸门。

四、试油封井器

试油和测试作业时，为了密封油、套管环形空间，控制井口压力，经常采用各种试油封井器。试油封井器有自封封井器、半封封井器、全封封井器和两用轻便封井器。

1. 自封封井器

自封封井器由壳体、压盖、压环、密封圈和胶皮芯子等组成，其结构见图16—10所示。它是在试油作业时用来密封油、套管环形空间的。通过它的井

(1) 结构和工作原理

闸板防喷器主要由壳体、侧盖、活塞、油缸、锁紧轴、缸盖、闸板等组成，结构见图16—9所示。其工作原理是：当高压油进入左右油缸的关闭腔时，推动活塞和活塞杆使左右闸板沿着闸板室内导向筋的轨道向井口中心移动，达到封井的目的。当高压油进入左右油腔的开启腔时，左右二个闸板分别向离开井口中心的方向移动，达到开井的目的。闸板防喷器一般在3～5s内即能关井或开井一次。闸板防喷器可换装全封、半封和剪切等三种闸板。

(2) 闸板防喷器的功用

图 16—11　半封封井器

1—压帽；2—轴承外壳；3—止动螺钉；4—壳体；5—半封芯子总成；6—压圈；7—U型盘根；8—螺钉9—接头；10—导键；11—螺钉；12—密封圈；13—垫片；14—止推轴承；15—下垫圈；16—人字盘根；17—中垫圈；18—盘根压帽；19—丝杠

下工具，外径应小于 115㎜。

2 半封封井器

它由壳体、半封芯子总成和丝扣等组成，其结构见图 16—11 所示。其密封元件为二个带半圆孔的闸板芯子，装在半封芯子总成上，转动丝杠，便可带动半封芯子总成里外运动，达到开关井的目的。

3 全封封井器

它由壳体、闸板、阀座、丝杠等组成，其结构见图 16—12 所示，它是起出油管后封闭井口的一种专用封井器。

4 两用轻便封井器

它实际上是将半封封井器和全封封井器简化成一体，外

图 16—12 全封封井器

1—壳体；2—闸板；3—阀座；4—活接头；5—丝杠；6—垫子；7—制动螺钉；8—轴承压帽；9—压盖；10—轴承；11—人字盘根；12—压紧螺帽；13—盘根压帽

形成丁字形，左右丝杠转动时带动半封芯子总成移动，起半封封井器的作用，当需要全封井口时，先将中间丝杠推进，使全封丝堵处于中心，再转动左右丝扣使半封芯子卡住全丝堵，即达到全封的目的。其结构见图 16—13 所示。

图 16—13 胜 272 型两用轻便封井器

1—压帽；2—壳体；3—半封芯子总成；4—接头；5—密封垫；6—止推轴承；7—半封芯子丝杠；8—导键；9—下盖；10—全封丝堵总成；11—压帽；12—活接头；13—密封垫；14—全封丝堵丝杠

复习思考题

1. 解释名词

油补距、套补距

2. 问答题

1) 钻井井口装置的组成和作用？

2) 井深在 2000㎜以内，选用哪种井口装置和防喷器组合？并例出其组合部件和各部件的作用？

3) 井深在 2000～4000㎜，选用哪种井口装置组合，并列出其组合部件？

4）试油井口装置中的油管头的作用是什么？

5）环形防喷器的功用是什么？

6）环形防喷器的工作原理？

7）闸板防喷器的功用是什么？

8）闸板防喷器的工作原理？

9）试油封井器有哪几种？

10）自封封井器的工作原理？

11）两用轻便封井器的工作原理？

第十七单元　测试压力卡片现场分析

测试压力卡片是地层测试录取的主要资料之一。压力卡片曲线直观地反映了测试过程中任一瞬间的压力变化，是从工具下井、测试到工具起出的测试全过程的主要记录。进行压力卡片分析，找出影响测试卡片的非正常因素，判别记录的压力值是否准确地反映了测试层的地层特性，是正确分析解释测试资料，给测试层准确定性定量的基础依据。因此压力卡片是极其重要的原始资料。

一、压力卡片曲线的组成

一般的地层测试，大多采用两次开关井测试工艺，即初开井、初关井、二开井、二关井四个阶段。初开和初关为一周期，二开二关为另一周期。图 17—1 为一两次开关井压力卡片曲线。纵坐标为压力轴线，横座标为时间轴线。

图 17—1　压力卡片曲线展开图

0F—基线（压力零线）；0A—下钻压力线；A′—始静液柱压力；A—封隔器座封时挤压引起的压力；AB$_1$—打开测试阀；B$_1$C$_1$—初流动压力曲线；C$_1$D$_1$—初关井压力曲线；D$_1$B$_2$—第二次打开测试阀；B$_2$C$_2$—第二次流动压力曲线；C$_2$D$_2$—第二次关井压力恢复曲线；E—终静液柱压力；EF—起钻压力线

1. 各阶段的作用

1）初流动阶段是为了释放由于钻井液侵入引起井底附近过高的压力状态，疏通地层通道，使地层恢复到接近天然流动状态。

2）初关井压力恢复阶段：这阶段主要是在短的初流动后地层没有损失能量的条件下，获得地层的原始地层压力。

3）二次流动阶段：是为了让地层充分流动，录取地层的液性、产能资料。

4）二次关井压力恢复阶段：录取满足定性定量分析的压力恢复曲线，录取地层特性参数，评价油气藏。

2. 各阶段压力曲线的含义

1）基线（压力零线）：基线是不受任何压力影响的一条直线，是衡量压力卡片曲线各压力点的基准值。

2）工具起下线：是反映起下钻过程中工具所处深度的液柱压力线。正常状况下是一条随下入深度变化的阶梯状曲线。

3）开井流动曲线：反映了不同开井时间的液柱高度、测试层产出状况、产量大小，曲线幅度随产量变化曲线曲率发生变化。

4）关井压力恢复曲线：是反映地层压力恢复能力、井眼和储层特性的一条光滑曲线。

二、压力卡片曲线分类与鉴别

1. 压力卡片曲线分类

一次不受工艺、井眼、人为因素影响的成功测试，其压力卡片曲线直观地反映了储层的产出能力、流动特性、地层的压力恢复能力和储层特征。由于测试的地层各不相同，压力卡片曲线也是千差万别。正常实际测试中常见的、能够正确反映储层特性的非自喷产层的测试的流动曲线和压力恢复曲线如图 17—2 和图 17—3 所示。

2. 压力卡片曲线鉴别

(1) 干层（致密层）压力卡片曲线

图 17—4 是测试地层为干层的压力卡片曲线流动过程基本无产出或产出少量的压井

图 17—2　低产曲线 A、中等产量曲线 B 和高产曲线（非自喷）C

图 17—3　压力恢复曲线

图 17—4

图 17—6 属低压低渗透层测试压力曲线范畴的第二种类型的压力曲线。流动过程产出地层流体，流压曲线呈非自喷井直线上升或曲线上升，流压曲线呈 45 ℃或小于 45°。关井期间反映出地层有压力恢复能力和孔渗能力。在测试的有效时间内，资料能满足定性定量分析（确定油、气、水层和进行参数计算)。

(3) 高压低渗透层压力卡片曲线

图 17—7 为地层渗透性差、压力高的高压低渗透层测试压力曲线特征。流动过程中产出量少，流压液,流动曲线平直，有低缓的压力恢复，但属缓慢的爬坡形，恢复压差随关井时间长短不等。

(2) 低压低渗透层压力卡片曲线

图 17—5 为低压低渗透地层的测试压力卡片曲线的主要特征。测试开井流动过程曲线上升低缓，有较小的流动压差，产出量少，一般有少量的地层流体产出。压力恢复速度慢，出现径向流的概率小，一般不能在测试有效时间内对储层进行确切的定性定量分析。

图 17—5

图 17—6

曲线上升慢，但地层具有一定的压力恢复能力，一般在测试过程中关井最高测点压力远大于初、终静液柱压力。

(4) 低压高渗透层压力卡片曲线

测试中经常遇到地层的渗透性好，而地层压力相对较低，压力系数小于 1 的低压高渗透层，图 17—8 为这类地层反映在压力卡片曲线上的特征。开井期间井底的流压增加明显，液柱上升快，在测试

图 17—7

开井较短的时间内,井底的流动压力达到或接近地层压力。

(5) 地层污染堵塞压力卡片曲线

地层受钻井、完井阶段工程施工的影响，往往造成不同程度的污染堵塞。受污染堵塞的地层，经测试能够直观地在实测压力卡片曲线上反映出来，一类为表皮污染类型，一类为深度污染类型。

图 17—8

1) 表皮污染堵塞层压力卡片曲线。这类曲线在流动期产出量少，产出量远小于地层实际的产出能力，压力恢复快，恢复早期一般呈近似 90°垂直于基线，拐点出现早，稳定快、斜率小。图 17—9 和 17—10 曲

图 17—9

图 17—10　实测压力历史图

线反映了地层具有中高渗透特性的表皮污染堵塞曲线。造成这种产出量少,而压力恢复快的压力卡片曲线特征的原因，主要是地层受污染造成。开井后由于污染给地层流体流动带来阻力，地层流体不能正常流入井筒，能量得不到充分释放，因而地层内的压力降很小，在不产出甚至产出很少时关井，使得封隔器以下口袋部分重新升压，地层的恢复压力立即在压力计上反映出来。

2）深度污染压力卡片曲线。图 17—11 为在中低渗透地层测试的具有深度污染的压力卡片曲线特征。流动过程产出量少，甚至不产出，表现出低渗特性，由于产出量少，地层压降小，早期压力恢复缓慢，随着关井时间的延长，压降漏斗扩展到污染区以外，压力恢复速度加快，恢复曲线呈“ S ”型。造成“ S ”型曲线特征的原因，主要是钻井液滤液侵入地层，对地层造成深度污染，使近井地层渗透性下降引起的。

图 17—11　实测压力历史图

(6) 自喷井三开三关测试压力卡片曲线

对自喷井，需要观察稳产情况时，进行三开三关测试，图 17—12 为其测试压力卡片。

(7) 非自喷井三开抽汲测试压力卡片曲线

非自喷井需要增大排液量，消除压井液或钻井液滤液影响，求得可靠液性时，可下入纳维泵进行排液或三次开井进行抽汲排液。图 17—13 为三开抽汲压力卡片。图 17—14 为非自喷井纳维泵排液测试卡片。

图 17—12

图 17—13

(8) 跨隔测试压力卡片曲线

自下而上逆层上返试油时，对下部已试层可以不用注水泥塞、下丢手封隔器或桥塞封闭，而采用双封隔器式管柱测试。测试过程中，下压力计一直反映液注压力。当下到预定位置坐封测试时，其测得的压力值应一直保持在静液柱压力稳定不变；或与下部已试层地层压力平衡，不反应测试开关井压力变化，说明下封隔器密封良好。如下压力计测试压力随测试层开关井同时变化，与内外压力计卡片形状接近一致，表明下部的卡瓦封器不密封，没有起

到封隔作用，所取资料不能使用。

图 17—15，图 17—16 两张压力卡片为跨隔测试成功卡片。

图 17—14

图 17—15

图 17—16

图 17—17，图 17—18 两张卡片为跨隔测试下封隔器不密封，测试失败卡片。

(9) 油管传输射孔测试压力卡片曲线

油管传输射孔系采用油管（钻杆）将射孔枪下到预定位置后进行点火发射。它的主要特

点可以在大斜度井、定向井、稠油井、高温高压井等复杂条件下做到负压射孔，它可以使射孔孔道得到很好的清洗，以减少油气进入井筒的阻力。图 17—19，图 17—20 两张卡片为射孔前和传输射孔后对比曲线。

图 17—17

图 17—18

(10) 地层以外因素影响测试的压力卡片曲线

为了准确地对测试层进行评价，必须保证测试质量，消除地层以外因素对压力卡片曲线的影响，达到各道工序质量优良。1) 下井管柱及封隔器必须密封无漏失。2) 起下钻及开关井操作无误，测试时间符合规定。3) 时钟运行正常，压力计量程选择合适，压力点显示清晰，曲线连续完整光滑。4) 各类资料录取齐全准确。

图 17—19

图 17—20

为了便于分析和认识测试中存在的各种影响，现列举出受地层以外因素影响的压力卡片曲线。

1）管柱漏失压力卡片曲线。图 17—21 说明测试管柱漏失较严重。下钻停工时，压力值下降，说明环空液面下降，液体进入管内。测试前加水垫 996 m，而 B_1 点压力 = 27.31 MPa，证实开井前，环空液体已大量进入管内。图 17—22 为测试压力卡片，图 17—23 为位于多流测试器以上的压力计检验压力卡片，检验出测试中管柱漏失。

2）测试中途管柱刺漏压力卡片曲线。本例测试初期管柱不漏，二次开井一段时间环空液面突然下降，立即循环起钻，发现有一根钻杆接头处刺坏。图 17—24 测试卡片上二次流动压力曲线在管柱刺漏后，压力突然陡直上升。

图 17—21

图 17—22

图 17—23

图 17—24

3）管柱密封——非自喷高产井压力卡片曲线。本次测试管柱是密封的。多流测试器以上压力计在下钻到 800 m 处，压力接近于零。加水垫后一直到坐封时压力平衡，见图 17—25 和图 17—26。

图 17—25

图 17—26

4）封隔器泄漏压力卡片曲线。图 17—27 测试压力卡片和图 17—28 多流测试器以上压力卡片可以看出，管柱本身是不漏的。下钻中，仅由于中途两次开井造成压力有所上升。初关井曲线 C_1D_1 压力平衡，但二次关井后，C_2 D_2 点压力即明显上升，这是由于二次关井时封隔器泄压，环空液体串入下部测试段引起。

5）图 17—29 为工具堵塞及工具密封不严的终关井压力恢复曲线。

6）图 17—30 为关井操作时提开端面密封的压力卡片曲线。

7）图 17—31 为初关井提松封隔器，压力恢复曲线失真的曲线。

8）图 17—32 为工具内有砂，多次关井关不住，没有取得完整的测试资料压力曲线。

9）图 17—33 为多流测试器芯轴有砂，造成多流测试器以下工具某部位和环空串漏，并井压力恢复曲线异常。

10）下钻中途开井压力卡片曲线。图 17—34 为下钻中途坐封开井，在没有下到预定层位时，即增加了液垫量，影响了地层的实际产出，减小了生产压差，致使低渗透地层压降较

图 17—27

图 17—28

小，也影响压力恢复能力。

11）测试中封隔器密封失效的压力卡片曲线。本井为 127mm 尾管完成井，设计座封在尾管内。测试时，下到尾管口遇阻，加压 4.5t 后进入，封隔器胶筒受损，但初开井和初关井正常，管柱亦密封不漏。图 17—35 显示二次开井时，封隔器胶筒损坏失效，造成环空与封隔器以下区间连通，环空液体大量进入管内，达到管内外压力平衡，以致测试失败。

12）图 31—36 为压力计灵敏度差，分辨率低，曲线呈台阶状上升。

图 17—29
图 17—30
图 17—31
图 17—32

图 17—33

图 17—34

图 17—35

图 17—36

复 习 思 考 题

1. 绘出二开二关压力卡片曲线展开图，进行标注，并说明意义。
2. 压力恢复曲线主要分为几类？
3. 低压低渗透层压力卡片曲线的主要特征有哪些？
4. 表皮污染堵塞的压力卡片曲线是怎样的？
5. 进行测试质量检查，主要检查哪几个方面？

第十八单元　测试工具的性能检验

测试工具在施工前，必须在厂房内进行液压延时性能试验和液压密封试验，经检验合格后方能送往井场。

一、测试工具的液压延时试验

1. 液压延时试验的操作方法

MFE 测试工具的液压延时机构在施工前都要进行液压延时性能试验。液压延时机构的调试在矿场压力机（调试架）上进行。在被调试的 MFE 工具两端，带上相适应的调试接头，一端为带槽的调试接头，用销子固定在液压缸的连杆总成上，另一端为带舌头的调试接头，用销子固定在固定横梁上，根据被调试工具的长度来确定固定横梁位置，最后将固定横梁用二个定位销固定在主梁上。

被调试工具固定好后，按下列顺序操作压力机

1）把控制阀的操作杆置于中位。

2）负荷调节旋钮完全旋出（逆时针转动泄压阀）。

3）按下电动机起动按钮启动液压泵，液压油开始循环。

4）根据需要，把控制阀操作杆置于推或拉的位置，液压油向前或向后进入液缸，推动活塞运移。

5）顺时针转动泄压阀（旋动负荷调节旋钮），调节到需要调试的负荷为止（负荷表上能直接读出所施加的磅力）并记录液压延时时间。

6）逆时针转动泄压阀（旋出负荷调节旋钮），泄放压力。

2 MFE 工具液压延时性能试验标准（见表 18—1）

表 18—1　MFE 工具液压延时性能试验标准

工具名称	液压延时试验	
	加压负荷 kN	延时时间 min
127mm（5″）MFE	278	2～5
95mm（3　″）MFE	133.5	2～5
127mm（5″）裸眼旁通	133.5	1～4
95mm（3　″）裸眼旁通	133.5	1～4
安全密封	89	行程（25.4mm/2—6min）

测试工具进行液压延时试验时，液压油室内注满4607号合成液压油（或UCON LB—1200X液压油），在室温25～30℃条件下试验。

二、测试工具的液压密封试验

测试工具和井口压力控制装置在施工前都必须进行液压密封试验。控制头、投杆器、活动管汇、钻台管汇、显示头等可以串连起来进行试压，稳压10min，不渗漏为合格。工作压力为34.5MPa的，试验压力为69MPa；工作压力为69.5MPa的，试验压力为104MPa。

MFE测试工具各部件试验压力为69MPa，保持15min不渗漏为合格。

MFE的取样器还要进行气压和水压试验，用二氧化碳或氮气通过取样器短节对其进行气压试验，试验压力为0.69～1.04MPa。试验操作步骤见应会技能项目十五，水压试验见项目三十二。

复习思考题

1. 简述矿场压力机的结构和用途？
2. 简述液压虎钳的结构和用途？
3. 简述电动试压泵的结构和用途？
4. 简述气动增压泵的工作原理？
5. 简述液压延时机构调试的操作方法？
6. 简述液压密封试验的标准？

应　会　技　能

项目二十二　拆卸 127mm 裸眼旁通的计量阀

一、准备工作

1）选好工具、用具：1219.2mm（48″）管钳一把，609.6mm（24″）管钳一把，152.4mm（6″）螺丝刀一个，拆卸“O”型圈专用工具一个，油盆一个，公制内六方扳手一套。

2）备齐下列材料：汽油 1kg。

二、操作步骤

1）外筒夹在虎钳上，卸密封短节和挡圈盖；

2）依次卸密封压帽、支承环“V”形密封圈、压环、密封套；

3）把花键短节夹在虎钳内，卸外筒，将油倒出；

4）卸芯轴总成；

5）从虎钳上卸下花键短节，并把花键芯轴上的花键夹在虎钳上。

6）卸阀挡圈；

7）卸螺旋锁环；

8）卸阀芯轴；

9）卸补偿活塞；

10）卸两个注油塞；

11）拆下所有“O”型圈，然后清洗工具；

三、技术要求

1）卸下芯轴总成后，注意不要损坏阀。

2）旧“O”圈要彻底掏干净。

3）要用螺丝刀卸螺旋锁环。

4）卸密封压帽、挡圈、阀挡圈时应用 609.2mm（24″）管钳。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具用具漏选、错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	漏拆一个“O”型圈扣 1 分	15
4	操作步骤错一步，扣 5 分	55
5	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
6	不按要求回收废油扣 5 分	5
7	操作完后不收回工具，用具扣 5 分	5
定　额	30min	100

项目二十三　组装 127ｍｍ 裸眼旁通计量阀

一、准备工作

1）选好工具用具：1219.2ｍｍ（48″）管钳一把，610ｍｍ（24″）管钳一把，公制内六方扳手一套，1.35kg锤头一个，加油装置一套。

2）备齐下列材料：V31M2R1　″×2　″6 个，“ 0 ”型圈：13304/1、13316/3、13246/4、13218/1，黄油 200g，UCON—LB—1200—X 液压油 5kg。

二、操作步骤

1）按装配图的要求选择并组装合适规格和数量的“ 0 ”型圈。

2）花键芯轴的花键夹在虎钳上；

3）阀、螺旋锁环、阀挡圈和上密封活塞装到芯轴上；

4）将阀芯轴与花键芯轴组装在一起；

5）把螺旋锁环装进槽里，使其轻轻地靠住阀挡圈。

6）将外筒夹在虎钳上；

7）芯轴总成从上端装进外筒；

8）花键短节装在花键上并与外筒组装在一起，上紧丝扣；

9）装补偿活塞；

10）装挡圈盖；

11）装密封套、压环、“ V ”形密封圈支承环和密封压帽；

12）装密封短节；

13）加满油后装上注油塞，然后进行性能试验。

三、技术要求

1）阀和阀座的密封配合面不能漏油，应经检验合格后才能组装，否则应先研磨。

2）彻底清洗干净后再组装；

3）组装阀挡圈时不能使螺旋销变形。

4）丝扣连接时涂上适量黄油后拧紧，但不能用力过大。

5）密封套的唇口应朝上。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具用具、材料漏选、错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	15
3	漏换一个“ 0 ”型圈扣 2 分	10
4	操作步骤错一步，扣 4 分	50
5	不按要求回收废油，扣 5 分	5
6	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
7	操作完后不做性能试验，扣 5 分	5
8	操作完后不收回工具，用具扣 5 分	5
定　额	40min	100

项目二十四　更换127mm MFE花键芯轴

一、准备工作

1）选好工具用具：1219.2mm（48″）管钳一把，914.4mm（36′）管钳一把，专用扳手(44708）一把，公制内六方扳手一套，卸取样器芯轴专用工具一个，加油装置一套，油盆一个，1m铜棒一根。

2）备齐下列材料：UCON—LB—1200—X液压油5kg，汽油2kg，黄油300g。

二、操作步骤

1）花键外筒夹在虎钳上，卸上接头；

2）整体卸取样器；

3）卸两个注油塞，放掉油室的油；

4）用专用扳手卸密封挡圈，然后卸掉阀外筒；

5）卸延时芯轴阀总成；

6）卸连接短节；

7）由上向下推出花键芯轴，卸J形销，止推垫圈和花键套。

8）清洗各部件，换根新的花键芯轴；

9）根据拆卸顺序，依次组装各部件；

10）组装好后，给油室加油，拧上注油塞，然后进行性能检验。

三、技术要求

1. 花键套上下各装三个无任何变形的止推垫圈；

2）花键芯轴与延时上芯轴连接处为一道反扣，要上紧这道扣；

3）J形销上紧后如有凸出，应用锉锉平，但不能损伤花键套；

4）新花键芯轴的花键槽口均用半圆锉轻轻打一遍，使其光滑；

5）花键槽内和止推垫圈，以及各丝扣连接处均涂以黄油；

6）组装好后，从沉头螺塞孔处注满黄油。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	工具、用具、材料错选、漏选一件扣2分，用错一次扣1分	15
3	操作步骤错一步扣5分	50
4	该涂黄油的部位不涂，漏一处扣2分	10
5	不按要求回收废油扣5分	5
6	戴油手套操作行吊扣5分	5
7	操作完不进行性能检验扣5分	5
8	操作完后不收回工具用具扣5分	5
定　额	90min	100分

项目二十五　更换 177.8mmP—T 封隔器摩擦垫块和弹簧

一、准备工作

1）选好工具用具：内六方扳手一套，1.35kg铁郎头一个，203.2mm（8″）螺丝刀一把。

2）备齐下列材料：摩擦垫块 4 个，卡瓦弹簧 4 个，摩擦垫块弹簧 20 个，汽油 500g，黄油 250g。

二、操作步骤

1）将封隔器夹在虎钳上。

2）卸掉固定螺丝。

3）用起子和铁郎头转动挡圈，卸下所有摩擦垫块。

4）取出所有弹簧。

5）清洗各部件。

6）用黄油涂满摩擦垫块各孔。

7）装入相应的摩擦垫块弹簧和卡瓦弹簧。

8）摩擦垫块对准槽向下压转动挡圈。

9）依次将所有摩擦垫块装入槽内。

10）上固定螺丝。

三、技术要求

1）把槽彻底清洗干净。

2）摩擦垫块弹簧和卡瓦弹簧应装入相应摩擦垫块孔内。

3）压摩擦垫块弹簧转动挡圈时要操作平稳，注意安全。

4）从固定螺丝左起逐个安装摩擦垫块，以免造成挡圈的重复转动。

5）不允许在安装时有任何弹簧倾倒。

6）安装好后检查弹簧的弹力是否正常。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	20
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	不按要求回收废油扣 5 分	5
5	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
6	操作完后不认真检查保养质量扣 10 分	10
7	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	30min	100

项目二十六　139.7mm 剪销封隔器的保养

一、准备工作

1）选好工具用具：1219.2mm（48″）管钳一把，内六方扳手一套，油盆一个。

2）备齐下列材料：90°胶筒两个，70°胶筒一个，汽油 500g，黄油 200g，6mm 或 8mm 的剪销一个。

二、操作步骤

1）将剪销封隔器下部夹在虎钳上。

2）卸上接头。

3）卸上通径规环。

4）依次取下胶筒和隔环

5）卸下通径规环。

6）卸掉管塞和剪销。

7）取出胶筒套和芯轴。

8）清洗各部件。

9）组装胶筒套和芯轴。

10）装入新剪销和管塞。

11）安装下通径规环。

12）安装新胶筒和隔环。

13）拧紧上通径规环。

14）上紧上接头。

三、技术要求

1）按装配图的要求选择合适的“0”型圈，装入清洗干净的槽内。

2）根据待测试井的套管壁厚选择相应的通径规环、胶筒和隔环。

3）根据坐封深度选择合适的剪销尺寸，超过 2000m 选用 8mm 的剪销，2000m 以内选用 6mm 的剪销。

4）把旧剪销掏干净。

5）未装剪销胶筒前，要求芯轴滑动自如，行程达到 78mm。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	操作步骤错一步扣 5 分	60
4	不按要求回收废油扣 5 分	5
5	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
6	操作完后不认真检查保养质量扣 10 分	10
7	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	30min	100

项目二十七　保养 95mm MFE 泄油阀接头及附件

一、准备工作

1）选好工具用具：内六方扳手一套，609.6mm（24″）管钳一把，卡簧钳一把，拆卸“0”型圈专用工具一把，油盆一个。

2）备齐下列材料：“0”型圈：13313/2、13314/2、13304/2、13222/1、13219/1、13220/3，汽油 500g，黄油 100g。

二、操作步骤

1）将取样器夹在虎钳上。

2）卸上密封套。

3）卸扭矩套。

4）卸泄油塞。

5）卸弹性挡圈和泄油阀总成。

6）卸安全销帽、安全塞和螺旋销。

7）卸沉头管塞。

8）清洗各部件更换“0”型圈。

9）组装泄油阀和弹性挡圈。　　12）装沉头管塞。

10）装上密封套。　　13）装扭矩塞。

11）装螺旋销安全塞和安全销帽。　14）装泄油塞。

三、技术要求

1）按装配图的要求选择合适规格数量的“ 0”型密封圈。

2）彻底掏干净旧的“ 0”型密封圈。

3）装“ 0”型圈前应在“ 0”型圈上涂上适量的黄油，丝扣处也要涂黄油。

4）认真清洗各部件，尤其是密封圈槽。

5）安装时内六方扳手应套牢后再用力上紧，且不应上得太紧。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	15
3	严格操作步骤错一步扣 5 分	60
4	该抹黄油的不抹扣 5 分	5
5	不按要求回收废油扣 5 分	5
6	操作完后不认真检查扣 5 分	5
7	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	20min	100

项目二十八　组装 152.4mm 安全密封

一、准备工作

1）选好工具用具：1219.2mm（48″）管钳一把，914.4mm（36″）管钳一把，组装滑阀专用工具一个，公制内六方扳手一套，卡簧钳一个，加油装置一套，1.35kg铞郎头一个，1m 铜棒一根，黄油枪一个。

2）备齐下列材料

13312/1、13252/1、13327/1、14878/4、15060/2，汽油 1kg，黄油 800 克，UCON—LB—1200—X 液压油 5kg。

二、操作步骤

1）阀接头夹在虎钳上，装入密封芯轴。

2）将密封螺母装到密封芯轴上拧紧。

3）装油室外壳。

4）拧紧锁紧螺丝。

5）装活动接箍。

6）组装滑阀、滑阀套和滑阀弹簧，并装到阀接头里，装泥浆筛和弹性挡圈。

7）将止回阀和止回阀弹簧装入阀接头里，装油塞。

8）装泄油阀盲塞。

9）装油塞。

10）用黄油枪从黄油嘴向将储油室注满黄油。

11）同样在上接头的上端加装黄油。

12）在油室内加满 UCON—LB—1200—X 液压油。

三、技术要求

1）根据装配图的要求选择相应规格，数量的“0”型圈。

2）将旧的“0”型圈彻底清除。

3）要将弹性挡圈装到槽里。

4）装密封螺母时，小心别损坏“0”型圈的配合表面。

5）装阀或塞子时，六方扳手要套牢后再上紧。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	12
3	操作步骤错一步扣 4 分	48
4	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
5	不按要求回收废油扣 5 分	5
6	漏拆一个“0”型圈扣 1 分	10
7	操作完后不认真检查扣 5 分	5
8	操作完后不做性能检验扣 5 分	5
9	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	45min	100

项目二十九　测量 127mm 液压锁紧接头的液压面积

一、准备工作

1）选好工具用具：0～150mm 游标尺一个，油盆一个，计算器一个。

2）备齐下列材料：汽油 200g。

二、操作步骤

1）将锁紧接头芯轴和密封套清洗干净，擦干。

2）用游标卡尺量 D_1 的大小。

3）用游标卡尺量 d_1 的大小。

4）算出直径为 D_1 的面积 S_1，$S_1=\pi\frac{D_1^2}{4}$。

5）算出直径为 d_1 的面积 S_2，$S_2=\pi\frac{d_1^2}{4}$。

6）用 S_1-S_2 即为 127mm 液压锁紧接头的液压面积。

三、技术要求

1）游标卡尺要准确。

2）用游标卡尺测量时读值要精确。

3）127mm 液压锁紧接头的液压面积有 3.23、6.45、9.68 和 12.9cm^2 四种规格。

4）参照四种规格，用所测量的液压面积去选择最接近的一种规格。

5）根据 MFE 管柱在所测井中的深度来选择合适的液压面积的锁紧接头。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	操作步骤错一步扣 5 分	30
4	不按要求回收废油扣 5 分	5
5	操作完不认真复查扣 5 分	5
6	计算中出现错误扣 40 分	40
7	操作完后不认真检查扣 5 分	5
定　额	15min	100

项目三十　139.7mm 套管跨隔测试管柱的连接

一、准备工作

1）选好工具用具 1219.2mm（48″）管钳两把，203.2mm（8″）螺丝刀一个，基线规一个，压力计扳手两把，钢丝刷一把。

2）备齐下列材料：黄油或丝扣油 500g，152.4mm（6″）×177.8mm（7″）卡片 4 张。

二、操作步骤

1）先将 4 只时钟上满弦，然后再将其装入压力计并用专用工具划基线。

2）装温度计后连接好压力计，其中三只装入压力计托筒。

3）依次将下列工具连成一串，提升短节→压力计托筒→重型筛管→压力计托筒→盲接头→P→T 封隔器→开槽尾管→压力计。

4）依次将下列工具连成一串，提升短节→压力计托筒→MFE 测试阀→液压锁紧接头→安全接头→TR 震击器→剪销封隔器→变扣接头。

5）先将 P—T 封隔器的那一半入井。

6）然后将 MFE 的那一半用通井机吊起来与入井的工具连接后下入井中。

7）下两根油管后，将反循环接头连接其上。

8）按设计要求下入油管。

三、技术要求

1）连接前认真检查各工具仪器的丝扣是否完好。

2）用钢丝刷把各道丝扣彻底刷干净，然后涂上适量的黄油。

3）如跨距过长，需加油管连接。

4）出砂严重时可在循环接头下部多下油管。

5）稠油井和出砂严重的井要下两个（断销及泵出式）循环接头，而且把泵出式循环接头放在上部，中间再间隔两根油管。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	不认真检查各工具仪器的丝扣是否完好扣 10 分	10
5	丝扣不刷干净，不抹黄油或丝扣油扣 10 分	10
6	卡片画基线不用基线规扣 10 分	10
7	操作完后不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	60min	100

项目三十一　35MPa 测试井口压力控制装置的水压试验

一、准备工作

1）选好工具用具设备：8.1kg　头一个，0.5m 撬棍一根，69MPa 试压泵一台，0.78MPa 压风机一台，高压管线 1 根，防护扳 4 块。

2）备齐下列材料：足量的水

二、操作步骤

1）依次将活动管汇、单翼显示头、钻台管汇、活动管汇、控制头连接起来。

2）试压泵管线与活动管汇连接。

3）用锤头将各油壬砸紧，用管钳将各丝扣拧紧。

4）在单翼显示头要装压力表的地方装上堵头。

5）打开各旋塞阀，关闭单翼显示头顶部针阀，从控制头处灌满水，关闭控制头。

6）打开试压泵开始试压。

7）打到额定压力后，检查是否有漏水的地方。

8）稳压 10min 后把压卸掉。

9）逐个对钻台管汇的四个旋塞阀进行同样的稳压试验。

10）卸掉钻台管汇，关闭单翼显示头的旋塞阀，对其余三个针阀分别试以相同压力，稳压 10min。

11）泄压后拆下各管汇，控制头和试压泵管线。

三、技术要求

1）试压前检查好管线是否畅通，各阀是否开关灵活好用。

2）用防护扳将试压管线全部挡住，严防高压伤人。

3）按工作压力逐级试压，试压时不要一下子打到额定压力。

4）所有的阀门必须逐个进行试验。

5）有一点渗漏都要重新保养再试压。

四、常见故障的分析处理

在试压过程中，常会出现渗漏现象，渗漏现象主要在旋塞阀、弯头、活接头处。如出现在旋塞阀、弯头处，可以用黄油枪从黄油嘴打高压密封脂再试，若还达不到要求，只有进行全面保养后再试压。如渗漏现象在活接头处，卸压后先用锤头再紧一下扣，若不行，卸掉活接头扣更换新盘根后，再进行试压。

五、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、设备错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	试压前不认真检查管线是否畅通，各阀是否灵活好用扣 5 分	5
5	试压不用防护扳扣 10 分	10
6	带压操作旋塞阀和处理故障扣 10 分	10
7	试压过程不逐级试扣 5 分	5
8	操作完不收回工具用具设备扣 5 分	5
定　额	60min	100

项目三十二　127mmMFE 取样器的水压试验

一、准备工作

1）选好工具用具设备：69MPa 试压泵一台，0.789MPa 压风机一台，公制内六方扳手一套，高压管线一根，防护扳 2 块，1m 铜棒一根。

2）备齐下列材料：足够量的水

二、操作步骤

1）将 127mmMFE 取样器夹在虎钳上。

2）用铜棒轻打取样器芯轴，使之与取样器短节平齐。

3）将试压塞装在安全塞的位置上。

4）将进水阀装入取样器下部泄油塞的位置上。

5）将排出阀装入取样器上部装泄油塞的位置上。

6）打开上下泄油阀。

7）斜放取样器并加满水。

8）将排出阀开关几次，用以保证排净全部空气。

9）逐级打泵压至 68.95MPa，稳压 5min。

10）泄压，卸下各阀并放空水。

11）在取样器上部装安全塞、安全销和安全销盖。

12）装取样器上下泄油塞。

三、技术要求

1）试压前将取样器进行彻底保养。

2）试压前用防护扳挡住取样器，以防高压伤人。

3）试压时仔细检查有无渗漏。

4）打开泄油阀时要保证它已退到弹性挡圈上。

四、常见故障的分析与处理

在试压过程中，有时会出现渗漏现象，这是因为渗漏部位没有保养到或者是金属件损坏造成的。如果是未保养到，卸压后，重新把渗漏的部位进行认真保养后再进行试压；如果是金属件有损坏，重新换上新的金属件，抹上黄油，组装好后，再进行试压。

五、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、设备错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	严格操作步骤错一步扣 5 分	50
4	试压不用防护扳扣 10 分	10
5	试压不逐级试扣 10 分	10
6	出现渗漏不先卸压就处理扣 10 分	10
7	操作完不收回工具用具设备扣 5 分	5
定　额	40 min	100

项目三十三　保养 127 mm 安全密封的滑阀总成

一、准备工作

1）选好工具用具：卡簧钳一把，滑阀扳手一个，小油盆一个。

2）备齐下列材料：“ 0 ”型圈：14878/ 2、15060/ 2，汽油 250g。

二、操作步骤

1）将安全密封的活动接箍夹在虎钳上。

2）用卡簧钳从滑阀总成上，卸下弹性挡圈和泥浆筛。

3）用滑阀扳手（公扣 1/ 4—20 牙/ 寸）卸下滑阀和滑阀套，取出滑套弹簧。

4）清洗、更换“ 0 ”型圈。

5）按拆卸前各零部件的排列顺序重新装好滑阀总成。

三、技术要求

1）“ 0 ”型圈不能有划痕。

2）滑阀的外表面和滑阀套的内表面应清洁、光滑滑阀在滑阀套内应活动自如。

3）弹性挡圈要卡入槽内。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、错选、漏选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	10
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
5	不按要求回收废油扣 5 分	5
6	操作完不认真检查扣 10 分	10
7	操作完后不回收工具用具扣 5 分	5
定　额	15 min	100

项目三十四　保养 35 MPa 活动管汇的活动弯头

一、准备工作

1）选好工具用具：152 4mm（6″）活动扳手一个，手动黄油枪一个，油盆一个，610mm（24″）管钳一把。

2）备齐下列材料：密封盘根一个，各用滚珠 20 个，汽油 500g，黄油 300g，足够量的水。

二、操作步骤

1）用水和汽油将工具表面清洗干净。

2）卸掉滚珠堵头。

3）逆时针方向慢慢转动弯头，使滚珠掉出，待滚珠全部掉出后，将活动管汇夹在虎钳上拔掉弯头，取出密封盘根。

4）清洗检查每个零件。

5）更换密封盘根和有蚀点或退色的滚珠。

6）将盘根正确地装入弯头中，盘根有金属环的一面一定要面向滚珠轨道，如果盘根上无金属环，则不论哪面向着轨道都可以。

7）组装活动弯头，并装好滚珠堵头。

8）用手动黄油枪均匀地向弯头内注入黄油，直到注满为止。

三、技术要求

1）勿用动力油脂枪注黄油，防止注黄油压力过大，损坏盘根。

2）活动管汇转动灵活，试水压 35 MPa，5min 不刺不漏。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	15
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	戴手套操作行吊扣 5 分	5
5	不按要求回收废油扣 5 分	5
6	操作完不认真检查扣 5 分	5
7	操作完不做性能检验扣 10 分	10
8	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	50min	100

项目三十五　保养 121mm 裸眼封隔器

一、准备工作

1）选好工具用具：1219.2mm（48″）管钳一把，19mm 套筒扳手一个，油盆一个，公制内六方扳手一个。

2）备齐下列材料：146mm 裸眼封隔器胶筒一个，161.9mm（压平时）金属环 14 个，“O”

型圈 13305/ 1 只、13253/ 1 只，汽油 1kg，黄油 300g。

二、操作步骤

1）将裸眼封隔器的下接头夹在虎钳上。

2）用管钳卸下活动接箍和螺母。

3）用套筒扳手卸掉对开式扣环上的螺母和螺杆，取下对开式扣环。

4）卸下套在芯轴上的滑动头。

5）从芯轴上取下一对平键把胶筒从芯轴上卸下来，取出金属环。

6）卸掉芯轴。

7）卸掉沉头管塞和支承环。

8）用汽油或洗涤剂将所有零件清洗干净。

9）更换新的“ 0”型圈，在有丝扣的位置抹上黄油。

10）按与拆卸次序相反的顺序组装裸眼封隔器。

三、技术要求

1）组装的金属环在 14 个左右，可用新的，也可以用使用过的，使用过的要整形，金属环整形后的直径比封隔器胶筒的直径小 6. 35～12. 7mm。

2）所换的新胶筒的直径比坐封井段的井径小 25. 4mm。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料漏选、错选一件扣 2 分，用错一次扣 1 分	20
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	不按要求回收废油扣 5 分	5
5	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
6	操作完不认真检查扣 10 分	10
7	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	40min	100

项目三十六　组装 200—J 压力计隔膜总成

一、准备工作

1）选好工具用具：12. 7mm（　″）活动扳手一个，203. 2mm（8″）活动扳手一个，挡圈扳手一个，拆卸螺杆一个，隔膜整形塞一个，油盆一个。

2）备齐下列材料：汽油 500g，41# 透平油 500g，隔膜一个。

二、操作步骤

1）将隔膜挡圈、隔膜和隔膜管用汽油清洗干净。

2）更换隔膜挡圈上的“ 0”型圈。

3）把三个零件（隔膜挡圈、隔膜、隔膜管）组装在一起。首先，把隔膜开口端上的“ 0”形凸台部分装入挡圈的密封槽里，然后，将隔膜管套在隔膜上，直到管底端靠着挡圈为止。

4）向波纹管内加液压油，加到波纹管顶部油位。

5）把隔膜总成装入压力计装置里，用挡圈扳手将隔膜挡圈拧紧。

6）把隔膜整形塞插到隔膜里，以使隔膜完全张开，从而排净隔膜和波纹管之间的空气。

7）在不取出隔膜整形塞的情况下组装安全阀。

8）取下隔膜整形塞。

三、技术要求

1）加入压力计波纹管内的液压油是 41# 透平油。

2）在排隔膜和波纹管之间的空气时，要不惜油从安全阀孔中流出，以保证隔膜和波纹管之间的空气全部排净。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料漏选、错选一件扣 1 分，用错一次扣 1 分	20
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	不按要求回收废油扣 5 分	10
5	操作完不认真检查扣 10 分	10
6	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	20min	100

项目三十七　取样器的放样与样品的计量

一、准备工作

1）选好工具用具：公制内六方扳手一套，采样三通总成一套，调压器一套，高压管线一根，低压管线一根，分离器总成一套，气体流量计一台，量筒一个，氮气瓶一个，614mm(24″) 管钳一把，25MPa 压力表一块，1.6MPa 压力表一块，油盆一个。

2）备齐下列材料：汽油 1kg。

二、操作步骤

1）检查取样器的上、下放样阀和放样塞，确保两只阀密封良好。

2）卸下放样塞，并装上采样三通总成，采样三通总成上的两只针阀必须关住。

3）将 1.2m 长的取样管接到分离器的顶部出口上。

4）取样管另一端接到氮气瓶的调压器总成上。

5）检查调压器，保证调节的压力在零位上。

6）开氮气瓶阀，高压表指示瓶内的压力，低压表应在零位上，如不是这样，关闭氮气瓶，查找原因。

7）用拇指堵住分离器的侧部出口，慢慢调节氮气瓶的压力，使其达到 0.17MPa 时，分离器的安全阀发出啪啪的声音泄压，反复检查安全阀的工作情况，关上调压阀。

8）用 0.9m 长的采气管接到分离器的侧部出口和气体流量计上。

9）缓慢增压（0.04～0.07MPa），用约 0.0566m^3 的氮气，流过分离器和气体流量计，置换系统内的全部空气，使流量计回零，以便计量天然气。

10）关调压阀，拆下取样管，关氮气瓶，然后重开调压阀，放出氮气瓶与调压阀之间的压力。每次使用氮气后，都必须这样做。

11）取样管从氮气瓶上卸下后，马上接到采样三通总成上。

12）开启放样阀，并记下取样压力。地面测得的压力取决于采集的天然气量和温度的变化。如果采到的试样是水，由于无气和无温度变化，压力可能是零。

13）开采样三通的另一只阀，泄取样短节的压力。

14）放出取样器内的全部天然气，记下气体流量计的值。

15）从分离器上卸采气管。

16）卸取样器上的下放样塞。

17）将管接头总成拧入放样塞孔中，接上采样管。

18）开取样器上的下放样阀，让试样排入分离器。

19）把高压管线接到氮气瓶和采样三通总成上。

20）开采样三通的两只阀，开氮气瓶。

21）开氮气瓶上的调压阀，取样器短节内的试样进入分离器。

22）如果试样中带有高密度钻井液而使取样器放样孔被堵，倒换取样管接头和冲洗管接头，用氮气压力冲洗。通过取样器短节进行反循环，吹通放样孔。

23）关所有的阀，放掉氮气瓶阀与调压器之间的压力。

24）从分离器上卸取样管。

25）松开分离器上的盖，将试样倒入带有刻度的量筒里。沉淀试样，分离出油、水、钻井液。

26）记录油、水、钻井液的体积。

三、技术要求

1）泄油塞座底部的小孔就是安全孔，如果放样阀的“0”型圈损坏，高压液体即从安全孔喷出，所以卸放样塞时不要站在安全孔的前面。

2）采气管始终接在分离器的侧部出口上，以减少通过气体流量计的液体，避免损坏气体流量计。

3）放样后，用水或溶剂洗净所有设备（除气体流量计以外）。各种液体都不准进入气体流量计。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	工具、用具漏选、错选一件扣2分，用错一件扣1分	15
3	操作步骤错一步扣2分	60
4	不按要求回收废油扣5分	5
5	放样前不认真检查扣5分	5
6	操作完不认真清洗工具扣5分	5
7	操作完后不收回工具，用具扣5分	5
定　额	40min	100

项目三十八　安全密封与裸眼封隔器的组装

一、准备工作

1）选好工具用具：1219.2mm（48″）管钳一把，609.6mm（24″）管钳一把，安全密封芯

轴拉拔器一个，锁紧螺母一个。

2）备齐下列材料：黄油 100g。

二、操作步骤

1）将保养好的安全密封放到虎钳上，油室外筒上的注油孔朝上，虎钳夹紧活动接箍。

2）用安全密封芯轴拉拔器将密封芯轴拉到下死点位置，转动密封芯轴使油室外壳上的锁紧螺母孔与密封芯轴下部的锁紧螺母槽对准。

3）装上锁紧螺母。

4）卸掉封隔器上的活动接箍和螺母，装上连接短节并拧紧连接扣。

5）吊起封隔器，将封隔器与安全密封下部连接，内外两道扣同时上扣，先将密封芯轴与连接短节的连接丝扣上紧后，卸掉锁紧螺母，再将油室外壳下端的母扣与滑动头上端的公扣拧紧。

三、技术要求

卸掉封隔器中的螺母后，必须装上连接短节，否则会导致测试失败。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具漏选、错选一件扣 2 分，用错一件扣 1 分	20
3	严格操作步骤错一步扣 10 分	50
4	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
5	丝扣部位不抹黄油扣 5 分	5
6	操作完不认真检查扣 10 分	10
7	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	20min	100

项目三十九　保养 127mm 裸眼旁通副旁通

一、准备工作

1）选好工具用具：1219.2mm（48″）管钳一把，卸平衡阀套拉拔器一个，152.4mm（6″）螺丝刀一把，油盆一个，300mm 小铜棒一根。

2）备齐下列材料：3.175×7.937mm 不锈钢螺旋销 2 个，“0”型圈：13238/3、13305/1、13317/1，汽油 500g，黄油 100g。

二、操作步骤

1）将裸眼旁通放到虎钳上，虎钳夹紧花键短节。

2）卸掉上接头。

3）用拉拔器从花键芯轴中拔出副旁通总成。

4）用小铜棒打出平衡阀套。

5）取出平衡密封上部孔中的断销。

6）将拆卸下来的所有零件清洗干净，充分润滑，更换所有“0”型圈。

7）组装副旁通总成，将平衡阀套装入平衡密封套，使平衡阀套上的槽对准平衡密封套上的孔，并装上二个螺旋销。

8）清洗、润滑花键芯轴的密封面，并将副旁通阀总成装入花键芯轴的上孔中。

9）装好上接头。

三、技术要求

所用螺旋销的直径和长度是 3.175×7.937ｍｍ，可以用相同尺寸的不锈钢焊条芯代替。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	常保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料漏选、错选一件扣 2 分，用错一件扣 1 分	20
3	操作步骤错一步扣 10 分	50
4	不按要求回收废油扣 5 分	5
5	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
6	操作完不认真检查扣 10 分	10
7	操作完后不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	20min	100

项目四十　拆卸 95ｍｍ MFE 的延时机构

一、准备工作

1）选好工具用具：公制内六方扳手一套，1219.2ｍｍ（48″）管钳一把，914.4ｍｍ（36″）管钳一把，610ｍｍ（24″）管钳一把，专用扳手一个，扭矩销一个，拆卸“0”型圈专用工具一个，油盆一个。

2）备齐下列材料：汽油 1kg。

二、操作步骤:

1）将多流测试器放在虎钳上，虎钳夹在花键外筒上。

2）卸掉放样短节上的扭矩塞，换上扭矩销，卸松取样器芯轴，取出扭矩销，卸掉取样器总成。

3）卸掉阀外筒的上、下注油塞，放掉油室内的液压油。

4）用专用扳手（53764）卸密封挡圈。

5）卸阀外筒。

6）卸下芯轴，取出弹簧座、弹簧和阀。

7）卸芯轴，拔出补偿活塞。

8）卸掉连接短节。

9）卸掉所有旧“0”型圈。

10）清洗各部件。

三、技术要求

1）卸上、下芯轴时，管钳要打在芯轴上的毛面处，不能碰坏阀和上、下芯轴的镀层。

2）下芯轴与上芯轴、上芯轴与花键芯轴之间的连接丝扣为反扣，拆卸时要施加顺时针方

向的扭矩。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料漏选、错选一件扣 2 分，用错一件扣 20 分	30
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
5	不按要求回收废油扣 5 分	5
6	操作完后不按时收回工具用具扣 5 分	5
定　额	30min	100

项目四十一　组装 95mm 震击器

一、准备工作

1）选好用具工具：1219.2mm（48″）管钳一把，914.4mm（36″）管钳一把，公制内六方扳手一套，1.35kg锤头一把，组装震击器芯轴专用工具一个，152.4mm（6″）螺丝刀一个，锁键安装工具一个，加油装置一套，26 号挡环手钳一把。

2）备齐下列材料：“0”型圈：13218/2、13249/5、13251/2、13307/1、13309/2、13313/1，黄油 500g，UCON—LB—1200—X 液压油 5kg。

二、操作步骤

1）把阀、阀弹簧和挡环装在下芯轴上，全部挡环都使用 26 号挡环手钳。

2）夹紧上芯轴母扣外滚花部分。

3）用管钳把上、下芯轴组装在一起，放在一边，小心别损坏了阀。

4）锁环和时间调节螺母装在上接头上。

5）外筒的公扣端夹在虎钳上。

6）芯轴总成装在外筒里。

7）擦环装在擦环挡圈里。青铜擦环的直边朝下，锐边即擦边向上。环的一端放入槽里，然后活动擦环内径，直到开口就位为止，安装擦环不能用力过大。组装擦环挡圈，在其内孔涂上稠润滑脂。

8）给外筒密封孔灌装轻油，外筒公扣外加润滑脂。

9）3 个“0”型圈装到芯轴上，然后装进外筒的密封孔里，不要让“0”型圈发生滚动，以免扭坏。

10）公、母密封环的配合表面涂上一层润滑脂，并滑到上芯轴上。

11）支承环装入上芯轴上。

12）擦环挡圈装进芯轴，擦环是背离外筒方向的。

13）只能用擦环挡圈或下接头端部轻轻推动“0”型圈，使其进入密封孔内。

14）公母密封环、支承环和擦环挡圈的外表面都涂上一层润滑脂，“0”型圈上不要涂润滑脂，以防止把润滑脂带到油压系统内。

15）用花键短节内的台肩轻轻地推动密封总成，直至花键短节上的丝扣和外筒丝扣接触为止。

16）在上接头下端丝扣台肩处装上调整垫圈或弹簧垫圈。

17）上接头装入花键短节，上接头的锁键槽必须与花键短节的进入槽在同一花键内。

18）滑动芯轴总成使上接头的槽与花键短节里的进入槽对准。

19）补偿活塞（锥形端头）装在下芯轴上。利用下接头的端部推动补偿活塞，使其准确地进入外筒孔里。

20）组装上接头，使键槽和花键短节的孔对准。

21）安装折式锁键，首先在锁键孔上拧一个定位螺丝，在锁键上涂上一层润滑脂，以便于安装和拆卸。

22）将锁键装槽后，用专用工具完全打平锁键，拧下定位螺丝。

23）用锤子和安装工具把盖板装进花键短节的孔，轻打几下，把盖板敲平。

24）组装下接头

三、技术要求

1）组装前，更换全部“0型”圈，检查擦环和芯轴是否损坏。保证时间调节螺母转动灵活，检查阀是否有深拉槽，需要时更换各部件。

2）检查阀座是否有径向拉痕。如果需要，用阀研磨剂和轻油研阀座。

3）组装公母密封环时，公密封环的薄唇必须靠着“0”型圈。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	工具、用具、材料漏选、错选一件扣2分，用错一件扣1分	15
3	操作步骤错一步扣5分	50
4	戴油手套操作行吊扣5分	5
5	操作完不认真检查扣5分	5
6	操作完不给油室加油扣5分	5
7	操作完后不做性能检验扣10分	10
8	操作完后不收回工具、用具扣5分	5
定　额	60min	100

项目四十二　127mm裸眼旁通阀的性能试验

一、准备工作

选好工具用具：调试接头两个。

二、操作步骤

1）将调试接头拧到裸眼旁通阀两端，并吊到调试架上。

2）加压将芯轴推到下死点。

3）调节调试架控制台上的调压阀，将拉伸负荷调至133358N。

4）用133358N的拉力拉伸液压旁通阀，做拉伸延时试验。

三、技术要求

用133358N的拉力，将旁通阀从下死点拉到上死点，延时1～4min为合格。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料漏选、错选一件扣 2 分，用错一件扣 1 分	5
3	操作步骤错一步扣 40 分	40
4	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
5	违反矿场压力机（调试架）操作规程 1 条扣 10 分	40
6	操作完后不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	15min	100

项目四十三　组装旋塞阀

一、准备工作

1）选好工具用具：1219.2mm（48″）管钳一把，8mm 套筒扳手一个，300mm 小铜棒 1 根，0.5m 撬棍一根，油盆一个。

2）备齐下列材料：“0”型圈：70.34033/1，70.33962/2，旋塞密封圈：912312/2，高压密封脂 300g，汽油 500g。

二、操作步骤

1）装好瓦片及调节螺母帽上面的“0”型圈。

2）把阀杆密封圈装入阀体上端及调节螺帽中。

3）用润滑脂润滑旋塞、瓦片和调节螺帽，对阀体内腔填加润滑脂。

4）将旋塞坐到调节螺帽上，并压入槽内，用平垫圈、弹簧垫及固定螺丝上紧。

5）检查液体上的定位销是否装好。

6）将瓦片装到旋塞阀外周，并坐于调节螺帽上，旋塞通孔与瓦片通孔对正。

7）按规定的上紧扭矩将调节螺帽上紧到阀体上。

8）装好阀上制动环和手轮，流通标记要与旋塞杆上边的槽子对正。

9）转动旋塞阀数次，使阀内过量润滑脂分布到阀体内的通道中。

10）自阀体上端的黄油嘴注入润滑脂，使润滑脂完全充满阀体腔内。

三、技术要求

1）组装前认真清洗每个零件，更换所有“0”型圈和密封圈。

2）必须按下列数据调节好阀的扭矩，才能保证阀的密封性。通过上紧或拧松调节螺母进行调节。旋塞转动时阀衬调至如下旋转扭矩。

1′阀　39.2～53.9　N·m　　2.5′阀　68.6～81.3　N·m

1.5′阀　39.2～53.9　N·m　　3′阀　81.3～95.06　N·m

2′阀　53.9～81.3　N·m　　4′阀　95.06～107.8　N·m

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料漏选、错选一件扣 2 分，用错一件扣 1 分	10
3	操作步骤错一步扣 5 分	50
4	不按要求回收废油扣 5 分	5
5	操作完不认真检查扣 20 分	20
6	戴油手套操作行吊扣 5 分	5
7	操作完后不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	30min	100

项目四十四　检查和更换压力表

一、准备工作

1）选好工具用具：203.2mm（8″）活动扳手一个，压力表一块。

2）备齐下列材料：密封胶带一卷。

二、操作步骤

1）关闭需查（换）压力表一侧的生产闸门，再关闭压力表闸门。

2）打开压力表放空闸门，使指针降零（不归零时，注意判断压力是否放净）。

3）卸压力表。

4）检查和更换新压力表，关闭放空闸门。

5）慢慢打生产闸门 5～6 圈后，再慢慢打开压力表闸门，观察丝扣处是否有渗漏，正常后做好记录。

三、技术要求

1）新压力表必须是经过计量部门检验的。

2）装新压力表时，要在丝扣处先缠上密封胶带。

3）卸压力表时，要一手扶压力表，一手使扳手，同时站在侧面，防止余压顶出伤人。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料漏选、错选一件扣 2 分，用错一件扣 1 分	10
3	严格操作步骤错一步扣 10 分	50
4	使用未经检验的压力表扣 10 分	10
5	卸压力表时，不按技术要求去做扣 10 分	10
6	装新压力表时丝扣不缠密封带扣 10 分	10
7	操作完后不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	30min	100

项目四十五　用震击器进行裸眼测试工艺的震击解卡操作

一、准备工作

1）确定遇卡位置是否在测试管柱以下。

2）要求指重表准确、灵敏。

3）了解遇卡的地层情况。

4）调整钻井液性能，符合要求。

5）根据所测井段的温度、液柱压力，在地面用螺丝刀调整好震击时间。

二、操作步骤

1）当裸眼测试管柱下部的筛管、钻铤和封隔器遇卡时，上提管柱。

2）给震击器施加 100～150kN 的拉力，油压系统开始延时，震击器上方的钻具受拉而弹性伸长储存弹性能量。

3）液压阀向上运动到阀外筒的较大内径处，上芯轴快速向上运动，钻具释放能量，使芯轴上的台肩与阀外筒上台肩相撞，产生一个强大的震击力，使遇卡处解卡。

4）如果一次不能解卡，只需再下放管柱，使阀回到原来位置，向下是不会延时的，然后再上提管柱施加同样的拉力，过一会儿同样产生一个强大的震击力。

5）多次震击，直至解卡为止。

三、技术要求

1）调时系统是靠调节液压阀的行程来调整震击时间的。

2）阀的自由冲程始终等于 101.6mm，这样可一直保持最佳震击力。

3）根据所测井段的温度、液柱压力，在地面用螺丝刀调整好震击时间。

4）在任何压力下均可使用该震击器进行震击解卡操作。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品的穿戴少穿一件扣 1 分	5
2	不了解现场情况及遇卡井径的情况扣 20 分	20
3	操作步骤每错一步扣 15 分	75

项目四十六　在井眼中解脱 95mm 安全接头

一、准备工作

1）现场解脱时，应和钻井队操作人员协商好。

2）指重系统准确、灵敏。

3）司钻操作不得猛提猛放。

4）确保加在安全接头上的压缩负荷小于 4.5kN。

二、操作步骤

1）左旋管柱 1～3 圈。

2）在保持左旋扭矩的同时，下放管柱，给安全接头施加压缩负荷。

3）接着上提管柱，使安全接头上只有 4.5kN～8.9kN 的压缩负荷。

4）再左旋管柱卸安全接头，当安全接头的粗牙螺纹卸扣时，其上举钻杆的速度比卸开钻杆接头时快 6～8 倍。

5）安全接头解脱后，管柱悬重减少。

三、技术要求

1）现场解脱时，应事先与钻井队操作人员协商好。

2）司钻应平稳操作，不得猛提猛放。

3）旋转管柱时要按规程去做，而且要注意安全。

4）压缩负荷不能小于 4.5kN，因安全接头粗牙螺纹有承受拉伸负荷的可能，造成难以解脱。

5）压缩负荷不能大于 8.9kN，否则可能损坏其配合台肩。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	现场劳动用品少穿一件扣 1 分	10
2	操作步骤每错一步扣 15 分	90

项目四十七　在井眼中对接 95mm 安全接头

一、准备工作

1）施工前，给井队交好底。

2）司钻要操作平稳，指重系统准确、灵敏。

3）确定对接深度，在接近安全接头时应缓慢下放以免碰坏丝扣。

二、操作步骤

1）将 95mm 安全接头公扣短节连接在钻杆的下部。

2）将管柱下至公扣体与母扣短节接触。

3）探到鱼顶后在井口钻杆上用粉笔或细绳子作一记号。

4）向母扣体略加压缩负荷后，在井口慢慢右旋管柱。

5）扭矩增加记号下移表明安全接头在井眼中已重新啮合。

三、技术要求

1）施工前，给钻井队交好底。

2）司钻要操作平稳，指重表要灵活好用。

3）加压缩负荷时要小心，不能猛放造成碰坏丝扣。

四、评分标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	现场施工劳保用品少穿一件扣 2 分	10
2	不按操作步骤进行，每错一步扣 10 分	55
3	在接近安全接头猛放扣 10 分	10
4	劳保用品的穿戴少穿一件扣 1 分	5
5	不了解现场情况及遇卡井径的情况扣 20 分	20

项目四十八　139.7mm 套管井坐封深度在300～500m 的浅层测试

一、准备工作

1）对测试层以上井段进行通井。

2）选好工具：封隔器（胶筒排列为 70°—70°—70°），锁紧接头面积为 6.45cm^2，MFE（液压延时机构的液压油用柴油稀释），其它工具按要求选取。

3）检验 MFE 液压延时性能，确保在 40kN 压缩负荷下延时 2～4min。

4）确保指重系统准确、灵敏。

5）确保通井机能用最慢速操作，刹车系统要好用。

二、操作步骤

1）封隔器的胶筒换成排列顺序为邵氏硬度 70°—70°—70°的胶筒。

2）选择锁紧面积为 6.45cm^2 的液压锁紧接头。

3）将 MFE 液压延时机构的液压油用柴油稀释后注满。

4）将 MFE 在室内做液压延时性能检验，在 40kN 的压缩负荷下延时 2～4min。

5）下钻过程中要操作平稳，遇阻不能猛顿，应立即上提。

6）正转 1～3 圈，下放管柱坐封，加压前在管柱上与井口平齐的位置作一记号 A 点。

7）将管柱的全部重量压到多流测试器上，延时开井后再作一记号 B 点。

8）上提管柱关井时，出现“自由点”时目测上提管柱 250mm，但不能超过 A 点，然后下放管柱，经延时后没有自由下落 25.4mm 显示时作一记号 C 点。

9）二开时，上提管柱超过“自由点”3～4kN 后，下放管柱，经延时后有自由下落显示。

10）根据需要可重复进行上述步骤来完成多次开关井作业。

三、技术要求

1）这样的浅层测试不需加水垫。

2）如果稀释过后的 MFE 液压延时机构中液压油不能达到性能检验要求，可直接用柴油代替。

3）施工前要向通井机手交待清楚，用最慢速度上提管柱，刹车系统要灵活好用。

4）拉力计要灵活好用。

5）C 点应比 B 点高 152mm，才能证明已关井。

6）应装断销式和泵出式两种循环接头，以便进行循环作业。

7）下测试管柱前应通井。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	现场劳保用品的穿戴，少穿一件扣 1 分	5
2	不按操作步骤进行，每错一步扣 10 分	90
3	不按操作要求装井口地面工具扣 5 分	5

项目四十九　139.7mm 套管负压井的开关井操作

一、准备工作

1）确保通井机性能良好，灵活好用。

2）拉力计灵敏可靠。

3）活动管汇应足够长，确保上提管柱时不受影响。

4）和井队操作人员交好底，必须按我方的要求进行快速上提下放。

5）井口要有人负责拉好活动管汇，以免操作时挂在井口上损坏。

6）把环空液面灌满，以利于观察。

二、操作步骤

1）将所有测试工具、接头及油管的丝扣拧紧后平稳下钻。

2）下钻完毕，正转 3～5 圈，下放坐封加压 100kN，延时后下落 25.4mm 开井，此时，在管柱上与井口平齐的位置作一记号。

3）关井时上提管柱，拉力计上悬重超过“自由点”6～8kN 后下放管柱，并加压 100kN，此时，记号应高出井口平面 152.4mm。

4）二开时，快速上提管柱，超过“自由点”6～8kN 后赶紧下放测试管柱，经一段时间延时后有自由点下落显示，且记号下降到与井口平面平齐的位置。

5）用相同方法进行所需要的开关井操作。

三、技术要求

1）通井机性能必须灵活好用。

2）拉力计必须灵活可靠。

3）二开操作后可能将方余全部提出或超过许多，不要认为封隔器已松。

4）活动管汇应有足够长，确保上提管柱时不受影响。

5）给通机手彻底交待清楚，必须按我方的要求进行快速上提下放。

6）快速上提下放的过程中，井口测试工要拉好活动管线，以免挂在井口上损坏。

7）测试期间注意观察环形空间液面情况。

四、评分标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少一件扣 1 分	5
2	不按操作步骤操作，一步扣 15 分	75
3	井口无人负责拉好活动管汇观察环空液面扣 20 分	20

项目五十　152mm 裸眼井单封隔器测试管柱的连接

一、准备工作

1）选好工具、用具：循环接头，127mm MFE，127mm 裸眼旁通，121mm 震击器、121mm 安全接头，121mm 安全密封，121mm 裸眼封隔器，121mm 筛管，121mm 压力计托筒及 200—J

压力计，提升短节 2 支，48″管钳 2 把，压力计扳手 2 把。

2）备齐下列材料：丝扣油或密封脂。

3）确保高悬猫头绳或气动绞车好用。

4）拉力表灵敏准确，确保紧扣的力矩不得少于 7840N·m，以免工具脱扣落井。

二、操作步骤

1）将提升短节，310×321 变扣接头，121ｍｍ 筛管，两只压力计托筒和管鞋按顺序在钻台上连接好。

2）扣上吊卡提起工具下入井中，在下钻过程中用猫头绳或液压钳上紧每一道扣。

3）卸掉提升短节，根据施工设计要求下入足够长的钻铤（做支撑尾管），卸掉钻铤上的提升短节。

4）在钻台滑道前的井场上将 310×321 接头，127ｍｍ 多流测试器，127ｍｍ 裸眼旁通阀，121ｍｍ 震击器，121ｍｍ 安全接头，230×211 接头，121ｍｍ 安全密封封隔器和接头按顺序连接好（通常也可以连接成两串）。

5）用高悬猫头绳或气动绞车提起连接好的工具，靠在滑道边上。扣上吊卡，提起工具与井中的钻铤，下入井中。下钻过程中，用猫头绳或液压钳上紧每一道扣。

6）提一柱钻铤与工具连接下入井中，卸掉提升短节。

7）最后把反循环接头接到钻铤上，上紧扣随着钻具下入井中。

三、技术要求

1）紧扣的力矩不得少于 7840N·m，避免工具脱扣落井。

2）每道扣都要涂上丝扣油或密封脂。

3）入井的工具管串或钻铤，在卸掉提升短节前，都要用卡瓦和安全卡瓦在井口卡住。

第三部分　高　级　工

应　知　理　论

第十九单元　石油勘探开发常识

一、勘探常识

石油埋藏在地下，一般在地表不能看到，那么勘探工作从哪里入手，采用什么方法进行勘探找油？总体来说，找油的顺序大致是：

首先，要着眼于什么地方有盆地，因为只有沉积盆地才有厚度巨大的沉积地层和能生油的丰富有机质。

第二，要在沉积盆地中打参数井确定生油凹陷，因为生油层在生油凹陷中最发育，是油气的发源地。

第三，要在生油凹陷附近寻找油气聚集带，因为它是油气运移的指向，并在有利圈闭的高部位钻第一口预探井，目的是了解有无油气的存在。

第四，在预探井发现油气后，就要扩大布井范围，钻一定的详探井，目的是了解含油气的边界，确定含油气面积，提交探明储量任务，为油田开发做好准备。

找油的方法很多，通常用的有地质法、地球物理勘探法和钻探法等等。

1. 地质法

地面地质调查法（简称地质法）就是直接观察地表的地质现象，搞清一个地区的地层状况；发现地质圈闭和调查其它地质构造，分析有没有生油层、储集层和盖层；发现和调查油气苗状况，因为石油和天然气都是能流动的，已经生成的石油或天然气，在运移过程中，沿一定的通道跑到地面，在野外石油调查工作中，特别要注意寻找和发现油气苗工作。

2. 地球物理勘探法

地球物理勘探技术，是一种通过研究地层岩石的某些物理性质来查明地下地质构造情况(包括地质圈闭）的方法。在这种方法中，又可分为重力勘探、磁法勘探、电法勘探、地震勘探等。

(1) 重力勘探

在实际的重力勘探中，就是利用重力仪在规定的勘探区域内，按要求测量的网点，在野外测取各个测量点的重力值，利用局部异常值作出可能的地质解释，最终达到勘探的目的。在研究地表深部构造或区域地质构造时，重力勘探是划分区域构造单元，研究坳陷基底起伏和岩性变化，研究区域性深大断裂，进行矿产预测方面的主要方法。

(2) 磁力勘探

磁力勘探包括地面磁测、航空磁测、海洋磁测和井中磁测。在各种物探方法中，磁法勘探

具有成本低、效率高、地质效果好而且不受地面条件限制的特点。

磁力勘探是通过磁力仪测量地下岩石磁性变化，根据磁力异常，研究它与地下地质构造的关系和地下地质情况及矿产分布，了解岩层的分布和起伏情况。

(3) 地震勘探

地震勘探是运用人工爆炸撞击的方法造成地震波，由于地下岩层岩性不同，地震波的传播速度也不同，利用地震仪吸收折射和反射回来的地震波，就可以计算出不同地层界面在地下埋藏的深度，从而了解地下地层层序和储油构造。

目前，我国在石油勘探中应用地震技术寻找储油圈闭是最普遍最有效的一种手段，特别是三维地震技术，它对地下圈闭的反映更具真实、直观、可靠性。地震技术是目前地球物理勘探技术中找油效果最好的一种技术。

3. 钻探法

钻探法即钻井法，钻井是石油勘探中最直接的方法。前面谈了许多寻找油田的方法，但是，应用这些技术方法只能达到寻找可能储藏石油和天然气的地质圈闭这一步。至于在找到的地质圈闭里面是否储藏石油和天然气，还得通过钻探来证实。

钻探一般是在确定地下有储油构造的地面上进行钻探，钻穿目的层，把地下的岩石取上来直接观察和分析研究，从而确定地层岩性，含油气情况，确定含油层位及深度，探测其有无工业价值等。要达到上述目的，在钻探阶段还需要一系列技术和方法，如地质录井、地球物理测井和中途测试等工作。

总之石油勘探工作可以分为两大阶段，即地质调查阶段和石油钻探阶段。

所谓地质调查，就是在大面积普查的基础上，进一步寻找有利储油构造，即通过普查和详查工作，查明构造的发育情况，如埋藏深度、面积大小、形态特征、封闭条件和生、储、盖层发育情况等，为石油钻探准备战场。

所谓石油钻探，就是在已经查明的有利的储油构造上进行钻井探油。如发现有油，还得进一步综合评价，取得地下油层的各项资料数据，研究油藏类型，确定油田规模，计算探明储量，为油田开发工作打好基础。

二、开发常识

通过地质勘探找到有工业价值的油田之后，就可以着手准备开发油田的工作了。

任何一个油田的开发都要讲究经济效益，即要实现投入少，产出多，最终采收率要高。合理开发是要根据国民经济对石油产量的要求，从油田地下客观情况出发，选用适当的开发方式，部署合理的开发井网，对油层的层系进行合理的划分和组合，编制合理的开发设计方案。设计方案的内容包括：油田的自然地理、地层层序、区域构造、水文地质、流体物性、驱动类型、压力系统、储量计算、油田开发原则、注水方式、层系划分、井网部署、开采方式、投产程序、方案指标计算及技术经济指标计算等。油田开发方案是指导油田有计划、有步骤地投入开发的依据。

开发油田，是一个很复杂的系统工程，尤其是含油面积大，地质情况复杂的油田，很难一开始对许多情况都能认识清楚，因此，必须遵循“实践、认识、再实践、再认识”的原则，把油田勘探和开发结合起来，弄清一块，开发一块。勘探为开发准备储量，开发又进一步为勘探创造条件，而前一地区的开发又为以后地区的开发提供物质和技术准备，逐步扩大油田开发范围。在每一个地区投入开发前，都必须有一个开发方案，并严格按开发程序进行开发，迅速形成生产能力，取好各项资料，总结经验，指导下一个区块的开发。这样认识一个区、开发一个

区，逐步扩大油田开发的生产规模。

三、勘探开发相关名词术语

1）参数井（区域探井）：主要钻探目的是了解勘探地区的地层层序、岩性、厚度以及生油条件，生储盖层组合情况，为选定有利生油凹陷及油气聚集有利地带提供资料。

2）预探井：主要钻探目的是探明构造的含油（气）性，查明油（气）层位及其工业价值，系统了解整个部面纵向油、气、水的分布状况及产能，搞清岩性、物性及电性关系，为计算三级储量提供依据。

3）详探井（评价井）：详探井的基本任务是探明油气水边界，圈定含油、气面积，搞清油气水的分布，产能变化特征及压力系统，为计算二级储量提供依据。

4）油田开发层系：在油田开发过程中，把能连通的油层组合在一起，用一套井网来开采，这个油层组合称为开发层系。

5）油田开发方式：油田开发方式是指油田开发时采用的注水方式、层系划分、井网部署和开采方式等的总称。

6）油田开发阶段：开发阶段的划分，一般是按开发过程的水驱油机理分为无水期、低含水期、中含水期和高含水期四个阶段。油田综合含水低于 2％称无水期，油田综合含水在 2％～20％时称低含水期，油田综合含水，在 20％～60％为中含水期，油田综合含水超过 60％称为高含水期。按油田产量变化规律，亦可将开发过程分为建设阶段、稳产阶段、产量递减阶段和开发后期阶段。

7）原始地层压力：油藏被打开未进行开采之前所测得的油层中部压力（代表油藏原始状态的地层压力）叫原始地层压力。

8）目前地层压力，油田在开采期间，油井关井待压力恢复稳定后测得的油层中部压力叫目前地层压力。

9）流动压力：油井在正常生产时所测得的油层压力叫流动压力。

10）原始饱和压力：油藏处于原始状态时，溶解于原油中的天然气开始从原油中分离出来的压力叫原始饱和压力。

11）生产压差：静压（即目前地层压力）与油井生产时测得的流压的差值叫生产压差。

12）地饱压差：目前地层压力与原始饱和压力的差值叫地饱压差，它是表示地层原油是否在地层中脱气的指标。

13）地层系数：地层系数是油层有效厚度与有效渗透率的乘积，参数符号为 k_h，单位（$\mu m^2 \cdot m$）它反映油层物性的好坏，k_h 越大，油层物性越好，出油能力越大。

14）流动系数：流动系数是地层系数与地下原油粘度的比值，参数符号 $k_{h\mu}$，单位（$\mu m^2 \cdot m/(mPa \cdot s)$）。

15）采油指数：采油指数是指生产压差每增加 1 MPa 所增加的日产油量，也称为单位生产压差下的日产量。它表示油井生产能力的大小，参数符号为 J_0，单位为（$m^3/(mPa \cdot d)$）。

复 习 思 考 题

1. 名词解释

解释井、目前地层压力、流动压力、饱和压力、生产压差、饱和压差、流动系数

2 回答题

1）勘探找油有哪些方法？

2）石油勘探工作分为哪几个阶段？地层测试在哪个阶段进行？

第二十单元　射　　孔

本章除介绍有关射孔的基本知识外，将重点介绍油管传输射孔这项新技术。

一、射孔的概念及射孔方式的选择

1. 射孔的概念

射孔就是根据开发方案的设计要求，用射孔器穿透目的层部位的套管和水泥环，并进入地层一定深度，构成目的层与套管内腔的连通孔道。

2. 射孔方式

射孔就其穿透套管和地层的方式而言有聚能射孔弹射孔、子弹射孔和喷砂射孔。

聚能射孔弹射孔具有成本低、操作简单和适用范围广等优点，是目前常用的射孔方式。聚能射孔弹射孔按枪身的传送方式分为电缆射孔和油管传输射孔。

油管传输射孔在本世纪 40 年代已经产生，当时由于安全和对射孔的认识问题，未能得到发展。70 年代，美国范恩公司生产了改进型的传输射孔工具，由于当时人们都认为射孔质量不是油田开发的关键问题，所以该技术未能得到迅速推广。进入 80 年代，这项技术才得到专家们的广泛认可。

二、油管传输射孔技术

油管传输射孔是利用油管或钻杆将射孔枪送至油层部位，借助放射性测井或磁定位测井方法，计算好管柱真实入井深度，然后调整管柱使射孔枪对准油层，利用加压、投棒或电点火方法引爆雷管，进而引爆射孔弹射开油层。

油管传输射孔与电缆射孔相比具有以下优点：

1）在各种完井条件下，可利用高性能、多相位套管射孔枪获得最佳油气井产能状态。

2）射孔压差不受限制，可在需要的负压下进行射孔，能最大限度地清洗射孔孔道，减少由于射孔带来的危害。

3）可在电缆无法下入的高斜度井、水平井和稠油井进行完井作业。

4）在存在 H_2S 或高压井下作业时，这种方法比电缆射孔方式更安全。

5）一次射孔可同时射开较长的井段或多个层段的地层。

6）射孔管柱可与其它工具配合一起下井，一次管柱可完成多种完井作业，减少了占用井口的时间和起下管柱的次数，从而降低了作业成本。

7）油管传输射孔的引爆点火系统，分别为投棒引爆系统、压力引爆系统和电引爆点火系统。目前常用投棒引爆系统和压力引爆系统。当使用投棒撞击式引爆器或液压操纵引爆器时，因为不用电缆引爆，无线电、焊接设备、电爆、阴极保护器及其它干扰不会再造成危害。

1. 几种典型油管传输射孔管柱

(1) 机械投棒引爆射孔管柱

单独射孔的油管传输射孔管柱从下而上的顺序依次是射孔枪机械点火头、释放装置、油管、机械压力开孔装置、油管、减压差短节、油管、封隔器、油管、定位短节、油管。这种射孔管柱适合于投产前的射孔作业，射孔后可不起管柱将射孔枪释放到井底进行采油作业。为了验证射孔是否完全，可在枪尾加接尾声弹。尾声弹是一种延时爆炸装置。尾枪引爆后，通过传爆管引爆尾声弹的延时信管，经过数秒钟的延时，引爆炸药，推动钢制活塞下行，进入活塞捕

捉器，并在地面监测仪上发出延时音响显示。

油管传输射孔（TCP）与全通径测试联合作业管柱自下而上的顺序依次是射孔枪、机械点火头、油管、压力平衡接头、减震器、封隔器、安全接头、震击器、压力计托筒、LPR—N阀、钻杆 APR—M_2、钻杆、APR、A 阀、钻杆、定位短节、钻杆。

(2) 压力引爆油管传输射孔管柱

压力起爆点火头与 MFE 测试工具联合作业管柱自下而上依次是射孔枪、点火头、减震器、流通接头、封隔器、旁通接头、安全接头、震击器、压力计托筒、锁紧接头、多流测试器、油管、循环接头、定位短节、油管。

2 油管传输射孔管柱的深度校正及调整计算

磁定位测井校深是过去最常用的深度校正方法，因其需要在套管和管柱内下二趟电缆，深度定位不够准确，逐渐被一次性校深的放射性测井方法所代替。

(1) 磁定位测井深度校正。它是用磁性定位器，测套管内接箍和油管内接箍曲线，以短套管接箍深度来校正管柱下入深度，其步骤是：

1) 管柱下井前在套管内（射孔段附近）测一条磁性定位接箍曲线，测得射孔段附近的短套管位置，并在射孔段顶部 100 m 左右停车，在井口电缆上做一固定记号，作为标准深度标记。

2) 在油管传输射孔管柱顶部接一定位短节，管柱下至预定深度后，在管柱内下入磁性定位器，预计离定位短节 50 m 处放慢下测速度（100 m/ h），超过定位短节以下 15 m 左右停车上测，再测出定位短节。根据电缆记号深度换算出定位短节深度位置，在井口利用短节调整射孔枪的位置，使其对准油层。

(2) 放射性测井深度校正

在油管传输射孔管柱的定位短节内，放置一粒放射性同位素，放射校深仪器下至预定深度后，在油管内从定位短节以上 100 m 开始，往下测一条磁定位的放射性曲线，超过定位短节以下 15 m 停止，将测得的磁定位放射性曲线与校正后的套管放射性曲线对比，换算出定位短节深度，在井口利用油管短节调整射孔枪的位置，使其对准油层。

3 油管传输射孔负压差的选择

负压射孔是指射孔时，井底液柱压力低于储层压力条件下的射孔。负压射孔在射孔的瞬间，由于液流的回流冲击作用，使得射孔孔眼得到有效清洗，避免孔眼堵塞和射孔流体对储层的损害。如果使用得当，也可以免去解堵酸化工序，因此，负压射孔是一种保护储层、提高产能、降低成本的完井方法。

负压射孔首先要选择能有效清洁孔眼的最佳负压值，负压差过大会引起地层出砂损害地层，负压差过小又不能确保孔眼完全清洁，降低油气流动效率。负压差的大小主要由储层的渗透率和流体类型决定。

复 习 思 考 题

1 射孔的作用是什么？

2 油管传输射孔有哪些优点？

3 TCP 与 MFE 测试工具联作管柱各部件的名称及其作用？

第二十一单元　海洋井测试

一、海洋井测试特点

海洋井测试，其测试目的基本上与陆地相同。但海洋测试自然条件复杂，测试工艺技术要求高，因此海洋井测试具有以下特点：

1）海上经常遇到飓风巨浪，当钻井船遇到飓风时，需撤离到安全处所，躲避风浪，为此在海底装有水下防喷器组以便钻井船撤离时，将井口关闭。与此相适应，测试时在海底的防喷器内装有水下试油树，并在水下试油树上部装有防喷阀，它是水下试油树的安全阀，在撤离船关井时，此阀关闭。

2）在钻井船上进行测试，由于波浪和潮汐作用影响，钻井船和油井之间在垂直方向上有一连续上、下周期运动，因此采用上提下放或旋转钻具来操纵井下测试阀就不可靠了，需采用环空加压方式来操纵测试阀，同时测试管柱的顶部坐在海底井口上，而不是悬持在钻机上。在测试管柱中用压力—体积平衡式伸缩短节将其分成上、下段两部分。伸缩短节起伸缩的作用，在测试时由于温度、压力的变化引起的测试管柱的变化由伸缩短节来补偿，从而使作用于封隔器上的管柱重量保持不变。

3）海洋钻井设备日费用高，在海洋钻井装置上进行测试，应尽量缩短作业时间。因此海洋井测试多采用全通径测试工具，做到下一次测试管柱，能完成测试试井、冲砂和酸化等多项作业任务。

4）海洋测试，时间紧凑，测试资料必须取全取准，为此要准备一套测量井口压力、温度和获取油气样品的数据头管汇及仪器仪表和三相分离器。

5）海上测试远离陆地，要准备好处理产出原油及天然气的装备，避免环境污染。

6）在海洋环境下，金属腐蚀要严重得多，所用的测试工具必须采取有效的防腐措施。

二、海洋井测试的井下测试工具

海洋井在钻井船上使用的地层测试装置如图 21—1 所示。

海洋井测试多采用全通径 APR 或 PCT 测试工具，测试管柱从上到下为：

1）水下测试树，坐于水下防喷器组（E—Z 树）内，可在不拆卸防喷器的情况下进行测试。它由地面气动卷缆车进行控制，可以快速关井，并装有快速撤离装置。当钻井船遇到大风浪时，关闭井口后，本装置即可与钻井船脱离。

2）钻杆。

3）全通径安全阀。在测试管柱上装上安全阀，在装拆上部管柱时可自动关闭下部管柱。

图 21—1　钻井船上使用的地层测试装置

1—浮式钻井装置；2—井口；3—水下测试采油树；4—主管柱；5—伸缩节；6—小管柱；7—测试阀；8—封隔器；9—带孔尾管；10—压力记录器

4）伸缩接头为压力—体积平衡式伸缩短节，伸缩接头在钻井船上、下摆动时能起补偿作用，使作用在封隔器上的重量保持不变。

5）钻杆、钻铤。

6）APR—M_2 取样器安全阀，用于获取地层流体样品和进行反循环用。

7）RTTS 反循环阀。它与 RTTS 封隔器配套使用。可同时做为循环和旁通阀的锁定开、关型工具。

8）钻铤。

9）LPR—N 阀，为测试开关井的主阀。通过向环空施加和释放压力，可操纵测试阀的开关。

10）全通径震击器。

11）RTTS 反循环阀，其自由行程 167.6mm，作用与上 RTTS 反循环阀相同。

12）RTTS 安全接头。

13）RTTS 封隔器。

14）全通径记录仪托筒。托筒的外壁可同时放置 2 支压力计和 2 支温度记录仪。

三、海洋井测试的地面设备

无论是在钻井平台上，还是在钻井浮船上，用来进行地层测试的地面设备大致相同，通常是由水下测试树、水下防喷阀、地面试油树（井口控制头）、数据头管汇、节流管汇（钻台管汇）、加热器、三相分离器、计量罐、燃烧器等组成。海上测试地面设备示意图，如图 21—2 所示。

图 21—2　海上试油设备系统示意图

1）井口控制头（地面试油树），工作压力为 68.9MPa 和 103.4MPa。试油树顶部装有防喷

管阀，下部为总阀。试油树的一侧装有标准闸阀，与出油管线相连，另一侧为化学药品注入和气动安全阀。在试油树下部接一旋封接头，可以在有压力下旋转管柱来进行各种井下测试工作。

2）数据头管汇。它为连接地面试油树和节流管汇的一段高压管汇。它可连接井口压力记录仪、温度传感器，并装有取样接头，对油气进行取样。

3）节流管汇（钻台管汇），也称油嘴管汇，一侧装可调油嘴，一侧装固定油嘴。

4）加热器，工作压力为 3～70 MPa，它对井中产出的油气进行加热，其目的是降低原油粘度和防止高压气井测气时因压力下降、膨胀降温而产生水化物。

5）三相分离器。

6）计量罐。它的用途有二，一是校核原油产量，二是在测试时用来储存原油。

7）燃烧器。在测试过程中，为了避免环境污染，经过测量后的油、气送到燃烧器烧掉。

四、海洋井测试程序

1. 封隔器的坐封

APR 和 PCT 工具都使用了伸缩短节，坐封操作基本相同。

1）在自升式平台上。因只使用一只伸缩短节，坐封封隔器产生的全部自由行程为 ΔL，伸缩短节有效伸缩距 1.524 m，测试阀及其它测试工具伸缩距 0.7 m，封隔器压缩距 0.3 m，则坐封前测试管柱往井口上提，预留坐封间距为 $L_{总} = \Delta L + 1.524 + 0.7 + 0.3 \geq 2.524$ m。

坐封程序：

①下到设计井深后，上下活动 3～4 m，至少观察二次悬重变化。

②上提 2.53～3 m。

③右转 2～3 圈在保持右旋扭矩情况下，慢慢下放管柱，伸缩短节开始闭合，并迫使测试工具伸缩距压合及封隔器压缩坐封，压缩范围在 0～2.53 m 之间。当指重表悬重出现相对稳定时，该重量为伸缩短节上部管柱重量，继续下放，当悬重由相对稳定到急剧下降，压缩距已大于 2.53m 时，说明封隔器已坐封，测试工具伸缩距已压合，伸缩短节已全部闭合。

④上提管柱 0.5～0.7m，指重表又出现相对稳定的悬重指示，说明伸缩节又伸开，0.5～0.7 m，相当于 1/2 伸缩短节闭合位置，等待开启。

2）在半潜式钻井船上测试，伸缩短节用量较多。波浪的升沉补偿需 3m 或更多则采用 3～4 支伸缩短节，现采用 4 支伸缩节。坐封后主管柱和小管柱之间的中和点位于 4 支伸缩节之间，上部 2 支伸缩节全部伸出，下部伸缩节全部压缩。

坐封程序：

①测试管柱下至预定位置后，在其上部连接好水下试油树、水下防喷阀和地面试油树（井口控制头），把水下试油树下部的带槽悬挂器放松并坐入防喷器中，而不要转动钻具使封隔器坐封，这时悬重下降，在钻杆上以隔水管为基准，用粉笔做第一个记号，上提 4.05m，做第二个记号（该位置就是工具的安放位置），继续上提至距第一记号 7.05m 处，做第三个记号。

②右旋 2～3 圈，保持右旋扭矩情况下下放管柱至第二记号处，这时下部 2 支伸缩节闭合，测试管柱伸缩距压合，封隔器胶筒压缩坐封，可看出管柱的悬重小于开始时的悬重，将水下试油树下部的带槽悬挂器坐于海底水下防喷器组内。这时 4 支伸缩节的下部 2 支全部压缩，上部 2 支全部伸出，井口尚余留 3m 管柱预防钻井船的升沉。主管柱坐于海底井口后，即可在井口控制头上（地面试油树）连接好钻台管汇和全部地面流程设备，准备开井测试。

2. APR—N 阀的开关井操作

在自升式钻井平台和半潜式钻井浮船上的测试阀开关井操作基本相同，不同的是在自升式平台上钻具是悬挂在井口，而在半潜式钻井浮船上（或钻井船上）钻具坐在海底防喷器组内。

1）为了进行初流动，关闭防喷器闸板，对环形空间施加操作 LRR—N 阀的操作压力 p_1，测试器的球阀打开，地层流体通过测试阀进入钻杆内，进行初流动测试。

2）初流动测试完，将环形空间的压力释放到零，LPR—N 阀关闭，进行初关井测压。

3）初关井测压完，再向环形空间施加操作压力 p_1，LPR—N 阀又重新打开，进行终流动测试。在流动测试时，如果高压油气流至井口，则通过地面流程将其引导到加热器进行加热后，引导至三相分离器，对油、气进行分离计量，最后将其引导至燃烧器进行燃烧，以免污染海洋环境。在此期间，因流动压力增大、温度增高及管柱伸长，均会使环形空间的压力增大，需及时进行调整，使环空压力保持在恒定值 p_1。

4）终流动测试完，再次将环空压力释放至零，LPR—N 阀关闭，进行终关井测恢复压力。

3. 反循环

终关井测压结束后，向环形空间加压至打开 APR—M_2，反循环阀的操作压力 p_3，循环孔打开后可实现反循环。在循环孔打开的同时，M_2 阀的球阀和 N 阀的球阀同时关闭，两球阀间圈闭着终流动结束时收集的地层流体样品。如果 M_2 阀出现故障，循环阀不能打开，再向环形空间继续增压至 p_2，打开 APR—A 反循环阀，实现反循环。反循环孔打开后，LPR—N 阀关闭，再也不能打开。

4. 解封封隔器

终关井结束后，上提管柱施加拉力，将 RTTS 循环阀拉开，平衡封隔器上、下方的压力，封隔器的胶筒收缩，再继续上提管柱，即可解封封隔器，然后将测试管柱全部提出。

复 习 思 考 题

1. 海洋井测试有什么特点？
2. 海洋井测试的 APR 地层测试工具由哪些部件组成？
3. 伸缩接头有什么作用？
4. 海洋井测试的地面设备由哪些设备组成？并简述各设备的作用。
5. 简述海洋井测试坐封封隔器的操作过程？

第二十二单元　APR 工具测试

压控测试工具适用于海上浮船、自升式钻井平台、固定平台或陆地大产量井、大斜度井及需要特殊作业井的测试。压控测试工具又可分为常规和全通径两种，在我国应用最多的是全通径 APR。这种类型的工具只在套管内使用，在测试管柱不动的情况下，由环形空间压力控制测试阀，实现多次开关井。

一、APR 测试管柱

图 22—1 是 APR 测试工具的几种管柱配合示意图。中间管柱主要用于一般的测试。如果要向井内挤酸液、射孔—测试就用左边的管柱；如果要穿过采油树或下 Ez—SV 桥塞进行测试，就采用右边的管柱。

二、APR 测试工具

APR 测试工具有如下特点：1）操作压力低且方便简单；2）全通径；对高产量井的测试

图 22—1　APR 测试管柱配合示意图

1—水下测试树；2—钻杆；3—大通径安全阀；4—伸缩接头；5—钻铤；6—APR—M_2 阀；7—RTTS 反循环阀；8—钻铤；9—LPR—N 阀；10—震击器；11—RTTS 反循环阀；12—RTTS 安全接头；13—RTTS 封隔器；14—大通径记录仪托筒；15—APR—A 阀；16—Champ Ⅲ封隔器；17—大通径旁通；18—采油封隔器

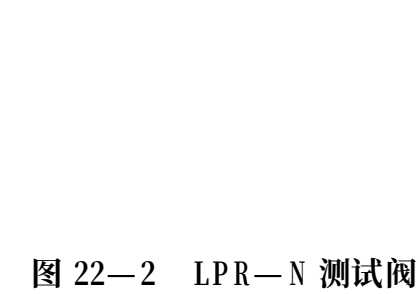

图 22—2　LPR—N 测试阀

特别有利，可有效地利用时间；3）可以对地层进行酸洗或挤注作业；4）可以进行各种绳索作业。

1. LPR—N 测试阀

(1) 原理

LPR—N 测试阀是整个管柱的主阀，地面预先充好氮气，球阀处在关闭位置。工具下井过程中，在补偿活塞作用下，球阀始终处于关闭位置。封隔器坐封后，向环空加预定压力，压力传到动力芯轴，使其下移，带动动力臂使球阀转动，实现开井。测试完后释放环空压力，在氮气压力作用下，动力芯轴上移带动动力臂，使球阀关闭。如此反复操作，从而实现多次开关井。

(2) 结构

测试阀主要由球阀、动力和计量三部分组成，如图 22—2。

球阀部分由球阀、阀座、控制臂、夹板、球阀外筒组成。动力部分由动力短节、动力芯轴、动力外筒、氮气腔、充氮阀体、浮动活塞等组成。根据地面温度、井底温度及静液柱压力，在地面对氮气腔充氮到预定压力，此压力作用在动力芯轴上，使球阀在工具下井时处于关

闭状态。封隔器坐封后，环空加压，压力作用在动力芯轴上，压缩氮气，动力芯轴下移带动动力臂使球阀转动开井，释放环空压力，在氮气作用下，动力芯轴上移带动动力臂使球阀转动关闭实现关井。

计量部分主要由伸缩芯轴、计量短节、计量阀、计量外筒、硅油腔、平衡活塞。平衡活塞一端连通硅油腔，另一端与环空相通。下钻时，当液柱压力逐渐增加到大于下硅油腔压力时，平衡活塞上移使下硅油腔压力增高，当下油腔压力增加到比上油腔压力大 2.8MPa 时，计量阀开始延时导通，上油腔体积增大，浮动活塞上行，氮气腔体积缩小，使氮气压力增高，通过动力芯轴传递给动力臂使球阀保持关闭。工具下井过程中氮气腔与上硅油腔压力平衡，上硅油腔的压力比下硅油腔小 2.8MPa，处于动平衡状态。封隔器坐封后，环空加压，由于计量阀延时导通的作用，在上下硅油腔压力还未平衡时，动力芯轴下移带动动力臂，使球阀转动打开。

(3) 技术性能

LPR—N 测试阀的性能见表 22—1 至表 22—4。

表 22—1　LPR—N 测试阀规范

总成号	外径，mm (in)	内径，mm (in)	组装长度，mm (in)	连接扣
615.4171	125 (5)	57.15 (2.25)	4993.6 (196.60)	3　API 内平螺纹
615.473	118.9 (4.68)	56.8 (2.50)	5132.3 (202.06)	3　API 内平螺纹
615.417	99.06 (3.90)	45.72 (1.80)	5026.2 (197.88)	2　EUE8 牙油管螺纹
615.4175	77.7 (3.06)	28.4 (1.12)	4241.03 (166.97)	2　EUE8 牙油管螺纹

表 22—2　LPR—N 阀剪销数据

工具外径，mm (in)	总成号	剪断压力，MPa/只销	剪销件号
125.5 (5)	615.4171	1.93	615.4133
118.9 (4　)	615.4173	2.65	615.4133
99.06 (3　)	615.417	2.14	515.41107
77.7 (3)	615.4175	1.52	615.4175

表 22—3　密封件包

工具外径，mm (in)	总成号	常温密封件包	高温密封件包
127 (5)	615.4171	615.41739	615.22768
118.9 (4　)	615.4173	615.41735	615.22768
99.06 (3　)	615.417	615.41784	615.20934
77.7 (3)	615.4175	615.41769	615.22448

表 22—4　LPR—N 计量阀

工具外径，mm (in)	总成号	标准计量阀	专用计量阀
127 (5)	615.4171	615.4172	615.41785
118.9 (4)	615.4173	615.41775	615.41786
99.06 (3)	615.417		615.4178
77.7 (3)	615.4175		615.4176

(4) 充氮压力的计算及充氮步骤

1) 充氮压力计算。根据地面温度，静液柱压力和井内压井液温度确定充氮压力，为了确定精确的充氮压力，需用内插法计算充氮压力值。

①选定与地面实际温度最接近的地面温度的表格。

②选定与测试深度的实际压井液温度最接近的表中压井液温度。

③一旦选定了确切表格，且根据表格确定了压井液温度，即可确定用于实际测试深度液柱压力的确切充氮压力。如果实际静液柱压力与表格中静液柱压力不符，可应用下列公式去确定与此静液柱压力相应的充氮压力：

$$p_n = [CP_h - CP_l](PH_a - PH_l)/6.894 + CP_l$$

式中　p_n——充氮压力，MPa;

CP_h——中高静液柱压力下充氮压力，MPa;

CP_l——中低静液柱压力下充氮压力，MPa;

PH_a——实际静液柱压力，MPa;

PH_l——表中低静液柱压力，MPa。

2) 充氮步骤：

①充氮前，用氧分析仪检查氮气纯度，氮气纯度必须高于 99%。

②连接好氮气瓶与增压泵，增压泵出口管线与增压泵连接，用氮气吹通管线，清除空气及杂物。

③增压管线与工具连接。

④用氮气瓶压力向工具内充氮气 2.76 MPa，然后释放掉，以清除工具中的空气。

⑤用增压泵往工具内充氮直到要求的充氮压力，关掉增压泵，拧紧工具上的氮气注入阀。

(5) 操作压力的计算

各种 LPR—N 测试阀，最小操作压力见有关表格。由于表中未考虑摩阻、球阀上下压差及其它可能的误差，如钻井液密度偏差、测试深度偏差、低精度压力表的误差等，因此最小操作压力附加 3.45 MPa 作为实际操作压力。

1) 选择与所使用规格的 LPR—N 测试阀相应的表格。

2) 选定实际测试深度的压井液温度与表中最接近的温度。

3) 如果实际静液柱压力介于表中的两个静液柱压力之间，则用下列内插公式计算出操作压力。

$$p_l = (p_h - p_l)(PH_a - PH_l)/6.894 + p_l + 3.45$$

式中　p_l——操作压力，MPa;

p_h——中高静液柱压力下操作压力，MPa;

p_l——中低静液柱压力下操作压力，MPa。

(6) 功能试验

1) 试压介质为清水或乳化油。

2) 计量部分加满硅油。

3) 球阀以下试压 68.94 MPa，稳压 5min。

4) 球阀上部试压 34.5 MPa，稳压 5min。

5) 对工具充氮气 27.6 MPa，稳压 3h 为合格。

6) 将四只剪销装入动力接头。

7) 对上下外压孔同时泵压 31MPa，延时 5min 后氮气腔压力应增至 28.3MPa。

8) 泵压继缩增加到 41.4MPa (127mm 工具球阀打开压力应为 35.5±0.7MPa) 稳压 10min，氮气压力应增至 38.6±0.7MPa。

9) 将上下传压孔压力释放至 31MPa，保持 10min，氮气压力应为 33.8±0.7MPa，球阀关闭。

10) 将上下传压孔压力释放至零。

2. APR—A 反循环阀

(1) 工作原理

下井时，APR—A 反循环阀的剪切芯轴的位置被剪销所限定，处于将反循环孔堵塞的位置。测试结束后，向环空施加泵压，环空压力作用在剪切芯轴上，剪断剪销，剪切芯轴向下运动，打开反循环孔，实现反循环。

(2) 结构

APR—A 反循环阀由上接头、中心短节、下接头、剪切套、剪销和剪切芯轴等组成见图 22—3 所示。

图 22—3　APR—A 阀结构示意图

表 22—5　APR—A 阀技术规范

总成号	外径，mm (in)	内径，mm (in)	组装长度，mm (in)	端部扣型	剪切压力，MPa (每只剪销)
615.416	127.76 (5.03)	57.15 (2.25)	914.4 (36.6)	3 "API 内平	3.34
615.411	99.57 (3.92)	46 (1.81)	736.6 (29.0)	2 "EUE	3.69

(3) 计算操作压力

工具下井前要根据井深、压井液密度、套管最大破裂压力数据确定 APR—A 阀应装的剪销个数。

$$n = (p_j + p_i + 10.3)/p_p$$

式中　n——剪销数，个;

p_j——实际静液柱压力，MPa;

p_i——LPR—N 阀操作压力，MPa;

p_p——每只剪销剪切强度，MPa/只。

$$p_2 = n \cdot p_p - p_j$$

式中 p_2——APR—A 阀操作压力，MPa。

(4) 性能检验

1) 内压试验。工具整体试压 68.9MPa，稳压 5min 为合格。如果稳不住压，应拆卸工具，更换有关密封元件后重新试压。

2) 功能试验。如图 22—4 所示，将下接头上的四个带丝扣的小孔中的三个用塞子堵住，将压力管线接到未堵住的孔上，在中心短节两边丝扣后面的槽内装上“O”形圈，检验循环阀是否在预定的压力下打开。

3. APR—M_2 反循环阀

APR—M_2 反循环阀是一种可以作为循环阀、安全阀和取样阀的多功能阀。

(1) 工作原理

图 22—4 功能试验示意图

终流动结束后，向环形空间加压，使环空压力大于操作 LPR—N 阀的压力 6.9MPa 左右，这个压力作用在动力芯轴上，剪断剪销，动力芯轴向上运动，使球阀关闭，可取到流动时的地层样品，这就是 M_2 的取样功能；动力芯轴继续向上运动，撞击密封芯轴并剪断限定密封芯轴的剪销时，回复弹簧就会推动密封芯轴向上运动，于是循环孔打开可以进行反循环，这就是 M_2 阀的循环功能；在关闭取样器的同时，弹性卡箍滑入锁定槽内，使取样器在井下一直保持关闭状态，即测试管柱处于关井状态，这就是 M_2 阀的安全功能。

(2) 结构

APR—M_2 阀由循环阀、动力部分、取样器三部分组成。循环阀由上外筒、循环管、压缩芯轴、回复弹簧、循环接头等组成。动力部分由剪切套外筒、剪切套、剪销、剪切套盖、压差外筒、压差芯轴等组成。取样器是由球阀部分和放样部分组成。

APR—M_2 阀的底部有一根带槽芯轴，又称为下锁管，在下锁管槽的上方套着一个弹性卡箍，如果下锁管向上运动，卡箍就会掉入槽内，将下锁管锁住，使其不能上下运动。APR—M_2 阀的结构见图 22—5。

(3) 技术性能

APR—M_2 技术性能见表 22—6、22—7。APR—M_2 取样循环阀卸掉一个球阀就改装为 APR—M_2 循环安全阀。这样也能取样，就是 N 阀以上和 M_2 阀以下的这一部分样品，但这样不能满足高压物性取样要求。

图 22—5　APR— M_2 取样循环阀

表 22—6　APR— M_2 取样循环阀规范

总成号	外径，mm(in)	内径，mm(in)	组装长度，mm	取样体积，ml	端部连接	剪销压力，MPa/只
615.6105	127.76 (5.03)	57.15 (2.25)	3444.7	2775	3　APR 内平	3.69
615.602	118.9 (4.68)	50.8 (2.00)	3397	2258	3　API 内平	3.69
615.6028	118.9 (4.68)	50.8 (2.00)	3397	2258	3　65A 特殊	3.69
615.63	99.06 (3.90)	45.97 (1.81)	3457	1768	2　牙油管扣	3.69
615.604	77.7 (3.06)	25.4 (1.81)	29.703	1000	2　牙油管扣	3.58

表 22—7　APR 循环安全阀规范

总成号	外径，mm(in)	内径，mm(in)	组装长度，mm	端部连接	剪销压力，MPa/只
615.6019	127.76 (5.03)	57.15 (2.25)	2294.6	3　API 内平	3.69
615.6025	118.9 (4.68)	50.8 (2.00)	2220.7	2　API 内平	3.69
615.6035	99.06 (3.90)	45.9 (1.81)	2223.3	2　牙油管扣	3.69
615.6041	77.07 (3.06)	25.4 (1)	1573.5	2　牙油管扣	3.58

(4) 计算操作压力

工具下井前应根据井深、压井液密度来确定 APR— M_2 阀安装销子个数。

$$n = (p_j + p_i + 6.9) / p_p$$

APR—M$_2$ 阀操作压力

$$p_3 = n \cdot p_p - p_j$$

式中　p_3——APR—M$_2$ 阀操作压力。

4. BIG JOHN 震击器

(1) 结构

BIG JOHN 震击器由震击芯轴、花键外筒、液压缸、震击锤、计量套、计量锥体、计量调节螺母、压力平衡活塞、下芯轴、下接头等组成，结构如图 22—6 所示。

(2) 工作原理

BIG JOHN 震击器的工作原理与 TR 震击器的工作原理相似，所不同的是，操作震击器时，上油室的液压油可以从两条通道流入下油室，一条是计量套与液压缸之间很小的间隙；另一条是计量锥与计量套下部的内圆锥面之间的间隙（可以调节）。通过计量调节螺母调节计量锥与计量套下部的内圆锥面之间的间隙，可以改变震击器的液压延时时间。

(3) 技术性能

1) 3″震击器 (625.244mm)：最小内径 31.25mm，最大外径 99.06mm，压缩状态总长度 1524mm，行程 254.0mm，推荐操作压力 44482.2～111205.6N，最大操作拉力 311375.5N，功能试验拉力 177928.9N，重复拉 10 次，第 10 次的计量时间应为 1～2min，上端连接扣型 3　8N－3 母扣，下端连接扣型 3　8N－3 公扣。选用接头：625．24404 震击器下接头 2　EUE8 牙油管公扣，625.24414 震击器下接头 2　EUE8 牙油管公扣，625.24407 震击器上接头 2　API 正规母扣，625.24413 震击器下接头 2　API 正规公扣。

2) 5″震击器件 (625.243mm)：最小内径 44.45mm，最大外径 127.76mm，压缩状态下总长度 1524mm，行程 254mm，推荐操作拉力 44482.2～111205.6N，最大操作拉力 489304.4N，功能试验拉力 222411.1N，重复拉力 10 次，第 10 次计量时间应为 1～2min，上端连接扣 3　″API 贯眼母扣，下端连接扣 3　″API 贯眼公扣。

图 22—6　震击器

选用接头：625.24344 震击器轴 3　6 牙专用短节齿梯形扣(CAS 公)，625.24345 下接头 3　6 牙专用短节齿梯形扣 (CAS 母)，625.24344 震击芯轴 3　震击芯轴 3　″API 内平母扣，625.24345 下接头 3　API 内平公扣。

5. 全通径液压循环阀

(1) 作用原理

全通径液压循环阀可接于测试阀以上或测试阀以下。当接于测试阀以下时，该工具作为封隔器的上部旁通，在插管插入生产封隔器时，帮助释放测试阀下面升高的压力；当该工具接于测试阀以上时，可在测试后作为循环阀使用。

操作全通径液压循环阀不需要旋转，当对工具施加钻压后，液压计量装置要延时 2 min，以关闭旁通孔，延时机构保证在旁通孔关闭前使 RTTS 封隔器坐封或插管插入生产封隔器，上提不延时即可打开旁通。

(2) 结构

全通径液压循环阀主要由延时计量系统和旁通部分组成，见图 22—7。计量系统由浮动活塞、花键外筒、短节、计量套、计量及加油外筒、锁定活塞和硅油等组成。旁通部分由循环套、循环外筒和下接头组成。

(3) 技术性能 工具外径 118.9 mm；内径 57.15 mm；组装长度：压缩状态 2126.5 mm，拉伸状态 2202.7 mm；上端连接扣 3 API 内平母扣；下端连接扣 3 API 内平公扣；关闭旁通操作负荷 8964.4～133446.7 N；计量系统最大载荷 274900 N (见表 22—8、22—9)。

图 22—7 全通径液压循环阀

表 22—8 旁通关闭所需时间

时间 / 温度,℃ (℉) / 载荷, N	37.8 (100)	93.3 (100)	148.9 (300)	204.4 (400)
88964.4	3:15	3:05	2:55	2:44
11205.6	2:55	2:46	2:36	2:26
133446.7	2:20	2:31	2:23	2.13

表 22—9 试验压力与计量时间

实验压力, MPa	计量时间, min:s	实验压力, MPa	计量时间, min:s
41.36	2:44	20.68	3:52
34.47	3:06	13.79	4:44
27.58	3:21	6.89	6:42

6. 全通径放样阀

(1) 作用

为了获得比 APR—M_2 取样器取到更多的样品，就必须用全通径放样阀将 APR—M_2 与 LPR—N 测试阀之间圈闭的样品放出来，全通径放样阀通常接在测试阀顶端，而回收样品的体积由 APR—M_2 与测试阀之间所加钻铤的多少来确定。

(2) 结构

全通径放样阀由本体、放样塞、阀芯、管塞、限位螺母和“O”形圈组成，见图 22—8。

(3) 技术规范

全通径放样阀技术规范见表 22—10。

表 22—10　全通径放样阀技术规范

总成号	外径，mm (in)	内径，mm (in)	组装长度，mm	端部扣形
615 2167	127.0 (5.0)	57.15	297.94	3　内平
615 4129	118.87 (4.68)	50.8	304.8	3　内平
615 41292	118.87 (4.68)	(4068)	50.8	304.8
615 2093	99.06 (3.90)	45.72	304.8	2　EUE8 牙油管扣

7. 全通径伸缩接头

(1) 作用与原理

全通径伸缩接头的作用是在管柱中提供一段伸缩长度以帮助补偿钻井船的上、下浮动。这样，在伸缩接头以下的工具上的钻压就可保持恒定。该工具也可与常规测试工具管串组合，接在测试器以下进行常规测试。在测试期间，当操作钻杆使测试阀换位时，提供一段自由行程，有利于开关井的操作。伸缩接头的应用包括：裸眼测试、套管测试和挤水泥、实施增产措施等。

伸缩接头的工作原理是：当浮式钻井船向上运动时，钻杆将伸缩接头拉长，于是管柱的内容积增加，同时，在伸缩接头内的一个压差活塞将等量的流体排入管柱内，结果是净的内容积没有变化。相反，浮式钻井船向下运动则排出流体。这是体积平衡型伸缩接头，其压力平衡的特征是最大限度地缩小压力激动。

每个伸缩接头有 1.524m 的行程。为了获得较大的自由行程可多用几个伸缩接头，但是，它们必须放在一起，一个接在另一个的顶部，因为工具的液压性能要求伸缩接头只能放在管柱的一个位置。如果使用的伸缩接头不只一个，且不是一个接在另一个顶部，那么从理论上说，最上部的一个伸缩接头走完它的 1.524m 行程，然后接着是接在其下面的一个，如此等等，当每个伸缩接头走完行程后，就会发生轻微的碰撞，见图 22—9 结构示意图。如果伸缩接头和伸缩接头安全阀连接起来使用，一旦钻杆折断的话，它们就可以用来帮助控制油井。

(2) 技术性能

1) 3″伸缩接头最大外径 99.1mm，最小内径 45.7mm，自由行程 1524mm，压缩状态组装长度 3885.2mm，上端连接扣型 2　EUE8 牙油管公扣。

2) 5″伸缩接头最大外径 127.00mm，最小内径 57.2mm，自由行程 1524mm，压缩状态组装长度 4016.7mm，最大抗拉强度 1754823.6N，爆破压力 115.1MPa，挤毁压力 90.3MPa，上端连接扣 3　API 内平母扣，下端连接扣 3　API 内平公扣。

8. RTTS 反循环阀

(1) RTTS 反循环阀是一种同时可作为循环和旁通阀的锁定开、关型工具。此阀与 RTTS 封隔器和 $RTTS_2$ 型封隔器配套使用。起下钻时 RTTS 循环阀处于打开状态起旁通作用，当封隔器坐封时，RTTS 循环阀自动锁于关闭位置。

图 22—8　全通径放样阀

1—本体；2—放样塞；3—阀芯；4—管塞；5—限位螺母；6—“0”形圈

(2) 结构

RTTS 循环阀由上接头、换位机构外筒、凸耳芯轴、开孔芯轴、本体、“0”形圈和下接头组成（见图 22—10）。

图 22—9　伸缩接头

(3) 技术性能

RTTS 循环阀的性能见表 22—11。

图 22—10　RTTS 循环阀

表 22—11　RTTS 性能指标

总成号	外径 mm	内径 mm	（压缩）长度 mm	自由行程 mm	连接扣型
696.511	1.4	48.3	316.9	167.3	上端 2　EIE8 牙油管丝扣下端 3　—101N—3 公扣
696.531	106.2	50.5	810.5	167.6	上端 2　EUE8 牙油管丝扣下端 3　—8UN 公扣
696.5318	106.2	50.15	1115.3	320.0	上端 2　EUE8 牙油管丝扣下端 3　—8UN 公扣
696.671	123.7	62.8	835.4	167.6	上端 3　EUE8 牙油管扣下端 4　2—8N—M 公扣
696.681	155.4	26.2	924.3	167.6	上端 4　API 内平丝扣下端 4　API 内平公扣

(4) 操作

下井时将凸耳锁定于打开位置，使循环阀起旁通作用。坐封封隔器时循环阀的旁通自动锁定于关闭位置。测试结束后右旋管柱 1/4 圈，上提管柱到坐封前的方余，然后，左旋管柱 1/4 圈旁通阀锁定于打开位置。

9. RTTS 安全接头

(1) 作用与原理

RTTS 安全接头是接在封隔器之上，当封隔器被卡时，对管柱施加压力，使张力套断开，然后进行上提下放和旋转运动，使安全接头倒开，起出安全接头以上的管柱。

(2) 结构

RTTS 安全接头由上接头、芯轴、反扣螺母、外筒、“O”形圈、短节、张力套和下接头组成，(详见图 22—11RTTS 安全接全接头结构示意图)。

(3) 技术性能

RTTS 安全接头技术规范见表 22—12。

表 22—12　RTTS 安全技术接头技术规范

总成号	外径，mm	内径，mm	长度，mm	行程，mm	张力套件号	张力套拉断力，N	连接扣型
696.5122	93.15	48.3	978.0	175.8	696.520005	88964	2 7/8"EUE 牙油管扣
696.5322	103.1	50.8	990.7	177.9	696.53035 696.53205	88964 111205	2 7/8"EUE 牙油管扣
696.5722	127.0	62.0	1006.7	17708	696.57035	111205	2 7/8"EUE 牙油管扣
696.5922	155.4	79.2	1083.8	177.9	696.60035	177929	4 1/2"API 内平

(4) 操作

RTTS 安全接头可接于循环阀以上或循环阀与 RTTS 封隔器之间。当接于循环阀与封隔器之间时，安全接头的下接头应卸掉并接于安全接头顶部。当接于循环阀之上时，可直接与之相接。这样，安全接头底部可以直接与封隔器相接。然后循环阀可直接接在安全接头顶部接头上。

正常测试时安全接头靠张力套不会倒开。一旦发生紧急情况需要倒开安全接头时，先对管柱施加压力使张力套断开。除 9 7/8"RTTS 安全接头每右旋一圈需要三个行程外，所有其它规格的 RTTS 安全接头每转一圈需要两个上、下行程。

10. RTTS 封隔器

(1) 作用与原理

RTTS 封隔器与 RTTS 循环阀配套使用。RTTS 封隔器本身带有水力锚，可用于测试和挤水泥作业，卸掉水力锚改为测试接头的可进行一般的测试作业。

RTTS 封隔器的工作原理是：封隔器下井时，摩擦垫块始终与套管内壁紧贴，凸耳是在换位槽短槽的下端，胶筒处于自由状态。当封隔器下到预定井深时先上提管柱，使凸耳到短槽的

图 22—11　RTTS 安全接头

上部位置，右旋管柱 1～3 圈，在保持扭矩的同时，下放管柱加压缩负荷。由于右旋管柱使凸耳从短槽到长槽内，加压时下芯轴向下移动，卡瓦锥体下行把卡瓦张开，卡瓦上的合金块的棱角嵌入套管壁，尔后胶筒受压而膨胀，直到两个胶筒都紧贴在套管壁上，形成密封；如果进行挤注作业，封隔器胶筒以下压力大于封隔器胶筒以上静液柱压力时，下部压力将通过容积管传到水力锚，使水力锚卡瓦张开，卡瓦上的合金卡瓦牙方向朝上，从而使封隔器牢固地坐封在套管内壁上；如果要起出封隔器，只需施加拉伸负荷，先打开循环阀，使胶筒上、下压力平衡，水力锚卡瓦自动收回，再继续上提，胶筒泄掉压力而恢复原来的自由状态，此时凸耳从长槽沿斜面自动回到短槽内，锥体上行，卡瓦随之收回，便可将封隔器起出井筒。

图 22—12　RTTS 封隔器

(2) 结构

RTTS 封隔器由 J—槽换位机构、机械卡瓦、胶筒和水力锚组成（图 22—12)。胶筒密封部分由上通径规环、2 个胶筒、隔环、下通径规环组成。机械卡瓦部分由机械卡瓦本体、上芯轴、卡瓦止动销、6 个机械卡瓦片、带帽螺钉、开口环箍组成。J—槽换位机构由 4 个摩擦块、16 片摩擦块弹簧、4 个固定环、摩擦套筒和下芯轴组成。技术规范见表 22—13 和表 22—14。

表 22—13　RTTS 封隔器技术规范

总成号	套管尺寸及重量	摩按块处外径	内径 mm	长度 mm	连接扣型
696. 5273	5—15—18#	120. 9	45. 7	1167. 9	上端 3　210N—3 丝扣，下端 8　EUE8 牙油管公扣
696. 5382	5　—13—20#	133. 4	48. 3	1178. 1	上端 3　8N—M 丝扣，下端 2　EUE8 牙油管公扣
696. 5871	7—17—38#		61. 0	1323. 3	上端 3　N—MEUE8 牙油管公扣
696. 6083	7—17—38#		61. 0	1005. 1	上端 3　—8N—M 丝扣，下端 2　EUE8 牙油管公扣
696. 6083	9　—29. 3—83. 15		101. 6	1973. 8	4　API 内平扣
696. 60899	9　—29. 3—53. 5		101. 6	1605. 5	上端 3　API 贯眼丝扣，下端 4　API 内平公扣

11. 全通径压力计托筒

(1) 作用与工作原理

全通径压力托筒的外壁开有专用的槽，一次下井时同时放置 2 支压力计和 2 支温度记录仪，托筒内孔是全通径，有利于其它的作业。

表 22—14　RTTS 封隔器胶筒和通径规环技术参数

套管尺寸及重量	胶筒件号	邵氏硬度	胶筒外径，mm	通径规外径，mm	隔环外径，mm
5—15—18#	696. 52781 696. 52782 696. 52789 696. 52784	50 75 90 95	99. 1	103. 1	93. 5
5　—13—20#	696. 57381 696. 57382 696. 53383 696. 5338275	75 90 95 85	113. 0	115. 6	101. 6
7—32—38#	696. 57381 96. 57382 696. 57383	75 85 95	142. 7	143. 5	137. 2
7—17—26#	696. 57985 696. 577086 696. 57087 696. 57088	50 70 85 95	151. 1	152. 4	137. 2
7″—23—29#	696. 57391	90	144. 8	146. 1	137. 2
7″—32—38#	696. 157782	90	142. 7	143. 7	143. 5
9　—29. 3—43. 5#	696. 60381 696. 60382 696. 60383 696. 60384	50 70 80 90	207. 8	209. 6	198. 1
9　—47—53. 5#	696. 60391 696. 60392 696. 60393 696. 60394	50 70 80	201. 9	209. 6	198. 1

工作原理：托筒的外壁有 2 个放置温度记录仪槽，两槽相距 180°，2 个放置压力计槽，两槽相距 180°，压力计和温度计均相距 90°。放置压力计的槽在下挡套内钻有与内壁相通的孔，管内压力通过该孔传到压力计，从而记录管内压力。放置温度记录仪的孔未钻穿。

(2) 结构

全通径压力计托筒由上接头，上挡套、下挡套和下接头组成（见图 22—13)。

(3) 技术性能

全通径压力计托筒外径 136.3mm，内径 57.1mm，组装长度 2420.0mm，抗拉强度（屈服强度）1453228N，爆破压力 112.5MPa，挤破压力 77.3MPa，连接扣型 3½ API 内平扣，配用压力计 RPG—3 型。

三、APR 工具测试工艺

1. 测试前的准备

(1) 测试工具准备

1) 根据设计要求，列出下井工具、地面设备、专用工具及仪表的规格和数量清单。

2) 对所有测试工具、设备在室内按要求进行性能检验和水压密封试验，并达到要求。

(2) 井眼准备

下测试工具前，必须用标准通径规通井，一般要通到射孔段以下 50m。

(3) 井场准备

1) 详细丈量钻杆或油管，保证封隔器坐封在规定位置。

2) 仔细检查钻杆或油管的完好程度，以保证在 34.5MPa 的压差下不刺、不漏。

3) 指重表应灵敏可靠。

4) 防喷器以及压井管线按规定试压合格。

5) 配备足够的压井液。

(4) 技术交底

测试工程师在施工前应向钻井队或作业队参加测试施工作的所有人员进行技术交底，将施工设计进行说明，指出施工中应注意的有关事项。

图 22—13 全通径压力计托筒

2. 现场施工

(1) 工具下井

所有测试工具和管柱按设计依次连接，然后必须涂好密封脂并按规定扭矩上紧。下井时 LPR—N 测试阀关闭，RTTS 循环阀（或液压循环阀）打开，M_2 阀的球阀打开，循环孔关闭，A 循环阀的循环孔关闭，封隔器的橡胶筒处于收缩状态。下钻要求操作平稳，不得猛刹、猛放。

(2) 流动

测试工具下到预定位置后，坐封封隔器。下放管柱加压缩负荷，封隔器胶筒受压膨胀，紧贴井壁起密封作用，RTTS 循环阀（或液压循环阀）关闭。连接好地面管线并按要求试压。关

闭防喷器向环形空间施加操作 LPR—N 测试阀的操作压力 p_1，测试器的球阀打开，地层流体通过测试阀流入钻杆内，进入流动期。

(3) 关井

进行关井测压力恢复时，将环空压力泄至零，LPR—N 测试阀关闭，流动和关井的次数可根据测试情况而定，操作方法只是上述开关井两个过程的重复。

(4) 反循环

终流动结束后向环形空间继续加压至打开 APR—M_2 反循环阀的操作压力 p_3，循环孔打开后可实现反循环。在循环孔打开的同时 M_2 阀的球阀和 N 阀的球阀同时关闭，两球阀间圈闭着终流动结束时收集的地层流体样品。如果 M_2 阀出现故障，循环阀不能打开，则向环形空间继续增压至 p_2 打开 APR—A 反循环阀，实现反循环。反循环孔打开后 LPR—N 阀关闭，再也不能打开。

(5) 起出

终关井结束后，上提管柱并施加拉力，将液压循环阀打开，平衡封隔器上下方的压力，封隔器的胶筒收缩。此时，LPR—N 阀仍然关闭，APR—M_2 或 APR—A 阀的循环孔打开，这样就可以把测试管柱全部起出井眼了。

3. 安全注意事项

1) 每次充氮前必须用氧分析仪对氮气进行检查，要求氮气纯度为 99 % 以上；

2) 充氮、放样或放氮气时，人不能正对安全孔和释放孔；

3) 整个施工过程严防井口落物；

4) 测试流出的天然气要点火烧掉；

5) 测试期间井场周围 50 m 以内不得动用明火。

6) 除作业人员外，其它人员一律不得在井场逗留；

7) 准备一定数量的消防和防毒面具。

复 习 思 考 题

1. APR 测试工具有哪些特点？

2. 简述 APR—N 阀的结构和工作原理。

3. 简述 APR—N 阀氮气腔的充氮步骤。

4. 简述 APR—A 反循环阀的结构和工作原理。

5. APR—M_2 阀的结构和工作原理是什么？

6. BIG JOHN 震击器的结构和工作原理是什么？

7. 全通径液压循环阀的结构和工作原理是什么？

8. 全通径放样阀的作用是什么？

9. 伸缩接头的作用和工作原理是什么？

10. RTTS 反循环阀的结构和作用是什么？

11. RTTS 安全接头的结构和作用是什么？

12. 如何倒开 RTTS 安全接头？

13. 简述 RTTS 封隔器的结构和工作原理。

14. 简述 APR 测试工具现场测试操作步骤。

第二十三单元　膨胀式测试工具

一、膨胀式测试工具的用途及特点

膨胀式测试工具主要用于裸眼井测试，它既可用单封隔器进行常规测试，也可用双封隔器进行多层段的跨隔测试。目前国际市场上膨胀工具比较多，如贝克、高山、曼德利等公司的膨胀工具。下面主要介绍贝克公司生产的膨胀式测试工具。

贝克膨胀式测试工具的特点

1）胶筒的膨胀不再是轴向加压，而是用井下膨胀泵输出的高压液体使胶筒膨胀，实现了不用支撑尾管的目的。

2）封隔器胶筒有较大的膨胀度和长的密封段，能有效地封隔大肚子井眼、键槽式井眼及不圆的井眼等。

3）采用双封隔器进行跨隔测试，不用尾管支撑井底，这样可以在长裸眼井段逐层进行测试。

4）由于胶筒是靠内部液压直接贴紧在井壁上的，所以下放管柱加压开井、上提管柱关井，这种操作不会影响封隔器的坐封。

5）测试工具在不起出地面的条件下，可在井内坐封及解封多次，进行多次测试。

6）跨隔测试时上封隔器上部与下封隔器下部环空连通，压力平衡，这样在井口观察环空液面就可以判断封隔器的密封情况。

二、膨胀式测试工具的管柱结构及工作原理

贝克膨胀式测试工具由测试阀、膨胀泵、封隔器、测试孔接头、压力计五大部分主要工具及其它辅助工具组成。

1．单封隔器测试管柱

单封隔器测试管柱接在工具下部的是间隔钻铤和锚管鞋。间隔钻铤（调距钻铤）的作用是支撑到井底，保证在下放钻柱打开水力开关阀时膨胀式单封隔器不向下滑动。锚管鞋是防止间隔钻铤堵塞。

间隔钻铤上部是阻力弹簧，其作用是当旋转膨胀泵使封隔器充液膨胀坐封时，阻止膨胀泵以下工具的转动。阻力弹簧之上，接一个可装 2 支压力计和一支温度计的外压力计托筒。阻力弹簧与外压力计托筒之间接有隔离接头（盲接头）。外压力计托筒上部接测试孔接头，测试孔接头分成三个流道，即膨胀、测试和旁通通道。测试孔接头上部为膨胀式封隔器，它靠膨胀泵充液膨胀，封隔井眼环空。其上为滤网短节，它是膨胀泵的吸入口，它具有 1㎜的滤缝，使进入膨胀泵的钻井液中所有粗颗粒都过滤掉。滤网短节之上为井下膨胀泵，它是工具的心脏，对封隔器进行充液膨胀，还具有给封隔器平衡、泄压之能力。膨胀泵以上，接有安全接头、震击器、内压力计托筒、正控制取样器、水力开关阀和反循环接头以及一直延伸到井口的钻杆及旋转控制头。单封隔器测试管柱见图 23—1。

在使用这种测试管柱时，第一，要注意封隔器坐封井段的井径、岩性，保证封隔器密封良好。第二，阻力弹簧的井壁支撑点要合适，使它能起阻止下部工具旋转的作用。第三，一定要保证间隔钻铤（尾管）支撑井底，使开井时封隔器不滑动。

2．双封隔器跨隔测试管柱

双封隔器跨隔测试管柱是膨胀式测试工具常用的典型管柱结构（见图 23—2），除单封

图 23—1　单封隔器测试工具管柱图

隔器测试管柱所用的工具外，还需一个下封隔器和旁通管及光管（但不用盲接头)。除此之外，还要将单封隔器测试管柱中接在阻力弹簧下面的支承钻铤连接在二个封隔器之间变成间隔钻铤，不用尾管支撑。

图 23—2　双封隔器测试工具管柱图

1）水力开关阀：下井时此阀关闭，避免钻井液进入钻杆，加压延时后开井，控制地层液体的流入；流动结束后，关闭此阀，测地层恢复压力。它相当于常规测试管柱中 MFE 的作用。

2）取样器：终流动结束时取样，可取得地层 2000c㎥ 的流体样品，以便地面的资料分析。

3）内压力计托筒：和外压力计托筒共同起携带机械压力计或存储式电子压力计入井的作用。

4）震击器、安全接头：这两个部件是裸眼测试管柱中必须下井的工具。震击器是在遇卡时，提供一定震击力以便解卡。安全接头是在无法解卡的情况下，从此处脱开，提出上部工具，然后采取下步打捞措施。

5）井下膨胀泵：通过旋转膨胀泵，使膨胀封隔器充液膨胀。测试结束后，平衡管柱内与环空的压力，解封封隔器胶筒，待胶筒收缩后取出测试管柱。

6）滤网：作为井下膨胀泵的吸入端，滤掉膨胀液中的固体颗粒，使洁净的吸入液（钻井液）进入膨胀泵后被打压泵入封隔器。

7）上封隔器：坐封后将测试层与压井液隔开，以使地层液流在开井后进入测试管柱。

8）测试孔接头：作为地层测试流体的流入端，相当于常规测试管柱中的筛管。

9）下封隔器：坐封后将测试层与下部环空隔开（下部地层），以达到跨隔测试的目的。

10）阻力弹簧：由于其弹簧外径较大，产生旋转扭矩，使井下泵旋转而保证泵以下部件不转动。

3．工作原理

这套工具最多有三个流道。以双封隔器跨隔测试为例，膨胀泵以上管柱仅一个测试通道；膨胀泵至测试带孔接头处有三个通道——测试、旁通和膨胀通道；带孔接头下有两个通道：膨胀通道和旁通通道。测试通道是从带孔接头开始通过钻杆一直到井口。膨胀通道是从膨胀泵经滤网，到上、下封隔器。旁通通道是从滤网下接头到阻力弹簧（见图 23—3）。

1）工具下井

工具下井过程中，水力开关阀处于关闭位置，膨胀泵不工作，封隔器胶筒处于收缩位

图 23—3　双封隔器测试原理图

置。测试通道处于关闭状态时，旁通通道在整个测试过程中都是打开的，使上封隔器上部环空与下封隔器下部环空连通，两处静液柱压力平衡。

2）膨胀泵工作

井口用卡瓦卡住钻杆，启动转盘旋转钻柱，带动井下膨胀泵工作。泵旋转时，从环空吸入钻井液，经滤网过滤后，泵入膨胀通道，从而使两个封隔器同时膨胀。封隔器膨胀坐封时，将产生较大的挤注压力，这种挤注压力将通过测试通道，从水力开关阀下部单流阀泄到环空。当膨胀压力达到大约 10.4 MPa 时，泵的卸压阀打开，使泵柱塞再不向膨胀通道增压。主单流阀保持这一膨胀压力，此压力可事先在地面调整好。

3）开井流动

封隔器坐封成功后，下放钻具给水力开关阀加压 66723～88964 N，水力开关阀延时一段时间，产生自由下落 31.8 mm（1″），给地面一明显的开井显示。此时膨胀通道保持有 10.4 MPa 的压力，封隔器保持密封。测试通道打开，地层流体通过带孔接头进入管柱，经上封隔器、滤网、膨胀泵、取样器及水力开关阀等工具的芯轴进入钻杆。

4）关井

上提管柱，在自由点基础上多提 8896～22241 N，测试阀关闭，井下记录仪（压力计）记录井下压力恢复。

5）平衡

测试完成以后，在解封封隔器之前，需进行平衡。下放管柱，在原悬重基础上向工具加压 22241 N，坐上卡瓦，旋转 1/4 圈，使膨胀泵离合器啮合，芯轴下移 50.8 mm，推动阀滑套下行，泵的阀套处于平衡位置，测试通道与环空通道相连，使测试层段的压力通过泵与环空连通，封隔器上下压力平衡。测试阀仍然关阀，膨胀压力不变。

6）解封

上提管柱，泵的主芯轴上移，使膨胀通道与环空连通，胶筒里的膨胀液体流入环空，等待胶筒收缩。

三、膨胀式测试工具部件

1．水力开关阀

（1）概述

水力开关阀是一种井下开关阀，通过上提和下放钻具，实现井下开关井。它连接在膨胀泵的上方、反循环接头的下方。

（2）用途

1）下井时阀关闭，避免钻井液进入钻杆。

2）测试流动时控制地层流体的流入。

3）测试终流动结束时地层流体不能再流入管内。

（3）结构

水力开关阀由钻井液端和油端二部分组成，见图 23—4。油端位于工具上半部分，它由上接头、花键接头、芯管、油缸、油塞和计量系统组成。通过芯管的上、下活动和液压延时机构的作用，可控制水力开关阀的开、关时间。

钻井液端位于工具的下半部分，它由外筒、活塞、缸套、下接头等组成，它是地层流体进入测试工具的开、关阀。

（4）工作原理

图 23—4　水力开关阀结构

1—上接头；2—花键接头；3—油缸；4—钻井液端外筒；5—下接头；6—心管；7—油端活塞；8—钻井液端活塞；9—单泥阀总成；10—钻井液端缸套；11—缸套液流孔；12—钻井液端活塞液流孔；13—下接头旁通孔；14—0 型密封圈组

图 23—5　液压延时机构工作原理

1）开井流动。给工具施加 66723～88964 N 的压缩负荷，油端活塞 7 下方的油缸 3 中的油压增加，液压油通过滤网进入计量系统，芯轴缓慢向下移动，经过 69.9 mm（2 ″）的缓慢计量行程，当油端活塞下行至油缸下部的大孔径处，液压油从活塞外周旁通，工具产生 31.8 mm 的快速行程。钻具有明显的“自由下落”开井显示（见图 23—5）。这时接在芯管下面的钻井液端活塞 8 的液流孔 12 与缸套上的液流孔 11 对齐，地层流体便可通过下接头 5，经外筒 4 与缸套 10 之间的环形通道进入工具的芯管，至测试管柱中（见图 23—6）。

2）关井测压。上提钻具时，液压油经过活塞面密封，经中芯管外表的油槽无阻地流回活塞下方的油缸中。这时钻井液端活塞继续上行，直

图 23—6　钻井液端活塞工作原理

至缸套液流孔 11 位于钻井液端活塞上的两组密封之间（密封 15 和 14 之间），工具关闭，切断地层流体流进芯管的通道。继续施加比原悬重大 8896～2241N 的拉力，使工具保持关闭，进行关井测压。重复上述上提下放钻具操作时，就可达到多次开、关井测试的目的。

工具的钻井液端有单流阀总成 9，其作用是当封隔器膨胀坐封时，跨隔封隔器之间受挤压的钻井液，通过缸套液流孔 11，经单流阀 9 和下接头旁通孔 13 排泄到上封隔器上方的环空。单流阀的开启压力为 0.35MPa。关井测压时，因地层压力低于环空液柱压力，单流阀保持关闭。

(5) 马磁型计量系统

在油端的液压延时机构中，采用马磁型计量系统取代早期常用的呼吸孔式计量系统（图 23—7)。

此系统最显著的优点是降低了井下温度及液压油粘度的变化对延时时间的影响。

SAE—10W—40 马达油可应用于所有温度。用于高温时，用“氟橡胶”“O”圈代替钻井液端活塞上的标准“O”圈，其硬度均为邵氏 90 度。水力开关的计量系统的延时间与井温的关系，见试验曲线。曲线 A 和 B，用于马磁型计量系统的液压油为 10W—40 号马达油，曲线 A：施加 44482N 的压缩负荷，计量系统上、下压差 1900 13.1MPa，曲线 B：施加 88960N 的压缩负荷计量系统上、下压差 3800 26.2MPa。

水力开关的规范见表 23—1。

图 23—7　马磁型计量系统

表 23—1　5″液力开关工具技术规范

外　　径	mm	127
芯轴内径	mm	25.4
组装长度	mm	1593.9 (1498.6)
抗外挤强度	MPa	149
拉断负荷	N	2140,000
最小流动面积	cm^2	5.06
芯轴行程	mm	101.6
自下下落	mm	31.8
上部连接螺纹		$3\frac{1}{2}$ API 贯眼母扣
下部联结螺纹		$3\frac{1}{2}$ API 贯眼公扣

2．正控制取样器

它接在水力开关阀的下部，由联结在水力开关阀底部的控制芯轴带动它进行开关。在终流动结束时能收集地层流体样品 2000cm^3。

(1) 结构

它由下接头、筒体、上接头、密封头、滑动夹头、滑套和控制芯轴等组成，见图 23—8。

(2) 工作原理

取样器下井时，滑套 11 关闭，工具下方的钻井液通过取样器中心水眼，再经控制芯轴及水力开关下接头的单流阀及旁通孔返到环形空间。当封隔器下到测试井段，膨胀坐封之后，下放钻具，加压打开水力开关阀时，取样器控制芯轴 28 随着钻井液端活塞下行，控制芯轴上的台肩接头 26 推压滑套 11，使滑套上的孔眼对准密封头 9 上的孔眼，地层流体从取样器贮腔通过，经滑套上部的孔眼、钻井液端活塞、水力开关阀芯管进入测试管柱。当水力开关阀上提关井时，控制芯轴带动滑套上行，从而关闭密封头孔眼和滑套上部孔眼，将地层流体样品关闭在取样腔内。

取样器技术规范见表 23—2。

3．井下膨胀泵

(1) 结构

膨胀泵是膨胀式测试工具的心脏。它由滑动接头部分、曲柄端凸轮机构部分和充压—泄压三大部分组成。它有四个往复活塞，钻杆正转时，通过凸轮机构带动往复活

图 23—8　正控制取样器

塞上、下运动。在吸入、排出阀机构的配合作用下，从井眼环空吸入钻井液，将钻井液泵入封隔器胶筒，使胶筒充液膨胀密封。

表 23—2　127mm 取样器规范

外　径 mm	长　度 mm	容　积 cm^3	拉断负荷 N	抗　挤 MPa	顶　部　扣	底　部　扣	最小流通面积 cm^2
127	1113	2000	1512, 388	99. 29	3　API 贯眼母扣	3　API 贯眼公扣	4. 95

(2) 膨胀泵操作过程

在测试管柱下井以前，将膨胀泵置于转盘上并坐上卡瓦，卸掉保护套，上移露出释放离合器，检查离合器，注上足够的黄油后，再装上保护套，再检查阀套使其处于最上部位置。用钻杆将测试工具下到设计坐封位置，多下 2～3m，然后再上提到原定的坐封位置，以确保所有的可压缩工具处于伸长状态。

测试管柱下完以后，记住钻柱悬重。

1) 坐上卡瓦，转动 5～6 圈，摘开离合器，检查扭矩。

2) 参看“井眼尺寸与膨胀液量关系”表，确定膨胀一个胶筒所需膨胀液量，以计算 2 个膨胀封隔器所需注入液的体积。

3) 参看“旋转时间与泵出液量关系”表，以计算膨胀胶筒所需的旋转时间。

4) 以 60～90r/ min 的转速转动钻杆，这种旋转速度使得泵的四个活塞上、下运动，从环空经滤网吸入钻井液，再由泵的进入通道经泵增压后从泵的排出通道排出，进入封隔器的膨胀通道。

5) 当泵的排出压力高出静液柱压力 10. 30～11. 72MPa 时，泄压阀柱塞推动柱塞杆及柱塞盖离开阀座，膨胀通道的压力不再增加，防止胶筒胀破。由于四个泄压阀的开启压力不可能是同一的，所以最低压力的泄压阀最先打开泄压，停止向膨胀通道增压。其余活塞继续向膨胀通道加压，直到四个泄压阀全部打开。

6) 由于胶筒膨胀后与井壁接触吻合，有时会引起膨胀通道的压力降低，引起一个或几个泄压阀关闭，活塞重新向膨胀通道增压，直至泄压阀重新打开。

7) 当泄压阀开启，压力不增加时，钻杆转动扭矩减小，因此钻杆可自由转动。

8) 膨胀压力被主单流阀、泵座及柱塞盖圈闭住。

9) 为了检查胶筒是否完全膨胀，上提管柱，卸去卡瓦，检查封隔器是否锚定。如果封隔器没有锚定，再重新坐上卡瓦，继续旋转 5min，直至封隔器锚定为止。

在下放钻具打开水力开关阀进行测试时，泵的芯轴可作为测试流动通道，进行流动测试。

测试完后，钻柱内、外压力差可通过井下膨胀泵进行平衡。

1) 灌满环空，记下上提下放时管柱悬重。伸缩外筒允许有 152mm 的自由行程，此悬重由于地层液体的进入可能与原先悬重不同。

2) 向工具加压 22241N，坐上卡瓦。

3) 正转管柱 1/ 4 圈，地面旋转的圈数取决于井深及井眼条件，这将使上、下释放离合器啮合，芯轴自由下落 50. 3mm，芯轴下落使得阀套和芯轴处于平衡位置，内外压力平衡，

环空液面降低，灌满环空。

在管柱内外压力平衡以后，封隔器就可以收缩了。

1）上提钻杆比原悬重多提 45000 N 使阀套和芯轴处于收缩位置。

2）保持这一拉力直到封隔器完全收缩。

3）在封隔器完全收缩后缓慢将钻柱起出井眼，在此期间不要转动管柱，否则会重新膨胀封隔器。

4．滤网短节

滤网短节是膨胀泵的吸入过滤器，它由上、下接头、筒体、滤网、内芯管和中间心管组成。接头体内有三个通道，即膨胀、吸入和测试通道。另外，在下接头体上还有旁通孔，与旁通管相连，组成旁通通道，使两个封隔器的上、下环空互相连通。下接头上还有一个安全阀，当滤网堵死后，由于压差的作用，安全阀开启使膨胀泵继续吸入钻井液。

5．上封隔器

(1) 结构

它由上接头、胶筒、胶筒下短节、外筒、上外芯轴、上内芯轴、上芯轴密封短节、上键套、上芯轴螺母等组成。

它位于测试层段顶部，充液膨胀封隔后可将测试层段与上部环空隔开，它在 B 型滤网短节下部，由膨胀泵将过滤的液体通过膨胀通道泵入封隔器胶筒中，使胶筒膨胀密封上部环空。

(2) 特点

与常规压缩式封隔器相比，膨胀胶筒有较大的膨胀度与较长的密封长度（1101～1333ｍｍ），能在不规则，椭圆井眼密封和在冲蚀段及软地层上坐封。

封隔器胶筒有内外二层，外层胶筒用于密封井眼环空，承受环空的液柱压力，外胶筒内有钢片加强筋，它直接硫化在外胶筒上，以加固胶筒的承压能力。内胶筒紧贴钢片加强筋，用于承受膨胀液的内压，使胶筒膨胀。

封隔器可选用 127ｍｍ（5″）～200ｍｍ（7.88″）之间的各种规格的胶筒，不同尺寸的胶筒和所坐封的井径及工作压差有一定的关系，见图 23—9。根据坐封井径、工作压差，从图 23—9 就可选用所需胶筒尺寸。一般胶筒可密封比胶筒直径大 50～70ｍｍ 的井径。

6．下封隔器

它位于测试层段下部，联结在间隔钻铤的下方，由膨胀泵充液通过上封隔器、组合带孔接头和间隔钻铤的膨胀通道进入下封隔器，使其膨胀密封，封隔测试层段的底部环空。它由上接头、胶筒、胶筒下接头、下芯轴、芯轴下接头等组成。它有两个通道，膨胀通道和旁通通道。膨胀通道位于芯轴和胶筒之间。旁通管插入并密封于封隔器下接头内，旁通管起旁通通道作用，以平衡两个封隔器上、下环空的压力。

下封隔器胶筒尺寸与上封隔器胶筒尺寸相同。

7．组合带孔接头

它是测试层流体的进入孔，接在上封隔器下部。在接头体上有若干地层流体进入孔，接头中间有一内套，内套直接与下面旁通管联结。接头内有三个通道，即膨胀、旁通和测试通道。

孔眼组合接头有两种类型：1）适用于 127ｍｍ（5″）和 143ｍｍ（5　″）上封隔器的特种孔眼组合接头，它由 B 型孔眼接头和组合接头二者组合而成在一起使用。2）适用于 152ｍｍ

图 23—9　封隔器胶筒直径

及大于 152ｍｍ 的上封隔器组合孔眼接头。

8．阻力弹簧器

在膨胀泵工作时，阻力弹簧用来限制泵下面的测试工具旋转，由上接头、芯管、弹簧托筒、下短节、弹簧、下接头等组成，其中心水眼是旁通通道（见图 23—10）。

对于不同尺寸井眼要选用不同型号的阻力弹簧。阻力弹簧的位置应选在比较规则的井段，必要时可加接钻铤或钻杆，使阻力弹簧避开大肚子井眼，这样阻力弹簧才能起作用。

9．旁通管、光杆密封短节

它是用来连接上封隔器上方与下封隔器下方井眼环空的管子，其作用是平衡环空静液柱压力。旁通管的最下面接有光杆密封短节，插入下封隔器芯管、接头密封圈（见图 23—11），插入长度为 0.915～1.22ｍ，以保证密封。

它能显示二个封隔器的坐封情况，如一个封隔器未坐好，测试阀打开后，环空液面会下降。

10．调距钻铤

调距钻铤和钻铤一起调节两个封隔器之间的距离，使其适应于测试层段的坐封位置，它有各种不同的长度，用来选配进行调距。

11．外压力计托筒

这种托筒可承托两个 K—3 压力计和一个 K—3T 温度计。三个承托腔呈 120 度分布。

四、测试工艺

1．膨胀泵旋转时间的计算

膨胀泵在转速为 60r/ min 时，排量为 3.785L/ min，则每转的排量为 1/16L。

1）根据电测井径，查出封隔器坐封段的平均井径尺寸。

图 23—10　阻力弹簧

1—上接头；2—心管；3—弹簧托筒；4—下短节；5—弹簧；6—下接头；7—螺钉；8—扳手

图 23—11　旁通管与光杆密封短节

1—旁通管接头；2—旁通管；3—光杆密封短节；4—“0”型密封圈

2）根据“井眼尺寸与膨胀液量关系曲线”图（图 23—12），确定膨胀一个封隔器所需要的液量 V_1，如果是二个封隔器，则所需液量为 $2V_1$。

3）为补偿井眼过大和泵效率的影响，附加 50% 的液量，则所需总液量为　$V = 1.5 \times 2V_1$

4）泵的转速为 n 转，其排量为　$Q = n \cdot 1/16 = n/16$（L/min）

5）计算旋转时间 t：$t = V/Q$（min）

通过上述计算，即可得出使两个封隔器充液膨胀密封所需旋转膨胀泵的时间。

2．膨胀式双封隔器测试工具的操作

(1）膨胀式双封隔器测试管柱的连结见图 23—13 和图 23—14。连结前，了解双封隔器

图 23—12　井眼尺寸与膨胀液量关系曲线

测试工具管柱的连结图，熟悉每个部件的结构、尺寸和扣型。如果跨隔间距所需钻铤少于一根，而只需用钻铤短节来调距的情况，建议用以下程序组装。

1）用吊卡吊起钻铤。

2）把转换接头接在钻铤底部，用链钳上紧。

3）用猫头绳吊起下封隔器，连结在转换接头下部，拧紧。

4）用猫头绳吊起阻力弹簧，连结在下封隔器底部，拧紧。

5）把阻力弹簧、下封隔器、钻铤下入井内，而后重新起出，并从上至下把所有连结丝扣用吊钳上紧。重新下入井内，坐好卡瓦和安全卡瓦。

6）把转换接头拧入钻铤顶部。

7）用调距钻铤配好跨隔距。

8）把所有调距钻铤连结好，接在卡瓦卡住的钻铤上，下入井内，而后提起，从上至下，用吊钳把所有调距钻铤连结处用吊钳上紧。

9）丈量调距钻铤、下封隔器及阻力弹簧器，下入井内坐好卡瓦及安全卡瓦。

10）利用旁通管提升短节及猫头绳把旁通管及光杆密封短节吊起，下入调距钻铤内，逐次把所需旁通管接上并下入，其长度（不包括光杆节长）应接近调距钻铤长，直到光杆密封短节在下封隔器中碰底为止（注意：光杆密封短节使用前放在胶皮套内保护好，下井后它由装在下封隔器中的下芯轴接头的“ 0 ”型圈来密封）。

11）上提旁通管 305～457ｍｍ，并作记号，把最上根旁通管卸掉放倒，并测量从记号到公扣的长度，调配好这个长度的旁通管并把它加到已下入井内的旁通管上，这样光杆密封短节就在下封隔器底部以上 305～457ｍｍ 处了。这个间距是为了把外压力计托筒拧入调距钻铤时，便于接上工具接头。

12）用水管往旁通管和钻铤间的环空灌满水。

图 23—13　152ｍｍ 双封隔器测试管柱图

图 23—14　127ｍｍ 双封隔器测试管柱图

13）检查上封隔器，肯定内芯管在原位后，用提升短节和吊卡把上封隔器吊起。

14）把 B 型孔眼接头拧在上封隔器底部。

15）把外压力计托筒旁通管全长 2.14ｍ 联结在组合接头下部，再把组合接头与外压力计托筒联结在起，用猫头绳把两者吊起，联结在 B 型孔眼接头底部。

16）把外压力计托筒旁通管（长 2.14ｍ）与调距钻铤旁通管联结在一起，灌满清水。

17）下放吊卡，把外压力计托筒与调距钻铤联结在一起，用吊钳上紧。把整个组件下入

井内再提起，并把所有连结部分用吊钳上紧（注意：不要用吊钳在封隔器胶筒处紧扣)。

18）下入整个组件，把上封隔器坐在卡瓦和安全卡瓦上，向上封隔器及外压力计托筒内灌清水。

19）用吊卡吊起滤网短节，接到上封隔器上，用吊钳上紧，下入井内，并坐上卡瓦，往滤管膨胀通道灌满水（注意：卡瓦不要放在滤管缝槽部位，只能放在滤管外壳上)。

20）用吊卡吊起膨胀泵接到滤管短节上，用吊钳上紧。泵的下壳与充压泄压阀短节及充压泄压阀短节与缸筒短节的连联处要用吊钳上紧（注意：绝不能在泵的轴承外壳处紧扣，这个外壳与缸筒短节应在车间紧好扣)。把膨胀泵下入井内，在滑动短节外壳处坐上卡瓦。

21）用提升短节及吊卡把水力开关工具吊起，用猫头绳吊起取样器，并把它接到水力开关底部拧紧，再用猫头绳吊起内压力计托筒，把它接在取样器底部拧紧。

22）用猫头绳吊起震击器，拧到内压力计托部底部。

23）用猫头绳吊起安全接头，拧到震击器底部。

24）把接好组件连结在膨胀泵上，把组件下入井内再起出，用吊钳从上到下把所有未上紧的扣用吊钳上紧（注意：水力开关的下接头与钻井液端缸筒的连接及钻井液端缸筒与油缸的连接处要用吊钳上紧)。

25）上提工具至膨胀泵出转盘面为止。把泵的保护套卸开，检查释放离合器下节，肯定它在主轴上能自由移动，并要使释放离合器下节的凸缘与释放离合节上节的凸缘对正。在上、下释放离合器之间的主轴上涂润滑脂，然后把保护套重新装好。通过充压泄压阀短节中的孔眼检查阀滑套的位置，它应当在“上”位，如果不在“上”位，可用锄头和黄铜杆把它推到“上”位。

26）把压力计和温度计装入外压力计托筒，把工具下入井内，在水力开关处坐上卡瓦和安全卡瓦。

27）在工具上部接上反循环阀。

(2）膨胀式双封隔器测试工具的下井

1）下井过程中不能转动钻具，钻具转动会使封隔器胶筒充液膨胀。

2）工具下井要慢，以防膨胀式胶筒遇阻损坏，或在中途遇阻打开水力开关。

3）最上一根钻杆必须是直的，弯钻杆转动时，会使封隔器胶筒膨胀时发生抖动，从而损坏胶筒。

4）计算好钻具总长度，便于保证最后一根钻杆顶部高出转盘面不到 3m 的位置，以便坐好卡瓦旋转钻具。

5）把钻具全部下入井内，在钻柱顶部装好井口旋转控制头和活动管汇。

6）上、下活动测试管柱，以确定井壁对钻杆的阻力，注意观察膨胀泵滑动接头的活动距离，滑动接头伸入泵内有 152mm 自由冲程。

7）把活动管汇接到钻台管汇上，并接好油管线。

8）把测试工具下封隔器下到测试层位以下 2～2 5m。然后上提，使封隔器坐于选定的坐封位置，这样就使滑动接头拉开，在不下放钻具的情况下坐好卡瓦。现在可以旋转钻具使封隔器充液膨胀了。

(3）膨胀式双封隔器测试工具的坐封

1）在钻杆坐在卡瓦上的情况下，下放钻具，使吊卡离开钻杆台肩面，启动转盘，用非常慢的速度旋转钻柱 6～8 圈，摘开离合器并检查是否倒转或扭矩过大，井下泵必须自由旋

转。

2) 参看“井眼尺寸与膨胀液量关系”曲线，确定膨胀一个胶筒所需液量，因用 2 个封隔器则乘以 2。根据电测井径曲线确定坐封井段的平均井径。在钻杆转速为 60r/min 时，膨胀泵的排量为 3.81，则每转排量为 1/16L。

3) 为补偿井眼不规则和泵的效率的影响，膨胀液量需增加 50%。

4) 算出总液量 $V=1.5\times2V_1$ 后，根据泵的转速 n，算出泵的排量 $Q=n/16$。则泵的旋转时间根据公式 $t=V/Q$ (min) 可计算出来。

泵的转速一般为 60～70r/min，最大不得超过 90r/min，在深于 3200m 的井、斜井及较大直径的井中，应采用较慢速度旋转。

5) 在旋转计算时间的 2/3 后，停止旋转 5min，让胶筒贴合井眼，然后旋转完所计算的剩余时间。

6) 准备停止旋转时，应使旋转速度减慢，然后摘开离合器，让钻杆非常慢地停下。很快停下旋转钻具，有时会使泵释放离合器下节抖动而与上离合器排齐啮合，从而使泵处于平衡泄压位置。

7) 旋转完后，上提钻杆超过原悬重 88964N 的拉力，看封隔器是否牢固地固定，保持这个拉力约 5min，检查封隔器的膨胀液是否泄漏。

8) 如果封隔器没有牢固地固定，就要多旋转几圈，再试提拉力 88964N，如验证封隔器已牢固地固定，就可进行开井测试。

(4) 开关井测试

1) 开井测试:

①观察环空液面，应灌满至井口。

②下放钻具施加 66723～88964N 的压缩负荷以打开测试阀，并观察泵的自由行程。

③水力开关打开时间随井下深度和作用于水力开关的实际负荷而变。水力开关打开的显示为：指重表悬重增加，显示头冒气泡，井口钻具有自由下落的震击显示。

2) 关井测压:

①上提钻具超过自由点悬重 44482～66823N，关闭水力开关阀，并保持这个拉力不变(注意：流动期流入钻具的流体会增加钻柱的重量)。

②观察显示头，气泡是否减弱。

(5) 膨胀式双封隔器的解封

1) 观察环空是否充满。

2) 上、下活动测试管柱以确定“自由点”悬重，并提出膨胀泵滑动接头的自由行程。

3) 确定管柱的“自由点”悬重后，向工具施加 22241N 的压缩负荷，然后放上卡瓦。

4) 在保持压缩负荷的情况下，向右旋转钻具 1/4 圈，在地面所需旋转圈数随井深和井眼条件而变，为此先旋转 1.5 圈，在旋转同时保持扭矩，使扭矩传到井下膨胀泵。

5) 保持压缩负荷继续旋转钻具，每次转动钻具一圈后，即保持扭矩使扭矩传到井下泵，直至膨胀泵释放离合器上、下互相接合，并驱动阀滑套下行，使测试井段与上部环空平衡。有时在旋转过程中用手握钻杆可感觉到离合器接合。

6) 环形空间液面由于平衡而下降，应保持环空充满液面，要观察平衡何时停止或慢下来的。

7) 注意在解封操作过程中，不要打开水力开关阀。

8）为使封隔器收缩，提出卡瓦后，上提钻具超过自由点悬重 8896～22241N 的拉力。这样上提的结果使泵的芯轴上行，而让阀滑套留在下部位置，使封隔器收缩。

9）等一段时间让封隔器完全收缩。如果封隔器在井内不能自由活动，则小心地上、下活动管柱，以帮助松动在测试过程中可能形成的沉积物。

10）反复进行收缩动作，有利于封隔器的松动和解封。解封后即可上提钻具。

(6）起出膨胀式工具

起钻过程中不能转动钻柱，因转动钻具会使膨胀泵工作，引起封隔器胶筒充液膨胀。

1）在起钻时，保持环空充满钻井液。

2）起出第一柱钻杆时，要非常慢，同时观看指重表，确信工具在井内没有粘卡现象，并边提钻边往环空灌满钻井液。

3）当封隔器起至缩径井段、键槽以及进入套管鞋时，应缓慢上提。

4）把管柱内的油气循环出来。

a．上提至有油气的钻杆时，接上旋转控制头、活动管汇、钻台管汇，并与出油管线相接。

b．释放投杆器的撞击杆，砸开反循环阀。

c．关闭防喷器进行反循环，把钻杆内油气循环出来。

5）继续提出井内全部钻具。在拆卸工具前，应把外压力计托筒中的压力计和温度计取出，并放掉取样器中的样品，然后用吊卡吊取井下工具，用吊钳卸松以下一些扣，卸扣时要放上卡瓦。

6）卸松水力开关上部的转换接头。

7）为了维护保养水力开关，用吊钳把以下部分卸松。

a．卸松钻井液端上的液缸，吊钳扣在缸筒顶端卸松液缸，不要扣在油端活塞通过的缸筒部位。

b．卸松下接头钻井液端缸筒。

c．只有大修时才卸松油缸。

8）卸松取样器和水力开关联结扣。

9）卸松取样器上、下接头。

10）卸松取样器和内压力计托筒连接扣。

11）用卡瓦和安全卡瓦卡住工具，卸开内压力计托筒，取出压力计，再重新上在一起。

12）卸松震击器与内压力计托筒的连接扣。

13）卸松安全接头与震击器之间的连接扣。

14）卸松膨胀泵与安全接头之间的连接扣。

15）为了维修泵，用吊钳把以下部位卸松。

a．卸松单流阀短节上的缸筒短节，吊钳不能扣在轴承外壳上。

b．卸松充压—泄压阀上的单流阀单节。

c．卸松下壳和充压—泄压阀连接部分。

16）卸松滤管短节和泵之间的连接扣，卡瓦不要卡在滤管上。

17）卸松上封隔器和滤管短节之间的连接。

18）为了维修上封隔器，用吊钳卸松以下部位。

a．上接头和封隔器胶筒。

b．下接头和封隔器胶筒。

c．下接头和封隔器筒体。

19）卸松下封隔器和组合带孔接头之间的连接。

20）卸松组合带孔接头和外压力计托筒之间的连接。

21）卸开调距钻铤上部的外压力计托筒，提开外压力计托筒及其以上的测试工具。

22）卸开、起出在外压力计托筒以下第一个接箍处的旁通管，把旁通管提升短节拧入旁通管。

23）调距钻铤以上测试工具已悬吊在吊卡上。从下部开始卸下每个工具，并用猫头绳吊到一旁摆好。

24）用猫头绳提出调距钻铤内的旁通管和光杆密封短节，逐个卸开摆好。要保护好光杆短节的密封面。

25）上提、卸开调距钻具，起出全部钻具。

26）用吊卡吊起井下工具，用吊钳卸松以下一些扣。

a．卸松钻铤转换接头和下封隔器的连接。

b．为了维修下封隔器，用吊钳卸松上接头和封隔器胶筒的连接，卸松胶筒和下接头的连接。

c．卸松下封隔器与阻力弹簧器的连接。

27）提出井内全部钻具，从下部开始卸下每个工具，用猫头绳吊在一旁摆好。

3．膨胀式单封隔器测试工具的操作

(1) 单封隔器测试工具管柱的连结（见图 23—15)。

膨胀式单封隔器测试工具与双封隔器测试工具相比有以下区别:

1) 不用下封隔器。

2) 不用旁通管。

3) 旁通管堵头装在带孔组合接头下部。

4) 外压力计托筒与阻力弹簧器之间装有隔离接头（盲接头)。

5) 在阻力弹簧器下面加有调距钻铤，它支撑到井底，以防止下放钻柱打开水力开关时封隔器下滑，钻铤底部装上锚管鞋，以防钻铤堵塞。

(2) 单封隔器测试工具的组装程序

1) 在钻铤底部装上锚管鞋，把钻铤下入井中，坐上卡瓦。

2) 用吊卡和提升短节上提水力开关阀，用猫头绳把取样器接到水力开关底部。

3) 用猫头绳把内压力计托筒接到取样器底部。

4) 用猫头绳把震击器接到内压力计托筒底部。

5) 把安全接头接到震击器底部。

6) 用猫头绳把膨胀泵接到安全接头底部，通过充压—泄压阀短节中的孔，检查阀滑套的位置，它应当在“上”位，如不在“上”位，用黄铜棒和锤头把它推到“上”位。卸开保护套，检查释放离合器下节的凸缘应与释放离合器上节的凸缘对正，在上、下释放离器之间的主轴上涂润滑脂，然后把保护套重新装好。

图 23—15　单封隔器测试管柱

7）用猫头绳把滤管短节接在泵的底部。

8）检查上封隔器，肯定内芯管在位置上，用猫头绳把上封隔器接到滤管短节底部。

9）卸去外压力计托筒旁通管，并在组合带孔接头底部装上旁通管堵头，把组合带孔接头接在外压力计托筒顶部。

10）用猫头绳把组合带孔接头及外压力计托筒接在上封隔器底部。

11）把隔离接头（盲接头）接在外压力计托筒下部。

12）用猫头绳把阻力弹簧接在隔离接头底部。

13）把阻力弹簧及其以上全部工具接到井口的调距钻铤上。把全部组件下入井内，尔后重新提出，用吊钳把所有的连结部位上紧。

注意以下部位不能扣吊钳：封隔器胶筒，滤管缝槽部位，膨胀泵的轴承外套，水力开关的液缸。

14）在外压力计托筒上装好压力计及温度计。

15）把全部工具组件下入井内，接上反循环阀。

16）工具以上接上需要的钻铤、钻杆。

膨胀式单封隔器工具的下井、坐封、测试、解封、起出与双封隔器测试工具相同。

复 习 思 考 题

1．膨胀式测试工具有哪些特点？

2．膨胀式双封隔器测试管柱由哪些部件组成？

3．简述膨胀式测试工具的工作原理。

4．简述井下开关阀的结构和工作原理。

5．简述膨胀泵的结构和工作原理。

6．简述滤网短节的作用和结构。

7．简述上封隔器的结构和特点。

8．简述组合带孔接头的结构。

9．简述阻力弹簧的结构和作用。

10．简述双封隔器测试管柱的联结。

11．简述单封隔器测试管柱的联结。

12．简述双封隔器测试管柱的坐封操作。

第二十四单元　电子压力计试井

电子压力计试井技术分为地面直读试井技术和井下存储试井技术两种，二者所使用的主要仪器为电子压力计，它的测量精度可达到 0.025%，灵敏度可达到 0.00014 MPa，大大高于机械式井下压力计。利用地面直读试井技术可以进行遥控测试，将井下压力、温度参数从地面二次仪器（信号转换器和计算机等）直接读出；而井下存储试井技术则是将录取的压力、温度参数在井下存储起来，待仪器取到地面之后再进行回放。

一、电子压力计的结构、性能和工作原理

目前电子压力计有几十种，我国引进的有 GRC 公司的 EPG—520 型电容应变式压力计、HP2811B 型石英晶体压力计、PANEX1320 型石英晶体电容式压力计和 TPT 应变电阻压力

计等。最近几年又进口了 GRC 公司的 (EPG—720、EMS—700 新型压力计)、PANEX 公司的 1500 系列压力计、McAllister 公司的 EMP 压力计、Alpine 公司的 ASE32000 压力计等，现介绍原来引进的电子压力计 (见表 24—1)。

表 24—1　电子压力计性能表

仪器名称 规　　范		EPG—520 电容应变式压力计	PANEX1320 石英晶体电容式压力计	TPT 应变压力计	HP2811B 石英晶体压力计
外径，mm		38.1 (1 ″)	38.1	38.1	37
长度，mm		346	1080	1118	1000
重量，kg		0.9	6.1	5.4	3.2
传感器类型		电容	喷镀到石英片上的电容板	薄膜应变片	石英晶体
测压部分	压力量程，MPa	17.237	35		84.4
		34.475	70	103.5	
		68.949	105		
		103.424	140		
	精度，% FS	±0.08～0.1	0.025	0.035	±0.025
	分辨率	0.0001 MPa	0.0001 MPa	0.0001 MPa	
测温部分	量程，℃	177	163	150	150
	精度，℃	±1	±0.33	±0.6	
	分辨率，℃	0.006	0.01	0.12	
地面信息处理机		GSC—503	Model—300	PCS 处理机	HP2816A
生产公司		美国 GRC 公司	美国 PANEX 公司	法国 Flopetrol 公司	美国 Hewlett—Packard 公司

1．EPG—520 型电容应变式电子压力计

EPG—520 型电子压力计主要由感压膜片、玻璃绝缘体、金属片、电路板和不锈钢套等零件组成，其压力传感器传压原理见图 24—1。

传感器中的弹性元件是膜片 (感压膜片)，它与金属片之间有玻璃绝缘体绝缘，组成了 LC 振荡电路电容的两个极板。当膜片受压时，膜片中间向上凸，推动金属片上移，从而改变了金属片与膜片之间的距离，使电容量发生改变，从而使传感器的振荡频率发生变化。

温度计的传感元件是铂电阻，它直接焊在电路板上，利用其电阻值随地层温度的变化而变化的特性，把它接入 RC 振荡电路中，这样便形成了一个温度振荡器。温度振荡器的频率是与地层温度相对应的。

压力、温度两个频率信号经过开关电路和分频器传输到 GSC—503 信号转换器当中，再经过计算机处理，便可换算成实际的地层压力、温度值 (见图 24—2)。

2．PANEX 电子压力计

它是石英晶体电容式电子压力计。石英晶体具有压电效应特征，即在石英晶片上施加机

械压力时，则在晶片相应的方向上产生数量相等的正、负电荷。相反，若在晶片两极加一电场，晶片会产生机械变形。PANEX 电子压力计就是在石英晶片的两个对应面上喷镀一对金属极板，当石英晶片受到地层的压力时，极板上便产生电荷，电荷量与压力大小成正比，由于极板上的电荷发生变化，导致两极板间电容量发生变化，从而在电路中产生相应的频率信号，通过电缆输往地面信号转换器和计算机，便可显示记录。

3．TPT 应变电阻式电子压力计

TPT 电子压力计的传感器是薄膜应变片，其结构如图 24—3 所示。它的感应元件是金属膜片，在膜片上固定有四个应变片，膜片外部受压部分附有橡胶保护膜，四个应变片分别为电桥电路中的四个电阻。当被测压力作用在膜片上时，膜片产生变形而导致电桥电阻发生变化，电桥两端电压也随之变化。该电压经电压控制

图 24—1　压力传感器传压原理示意图

图 24—2　EPG520 框图

振荡器（VCO）放大，并将直流电压信号转换成交变振荡频率信号后，由电缆传输至地面。温度传感器工作原理为铂丝受温度变化影响而产生形变，从而导致铂丝电阻发生变化，使得铂丝电阻两端的电压也发生了变化。这样，电压控制振荡器的频率也就发生了变化。其连锁过程可表示为：温度变—→电阻变—→端部电压变—→VCO 振荡频率变。铂电阻两端的电压经 VCO（电压控制振荡器）放大、处理后，转换成交变振荡频率信号，传输至地面。

二、井下存储试井技术

井下存储试井的过程，是将已编程的井下仪器，包括压力传感器、温度传感器、CPU、电子存储记录仪和电池组安装在 MFE 测试工具的压力计托筒内，随同测试工具一起下至井内预定测试层段（或用录井钢丝下入井内），压力传感器和温度传感器将被测压力、温度转换成与压力、温度成一定对应关系的电频率信号，经电子存储记录仪处理成数字形式后，储存在记忆模块或磁带上。测试完毕，仪器起出井筒后，再通过地面回放设备，将存储于记忆模块或磁带上的数据回放出来，然后进行处理、打印和解释。

EMS—700 型井下存储式试井系统由四部分组成：压力/ 温度传感器、电子存储记录仪、电池组、地面回放设备，前三部分组成下井仪器。

1．压力/ 温度传感器

它的传感器为 EPG—720。

2．EMR—710 存储器

它主要由电源控制器、存储单元、CPU 和计时装置所组成，其存储容量为 21000 个数据点。它像一台微型计算机一样，可以把控制数据和试井数据存储在 RAM（随机存取存储器）中。回放数据时，存储在 RAM 中的控制数据和试井数据便可调出，存入计算机的磁盘中，以便显示、打印和绘图。

图 24—3　薄膜应变片变送器结构示意图

3．电源

它的电源是由 6 节氧化银电池或碱电池所组成的电池组，电源电压为 9～10.5V，也可以用 3 节锂电池所组成的电池组，电压为 10～11V。

4．地面编程和回放设备

地面编程和回放设备主要有 EMS—700 型编程/ 读入器、计算机及其外围设备。EMS—700 编程/ 读入器可对 EMR—710 存储器的记忆模块中原有的数据进行清除、编程及读入。EMS—700 适用于三种编程方式：ΔT、ΔP 和后备方式。

(1) ΔT 方式

ΔT 方式是根据时间来编程，其中有 20 个时间间隔，每个间隔范围为 0.001～65.536h。在每一个时间间隔内，压力计可记录的压力与温度数的比率、采样率均可自由选择，两个数据点之间的时间可设定为 0.001～65.536h。

(2) ΔP 方式

当压力计测得一个预定压力时，便进入了压力变化（ΔP）方式，最快采样率为 3.6s，最慢为 15.36min。

(3) 后备方式

利用后备方式，可以保证压力计的压力变化（ΔP）方式不至于过早地将数据存入存储器里。

后备方式含有一组预定数量的数据点，其数量由操作者自己确定（这些数据点以相等的时间间隔排列)。当测试到所编程序的末尾的时候，这些数据就在压力变化（ΔP）的方式下存入存储器中。

在利用 EMS—700 存储式电子压力计试井之前，必须先根据所测井的基本数据及有关资料设计出试井方案，再根据试井方案选取合适的编程方式编制一个控制程序表，然后将此控制程序表通过键盘输入计算机，并传送到 EMS—700 中。

另外，可供井下存储式试井的电子压力计还有 PANEX 压力计、高山（ASE）压力计、

McAllister压力计、Kuster压力计等等，这些压力计有石英晶体式的也有电容应变式的，虽然结构、性能各不相同，但是它们的工作原理却大致相同，都是将接受到的井下压力、温度信号转换为相应的频率信号（大都以二进制表示），存入存储器（RAM或EFPROM）中，待电子压力计取出井口后，再用标定数据和相应软件对存储器数据进行转换，处理成实际压力、温度数据，然后存入磁盘当中，供打印、绘图、解释、处理之用。

井下存储式试井所用的电子压力计还有一个共同的特点，那就是体积小、重量轻、操作方便。但由于受到电池组寿命的限制，试井时间不能很长；又由于电子压力计入井后，其工作程序不能任意改变，因而存储式试井灵活性较差。

三、地面直读试井技术

地面直读试井的过程是将电子压力计用单芯电缆下入井内预定深度，电子压力计将感应到的井下压力、温度参数转换成一定关系的电信号，经单芯电缆传输至地面计算机系统，由地面压力/温度测读计算机系统将信号放大，经信号转换器转换成数字形式，实时显示、打印、绘图和处理，同时可把数据记录在磁盘上，以便对试井资料作进一步分析和评价。电子压力计试井系统见图24—4。

图24—4　地面直读试井装置

地面直读试井也可以将电子压力计和对扣公接头一起安装在测试工具的测试阀上，随同测试工具一起下入井内预定深度，再从井口用电缆试井车下入单芯电缆以实现对接。单芯电缆端部连接有对扣母接头、磁性定位器、电传震击器、电传加重杆和电缆头等。当电缆的对扣母接头下放至电子压力计和公接头顶部时，依靠电缆的自重和电传加重杆的重量，并通过电传震击器产生的震击力上下活动，对扣母接头的二个打捞销就和对扣公接头的J形槽套筒咬合在一起，从而实现了电子压力计与单芯电缆和井口计算机压力/温度测读系统的对接。这时，即可操纵测试工具进行开关井测试，而电子压力计则将从测试阀处感应到的井下压力、温度参数转换成与其成一定对应关系的电频率信号，再经单芯电缆传输至地面计算机压力/温度测读系统。

1．地面直读试井的优点

1）在试井过程中，压力、温度数据可直接在地面仪表上显示出来，因此试井人员可根据试井资料适时终止试井或延长试井时间。

2）采样率（压力、温度）可根据需要由地面仪表进行控制调节。

3）可以随时掌握仪器在井下的工作状态，避免因仪器故障而造成的损失。

2．地面直读试井装置的组成

1）井下仪器部分：电子压力计、对扣公、母接头、电传震击器、电传加重杆等，其作用已如前述。

2）电缆、电缆试井车及各种地面辅助装置：用以操纵电缆起下。

3）井口防喷装置：在井口有高压油、气时用以密封井口，保证电缆顺利、安全起下。

4）地面压力/ 温度测读计算机系统：能将电缆传送来的井下压力、温度的电频率信号进行放大，并经信号转换器转换成计算机能接受的数字信号，实时显示、打印、绘图和处理，同时可把数据记录在磁盘或磁带上，以便对试井资料进一步分析和评价。

3．地面直读试井工具、仪器、设备的规格、性能及用途

(1）井下工具仪器部分

地面直读试井井下工具仪器包括电缆头、电传加重杆、电传震击器、磁性定位器、对扣母接头、对扣公接头和电子压力计等，其中对扣公接头和电子压力计连接在测试器顶部，随同测试工具一起，提前下入井中，其它工具与电缆头连接在一起用电缆送入井中，利用下部的对扣母接头（打捞头）与电子压力计顶部的公接头进行对接，从而为井下压力/ 温度信号传输到地面打开了一条通路。各部件的功能如下：

1）1F22RV 电缆。电缆滚筒缠有 6000m 双层铠装单芯电缆，其功能是将电子压力计等井下仪器送入井底，并将电子压力计录取的压力、温度参数的电频信号传输至地面计算机录取系统。

2）MH22 电缆头。MH22 电缆头上部固定于电缆端部，下部则与井下工具（如电传加重杆、电子压力计）相接。MH22 电缆头内部有导电单芯，用于传递电频信号。

3）EQF 电传加重杆。EQF 电传加重杆用于牵引电缆，为公、母对扣接头的对接提供重力，并使井下工具能顺利下入井中。EQF 电传加重杆一般装在 MH22 电缆头下部，内部有单芯电缆，可传递电频信号。在现场可供选用的型号有四种。根据工作需要，可连接单根或多根。

4）EJ 电传震击器。EJ 电传震击器下井时连接在电传加重杆的下部，依靠下井电缆与电传加重杆的重量，能使对扣公、母接头产生多次反复震击，完成对扣接头的对接与脱开。其内部有导电单芯，可传递电频信号。EJ 电传震击器总长 968mm，外径 35mm，自由冲程 161mm。

5）CCL 磁性定位器。CCL 磁性定位器由磁钢（永久磁铁)、线圈及二极管组成。当磁性定位器通过每个管柱接头时，它便在地面仪表盘上显示一个电脉冲。这样就可得到电缆起下速度和 CCL 磁性定位器的深度显示，从而可确定井下仪器的位置。

6）电传对扣母接头和公接头

对扣母接头是一个同电缆工具进行机械和电连接的打捞器总成。母接头内有导电单芯，用于传递电频信号。底部有两个销子，当母接头下放至井下预置的电子压力计和公接头顶部时，依靠下井电缆自重和电传加重杆的重量，并通过电传震击器所产生的震击力的作用上下活动，母接头的两个销子就和公接头 J 型槽套筒发生咬合。这时还须再给电缆施加 1780～2224N 的拉力，才能确保销子不脱开 J 槽。在直读试井过程中一直要保持这个拉力。试井结束时要脱开锁扣，就必须松开电缆上的拉力，下放下井工具，使母接头的锁销下行至 J 型槽底部，然后再缓慢上提，这样即可脱开锁扣，回收电缆。

7）电子压力计和公接头。TPT 电子压力计和对扣公接头装入 SPRO 外筒中，SPRO 外筒通过变扣接头与改型 PCT/ MFE 测试器相接，电子压力计通过传压管与改型 PCT/ MFE 中心管相接，井下压力即可通过传压管传至 TPT 电子压力计。电子压力计内有两个用于接收、传递压力和温度数值的电压控制振荡器（VCO)。在公、母接头对接之后，电子压力计即与

电缆的电路接通。地面供给压力计所需的电能，电子压力计就可工作，压力、温度传感器就会感应出与井下压力和温度相对应的电势，再通过电压控制振荡器把电势转换成频率，传输到地面信号接收机。对扣公接头顶部的J型槽滑套内部有导电单芯。公母对扣接头对接后，电路随即导通。

(2) 井口防喷装置部分

在进行地面直读试井时，井内常常会产出高压油、气，致使常规井口压力控制头不能密封住直读试井的单芯电缆，因此必须在井口压力控制头上部再连接上井口防喷装置。井口防喷装置由HGT—D注油头、防喷管、双闸板防喷器和气动柱塞泵（林肯泵）等组成。

1) HGT—D注油头。HGT—D注油头的两侧有密封脂的注入管和排出管，顶部有盘根盒和液压密封控制软管，内部有三根内壁与电缆间隙非常小（0.026mm）的流通管。注油头是密封井口的主要装置，其顶部装有给电缆导向的上座定滑轮，下部与防喷管和双闸板防喷器相连接。

在起下电缆的过程中，井内油、气会在井口压力的作用下顺着电缆与流通管之间的间隙向上喷射渗漏。在这种情况下，必须启动林肯泵（气动柱塞泵），从注油头下部注入管向注油头内泵入高粘度井口密封脂，以充填电缆与流通管之间的微小缝隙，来达到电缆起下过程中的动密封。通常，注入的压力 p_i 要高出井口压力 p_w 的10%，即 $p_i > 1.1p_w$。由于电缆与流通管内部间隙很小（电缆外径5.613mm，流通管内径5.639mm），而密封脂粘度又很高，这样在压差的作用下，密封脂就会对电缆进行液压密封，从而能够防止井口油、气的喷射渗漏。正常情况下，每小时需消耗12L密封脂。

在电缆下入井底后，还需用手压泵通过液压密封控制软管给注油头顶部盘根盒的液压缸加压，推动铜半封向下移动，压缩橡胶半封使之横向膨胀，以便使井口电缆达到静态密封。

2) 防喷管。防喷管工作压力为68.95MPa，其功用是暂时停放和安全拆装井下试井工具串。在下电缆时，由于有井口压力，井下试井工具串不能在敞喷的条件下冒然入井，因此，在井口闸门尚未打开之前，必须先在井口装上注油头和防喷管，将下井电缆穿过注油头，再连接上试井工具串，并使之预先放置在防喷管内，然后在林肯泵打压、使注油头处于动态密封的条件下，打开井口试井闸门，下放电缆。这样，才能使试井工具串安全入井，从而避免在放喷与带压的情况下，拆装电缆工具。防喷管顶部与注油头相连接，底部与防喷器相连接，连接处靠“O”型圈和活接头端面密封，内部形成密闭空间。

3) 双闸板防喷器（双翼防喷器）。当井口压力高、注油头密封失控时，可关闭双闸板防喷器来遏制井口油、气喷出。使用单闸板可封闭34.47MPa的压力，使用双闸板可封闭68.95MPa的压力。防喷器可采用液压控制或手动控制，液压驱动（手压泵驱动）的注入油压与相应防喷器滑块活塞所承受的油压之比为1:10。在试井施工过程中，防喷器装于井口压力控制头上部、防喷管下部。

4) 气动柱塞泵（林肯泵）。气动柱塞泵结构由泵主体、吸油管、注油管、空气滤清器、气压调节阀、机油润滑器等部分组成，其功用是向HGT—D注油头内泵入井口密封脂，其工作气压为0.7～0.8MPa，输出最高油压为55.16MPa。

(3) 电缆试井车及车装设备

1) 试井操纵室。试井操纵室内有绞车操纵盘、电源控制箱、CCL电缆控制箱、射孔盘、UPS不间断电源稳压器及电缆深度显示器等。

2) 双滚筒。大滚筒缠有直径5.6mm单芯双层铠装电缆6000m，用于地面直读试井。小

滚筒缠有直径 2.33mm 钢丝 7500m，用于井下存储式试井。

滚筒均采用液压驱动，由试井车引擎带动液压泵，输送动力给滚筒液压马达，从而驱动滚动运转。

3）柴油发电机。柴油发电机功用是给直读试井作业所用的信号转换器、计算机、照明灯、空调器、空气压缩机及下井电缆供电。如井场有电源时，则可将井场电源通过外接电源线接至试井车内，通过车内不间断电源稳压器（UPS），给试井仪器和设备供电。

4）LLA500 气压吊。它装在试井车后部右侧，其功用是起吊双闸板防喷器（双翼防喷器）。气压吊驱动气压为 0.7～0.9MPa，起重量为 4900N。它以 B67 型空气压缩机作为气源。

（4）地面压力/温度测读计算机系统

该系统由 PC 计算机、信号转换器、打印机、绘图仪等组成。它能将电缆传递来的井下压力、温度的电频率信号进行放大，并经信号转换器转换成计算机能接受的数字信号，并进行实时显示、打印、绘图和处理，同时也可把数据记录在计算机磁盘或磁带上，以便对试井资料进行进一步的解释和处理。

该系统的试井软件有资料录取软件和解释软件。利用录取软件可根据现场需要来调整数据的录取速度、录取范围及追忆记录数据。而利用解释软件则能在录取软件不间断工作的同时，对已录取到的资料进行解释处理，得出试井成果，并据此指导下步措施的制定与实施。

4．地面直读试井工艺

利用地面直读试井工具可进行系统试井、脉冲试井、干扰试井、探边试井等多项试井作业。试井时既可以由电缆直接把试井工具下入井中，又可以随钻下井（通过油管），然后下入电缆，使电缆与预先下入井中的试井工具实现对接，后者即为人们常说的 SPRO（Surface Pressure Read - Out）试井。地面直读试井的操作程序如下：

（1）试井前的准备。

1）列工具清单。根据设计要求，列出井下试井工具和仪器、井口防喷装置、地面电缆试井车及车装设备、专用工具的规格和数量清单。

2）井下仪器与工具的选用：

①加重杆的选用。加重杆的功用，在于使下井工具有足够的重力，以克服电缆下井过程中的各种阻力。选用加重杆时须综合考虑井口压力、井内流体的密度与粘度、流通管对电缆的摩擦阻力和井下工具起下时所产生的活塞效应的影响，并根据井架起吊高度与井内管柱结构来确定加重杆的型号、重量、长度和外径。另外，SPRO 试井还要考虑到井下对接时所需的重力。

②电缆头弱点选择。电缆头的功用是使电缆与井下仪器、工具连接在一起并能进行电子压力计试井，而当井下工具遇卡时，则能将电缆从电缆头弱点处拔断，而不致从井口处拔断。弱点选择要考虑以下两个因素。第一，电缆弱点断裂强度要大于管串工具总重量加工具的各种阻力（如活塞效应、流体对工具的粘滞力及工具与管壁的摩擦力）；第二，电缆强度要大于井下电缆自重加弱点断裂强度加电缆的各种阻力（流通管对电缆的摩擦力，井下液体粘滞阻力等）。

③井口防喷装置的选择。防喷管宜根据井架提升高度、下井工具长度来确定防喷管长度。油井通常用单闸板（翼）防喷器，气井大多选用双闸板（翼）防喷器，而含 H_2S 的气井则选用一个双闸板（翼）防喷器和一个单闸板（翼）防喷器。

④HGT—D 注油头流通管的选用要根据井口压力选用流通管根数，流通管根数越多，

其密封能力越好。一般按表 24—2 选用:

表 24—2

井口压力，MPa	流通管根数	井口压力，MPa	流通管根数
0～17.24	2 根	27.58～41.37	4 根
17.23～27.58	3 根	41.37～68.95	5 根

(2) 现场施工

1) 测试管柱内必须洁净，不得有细铁丝、石块等杂物，内壁不得附着粘稠油，以确保电缆顺利下井和对接。

2) 电子压力计下井前，必须与计算机连接，进行常温、常压下的正常录取检验。检验合格后，才允许下井。公、母对扣接头须进行外观检查，导向槽套要灵活好用，对接顺利。另外，还要做电路导电、绝缘性检查，一般内芯导电电阻值 < 0.002Ω，内芯与外壳绝缘电阻值 > 20 MΩ。

3) 如使用 MFE 地层测试器进行直读试井，则须采用 6m 长特种长吊环。MFE 测试器的开关井换位销必须放在 C 点位置，以保证坐封封隔器时测试阀不会开启。反循环阀必须选用泵出式反循环阀 (MFE/PCT 都是如此)。

4) 将电子压力计传感器注满硅油，与对扣公接头连接好，装入 SPRO 外筒，并同防砂管 (包括外筒) 连接好，与 MFE/PCT 测试器连接。

5) 按常规测试要求，依次下入测试管柱。当下至预定测试层段时，坐封封隔器，此时测试器应处于关井状态。然后在井口坐上卡瓦，摘下吊环，依次起吊和安装控制头、活动管汇、防喷器、防喷管 (PCT 测试可根据需要，MFE 测试则不用防喷管)、注油头和天、地滑轮。其具体操作过程如下:

①安装井口变扣短节、双闸板防喷器及其液压控制软管和压力均衡软管，并连接好手压泵。

②安装电缆指重传感器及地滑轮。地滑轮的安装要使电缆在正常起下时，两端电缆夹角为 90°。

③松开滚筒，放松电缆。放松电缆长度为车到井口距离加工具顶部大约至地面高度的二倍，以使电缆能够穿过地滑轮、天滑轮及注油头。然后安装电缆天滑轮于大钩上，并将电缆嵌入天、地滑轮槽内，再用大钩将事先连好液压密封控制软管及井口密封脂进、出口高压软管的注油头吊起。

④起吊注油头时要使其底部达到距地面为一根防喷管高度的位置，再将防喷管吊起并与注油头连接，如此依次将所需防喷管连接完，并将防喷管底部吊至防喷器顶部高度的位置。

⑤从防喷管内拉出电缆头，并在电缆头上依次连接好下井电缆工具 (电传加重杆、电传震击器、磁性定位器、对扣母接头等)，然后用滚筒缓慢回收电缆，使下井电缆工具收回防喷管内，最后再将防喷管与防喷器连接好。此时还应将手压泵、林肯泵连接于注油头的对应高压软管上，并将气源连接于林肯泵上。

⑥井口安装完毕，则须用人力拉拽电缆，同时滚筒要缓慢回收电缆 (回收速度应低于拉拽速度)。当电缆头被拉至注油头底部时 (此时电缆拽不动了)，井口人员应及时指挥滚筒操

作员立即刹车。

⑦下电缆前，深度计数器要复位回零，并记下电缆与工具初始悬重。

⑧启动供电设备，使计算机进入工作状态。此时电缆仪表显示 I=0mA， V=60V（电压表量程为 60V），测量电路处于开路状态。

⑨打开防喷器及控制头的所有纵向闸门，缓慢下放电缆。开始 305m 内，下放速度不得大于 4.5m/min，305m 后下放速度可逐步加快，但要保证电缆下放速度不大于井下工具自由下落速度。每下放电缆 305m，应停 1min，待电缆充分伸直，悬重回升平稳后，再继续下放，下放最大时速不得大于 3050m/h。一但发现悬重下降即表示工具遇阻，应立即刹车，以防电缆在井内松乱打扭。

⑩当电缆下至距对接位置 30m 时，应降低下放速度至 10m/min。若随着电缆下放，指重表悬重下降，即表明公、母对扣接头已接触，这时应继续下放电缆 5～10m。电缆仪表如显示 I=60mA、 V=30V，则表明测量电路已接通。再缓慢上提，当悬重逐渐增加，且大于对接前电缆悬重 448.2～667N 时，则应刹车，保持此拉力。此时对接成功。

1 开井测试。当使用 MFE 测试器上提、下放管柱进行开、关井操作时，应及时根据电缆悬重的变化，调整滚筒上电缆的提放，使得电缆始终保持初始对接时的受力状态（PCT 测试器开、关井测试不需要活动管柱，因此不必调整滚筒上电缆的提放）。

2 开、关井次数及时间与地面求产工作制度，可先根据计算机现场实时录取的资料和地面求产情况综合分析、解释，然后做出决定。

3 若开井后，地层流体（油、气）喷出地面，则可用手压泵经液压密封控制软管给 HGT—D 注油头泵压，使注油头顶部橡胶半封压紧封闭，并启动气动柱塞泵（林肯泵），经密封脂注入管向注油头内注入高粘度井口密封脂，以制止顶部渗油或窜气。在一般情况下，当井口压力低于 34.5MPa 时，气动柱塞泵（林肯泵）输出压力若高于井口压力的 10%，即可达到密封目的。当施工井口压力为 0 时，也应以低压泵入密封脂，用以润滑电缆，减小磨损。

4 当测试完毕、终关井结束时，需脱开对扣接头。这时下放电缆 10～15m，然后缓慢上提，并注意电缆深度与悬重的变化。若电缆提过原对接深度，指重表悬重还在逐渐增加，而且悬重大于对接前的电缆悬重，则说明公、母对扣接头未能脱开。这时应稍快下放电缆，利用电缆及电传加重杆的重量，经电传震击器震击，使公、母对扣接头的换位销与滑套换位，稍等后再缓慢上提电缆，起至对接深度以上。若指重表悬重增至对接前电缆悬重后不再增加，则表明公、母对扣接头已脱开。此时电缆仪表显示 I=0mA， V=60V，测量电路处于开路状态。若由于井底出砂严重或其它方面的原因，经过反复多次起、下震击，仍脱不开扣，则只有增大上提拉力，将电缆从弱点处拉断，先起出电缆。此时，电缆头、加重杆、震击器等电缆工具均留在井下，而待起管柱时才能带出地面。

5 脱开对扣接头后，即可上提电缆，将电缆起出井口。切记上提电缆悬重不得超过 17.10kN。上提过程中电缆最大时速不得超过 3050m/h，并要随时观察悬重变化，作好应急刹车准备。当电缆起至距井口 100m 处时，应放慢上提速度，把速度控制在 600m/h 左右。而当电缆起至距井口 30m 处时，操作人员则应在井口用人力拉拽电缆，同时操纵滚筒缓慢回收电缆（滚筒回收速度要慢于手拉速度）。当井口人员手拉感觉电缆工具已顶于注油头底部时，应及时向滚筒操作员发出信号以刹住滚筒，以防拉断电缆，造成工具落井事故。

6 关闭井口控制头闸门，卸开防喷管与防喷器之间的连接扣，用大钩上提井口防喷装

置。防喷管底部上提高度应为井下工具仪器管串长度。操纵滚筒将电缆工具起出井口，并依次拆卸完，装入工具箱内。

⑦依次卸下注油头、防喷器及各种液压控制软管与气压软管。所有井口装置均要装车。

⑧地面直读试井的上提管柱解封、反循环压井、起管柱、取样、拆卸 MFE/ PCT 测试工具的操作与常规测试相同。注意封隔器解封后，反循环压井必须用泵压法憋开反循环阀而不能冒失投捧，以免砸坏井底电子压力计。SPRO 外筒起至井口时，一定要慢提轻放，严禁猛烈碰撞，以防震坏电子压力计。

⑨安全注意事项：因为地面直读试井是在井口高压下工作的，所以现场工作人员必须具有防喷、防火、防爆的安全生产知识。

安装井口与开井测试应安排在白天进行，并做好防喷、防火、防爆的准备工作。

施工前要召开安全会议，明确岗位分工，重申操作步骤，分析可能出现的安全事故，制定并强调应急措施。

复 习 思 考 题

1．电子压力计与机械压力计相比有哪些优点？

2．EPG—520 电容应变式电子压力计的工作原理是什么？

3．PANEX 石英晶体电容式压力计的工作原理是什么？

4．TPT 应变电阻压力计的工作原理是什么？

5．井下存储式试井系统由哪几部分组成？

6．井下存储式试井的工作原理是怎样的？

7．地面直读试井技术的工作原理是什么？

8．地面直读试井有哪些优点？

9．地面直读试井系统由哪几部分组成？

10．地面直读试井的井下电缆工具由哪几部分组成？它们的功用各是什么？

11．地面直读试井的井口防喷装置由哪几部分组成？它们的功用各是什么？

12．简述注油头的功用和工作原理。

13．简述 PCT/ MFE 与 SPRO 直读试井的原理。

14．选择电缆头弱点要考虑哪两个要素？

15．如使用 MFE 测试工具进行 SPRO 直读测试，现场施工应注意些什么？

16．SPRO 测试现场施工时，下放电缆操作应注意哪些事项？对接时应注意哪些？

17．SPRO 测试终关井结束后，应如何脱开对接接头？

18．SPRO 测试完，上提电缆操作应注意哪些事项？SPRO 外筒起至井口时应注意些什么？

第二十五单元　油藏评价基本知识

一、压力恢复曲线解释方法

地层测试取得的一项最为重要的资料就是反映井底压力随时间变化的压力卡片曲线，通常为二开二关测试曲线，开井阶段为流动压力曲线，关井阶段为压力恢复曲线，都属于不稳定的压力变化过程。因此，一般的矿场不稳定试井理论和方法都可应用于地层测试资料。钻

杆测试资料的解释，主要是对关井压力恢复曲线应用各种分析方法进行定量分析评价，求得各项地层参数。常用压力恢复曲线分析方法有常规分析法和现代试井解释方法两种。

1．霍纳（HORNER）分析法

压力恢复曲线的常规分析方法有霍纳法，米勒—代斯—哈钦森法（MDH），马修斯—布朗斯—黑兹布罗克法（MBH）三种。下面主要介绍应用非常广泛的霍纳法。

地层内含有可压缩的流体如原油和天然气时，则在开井过程中，由于流体的产出，地层中的压力将连续地从井底压力变化到排液半径处的压力，关井后井底压力将逐渐上升到整个地层的均衡压力。其井底压力恢复与时间关系将由下式即霍纳方程表示

$$p_{ws} = p_i - 2.121 \times 10^{-3} \frac{q\mu B}{kh} \log \frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}$$

式中 p_{ws}——关井 Δt 小时的井底恢复压力，MPa;

p_i——原始地层压力，MPa;

t_p——开井生产时间，h;

Δt——关井时间，h;

q——地面日产量，m^3/d;

μ——地层流体粘度，mPa·s;

B——地层流体体积系数，无因次;

k——地层有效渗透率，μm^2;

h——地层射开厚度，m。

由方程可以看出，在半对数坐标系中，p_{ws}与 $\log \frac{(t_p + \Delta t)}{\Delta t}$的关系曲线是一条直线，该直线即为径向流直线，直线斜率的绝对值为（单位为 MPa/cycle）:

$$m = 2.121 \times 10^{-3} qB\mu / (kh)$$

而当关井时间 Δt 趋于无限大时，即 $\Delta t \gg t_p$ 时，$\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} \to 1$，$\log \frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} \to 0$，则有 $p_{ws} = p_i$。

因此，可以用图解法求得霍纳直线斜率 m，并根据此值求出地层渗透率，用外推法可求得原始地层压力 p_i。

2．现代试井解释方法

现代试井解释方法亦叫理论图版拟合分析法，它的解释依赖于试井解释图版。试井解释图版通常是根据常用的各类试井解释模型的解，求出各类油藏和油井的压力变化，把它们分别画成曲线，得到各类油藏和油井的压力变化图，这些图就叫样板曲线或试井解释图版，通常都是制成双对数图版。迄今已经建立和广泛应用的解释图版有均匀介质油藏模型图版、双重孔隙介质油藏模型图版、双重渗透率和垂直裂缝油藏模型图版。

二、压力卡片的处理及油层参数计算

1．压力卡片分割阅读

目前 DST 测试一般用机械式压力计，压力动态信息由井下记录装置记录在一张金属卡

片上。常用的200—J型压力计，压力信息记录在一张152.4×177.8mm大小的金属卡片上，为了进行压力动态分析（即对压力恢复曲线进行霍纳或者现代试井分析），需将压力卡片上记录的曲线转换成数据（时间—压力数据），目前有两种方式进行转换。

(1) 人工读卡仪进行压力卡片阅读

原始压力卡片是以不同距离形式将压力随时间变化动态记录下来，x轴代表时间，y轴代表压力。读卡就是在x轴上划分所要求的任意时间间隔的直线段距离，并将y轴上与时间间隔直线距离相对应的压力值阅读出来，经计算就可得到一系列随时间变化的压力动态数据。

在读卡仪上首先将卡片分段，分为初流动段、初关井段、终流动段、终关井段。如初流动6min、初关井22min、终流动172min、终关井1693min，其阅读各阶段距离如表25—1，时钟实际走速=总距离/记录总时间，各阶段实际时间=各阶段距离/时钟走速。

表25—1

阶　段	地面记录时间 min	距　离 mm	实际时间 min
初流动	6	1.372	5
初关井	220	60.350	220
终流动	172	47.193	171
终关井	1693	464.414	1695
合　计	2091	573.329	2091

因此，四个阶段合计2091min，对应时间内卡片上所走的直线距离，即从B_1工具打开到D_2终关井结束或解释的水平距离为573.329in，时钟走速为0.274189mm/min。

这时对卡片上的任意段，均可以分成任意时间增量或任意时间间隔，并能读出相应的压力距（按特殊点压力值计算方法换算成压力值）。但一般对关井压力恢复曲线分割较细。为了满足分析要求，早期间隔较小，在压力变化较大的区域分割要细，随着后期压力变缓慢，分割间隔逐渐加大，这是读卡原则。

(2) 半自动读卡仪进行压力卡片阅读

使用人工读卡仪，读卡速度比较慢，容易出错。而半自动读卡仪较为方便，用微机来控制和计算，节省了时间，提高了读卡精度，减少了繁杂的人工计算工作。其原理与人工读卡仪相同。

2．油层参数计算

通过对读卡数据采用霍纳及现代试井分析，并结合油、气、水性质参数，岩石孔隙度、压缩系数等进行计算，即可得到油田勘探与开发所需的动态参数，并对地层做出评价。

复习思考题

1．常用压力恢复曲线分析方法有哪二种？写出霍纳方程。

2．写出利用压力恢复曲线分析提供的地层参数名称。

第二十六单元　增产措施

油井要获高产，产油层必须具备三个条件，一是储层的含油饱和度要高，这是物质基

础；二是储层压力要高，压力高，原油就能从地层中流入井筒并举升到一定高度，或流到地面的能量充足；三是储层要有高的渗透率，原油在高渗透率储层中流动的阻力就小。储层的含油饱和度是自然形成的，人力无法改变，地层能量不足可以向油层注水、注气去补充，而储层的渗透率的现状是可以进行改造的，为提高储层渗透率所做的工作，我们统称之为油井的增产措施。

对油层所实施的改造方法很多，目前常用的有压裂和酸化两大类。改造措施在试油期间进行，目的是评价储层的产出能力，即工业价值评价。油井投产及投产后的改造措施是增加油井的产油量或注水井的注入量，目的是提高油田开发的经济效益。

这里要强调的是，储层渗透率本来是客观存在，根据储层结构的不同，各具有一定的渗透率数值，然而在井筒近井地带，因钻井液或试油作业的压井液的浸入污染，形成严重堵塞带，使渗透率下降。针对自然低渗透层和因污染堵塞而形成的储层低渗带，目前采用的提高储层渗透率的具体方法有水力加砂压裂、高能气体压裂和酸化措施等等。

一、水力压裂

压裂液有油基、水基和泡沫等，受成本的限制，目前国内均以水基冻胶作压裂液，以石英砂、陶粒等作支撑剂，以水力加砂压裂为主。

1．水力压裂增产机理

油井水力加砂压裂是指对于埋深在地下几百米或几千米的油层，利用流体传递压力的作用，使油层在近井地带形成裂缝的技术。裂缝的延伸长度、缝的高度，基本上受施工工艺技术和施工规模（施工总液量、加砂量）的控制，如储层本身渗透率低，就要实施深度压裂改造，就是常说的大型压裂措施；如果是解除严重的污染堵塞，就进行一般的加砂压裂。

压裂增产的机理是：在地面上用高压大排量的泵，把具有一定粘度的液体以大于油层的吸水能力的注入量向油层强行注入，当注入压力大于油层岩石的破裂压力时，油层就会形成一条或几条裂缝，随着液体的不断注入，裂缝就会不断延伸扩展，为了裂缝在停止注入后不闭合，要在造缝后的注入液中加入一定量的支撑剂，如经过选择或加工的颗粒均匀的石英砂、陶粒等，以支撑已形成的裂缝。原油在油层中以径向流动方式，由一个较大的面向一个点（井眼）集中，即原油的流动面积越来越小，所以流动阻力就越来越大。因为压裂在井筒周围有较大的裂缝产生，这些裂缝为原油流向井筒的通道，这就从根本上改变了原油在油层中的流动状态，扩大了原油流向井筒的面积，减少了流动阻力，压裂在井筒近井地带产生裂缝，增加了原油的导流面积，提高油井的产量。这就是油层压裂能增产原油的基本道理。

2．压裂施工工艺流程

压裂施工是项复杂的工艺过程，动用的设备多，工序复杂，技术要求高。施工时，混砂车从储液罐中吸入压裂液，送至压裂车，经高压柱塞泵升压后，大排量高泵压从井口沿油管注入目的层，当油层产生裂缝后混砂车同时从砂罐车中提取支撑剂（石英砂或陶粒），按一定的比例与压裂液混合送至压裂车，同样经注塞泵升压后以一定的排量，按原通道进入已压开的地层裂缝，直至填砂完成。此后关井扩散压力，油井进入压裂后管理。

3．名词解释

(1) 压裂液：以水为主的叫水基压裂液，以油为主（油包水型）的叫油基压裂液。在压裂施工中，靠压裂液传递高压到油层，使油层产生裂缝，同时把支撑剂送到裂缝中去，保证裂缝不再闭合。要起到以上作用，压裂液必须具有滤失性低、悬浮性能好的特性，同时要求含机械杂质少、摩阻小、性能稳定。

(2) 支撑剂：裂缝形成后支撑起裂缝而不再重新闭合的固体颗粒叫支撑剂，一般有石英砂、核桃壳、玻璃球、金属球、塑料球、陶粒等，目前国内常用的为石英砂和陶粒，其特点是颗粒分选好、硬度大。

二、高能气体压裂

高能气体压裂技术是 80 年代发展起来的一项压裂改造储层导流能力的新技术，它利用特定的发射药和火箭推进剂在井筒射孔部位快速燃烧产生的高温、高压燃气，压开目的层，在近井区域内产生多条辐射状裂缝，有效地改善目的层的渗透性，增加导流能力，提高油气井产量或注水井的注入量。

1．高能气体压裂机理

高能气体压裂是通过科学合理的装药结构设计和独特的点火系统，控制发射药及火箭推进剂装药的燃烧过程，从而调整和控制压裂过程的压力上升时间、峰值压力和压力作用持续时间。当压裂弹下到井内预定位置被点燃后，产生的高温高压燃气（主要有 CO、CO_2、N_2、HCl）使井下液体压力急剧升高，附近的液体中就产生了扰动波，在受扰动部分的液体中，压力上升速度和其它流体参数都发生突变，压缩突变沿井筒流体移动，在推进剂燃烧的持续作用下液体移开燃烧位置，出现一部分燃气占据空开段，另一部分气体和液体沿射孔炮眼进入地层，因此在射孔段近井筒地带的地层同时受到机械作用、物理化学作用和热力作用的影响，使储层性质发生变化。推进剂燃气对地层的机械作用在井筒近井区域产生裂缝。

2．裂缝形成机理

高温高压燃气，对井壁形成脉冲加载，射孔段井眼周围的岩石被压缩，当井内压力超过对应加载速率下岩石的破裂压力时，目的层近井区域就会产生多条径向裂缝。由图 26—1 可见，当压力自 A 点升至 B 点时出现了压力台阶，这预示目的层开始起裂，容积稍有增大，气体向起裂空间泄漏，但是火箭推进剂在较高的温度和压力环境下具有更高的燃速，所以压力 B 稍有下降之后，又迅速上升到 C 点达到峰值压力，此过程是多条径向缝的形成并向地层中快速延伸阶段，这些裂缝极易同天然裂缝互相沟通，发展成裂缝网络。

3．裂缝的支撑

水力压裂所形成的裂缝是靠加入压裂液中的支撑剂（石英或陶粒）支撑，才使裂缝不完全闭合，而高能气体压裂无支撑剂，又怎样保持裂缝有一定的张开度呢？这是因为高能气体压裂，其压力的上升时间在毫秒级范围内，比爆炸压裂慢很多，可又比水力压裂的压力上升时间短得多，高能气体压裂这一动态过程中，在一定的加载速率冲击载荷作用下所形成的若干条无规律性的径向缝，不受地应力的限制，裂缝面不再垂直于最小主应力的方向，由于地应力产生的剪切应力作用于这些裂缝面上，而产生偏轴效应，从而使裂缝错位而不能原位闭合，形成有较高导流能力的裂缝。

4．高能气体压裂的其它特点

1) 火药燃气对地层近井区域的物理化学作用，降低原油粘度和原油同水界面的表面张力，部分溶解孔缝壁的碳酸盐成分。

2) 火药燃气和被加热的液体对地层的热力学作用，溶解石蜡、胶质沥青和其它在炮眼附近的沉淀物，同时把热能传递给地层流体和岩石。

3) 当井筒内压力下降时，进入地层的燃气、流体及地层中被解放的能量，会快速地排入井筒，因此将较彻底清洗缝壁和射孔通道。

4) 高能气体压裂设备简单，施工方便，火药燃气为工作介质，不会重新污染地层，即

无水敏、酸敏和其它沉淀物。

三、酸化

酸化同样是油井增产的主要措施之一，酸化是通过酸液对地层进行化学溶蚀作用，恢复、扩大油层近井地带油流的通道，提高储层的有效渗透率，酸化主要方式有两种，即孔隙酸化和酸化压裂即酸压。

1．孔隙酸化机理

孔隙酸化一般是对砂岩地层的改造。酸液品种很多，但基本都是土酸类型，常用的有土酸、互溶土酸、胶束酸、浓缩酸、消沉酸（FD—S）—复合酸（HBSy）等。酸液被挤入地层的孔隙和天然裂缝中，溶解其中的堵塞物和岩石的胶结物，恢复和增大了孔隙空间及孔间喉道，从而提高地层近井地带的渗透率。孔隙酸化往往先注入一定量的盐酸之后再注入土酸，防止二次沉淀物的产生，如氟化物（CaF_2、K_2SiF_6、$NaSiF_6$）和氢氧化物（$Fe(OH)_3$、$Si(OH)_4$）的沉淀。

图 26—1　实测 p—t 曲线

2．酸压机理

酸压往往在低渗透性（裂缝欠发育）碳酸盐岩储油气层的改造中应用，酸液为盐酸，其目的是产生新裂缝。现场施工中通常采用冻胶作前置液压开地层，形成一定长度的裂缝，再注入浓度 20％～28％盐酸液。因酸液与冻胶的粘度相差较大，在两种液体的混合带，酸液呈指状突进，且与缝壁碳酸盐岩发生强烈的化学溶蚀反应，本来较平整的裂缝面变成凹凸不均的带指状沟槽的缝面，施工完成后，裂缝难以完全闭合，而指状沟槽的存在进一步勾通了碳酸盐岩的孔、洞、缝，根本改变了原油流向井筒的导流面积，降低了原油的流动阻力，所以碳酸盐岩的大型酸压措施，往往使油井获得高产。

四、地层测试与增产措施

油井增产措施的成败，关键是由选井选层的准确性来确定，而选井选层原则是多方面的，这里只讲与地层测试直接相关的内容。

完整的地层测试卡片，可以提供地层静压力值。对于探井，静压力代表地层的原始地层压力；对生产井（采油井、注水井、观察井），静压力代表目前地层压力，这个压力值的重要性，在于它准确地表示出地层能量是否充足（因为根据地层压力可以计算地层的压力系数的大小）；流动曲线可以准确地计算地层在某生产压差下的平均日产油量，对于探井它可以评价产层的工业价值，对于生产井它可以计算油井在某一深度位置下泵的生产能力；压力恢复曲线型态，是地层渗透性及被污染程度的综合反应，比如我们常说的“厂”字型曲线，表示地层被污染十分严重，而反“S”型曲线，则说明地层较深处被污染堵塞；压力曲线呈缓慢上升（卡片图呈三角形），说明地层本身渗透率低。总之，压力恢复曲线的种种形态都有它实际的地质含义，更为重要的是压力恢复曲线可以计算表皮系数（s）、堵塞比和因堵塞而引起的压力降，这些数值的大小，直接告诉人们油井近井筒地带地层受污染的程度，它可以帮助决策者确定对低产层的具体改造措施，而不同措施的经济投入差价是很大的，所以具有十分重要的经济意义。

研究和经验表明，判定地层被污染堵塞的 s 值，对双重介质（孔、洞和裂缝）碳酸盐岩地层和砂岩地层（孔）的数量级界限是不同的，一般认为碳酸盐岩地层：s＝－3 地层无污

染、s＞－3 地层被污染 s＝－3～－7 地层改造措施见效（超完善)；砂岩地层 s＝1 地层无污染，s＞1 地层被污染，s＜1 地层改造措施后见效（超完善)。

实际上 s 值的大小不仅仅只表明地层被污染和损坏的情况，而且往往与射孔打开程度及压裂形成的裂缝有关，即受所谓“拟表皮”的影响，在不考虑“拟表皮”影响的条件下，s 值有如下分类:

表 26—1　表皮系数 s 值分类表

分类级别	严重堵塞	堵　塞	较完善	完　善	酸　化	压　裂
s 值数量值	＞20	5～20	1～5	－1～1	－3～－1	＜－3
C_De^{2s}大约值	$>10^{15}$	10^{15}～10^3	10^3～10	10～5	5～0.5	＜0.5

在实际应用上，堵塞及严重堵塞的碳酸盐岩地层，酸化是根本的增产措施，而如果碳酸盐岩裂缝欠发育，往往采用酸压措施，达到深度酸化获高产的目的。对于砂岩地层，如果 s 值达到严重堵塞或接近严重堵塞及曲线反应为深部污染或曲线呈缓慢上升的低渗透地层，就应当选择水力加砂压裂；s 值为 1～5 数量级采用高能气体压裂（目的层深度最好小于 2500m)，不但效果好而且成本低，如果砂岩胶结物的碳酸盐含量较高，可以选择土酸酸化措施。但一定要慎重（地层为非水敏和非酸敏)，注意地层本身的孔、渗条件，否则酸化难以见效。这里要特别提出的是对于生产井和注水井，因堵塞而造成的低产和低注入量，高能气体压裂措施往往会收到事半功倍的效果。

同样措施井的效果评价也离不开地层测试资料。

复习思考题

1．何为油井增产措施？
2．水力加砂压裂为什么能使油井增产？
3．高能气体压裂选井（层）原则是什么？
4．酸化—压裂为什么能使油井增产？
5．怎样从测试卡片上分析储层被污染情况？
6．地层测试与增产措施选井（层）有什么关系？
7．名词解释：压裂液、支撑剂。

应　会　技　能

项目五十一　存储式电子压力计下井前的准备(以 EMS—700 存储系统为例)

一、准备工作

1．将计算机及外设按要求连接好。

2．准备适合被测井温度的高温电池。

二、操作步骤:

1．打开计算机，进入 EMR—710 操作程序目录。

2．键入 AUTOEXEC 回车，待出现 EMR—710 程序主菜单。

3．选择 F5 出现子菜单后，再选 F5。

4．选择 F5 输入有关信息：如公司名称、井名、测试编号等，然后按 F9。

5．选用 F5，输入控制程序（地质设计和工程设计，提出被测井的工作程序）之后按 F9。

6．输入总测试时间，使其与屏幕显示的总时间相等，按回车，再按 F9。

7．选择子菜单 F8。

8．利用专用电缆将 EMR—710 记录仪与计算机接好并接通电源，按 F9。

9．待出现子菜单后，则数据传输完毕。

10．拆下专用接口电缆，接好电池筒，仪器开始工作。

11．将 EMS—700 存储系统装入托筒并与测试工具接好后即可下井。

三、技术要求

1．开机前检查电源，是否与计算机工作电压匹配。

2．连接电缆时注意不要短路。

3．接电源前，事先测量其开路电压，应在 9.5V 以上。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
2	操作步骤第 2 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
3	操作步骤第 3 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
4	操作步骤第 4 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
5	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
6	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 10 分	10

续表

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
7	操作步骤第 7 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
8	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
9	操作步骤第 9 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
10	操作步骤第 10 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
11	操作步骤第 11 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
定　额	60 min	100

项目五十二　存储式电子压力计记录数据的回放 (以 EMS—700 为例)

一、准备工作

1．选好工具用具器材：305ｍｍ 管钳一把、专用扳手一把、万用电表一块、数据盘 1～2 块、棉纱 500g。

2．将计算机专用接口按要求连接好。

二、操作步骤：

1．卸掉电池筒，用专用接口电缆将 EMR—710 与计算机连接好。

2．进入 EMR—710 操作主菜单，选择 F6，再按 F9。

3．输入压力计号，并将相应的标定盘插入驱动器 A，回车，再按 F5。

4．键入对应的记录信号，回车。

5．将相应的晶体系数盘插入驱动器 A，再按 F9。

6．回车，按 F9，再按 F9。

7．将 0# 盘插入驱动器 A，按 F9。

8．将 EMR—710 与计算机连接好，按 F9，待出现主菜单后选 F7，再按 F9。

9．将 0# 盘插入驱动器 A，然后连续按 5 次 F9。

10．将 1# 盘插入驱动器 A，按 F9。

11．待出现主菜单后，选 F8 即可将测试数据显示出来，同时可打印、绘图等。

12．数据存盘。

三、技术要求

数据未回放、存盘之前，切记不可进行再次编程，以防数据丢失。

四、考核标准

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
1	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 15 分	15
2	操作步骤第 2 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
3	操作步骤第 3 步发生错误或不能完成扣 8 分	8
4	操作步骤第 4 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
5	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 10 分	10

续表

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
6	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 8 分	8
7	操作步骤第 7 步发生错误或不能完成扣 8 分	8
8	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
9	操作步骤第 9 步发生错误或不能完成扣 8 分	8
10	操作步骤第 10 步发生错误或不能完成扣 8 分	8
11	操作步骤第 11 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
12	操作步骤第 12 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
定　额	120 min	100

项目五十三　组装 S—15 型遥控安全阀

一、准备工作

1．选好工具用具：1219ｍｍ 管钳两把、 40ｍｍ×0.7ｍ 铜棒一根。

2．准备下列器材：70.33975 号“ 0 ”型圈 1 只、70.33981“ 0 ”型圈 2 只、70.33984“ 0 ”型圈 3 只、70.33946 号“ 0 ”型圈 1 只、70.33938 号“ 0 ”型圈 1 只、70.33985 号“ 0 ”型圈 2 只、70.33972 号“ 0 ”型圈 2 只、640.60161 号密封圈 2 只、38.0947 号梯形密封圈 2 只、黄油 1000g。

二、操作步骤

1．按照装配图将各部位的“ 0 ”型和梯形橡胶密封圈装入相应的密封圈槽内。

2．将下密封环、隔环和螺母依次从四通的下端送入其内通孔内，然后，将螺母外表面上的公扣拧入内通孔的母孔并拧紧。

3．将上密封环、护圈弹簧、密封护圈依次从四通的上端送入其内通孔内，上密封环放在侧孔上边的台阶上，护圈弹簧和密封护圈放到螺母内的台阶上。

4．将阀外筒的公扣拧入四通上端的母扣内并拧紧。

5．用铜棒将活塞放入阀外筒内，使活塞的台阶面贴上外筒内的台阶面。

6．将气阀弹簧套在活塞上端并插入活塞与阀外筒之间的环形空间内。

7．将上接头的公扣拧入阀外筒上端的母扣内并拧紧。

8．将内通孔堵头拧入上接头内的母扣并拧紧。

9．将油塞拧入阀外筒上部的油塞孔内并拧紧。

10．将侧孔堵头和流动短节分别拧入四通的两个侧孔内并拧紧。

三、技术要求

1．橡胶密封圈的形号、规格、数量要符合装配图的要求。

2．组装丝扣连接时，丝扣上要抹上适量的黄油，拧紧到公扣根部与母扣端部的台阶贴紧为止。

3．安装梯形密封圈时，其方向是大头朝里，小头朝外。

4．活塞外表面和阀外筒内表面为密封面，不能损伤。

四、考核标准

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、器材选错一件扣 1 分	15
3	漏装或错装一只“ 0”型圈或密封圈扣 1 分	15
4	操作步骤第 2 步，发生错误或不能完成扣 3～10 分	10
5	操作步骤第 3 步，发生错误或不能完成扣 3～10 分	10
6	操作步骤第 4～6 步，发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
7	操作步骤第 7～9 步，发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
8	操作步骤第 10 步，发生错误或不能完成扣 5 分	5
9	违反技术要求第 4 条扣 5 分	5
10	操作完不收回工具、用具扣 5 分	5
定　额	90 min	100

项目五十四　在半潜式钻井平台上坐封 244.5mmRTTS 封隔器

一、准备工作

1．选好工具用具：圆珠笔 1 支、记录本 1 个、计算器 1 台。

2．准备粉笔若干或细棕绳 1m，作记号用。

二、操作步骤

1．将 RTTS 封隔器下到超过预定坐封深度 2～3m 的位置。

2．在井口慢慢上提管柱，将封隔器上提到预定的坐封位置，转盘面以上管柱的长度 L 应为：$L = L_1 + nS + \Delta L$，然后，右旋管柱 3～5 圈。

3．在保持右旋扭矩的前提下，慢慢下放管柱，同时注意观察指重表的悬重变化。如果悬重显著下降，说明封隔器的机械卡瓦已坐在套管上。

4．继续下放管柱，先将伸缩接头以下的钻铤（小管柱）重量（坐封力）全部压到封隔器上。然后，再将预定应压缩的伸缩接头的伸缩行程全部压缩进去，最终将水下测试树坐在海底抗磨补心上，将伸缩接头与水下测试树之间的钻杆（大管柱）的重量悬挂在水下测试树上。

5．水下测试树坐到抗磨补心上以后，要及时将升沉补偿机构的提升负荷能力调节到最低值。

三、技术要求

1．将封隔器上提到预定的坐封位置时，转盘面以上管柱的长度 L 应符合下式的要求：

$$L = L_1 + nS + \Delta L$$

式中　L_1——设计的方余长度，m；

n——设计应压缩的伸缩接头的只数；

S——一只伸缩接头的伸缩行程的长度；

ΔL——旁通阀、震击器、封隔器的可压缩长度之和。

2．在斜井、深井中坐封 RTTS 封隔器，正转的圈数要适当增加。如果下放管柱时，封隔器未坐封，要重复进行坐封的操作。

四、考核标准

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	准备工作漏掉扣 10 分	10
3	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
4	操作步骤第 2 步发生错误或不能完成扣 10～15 分	15
5	操作步骤第 3 步发生错误或不能完成扣 15～20 分	20
6	操作步骤第 4 步发生错误或不能完成扣 15～20 分	20
7	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
8	计算错误扣 10 分	10
定　额	40 min	100

项目五十五　江斯顿矿场压力机的调节校准

一、准备工作

1．将调试架各部分按装配图的要求组装好，检查无误。

2．检查交流电源插座是否为 220±20V，无误后将操纵箱上的交流电源插头插好。

二、操作步骤

1．调节：

1）把活塞杆从零死点（外伸行程为零的位置）推到最大死点位置（外伸行程为最大的位置），检查活动横梁在外伸过程中有无与主梁发生阻卡现象。

2）活塞杆处于最大死点位置时，测量并记录好活塞杆顶端与主梁顶端的位置。

3）测量并记录好连杆总成的侧面与主梁侧面的距离。

4）把活塞杆拉回到零死点位置。

5）重新将活塞杆推到最大死点位置，重复进行上述两种测量并对比测量的结果，其误差应在 1.5mm 以内。否则要在液压缸缸盖与机架末端连接处加入适当的调整垫片。

6）加入调整垫片后，再重复上述测量校正方法，直到误差在 1.5mm 之内。

2．校准：

1）将活塞杆推到最大死点位置并施加 133.4kN 的推力。

2）让操纵箱上的负荷调节旋钮保持在 133.4kN 的位置，将操作手柄推到相反的位置，即“拉”的位置，使活塞杆回到零死点位置。

3）观察操作箱上的负荷表读数，其负荷值不能比原负荷值高或低 8.9kN。否则，说明活塞杆未调整好。

4）用 355.6kN 和 577.9kN 的负荷，重复上述校准方法。

三、技术要求

1．在调节活塞杆的操作过程中，要将操纵箱上的负荷表的读数调到 8.9kN 以下的位

置。

2．将活塞杆推出或拉回过程中，操作要平稳。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	准备工作发生错误扣 3～10 分	10
3	操作步骤第一步第 1～2 条发生错误或不能完成扣 10 分	10
4	操作步骤第一步 3～4 条发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
5	操作步骤第一步 5 条发生错误或不能完成扣 10～15 分	15
6	操作步骤第一步 6 条发生错误或不能完成扣 2～5 分	5
7	操作步骤第二步 1 条发生错误或不能完成扣 10 分	10
8	操作步骤第二步 2 条发生错误或不能完成扣 10 分	10
9	操作步骤第二步 3 条发生错误或不能完成扣 10 分	10
10	操作步骤第二步 4 条发生错误或不能完成扣 10 分	10
11	违反技术要求第一条扣 5 分	5
定　额	120 min	100

项目五十六　调整 95mmTR 震击器的组装角

一、准备工作

准备 1219mm 管钳两把、蜡笔一支。

二、操作步骤

1．在 95mmTR 震击器的上接头的下端丝扣孔内装入 2 个弹簧垫圈。

2．在墨水或蜡笔在上芯轴上的键槽内画一条与槽的两条纵向边平行约 50.8～76.2mm (2～3 英寸) 长的参考线。

3．组装上芯轴与上接头，用手将连接丝扣上紧。此时，参考线与上接头上的锁键孔之间的夹角就是“ 组装角 ”。组装角应在 45°～60°范围内，以便在弹簧垫圈上施加适当的负荷。

4．如果组装角小于 45°或大于 60°必须在弹簧垫圈下加 1 个或几个调整垫圈，把组装角调回到 60°～45°范围之内。

三、技术要求

1．调整垫圈的厚薄由垫圈上的缺口数确定，垫圈上的缺口数为 0～3 个，无缺口的垫圈最薄，最厚的垫圈有 3 个缺口。

2．垫圈数量应根据需要调整的组装角的大小和垫圈的厚度来确定。各种垫圈使上芯轴向逆时针方向转动的角度如下：无缺口——72°；一个缺口——90°；二个缺口——105°；三个缺口——120°。

四、考核标准

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具用具选错一件扣 2 分，用错一件扣 1 分	5
3	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
4	操作步骤第 2 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
5	操作步骤第 3 步发生错误或不能完成扣 15～20 分	20
6	操作步骤第 4 步发生错误或不能完成扣 20 分	20
7	应根据技术要求第 2 条进行计算，发生错误扣 10 分	10
8	最终不能将组装角调到正确的角度扣 15 分	15
9	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目五十七　RPG—3 压力计下井前的现场准备工作

一、准备工作

1．选好工具用具：开口为 1　"的死扳手或功能相当的活扳手两把、专用卡片棒 1 根，专用镊子一个、RPG—3 压力计丝扣专用润滑脂一袋。

2．选取 50．8ｍｍ×127ｍｍ 的 RPG—3 压力计专用金属记录卡片，每支压力计需要 1～2 张。

二、操作步骤

1．卸掉压力计护筒。

2．卸掉内筒盖板。

3．取出卡片筒。

4．用卡片包住卡片棒，并将卡片与卡片棒一起装入卡片筒，然后，取出卡片棒。

5．把卡片筒装入内筒，盖上并锁定内筒盖板。

6．时钟上弦，将时钟下部的弹簧锁定在压缩位置。

7．把时钟装入内筒。

8．将记录笔尖调至“ ON ”的位置，划基线，然后把记录笔尖调至“ OFF ”位置，把卡片筒推回到起点位置。

9．将时钟上的锁销对准导杆头上的孔，并使时钟下部的弹簧处于伸长状态，使锁销与孔啮合，再将记录笔尖调到“ ON ”的位置。

10．装压力计护筒

三、技术要求

1．卡片棒要擦干净，不能有灰尘。

2．装卡片要到位，装入卡片应平整、舒展，卡片上无任何擦痕。

3．内筒、盖板、卡片外筒、记录笔尖应擦干净，避免潮湿。

4．时钟上弦不得上死，确定时钟正常运转后方可装入。

5．所划基线应平直、清晰。

6．使用专用丝扣密封脂，丝扣要上紧。

四、考核标准

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具用具选错一件扣 2 分，用错一件扣 1 分	10
3	操作步骤第 1～3 步发生错误或不能完成扣 2～5 分	5
4	操作步骤第 4 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
5	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
6	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
7	操作步骤第 7 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
8	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
9	操作步骤第 9 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
10	操作步骤第 10 步发生错误或不能完成扣 2～5 分	5
11	违反技术要求扣 5～10 分	10
12	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	40 min	100

项目五十八　保养 127ｍｍLPR—N 阀的球阀部分

一、准备工作

1．选好工具用具：1219ｍｍ 管钳两把、914ｍｍ 管钳一把、254 螺丝刀一把、20. 91kg 铁锤头一把、取“ 0 ”型圈专用工具一件、清洗油盆一个、 40ｍｍ×0. 7ｍ 专用铜棒一根。

2．准备下列材料：70. 33983 号“ 0 ”型圈 1 只、70. 33984 号“ 0 ”型圈 2 只、70. 34028“ 0 ”型圈 2 只、70. 33974“ 0 ”型圈 2 只、70. 33978“ 0 ”型圈 1 只、棉纱 500g、汽油 1000g、黄油 300g。

二、操作步骤

1．卸掉上接头及球阀外筒。

2．卸下操作臂及“ C ”形夹板，取下球阀及上球座支撑。

3．拔出下球座支撑。

4．从上、下球座支撑中取出球座及碟形弹簧。

5．卸掉操作短节、座帽和压差活塞。

6．把所有球阀部分的零部件清洗干净，仔细检查球和球座的密封面是否有损伤，必要时更换球和球座。

7．按照装配图的要求，更换各部位的“ 0 ”型圈。

8．将碟形弹簧装入下球座支撑，并将两个球座装入上、下球座支撑。

9．组装操作短节及下球座支撑。

10．组装上、下球座支撑、球、“ C ”形夹板、操作臂。

11．装球阀外筒及上接头。

三、技术要求：

1．拆卸、清洗、组装球阀和球座时，要特别注意保护密封面，以免损坏。

2．检查球阀总成是否在刺痕及其它损伤，更换时必须将球与球座一起更换。

3．装碟形弹簧时要注意，不能装反，球座必须到位。

4．组装球阀总成时，球阀的两个操作孔应朝上，并且球阀处于关闭位置。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料选错一件扣 1 分	10
3	操作步骤第 1～5 步发生错误或不能完成扣 5～25 分	25
4	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 3～10 分	10
5	操作步骤第 7 步漏装或错装一只“ 0 ”型圈扣 1 分	10
6	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 3～10 分	10
7	操作步骤第 9 步发生错误或不能完成扣 2～5 分	5
8	操作步骤第 10 步发生错误或不能完成扣 10～15 分	15
9	操作步骤第 11 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
10	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	90 min	100

项目五十九　给 127ｍｍLPR—N 阀充氮

一、准备工作

1．选好工具用具：1/ 4″六方扳手一把、3/ 8″六方扳手一把。

2．检查交流电源插座是否为 220±20 V，无误后，将空压机的交流电源插头插好。

二、操作步骤

1．检查氮气纯度：将含氧分析仪的探头对准氮气瓶的出口，再打开氮气瓶上的开关阀，含氧分析仪的表盘指针就会偏转，最后指向氮气中的氧气百分含量值。

2．卸掉 LPR—N 阀的上油室注油塞。

3．将充氮压力表总成（89972）装在 LPR—N 阀上，并连接充氮压力表、高压管、氮气增压泵、氮气瓶压力表、氮气瓶以及氮气增压泵、空气压缩机二条管线。

4．用氮气冲洗充氮管线，以清除管线内的空气、水及其它异物。

5．打开充氮阀塞及氮气瓶，使氮气进入工具的氮气腔。

6．当氮气腔内的压力达到 0.5 MPa 左右时，关闭氮气瓶，从氮气增压泵处释放掉 LPR—N 阀氮气腔及充氮管线中的氮气。

7．关闭氮气增压泵释放阀，打开氮气瓶进行充氮。

8．氮气瓶压力与氮气腔压力基本平衡时，启动空气压缩机，用氮气增压泵给氮气腔增压至要求的压力。

9．关闭充氮阀塞、氮气瓶及氮气增压泵，放掉充氮管线中的压力，停空气压缩机。

10．拆卸充氮管线并装上上注油塞。

三、技术要求

1．必须使用高纯氮气，其纯度至少应达到99.9％。

2．应使用专用高压充氮管线。

3．连接氮气增压泵管线时，要分清出口、入口，正确连接。

4．充氮时注意压力变化，及时处理充氮管线圈闭压力等非正常情况。

5．氮气增压泵的动力气源压力一般要求0.5～1.2MPa。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	操作步骤第1步发生错误或不能完成扣3～10分	10
3	操作步骤第2～3步发生错误或不能完成扣5～20分	20
4	操作步骤第4～5步发生错误或不能完成扣5～10分	10
5	操作步骤第6步发生错误或不能完成扣5～10分	10
6	操作步骤第7步发生错误或不能完成扣10分	10
7	操作步骤第8步发生错误或不能完成扣15分	15
8	操作步骤第9步发生错误或不能完成扣10分	10
9	操作步骤第10步发生错误或不能完成扣5分	5
10	操作完不收回工具用具扣5分	5
定　额	90min	100

项目六十　对127mmLPR—N阀进行功能试验

一、准备工作

1．选好工具用具：152mm活动扳手一把，1/8″内六方扳手一把。

2．检查交流电源插座是否为220±20V，无误后，将空压机的电源插头插好。

3．给调试泵的水箱加满清水。

二、操作步骤

1．给LPR—N阀充氮，使用氮气腔内的压力达到27.58MPa，上、下油室加满油并装入注油塞，装入四只剪销，并装氮气压力表，使其反映功能试验时氮气腔的氮气压力。

2．连接调试泵、空气压缩机，调试泵、上传压孔，调试泵、下传压孔三条管线，将其余的传压孔装上死堵。

3．启动空气压缩机，对上、下传压孔加压至2MPa左右，然后停泵并放掉此压力。

4．重新启动调试泵，对上、下传压孔缓慢加压至31.02MPa保持5min，氮气压力将增至28.26MPa左右。

5．对上、下传压孔快速加压至41.36MPa，在低于该压力时（约35.5MPa左右）球阀会打开，保持此压力约10min，氮气腔压力上升到38.61MPa左右。

6．将上、下传压孔压力快速放至31.02左右，以关闭球阀，并保持10min，氮气室压力将下降到33.78MPa左右。

7．打开调试泵上的放压阀，将泵压放到零，拆卸调试管线。

8．卸掉传压孔死堵，关闭充氮阀塞，并卸下充氮压力表，装上塞子。

三、技术要求

1．连接调试管线时，各快速接头必须拧紧，保证在 60 MPa 的压力下不刺漏。

2．进行功能试验时，正对传压孔的位置不能站人。

3．控制好加压及放压速度。

4．注意氮气腔及调试泵的压力变化，出现异常情况立即停止调试，泄掉压力后方可进行检修。

5．计量套的双向延时性能应为：计量套两端的压差为 2.8MP±0.7MPa；计量套的延时时间为 10min 左右。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	准备工作发生错误或漏做扣 3～10 分	10
3	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
4	操作步骤第 2 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
5	操作步骤第 3～4 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
6	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 15 分	15
7	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 15 分	15
8	操作步骤第 7～8 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
9	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	120min	100

项目六十一　保养 127mmAPR—M2 阀的循环阀部分

一、准备工作

1．选好工具用具：1219mm 管钳两把、914mm 管钳一把、 40mm×0.7m 铜棒一根、取“0”型圈专用工具一件、清洗油盆一个。

2．备齐下列材料：70.33976 号“0”型圈 2 只、70.33984 号“0”型圈 3 只、70.33985 号“0”型圈 1 只、600.00026 号支撑密封圈 4 只、615.41163 号专用铜剪销 2 只、汽油 1000g、棉纱 200g、黄油 200g。

二、操作步骤

1．卸掉长接头及上外筒。

2．用铜棒敲出循环套，取出弹簧，卸掉开孔短节并取出断销。

3．将循环套重新装入开孔短节，卸掉弹簧压帽。

4．清洗所拆下的所有零部件。

5．更换循环套上的两只 70.33976 号“0”型圈、四只 600.00026 号支撑密封圈和开孔接头及上接头上的 70.33984 号“0”型圈。

6．从有剪销孔的一端，将循环套插入开孔短节，直到顶紧为止，并装入两只断销。

7．将连接好的循环套与开孔短节拧入剪切外筒的母扣内并上紧。

8．将弹簧套在循环套上，并用弹簧压帽将其压紧。

9．装上外筒及上接头。

三、技术要求

1．拆装上接头、上外筒及弹簧压帽时，人应站在工具的两侧。

2．卸弹簧压帽及组装循环套时，循环套上的两齿应对准开孔短节内的两槽，并一定使其到位。

3．在将压帽拧入循环套的过程中，人应站在两侧，压帽不宜上得太紧，以公、母扣端面刚好顶住为宜。

4．工具本体的上扣扭矩为 8000N·m。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料选错一件扣 2 分，用错一件扣 1 分	10
3	操作步骤第 1～2 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
4	操作步骤第 3 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
5	操作步骤第 4 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
6	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 2～15 分	15
7	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
8	操作步骤第 7 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
9	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
10	操作步骤第 9 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
11	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	120 min	100

项目六十二　组装 117.5mm 液压循环阀

一、准备工作

1．选好工具用具：1219mm 管钳两把、914mm 管钳一把、 40mm×0.7m 铜棒一根。

2．备齐下列材料：70.33981 号“0”型圈 4 只、70.33938 号“0”型圈 4 只、70.34031 号“0”型圈 3 只、70.33983 号“0”型圈 4 只、70.33980 号“0”型圈 1 只、70.33979 号“0”型圈 6 只、70.33943 号“0”型圈 1 只、70.33945 号“0”型圈 1 只、70.33977 号“0”型圈 3 只、600.00083 号支撑密封圈 3 只、600.00053 号支撑密封圈 2 只、600.00173 号支撑密封圈 6 只、黄油 1000g。

二、操作步骤

1．对照装配图将各部位的橡胶密封圈、支撑密封圈装入相应的密封圈槽内。

2．将花键外筒夹在虎钳内，将花键芯轴从花键外筒的下端推入，使花键啮合上。

3．将浮动活塞和另一只没有装“0”型圈的浮动活塞及刮帽套在花键芯轴上部，将浮

动活塞敲入花键外筒与芯轴之间的空间内，然后将刮帽拧入花键外筒内，把丝扣拧紧。

4．卸掉刮帽，取去不带“0”型圈的浮动活塞后，再把刮帽拧入花键外筒内。

5．将连接短节从花键芯轴的下部套在花键芯轴上，并将其上端公扣推入花键外筒上端母扣内，拧紧。

6．将计量套套在花键芯轴下部，将下芯轴拧在花键芯轴的下端。

7．将计量外筒套在下芯轴上，并与连接短节下端公扣连接起来、拧紧。

8．将锁紧活塞和扭矩凸耳组合成一体后套在下芯轴下部。

9．将循环套短节安装在下芯轴下端，拧紧。

10．将循环套拧入循环套短节下端的母扣内。

11．将循环外筒安装在计量外筒下端。

12．将下接头拧入循环外筒下端。

13．将两只注油塞分别拧入花键外筒和计量外筒上的注油塞孔内，将615 22734号丝扣保护塞拧入刮帽上的孔内。

三、技术要求

1．芯轴连接丝扣的拧紧扭矩为1100N·m，外筒的连接丝扣拧紧扭矩为8000N·m。

2．橡胶密封圈和支撑密封圈的型号、数量要符合装配图的要求。

3．组装连接丝扣时，丝扣上要抹上适量黄油。对液压油室部分而言，芯轴的丝扣连接要将黄油抹在母扣上，外筒的丝扣连接要将黄油抹在公扣上。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	工具、用具、材料选错一件扣1分	10
3	操作步骤第1步发生错误或不能完成扣5～10分	10
4	操作步骤第2～4步发生错误或不能完成扣5～15分	15
5	操作步骤第5～6步发生错误或不能完成扣5～10分	10
6	操作步骤第7～8步发生错误或不能完成扣5～10分	10
7	操作步骤第9～10步发生错误或不能完成扣5～10分	10
8	操作步骤第11～12步发生错误或不能完成扣5～10分	10
9	操作步骤第13步发生错误或不能完成扣10分	10
10	违反技术要求第3条扣5分	5
11	操作完不收回工具用具扣5分	5
定　额	90min	100

项目六十三　组装127mmLPR—N阀的氮气腔和计量部分

一、准备工作

1．选好工具用具：1219mm管钳两把、914mm管钳一把、3.6kg大锤头一把、 40mm×0.7m铜棒一根、内六方扳手一套。

2．备齐下列材料：70.33978 号“0”型圈 13 只、70.33513 号“0”型圈 4 只、70.33984 号“0”型圈 4 号、70.33936 号“0”型圈 5 只、70.34040 号“0”型圈 4 只、70.33943 号“0”型圈 1 只、70.34029 号“0”型圈 1 只、70.34039 号“0”型圈 2 只、70.34030 号“0”型圈 1 只、70.33945 号“0”型圈 3 只、70.33940 号“0”型圈 1 只、70.34122 号“0”型圈 1 只、600.00012 号支撑密封圈 15 只、615.41133 号剪销 4 只、600.00047 号支撑密封圈 5 只、600.00048 号支撑密封圈 4 只、600.00181 号支撑密封圈 1 只、600.00182 号支撑密封圈 1 只、600.00141 号支撑密封圈 1 只、黄油 1000g。

二、操作步骤

1．对照装配图，将各部位的“0”型圈和支撑密封圈装入相应的密封圈槽内。

2．将动力短节夹在虎钳内，将剪切芯轴从动力短节的下端装入动力短节内，直到芯轴上的剪销槽与短节上的剪销孔对齐为止，将剪销和剪销座装入动力短节内拧紧。

3．将压缩芯轴装在剪切芯轴的下端并拧紧。

4．将动力活塞缸套在压缩芯轴外面并组装在动力短节的下端、拧紧。

5．将充氮阀接头套在压缩芯轴的外面并拧入动力活塞缸。

6．将充氮阀座装入充氮阀塞里，然后将充氮阀塞装在充氮阀接头上，拧紧。

7．将氮气塞和安全螺钉装在充氮阀接头上。

8．将氮气室芯轴拧入充氮阀接头，将浮动活塞套在氮气室芯轴上并推到上死点位置。

9．将氮气室外筒套在氮气室芯轴和浮动活塞上并接在充氮阀接头下部，拧紧。

10．将延伸芯轴接在氮气室芯轴下端，拧紧。

11．将计量短节套在延伸芯轴外面并拧入氮气室外筒的下部，将 625.24304 号注油塞拧入计量短节上的孔内。

12．将油室芯轴拧入计量套的下部，再将计量套套在延伸芯轴的下部，将平衡活塞套在油室芯轴的外面并推到上死点位置。

13．将计量外筒套在油室芯轴和平衡活塞、计量套的外面并接在计量短节的下部，拧紧。将两只 625.24314 号注油塞拧入计量外筒上的孔内。

14．将下接头套在油室芯轴的外面并拧入计量外筒下端的母扣内，拧紧。

三、技术要求

1．芯轴的连接丝扣的拧紧扭矩为 1100N·m，外筒的连接丝扣的拧紧扭矩为 8000N·m。

2．橡胶密封、支撑密封圈的型号、数量要符合装配图的要求。

3．组装丝扣连接时，丝扣上要抹上适量的黄油。对于芯轴连接的丝扣，黄油应抹在母扣上；对于外筒连接的丝扣，黄油应抹在公扣上。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料选错一件扣 1 分	10
3	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 3～10 分	10
4	操作步骤第 2～4 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15

续表

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
5	操作步骤第 5～7 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
6	操作步骤第 8～9 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
7	操作步骤第 10～11 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
8	操作步骤第 12～14 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
9	违反技术要求扣 5 分	5
10	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	150 min	100

项目六十四　组装 127mm 伸缩接头

一、准备工作

1. 选好工具用具：1219mm 管钳两把、914mm 管钳一把、3.6lb 大锟头一把、六方密封圈专用安装套筒一个、 40mm×0.7m 铜棒一根。

2. 备齐下列材料：70.33979 号“0”型圈 1 只、70.33984 号“0”型圈 1 只、70.33834 号“0”型圈 2 只、70.33980 号“0”型圈 1 只、614.48167 号“0”型圈 2 只、70.33987 号“0”型圈 2 只、614.48148 号六方刮环 1 只、614.48156 号六方密封圈 5 只、600.00092 号支撑密封圈 3 只、600.00051 号支撑密封圈 2 只、黄油 1000g。

二、操作步骤

1.对照装配图,将各部位“0”型圈和支撑密封圈、橡胶刮环装入相应的密封圈槽内。

2. 将活塞拧到六方芯轴的下端（带孔的那一端)。

3. 将液缸夹在虎钳内，再将六方芯轴和活塞作为一个整体推入液缸内。

4. 将外筒套在六方芯轴的上端（外筒公扣端朝下)，并将外筒拧入液缸内。

5. 将六方密封和隔环用锟头和专用安装套筒一个一个地敲入外筒与六方芯轴之间的空间内。

6. 将挡圈套在六方芯轴的上部并拧入外筒。

7. 将上接头拧在六方芯轴的上端。

8. 将压差芯轴从液缸的下端推入液缸内，拧入活塞的下端。

9. 将连接短节套在压差芯轴上并拧入液缸下端。

10. 将下外筒套在压差芯轴上并拧在连接短节下端的公扣上。

11. 将下接头拧入下外筒。

三、技术要求：

1.芯轴的连接丝扣的拧紧扭矩为1100N·m,外筒的连接丝扣的拧紧扭矩为8000N·m。

2. 橡胶密封圈、支撑密封圈的型号、数量要符合装配图的要求。

3. 组装丝扣连接时，丝扣上要抹上适量的黄油。

四、考核标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料选错一件扣 1 分	10
3	操作步骤第 1 步发生错误或不能完成扣 3～10 分	10
4	操作步骤第 2～4 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
5	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
6	操作步骤第 6～7 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
7	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
8	操作步骤第 9 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
9	操作步骤第 10 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
10	操作步骤第 11 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
11	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	120 min	100

项目六十五　研磨 95mm 多流测试器延时阀与阀座

一、准备工作

1．选好工具用具：1219mm 管钳两把、914mm 管钳一把、清洗油盆一个。

2．备齐下列材料：300 目和 500 目的研磨砂各一盒、煤油 1000g，绸布一块。

二、操作步骤

1．卸开上芯轴与下芯轴，取出弹簧及上、下弹簧座，取下阀。

2．用煤油清洗阀与上芯轴。

3．将上芯轴倒置，将 300 目的研磨砂放在阀与上芯轴的接触端面上，再放上阀。

4．进行旋转研磨。

5．取下阀，用煤油将阀与上芯轴清洗干净。

6．用 500 目的研磨砂研磨，方法同第 4 步。

7．停止研磨，清洗阀与上芯轴。

8．将阀放在上芯轴上并在阀内灌满煤油，不漏即为合格。

9．将上芯轴、弹簧与上、下弹簧座及研磨后的新阀组装好。

三、技术要求

1．研磨砂放置应均匀适量。

2．研磨时一般不用力下压阀，靠阀的自重即可。

3．不得使用对铜有腐蚀性的清洗液清洗零件。

4．研磨后的阀与上芯轴接触面不得有擦痕，表面粗糙度应达到 0.8。

四、考核标准

序　号	评　　分　　标　　准	标 准 分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、选错一件扣 2 分	10
3	操作步骤第 1～3 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
4	操作步骤第 4 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
5	操作步骤第 5 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
6	操作步骤第 6 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
7	操作步骤第 7 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
8	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
9	操作步骤第 9 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
10	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目六十六　组装 Vann 85.7ｍｍ环空加压点火头

一、准备工作

1．选好工具用具：1219ｍｍ管钳两把、914ｍｍ管钳一把、1/4″内六方扳手一把、雷管专用安装工具一个、15ｍｍ套筒扳手一把、剪钢丝绳专用剪刀一把、 40ｍｍ×0.7ｍ铜棒一根。

2．备齐下列材料：90—229 号“ 0 ”型圈 4 只、90—114 号“ 0 ”型圈 4 只、90—226 号“ 0 ”型圈 2 只、90—212 号“ 0 ”型圈 2 只、01—2507 号剪销 2 只、20— M15109 号螺旋销 2 只、黄油 500g、专用液压油 500g。

二、操作步骤

1．清洗并检查所有部件有无损坏。

2．连接拉杆与球座，并用紧定螺钉固紧。

3．撞针装入活塞，并在活塞上装上两个密封圈，推入活塞套内，活塞套上的孔与活塞上的凹槽对齐。

4．将 4 个不锈钢球涂少许黄油放入活塞套孔和活塞凹槽内。

5．拉杆和球座总成套入活塞套，卡住四个钢球，并装上两个剪销，并在球座上装上两个螺旋销以防剪销掉出。

6．将下外筒夹于虎钳内，并在活塞套上装上两个密封圈后把该总成由下端插入下外筒。

7．在平衡活塞内、外各装两个密封圈，装入拉杆，并将平衡活塞向下外筒内推入 10～12ｍｍ。

8．连接上外筒，并用紧定螺钉固紧，此时钢丝绳夹要与上外筒的槽对正。

9．在雷管套上装上减震环，并装上两只密封圈。

10．在雷管上装上两只密封圈，用平底安装工具将其推入雷管套，并用雷管止动螺母固定。

11．将雷管套推入下外筒并装上死堵。

12．将破裂盘装入破裂盘套内并用弹簧挡圈固定，装上密封圈。

13．用清洁的液压油注满下外筒内腔，然后装上破裂盘总成。

三、技术要求

1．钢丝绳夹正面必须与上外筒槽对齐，对便固定钢丝绳。

2．下外筒内必须注入清洁液压油，并且不允许有空气存在。

3．组装时只能夹指定的夹钳位置。

4．安装完毕后点火头下部必须装上死堵。

四、考核标准

序　号	评　　分　　标　　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣 1 分	5
2	工具、用具、材料选错一件扣 1 分	10
3	操作步骤第 1～2 步发生错误或不能完成扣 5 分	5
4	操作步骤第 3～5 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
5	操作步骤第 6～7 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
6	操作步骤第 8 步发生错误或不能完成扣 5～10 分	10
7	操作步骤第 9～10 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
8	操作步骤第 11～12 步发生错误或不能完成扣 5～15 分	15
9	操作步骤第 13 步发生错误或不能完成扣 10 分	10
10	操作完不收回工具用具扣 5 分	5
定　额	60 min	100

项目六十七　测量并选配 121ｍｍTR 震击器的液压缸和延时阀

一、准备工作

备齐下列量具：300ｍｍ 游标卡尺一把、150ｍｍ 千分尺一把、200ｍｍ 的内径百分表一个。

二、操作步骤

1．正确拆卸震击器的主外筒。

2．确定液压缸在主外筒的位置。

3．测量液压缸的内径。

4．确定液压缸内径最大值和最小值。

5．正确拆卸震击器的延时阀。

6．测量延时阀的外径。

7．确定延时阀外径的最大值和最小值。

8．测量延时阀的圆柱度。

9．选配合适的液压缸和延时阀。

三、技术要求

1．零件在测量前需清洗干净后晾干，不得有任何异物。

2．采用深度游标卡尺确定液压缸在主外筒内的位置。

3．选用合适规格的内径百分表，测量液压缸的内径，要求在不同的深度（至少三个深度），不同的方向（至少两个方向）每处至少测量三个数据（不包括错误值）。

4．判断错误值（即明显大或小于其它数据，该数明显不合理，并将其删去），采用算术平均法处理同一深度所测量数据，然后确定内径的最大值和最小值，精度均在0.001mm。

5．选择合适规格的外径千分尺，测量延时阀外径，要求在不同的高度（至少三个高度），不同的方向（至少两个方向）每处至少测量三个数据（不包括错误值）。

6．将每处所测量的数据进行算术平均，确定延时阀的最大值和最小值，精度均在0.001mm。

7．选配液压缸和延时阀，使其直径间隙控制在0.053～0.063mm之间。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	工具、用具、选错一件扣2分	10
3	操作步骤第1～2步发生错误或不能完成扣5～10分	10
4	操作步骤第3～4步发生错误或不能完成扣10～20分	20
5	操作步骤第5～6步发生错误或不能完成扣5～15分	15
6	操作步骤第7步发生错误或不能完成扣5～10分	10
7	操作步骤第8步发生错误或不能完成扣5～10分	10
8	操作步骤第9步发生错误或不能完成扣10～15分	15
9	操作完不收回工具用具扣5分	5
定　额	60min	100

项目六十八　测量并选配安全密封的滑阀和滑阀套

一、准备工作

备齐下列量具：300mm游标卡尺一把、150mm外径千分尺一把。

二、操作步骤

1．从安全密封上卸下滑阀和滑阀套总成。

2．卸弹簧挡圈。

3．从滑阀套中拔出滑阀。

4．测量滑阀延时部位外径。

5．确定滑阀延时部位外径的最大值和最小值。

6．测量滑阀套内径。

7．确定滑阀套内径的最大值和最小值。

8．选配合适的滑阀和滑阀套。

三、技术要求

1．滑阀和滑阀套在测量之前必须彻底清洗干净后晾干，不得有任何异物。

2．用游标卡尺或外径千分尺测量滑阀延时部位外径，精度为0.001mm，要求在三个不

同位置，两个以上方向测量，每处测量至少三个数值（不包括错误值）。

3．删除错误值，每个位置的数据进行算术平均，然后确定滑阀延时部位外径最大值和最小值。

4．用游标卡尺测量滑阀套的内径，要求在套两侧分别以两个垂直方向测量其内径，精度为0.001mm。需至少在三个垂直方向上测量，然后按照算术平均值确定最大值和最小值。

5．对127mm安全密封，选配阀与阀套之间间隙在0.020～0.120mm之间，对152.4mm安全密封，选配阀与阀套之间的间隙在0.04～0.077mm之间。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	量具选错一件扣2分，用错一件扣1分	10
3	操作步骤第1～3步发生错误或不能完成扣5～15分	15
4	操作步骤第4步发生错误或不能完成扣15分	15
5	操作步骤第5步发生错误或不能完成扣10分	10
6	操作步骤第6步发生错误或不能完成扣15分	15
7	操作步骤第7步发生错误或不能完成扣10分	10
8	操作步骤第8步发生错误或不能完成扣5～15分	15
9	操作完不收回工具用具扣5分	5
定　额	60min	100

项目六十九　现场组装139.7mm套管井TCP与MFE测试工具联作管柱

一、准备工作

1．选好工具用具：1219mm管钳两把、钢丝刷一把、剪钢丝绳的专用剪刀一把、射孔抢管柱专用井口卡盘一个、射孔枪管柱专用提升短节一个。

2．备齐下列材料：丝扣油2000g。

二、操作步骤

1．将2～3根射孔枪用枪身接头连接成一串（每一串的长度不超过10m），用射孔枪管柱专用提升短节将管串提起，下入井中，用专用井口卡盘卡在井口。

2．将筛管与减震器连接起来（减震器接在筛管上方）。

3．将卡瓦封隔器接在减震器上方。

4．将一端已固定在点火头上的钢丝绳的另一端从筛管下端内孔插入，穿过“筛管+减震器+卡瓦封隔器管柱”的内径，从封隔器上端拉出。

5．将激发器的上接头卸掉，将从封隔器上端拉出的钢丝绳从激发器下端内孔插入，从激发器活塞上端拉出，再从钢丝绳连接套穿绳孔下端插入，从上端拉出。

6．将激发器的下接头接在封隔器的上端。将钢丝绳拉紧，用制动套在钢丝绳连接套穿绳孔上端将钢丝绳固定住。

7．再将激发器的上接头安装在其下接头上端，丝扣拧紧后用紧定螺钉固定。

8．用提升短节将连接好的“激发器＋封隔器＋减震器＋筛管＋点火头”管串吊起，将点火头的下端在井口与射孔枪管柱连接起来。然后，将井口以上部分下入井中，用提升短节坐在井口。

9．将多流测试器、液压锁紧接头、震击器、安全接头连接成一串，并吊起来，把安全接头的下端在井口与激发器连接起来。将井口以上部分下入井中，多流测试器的上接头坐在井口吊卡上。

10．下入一柱油管后接上反循环接头，再下入一柱油管后接上定位短节。

三、技术要求

1．各道连接丝扣在连接前必须用钢丝刷刷干净，涂上丝扣油，用1100N·m～1300N·m扭矩拧紧。

2．激发器与点火头之间的距离应保持在10m左右，间距可以通过筛管的长度调节。

四、考核标准

序　号	评　分　标　准	标准分
1	劳保用品少穿一件扣1分	5
2	工具、用具选错一件扣2分，用错一件扣1分	10
3	操作步骤第1～3步发生错误或不能完成扣5～15分	15
4	操作步骤第4步发生错误或不能完成扣10分	10
5	操作步骤第5步发生错误或不能完成扣10分	10
6	操作步骤第6步发生错误或不能完成扣10分	10
7	操作步骤第7步发生错误或不能完成扣5分	5
8	操作步骤第8步发生错误或不能完成扣10分	10
9	操作步骤第9步发生错误或不能完成扣15分	15
10	操作步骤第10步发生错误或不能完成扣5分	5
11	操作完不收回工具用具扣5分	5
定　额	120min	100