

中国石油天然气集团公司 HSE 指导委员会 编

井下作业 HSE 风险管理

DOWNHOLE
OPERATION
HSE
RISK
MANAGEMENT



石油工业出版社

井下作业 HSE 风险管理

中国石油天然气集团公司 HSE 指导委员会 编

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

井下作业 HSE 风险管理/中国石油天然气集团公司 HSE 指导委员会编. —北京: 石油工业出版社, 2002.4

ISBN 7-5021-3735-1

I. 井…

II. 中…

III. ①井下作业 (油气田) — 安全生产

②井下作业 (油气田) — 劳动卫生

③井下作业 (油气田) — 环境污染 — 污染防治

IV. TE358

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 022253 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印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 13 印张 330 千字 印 1—3000

2002 年 4 月北京第 1 版 2002 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3735-1/C·174

定价: 20.00 元

编委会名单

主 任：阎三忠

副主任：王海森 董国永

成 员：周抚生 朱敬成 杨庆理 阎万朝 刘业厚 吴苏江
周爱国 时 秦 郭喜林 孟繁友 周成栋

主 编：董国永

副主编：吴苏江 周爱国

编写人（按姓氏笔划为序）：

于海宁	王玉琦	王鸿彬	马全仁	毛国成	史 方
龙正军	孙 虎	孙法佩	吕 强	刘景凯	刘 沙
朱明东	那宇贤	纪烈兵	齐俊良	肖义昭	吴苏江
吴祉宪	李识宇	时 秦	张秀义	张兴科	何柏峰
季采龙	孟繁友	周爱国	周成栋	赵东风	郭 臣
郭喜林	郭占春	袁遂周	梁子健	董国永	斐玉起
韩文成	韩新芳	蒋绿强	魏荣彬	戴春权	戴能尚

序

随着社会的进步，健康、安全与环境（HSE）管理工作正受到社会公众越来越广泛的关注和重视。维护员工健康、安全，保持生态环境，不仅是企业应承担的责任和义务，也是参与市场竞争的评估标准和必要条件。20 世纪 90 年代，西方一些大石油公司从行为学分析和危害管理的理论入手，把“以人为本、线性管理、风险控制、持续发展”的 HSE 指导思想融入企业的管理运行之中，联手开发出一套科学、完整、规范的 HSE 管理体系，并逐步被各国石油公司所接受，现已公认为国际石油界健康、安全与环境管理共同遵守的规则，参与市场竞争的准入证。

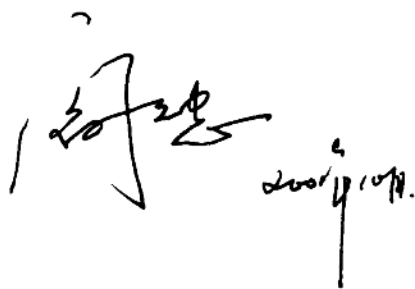
“他山之石，孕己之玉”。中国石油天然气集团公司（CNPC）从 1997 年推行 HSE 管理体系以来，通过与现有的行之有效的规章制度进行整合，扬其优势、摈弃弊端，在结合中实践、在发展中创新，初步形成了具有 CNPC 特色的 HSE 管理体系，取得了许多宝贵经验和良好绩效。这套由 HSE 技术专家和现场 HSE 管理人员共同编写的培训教材，既是对过去实施 HSE 管理体系经验的总结和提升，同时也是规范建立、实施 HSE 管理体系的理论工具和指南。

我国加入 WTO 以后，面临的是更为激烈的市场竞争。我们必须立足国情，面向世界，按照时代要求去做，按照国际石油公司管理的惯例去做。可持续发展战略要求我们，现代企业的经济效益、社会效益和环境效益应该是高度统一的。关注社会、关心职工，在创造最大经济回报的同时，要树立良好的企业形象。“创造能源和环境的和谐”是我们对社会和公众的承诺，而大力推行 HSE 管理体系正是实现这一理念的必然选择。

HSE 春风如剪，裁出了中国石油健康、安全与环境管理的一片新绿。然而，管理的变革、制度的创新不是一件容易的事情。HSE 的路还很长，还需要它走好、走远。石油工业新世纪的宏伟蓝图，激励着我们解放思想，与时俱进，积极进取，努力构筑具有 CNPC 特色的 HSE 企业文化。因此，各级管理者、技术

干部、广大职工都要进一步树立 HSE 理念，要充分利用这套 HSE 管理体系培训教材，宣传普及 HSE 知识，积极借鉴和吸收国外先进的管理方法，推进中国石油天然气集团公司“HSE 管理体系工程、HSE 管理人才工程和 HSE 技术创新工程”，通过开展“HSE 精品创优”活动，以新的姿态迎接新世纪的机遇和挑战。

中国石油天然气集团公司副总经理



王永

目 录

第一章 概述	1
第二章 井下作业施工工艺	4
第一节 常规试油	4
一、概述	4
二、常规试油工序	4
三、地层测试	6
四、试井	7
第二节 增产措施	8
一、酸化	8
二、压裂	10
三、高能气体压裂技术	14
第三节 修井作业与事故处理	15
一、事故处理	16
二、冲砂	17
三、防砂技术	17
四、油井防、清蜡	18
五、找串、封串	19
六、找水、卡水、堵水	21
七、注水	23
八、检泵	26
九、套管整形技术	26
十、侧钻	28
第三章 井下作业风险识别和评估	30
第一节 确定危害和影响	30
一、压裂（酸化）施工中的危害和影响	30
二、试油（气）过程中的危害和影响	31
三、修井过程中的危害和影响	32
四、其他危害及影响	32
五、事故案例	33
第二节 井下作业风险判别准则的确定	35
第三节 井下作业施工风险评估	37
一、井喷	38
二、硫化氢中毒	39
三、井下作业危险识别和控制措施	42

四、井下作业风险评价技术的应用	42
五、风险分类及控制目标	58
第四章 风险削减措施	62
第一节 管理措施	62
一、试油作业中的管理措施	62
二、压裂酸化作业中的管理措施	67
三、修井作业中的管理措施	73
第二节 硬件措施	84
一、提升设备	85
二、冲洗设备	95
三、辅助设备	96
四、作业工具	97
第三节 系统措施	102
一、系统措施的内容	102
二、井下作业施工前的组织准备	102
三、井下作业施工准备	105
四、作业施工前的安全检查与验收	112
五、电路系统安全检查	113
六、井口及起下作业准备的安全检查	114
七、通井机起下作业操作要求	115
八、摘挂水刹车操作	116
九、拉猫头绳	116
十、液气大钳操作	117
十一、高空作业安全操作规程	118
十二、油管维护技术标准	118
十三、抽油杆维护技术标准	120
十四、地面流程的安装	124
第五章 应急反应计划	127
第一节 应急的分类	127
第二节 应急计划的内容	128
一、应急抢险原则	128
二、应急反应组织机构及职责	129
三、应急范围	129
四、应急器材	129
五、应急培训	129
第三节 井下作业中的应急措施	130
一、井喷失控后的应急措施	130
二、井喷抢救过程中的人员安全措施	131
三、发生触电事故后的应急措施	131

四、发生烧（烫）伤后的急救措施·····	131
五、急性中毒后的应急措施·····	132
六、发生机械损伤的现场应急措施·····	132
第六章 两书一表的编制·····	133
第一节 井下作业 HSE 指导书的编制原则和要求 ·····	134
一、井下作业 HSE 指导书的编制原则 ·····	134
二、井下作业 HSE 指导书编制的基本要求 ·····	134
三、井下作业 HSE 指导书的结构 ·····	134
第二节 井下作业 HSE 指导书正文的编写 ·····	136
一、HSE 管理体系 ·····	136
二、组织结构·····	138
三、岗位 HSE 职责 ·····	145
四、风险及控制·····	149
五、记录与考核·····	160
六、岗位 HSE 指导卡 ·····	161
第三节 井下作业 HSE 计划书的编制原则和要求 ·····	163
一、井下作业 HSE 计划书的编制原则 ·····	163
二、井下作业 HSE 计划书编制的基本要求 ·····	163
三、井下作业 HSE 计划书的结构 ·····	163
第四节 井下作业 HSE 计划书正文的编写 ·····	165
一、项目概述·····	165
二、政策和目标·····	166
三、井下作业队、人员 HSE 管理组织与职责 ·····	166
四、主要井下作业设备、HSE 设施及用品 ·····	172
五、危害识别与控制·····	173
六、井下作业 HSE 应急反应计划 ·····	175
七、井下作业 HSE 管理制度和文件控制 ·····	180
八、信息交流·····	181
九、监测和整改·····	182
十、审核和总结回顾·····	183
第五节 井下作业 HSE 检查表的编制 ·····	185
一、井下作业 HSE 检查表的编制原则和要求 ·····	185
二、井下作业 HSE 检查表的格式 ·····	185
三、井下作业 HSE 检查表及检查内容 ·····	186
参考文献·····	199

第一章 概述

井下作业包括钻井完井后的试油、油气层的增产措施以及采油气、水井的大修等，作业一般都在井筒内进行。比如，试油就是通过对探井进行通洗井、射孔、诱喷、压井、排液、测试等作业，取得目的层的产能、压力、温度和油、气、水性质等资料；或在以往开发的油井上，对某些新发现的或过去没有详细研究的油层进行上述工作，来认识和鉴别油、气层的工艺过程。油、气层的增产措施主要是指对低产井或者存在地层堵塞的采油井、注水井或采气井进行压裂、酸化等解堵增产措施，从而提高单井产量和注水量的过程。采油气、水井的大修是指对于存在问题的老井进行其他作业，如：冲砂、检泵、下泵、清防蜡、防砂、配注、堵水、封串、挤封、二次固井、打塞、钻塞、套管整形、修复、侧钻、打捞等作业以恢复采油气水井产能和注水量、封堵无效层以及其他井下事故处理的过程。

由于井下作业工艺复杂，工序繁多，在井下作业施工过程中，存在着大量的不安全因素和隐患，因此搞好井下作业 HSE 风险管理，进行发生事故前的风险评估及风险削减措施，将事故消灭在萌芽状态，是落实 HSE 管理体系的重要内容之一。在传统的井下作业安全与环境管理中，安全与环境管理仅仅依附于事故而存在，忽视了在生产过程中潜伏着的许多危险因素和隐患，导致人们把安全与环境管理的主要精力，放在发生事故后如何吸取经验教训和预防事故重复发生等方面，而对于事故的预防处于消极被动的管理状态，缺乏对事故进行全面的评估、削减、预测、预报和预防，以至于在井下作业施工中，虽然天天讲安全与环境保护，但各类井下工程施工事故、重大污染事故连续发生，给企业造成了难以弥补的人员伤亡和重大经济损失。

1988 年 7 月 6 日，英国在北海海域发生了帕玻尔·阿尔法钻井平台爆炸和火灾事故，死亡 167 人（这次事故是海上作业迄今为止最大的伤亡事故），调查后，形成了著名的“卡伦调查报告”，后来，在一些著名的国际石油大公司（如壳牌公司、杜邦公司、埃索公司、挪威公司等）的推动下，健康、安全与环境管理体系，才逐步形成和发展成为国际石油和天然气工业公司认可的标准。我国对外开放以后，原中国石油天然气总公司于 1997 年 6 月 27 日正式批准发布了中华人民共和国石油天然气行业标准 SY/T 6276—1997《石油天然气工业健康、安全与环境管理体系》，国际上一些著名的石油公司陆续进入我国一些地区进行石油勘探和开发，部分油田的井下作业施工队伍已多次与外国公司合作进行了井下作业的反承包施工作业；同时一些油田的井下作业施工队伍还走出国门，到国外的一些地区进行井下作业施工工作，使我国石油企业的健康、安全与环境管理水平得到了有效的提高。

在与国际大石油公司的合作中，他们不仅带来了大量的资金和先进的技术，也带来了“以人为本、安全第一、环保领先”的 HSE 理念与先进的管理思想。如长庆石油勘探局井下技术作业处是国内最早与壳牌公司合作，签订井下作业施工反承包合同的公司之一，在承包第一口井的施工工作中，他们首先遇到的健康、安全与环境管理中的风险管理问题是：当 20 多栋新的列车式房子摆在营地后，壳牌公司监督本德·布雷克在验收中发现，壳牌公司员工的住房内部有空调、抽水式马桶、洗澡间等，而中方员工的住房内部仅仅只摆了 2 张床，

其余什么设施也没有，于是拒绝在验收合同上签字。当中方人员以资金困难进行交涉时，本德·布雷克一番意味深长的话语，给在场的中方人员上了一堂生动的风险管理课，他说：“用3000多元钱安装一台空调，看起来确实贵了一点，但当员工在烈日下工作几个小时回到房间后，房间的温度比外面还要高，员工怎么能够休息好，而休息不好在工作的时候就容易头晕目眩、情绪急躁，一旦发生事故，经济损失有可能就是几万元、甚至几十万元，哪个钱多，哪个钱少，应该是非常清楚的”。结果只有中方将所有的房间安装上空调后，他才在验收合同上签字。而在施工中像这样由于中西方文化差异、观念上的差异以及管理上的不同，所造成的冲突与碰撞，几乎每天都在发生。如：在压裂施工中，我方运用传统的方法将高压管线连接起来便结束工作，而外方监督要求将所有的高压管线用钢丝绳缠绕，并用地锚固定在地上。外方的解释是在施工中万一发生管线爆裂等情况时，管线飞起来伤人怎么办。这使在场的人想起我们在这一方面是有过深刻的教训的，在1991年11月18日的一次气举施工中，由于燃油进入高压管线，引起化学爆炸，导致高压管线在井场上横扫，将在高压区外站立的3人扫倒，造成2人截肢，1人脚部骨折的重大工业生产事故。假如当时高压管线是用钢丝绳缠绕过，并用地锚固定在地上。假如当时员工离高压区远一点，假如……，然而事故毕竟已经发生，尽管当时进行了各种原因分析，也采取了许多措施防止类似事故的发生，但用钢丝绳缠绕高压管线并用地锚固定在地上的方法，却一直没有实施过。

由于井下作业施工的高风险特点，所以在实施健康、安全与环境管理中，只有搞好风险管理，才能将事故消灭在萌芽状态，否则一旦发生事故将给企业带来不可挽回的损失。正如德国的康倍斯在《劳动灾害的经济计算》一书中指出，发生事故时，除了直接费用和间接费用之外，还应注意由于企业活动能力丧失所造成的损失，如图1-1所示。

而根据美国保险学者哈德的冰山理论，认为如果伤亡事故的医疗费和赔偿费为1元，则由此事故造成的设施、机械的损失、产品和原料的损失、生产的延误、事故处理所需要的费用等就会有5元之多。另外，虽然从表面上看医疗费和赔偿费可以从保险费中支出，但表面上看不出来的间接费用，则不可能从保险金中赔偿，企业不得不自己承担。如发生一起井喷着火事故给企业所带来的经济损失，不仅仅是表面所看到的经济损失，看不到的损失更巨大，如图1-2所示。

实施井下作业 HSE 风险管理的目的，就是在进行井下作业施工的前期准备工作和施工过程中，通过对一系列信息的收集、调查，确定井下作业施工中可能存在的对健康、安全与环境的危害和影响，而进行的风险削减措施，它包括预防井下作业事故（即减少事故发生的可能性）、控制井下作业事故（即限制其范围和时间）、降低井下作业事故长期的和短期的影响（即减少其后果）等部分。

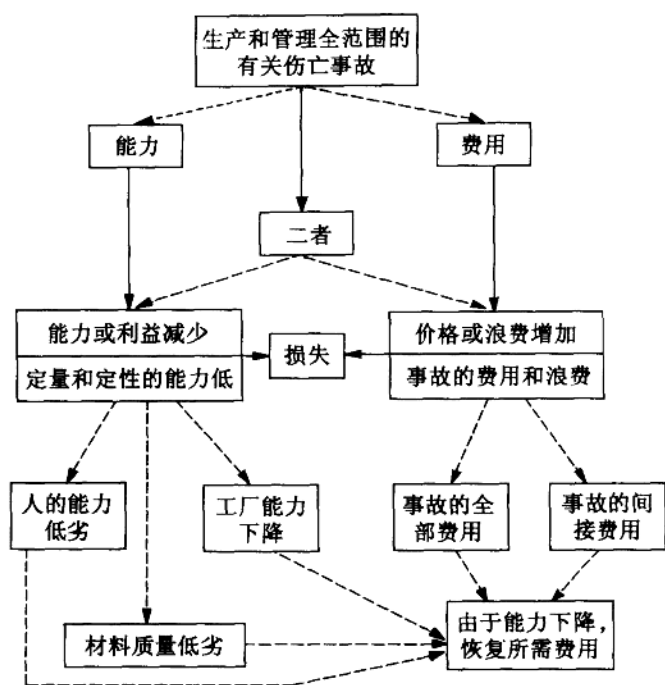


图 1-1 灾害事故对企业造成的损害

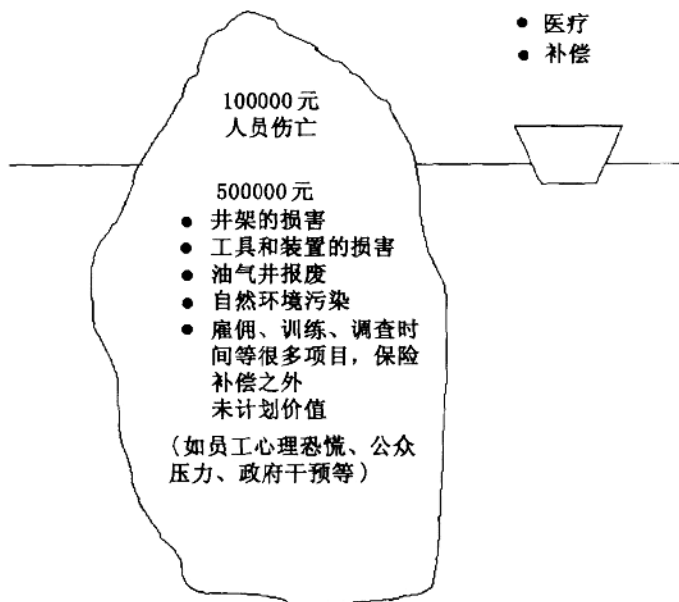


图 1-2 井喷着火事故的冰山理论分析图

第二章 井下作业施工工艺

第一节 常规试油

一、概述

1. 试油的定义

在探井中,对可能出油的层位(有时也对水层)进行射孔,降低井内液柱压力,诱导地层中的流体流入井内,并取得流体产量、压力、温度和流体与油层的性质、物理参数等资料数据;在已经开发的油田上,对某些新发现的或者过去没有详细研究的油层进行上述工作,这一整套的工艺过程统称为试油。

2. 试油的目的和任务

试油工作是全面、直接地暴露油层内在矛盾,认识油田的基本手段。试油的目的和任务是:

(1) 探明新区、新构造是否有工业性油气流。因为通过钻井、地质录井工作取得的每一口井的岩屑录井、钻井液录井、地球物理测井以及钻井过程中的油气显示等多项录井资料分析判断的含油气层位,最终只有经过试油验证,实实在在地落实,才能确定是否有工业价值。

(2) 查明油气层含油气面积及油水边界、油气藏的储量和驱动类型。

(3) 验证储油层的含油气情况和测井解释的可靠程度。

(4) 通过分层试油、试气,取得各类分层测试资料,为计算油(气)田储量和编制开发方案提供依据,为新区勘探指明方向。

3. 试油方法

按工艺方法分有常规试油、地层测试(包括裸眼井中途测试、负压射孔与地层测试器联作、试井)和特殊井(包括定向井、稠油井、严重出砂井等)试油三大类。

二、常规试油工序

新井常规试油,一般要经过施工前准备、射孔、替喷、诱喷、放喷、测试及资料录取等步骤。

1. 施工前准备

(1) 资料准备:重点内容是根据钻井、录井、测井等完井资料及试油地质方案、试油工艺方案编写施工设计。

(2) 按试油(气)井交接规定接井。

(3) 平整及合理布置试油井场。

(4) 按设计要求准备好施工设备。

(5) 排放和丈量油管。

(6) 检查、安装井场照明。

(7) 装井口，主要工作内容是：

①在油层套管头上安装采油树大四通以下部分。

②检查并安装防喷器。

③安装井口作业操作台。

(8) 配制压井液（射孔液）。

(9) 通井。一口井试油（射孔）前一般要求下通井规通井以检验井身结构、完井质量等，为下一步进行后续工序提供基本保证。通井规外径小于套管内径 6~8mm，一般通井应通至射孔油层底界以下 50m，新井要通至人工井底，老井及有特殊要求的井要按工艺设计进行。

(10) 洗井。用通井管柱进行充分循环洗井。

(11) 探、冲砂。用洗井管柱下放探砂面后上提管柱，开泵正循环冲砂。

(12) 套管试压。根据设计要求进行水、气升压试压或套管掏空负压试压。

(13) 射孔准备。按设计要求向井内替入压井液（射孔液）或掏空降低液面至设计深度。

2. 射孔

射孔就是用电缆、油管等工具将专门的井下射孔器送入套管内，射穿套管及管外水泥环，并穿进地层一定深度的井下工艺过程。射孔的目的是建立地层与井眼的流通孔道，促使地层流体进入井内，便于进行测试，从而取得所需资料。

目前现场采用的射孔方式有电缆传输射孔、油管传输射孔和过油管弹射孔三种方式。

3. 替喷

替喷就是用相对密度较轻的液体将井内相对密度较大的液体替换出来，从而降低井内液柱压力，使射孔层位的地层流体依靠自身能量流出井筒到达地面的方法。一般现场常用清水替出钻井液，有时为了保护油层，也采用轻质油进行替喷。

4. 诱喷

无论是射孔井还是裸眼井，试油前井内一般都充满着钻井液或其他压井液体，因而油层与井底之间没有油气流动。只有经过诱喷排液，降低井内液柱对油层的回压，在油层与井底之间形成压差，使油气从油层流入井内，才能进行求产、测压、取样等测试工作。

目前，诱喷排液常用的方法有抽汲、气举、混排、放喷等。不管采用哪种方法，其实质都是为了降低井内液柱高度和减小井内液体的相对密度。

1) 抽汲诱喷

经过替喷后，油井仍不能自喷时，可采用抽汲法进行诱喷排液。

抽汲就是利用专门的抽子，通过钢丝绳下入井中上下往复活动，上提时把抽子以上液体排出井口，同时在抽子下部产生低压，使油层液体不断补充到井内来。抽汲时在一部通井机上缠 1/2"~5/8"① 的钢丝绳，钢丝绳通过地滑车、天车再以绳帽与加重杆连接，加重杆下接抽子，这样就构成一套抽汲系统。

抽汲工具包括防喷盒、防喷管、绳帽、加重杆和抽子。抽吸管柱推荐使用带有封隔器和

① 1"=0.0254m

底部阀的管柱。

2) 气举诱喷

如果用清水替喷后，油井仍不能自喷，也可采用气举诱喷。气举法是利用压风机向油管或油套环空内注入压缩气体，降低井内液柱对地层的压力，使井内液体从套管或油管中排出。

气举设备主要有压风机、连续油管车和液氮泵车。气举介质推荐使用氮气。使用空气时极不安全，与油气混合易于爆炸。

5. 放喷

对于有自喷能力或经过替喷、诱喷而达到自喷的油气井，通过地面控制进行排液的过程叫做放喷。

6. 测试及资料录取

该工序用来求得目的层的产油、气、水量，以评价目的层的工业开采价值。

(1) 自喷求产：选择油嘴、过三相分离器自动测试记录。对于不能自动量油气的，分离液体用质量法计量；测气产量采用节流式流量计。节流式流量计是根据气体流经孔板所形成的压力的变化来测量流量的。

(2) 间喷层求产：在确定合适的工作制度后，采用定时或定压方式求产。

(3) 非自喷层求产：①在套管允许掏空深度和不破坏油层结构条件下，尽可能降低油层回压，排出井筒替喷液；在地层水性稳定后，进行定深、定时、定次（抽汲、提捞时）或定求产（井口压力气举时）。②低压层或干层在气举排液至套管允许掏空范围内，地层不出砂的情况下，采取测液面求产。

(4) 气层求产：①油、套管分别控制放喷，在井内污物积液喷尽后求产。②对井口和地面出气管线进行保温。③其他同自喷层求产。

(5) 测压及测温：①试油过程中，井口装好油、套压力表，记录油、套压。②下压力计、温度计在油层中部或以上 100m 的范围内，测油层流压、静压、流温、静温。

(6) 油、气、水取样。

(7) 填写报表、计算油气井产量，提交完井报告。

三、地层测试

1. 概述

地层测试是用油管（或钻杆）将测试工具下到测试位置，封隔器将欲测试层与其他层隔开后操作测试器开关，对测试层进行测试，取得井下压力—时间曲线。通过曲线分析，计算出地层和流体的各项参数，对储层做出评价。

地层测试所获得的主要参数有油井产量、地层压力、流动压力、平均有效渗透率、堵塞比、表皮系数、测试半径、边界显示、衰竭等。这些参数是计算油藏储量的重要依据。目前，国内外油田地层测试常用方法有套管常规测试、套管跨隔测试、裸眼测试、ARP 全通径测试。

地层测试地面流程图见图 2-1 所示。

2. 现场测试施工步骤

(1) 装测试卡片。上时钟，划基线，连接测试工具。

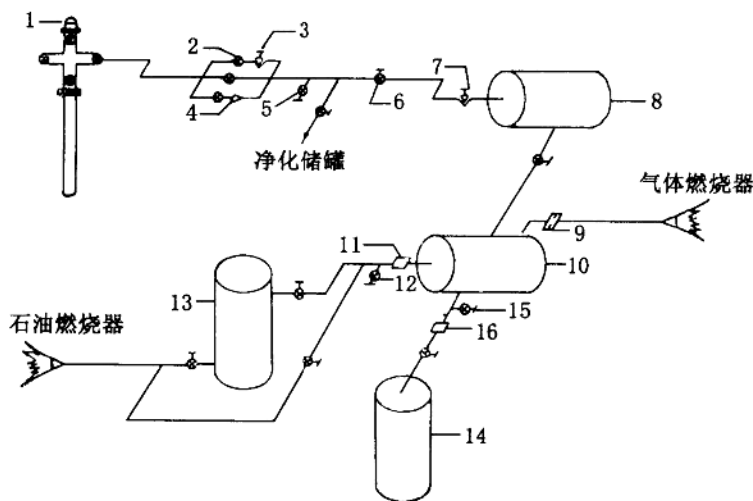


图 2-1 探井地层测试地面流程示意图

1—井口；2—开关阀；3—可变速流阀；4—固定节流阀；5—取样阀；6—分流阀；
7—加热器节流阀；8—加热器；9—孔板流量计；10—分离器；11—容积式流量计；
12—取样阀；13—油罐；14—水罐；15—取样阀；16—容积式流量计

- (2) 下测试工具。
- (3) 按设计要求加液垫，水质要合格。
- (4) 下完钻后，井口装高压封井器、接好控制头、管汇及流程。
- (5) 坐封封隔器。
- (6) 延时测试器打开后，按设计要求进行开关井操作。若自喷则地面求产。
- (7) 测试结束后，上提油管或钻杆解封，并取油、水、钻井液样。
- (8) 压井起钻。
- (9) 放样，整理测试资料。

四、试井

1. 概述

试井是油气藏工程的组成部分，它涉及到油层物性、流体性质、渗流理论、计算机技术、测试工艺和仪器仪表、设备等各个领域，是勘探开发油气田的主要技术手段和基础工作之一。试井测试技术是认识油气藏，进行油气藏评价和生产动态监测，以及评估完井效率的重要手段。试井测试所录取的资料是各种资料录取方法中，唯一在油气藏处于流动状态下所获取的信息，资料的分析结果最能代表油气藏的动态特性。目前应用试井测试手段可以确定油气藏压力系统、储层物性、生产能力和动态预测，以及判断油气藏边界和估算储量等。

常用的试井方法有不稳定试井、稳定试井两种。

2. 试井设备与仪表

试井工作常用的仪器设备有机械式井下压力计、电子压力计、井下温度计、流量计、井

下取样器, 以及电子示功仪、液面探测仪等。

3. 不稳定试井

流体在地层中非稳定渗流时进行的试井, 称为不稳定试井。油藏中的流体在一定工作条件下是处于平衡状态 (静止或稳定状态) 的, 但是油层内流体和油层岩石具有弹性, 若改变其中一口井的工作制度, 即改变流量 (或压力), 则在井底将造成一个压力扰动, 此扰动将随着时间的推移而不断向井壁四周地层径向扩展, 最后达到一个新的平衡状态。这种压力扰动的不稳定过程与油藏和油井流体的性质有关。因此, 在该井或其他井中用仪器将井底压力随时间的变化规律测量出来, 通过分析, 就可以判断和确定井和油藏的性质。这就是不稳定试井的基本原理。不稳定试井包括单井试井和多井试井。

4. 稳定试井

流体在地层中稳定渗流时进行的试井, 称为稳定试井, 又称系统试井。根据达西定律, 平面径向流的井的产量大小主要取决于油藏岩石和流体的性质以及生产压差。因此, 测出井的产量和相应的压力, 就可以推断出井和油藏的流动特性。这就是稳定试井所依据的原理。

稳定试井的具体的做法是: 关井取得稳定的地区压力及地层温度后, 通过人为地改变油井工作制度, 测得各种工作制度下相应的稳定产量和压力值, 并根据这些数据绘出指示曲线, 研究地层, 分析油、水井动态。

第二节 增产措施

油气水井由于在钻井、完井、采油过程中造成地层伤害或者地层自身的渗透性低等原因, 使得井的产量、注水量达不到要求, 这时就需要对井进行增产措施, 以提高产量和注水量。常用的增产措施包括水力压裂、酸化、高能气体压裂以及其他解堵措施。

一、酸化

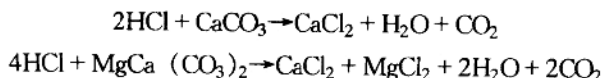
酸化是将按要求配制的酸液从地面经井筒注入到地层中, 溶解掉井底附近地层中的堵塞物质 (如钻井液堵塞等), 使地层恢复原有的渗透率; 溶蚀地层岩石中的某些组分, 增加地层孔隙, 沟通和扩大裂缝延伸范围, 增加油流通道, 降低阻力, 从而增产。

根据酸液在地层中的作用不同, 可以将酸化分为两类。当注酸压力小于油气层破裂压力, 主要利用酸液的化学溶蚀作用, 扩大与酸液接触的岩石的孔、缝、洞, 这就叫做常规酸化。如用水力先将地层压开裂缝, 然后再注酸或注酸时的压力超过地层的破裂压力都能起到压裂酸化的双重作用, 这叫压裂酸化或酸压。

按酸液类型的不同可分为: 普通酸酸化、自生酸酸化、复合酸酸化、缓速酸酸化等。

1. 碳酸盐岩地层的盐酸处理

碳酸盐岩地层的重要矿物成分是方解石 (CaCO_3) 和白云石 $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ 。盐酸进入地层孔隙或裂缝后, 将与岩石发生下列化学反应:



反应生成物氯化钙和氯化镁等都是能溶于水的盐类, 二氧化碳气体在油层条件下, 部分