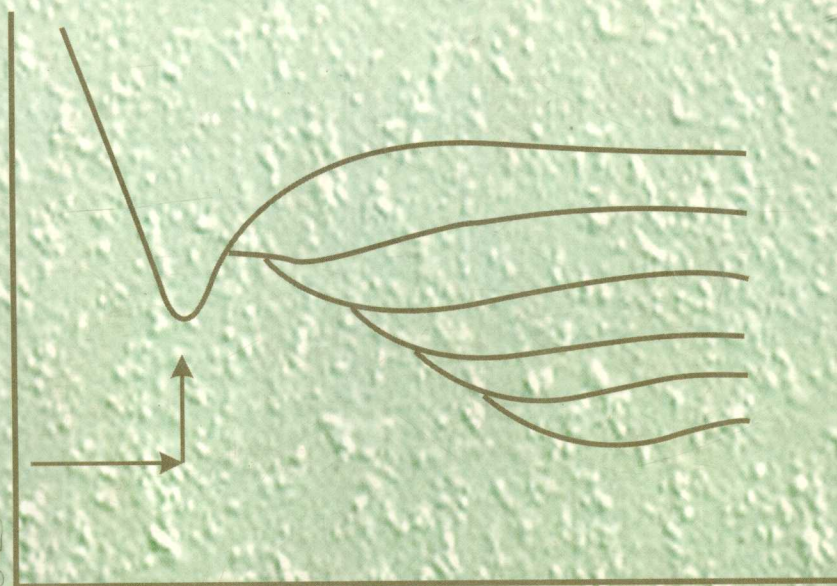


石油工程

实验教程

SHIYOU GONGCHENG SHIYANJIAOCHENG

● 张玄奇 主编



北京)

33

西北大学出版社

登录号	170768
分类	TE-33
种次号	002

石油工程实验教程

张玄奇 主编



西北大学出版社

· 西安 ·

887071
TE-33
500

内 容 简 介

本书较系统地介绍了石油工程实验的基本原理及实验方法,包括岩心制备及流体处理、科学实验设计、实验数据的误差与处理、油藏物理实验、渗流力学实验、采油气工程实验、钻井工程实验等七部分内容,涉及石油工程各类实验四十二个,是一本较为全面的石油工程实验工具书。该书可作为石油工程实验技术人员、油藏工程技术人员的参考书,也可作为石油高等院校的油田开发实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

石油工程实验教程/张玄奇主编. —西安:西北大学出版社,2001.11
ISBN 7-5604-1568-7

I. 石… II. 张… III. 石油工程 实验 教材 IV. TE-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 23978 号

石 油 工 程 实 验 教 程

张玄奇 主编

西北大学出版社出版发行

(西北大学校内 邮编 710069 电话 8302590)

新华书店经销 西安石油学院印刷厂印刷

787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 12.5 印张 320 千字

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—1000

ISBN 7-5604-1568-7/TE·5 定价:19.00 元

前 言

石油工程学科是一门建立在实验基础上、实践性很强的学科。从事大量的实验研究,也是石油工程学科的一大特点。

油藏岩石和流体的物性参数是钻井工程、采油工程、油藏工程研究的重要基础数据,获取这些岩石、流体以及岩石与流体共同作用的物性参数主要依靠石油工程实验。近50年来,石油工程实验技术一方面不断发展、完善,另一方面,随着计算机特别是微电脑技术的不断普及,石油工程实验仪器的自动化程度与测试速度以及测试精度越来越高。目前,石油工程实验技术的主要发展趋势是标准化、系列化和自动化。

生产的需要和发展,是促进石油工程学科发展的动力,它必将向各学科间的互相交叉、互相渗透方面发展,综合性更强;实际生产中不断涌现的新问题又给石油工程学科提出了新的研究课题。随着对实际问题的深入研究,石油工程实验为了更好地了解油藏条件下油层物性各方面的性质,今后的分析测试和模拟实验将朝着模拟油藏的实际条件方向发展。

关于石油工程实验的技术与方法,过去出版过一些很好的油层物理方面的参考书和教材,但尚没有一本系统介绍石油工程实验的参考书。本书的主要特点是在介绍石油工程实验所必须的基本知识的基础上,着重介绍石油工程实验的具体操作方法、操作过程以及数据处理方法。其主要内容包括岩心制备及流体处理、科学实验设计、实验数据的误差与处理、油藏物理实验、渗流力学实验、采油气工程实验、钻井工程实验等,涉及石油工程各类实验42个。本书在阐述比较完善的石油工程技术实验时,尽可能采用相应的部颁标准;在介绍石油工程实验的新方法、新技术时,尽可能突出其实用性、新颖性及先进性。因此,本书既可作为石油工程专业的教材,在一定程度上也可作为石油工程科学研究的技术指导书。

本书第一章、第二章、第三章、第四章由张玄奇编写;第五章、第六章由王志伟编写;第七章由张喜风编写。全书由张玄奇统一修改、补充。

在本书的编撰过程中,西安石油学院石油工程系何光渝教授给予大力支持,并提出了许多建设性的宝贵意见和建议,谨在此表示衷心地感谢。

张玄奇

2001.10

目 录

第一章 岩心制备及流体的处理	(1)
第一节 井场取样及岩心处理	(1)
第二节 岩心自然伽马射线检测及岩心照相	(6)
第三节 岩心标本的制备	(8)
第四节 石油和天然气实验样品的准备	(13)
第二章 科学实验设计	(21)
第一节 模拟理论	(21)
第二节 模拟实验的设计	(26)
第三节 实验方案的制定	(36)
第四节 实验的程序	(37)
第三章 实验数据的误差与处理	(38)
第一节 误差的种类	(38)
第二节 偶然误差与系统误差的统计规律和处理方法	(40)
第三节 间接测量结果的误差计算——误差传递	(46)
第四节 数字的有效位数与运算	(48)
第五节 实验中的数据处理方法	(49)
第四章 油藏物理实验	(57)
第一节 岩石孔隙度测定实验	(57)
第二节 岩石绝对渗透率测定实验	(63)
第三节 岩石油、水饱和度测定实验	(69)
第四节 岩石粒度组成分析实验(筛析法)	(71)
第五节 岩石比面测定实验	(73)
第六节 油水表面张力测定实验	(75)
第七节 碳酸盐含量测定实验	(78)
第八节 油层岩石润湿性测定实验	(80)
第九节 岩石孔隙大小分布及毛管压力曲线测定实验	(84)

第十节	油水相对渗透率曲线测定实验	(86)
第十一节	水驱油采收率测定实验	(90)
第十二节	残余油饱和度测定实验	(91)
第十三节	储层敏感性评价实验	(93)
第十四节	天然气高压物性测定实验	(98)
第十五节	地层原油高压物性测定实验	(102)
第十六节	油气体系相态特性测定实验	(109)
第十七节	稠油的粘温特性测定实验	(114)
第五章	渗流力学实验	(116)
第一节	单向稳定渗流过程中的达西定律验证实验	(116)
第二节	弹性不稳定渗流过程中单井定产量生产的早期压降曲线测定	(118)
第三节	不稳定试井压力恢复曲线测定实验	(120)
第四节	渗流场水电模拟综合实验	(121)
第六章	采油气工程实验	(125)
第一节	垂直管气举水实验	(125)
第二节	抽油机抽油综合实验	(127)
第三节	裂缝导流能力实验	(129)
第四节	水基压裂液滤失系数测定实验	(133)
第五节	酸岩旋转反应实验	(135)
第六节	采油设备的拆装实验	(140)
第七节	气体流量的测量与流量校验实验	(145)
第七章	钻井工程实验	(148)
第一节	岩石硬度及塑性系数的测定	(148)
第二节	泥浆基本性能测试及流变性测定	(151)
第三节	泥浆的盐侵污及性能调节	(156)
第四节	水泥浆稠化时间实验	(158)
第五节	岩石可钻性测定	(161)
第六节	泥浆固相含量测定	(162)
第七节	泥浆墩土含量测定	(164)
第八节	泥浆高温高压失水实验	(165)
第九节	泥浆的钙侵及其处理	(166)
第十节	泥浆的加重与润滑性测定	(168)
第十一节	油井水泥浆基本性能测定	(170)

第十二节	水泥浆凝结时间测定实验.....	(174)
第十三节	水泥外加剂(促凝剂)对水泥浆物理性能影响实验.....	(175)
第十四节	综合实验(钻井液配方设计).....	(176)
附录1	水力积分仪模拟地层渗流规律的可行性简单论述.....	(180)
附录2	温度与氮气粘度对照表.....	(187)
附录3	一个大气压力下空气的粘度.....	(187)
附录4	水的表面张力.....	(188)
附录5	水的密度.....	(188)

第一章 岩心制备及流体的处理

油藏岩石的特性参数及油气水的性质为油气田勘探和开发提供了必不可少的数据和依据,而要对岩石的物理性质进行可靠的测定,必须对岩石的样品——岩心进行认真分析。这取决于合理地选择和准备岩心。

§ 1.1 井场取样及岩心处理

1.1.1 井场取样

1. 岩心出筒

取心筒一出井口,应立即取出岩心,并且要做到动作轻快,尽量减少使岩心破碎的人为因素。如果岩心过长,可以用地质锤将岩心轻轻敲断。

取出方法是,抬高岩心筒的一端,使岩心靠自身的重量滑出取心筒。这时,操作人员要注意安全,不得用手去接下滑的岩心,同时要注意岩心滑出筒时的顺序以及岩块上下方向。如果岩心靠重量滑不出筒,可轻敲筒壁或用木棒推出岩心。严禁用重锤敲击取心筒。如果实在取不出岩心,可用取心时的钻井液,靠泵压顶出岩心。同时,地质人员应将取心钻进时的异常情况 & 岩心出筒情况作一简单记录。

2. 岩心出筒后的处理

为了给以后取准岩心分析数据打下良好的基础,不允许将岩心过久停留在取心筒,或泡在钻井液内,或暴露在空气之中,以避免岩心中的液体氧化或蒸发。如果因不慎,确实发生了不应发生的事情,那就一定要如实地记录,以便能据此分析将来所测数据的真伪,从而决定其取舍。因此要求岩心一出筒就尽快地用浸过取心液的棉纱擦净岩心表面。如果岩心上有泥饼,可用小刀等工具刮掉,禁用清水或其它液体清洗岩心。岩心擦净后,按出筒次序(注意不得颠倒岩心上下方向)排好,进行丈量,算出取心收获率。如果岩心长度与钻井进尺不符合,除非有其他证据(如岩石磨损、破碎等),一般都假设丢失的岩心是在井底段。岩心丢失的部位及与此有关的详情都应记录下来。而后,在每一段岩心上注明取心筒次、块次,画出岩心顶底方向,并进行岩心描述。之后,把岩心装入标有顶底方向的岩心盒中(岩心的顶底方向要与岩心盒的顶底方向一致),并在岩心盒的标签上写明盒号、井号、层位、深度、块号、岩心长、收获率等。

1.1.2 岩心的保存要求

岩心出筒后,根据测试项目的要求及储存时间的长短(即距分析时间的长短),选用不

同的包装和保存方式。分析油、水饱和度的样品，应尽量避免液体蒸发，在选好取样位置并进行简单描述后立即取样；对疏松或胶结差的岩样采用内径与岩样外径相接近的容器或铝箔加以适当支撑的办法。

1. 容器密封法

本法用以保存对测定要求精度高的岩样和分析油、水饱和度的岩样。可以将岩样直接装入容器，也可用铝箔、聚乙烯或其他合适的塑料包裹后，密封在容器中。岩样及容器上都应标明井号样号……同时，岩样与容器之间的空隙应尽量小。未包裹的岩样更应控制岩心与容器之间的间隙。对于疏松岩样，可在其周围填加软填充物，但不得采用纸、纸板或其他能吸收岩样中水或油的材料填充。

2. 管子密封法

把岩心装入钢、铝或塑料管中，两端用带O型密封圈的堵头封住。

3. 塑料袋密封法

本方法适用于保存坚硬的岩心。密封时应尽量减少岩心与塑料袋之间的空隙。可沿岩心长轴方向将岩心旁边的塑料袋边角卷起，排除袋中的空气。同时，严防袋中岩心的棱角刺破塑料袋，必要时可用塑料薄膜包缠岩心或用多层塑料袋包装，然后装箱。

4. 干冰冷冻法

本方法适用于保存疏松岩心。这是一种快速冷冻岩心的方法。在当地接受实验室分析的岩心，只作一般冷冻即可，但要外运的岩心还要在其周围覆盖干冰。

经冷冻的岩心分析前，应在20℃室温条件下，使岩心自然解冻，并要防止空气中的水分凝结于岩心表面。

冷冻法对岩心性质有一定影响，对用冷冻时膨胀或收缩较小的液体，如盐水作钻井液时取得的岩心受影响小，而对用淡水作钻井液时取得的岩心受影响较大，会使测定的油、水饱和度值偏低。

5. 金属箔及塑料膜包裹法

本方法适合于保存胶结较好且在几小时之内就能分析的样品。一般作法是沿岩心长度方向包裹2~3层金属箔，然后把岩心两端长出的金属箔折叠起来，压在岩心的端面上，再在金属箔的外边包上塑料薄膜。

6. 低熔点塑料涂层法

本方法适用于保存那些需远距离搬运或多次装卸的岩心样品。具体作法是，将已擦干净表面的岩心，一端浸入刚刚熔化的塑料液中沾一下（浸入端约占岩样长度的2/3），立即拿出，冷却并停置几秒钟后，再沾另一端。要求涂层厚度约1.6mm，涂层均匀无气泡，涂料渗入岩心深度不超过一颗砂粒的直径。对那些运输距离过长，胶结较差的岩心，可按需涂多层塑料。对胶结疏松的岩心，可先用金属包裹后，再进行多次涂层。

对塑料性能的要求：①塑料性质必须经久不变；②与油水接触不起反应；③不含油、脂肪酸溶剂或其他腐蚀性液体；④对油、气、水不渗透；⑤熔点低于95℃；⑥熔化后粘度较低，很容易从一个小气孔中倒出或滴出，但不能渗入毛细孔隙中；⑦从加热器中取出

1.1.3 实验室验收岩心的次序

表 1.1 验收岩心清单(格式)

送样人_____

收样人_____

验收日期_____

[illegible]

实验室编号 _____

日期_____

接受任务人_____

派任务人_____

岩 心 号 _____

1. 伽马射线测试
2. 钻取岩心
3. 铅套样品
4. 油气水饱和度
5. 孔隙度
6. 渗透率
7. 岩心标本
8. 照相

紫外光

白光

9.

10.

11.

12.

表 1.3 取心送样资料记录表(格式)

1. 分析人_____
2. 井号_____
3. 油田名称_____
4. 省(市)_____
5. 县(市)_____
6. 井位_____
7. 井的标高 $\left\{ \begin{array}{l} \text{由地面算起} \\ \text{由转盘补心算起} \end{array} \right.$
8. 地层名称_____
9. 是否是岩心记录 是 否
13. 岩心编号_____
14. 取样日期_____
15. 取样人_____
16. 岩样发出日期_____
17. 运出人_____
18. 来自何处_____
19. 取心方式_____
- ☐ 普通取心_____

10. 原油 API 度_____相对密度估算值_____

测 定 值_____

11. 地层水的矿化度 mg/L

12. 要求进行分析的项目 ☐

a. 常规分析

☐ 流体饱和度

□孔隙度

☐ 渗透率☐☐

b. 专项分析

☐ _____☐

1

21. 初步结果发往

收样人_____

收样时间_____

22. 分析要求提出人_____

23. 岩石名称的缩写

anhy — 硬石膏

chy - 燧石

cly - 粘土

cgl - 砾石

doll - 白云岩

24. 附注:

[illegible]

比例 1 : 24

在验收岩心时,首先,要了解送样单的内容、清点岩心箱数、核对箱号和井号等。其次,双方共同开箱,并将岩心按顶底方向、岩心块号、断口形状等在盒内排好,留出缺失段的空位,然后丈量核收岩心。丈量岩心时,先沿长度从顶到底画出相距2cm两条直线,右边为红,左边为蓝。每半米作一记号,整米处记一深度。最后,填好岩心验收清单及工作任务单。如果在井场已取了实验室分析的岩心,那么,就要确定是否补取。如果要补取,就要标明补取的位置。若在井场未取分析样品,则要根据分析的要求,标明取样的位置。

1.1.4 岩心描述

岩心描述是指对岩心进行简单的粗略描述,只靠眼睛的观察,手的触摸,有时也借助一些简单的工具、仪器和试剂,如显微镜、荧光灯、小刀、盐酸、水及其他一些试剂等,以便把储层的液体产状、含量、岩石类型等作一简单描述。

1. 岩心中含油、气、水特征描述

含油、气、水特征描述,最好是岩心出筒后在井场进行。当然,对岩心进行合理保护以后,运到实验室描述也可以。

(1) 含油描述 打开岩心的新鲜面,肉眼就能观察到含原油情况。记录烃的颜色和气味,观察含油产状。我国一般将含油情况分为四个等级,即

油砂:含油面积为75%~100%,含油饱满或较饱满,均匀,局部有不含油斑块。

含油:含油面积为50%~75%,含油较饱满或不饱满,有不含油斑块。

油浸:含油面积为25%~50%,含油多为不饱满,呈条带分布。

油斑:含油面积为10%~25%,呈斑块状分布。

确定岩心含油级别,要注意原油的颜色和相对密度。一般原油颜色深、密度大的储层,易确定其含油产状及级别。面对那些原油颜色浅、密度小的储层,其含油级别宜定得偏低。

如果剖开岩心后,只能闻到油味,那就要借助水、试剂或仪器进行描述。具体方法有以下几种:

(a) 滴水试验:在岩心的新鲜断面上,滴几滴清水。如果岩心含油,水在岩石表面不渗透,不扩散,呈小圆球状;如不含油,水就易扩散,易渗透。

(b) 四氯化碳试验:将岩心捣碎,放入试管中,加入约2倍于岩样的四氯化碳溶液,摇晃浸泡约10min。如果岩心含油,则溶液变为棕色,棕褐色或黄色;若含油极微,溶液仍为原色,将溶液倒在洁白的纸上,挥发后,则残留淡黄、淡绿或棕色痕迹。

(c) 丙酮试验:将岩心捣碎,放入试管中,加入约2倍于岩样的丙酮溶液,摇晃均匀后,再加入同体积的蒸馏水,如含油则溶液变为浑浊的乳白色。

(d) 荧光试验:将岩心捣碎,放入试管中,加入约2倍于岩样的四氯化碳溶液,浸泡24h左右,放在荧光灯下与配好的含不同油量的四氯化碳标准溶液对比,确定是否含油及含油级别。

(2) 含气描述 将打开的有新鲜面的岩心浸入水下约2mm,观察有无气泡冒出,记录

出气部位、气泡的连续性、延续时间及声响大小、有无硫化氢味等，并用红笔圈定出气点。

(3) 含水描述 打开岩心的新鲜面后，如果岩心中只含水而无油存在，则新鲜面显示潮湿；如果有油存在，水则会呈珠状析出。

2. 岩性描述

进行岩心油、气、水观察的同时或观察之后，还要对岩性进行肉眼观察或显微镜观察。肉眼观察的主要内容如下：

(a) 主要岩性单元的岩性和厚度。

(b) 岩性边界的性质和倾角。

(c) 层理、沉积和成岩构造的大小及倾角。

(d) 岩层中分层情况（韵律性）。

(e) 天然裂隙和断口的大小及倾角。

(f) 天然裂缝表面状况。

(g) 溶洞的分布情况、充填物和洞面比。

(h) 次生孔隙的类型、数量和分布。

观察之后，作一表示岩性边界和主要构造的草图。

在不破坏岩心的前提下，在规定的或感兴趣的点上取一小块岩心进行显微镜观察，然后按下列内容描述：

岩石类型：砾岩、砂岩、灰岩等。

岩石颜色：白色、灰色、黑色、黄色、棕色等。

岩石硬度：坚硬、硬、松软、松散等。

岩石矿物质：灰质、硅质、粘土、石英、长石、云母、海绿石、石膏等。

岩石颗粒形状：极圆、圆、次圆、次棱角、棱角等。

分选：极好、好、中等、差、极差。

另外，对岩心的颗粒大小、胶结情况、孔隙状况、次生矿物及化石等也要作出描述。

§ 1.2 岩心自然伽马射线检测及岩心照相

1.2.1 岩心自然伽马射线检测

沉积岩的自然伽马射线一般标志着含有铀钍矿物或有同位素 ^{40}K 的存在。典型的页岩有较高的伽马放射性，碳酸盐岩则有较低的伽马放射性，而砂岩放射性介于二者之间。

用自然伽马射线检测仪测定岩心，并记录其自然伽马连续曲线，将该曲线与同一口井或附近几口井的自然伽马测井曲线进行对比，可以校正岩心的相应深度，验证取心漏取段，使岩心正确归位。

实际用途如下：

(a) 便于对比，有可能指示出标准层。

- (b) 有可能对薄层准确取心。
- (c) 控制取心钻进井段。
- (d) 有可能省去不必要的取心。
- (e) 有可能列明和准确地定出岩心磨损井段。

1.2.2 岩心照相

在一些岩心彩色照片上能辨别出岩层的岩性变化、层理、层间渐变段、虫孔、溶洞、裂缝、页岩夹层、含油情况以及其他结构构造特征。同时，照片便于携带、复制，也利于长期保存，且能为更多的科研人员提供观察研究。

1. 操作过程

先将剖切开的半片岩心切面朝上，放于具有长度标志的照相托架上，并按表1.4的要求，在托架上摆好送样单位、井号、取心筒次、岩心深度、照相年、月、日等字码。同时，若有部分岩心已被取走或被钻取了测试样，则应标明取走样品的位置和长度，以及钻下的岩心序号，以便以后查找应用。照相托架的上部固定有标准色板，作为洗印照片的标准。按以上要求摆好后，先照白光照片，后照紫外光照片（此时不得有一点白光），如果萤光不明显，还可以在岩心表面喷涂一层三氯甲烷试剂，使含油部分的萤光显示更为清楚，然后再照一次。

2. 注意事项

喷涂三氯甲烷时，禁用橡胶制品或能与三氯甲烷起反应的物质作为喷涂工具。

照完相后，将样品装于塑料袋中封好，按顺序放回原岩心盒中。照相版面（格式）如表1.4所示。

表 1.4 照相版面(格式)

送样单位	井号	年	月	日
岩心送样次数	岩心送样次数	岩心送样次数	岩心送样次数	岩心送样次数
深度 /m	深度 /m	深度 /cm	深度 /m	深度 /m
		0		
		10		
		20		
		30		
		40		
		50		
		60		
		70		
		80		
		90		

§ 1.3 岩心标本的制备

1.3.1 标本制备

1. 全直径岩心

全直径岩心是指用取心钻头直接从井眼中取出,并保持其原始直径的圆柱状岩心。实验用的全直径岩心其最大尺寸限制为长度3.048m,直径12.7cm。超出该尺寸的岩心需要特制的岩心夹持器。

对非均质性岩石的试验,需要用全直径岩心。除了三次采油中的胶束驱油试验外,所有试验的流动方向均是沿着岩心的轴线垂直向下的,因此,具有层叠状的岩心不适宜做全直径岩心的流动试验。

2. 柱塞岩心

柱塞岩心是指从全直径岩心上钻取的小圆柱型岩心。岩心柱塞的尺寸一般为直径2.5cm或3.75cm,长度2.5cm~7.5cm。柱塞式岩心应该从均质性好的砂岩或碳酸盐岩全直径岩心的中部钻取,以尽量减小钻井液微粒侵染的影响。

3. 新鲜岩心

无论是用油基还是水基钻井液取心,对那些受到保护、未经清洗和干燥处理直接用来测试的岩心,都称为新鲜岩心。

4. 自然态岩心

用原油或那些已知对岩心润湿性影响最小的特殊油基钻井液取的,且其他条件都符合新鲜岩心要求的岩心,称为自然态岩心。从过渡带取出的新鲜岩心和自然态岩心应该具有与在油藏条件下相同的含水量和水分布,因此适用于油藏含水分析有关的试验。

5. 复原岩心

经清洗和干燥处理的岩心称为复原岩心。这种岩心的优点是可用于气体渗透率和孔隙度的测量以帮助我们选择试验岩心,其缺点是岩心润湿性和孔隙内的水分布已不能代表油藏的原始状况。

岩片标本的制作,可使有特殊价值的岩心长期保存,便于以后的研究和应用。其制备方法是,从岩心最大直径处剖切下厚约2cm的岩片作为标本,如图1.1所示。

将标本大面朝上,放入标本盒中,顺序放满一盒,核准样深无误后,把标本小面用粘合剂粘于盒底,并在岩片标本盒内岩片的顶端木板上标明井号、标本顶底深度及取走的岩心柱序号等。在岩片盒外,顶端标明井号、盒号。

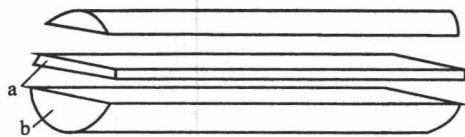


图 1.1 剖切岩心标本

a. 岩心标本 b. 半片岩心

1.3.2 常规测试样品的钻取

取样准则是, 首先应按取样要求规定的取样间隔进行取样, 同时要考虑岩心的具体情况, 取一有意义的岩心为最有代表性的岩心。不要在有次生孔隙部位的岩心上取孔隙度样品, 除非次生孔隙在这段岩心中是稳定一致而又有代表性的。

在较厚的砂岩中, 每米岩心可以取3~8块样品, 具体取多少, 视岩心的均匀程度而定。而在碳酸盐岩地层、倾斜地层、有交错层的地层中, 地层要素变化比较大的要适当多取, 而且应取全直径的岩心进行分析。如果地层呈水平状且是薄层砂岩与页岩互层, 则每个厚度超过10cm的砂岩岩层都要取样, 以期得到满意的结果。

岩性有变化的薄储集层, 取样时应照顾到这个储层的顶部、底部、中部的岩性。下边分别介绍对不同用途样品的取样要求。

1. 饱和度样品的取样

准备做饱和度测试的样品, 都要尽快进行分析, 因为样品中的液体会不断地从样品中蒸发出来, 同时, 这种样品必须选自岩心的中央部分, 因为那里受泥浆的影响最小。也就是说, 岩心出筒距取样分析的时间越短, 岩心中的液体保留得越多; 分析样品的部位越接近岩心的中央, 岩心受钻井液的影响越小, 残留的流体越多。用这样的岩心测量, 就能使测得数据更接近真实含油、水情况。

为了及时准确地取样, 首先要做好取样前的准备工作。如选取岩心、抽提或干馏、烘干岩心用的仪器和工具, 称量岩心用的杯子, 或带盖的瓶子, 要洗净烘干备用。

为了尽量减少岩样内的液体的损失, 对送到实验室的样品, 应检查包装情况。测定岩样时, 应测定一块后再打开另一块。

对不同的测试方法要采用不同的取样方法。

(1) 蒸馏抽提法取样 将从岩心中心部位取下的岩样分作两份, 一份供测孔隙度、渗透率用; 另一份取40g左右, 打成碎块(其中保留8g左右的岩心1~2块, 蒸完水后, 作测定孔隙度用), 放入已称重的杯中, 再将杯与岩心一起称重, 供测定岩样中水量用。

(2) 干馏法取样 在预计取孔隙度、渗透率样品位置的中心部位取样。把取下的样品分作两份, 一份整块样重约25~40g, 放入带盖的瓶中, 供测岩样的气体饱和度和总体积用; 另一份碎样重约100~175g, 称重后放入干馏岩心杯中, 作测定样品中水量和油量用。

干馏样品碎块的大小均匀性很重要, 比较好的办法是用一台岩心破碎机, 很快地将岩心破碎成大小均匀的碎块, 这样对岩心中所含流体的干扰小。

2. 渗透率样品的取样

对陆相地层来讲, 岩层性质变化较大, 因而取样时要视岩心的均质程度而决定钻取岩心的直径与取样的密度。一般来讲, 非均质程度高、具有裂缝、溶洞的岩心, 分析样品宜用大直径岩心为宜, 而较均质的岩样则以小圆柱为主。钻切小圆柱时, 可用金钢石取心钻

头及锯片把岩心钻切成圆柱形或立方形。对疏松岩心, 冷冻后可用钻床在液氮保护下钻取样品, 未冷冻的则用手工或专用工具取样。岩样在切割、测量、称重、萃取流体和烘干之后, 对这种疏松易碎的样品必须密封加固。

密封的方法是, 将岩样放在一定厚度的砂子上, 在样品外套上一个一定尺寸的圆筒, 把融化的蜡注满岩心和夹持套的空隙之间, 然后, 把岩样从砂上拿起, 重新测量岩心的长度和直径。

小圆柱岩样的外径为 1.9~3.8cm, 一般为 2.5cm, 最小长度与直径之比不得小于 1, 而且圆柱两个端面互相平行并垂直于轴。同时, 须保证两个端面不受污染。

小圆柱水平渗透率岩样, 必须沿平行岩层层面钻取; 垂直渗透率岩样, 必须沿垂直岩层层面钻取。

切割成立体的岩样, 必须在取样时做好垂直面记号。

当然, 样品的切割也没有一个严格而可靠的规则, 但岩层的层理越复杂, 岩心分析也就越复杂。因此, 如果岩心有斜层理, 岩心柱塞就要沿着层理倾向钻切。因为一般认为, 沿地层走向的渗透率和沿地层倾向的渗透率是否相同, 必须测定两个横向渗透率: 一个沿地层走向, 一个沿地层倾向。

钻取样品时, 为冷却钻具所用的冷却液应以不损害岩心为原则。对一般固结的岩心钻样时, 目前多用水和空气作冷却液。但最好不用水, 因为水能改变岩石的孔隙结构。现在, 以液态二氧化碳作为冷却液已越来越普遍, 因为它可以防止岩样在钻切时过热而又不会堵塞孔隙。对泥质含量较高的岩石, 可用盐水或未经氧化的原油或精制煤油、柴油等作冷却液; 冷冻疏松岩心可用液氮作冷却液。钻切完后, 应立即放入冷冻箱中, 待封铅套。

在钻好的每块岩样的柱面上, 用毛笔注明井号、样号, 如果是垂直地层取样, 要标明垂直记号。

3. 孔隙度样品的取样

取测孔隙度的样品, 一般与取渗透率样品一样, 有时, 可与测渗透率用同一块样品。

用煤油法测孔隙度的样品: 如未钻取小圆柱样, 可取一块 15~25g 岩样, 制成圆形或椭圆形, 用毛刷刷去表面粉末, 用毛笔写上井号、样号。含油样品, 先取样, 后取油。对于固结较好的岩石样品, 可用手锤修琢, 疏松岩心可用刀切割。样品必须是新切割的而且不能研磨, 因为研磨会堵塞岩石的有效孔隙空间。

仅由石油粘结的松散砂岩, 在洗油过程中随着石油的溶解而散开, 因此取样之后, 应立即包封在铅套或聚四氟乙烯热塑料管中。即使这样, 如果岩样中没有或有极少矿物胶结物的话, 也很难保持砂粒间位置的稳定性。

1.3.3 岩心中油和盐的清洗方法

孔隙度、渗透率是岩石本身的属性, 如果有油和盐附于岩石的孔隙喉道中, 就会