



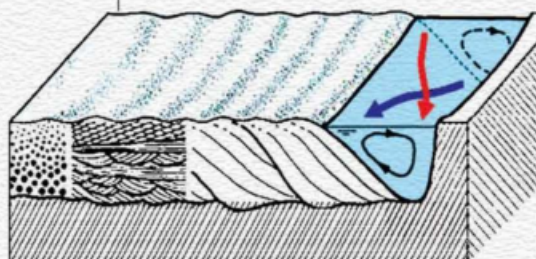
中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
教育部“本科教学改革与教学质量工程”项目资助
中国地质大学(武汉)实验教学教材基金资助
中国地质大学(武汉)资源学院教材基金资助

油气储层地质学实训教程

YOUQI CHUCENG DIZHIXUE SHIXUN JIAOCHENG

姚光庆
袁彩萍
周锋德
李嘉光

◎ 编 著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
教育部“本科教学改革与教学质量工程”项目资助
中国地质大学(武汉)实验教学教材基金资助
中国地质大学(武汉)资源学院教材基金资助

油气储层地质学实训教程

YOUQI CHUCENG DIZHIXUE SHIXUN JIAOCHENG

姚光庆 袁彩萍 周锋德 李嘉光 编著

图书在版编目(CIP)数据

油气储层地质学实训教程/姚光庆,袁彩萍,周锋德,李嘉光编著. —武汉:中国地质大学出版社,2016.1

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

ISBN 978-7-5625-3794-6

I. ①油…

II. ①姚… ②袁… ③周… ④李…

III. ①储集层-石油天然气地质-高等学校-教材

IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 002240 号

油气储层地质学实训教程

姚光庆 袁彩萍 周锋德 李嘉光 编著

责任编辑:王凤林 胡珞兰

责任校对:周 旭

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:200 千字 印张:8

版次:2016 年 1 月第 1 版

印次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印刷:湖北睿智印务有限公司

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-3794-6

定价:16.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

编委会名单

主 任:唐辉明

副主任:徐四平 殷坤龙

编委会成员:(以姓氏笔画排序)

公衍生 祁士华 毕克成 李鹏飞 李振华

刘仁义 吴 立 吴 柯 杨 喆 张 志

罗勋鹤 罗忠文 金 星 姚光庆 饶建华

章军锋 梁 志 董元兴 程永进 蓝 翔

选题策划:

毕克成 蓝 翔 张晓红 赵颖弘 王凤林

前 言

《油气储层地质学实训教程》是《油气储层地质学》教材配套的实习及实训教材。该教材由中国地质大学(武汉)实验教学教材基金及中国地质大学(武汉)资源学院教材出版经费联合资助出版,适用于石油工程、资源勘查工程等相关本科四年制专业教学,也可供相关专业研究生和科技工作者参考使用。

油气储层地质学不仅是一门理论课程,更是一门适用性、操作性、实践性很强的课程,涉及动手操作内容多、涉及面广、方法手段多。出版《油气储层地质学实训教程》对学生学会基本操作、加深相关概念和理论的理解及培养动手能力很有必要。目前,有关此类实习及实训教材或指导书不多见,本教材的出版也是填补这一缺憾之举。

本实训教程的特色是:紧密配合课程讲授内容;以储层地质研究方法为重点;注重动手能力和实际操作能力;引入科研生产实际资料;以探究型和综合分析实习为主。实训课程设置的实验涵盖了岩芯分析、测井分析、沉积相分析、岩石特征、储层物性、野外观察和储层建模等内容,属于基本的储层地质学知识体系和方法体系,需要学生加深和强理解掌握的知识点。

本实训教材整理了14个实训实习及1个建模软件操作指导,内容可以为不同专业、不同课时课程提供实习实训选择,供教师应用于野外、实验室、课堂,或者课余作业时选择,也可以供相关专业高年级学生和生产部门科技人员自学、自习及科学训练选择使用。

该实训教材由姚光庆主编,袁彩萍、周锋德、李嘉光为副主编,全书由姚光庆、袁彩萍统稿。

感谢中国地质大学(武汉)实验室设备处、教务处、资源学院对该教材出版的支持和帮助。本书编写过程中,使用了许多多年来科研合作单位的实际资料,在此对中国石油化工有限公司河南油田分公司、中国海洋石油总公司湛江分公司、中国石油天然气集团公司大港油田表示衷心地感谢。

书中存在错误和不足,敬请读者批评指正。

作者

2015年11月5日

目 录

实训一 岩芯编录	(1)
实训二 岩芯岩性观察与描述	(7)
实训三 岩芯裂缝观察与描述	(18)
实训四 砂泥岩测井岩性及测井相识别	(25)
实训五 白云岩地层测井岩性判别	(34)
实训六 河道砂体对比剖面图	(41)
实训七 砂体等厚图	(46)
实训八 砂岩粒度分析	(51)
实训九 砂岩岩石成分类型	(56)
实训十 孔隙类型与成岩相分析	(62)
实训十一 岩石孔隙结构图像分析	(69)
实训十二 孔渗分析与流动单元划分	(73)
实训十三 现代沉积环境考察研究方法	(78)
实训十四 野外露头储层沉积学考察研究方法	(83)
实训十五 储层三维地质建模软件(Petrel 2014)操作	(89)
主要参考文献	(118)

实训一 岩芯编录

岩芯是石油勘探和开发过程中最直观的第一手地质资料,是地下地层、油层宝贵的实物资料。石油科技人员通过岩芯的描述和分析可以为油田地质研究、油田开发方案制订、油田储量计算和增产措施制订提供依据,从而解决与地下地质和油气田勘探开发相关的许多重要科学及工程问题。岩芯地质编录(Geological documentation of drill core)是整理、收集、观察、记录和研究岩芯中所赋存的各种地质信息及地质现象,并完成规范的岩芯录井图所包含的全部工作过程和成果资料的全称,是一项重要的基础性地质工作。

一、实训目的

油田钻井取芯工程工艺复杂、耗资巨大,但是为了解决与地下地质和油气藏有关的许多重要科学及工程问题,这项工作在每个油田都是必不可少的一项工程措施。通过本次实训,主要了解岩芯的取芯流程、岩芯地质描述与编录程序以及岩芯录井图编制,尤其要掌握岩芯编号整理内容及岩芯录井图的编制,为全面准确掌握和利用岩芯资料用于石油工程及地质研究打下基础。

二、相关知识

(一)钻井取芯的作用及意义

1. 获取地层属性信息

直接获得有关颜色、岩性、矿物组成、粒度结构、岩石类型、古生物化石、地层时代、岩石力学性质等岩石地层属性信息。

2. 沉积相与沉积环境标志

获取岩石学标志、古生物学标志、沉积层序标志、水动力学标志等,分析判断沉积岩沉积环境,划分沉积体系,预测储集层的分布。

3. 研究地层层面与构造层面

直接观察构造层面(断层面、裂缝面)、地层层面(地层不整合面)、沉积层面(冲刷面、层理面、岩性层面等)标志,建立与构造、沉积、地球物理对应的标志层(标准层),为地质构造、沉积体系研究和地震解释提供物理模型。

4. 评价烃源岩层质量

勘探早期阶段取芯目的之一是检查盆地是否有高质量的烃源岩,是否值得进一步勘探。

取芯获取的烃源岩进入实验室进行相关岩石学、古生物学、烃源岩有机分析、地球化学分析,获取生油指标参数,可以评价烃源岩层质量,进而确定选择勘探油气藏的目的层和有利地区。

5. 发现及评价油气储层

通过对取出岩芯的分析,分析钻取所得油层的孔隙度、渗透率、含油气饱和度以及油气层的有效厚度,以确定油气层的工业开采价值,从而为研究储层的四性关系(岩性、物性、电性、含油性)和储量计算提供基础资料,为测井资料解释提供物理模型。

6. 研究油、气、水物化特征

通过密闭取芯,了解储集层中流体性质和流动特性及油、气、水的分布情况,获取储层含油和含水饱和度参数。

7. 指导石油工程生产实践

在油气田开发的不同阶段,通过对取出岩芯的分析,掌握油层压裂、酸化等工程措施效果;掌握水驱油的原理和在不同条件下的油水运动规律,为油田的二次采油、三次采油提供理论依据,为油区井网调整提供基础资料。

(二) 钻井取芯流程

在钻井过程中使用特殊的取芯工具把地下岩石钻取、切割,之后成块地取到地面上来,这种取到地面的成块岩石叫作岩芯。通过它可以测定岩石的各种性质,直观地研究地下构造和岩石沉积环境,了解其中的流体性质等。获取岩芯必然要用到钻井取芯工具及钻井设备。常见的钻井取芯工具有:①取芯钻头,用于钻取岩芯;②外岩芯筒,承受钻压、传递扭矩;③内岩芯筒,储存、保护岩芯;④岩芯爪,割断、承托、取出岩芯;⑤悬挂轴承、分水流头、回压凡尔、扶正器等;⑥正常的钻杆链接取芯工具一直到井口平台。

一筒岩芯长度取决于取芯筒的长度,一般 9~10m 不等。钻井取芯流程是一项工艺技术复杂的流程,简单概括其工艺流程如图 1-1 所示。

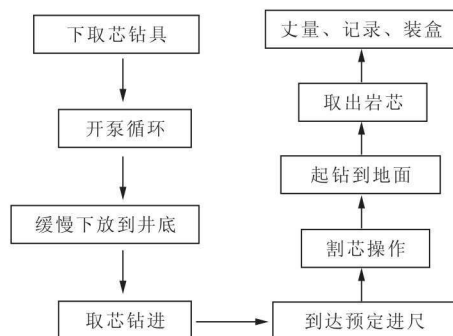


图 1-1 一筒岩芯取芯工艺流程图

(三)岩芯编录

岩芯编录是指在岩芯钻探过程中进行的原始地质编录,也称为岩芯地质编录(Geological documentation of drill core)。简单地说,就是对地下钻井取出的岩芯进行整理、编号、记录的过程,是一项重要的基础地质工作,一般包括编辑记录岩石、构造和含矿性(含油性)3个方面的信息,具体过程概述如下。

1. 岩芯编号与整理

1)岩芯编号

从井场运回岩芯,用清水擦洗清除泥浆后晾干;在岩芯槽中对岩芯块进行仔细的对接,量出归位后的岩芯长度。岩芯丈量、清洗完后应立即进行编号,以防岩芯顺序混乱和丢失。对岩芯编号有如下要求:

(1)一般按岩芯出筒后的自然断块编号。自然断块过长时,泥岩每 40cm 编一个号,砂岩每 20cm 编一个号。

(2)松散、破碎的岩芯每 20cm 编一个号,用 2cm×3cm 规格的不干胶片贴在岩芯盒内壁相应位置或装破碎岩芯的塑料袋内。不足 20cm 时也要编号。

(3)有磨光面的岩芯,不足 20cm 也要编一个号。

(4)编号应避开裂缝,漆框涂在光洁的岩芯表面。

(5)逢编号 10 及本筒首、尾岩芯均要进行全编号。

(6)漆框规格:白漆涂成 2cm×3cm 的方块。

(7)编号内容:①全编号包括井号、块号、井段(m),如图 1-2 所示;②一般编号仅写块号,如 $2\frac{7}{46}$,意为本井第 2 筒岩芯,该筒共编 46 个块号,该块为第 7 号。

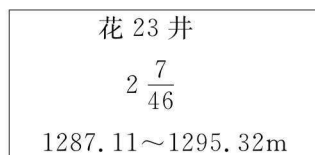


图 1-2 岩芯编号格式示意图

2)画岩芯方向线、整米、半米长度记号

岩芯编号后,对好茬口,避开编号码,用红漆自顶而底在岩芯上画一条直线,箭头指向底部,即岩芯方向线。在方向线上自顶而底逢整米、半米贴直径为 1cm 的不干胶圆片,并用黑墨水写上距顶 0.5m、1.0m、1.5m 的字样。若岩芯破碎,可移到完整岩芯上,此时可不按整米、半米标记,写实际长度。

3)劈岩芯

(1)对砂岩储层、裂缝性泥岩、碳酸盐岩均需对半劈开,以便仔细观察含油气情况。

(2)对沉积构造、特殊岩性也要对半劈开,以便仔细观察沉积特征及含有物。

(3)劈岩芯的方向应避开岩芯方向线。

(4)劈开后的岩芯应重新对好,劈坏的岩芯编号及长度记号,要移动位置重新补上。

(5)需取全直径样的岩芯或有特殊要求的样品不要劈开。

2. 计算岩芯收获率

对每筒岩芯进行丈量,按照下面公式计算岩芯收获率。取芯井段可能有几筒次乃至几十筒次取芯操作,计算每筒次取芯收获率。

$$\text{岩芯收获率} = \frac{\text{本次岩芯出筒丈量长度(m)}}{\text{本次取芯进尺(m)}} \times 100\% \quad (1-1)$$

计算结果取小数点后 2 位,第二位四舍五入。

计算每筒次取芯收获率不仅是评价钻井取芯工程质量的重要指标,也是岩芯归位、编制高质量录井图和地质研究的需要。

3. 岩芯装盒与归库

(1)装岩芯。面对岩芯盒,将岩芯按自顶而底的顺序自上而下、自左而右放入岩芯盒。摆放时必须按丈量时的顺序对齐排好。破碎岩芯用塑料袋装好,放在原位。每筒岩芯的顶底应有隔板,隔板上贴有标签,标明井号、取芯筒次、顶底界、首尾块号。空筒时,在盒内用木牌标记,并在标签上标明上述数据,并注明岩芯长度为零。

(2)岩芯盒编号。面对岩芯盒,在其内侧,自左而右按格子顺序喷上井号汉字、井号数字、盒号、井段及首尾岩芯芯块号,如:花、23 井、5-1 盒、1696.00~1703.50m、 $1\frac{1}{23}$ — $1\frac{5}{23}$ (图 1-3)。

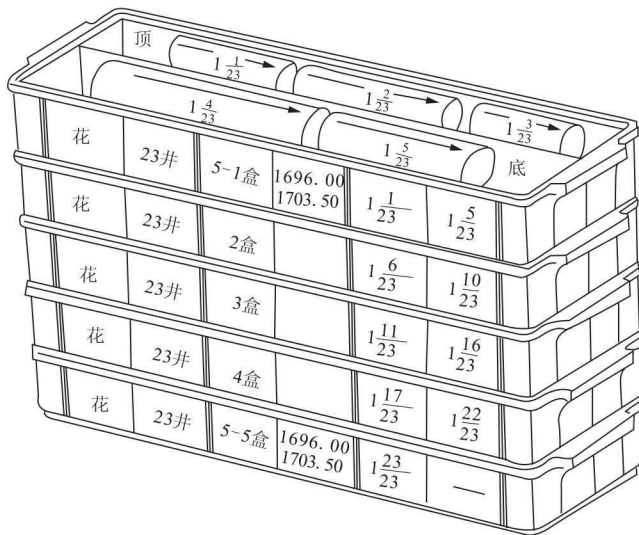


图 1-3 岩芯盒编号和岩芯排列示意图

(3)岩芯归库。将整理好的岩芯系统照相(包括荧光照相),系统岩芯扫描保存电子的岩芯资料,之后岩芯装箱、建立岩芯档案文件,这样岩芯箱可以托运到存放岩芯的岩芯库长期保留。

(四) 岩芯归位与岩芯录井图

岩芯归位(True depth determination of core),根据岩芯的长度、磨损程度、收获率、岩性、含油性等、利用大比例尺的微侧向、自然伽马曲线或其他有关测井曲线对岩芯顺序、深度、厚度进行校正,达到岩性电性一致的工作。

岩芯录井(Core logging),对钻井中取出的岩芯进行丈量、计算、归位;观察和描述岩芯的岩性、矿物成分、结构、沉积构造、产状、孔隙裂缝、各种次生变化、含油气情况,鉴定所含古生物;对岩芯表面和断面上的特殊地质现象进行素描、摄影、摄像;对岩芯选取样品进行化学、物理分析;最后,完成一张综合图的编制——岩芯综合录井图(图 1-4)。岩芯编录、岩芯归位、岩芯描述等工作都是岩芯编录工作的一部分。

在井口或井场经过编录完成的岩芯存入岩芯库集中保管后,作为该井的重要资料。地质人员要完成本井岩芯录井图绘制和上交工作。岩芯录井图一般采用 1:100 比例尺,对于较重要层段的岩芯也可以用 1:50 比例尺绘制柱状图。该项工作要将取芯过程中的钻井深度与测井深度(井深)对应和匹配,将岩芯按照测井深度对应成图的过程就是岩芯归位。图 1-4 是一口岩芯录井图的实例。

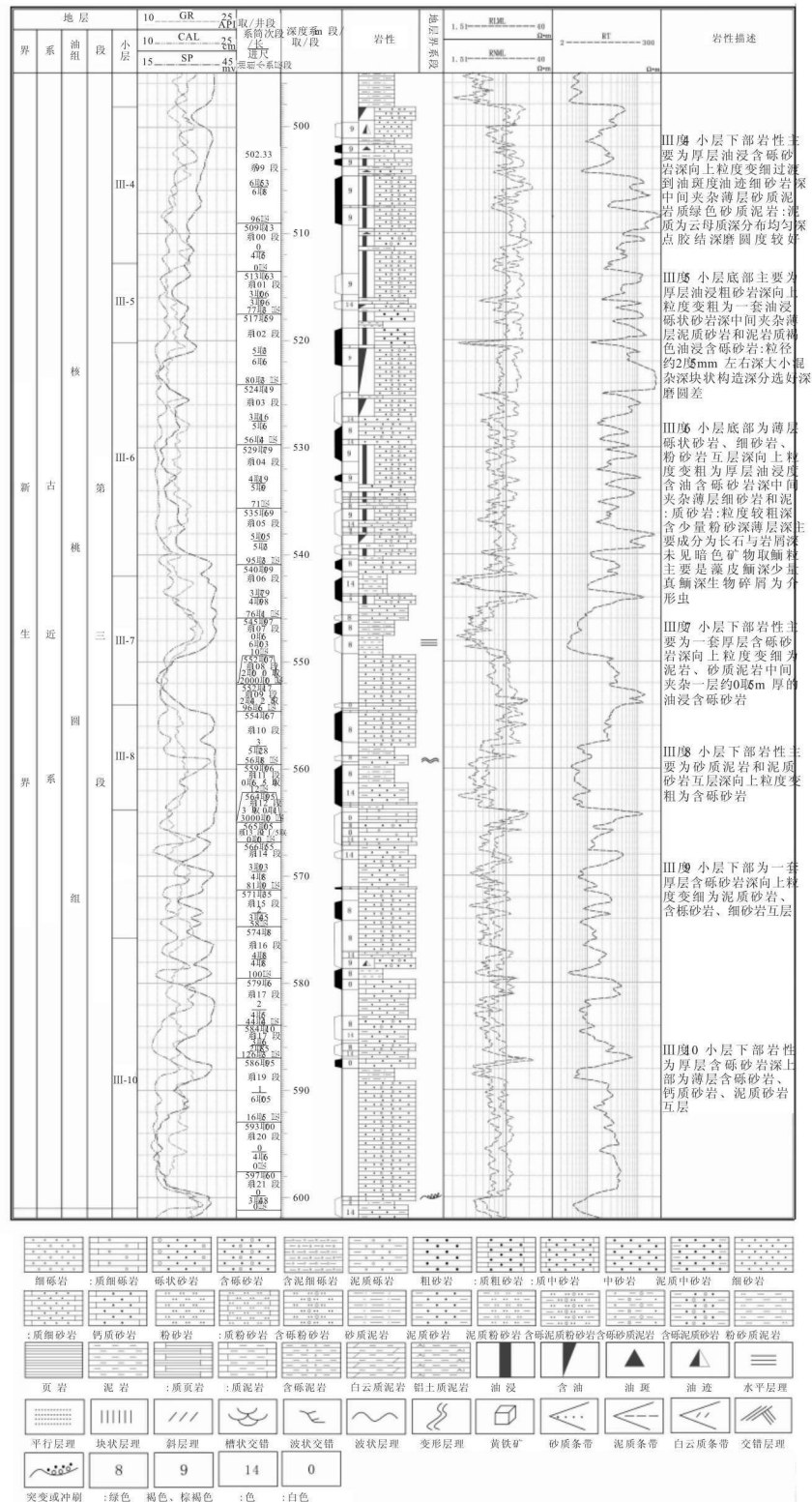
需要说明的是,岩芯归位要考虑岩芯缺少、磨损、膨胀等引起的深度变化,更重要的是要与测井深度建立高度匹配一致关系。所以,通常会出现测井深度与岩芯深度两个深度相差 1~2m 或 7~8m 差别的现象,这都是正常的,不能直接用取芯深度进行与测井相关的计算和统计。因此,准确归位是岩芯图制作的关键。

三、实训内容及要求

- (1) 实际观察岩芯盒编号、岩芯编号和摆放位置情况。
 - (2) 读懂岩芯录井图包含的信息。
 - (3) 根据具体岩芯录井图,换算每筒次取芯岩芯深度与测井深度归为对比表。
 - (4) 学会绘制岩芯录井图。
- 注:岩芯由实验室单独提供。

思考题

1. 钻井标记深度、岩芯标记深度、测井标记深度是否一致? 为什么?
2. 岩芯收获率可以大于 100% 吗? 为什么?
3. 岩芯块体上的编号 $1\frac{1}{23}$, 各个数字代表什么含义?
4. 岩芯录井图一般包含几列主要内容?
5. 在岩芯库中,如何快速找到你要观察的岩芯盒? 观察岩芯一般应从哪个位置开始?

图 1-4 南襄盆地泌阳凹陷杨楼鼻状构造杨浅 19 井 III₄₋₁₀ 岩芯综合图

实训二 岩芯岩性观察与描述

岩石分为沉积岩、岩浆岩和变质岩三大类,三大类岩石都可以作为油气储集层形成工业性油藏,因此实际工程实践中三大类岩石都有可能进行取芯。本节主要关注沉积岩地层岩芯描述。岩石学观察分析按照观察方式包括野外露头、岩芯(手标本)及微观3种尺度,其中岩芯(手标本)的观察是最常用的,岩芯岩性观察与描述对正确认识岩石类型、生油层和储层性质、分析其储层特性和沉积特征有重要意义。

一、实训目的

通过实际岩芯的观察与描述,掌握岩石类型识别方法;掌握岩芯描述内容和描述记录方法;掌握储层物性特征及含油性情况;了解主要沉积相标志和沉积相类型等。

二、相关知识

(一)沉积岩大类岩石类型

沉积岩的分类通常是以成因和组成的物质成分和结构来划分,一般分为粗粒碎屑岩、细粒碎屑岩、火山碎屑岩、化学岩、生物岩等常见类型。

1. 粗粒碎屑岩

碎屑岩按粒度及岩矿含量分为砾岩、砂岩等。

砾岩为沉积的砾石经压固胶结而成,碎屑物中岩屑较多。砾石也多为岩块(这种岩块可以是多矿岩组成,也可以是单矿岩组成)一般含量大于50%。根据砾石形状又可以分为角砾岩(砾石棱角明显)和砾岩(砾石有一定磨圆度)。

砂岩为沉积的砂粒经固结而成。它的颜色取决于成分,具有明显的层理构造和砂状碎屑结构。按砂状碎屑的粒度,可进一步划分为粗粒、中粒、细粒和粉粒结构,以此分别定名为粗砂岩、中粒砂岩、细砂岩和粉砂岩。砂岩的主要成分是石英、长石的矿物碎屑和岩屑。

2. 细粒碎屑岩

主要由粒径小于0.004mm的碎屑物组成。这类岩石具有泥质结构、层理构造。当层理很薄,风化后呈叶片状,称为页理。具有页理构造的黏土岩就叫页岩,否则叫泥岩。

泥岩又可分为含粉砂泥岩、粉砂质泥岩、钙质泥岩、硅质泥岩、铁质泥岩、碳质泥岩、锰质泥岩、黄色泥岩、灰色泥岩、红色泥岩、黑色泥岩、褐色泥岩、高岭石黏土岩、伊利石黏土岩、高岭石-伊利石黏土岩等类型。

3. 火山碎屑岩类

基本上皆由火山喷发时产生的碎屑物质降落到地面直接堆积而成。由于一般未经流水搬

运,故碎屑都具棱角状外形,且成分亦与沉积碎屑岩截然不同。根据碎屑大小可分为火山集块岩($d>50\text{mm}$)、火山角砾岩($d=2\sim 50\text{mm}$)及火山凝灰岩($d<2\text{mm}$)。

4. 化学岩

化学岩又称“化学沉积岩”。其是母岩风化产物中的溶解物质(真溶液或胶体溶液)搬运到湖泊或海洋盆地,以化学方式沉积下来(以生物化学方式沉积下来的称“生物化学岩”,如硅藻土、介壳石灰岩、礁石灰岩、磷块岩等),经成岩作用形成的岩石,如铝质岩、铁质岩、锰质岩、某些硅质岩、磷质岩、碳酸盐岩、盐岩、可燃性有机岩等。这类岩石往往本身就是一些有重要意义的沉积矿床,如岩盐矿、钾盐矿、石膏矿、芒硝矿、石灰石矿、白云石矿、铁矿、锰矿、铝土矿等。这是一类由化学方式或生物参与作用下沉积而成的岩石。主要由盐类矿物和生物遗体组成,具有结晶结构、生物碎屑结构和层理构造。常见者多为碳酸盐岩,如结晶灰岩、鲕状灰岩、白云岩、生物灰岩等。

5. 生物岩

基本由大量生物体遗骸沉积经成岩作用形成,也经过一些化学变化,因此严格地说应该称为“生物化学岩”。由于生物体含有大量的钙、磷和有机物质,因此形成的岩石也含有这些物质,主要有介壳石灰岩、磷块岩、礁石灰岩、硅藻土以及可燃的有机岩石。通常狭义的生物岩特指煤层和油页岩。

(二)沉积岩岩芯岩性描述

岩性描述内容包括如下几个方面:颜色、油-气-水产状、矿物成分、胶结物、结构、构造、化石、含有物、滴酸反应程度、接触关系、素描图等。

1. 颜色

颜色是岩石最醒目的标志,它主要反映岩石内矿物的成分和沉积环境。因此,地质工作者在给岩石定名时,把颜色放在最前面,以作为鉴定岩石、判断沉积环境、地层层层和对比的重要依据。所以,在描述岩芯时,将岩芯放在光亮处,以劈开岩芯的干燥新鲜面为准。

钻井取出岩芯一般多为砂岩、砂泥混合(过渡性)岩和泥岩 3 种,其颜色可因其颗粒成分、胶结物、含有物及沉积环境不同呈现不同的颜色。

单一颜色:为一种颜色,如灰色、白色等。在描述时,常加形容词来说明颜色的深、浅,如浅灰色、深灰色等。

混合颜色:是指两种颜色较均匀分布,其中一种较突出,另一种次之。描述时将主要颜色放在后,次要颜色放在前。如灰白色粉砂岩,是以白色为主,灰色次之。混合颜色也有深浅之分,如绿灰色粉砂岩等。

杂色:一般由 3 种以上颜色混合组成,或各自呈不均匀分布。如斑块、斑点和杂乱分布,往往以某一种颜色为主,其他颜色杂乱分布,具有杂色的岩性一般多为泥质岩类。如紫红杂灰绿色粉砂质泥岩,以红色为主,紫色次之,其次是杂色中绿色多,灰色少。

含油砂岩的颜色,其颜色深浅一般是反映含油饱满程度的,即含油饱满颜色较深,呈棕色、褐色和棕褐色等;含油不饱满颜色较浅,呈浅棕色、棕黄色等。轻质油和稠油含油颜色会有不同变化。

2. 岩芯含油性

含油性一般通过含油级别加以描述确定。岩芯的含油级别主要依据含油产状、含油饱满程度和含油面积来确定,含油级别一般分为 6 级(表 2-1)。

表 2-1 岩芯含油级别分类依据表

含油级别	含油面积占岩石总面积的百分比(%)	含油产状及饱满程度	颜色	油脂感	味	滴水试验
饱含油	≥95	含油饱满、均匀,局部见不含油的斑块、条带	棕色、棕褐色、深棕色、深褐色、黑褐色,看不见岩石本色	油脂感强,染手	原油味浓	呈圆珠状,不渗入
富含油	70~95	含油较饱满、较均匀,含有不含油的斑块或条带	棕色、浅棕色、黄棕色、棕黄色,不含油部分见岩石本色	油脂感较强,染手	原油味较浓	呈圆珠状,不渗入
油浸	40~70	含油不饱满,含油呈条带状、斑块状不均匀分布	浅棕色、黄灰色、棕灰色,含油部分看不见岩石本色	油脂感弱,可染手	原油味较淡	含油部分滴水呈馒头状
油斑	5~40	含油不饱满、不均匀,多呈斑块、条带状含油	多呈岩石本色	油脂感很弱,可染手	原油味淡	含油部分滴水呈馒头状,缓渗
油迹	<5	含油极不均匀,含油部分呈星点状或线状分布	为岩石本色	无油脂感,不染手	能闻到原油味	滴水缓慢渗入
荧光	肉眼看不见原油	荧光照 2 级或 2 级以上	为岩石本色或微黄色	无油脂感,不染手	一般闻不到原油味	渗入

3. 矿物成分

一般碎屑矿物成分以长石、石英、岩屑为主,其他成分为辅。现场对碎屑物质成分的描述只说明其主要矿物与次要矿物的相对含量。一般用“为主”“次之”“少量”“微量”“偶见”等词语加以描述。特殊成分如见之不鲜时用“富含”“富集”等表示。描述时应先描述含量多的,后描述含量少的。如果同一术语中有几种矿物成分,其间用顿号分开,前面的含量多,后面的含量少。如“长石、石英为主”,表示长石的含量多于石英的含量。当然,碎屑颗粒达到粉砂以下级别时,颗粒矿物成分无法通过肉眼识别。

4. 结构

岩石结构(Texture of rocks):一般理解为组成岩石的矿物结晶程度、大小、形态以及晶粒

之间或晶粒与基质之间的相互关系。岩芯尺度下,通过肉眼具体描述的岩石结构内容较多,主要包括颗粒粒度(颗粒直径)、颗粒磨圆形状(圆、次圆、棱角、次棱角)、颗粒分选(好、中等、差3级别)、岩石致密胶结程度、物性等。通常用结构成熟度反映其好坏程度,颗粒均匀、颗粒磨圆好、颗粒分选好、泥质含量低的砂岩结构成熟度高。

颗粒粒度(颗粒直径):按照颗粒粒径大小描述,并给予定名(图2-1,附图2-1)。颗粒的最大视直径:以十进制(d ,mm)或以伍登-温特华斯标准(Φ)表示, $\Phi = -\lg d$ 。

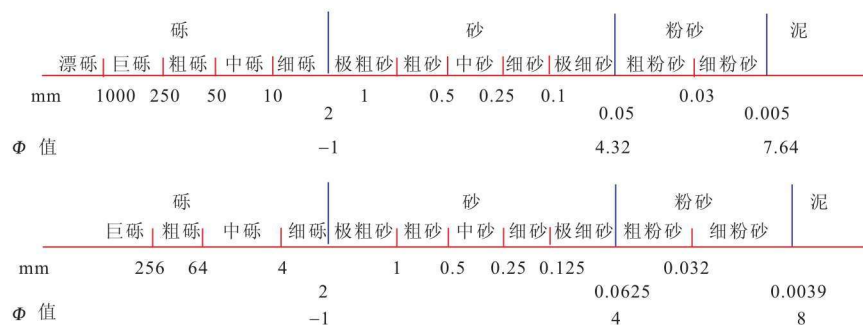


图 2-1 颗粒粒度示意图(引自马昌前等,2012)

颗粒形状:按照搬运距离由近及远分别用极棱角、棱角、次棱角、次圆、圆、极圆表示(图2-2)。

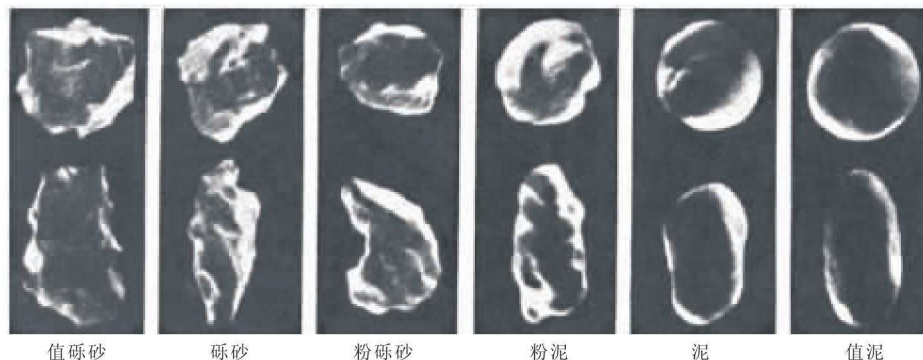


图 2-2 颗粒的形状分类图(据鲍尔,1953)

颗粒分选:分为极好、好、较好、中等、差、极差6个级别(图2-3)。

岩石胶结程度:一般分为极致密、致密、中等、松散和未胶结5类。

物性:与胶结致密程度有关,按照物性发育程度描述,如物性好、物性中等、物性差、致密。

5. 沉积构造

沉积构造是岩石的成分、结构、颜色等沿垂直方向变化形成的层状构造,即层理。层理描述的内容包括层理及其变形特征、层面特征、倾角、颗粒排列等。

主要层理类型有块状层理、递变层理、复合层理(波状层理、脉状层理、透镜状层理)、交错

层理、平行层理、水平层理等类型(图 2-4)。

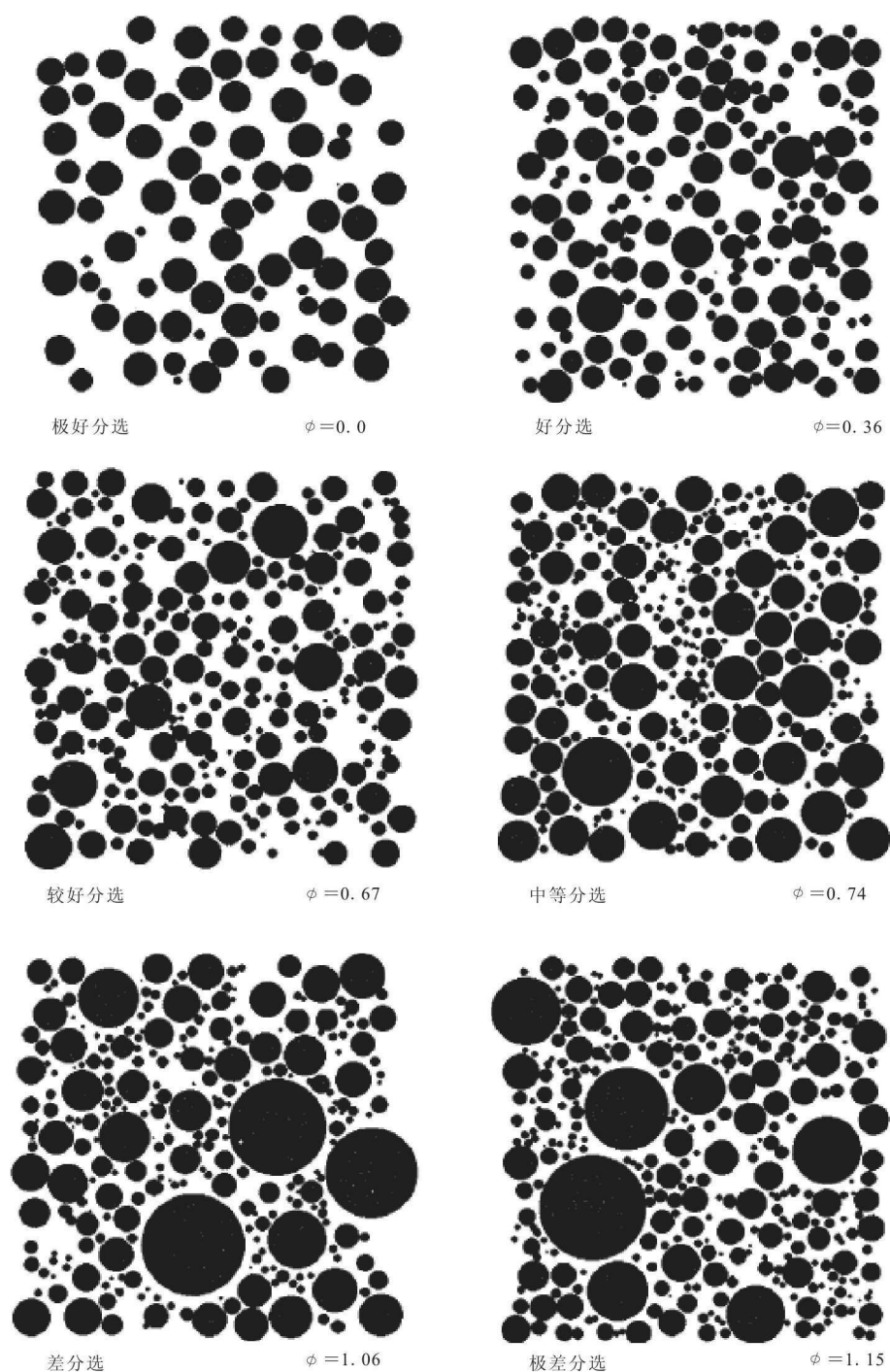


图 2-3 岩石颗粒分选示意图(杰伦,2001)

图中 ϕ 为分选系数