



高等学校教材

油气田开发地质 课程练习与综合训练

唐 洪 杨辉廷 © 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

油气田开发地质 课程练习与综合训练

唐洪 杨辉廷 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书共分为两大部分。第一部分为课程练习,包括井斜水平投影图的编绘、岩屑百分比图的编绘、岩屑迟到时间计算、岩心录井图的编绘、地层测试资料分析与应用、油层对比、平面断层线的编绘、构造剖面图的编绘、构造平面图的编绘、沉积微相平面图的编绘、储层非均质评价、油水界面的确定、油层有效厚度图的编绘、储量计算等 14 个;第二部分为综合训练,该部分是在系统给出油田某区块实际资料的基础上,让学生利用油田某区块实际的钻井、录井、测井、试油试采以及分析化验资料,进行综合一体化油气藏地质研究的实践训练。

本书主要作为高等院校油气地质工程、资源勘查工程等专业学生的辅助教材,也可供石油工程及其他相关专业的学生选用。

图书在版编目(CIP)数据

油气田开发地质课程练习与综合训练 / 唐洪,杨辉廷主编.

—北京:石油工业出版社,2018.3

高等学校教材

ISBN 978-7-5183-2499-6

I. 油… II. ①唐…②杨… III. ①石油天然气地质-高等学校-教学参考资料 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 051736 号

出版发行:石油工业出版社

(北京市朝阳区安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010)64523579 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

排 版:北京密东文创科技有限公司

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:7

字数:110 千字

定价:16.90 元

(如发现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

前言

Preface

“油气田开发地质学”重点讲述的是从油气田发现直至油气田废弃各个阶段所涉及的油气藏地质问题以及认识、描述其地质特征的方法和技术,直接为油气田勘探开发提供依据,是石油高等院校资源勘查工程专业的一门重要专业课,具有综合性强、实践性强的特征。

本书就是为了配合资源勘查工程专业“油气田开发地质学”、“油气田地下地质学”、“油矿地质学”以及石油工程专业“油气藏开发地质学”课程的理论教学而编写的实践性辅助教材,重在油气田地质研究基本技能的训练和科学研究能力、创新能力、个人与团队协作能力的培养,为学生今后从事油气田勘探开发生产和科研工作打下扎实的基础。本书第一部分为课程练习,目的是让学生掌握油气地下地质研究的基本方法,熟悉油气田主要地质图件的编绘,增加学生的动手能力,加深课堂理论知识的理解;第二部分为综合训练,目的是通过开展油气田地质研究的综合一体化实践训练(包括油层划分与对比、构造特征描述、沉积微相研究、流体分布特征、地质储量计算等),使学生在油气田地下地质综合研究方面得到较全面、系统的基本技能训练。

本书是西南石油大学地球科学与技术学院老师在多年教学实践的不断积累、总结和完善基础上,最终编写而成。第一部分由杨辉廷、唐洪编写完成,第二部分由唐洪、韩辉编写完成。

在本书编写过程中,得到了西南石油大学蔡正旗教授的悉心指导和帮助,并提出了建设性意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,请使用本书的广大教师、学生予以批评指正,提出宝贵意见,以便将来进一步修订。同时书中涉及的数据电子版可向编者索取。(联系邮箱:438226727@qq.com)

编者

2018年1月

目 录

第一部分 课程练习

练习一	井斜水平投影图的编绘	1
练习二	岩屑百分比图的编绘	4
练习三	岩屑迟到时间计算	6
练习四	岩心录井图的编绘	8
练习五	地层测试资料分析与应用	22
练习六	油层对比	29
练习七	平面断层线的编绘	36
练习八	构造剖面图的编绘	39
练习九	构造平面图的编绘	44
练习十	沉积微相平面图的编绘	49
练习十一	储层非均质评价	54
练习十二	油水界面的确定	58
练习十三	油层有效厚度图的编绘	64
练习十四	储量计算	69

第二部分 综合训练

一、训练目的	74
二、油藏概况	74
三、收集资料情况	76
四、训练要求	98
参考文献	100
附录1 常见岩性符号	101
附录2 钻井及其他油气显示符号	105
附录3 岩石颜色及代码	106

第一部分 课程练习

练习一 井斜水平投影图的编绘

一、目的

- (1) 了解井斜水平投影图的概念；
- (2) 掌握利用井斜资料来编绘井斜水平投影图的方法。

二、知识点回顾

1. 井斜水平投影图的概念

井斜水平投影图就是把某斜井的各个斜井段投影到某一水平面上所得到的图件。它反映实际井底偏离井口的水平位移和方位,以及钻遇目的层的垂直井深,是油气勘探、开发的基础图件之一。

2. 井斜参数

如图 1-1 所示,表示某一斜井段 AB 的水平投影情况。
根据 $\triangle AOB$ 的关系,可知

$$H = L\cos\alpha, \quad S = L\sin\alpha$$

图中 $O'A' = OA = L\sin\alpha$ 即为斜井段 L 在水平面上的投影。

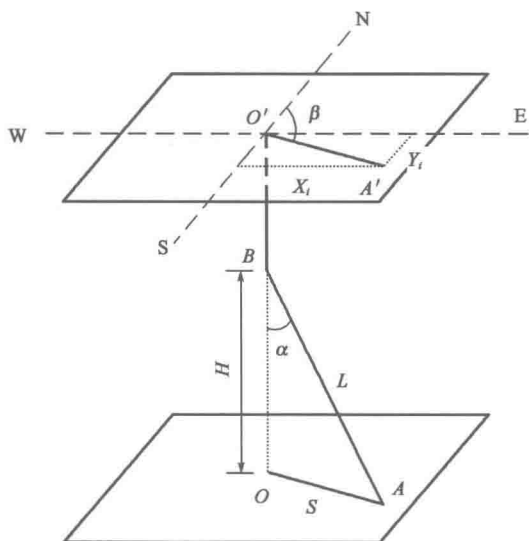


图 1-1 斜井段投影示意图

L —斜井井段(间距); H —斜井段 L 垂直井深; S —斜井段 L 的水平投影(位移); α —斜井段的井斜角; β —斜井段的井斜方位角;

X_i —水平位移在 X 轴上的投影;

Y_i —水平位移在 Y 轴上的投影

同理,如果一口斜井由多个斜井段组成,则在水平面上可得到相应的多个斜井段水平投影,从而构成一口斜井水平投影图。其中井斜段的水平位移在 X 轴上的坐标为 $\sum_{i=1}^n X_i = X_1 + X_2 + X_3 + \cdots + X_n$, 水平位移在 Y 轴上的坐标为 $\sum_{i=1}^n Y_i = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \cdots + Y_n$ 。

3. 作图步骤

(1) 计算各测点间斜井段的水平位移: $S_i = L_i \cdot \sin\alpha_i$ ($i = 1, 2, 3, \cdots, n$)。

(2) 计算各测点间斜井段水平投影的直角坐标值:

$$X_i = S_i \cdot \sin\beta_i, \quad Y_i = S_i \cdot \cos\beta_i$$

(3) 选择适当位置为坐标原点,画十字线代表井口位置。

(4) 分别绘出各井测点的方位及水平位移(β_i, S_i),依次连成点线,点的位置代表测点,测点间用直线相连,即为该井的井斜水平投影图。

三、井斜水平投影图编绘练习

1. 资料情况

× × 井 0 ~ 1045m 为直井段,从 1045m 开始为斜井段,各段的井斜参数见表 1-1。

2. 任务与要求

(1)完成表 1-1 中水平位移、东西坐标、南北坐标的计算,并填入表中(保留 2 位小数)。

(2)在坐标纸上画出该井的井斜水平投影图(比例尺 1:1000)。

表 1-1 × × 井井斜数据表

测斜点号	测点深度 m	间距 m	井斜角 (°)	井斜方位角 (°)	斜井段 水平位移 S_i m	东西坐标 X	南北坐标 Y
1	1045	/	0	/			
2	1100	55	5.2	130			
3	1150	50	7.3	137			
4	1200	50	9.3	140			
5	1250	50	10.8	145			
6	1300	50	13	150			
7	1350	50	16.3	155			
8	1400	50	19.5	159			
9	1450	50	21.3	163			
10	1500	50	22.5	165			

练习二 岩屑百分比图的编绘

一、目的

- (1)掌握岩屑百分比图的编绘方法;
- (2)掌握岩屑录井中岩性解释方法和原则。

二、知识点回顾

岩屑录井的岩性剖面解释原则如下:

(1)在连续捞取岩屑中,如果发现新的成分出现,并逐渐增加,反映进入了新地层。不论新成分多少,解释为新岩类。

(2)对于两种或两种以上岩性组成的地层,新成分的出现往往不易区别开来,所以须从岩屑中某种岩性的岩屑百分比增减判断地层岩性。如 A 类岩屑增加,B 类岩屑减少,岩性则解释为 A 类。

(3)两种岩性的岩屑百分比等量或频繁对应增减,钻时变化不明显,为两种岩性互层特征。

三、岩屑百分比图的编绘练习

1. 资料情况

表 1-2 为 × × 井须家河组须五段 2000 ~ 2015m 的岩屑百分比数据表,其岩性为页岩、砂岩夹煤层。

2. 任务与要求

(1)根据表 1-2 的数据,在坐标纸上编绘出该井段的岩屑百分比图和岩性解释剖面图(建议比例尺采用 1:100)。

表 1-2 × × 井须家河组须五段岩屑百分比数据表

井深,m	砂岩含量,%	页岩含量,%	煤含量,%
2000	100	0	0
2001	100	0	0
2002	90	10	0
2003	75	25	0
2004	60	40	0
2005	50	50	0
2006	30	70	0
2007	30	60	10
2008	10	60	30
2009	0	90	10
2010	30	70	0
2011	40	60	0
2012	60	40	0
2013	80	20	0
2014	90	10	0
2015	100	0	0

- (2)图中应包含地层、井深、岩屑百分比、岩性解释等内容。
- (3)图中标注出比例尺、图例等绘图要素。

练习三 岩屑迟到时间计算

一、目的

- (1) 掌握岩屑迟到时间的理论计算法;
- (2) 掌握岩屑迟到时间的实物测定法。

二、知识点回顾

1. 岩屑迟到时间的理论计算法

理论计算法公式为

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{\pi(D^2 - d^2)H}{4Q}$$

式中 T ——岩屑迟到时间, min;
 V ——井内环形空间容积, m^3 ;
 Q ——钻井泵排量, m^3/min ;
 d ——钻杆外径, m;
 D ——钻头直径, m;
 H ——井深, m。

2. 岩屑迟到时间的实物测定法

实物测定法是现场中最常用的方法,也是比较准确的方法之一。其方法是:选用与岩屑大小、密度相近似的物质作为指示剂,如染色的岩屑、红砖块、瓷块等,在接单根时,把它们从井口投入到钻杆内。记下开泵时间和发现第一片指示剂的时间,两者之间时间差即为指示剂循环一周时间($T_{\text{循环}}$)。它包括了指示剂从井口随钻井液到达井底的下行时间($T_{\text{下行}}$)和从井底上返至井口的上行时间(即岩屑迟到时间 T):

$$T = T_{\text{循环}} - T_{\text{下行}}$$

因为钻杆、钻铤内径是规则的(如果用内径不同的混合柱时,要分段计算),所以下行时间可以通过下式得出:

$$T_{\text{下行}} = \frac{V_1 + V_2}{Q} = \frac{\pi d_1^2}{4Q} H_1 + \frac{\pi d_2^2}{4Q} H_2$$

式中 T ——岩屑迟到时间,min;
 Q ——钻井泵排量,m³/min;
 $V_1、V_2$ ——钻杆和钻铤的内容积,m³;
 $d_1、d_2$ ——钻杆和钻铤的内径,m;
 $H_1、H_2$ ——钻杆和钻铤的长度,m。

三、岩屑迟到时间计算练习

1. 资料情况

× × 井在 13:00 钻至井深 3200m,获得的钻井参数见表 1-3。

表 1-3 × × 井钻达井深 3200m 时的相关参数表

钻头直径	216mm	钻井泵排量	1.60m ³ /min
钻铤长度	175m	钻杆长度	3025m
钻铤外径	170mm	钻杆外径	132mm
钻铤内径	58mm	钻杆内径	108mm
实物循环一周时间	68min	/	/

2. 任务与要求

- (1) 分别用理论计算法和实物测定法计算出岩屑迟到时间(忽略钻头长度,π取 3.14,计算结果以分钟为单位保留小数点后两位);
- (2) 确定井深 3200m 处岩屑的捞取时间(精确到分钟)。

练习四 岩心录井图的编绘

一、目的

- (1)掌握岩心录井草图的编绘方法；
- (2)掌握岩心归位的基本原则和方法；
- (3)掌握岩心录井综合图的编绘方法。

二、知识点回顾

1. 岩心录井草图的编绘

为了便于及时分析对比,应将岩心录井中获得的各项数据和原始资料(如岩性、油气显示、化石构造、含有物及取心收获率等),用统一规定的符号,编绘在岩心录井草图上,图头格式如图 1-2 所示。

××井岩心录井草图										40mm
1:100										
编图单位:					编图日期: 年 月 日					
地理位置:										
构造位置:										30mm
钻探目的:										
开钻日期: 年 月 日			取心井段: ~ m	取心进尺: m		编图人:				20mm
完钻日期: 年 月 日				岩心长度: m						
完井日期: 年 月 日				岩心收获率: %						
图例:										40mm
钻时曲线	层位	井深 m	筒次 心长: m 进尺: m 收获率, %	破碎带位置	磨样品 损面 位置 岩心和	颜色	岩性剖面	化石构造及含有物	备注	
60mm	10mm	15mm	20mm	10mm	15mm	10mm	30mm	20mm	50mm	

图 1-2 岩心录井草图图头示意图

编绘岩心录井草图应注意以下事项:

(1)图中用的岩心数据(如岩心收获率、编号、分段长度等)必须与原始记录完全一致。深度比例尺与测井放大曲线比例尺一致,一般为1:50或1:100。

(2)化石及含有物、取样位置、磨损面等用统一的图例绘在相应深度。以斜线框及白框表示不同次取心(以黑、白框交替来区别相邻各筒岩心。岩心位置符号应断开,断开处为楔形),框内斜坡指向位置为磨损面位置,框外标记样品位置,根据样品顶界距本筒顶界距离来标定样品位置。

(3)破碎带位置和磨损面位置分别用“ Δ ”和“ $\sim \sim$ ”符号表示,并标注在相应的岩心深度上。破碎程度按规定分三级:严重破碎、破碎、轻微破碎,可分别用“ $\Delta \Delta \Delta$ ”“ $\Delta \Delta$ ”“ Δ ”表示。

(4)岩心样品位置一律用横线表示,按其距顶位置标注,每个样品标一短线,每逢5个样品标一长线,短线长3mm,长线长5mm;样品序号每逢5个一标,一律标在长线左上侧。

(5)图中的层位用汉字标写,不能用代号。

(6)图中的岩性剖面在绘图时用筒界作控制。岩心收获率低于100%时,从筒顶往筒底编绘,底部空白。待再次取心收获率大于100%(有前次套心)时,自下而上编绘,向上填补,套心一律画在前次取心的下部。因岩心膨胀或破碎而收获率大于100%时,应根据实际情况在泥岩段或破碎处合理压缩成100%编绘,不能超筒界。

(7)含油岩石的编绘。应在岩性剖面栏的左侧7mm编绘含油级别符号,右侧用规定图例符号编绘相应的岩性符号,见附录1。

(8)厚度小于0.1m的特殊岩性、标准层、化石层,可以放大到0.1m画入岩性剖面中。

(9)备注栏:油气显示的突出特征、槽面显示及有关工程情况均可在该栏内标注或说明。

2. 岩心录井综合图的编绘

岩心录井综合图是在岩心录井草图的基础上综合其他资料(如本井的测井资料、气测、地球化学资料、区域、邻井资料等)编绘而成的。它是反映钻井取心井段岩性、物性、电性、含油性的一种综合图件。



1) 岩心深度归位

由于钻具井深和测井井深之间存在差异,以及每次取心收获率都不能保证达到 100%,因此需要恢复岩心在地下的真实深度位置。岩心深度归位要在参考测井曲线的基础上进行。

岩心归位的原则是:以筒为基础,用标志层控制,在磨损面或筒界面适当拉开,泥岩或破碎处合理压缩,使整个剖面岩性、电性符合,解释合理。

(1) 岩心系统井深校正。岩心深度是以钻具长度来计算井深,而测井曲线是以电缆的长度计算井深。由于钻具和电缆的伸缩系数不同,因此岩心录井剖面和测井曲线之间可能在深度上有出入,需要找出钻具井深和测井井深之间的深度差异,该差值即系统误差。

岩心系统井深校正具体方法是:将 1:100 的测井曲线和岩心录井草图比较,选择连根割心、收获率高的岩心中相对应的标志层(如石灰岩、灰质砂岩、厚层泥岩或油层、煤层或致密层的薄夹等)的井深(即这些标志层在岩心录井草图上的钻具井深)与测井曲线上的相应界面的井深相比较,二者之间的差值就是我们要找的系统误差,并以测井深度为准,确定草图上的剖面深度上提或下放数值,若标志层的钻具井深比相对应的测井标志层井深小,那么岩心录井草图上的剖面要下放,反之则上提(图 1-3)。

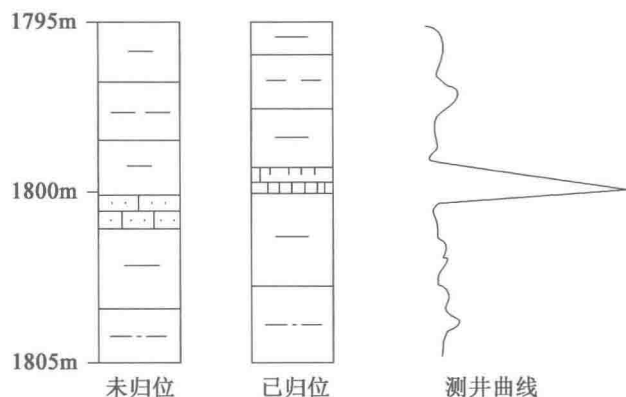


图 1-3 岩心深度校正示意图

(2) 岩心归位。根据归位原则,先从最上的一个标志层开始,上推归位至取心井段顶部,再依次向下归位,达到岩性与电性吻合。把收获率高的筒次首先装完;收获率低的筒次,在本筒顶底界内,根据标志层、岩性组合分段控制归位。

2) 编绘图头、图框

根据岩心录井图图头的格式(图 1-4)、作图比例尺大小和取心段长度,选取

井岩心录井图										1:100										绘图日期： 年 月 日										40mm									
构造名称：										井别：																													
地理位置：																																							
钻探目的：																																							
坐 X=		经度：		地面海拔：		设计井深：		开钻日期：		取心应说明的问题		含油岩心长：		含气岩心长：		荧光岩心长：		破碎、磨蚀面位置		岩性、油气水及缝洞综述		25mm																	
标 Y=		纬度：		补心海拔：		完钻井深：		完钻日期：																m		m		m		m		m		65mm					
						完钻层位：		完井日期：																m		m		m		m		m		10mm					
业主单位：				取心层位：				m																															
录井单位：				取心井段：				m																															
仪器型号：				取心进尺：				m																															
录井地质师：				岩心长度：				m																															
录井工程师：				取心收获率：																																			
图例																																							
孔隙度				渗透率				自然电位 (自然伽马)				层位		井深 m		取心筒次 心长 m		岩样位置 岩心位置		颜色		岩性 剖面		双侧向 (电阻率)		岩性、油气水及缝洞综述		25mm											
30mm				30mm				30mm				5mm		10mm		10mm		10mm		10mm		30mm		10mm		65mm		25mm											

图1-4 岩性录井图头示意图



长宽合适的坐标纸,规范地把图名、图头表、比例尺、剖面图框及相互间距正确地布设在图纸上,并用铅笔作好标记。

计算作图井段:若无间断连续取心,只计划一个作图井段;若间断取心,中间非取心进尺大于 20m,可计划上下两个作图段,图内各栏均应断开 20mm 以示分段。

在坐标纸上按照规定图头格式作好图头,然后用黑色签字笔或铅笔画好作图段的图框,宽为 265mm,长以计算的作图井段为准,四周边框相连封闭。

3) 填图

根据岩心深度归位结果,在图中各栏中编绘出相应的内容。

(1) 标画油层物性资料:在孔隙度、渗透率的各栏图头内应先标出横向比例及单位。在对应样品位置上,画出岩心分析的孔隙度、渗透率值,以横直线表示孔隙度、渗透率的数值。

(2) 标注井深:井深 1m 一标,逢 5m 和 10m 标注全井深,其他深度只标井深个位数。

(3) 填写地层时代:按本井取心地层划分的界线填画到岩心综合图上的界、系、统、组、段各栏上。填写地层名称时,首尾两字与剖面顶底对齐,中间均匀分布。字数多时,可写成两个纵行。

(4) 岩性剖面的编绘:岩性剖面按岩心深度归位结果以粒度剖面基本格式编绘(图 1-5),含油级别符号画在岩性的左边;无岩心的位置(指空筒或收获率不高)应根据井壁取心、岩屑、电性资料进行综合解释。若某一层岩性与电性经落实后仍不吻合,应按现场描述绘图,但应注明“岩性属实,但与电性不符”。

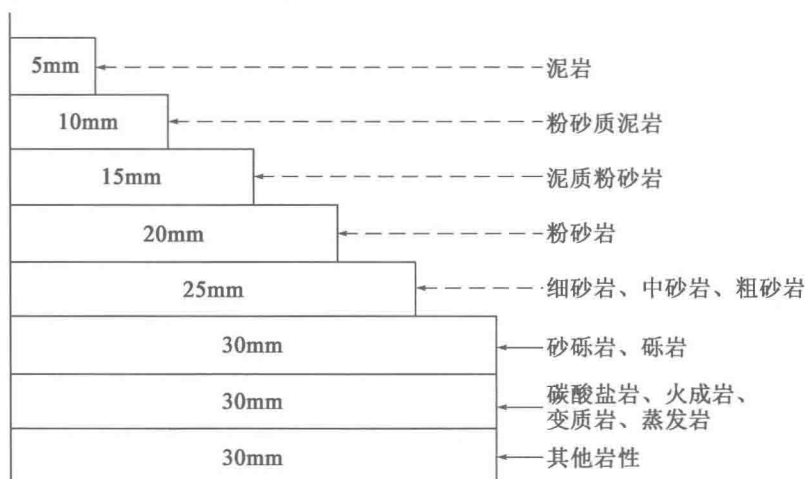


图 1-5 岩性粒度剖面基本格式