

王允诚 编著

油气储层地质学

YOUQI CHUCENG DIZHIXUE

地质出版社

油气储层地质学

王允诚 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以油气储层为目标,详细地论述了油气储集层的构造、沉积相、成岩作用和储集物性等地质特征,系统地介绍了油气储层地质的基础理论和最新技术进展,并介绍了实际工作的操作步骤。此外,本书还概括阐述了储层的测井地质解释和地震预测技术,这是描述油气储层的最重要的技术手段。最后介绍了储层建模和油藏描述,构成了完整的油气储层地质学的全部内容。

本书可作为高等院校相关专业的硕士、博士研究生教材,也可供从事油气勘探和开发的地质和工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

油气储层地质学 / 王允诚编著. —北京:地质出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-116-05544-5

I. 油… II. 王… III. 储集层 - 石油天然气地质
IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 196505 号

责任编辑:孙亚芸

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010)82324508 (邮购部); (010)82324569 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs @ gph.com.cn

传 真: (010)62310759

印 刷: 北京长宁印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张: 12.5

字 数: 304 千字

印 数: 1—1200 册

版 次: 2008 年 1 月北京第 1 版 · 第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-05544-5

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

伴随着油气田的勘探和开发，油气储层地质学也在不断地完善和提高。油气储层地质的研究内容过去分散在石油地质学、油矿地质学、地下地质学和开发地质学等各门学科内，直到 20 世纪 80 年代，原石油工业部勘探规划研究院将油气储层地质的研究列为中国石油工业发展的第三次革命之后，以裘怿楠带领的油气储层研究才轰轰烈烈地在全国蓬勃开展起来，掀起了油气储层地质的研究热潮。为适应油气田储层地质研究的需要，各石油高等院校相继为研究生开设了油气储层地质学的课程，并一直延续至今。

2000 年以前，油气储层地质学的内容主要是以沉积、成岩作用为主线，主要研究油气储层的沉积相和沉积微相、储集岩的成岩作用和孔隙演化，目的是寻找有利的储层和区块，为油气田的勘探和开发的井位部署提供地质依据。2000 年以后，随着地震技术的迅速发展，三维地震和数据处理及地质解释的日益精细化和定量化，使油气储层地质的许多地质问题可以用地震精细处理和解释来完成。例如：三维地震可以确定构造和断层，可以编制砂体或储集体的展布，可以确定油气在储层中的分布等。这就表明了地震解释和预测的技术手段已成为油气储层地质研究中不可缺少的重要手段，它也应当成为油气储层地质学的内容构成。

原成都地质学院石油系罗蛰潭教授于 1984 年在该院为研究生开设了“油气储层地质讲座”，并聘请了原四川石油管理局总地质师包茨、王宓君，原西南石油地质局总地质师王金琪、郭正吾等对研究生讲授油气储层地质，初步形成了该门学科的学术轮廓。1985 年以后由作者按照当时油气田储层研究的实际需要编写了教学大纲进行教学，取得了较好的效果。直到 1999 年，作者根据历年的教学经验，以及现场在储层地质方面的工作内容，编写了《油气储层评价》一书作为参考教材，书中引进了测井解释、地震预测、储层建模和模拟等内容，为本书的编写奠定了基础。

本书是作者从教 50 年、主讲“油气储层地质学”23 年的教学和科研的总结，内容包括了原储层地质有关沉积、成岩和储集物性的内容，也包括储层测井解释和地震预测的内容，以及当前在油气田开发中必须要做的储层建模和油藏描述的内容，反映出“油气储层地质学”已发展成为一门综合性很

强、实用性很强的学科。本书反映了老前辈罗蛰潭教授的启蒙思想；作者的长期教学和科研的实践；与作者长期进行科研合作的沉积研究专家郑荣才、张锦泉教授、李德敏副教授，石油地质专家贝丰教授、朱永铭副教授、张哨楠、赵锡奎、刘树根、徐国盛、李仲东教授，矿场地球物理专家聂勋碧、李瑞教授，油矿地质专家程光瑛、周文教授、董继芬、邓礼正副教授，石油工程及油气田开发专家向阳、史乃光、何鹏、匡建超教授、童孝华、董伟副教授，数学专家胡远来、邓林、蒋建平教授、王宏、姜若维副教授，水文地质专家宋焕荣教授、黄尚瑜副教授等的优秀研究成果，以及一批研究生（现在都已是教授或教授级高工）梁卫、罗雨田、文健、倪根生、赵柏庭、杨海波、童传新、沈军、杨锦林、肖中友、张思华、黄飞、刘人和、万芳、陈恭洋、王永诗、张箭、张永贵、胡宗全、罗立民、张光明、李龙滢、孙立春、黄文芬、刘全稳、曹伟、罗啸泉、李跃华、付强、杨世明、隋少强、李忠权、田波、房宝财、段文桑、杨克明、鲁新便、刘正中等所撰写的富有创造性的研究生论文内容。

除了感谢长期合作的专家外，还要感谢提供储层研究场所以及科研经费的生产单位：大庆油田、辽河油田、胜利油田、长庆油田，中国石化西北石油管理局、西南石油管理局，中国石油四川石油管理局等所属的研究院和采油（气）厂，以及从事现场工作的地质师和工程师们。感谢成都理工大学研究生院、能源学院和“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室给予的支持，周文教授提供了出版经费，在此一并表示感谢。

书中如有不当或错漏之处，望读者不吝指正。

作 者

2007 年 7 月于成都

目 次

前 言

1 概论	(1)
1.1 储层和产层的概念	(1)
1.2 油气储层地质研究的主要内容	(1)
1.3 储层研究的阶段划分和分类	(3)
1.3.1 储层诊断	(3)
1.3.2 储层评价	(3)
1.3.3 储层(油气藏)描述	(4)
1.4 油气储层地质学的近代进展	(4)
1.4.1 高分辨率层序地层学在油气储层地质中的作用	(4)
1.4.2 应用地震资料进行油气储层预测技术的发展	(5)
1.4.3 储层建模和储层模拟技术的发展	(5)
参考文献	(6)
2 油气藏构造	(7)
2.1 构造图的编制方法	(7)
2.1.1 构造图层位和比例尺的选择	(8)
2.1.2 绘制构造图的步骤和方法	(9)
2.2 地震层位标定及断层解释	(10)
2.2.1 地震层位标定	(10)
2.2.2 断层的解释	(11)
2.2.3 不整合面的解释	(13)
2.3 用三维地震资料水平切片作构造解释	(15)
2.3.1 直接划等值线和断层识别	(15)
2.3.2 解释程序及其他应用	(17)
2.3.3 三维地震构造解释和不整合面解释的实例	(20)
2.3.4 真三维构造解释	(24)
参考文献	(26)
3 油气储集层的沉积相	(27)
3.1 碎屑岩储集层	(27)
3.1.1 冲(洪)积扇相碎屑岩储集层	(27)

3.1.2	河流相碎屑岩储集层	(28)
3.1.3	三角洲相碎屑岩储集层	(32)
3.1.4	扇三角洲相碎屑岩储集层	(35)
3.1.5	湖(海)底扇和浊积相砂砾岩储集层	(36)
3.1.6	滨浅湖相碎屑岩储集层	(36)
3.1.7	滨浅海相碎屑岩储集层	(37)
3.2	碳酸盐岩储集层	(38)
3.2.1	潮坪沉积环境碳酸盐岩储集层	(38)
3.2.2	浅滩沉积环境碳酸盐岩储集层	(40)
3.2.3	生物礁沉积环境碳酸盐岩储集层	(42)
3.2.4	湖泊沉积环境碳酸盐岩储集层	(43)
3.2.5	海洋深水沉积环境碳酸盐岩储集层	(46)
3.3	沉积相的分析方法	(47)
3.3.1	描述沉积微相的方法	(47)
3.3.2	碎屑岩岩心描述沉积微相的方法	(48)
3.3.3	碳酸盐岩岩心描述沉积相的方法	(52)
3.3.4	编制沉积微相平面图	(56)
3.4	高分辨率层序地层学在沉积相研究中的作用	(57)
3.4.1	高分辨率层序地层学的理论基础	(57)
3.4.2	层序界面的识别及层序划分原理	(59)
3.4.3	高分辨率层序地层学特征及地层格架	(62)
3.4.4	高分辨率层序地层学储层描述方法	(66)
	参考文献	(69)
4	储层成岩作用	(71)
4.1	储层成岩作用的概念及研究方法	(71)
4.1.1	储层成岩作用的概念	(71)
4.1.2	储层成岩作用的研究方法	(72)
4.2	碎屑岩的成岩作用	(73)
4.2.1	碎屑岩的主要成岩作用	(73)
4.2.2	碎屑岩的孔隙演化与成岩相分析	(77)
4.3	碳酸盐岩的成岩作用	(82)
4.3.1	碳酸盐岩的主要成岩作用	(82)
4.3.2	碳酸盐岩的孔隙演化	(83)
4.3.3	成岩作用分布区图的编制	(86)
	参考文献	(88)
5	储集岩的物性和孔隙结构	(89)
5.1	储油气岩石的物理性质	(89)

5.1.1	储油气岩石的孔隙度	(89)
5.1.2	储油气岩石的渗透率	(91)
5.1.3	储集岩的油气水饱和度	(95)
5.2	储油气岩石的孔隙结构	(98)
5.2.1	表面张力	(99)
5.2.2	润湿性	(101)
5.2.3	毛细管压力	(102)
5.2.4	储油气岩石的相对渗透率	(114)
5.2.5	描述孔隙结构的参数	(117)
5.3	储层下限和分类评价	(119)
5.3.1	储层物性参数的下限	(119)
5.3.2	储集岩的分类评价	(120)
	参考文献	(123)
6	测井地质解释	(125)
6.1	油气层对比	(125)
6.1.1	碎屑岩的油层对比	(125)
6.1.2	碳酸盐岩储集单元对比	(128)
6.2	油气水层的判断	(131)
6.2.1	应用测井资料划分油气水层的方法	(131)
6.2.2	复杂油气水层的分析	(134)
6.2.3	生产测井	(136)
6.3	利用测井资料研究沉积微相	(138)
6.3.1	测井相分析概述	(138)
6.3.2	根据测井曲线的形态特征进行相分析	(139)
6.3.3	根据测井曲线定量特征与岩性的关系进行相分析	(146)
	参考文献	(149)
7	油气储层地震预测技术	(151)
7.1	用测井约束波阻抗反演法进行储层预测	(151)
7.1.1	应用宽带约束反演法进行波阻抗反演	(151)
7.1.2	水下分流河道砂岩储层高分辨地震资料约束反演	(152)
7.2	应用多井约束地震波阻抗反演进行砂体及含气性预测	(156)
7.2.1	多井约束反演技术原理	(157)
7.2.2	波阻抗反演处理	(158)
7.2.3	自然伽马和声阻抗曲线反演处理	(159)
7.2.4	白马庙气田侏罗系蓬莱镇组砂体及含气砂体预测研究	(159)
7.3	多波地震储层预测技术	(162)
7.3.1	多波地震技术简介	(162)

7.3.2	多波多分量地震在莺歌海盆地的应用	(163)
7.3.3	多波多分量地震在苏里格气田的应用	(165)
参考文献		(171)
8	储层建模和油气藏描述	(173)
8.1	油气藏地质模型的建立	(173)
8.1.1	油气藏地质模型的类别	(173)
8.1.2	确定性建模方法	(174)
8.1.3	随机建模的方法和步骤	(176)
8.1.4	储层地质模型实例	(180)
8.2	油气藏描述	(185)
8.2.1	油气藏描述的基本内容	(186)
8.2.2	油气藏描述的目的	(188)
8.2.3	油气藏描述的任务	(188)
8.2.4	油气藏描述的工作方法和工作流程	(189)
8.2.5	油气藏描述的阶段划分	(190)
参考文献		(192)

1 概 论

由于石油和天然气是储存在储层内，因此，不论是从事勘探还是从事开发的石油工作者都会对储层地质研究十分重视。石油勘探专家把发现储层作为勘探目标中最重要的一环，最终提供出有利的储层发育区，为部署勘探井提供依据。石油开发专家需要一个精确的地质模型，为部署开发井提供依据。在建立油气藏地质模型时，都把油气储层作为核心，包括建立储层的构造和格架、储层沉积相展布、储集物性的空间展布以及储层内流体分布及其性质等等。

1.1 储层和产层的概念

凡是能储存流体的岩层都统称为储层，它具有一定的孔隙度和渗透率。与石油地质有关的储层，包括油、气储层和水层。油气储层又可划分为有效储层和无效储层。所谓有效，是指油气既能储集又能渗流的储层；只能储集但不能渗流的（或者在目前工艺技术条件下流体仍不能流动的）称为无效储层。通过工艺技术的发展，无效储层可能转变成有效储层。有效储层是有开采价值的油层和气层，也可称为工业油层或工业气层。有无开采价值取决于油、气层的产能大小、埋藏深度、开采技术、油气价格、国家能源政策、交通运输条件等因素^[1]。

一般来说，有效储层就是产层，产层是储层中油气能够渗流的那一部分。随着开采工艺技术条件及储层渗滤性能的变化，无效储层也可以转化为产层。例如：油气层经过酸化、压裂等措施，可以把低渗透油气层改变成产层。因此，产层不是一个固定的值，它随开采技术水平不同可以增加或减少^[2]。

1.2 油气储层地质研究的主要内容

20 世纪 50 年代初期，苏联科学院院士密尔钦科曾著有《油矿地质学》，它曾经是我国石油院校的专业课教材，其主要研究内容是，在油气藏范围内油气层的地质问题，最终归结到油气储量计算。1979 年，P. A. 迪基^[3]著有《石油开发地质学》，它是美国塔尔萨（Tulsa）大学的高年级地质学教材，其主要研究内容包括从沉积环境一直到油气采收率的提高，涉及面宽，但不够深入。1983 年，由陈立官主编，马正、程光瑛等^[4]参编的《油气田地下地质学》出版，它是我国自行编写的第一部地下地质的高等院校教材。全书编写了钻井地质、油气水层的判断、地层对比、地下构造研究、储层研究、油气储量计算等

章节,非常适合中国油气田的实际情况。1987年,由陈碧珏主编^[5]的《油矿地质学》出版,该书是我国石油院校使用的统编教材,它系统介绍了地质录井、地层测试、油气水层判识、地层对比、储集物性、构造研究和储量计算等内容。上述两本教材基本奠定了油矿地质的框架。1989年,中国科学院院士李德生^[6]著有《石油勘探地下地质学》,该书介绍了钻井地质技术、地下地层和构造的解释,以及国内外已发现油气田的评价实例,它作为石油地质勘探技术干部进修培训的教材,曾培训了一批后来的储层地质专家。

1992年,由裘怿楠、薛叔浩等^[7]编著的《油气储层评价技术》总结了十多年来国内外的实践经验,将储层评价划分为单井、区域、开发和敏感性四个部分,提出了评价内容和技术方法。1996年,由吴元燕、徐龙、张昌明等^[8]编著的首部《油气储层地质》出版,该书从油气田发现到开发对储层研究提出的要求出发,从宏观到微观、从定性到定量、从描述到评价,建立储层地质模型,并介绍利用地震、测井、地层测试等资料研究储层的方法。同年,裘怿楠、陈子琪主编^[9]的《油藏描述》出版,这本书虽然属于中国油藏管理技术手册,但它从构造、流体和储层各级非均质性的描述,到油藏地质模型的建立,都分别进行了详细的介绍。特别是针对我国石油地质的特点,突出了陆相储层和复杂断块油藏的描述方法。手册中附有大量的图例、表格和常用计算公式,可供实际操作时参考。1997年由唐泽尧主编^[10]的我国第一部《气田开发地质》出版,这本书以我国已投入开发的150个气田、500个气藏开发的地质实践为对象,系统论述了天然气开发地质理论和开发地质技术,内容包括气田构造、储集层、气田流体、压力和温度、气藏地质特征、开发地震、地球物理测井、气层物性测试、气藏描述和天然气储量计算技术。它既具有我国气田特色,又吸收了现代新理论和新技术,是对我国40年天然气开发经验的系统总结。1998年,方少仙、侯方浩^[11]出版了《石油天然气储层地质学》,该书作为高等学校教材系统地介绍了沉积岩石学特征、主要物理性质、沉积环境、相及储集岩发育特征、储层孔隙及孔隙结构特征、储层在成岩阶段发生的成岩变化、储层形成的控制因素以及储层的非均质性等。1999年,文献[12]作者根据多年授课内容并参考了上述教材和专著,编写了《油气储层评价》一书,内容包括了沉积、测井、物性、地震预测、岩溶和裂缝型储层、储层建模和储层模拟等多门学科的先进技术方法,对油气储层进行详细的描述和精确的预测,为勘探布井以及剩余油分布提供准确的油气藏地质模型。

上述专著和教材概括了油气储层地质所要研究的众多内容,为油气储层地质的归纳和提高打下了坚实的基础。

油气储层地质学作为研究生教材的提出来自于生产实践,广大石油地质工作者在长期工作中,认识到油气储层是勘探开发中的主要研究对象,没有油气储层就没有一切。在油田现场,最早流行的是储层的四性对比(即电性、物性、岩性和含油气性),20世纪80年代,一部分学者提出,储层地质研究应该以四性研究为中心,而四性研究中应以物性和孔隙结构为核心;另一部分学者则认为,沉积、成岩是形成现今储层的最重要成因,因此,储层地质学应以沉积学为基础。20世纪80年代是油气储层地质学迅速发展并得到公认的时期,原中国石油天然气总公司将油气储层研究提高到中国石油工业的第三次革命的高度,使一大批石油地质工作者投入到储层研究的行列,发表了许多优秀的论文和专著,油气储层地质研究的学术空气十分活跃,并一直延续至今。

不论研究的重点是什么,油气储层地质学的主要内容应包括:油气藏的构造地质、储

层沉积学、孔隙演化和成岩作用、储集物性和孔隙结构、测井地质解释、储层综合预测、储层地质模型、建模和三维可视化表述技术，以及储层所含流体及其动态特征等等。它包含了多门学科，并且在储层解释中涉及许多工程技术方法，因此，作为油气储层地质研究者，不仅要精通地质，而且要懂得有关的工程技术，还需要具有熟练的计算机技术。总之，他应是一个综合能力很强的地质工作者。

1.3 储层研究的阶段划分和分类

根据油气田（藏）勘探开发程度的差异，可以将油气储层研究划分为三个阶段或三种不同的类型。

1.3.1 储层诊断

这是指某区在勘探初期，只有少量的地震工作，以及1~2口探井的情况。在资料极少的情况下，对油气储层进行诊断，以初步确定本区是否有进一步勘探的价值。在诊断过程中需要回答、解决以下问题：

- 1) 勘探区是否存在储层？根据生、储、盖的组合和配置，判断是否存在含有油气的储层。
- 2) 初步估计储层的孔、渗、饱参数；以及圈出大致的储集空间发育区。
- 3) 粗略估计储层的厚度，并作出本区储层的厚度分布图。
- 4) 根据流体性质以及储层参数，计算可能的产能和本区的预测储量。
- 5) 结合经济分析，确定本区是否应作进一步勘探。如果需要，则要提供出可供钻探的井位及经费预算。

1.3.2 储层评价

这是指探区内已有若干口探井，并且已经做了一定数量的地震剖面及精细处理，测井系列齐全，取心完整。在这种情况下开展的储层地质研究工作，主要是为了找出油气的有利部位，提供加密井的钻探井位和井数，并估算出控制储量。在这一阶段需要解决以下问题：

- 1) 对已钻井的四性资料进行全面分析，取得岩石学、物性、流体、测井响应特征、测试分析的第一手资料。
- 2) 以井点为约束，利用高分辨地震资料的精细解释，开展面上的储层平面特性的展布工作，包括沉积相、厚度、储层物性参数等。
- 3) 圈定有利地区，提供加密钻探的井位和井数。
- 4) 根据流体性质以及储层参数，计算储层产能及本区的控制储量。
- 5) 结合经济分析，提出对本区的开发前期的准备工作，并制订出本区的开发概念设计或开发可行性方案。

1.3.3 储层（油气藏）描述

这是指油气藏已经投入开发，并有相当数量的开发井，全构造或部分区块已经做了三维地震探测，勘探开发的资料均十分丰富，在这种情况下，储层地质研究的任务是建立精确的油气藏地质模型、精细地描述探明储量和产能的分布、储渗体的分布以及剩余油的分布等二维和三维分布特征。此时，需要采用内存较大的计算机储存各种参数，并为油气藏数值模拟的参数场提供基础数据。在这一阶段需要解决的问题有：

- 1) 建立油气藏（储层）的三维参数场。
- 2) 建立测井地质解释的参数图版。
- 3) 精确计算油气藏的探明储量，并提供储量丰度分布平面图。
- 4) 提供储层改造和增产措施的地质依据，并进行选层。
- 5) 提供剩余油气的分布图及提出挖潜措施。
- 6) 在可能的情况下，进行跟踪开发数值模拟。

油藏描述至今已发展为一门综合性很强的独立学科，从构造、沉积、储集物性、油水分布、剩余油分布的描述到建立三维地质模型，都有相应的软件，已经成为油田开发所必需进行的工作^[13~16]。

1.4 油气储层地质学的近代进展

自从 20 世纪 80 年代将油气储层研究提高到地质研究中的重要位置后，许多新的学科理论和新的技术方法都被引入到储层地质的研究中，其中最突出的有以下几方面。

1.4.1 高分辨率层序地层学在油气储层地质中的作用^[17~19]

层序地层学由于其严密的逻辑性、科学性和有效的预测性，得到了地学界的广泛认可，并成为探讨生、储、盖组合关系及评价油气远景区的有效工具。高分辨率层序地层学的概念应用于陆相地层对我国特别重要，已取得的成果证明，该领域的研究可为油气勘探和开发的储层地质模型提供前所未有的、高精度的年代地层对比格架，这对预测地层结构、储层分布、寻找隐蔽圈闭以及进行精细油气藏描述都将产生深远的影响。

高分辨率层序地层学实际上是指分辨率高于地震分辨率的地层学，它是利用岩心、测井、露头、地震等资料的综合层序地层学的研究方法。以 T. A. Cross 领导的科罗拉多矿业学院成因地层研究组是高分辨率层序地层学派的突出代表。他们认为：高分辨率层序地层学以地层-响应动力学为理论基础，主要由地层基准面、体积划分、相分异、与旋回等时对比等四部分组成。对油气储层地质研究最重要的是高分辨率层序地层的划分和建立地层格架，特别是中期基准面旋回层序和短期基准面旋回层序。近年来，为适应油气储层单砂

体分布精细描述的要求，人们提出了划分超短期基准面旋回层序的思路，包括对超短期基准面旋回层序进行等时对比和建立超短期基准面旋回层序地层格架，这对油气田剩余油分布的研究将起特别重要的作用。

1.4.2 应用地震资料进行油气储层预测技术的发展^[20~22]

地球是三维的，我们企图寻找或评价的石油储存在三维的圈闭内。然而，试图反映油气储层地质情况的传统地震方法是一种二维的方法。G. G. Walton 于 1972 年介绍了三维地震勘探的概念；1976 年由 M. R. Bone, B. F. Giles 向世界介绍了这一新技术。到 1985 年，三维地震勘探趋于成熟，并获得了许多的成绩和效益。三维方法的实质是区域性的资料采集，加上密间距数据体的处理和解释，使它能非常详细地认识地下地质现象，可以精细地描述油气储层的空间展布，并可对油田的评价、开发和生产问题起到重要的作用。

20 世纪 90 年代基于三维地震的广泛应用而发展起来一系列油气储层预测的技术方法，其中，测井约束波阻抗反演法是目前最流行的方法，它能够把地震资料、测井信息和油气储层地质有机地联系起来，达到准确解释油气储层地质状况的目的。目前，应用三维地震资料可以进行全三维的构造 - 断层解释、储层的岩性和物性、砂体的厚度及展布、含油气储层的展布以及建立油气储层的地质模型，它已成为油气储层地质研究中不可缺少的技术手段。

1.4.3 储层建模和储层模拟技术的发展^[23~25]

储层建模，顾名思义就是建立储层的地质模型，其目的就是通过油气勘探和开发过程中取得的地震、测井、测试、钻井等各方面的资料，对储层各方面的特征进行描述和预测，达到建立精确的三维定量的储层地质模型的目的。其中最重要的是具有相当井间预测能力的储层建模技术。

储层建模的方法一般分为确定性建模和随机建模两类。在地震资料品质好和有较多取心井资料时，可以得到很好的确定性模型；但在大多数情况下，是采用以地质统计为基础的储层随机建模。随机建模承认在现有地质条件下，采用地质统计特征去表征储层非均质性的总体面貌，而不追求每一个测点的确定数值，可以为油气田开发提供合理的储层地质模型，保证流体流动模拟的可信度及开发决策的正确性。

如果说储层建模是运用现今地质条件下所取得的资料进行描述和预测，那么储层模拟则通常要在恢复地质历史的基础上模拟自古到今的地质演化，包括沉积埋藏史模拟、孔隙演化史模拟、油气在储层中的运移史模拟，以及油气富集规律模拟等，通过这些模拟用以对现今地质情况进行预测。

总之，储层建模和储层模拟都需要很强的预测性，需要运用众多的现代数学和计算机技术，并需要研究者具有丰富的想像力和高度的抽象能力。

参考文献

- [1] 叶庆全, 袁敏编著. 油气田开发常用名词解释. 北京: 石油工业出版社, 2002
- [2] 韩大匡, 周春虎主编. 采油工程. 北京: 中国工业出版社, 1961
- [3] P. A. 迪基 (美) 著. 甘克文等译. 石油开发地质学. 北京: 石油工业出版社, 1982
- [4] 陈立官主编. 油气田地下地质学. 北京: 地质出版社, 1983
- [5] 陈碧珏主编. 油矿地质学. 北京: 石油工业出版社, 1987
- [6] 李德生编著. 石油勘探地下地质学. 北京: 石油工业出版社, 1989
- [7] 裘怿楠, 薛叔浩等编著. 油气储层评价技术. 北京: 石油工业出版社, 1992
- [8] 吴元燕, 徐龙, 张昌明等编. 油气储层地质. 北京: 石油工业出版社, 1996
- [9] 裘怿楠, 陈子琪主编. 油藏描述. 北京: 石油工业出版社, 1996
- [10] 唐泽尧主编. 气田开发地质. 北京: 石油工业出版社, 1997
- [11] 方少仙, 侯方浩编著. 石油天然气储层地质学. 东营: 石油大学出版社, 1998
- [12] 王允诚编著. 油气储层评价. 北京: 石油工业出版社, 1999
- [13] 刘泽容, 信荃麟等著. 油藏描述原理与方法技术. 北京: 石油工业出版社, 1993
- [14] 王捷主编. 油藏描述技术 (勘探阶段). 北京: 石油工业出版社, 1996
- [15] 王志章, 石占中. 现代油藏描述技术. 北京: 石油工业出版社, 1999
- [15] 王允诚, 吕运能, 曹伟著. 气藏精细描述. 成都: 四川科学技术出版社, 2002
- [16] 沈平平, 宋新民, 曹宏著. 现代油藏描述新方法. 北京: 石油工业出版社, 2003
- [17] Cross T A. High Resolution Stratigraphic Correlation from the Perspective of Base-Level Cycles and Sediment Accomodation. 西北欧地层会议材料, 1994
- [18] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学. 石油与天然气地质, 1995, 16 (2), p94 ~ 97
- [19] 郑荣才, 彭军, 吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义. 沉积学报, 2001, 19 (2), p249 ~ 255
- [20] 布朗 A R 著. 张孚善译. 三维地震资料解释. 北京: 石油工业出版社, 1996
- [21] 王冰编译. 开发地球物理学的新进展. 石油地震地质, 1992, 4 (2), p121 ~ 132
- [22] 牟永光著. 储层地球物理学. 北京: 石油工业出版社, 1996
- [23] 陈恭洋著. 碎屑岩油气储层随机建模. 北京: 地质出版社, 2000
- [24] 张团峰, 王家华. 油气储层随机模拟的地质应用. 中国数学地质, 1995, (5)
- [25] 石广仁等. 油气盆地数值模拟方法. 北京: 石油工业出版社, 1994

2 油气藏构造

油气储层受到构造作用和沉积作用后产生的形变形成了局部构造，因此，油气藏构造直接反映出油气储层的产状，构造和储层具有不可分割的密切关系。对于一个已探明的油气藏来说，采用地震、测井、地质等资料，编制出油气层的精细构造图，并对构造特征作详细的描述，这就是油气藏构造研究的主要任务。

2.1 构造图的编制方法^[1]

地震构造图就是地震层位的等深线平面图，它反映某个地质时代的地质构造形态，也是地震勘探最终成果的基本图件。根据等值线的参数不同，构造图可分为等 t_0 图和等深度构造图两大类。等 t_0 图是由时间剖面的数据直接绘制的，只在简单地质条件下可以反映构造的基本形态，但其位置有偏移。至于等深度构造图，由于地震勘探中有法线深度、视深度、真深度的区别，又可分为相应定义的三种深度的构造图，为了搞清楚这三种构造图的关系，需要先了解这三种深度之间的关系。当界面呈非水平产状时，由纵测线上接收的反射波是在射线平面内传播的，射线平面一般不同于铅垂平面（唯有测线与倾向一致时例外）。法线深度 h 是指射线平面内由激发点到反射界面的法线距离，真深度 H 则是铅垂面内由激发点至界面的铅直距离，视深度 H^* 为射线平面内从激发点到反射界面的视铅垂深度。只有界面为水平时，这三个深度相等。如图 2.1 所示，图中 $h = OM$ ， $H^* = ON$ ， $H = OP$ 。它们三者之间的关系可以很容易求得

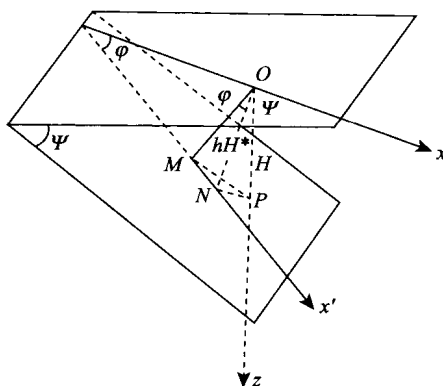


图 2.1 法线深度、视深度、真深度之间的关系图^[1]

h —法线深度； H —真深度； H^* —视深度； φ —视倾角； ψ —真倾角

$$H^* = h / \cos \varphi$$

$$H = h / \cos \psi$$

式中： φ ——视倾角；

ψ ——真倾角。

故

$$H = H^* \cos \varphi / \cos \psi = H^* \cos \varphi / \sqrt{1 - (\sin^2 \varphi / \cos^2 \alpha)}$$

其中 α 是测线与界面倾向之间的夹角。

一般在时间剖面上利用 t_0 时间和速度参数可求得反射界面的法线深度和视倾角 φ （由同相轴的斜率计算）；再用两条相交测线求界面的真倾角，最后求得真深度。实际工作中，为方便起见，预先绘制了各种量板和诺模图，使用时只需根据 t_0 值查找即可。

2.1.1 构造图层位和比例尺的选择

2.1.1.1 层位的选择

因为每个工区的地震记录都可获得若干个反射界面的同相轴，而一张构造图只能反映某一地质时代的地质构造特征，这就有一个选择层位的问题。一般应以能严格控制含油气地层的地质构造特征的标准层作构造图。如果没有标准层，则可用假想层绘成的构造图（称为构造简图）。

对于已探明的油气藏来说，编制构造图时要满足开发的需要，在条件许可的情况下要编制以下图件，即：

- 1) 油气藏所处地层的顶、底界构造图；
- 2) 油气藏所处砂体（或储渗体）的顶、底界构造图，在砂体（或储渗体）的厚度超过 50m 时，应增加砂体（或储渗体）的中部构造图，以增加纵向上的控制能力；
- 3) 如果纵向上有多个油气藏，则应编制每一个油气藏的相关构造图。

2.1.1.2 比例尺和等值线距的选择

比例尺和等值线距反映构造图的精确度，而构造的精确度又取决于测网的密度、地质情况、勘探的要求、资料的质量等因素。在资料质量好、构造不复杂的情况下，一般选择较大的比例尺和较小的等值线距，反之则相反。应该注意，若线距选得过大，会漏掉构造细节，并使构造高点的位置定不准确，若线距过小，则会使图形复杂化，并增加不必要的工作量。

一般在油气藏研究中采用的构造图比例尺为 1:5000 ~ 1:20000，等值线距为 5 ~ 25m。在应用二维地震资料时，由于测网不可能太密，因此构造图的比例尺要小一些，等值线距要大一些。在应用三维地震资料时，如果测网很密，则构造图的比例尺要大一些，等值线距要小一些。

从油气藏研究的要求来说，构造的等值线距越小越好，因为它能反映出构造内部的起伏特征。而在实际上，三维地震的测网最小到只有 10m × 20m 的间隔，因此，从理论上讲，编制等值线距在 10m 以下时都有一定的误差。为了能做到 10m 以下的构造等值线距，