



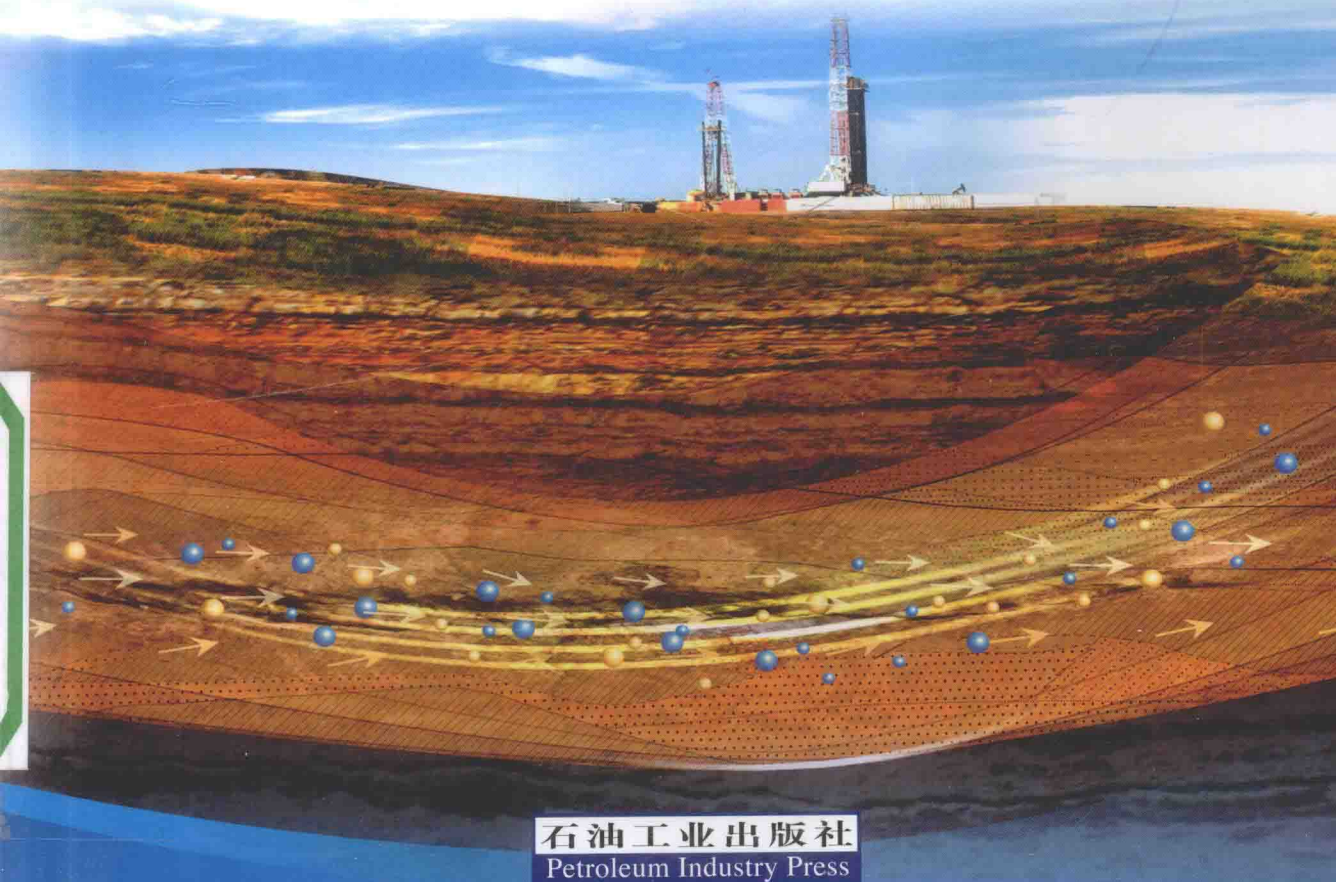
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

高等院校石油天然气类规划教材

渗流力学

(第四版)

翟云芳 © 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
高等院校石油天然气类规划教材

渗 流 力 学

(第四版)

翟云芳 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以油、气、水在地层多孔介质中的流动形态和运动规律为研究对象,以油藏中能量供应与消耗为核心,以渗流的基础规律——达西定律为基础,遵循由浅入深的认识规律,系统地介绍了不可压缩液体稳定渗流理论、弱可压缩液体不稳定渗流理论、两相渗流理论、气体渗流理论、双重介质渗流理论、非牛顿液体的渗流、特殊地质因素下的渗流理论及分形渗流理论等。

本书主要作为高等院校石油工程专业教材,也可供从事油气田勘探开发的科学研究人员和矿场技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

渗流力学/翟云芳主编. —4版.

北京:石油工业出版社,2016.5

(“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材·高等院校石油天然气类规划教材)

ISBN 978—7—5183—1208—5

I. 渗…

II. 翟…

III. 油气藏渗流力学—高等学校—教材

IV. TE 312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 060780 号

出版发行:石油工业出版社

(北京朝阳区安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64523693

图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

排 版:北京苏冀博达科技有限公司

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 5 月第 4 版 2016 年 5 月第 13 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:16

字数:410 千字

定价:32.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

第四版前言

本教材是在2009年翟云芳主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《渗流力学(第三版)》的基础上,结合这些年教学实践和专业需要重新修改、补充及完善而成的。

本教材此次修订主要考虑了以下因素:

1. 由于渗流力学是一门理论性比较强的课程,为帮助学生更好地理解 and 消化本课程内容,本书在每章后又增加了部分思考题,并在书后又增加了大量习题。

2. 考虑到石油工程专业的学生在工程教学方面的基础不是很强,涉及这方面的内容增加了实例演算,如复变函数在渗流力学中的应用,并把“保角变换的应用”从第三章第五节中分离出来独立成节,前面增加了对这部分内容在渗流力学中应用的意义和目的的论述。

3. 对非牛顿液体的内容进行了重新编排和论述,使之在理论上更加系统化,也更易于理解。

4. 为满足部分学生进一步深造的要求,在单相渗流、双孔内渗流及非牛顿液体渗流等章节中增加了井底为定压条件下的数学模型及其解,还在附录中增加了部分理论模型的推导及求解过程。

修订后的教材依然保持以下几方面的特点:

1. 本书加强了基础理论知识介绍、又具有很好的导向作用,克服了仅以数学模型代替渗流过程中物理机理的抽象化的研究方法。

2. 概念准确、简练、深入浅出,不仅清晰阐明了物理概念,而且保持了理论上的严谨性。

3. 充分体现了主编和参编者在教学上多年来的探索成果和经验。

4. 每章都附有思考题,在教学中对学生思维具有启发性;书后的习题,有助于学生对本教材内容的消理解。

本次所增加的理论部分由翟云芳、刘义坤、尹红军完成,所增加的思考题及习题由翟云芳、刘义坤、尹红军、钟会影完成,钟会影和刘振宇参加了对上一版书中错别字的检查。

本书原稿中的文字、图表的编辑、排版和核对由张兆虹负责。

本书在修改完善中参考了国内外多种相关教材,受到不少启发和帮助,在此表示衷心感谢。

本书的修订由翟云芳负责构建及查核,并由资深的渗流力学老专家葛家理教授担任主审,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,本教材中存在的不足和缺点,诚恳地欢迎大家提出宝贵意见。

编 者
2016 年 1 月

第三版前言

本教材是在 2003 年翟云芳主编的普通高等教育“十五”国家级规划教材《渗流力学(第二版)》的基础上,经过这几年的教学实践和专业需要重新修改、补充及完善而成。

修订后的教材依然保存以下几方面的特点:

1. 本书加强了基础理论知识介绍,又具有很好的导向作用,克服了仅以数学模型代替渗流过程中物理机理的抽象化的研究方法。
2. 概念准确、简练、深入浅出,不仅清晰阐明了物理概念,而且保持了理论上的严谨性。
3. 充分体现了主编和参编者在教学上多年来的探索成果和经验。
4. 不仅介绍了基础渗流力学,而且反映了学科的发展前沿知识,以便因材施教。
5. 每章都附有思考题,在教学中对学生思维具有启发性,书后的习题,有助于学生对本教材内容的消理解。

第二版教材由翟云芳负责总体内容的构建。其中第一章至第九章由翟云芳编写。第十章由闫宝珍编写,第十一章由刘振宇编写,第十二章由刘义坤、尹洪军编写。

本教材此次修改主要考虑到以下几个因素:

1. 为有助于学生对基本理论更深入的理解,在一些基础章节中,增加了实例演算。
2. 部分学生在学习本课程之前,没有选修足够学时的“工程数学”课程,故在有关章节中,补充了若干与工程数学有关的基本概念和知识,如拉普拉斯变换、杜哈美原理等。
3. 根据后续专业课程的需要,在油水两相渗流、天然气渗流等章节中,增加了部分内容。
4. 满足一些学生进一步深造的需要,在附录中增加了部分理论模型的建立和推导。
5. 由于修改后的教学大纲规定的学时比较少,因此对一些尚在探索的前沿内容及与其他课程(如试井)可能会有重复的内容进行精简和删减。

本次修改由翟云芳负责统一安排和调整,具体内容及承担人如下:

1. 第二章、第三章和第五章分别增加了实例运算(刘振宇)。
 2. 第三章补充了应用复势求速度的内容(翟云芳)。
 3. 第四章增加了关于拉普拉斯变换和贝塞尔函数的基本概念(翟云芳)。
 4. 第四章增加了杜哈美原理的基本概念(尹洪军)。
 5. 第四章增加了考虑井筒储存和表皮效应的无界地层定产条件下的理论模型及解(刘义坤、闫宝珍)。
 6. 第五章增加了在出口端见水后的含水率和平均饱和度的计算方法(翟云芳)。
 7. 第六章对混气液体渗流的物理过程作了补充和修改(翟云芳)。
 8. 第七章增加了等时试井和修正等时试井内容(闫宝珍)。
 9. 考虑到受学时限制,本次修改删去了第四章、第八章中关于用典型曲线法解释不稳定试井的内容,并对第十章(闫宝珍)、第十二章(刘义坤)的内容进行精简。
 10. 为便于学生更深入掌握教材内容,本次修改中对各章后面的思考题进行了补充和调整(翟云芳),对书后的总习题进行了扩充(翟云芳、刘义坤、刘振宇、尹洪军)。
 11. 在书后的附录中增加了三部分内容,即附录 2(刘义坤)、附录 3 和附录 4(刘振宇)。
 12. 本书原稿中的文字、图表的编辑、排版和核对,张兆虹做了大量的工作。
- 本教材在修改时咨询和请教了资深专家葛家理教授的意见,使编者受益匪浅,并由葛老师对本次修改的教材再次担任主审。
- 在这次修改前,曾向兄弟院校征求过意见,得到相关教师的反馈和建议,特此表示感谢。
- 本书在编写过程中还参考了国内外的有关教材,受到不少启发和帮助,在此一并表示衷心的感谢。
- 由于编者的水平所限,本教材中存在的不足和缺点,诚恳欢迎大家提出宝贵意见。

编 者
2009 年 6 月

第二版前言

本教材是在 1998 年翟云芳主编的《渗流力学》教材的基础上补充、完善而成。原教材自 1981 年起在大庆石油学院使用,部分石油院校也曾以此作为教材使用过。在使用过程中曾根据专业需要和讲授中的经验,多次进行修改补充。1996 年由中国石油天然气总公司人教局选定为“九五”中国石油天然气总公司级重点教材,于 2002 年由教育部确定为普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本教材是一门专业基础性的教材。它与一般专业基础性课有着同样的作用,是把基础课程中所学的知识应用到专业中去的一个中间桥梁,因此在学习本门课程之前,应当掌握必要的数学、物理、力学等基础知识。

这本新编的教材具有以下几方面的特点:

1. 本书加强了基础理论知识介绍,又具有很好的导向作用,克服了仅以数学模型代替渗流过程中物理机理的抽象化的研究方法。
2. 概念准确、简练、深入浅出,不仅清晰阐明了物理概念,而且保持了理论上的严谨性。
3. 充分体现了主编和参编者在教学上多年来的探索成果和经验。
4. 不仅介绍了基础渗流力学,而且反映了学科的发展前沿(如分形等),以便因材施教。
5. 每章都附有思考题,在教学中对学生思维具有启发性;书后附有习题,有助于学生对本教材内容的消化理解。

本教材由翟云芳负责总体内容的构建。其中第一章至第九章由翟云芳编写,闫宝珍、刘义坤、刘振宇、尹洪军分别参加部分编写工作。第十章由闫宝珍编写,第十一章由刘振宇编写,第十二章由刘义坤、尹洪军编写。

本书由葛家理教授主审。葛老师能站在学科的前沿对本教材进行严格的审阅,使编者受益匪浅。在编写过程中还参考了国内外的有关教材,受到不少启发和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平所限,本教材中存在的不足和缺点,诚恳欢迎大家提出宝贵意见。

编者
2003 年 8 月

第一版前言

本教材是在1981年翟云芳主编的《渗流力学》教材的基础上补充、完善而成。原教材自1981年起在大庆石油学院已使用十多年,部分石油院校也曾以此作为教材使用过。在使用过程中曾根据专业需要和讲授中的经验,多次进行补充修改。1996年由中国石油天然气总公司人教局选定为“九五”中国石油天然气总公司级重点教材。

本教材是一门专业基础性的教材。它与一般专业基础性课有着同样的作用,是把基础课程中所学的知识应用到专业中去的一个中间桥梁,因此在学习本门课程之前,应当掌握必要的数学、物理、力学等基础知识。

这本新编的教材具有以下几方面的特点:

1. 本书加强了基础理论知识介绍,又具有很好的导向作用,克服了仅以数学模型代替渗流过程中物理机理的抽象化的研究方法。
2. 概念准确、简练、深入浅出,不仅清晰阐明了物理概念,而且保持了理论上的严谨性。
3. 充分体现了主编和参编者在教学上多年来的探索成果和经验。
4. 不仅介绍了基础渗流力学,而且反映了学科的发展前沿(如分形等),以便因材施教。
5. 每章都附有思考题,在教学中对学生思维具有启发性;书后附有习题,有助于学生对本教材内容的消化理解。

本教材由翟云芳负责总体内容的构建。其中第一章至第九章由翟云芳编写,闫宝珍、刘义坤、刘振宇、尹洪军分别参加部分编写工作。第十章由闫宝珍编写,第十一章由刘振宇编写。

本书由葛家理教授主审。葛老师能站在学科前沿对本教材进行严格的审阅,使编者受益匪浅。在编写过程中还参考了国内外的有关教材,受到不少启发和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平所限,本教材还存在不足和缺点,诚恳欢迎大家提出宝贵意见。

编者
1998年8月

目 录

绪 论	1
第一章 渗流的基础知识和基本定律	2
第一节 油气储集层	2
第二节 渗流的基本概念	6
第三节 渗流过程中的力学分析及油藏驱动方式	9
第四节 线性渗流与非线性渗流	11
思考题	13
第二章 单向液体的稳定渗流	15
第一节 渗流数学模型的建立	15
第二节 单相液体稳定渗流的数学模型的解	18
第三节 井的不完善性	22
第四节 稳定试井及应用	23
思考题	26
第三章 多井干扰理论	27
第一节 多井干扰现象的物理过程	27
第二节 势的叠加原则	29
第三节 镜像反映法及边界效应	32
第四节 等值渗流阻力法	41
第五节 复变函数理论在渗流力学中的应用	49
第六节 保角变换方法研究平面稳定渗流问题	59
思考题	66
第四章 弱可压缩液体的不稳定渗流	67
第一节 弱可压缩液体在弹性多孔介质中不稳定渗流的物理过程	67
第二节 不稳定渗流的基本微分方程	68
第三节 拉普拉斯变换和贝塞尔函数	72
第四节 无界地层定产条件下基本微分方程的解	76
第五节 有界封闭地层定产条件下基本微分方程的解	77
第六节 多井干扰	79
第七节 应用叠加原理研究单井变流量的渗流问题	80
第八节 常规不稳定试井分析方法	83
第九节 无界地层定产条件受井筒储存和表皮影响的基本微分方程及其解	93
第十节 有界定压边界地层定产条件下的基本微分方程及其解	96
思考题	97

第五章 油水两相渗流的理论基础	98
第一节 影响水驱油非活塞性的因素	98
第二节 等饱和度平面移动的基本微分方程	99
第三节 平面单相流等饱和度平面移动方程的应用	104
第四节 平面单相流两相混合带的压力	110
第五节 平面径向流等饱和度平面移动方程的应用	111
思考题	113
第六章 溶解气驱动时的油气两相渗流	114
第一节 混气液体渗流的物理过程	114
第二节 混气液体渗流的基本微分过程	115
第三节 混气液体的稳定渗流	118
第四节 混气液体的不稳定渗流	122
思考题	125
第七章 天然气渗流	126
第一节 天然气渗流的基本微分方程	126
第二节 天然气的稳定渗流	128
第三节 天然气井的稳定试井方法	133
第四节 天然气的不稳定渗流	141
第五节 天然气井的不稳定试井	142
思考题	145
第八章 流体在双重孔隙介质中渗流的理论基础	146
第一节 基本概念	146
第二节 双重孔隙介质中单相弱可压缩流体渗流的基本微分方程	147
第三节 双重孔隙介质中的渗流理论在不稳定试井中的应用	149
第四节 有界定压边界地层定产条件下基本微分方程式的解	151
思考题	153
第九章 非牛顿液体的渗流	154
第一节 流变性的基本概念	154
第二节 非牛顿液体的分类	154
第三节 非牛顿液体的稳定渗流	157
第四节 非牛顿液体的不稳定渗流	160
第五节 非牛顿幂律流体在双孔介质中的不稳定渗流	162
思考题	164
第十章 特殊地质因素下的渗流理论	165
第一节 渗透率各向异性	165
第二节 均质各向异性地层中流体不稳定渗流基本微分方程	166
第三节 均质各向异性地层中流体稳定渗流规律	167
第四节 均质各向异性地层中流体不稳定渗流规律	169
思考题	171

第十一章	分形渗流理论基础	172
第一节	分形理论概述	172
第二节	油藏中的分形	175
第三节	分形渗流数学模型的建立	176
第四节	基本微分方程的解	181
	思考题	185
第十二章	复杂条件下的渗流理论概述	186
第一节	物理化学渗流理论简介	186
第二节	变形介质中的渗流理论简介	195
	思考题	198
	总习题	200
	附录	215
附录 1	无界地层定产条件下基本微分方程的解——分离变量法	215
附录 2	有界地层定产条件下不稳定晚期基本微分方程的解	219
附录 3	双重孔隙介质无界地层条件下基本微分方程的解	226
附录 4	双重孔隙介质无界地层定产条件下基本微分方程的解(考虑井筒储存和表皮效应)	231
附录 5	圆形有界封闭地层中心一口直井定压生产解	235
附录 6	圆形有界封闭双重孔隙介质地层中心一口直井定压生产解	238
附录 7	幂积分函数表	241
附录 8	常用参数单位及相互关系	243
	参考文献	244

绪 论

渗流力学是研究流体在多孔介质中流动规律的一门学科。渗流现象大量地存在于生产和生活中:在冶金、化工等工程中遇到的渗流问题称为工程渗流,在人体和动物血管中出现的渗流现象称为生物渗流,而地下水、石油和天然气在地下储集层中的渗流一般称为地下渗流。

地下渗流力学起源于 19 世纪,随着地下水的开发和利用,开始出现了地下水动力学理论。1856 年法国工程师亨利·达西(Henri Darcy)在总结前人经验的基础上,通过室内实验,建立了经典渗流力学的基本定律——达西定律,这一定律反映了水在孔隙介质中流动的线性规律。之后,裘比(J. Dupuit)又在达西定律的基础上,研究了单向和平面径向渗流。不论是达西还是裘比,他们提出的公式都是反映流体在多孔介质中的稳定渗流。这些研究成果奠定了稳定渗流的理论基础,对当时的理论与生产实践曾起过比较重要的作用,直到现在仍有实用价值。

稳定渗流主要描述流体在多孔介质中运动时的一种平衡状态,这种平衡状态不随时间变化,因此稳定渗流的公式中不包含时间的因素。但事实上稳定渗流只是一个有限时间范围内的一种暂时平衡状态,它无法说明从一个状态到另一个状态的整个发展过程,所以这一理论的应用受到了限制。1935 年,齐斯(C. V. Theis)首先发表了非稳定渗流的研究成果,从而使渗流力学进入一个新的发展阶段。这一理论到 20 世纪 50 年代就发展得比较完整,包括了在稳定渗流中已行之有效的叠加原理、映射法等也应用到非稳定渗流中,从而使井群干扰和边界影响等问题得到了解决。

随着油田开采技术的发展,从一开始单纯依靠天然能量驱油逐渐发展到用注水、注气等方法来开采石油,于是开始出现了多相渗流。贝克莱—勒弗莱脱(Buckley-Leverett)关于水驱油非活塞式驱替理论的提出,奠定了多相渗流的基础,拟压力方法的引入使油气两相渗流得到了有效的解决。上述问题都是研究流体在单一孔隙介质中的流动。随着裂缝性油田的开发而发展起来的裂缝—孔隙双重介质中流体的渗流理论,使得渗流力学这门学科的内容变得更加丰富。

为了更加合理、有效地利用地下资源,已经采用多种新的工艺与技术,同时也为渗流力学提出了新的研究领域,例如由于注入热水等引起地层内温度变化的非等温渗流、因在开发过程中介质的孔隙度、渗透率变化引起了影响流动特性的变形介质渗流,以及建立在分形几何基础上的分形渗流理论等。在研究新的问题时,对于一些复杂的现象,有时首先要进行室内实验,例如,考虑流体与岩石表面特性的微观渗流等,在获得直观认识的基础上,再建立能够定量描述的理论模型。因此,实验技术对渗流力学的发展起着不小的作用。计算机先进技术和现代数学方法的应用,有力地改进了渗流力学的研究条件,必将积极地促进本门学科的迅速发展,为油田开发提供更加坚实的专业理论基础。

第一章

渗流的基础知识和基本定律

第一节 油气储集层

油气储集层是油气储集的场所和油气运移的通道。它有着极其复杂的内部空间结构和不规则的外部几何形状,是渗流的前提条件,所以有必要对其进行了解。

一、油气储集层内部空间结构及其简化

油气储集层有多种形式,若按其内部空间结构特点可分为 3 种介质 7 种结构,即单纯介质、双重介质和多重介质。其中,单纯介质包括粒间孔隙结构、纯裂缝结构和纯溶洞结构,双重介质包括下面介绍这 7 种结构。裂缝—孔隙结构、溶洞—孔隙结构和裂缝—溶洞结构,三重介质为溶洞—裂缝—孔隙结构。

(一)粒间孔隙结构

这种结构一般存在于砂岩油藏中,由大小及形状不同的颗粒组成,颗粒之间被胶结物充填。由于胶结不完全,在颗粒之间便形成了孔隙,成为储集油气的空间和流动的通道,如图 1-1(a)及图 1-2(a)所示。其中黑色部分为胶结物,斜线部分为固体颗粒,空白部分为孔隙空间。

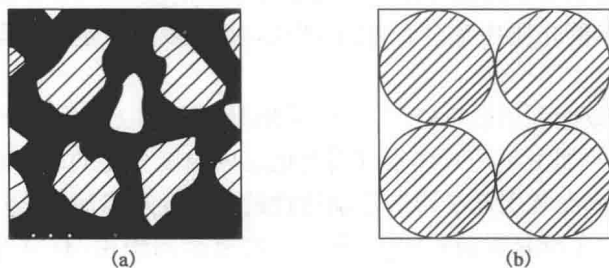


图 1-1 粒间孔隙结构示意图

(a)真实情况;(b)理想情况

由此可见,孔隙的结构是随机的和极不规则的,对油气渗流的影响也是极难预测的,为此,人们对其提出了种种假设模型。最早期的简化模型是把岩石看成是由等直径的圆球颗粒组成的,流体在这些圆球的间隙中储集和流动,如图 1-1(b)所示。进一步的简化模型是将岩石连通的孔道看成是等直径的毛细管,岩石则是由这些等直径的毛细管束连接而成,如图 1-2(b)所示,因而可以把一般管道的水动力学运动规律引入渗流力学。显然,这种假设与实际情况有

很大的差距,为此人们对以上假设作了进一步修正,即引入了变直径的、弯曲的毛细管束模型,如图 1-2(c)及图 1-2(d)所示。事实证明,这些简化模型对渗流力学的研究具有较大意义。

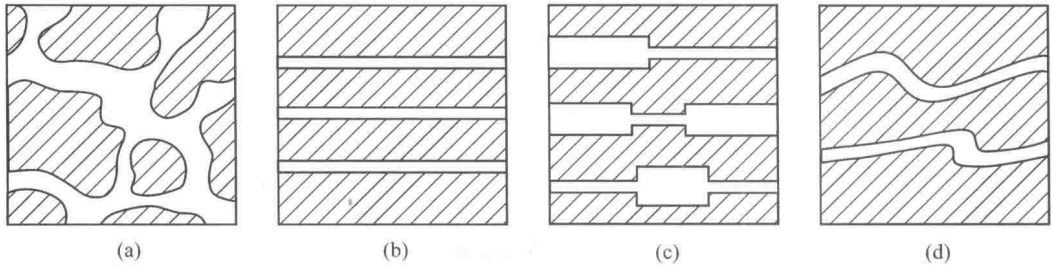


图 1-2 孔道及其简化示意图
(a)真实孔道;(b),(c),(d)简化孔道

(二)纯裂缝结构

这种结构一般存在于致密的碳酸盐岩油气层中,裂缝是储存油气的空间和流动的通道,常被简化成规则的网格状,如图 1-3 所示。

(三)纯溶洞结构

这种结构多存在于碳酸盐岩中。严格地讲,在溶洞中的流动已不属于渗流范畴,其流动规律应遵循奈维—斯托克斯方程。

(四)裂缝—孔隙结构

这种结构简称缝—隙结构,是双重介质中的一种。流体在这种双重介质中的渗流会形成两个渗流场,一是在颗粒孔隙介质中,二是在裂缝介质中,因而,存在两个孔隙度和两个渗透率,并且,两种介质之间流体会发生交换现象,其简化模型为粒间孔隙介质简化模型与纯裂缝简化模型的组合,如图 1-4 所示。

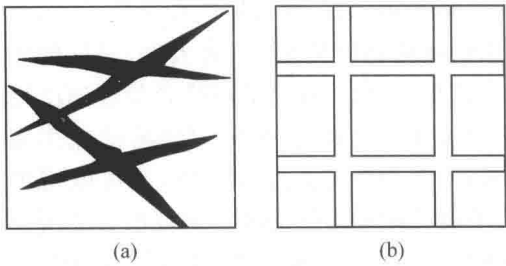


图 1-3 纯裂缝结构示意图
(a)真实情况;(b)理想情况

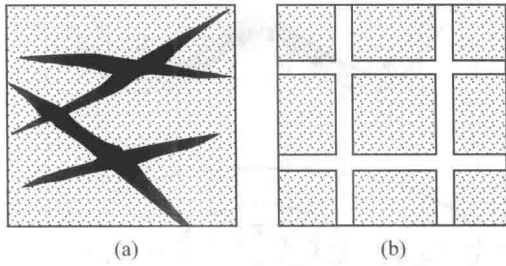


图 1-4 裂缝—孔隙结构示意图
(a)真实情况;(b)理想情况

(五)溶洞—孔隙结构

这种结构简称洞—隙结构,属双重介质中的一种。它不仅是双重的,而且流体在每种介质中的流动规律也不相同。流体在孔隙介质中的流动属于渗流范畴,而在溶洞中的流动有时已不属于渗流范畴,其运动规律应遵循奈维—斯托克斯方程。常把大小不等、形状不规则、分布杂乱的洞穴,简化为大小相等的球形并均匀分布在地层中,如图 1-5 所示。

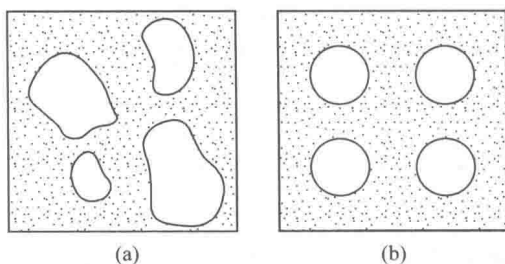


图 1-5 溶洞—孔隙结构示意图
(a)真实情况;(b)理想情况

(六)裂缝—溶洞结构

这种结构简称缝—洞结构,属双重介质中的一种。它不仅是双重的,而且流体在每种介质中的流动规律也不相同,在裂缝介质中流体的流动属于渗流范畴,而在溶洞中的流动已不属于渗流范畴,其运动规律应遵循奈维—斯托克斯方程。其简化模型为裂缝简化模型与溶洞简化模型的组合。

(七)溶洞—裂缝—孔隙结构

这种结构简称洞—缝—隙结构。它是三种单纯介质的组合,常存在于碳酸盐岩的油气层中。油气在这种结构中的渗流规律目前研究甚少,是有待人们研究和探索的课题。

二、油气储集层外部几何形状及其简化

对于砂岩油藏,地下的流体常常储集在各种构造中,最常见和最典型的是背斜构造。下面即以背斜构造为例,阐明在静态条件下地下流体在其中的分布情况,并对其外部几何形状进行简化。

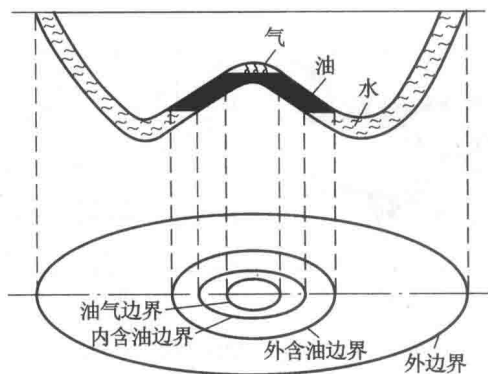


图 1-6 油藏外部形状及其简化示意图

若背斜构造中同时存在油、气、水,则它们将按重力分异原则分布,即天然气在顶部,油在其下部,而水则在构造的侧翼(称为边水)或在构造底部(称为底水)。由于油藏的厚度和隆起高度相对于其平面尺寸来说常常很小,只要将油藏构造中各点的高差以位能形式予以考虑,则可以用水平的构造油藏简化实际的油藏。这种水平油藏是通过实际构造进行水平投影得到的,如图 1-6 所示。

油和水的接触面称为油水分界面。在平面上的投影称为油水边界,严格地说,可划分为内含油边界和外含油边界。油气接触面的水平投影称为油气边界。若油藏有露头,且露头外有水源供应,则露头在平面上的投影称为供给边界;若边界是封闭的,则油藏边界在平面上的投影称为封闭边界。

由于实际背斜构造在平面上投影的几何形状很不规则,为研究问题方便起见,常将其进一

步简化成两种规则的几何形状:条带形油藏和圆形油藏。简化方法是若长轴与短轴的比小于3,则简化成圆形油藏;若长轴与短轴的比大于3,则简化成条带形油藏。

三、油气储集层的特点

(一) 储容性

油气储集层作为一种多孔介质,最重要的特点之一是储容性,即储存和容纳流体的能力。孔隙度是表征储容性的一个重要物理量。

定义岩石内总的孔隙体积占岩石体积的百分数为绝对孔隙度,用公式表示为:

$$\phi_t = \frac{V_t}{V} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 V_t ——总的孔隙体积, m^3 ;

V ——岩石的体积, m^3 ;

ϕ_t ——绝对孔隙度, %。

在计算油气藏绝对储量时, ϕ_t 值具有重要意义。

事实上,在总的岩石孔隙中,存在一部分“死孔隙”,即不能使流体流过的那部分孔隙,这部分孔隙对油气渗流是无效的。因此,定义岩石中的有效孔隙体积(除去无效孔隙体积后的孔隙体积)占岩石体积的百分数为有效孔隙度,其公式为:

$$\phi = \frac{V_e}{V} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 V_e ——有效孔隙体积, m^3 ;

ϕ ——有效孔隙度, %。

在计算油藏的可采储量时, ϕ 值具有重要意义。

表征储容性的另一个物理量是岩石的压缩系数,将在第四章予以介绍。

(二) 渗透性

渗透性即多孔介质允许流体通过的能力。

渗透性是油气储集层的重要特征之一,表征渗透性的量为渗透率。与渗透率有关的概念有绝对渗透率、相渗透率和相对渗透率。

若孔隙中只存在一相流体,则多孔介质允许其通过的能力称为绝对渗透率。若孔隙中存在几相流体,则多孔介质允许每一相流体通过的能力称为每相流体的相渗透率,也称有效渗透率。相渗透率与绝对渗透率的比值称为相对渗透率。

(三) 比表面大

由于多孔介质中存在大量的孔隙空间,所以存在较大的内表面积。定义总表面积与岩石体积的比值为比表面。从很多方面看,比表面大是多孔介质的重要特性,比如,在 1m^3 的粉砂岩中,内表面积在 20000m^2 以上,比表面超过 $20000\text{m}^2/\text{m}^3$ 。由于多孔介质含有极大的比表面,所以,流体在其中的流动具有很大的渗流阻力。