



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校石油天然气类规划教材

石油地质学

(第四版)

柳广弟 主编

张厚福 主审



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等院校石油天然气类规划教材

石油地质学

(第四版)

柳广弟 主编
张厚福 主审

石油工业出版社

内 容 提 要

本书遵循从感性到理性的认识规律,在介绍油气水特征、储集层和盖层、圈闭和油气藏等感性知识的基础上,重点阐述了现代油气生成的基本理论、油气藏形成的基本原理以及油气在地壳中的分布规律。本书力求在系统阐述石油地质学基本原理的基础上,充分反映近十年来石油地质学的最新进展,如未熟—低熟油理论、流体封存箱理论、天然气运聚动平衡与晚期成藏、深盆气与天然气水合物、油气系统等。

本书可作为高等院校资源勘查工程(石油地质)和地质工程专业的教材,也可供勘查技术与工程(物探和测井)和石油工程等相关专业的师生以及从事油气田勘探和开发工作的生产和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油地质学/柳广弟主编. —4版.

北京:石油工业出版社,2009.3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高等院校
石油天然气类规划教材

ISBN 978-7-5021-7003-5

I. 石…

II. 柳…

III. 石油天然气地质—高等学校—教材

IV. P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第021560号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523612 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:中国石油报社印刷厂

2009年3月第4版 2009年3月第12次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:22.5

字数:545千字

定价:32.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

编写人员名单

主 编：柳广弟

副主编：高先志

主 审：张厚福

参与编写的教师及单位：（按姓名拼音排序）

付 广	大庆石油学院
高 岗	中国石油大学（北京）
高先志	中国石油大学（北京）
黄志龙	中国石油大学（北京）
廖明光	西南石油大学
林小云	长江大学
刘 震	中国石油大学（北京）
柳广弟	中国石油大学（北京）
吕延防	大庆石油学院
王凤琴	西安石油大学
张枝焕	中国石油大学（北京）

第四版前言

中国石油大学张万选、张厚福教授主编的《石油地质学》教材于1981年出版；1989年张厚福、张万选两位教授又对教材进行了修订，出版了《石油地质学》的第二版；1999年以张厚福教授为主编，组织我校一部分青年教师编写出版了新版《石油地质学》教材。1999年版《石油地质学》从教材体系到主要内容都继承了前两版《石油地质学》的基本框架，应为《石油地质学》的第三版。本次编写的《石油地质学》教材是在前三版的基础上，经前三版主编张厚福教授授权重新编写而成的。为了体现教材的延续性，充分尊重历史和老一代教师对教材建设的贡献，本书作为《石油地质学》的第四版。

本教材的编写以辩证唯物主义思想为指导，遵循加强基础理论、理论联系实际、反映国内外石油地质学发展新水平的原则，立足于石油地质学基本原理的阐述，充分反映成熟的新理论，突出中国石油地质特色。

本次编写的《石油地质学》对前三版教材的体系进行了调整，按照从感性到理性的认识规律建立教材体系。本教材首先介绍油气成藏要素（油气水、储集层和盖层、圈闭和油气藏），使学生对地下客观存在的油气藏有一个感性的认识；再阐述油气藏形成的基本原理（油气的生成、油气运移、油气聚集与油气藏的形成）；最后总结油气分布规律和控制因素。

在教材内容的选择上，加强了对石油地质学基本理论的阐述，注意吸收比较成熟的石油地质新理论和新概念（如未熟—低熟油理论、煤成油理论、压力对油气演化的影响、油气系统思想、流体封存箱和输导体系概念等），增加了非常规油气资源的内容，同时删除了一些尚不成熟和超出课程大纲的内容。为了突出中国石油地质特点，注意石油地质学基本原理与我国石油地质特征相结合，增加成熟的中国石油地质理论的内容，如源控论、复式油气聚集带理论、叠合盆地油气聚集规律等，加强中国含油气盆地和典型油气藏实例的介绍。本教材的另一个特点是加强了天然气地质学的有关内容，其中特别充实了天然气成因的内容，增加了对天然气成藏原理方面的阐述。同时增加了对油气在盆地内部分布规律、控制因素和世界油气资源分布特征等内容。

本教材继承了北京石油学院1961年《石油地质学》（中国工业出版社）和1966年《石油地质学》（校内铅印）教材、华东石油学院1972年《油田地质》（校内铅印）以及本教材前三版的精华，力求反映中国石油大学三代石油地质学教师50多年教学经验的积累。同时，为了充分反映我国石油高等院校广大石油地质学教师的科研成果和教学经验，组织了以中国石油大学（北京）教师为主，其他四所石油高校教师参加的教材编写组。参加本教材编写的有中国石油大学（北京）柳广弟、高先志、黄志龙、张枝焕、刘震和高岗，大庆石油学院吕延防、付广，西南石油大学廖明光，长江大学林小云，西安石油大学王凤琴。

本教材由柳广弟担任主编。各章编写分工如下：绪论由柳广弟编写；第一章由王凤琴编写；第二章第一节至第四节由廖明光编写，第五节由付广编写；第三章由高先志编写；第四章第一节至第四节由柳广弟和张枝焕编写，第五节和第六节由高先志编写，第七节由张枝焕

编写；第五章由柳广弟编写；第六章第一节和第二节由柳广弟编写，第三节由黄志龙编写，第四节和第五节由柳广弟编写；第七章由林小云和柳广弟编写；第八章第一节至第四节由吕延防编写，第五节由高岗编写，第六节由柳广弟和刘震编写。

本书各章初稿完成后，主编对各章内容进行了仔细审阅，就有关问题与编者进行了深入讨论，对初稿进行了修改和统稿。初稿完成后，除参编各校教师互审外，特邀请教材前三版主编张厚福教授和中国石油大学（华东）蒋有录教授对教材进行了审查，张厚福教授担任主审。审稿专家对教材初稿进行了认真审查，提出了许多宝贵意见。根据审稿专家的意见，主编和编者又对教材进行了进一步的修改，于2008年8月定稿。

在教材立项和编写过程中，得到中国石油大学（北京）教务处和资源与信息学院领导的支持，也得到相关院校领导的支持，在资料选取和收集过程中得到了中国石油勘探开发研究院和有关油田领导和专家的帮助，并参考了大量公开出版的文献、内部资料及少量网上资料，在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平所限，教材中一定还有许多不当之处，在此诚请使用本教材的广大师生和阅读本书的读者提出宝贵意见，以便教材再版时修改。书面意见可寄给本人，衷心欢迎和感谢！

本人通信地址：北京昌平中国石油大学（北京）资源与信息学院，邮编102249。

电子邮箱地址：lgd@cup.edu.cn。

柳广弟

2008年8月 于北京昌平

第三版（1999年版）前言

《石油地质学》（第二版）自1989年问世以来，受到兄弟院校师生和现场科技人员的欢迎与好评，荣获1995年中国石油天然气总公司优秀教材特等奖，这些都是对我们的鞭策与鼓励，同时也是对我们的更高要求与期望。根据国家教育委员会教高[1997]16号文件的精神，确定笔者申请立项的《石油地质学》教材，列为为培养跨世纪人才而编写的“九五”期间国家级重点教材，要求树立精品意识，努力提高教材的内在质量。同时，结合学校为培养石油地质学教学及教材建设的接班人，特地组织了老新结合、以老带新的教材编写小组，制定了新编《石油地质学》教材的编写计划。

在笔者剖析了美、俄、澳、英、日等国著名石油地质学教材及国内各院校所编教材特点的基础上，编写小组广泛开展了国内外文献、专著及科研成果的调查研究，结合90年代以来培养大学生、研究生的教学经验，建立新的教材体系，拟定新的编写大纲。

随着世界油气勘探的进展，石油工业形势日趋严峻，地质、地理条件较好的易找油气田愈来愈少，勘探难度日益增大，世界剩余石油可采储量及总可采储量均呈下降趋势。这种勘探形势迫使油气勘探理论和技术必须有巨大进展，才能适应世界油气勘探的持续发展。因此，从全球范围看，除70年代以来相关边缘学科蓬勃发展外，90年代前后石油地质学基本原理也获得了显著进展，“三场”（地温场、地压场地应力场）对油气藏形成分布的控制作用、油气系统、异常压力流体封存箱、固态气体水合物等新理论、新思维、新方法，为石油地质综合评价研究提供了新的科学依据；国内“七五”、“八五”科技攻关取得了许多可喜成果，煤成烃、轻质油、未熟—低熟油的确认与研究、天然气成因类型及其地球化学特征、油气运移机理及油气藏类型、含油气盆地的形成与类型、第二次全国油气资源评价方法及成果等新理论、新方法，促进了我国一系列大油、气田的发现及滨浅海、新疆三大盆地等新领域的油气勘探，保证了油气储量、产量的持续增长。

近10多年来，我们主持或参加完成了我国大中型油气田成藏模式、区域储层评价技术、我国天然气成因类型及其特征、京津地区油气分布重新评价、南方海相油气系统评价、陕甘宁盆地上古生界天然气藏形成与分布、吐哈盆地油气藏形成机理、柴达木盆地石油地质综合研究与评价等国家级或部级重大科技攻关项目，多项获得国家级或部级科技进步奖。我们经过提炼上升，吸取精华充实教学内容，1990年为中国石油天然气总公司轮训全国各油田技术领导干部的“滚动勘探开发微机工作站培训班”开设了“石油地质学进展”课，讲授与油气勘探有关的边缘学科新技术，受到好评；近几年来，综合国内外石油地质学原理的重要进展，结合自己的科研成果，在石油大学（北京）地球科学系开设了研究生学位课——高等石油地质学，并为多期各种地质、物探培训班讲授，引起各界注意，随后应邀赴大庆、胜利、新疆、四川、江苏、昆明、杭州、涿州、高碑店、上海、广州等油田院所讲授；并为油气勘探高级管理技术人员编写了培训教材《石油地质学新进展》，这些新理论、新技术将会促进“九五”乃至下世纪初的油气地质科技攻关并为本教材的编写奠定了基础。

为了充分反映本学科上述国内外的最新科技成果，充分反映以教材内容和课程体系改革为重点的教学改革成果，贯彻“少而精”的原则，我们在新编《石油地质学》教材编写过程中采取了下列措施：

(1) 根据自然界油气生成到油气矿藏形成的客观发展过程，根据学生循序渐进、由浅入深的认识规律，建立了三篇十章的全新教材体系，三篇名为现代油气成因理论及储盖要素、油气成藏原理、油气分布及资源评价，体现了各篇的重点内容。

(2) 删去以往教材中某些陈旧、繁琐、重复的内容，如油气田类型（与油气藏重复）、碎屑岩储集层形成条件（陈旧，改写）、压实公式推演（繁琐）、油气资源评价（与其他课程重复，方法陈旧，改写为概述）。

(3) 增加“三场”与油气藏形成的关系、油气系统、异常压力流体封存箱、固态气体水合物、未熟—低熟油、煤成烃、油气无机成因、天然气成因类型、生储最佳厚度组合、流体史研究等国内外最新科技成果。

(4) 为引导学生掌握要点、复习思考，在体例上每章列有提要及思考题；重要参考文献加角注，便于学生课外查阅。

(5) 为培养学生动手及综合分析—写作能力，配合教材内容另编《石油地质学实验—习题集》。

编写中采用全国自然科学名词审定委员会公布的石油名词以及量和单位的国家标准。对部分引用国外资料，保留了英制单位，但给出了换算关系。

本教材由石油大学（北京）张厚福教授主编。编写人员分工如下：张厚福主持并组织新编教材的申请立项、体系结构、编写大纲、分工起草及全部书稿的审查定稿，并执笔编写前言、绪论、第六章、第八章、第九章第1节、2节；方朝亮编写第一章、第五章、第九章第4节、第十章第1节；高先志编写第二章第5节、第三章、第四章、第九章第3节；张枝焕编写第二章（除第5节）、第九章第5节、第十章第2节、3节；蒋有录编写第七章。

根据中国石油天然气集团公司学科教学指导委员会的安排，聘请石油大学（北京）郝石生教授和大庆石油学院陈章明教授担任本教材的主审人，他们在百忙中抽时间认真审查，提出的宝贵意见对提高教材质量起了重要作用；承蒙中国科学院院士、我国著名石油地质学家李德生教授亲自挥笔为本教材作序，是对我们编著者的巨大鼓舞与鞭策；石油大学（北京）教务处及地球科学系的领导和老师们给予了热情支持与帮助，在此一并致以衷心谢意。

限于我们的水平和时间，错误及欠妥之处，恳请读者批评指正。

编者

1999年1月 北京

目 录

绪论	1
第一节 石油和天然气在当代社会中的地位	1
第二节 石油地质学的研究内容	2
第三节 油气勘探简史	3
一、世界油气勘探简史	3
二、中国油气勘探简史	5
第四节 石油地质学的发展历史	10
一、石油地质学的形成与发展	10
二、中国对石油地质学发展的贡献	13
第一章 石油、天然气、油田水的成分和性质	16
第一节 石油沥青类与可燃有机矿产	16
第二节 石油的成分和性质	16
一、石油的概念	16
二、石油的族分和组分	17
三、石油的化学组成	17
四、石油的物理性质	22
第三节 天然气的成分和性质	24
一、天然气的概念和产状	24
二、天然气的化学组成	26
三、天然气的物理性质	27
第四节 油田水的成分和类型	28
一、油田水的概念及形成	28
二、油田水的化学组成	29
三、油田水的类型	30
四、油田水与油气的关系	30
第五节 石油和天然气中的碳、氢同位素	31
一、碳、氢的同位素	31
二、油气中的稳定碳同位素	31
三、油气中的稳定氢同位素	32
第二章 储集层和盖层	33
第一节 岩石的孔隙性和渗透性	33
一、孔隙性与孔隙度	33
二、渗透性和渗透率	35

三、孔隙度与渗透率的关系	38
四、孔隙结构	39
第二节 碎屑岩储集层	40
一、碎屑岩储集层的储集空间类型	40
二、影响碎屑岩储集层储集物性的主要因素	41
第三节 碳酸盐岩储集层	48
一、碳酸盐岩储集层的储集空间类型	49
二、影响碳酸盐岩储集层储集物性的主要因素	52
三、碳酸盐岩储集层的类型	59
第四节 其他岩类储集层	60
一、火山岩储集层	60
二、结晶岩储集层	61
三、泥质岩储集层	62
第五节 盖层及其封闭性	63
一、盖层类型	63
二、盖层的微观封闭机理	64
三、盖层宏观封闭性	67
第三章 圈闭和油气藏	70
第一节 圈闭和油气藏的概念	70
一、圈闭的概念及度量	70
二、油气藏的概念及度量	72
第二节 圈闭和油气藏的分类	74
一、圈闭和油气藏分类的基本原则	74
二、圈闭和油气藏的分类方案	75
第三节 构造圈闭与构造油气藏	76
一、背斜圈闭与背斜油气藏	76
二、断层圈闭与断层油气藏	84
三、岩体刺穿圈闭与岩体刺穿油气藏	88
四、裂缝性油气藏	90
第四节 地层圈闭与地层油气藏	93
一、地层不整合圈闭与地层不整合油气藏	94
二、地层超覆圈闭与地层超覆油气藏	99
第五节 岩性圈闭与岩性油气藏	100
一、储集岩上倾尖灭圈闭与储集岩上倾尖灭油气藏	101
二、储集岩透镜体圈闭与储集岩透镜体油气藏	103
三、生物礁圈闭与生物礁油气藏	106
第六节 复合圈闭与复合油气藏	110
一、构造—岩性圈闭与构造—岩性油气藏	110

二、构造—地层圈闭与构造—地层油气藏	110
三、岩性—地层圈闭与岩性—地层油气藏	110
四、水动力圈闭与水动力油气藏	113
第四章 石油和天然气的生成与烃源岩	115
第一节 油气成因理论发展概况	115
一、无机成因说	115
二、有机成因说	117
第二节 生成油气的物质基础	119
一、原始有机质及其化学组成	119
二、干酪根	121
第三节 油气生成的动力条件	128
一、温度和时间的作用	128
二、细菌的生物化学作用	133
三、催化作用和放射性作用	133
第四节 有机质演化与生烃模式	134
一、有机质演化阶段的划分	134
二、有机质演化的基本特征	134
三、有机质生烃模式	139
四、煤成油问题	141
五、压力在有机质演化和油气生成中的作用问题	142
第五节 天然气的成因类型及特征	143
一、天然气的生成特点	143
二、天然气的成因类型和基本特征	145
三、不同成因类型天然气的鉴别	149
第六节 烃源岩	153
一、烃源岩的岩石类型	154
二、烃源岩形成的地质环境	154
三、烃源岩的地球化学特征	157
第七节 油源对比	165
一、油源对比原理	165
二、油源对比指标	165
第五章 石油和天然气的运移	171
第一节 与油气运移有关的几个基本概念	171
一、初次运移和二次运移	171
二、岩石的润湿性	172
三、地层压力及其相关概念	173
第二节 石油和天然气的初次运移	173
一、油气初次运移的相态	174

二、油气初次运移的主要动力·····	177
三、油气初次运移的通道·····	182
四、油气初次运移模式·····	183
五、烃源岩有效排烃厚度·····	184
第三节 石油和天然气的二次运移·····	185
一、油气二次运移的相态·····	185
二、油气二次运移过程中力的作用·····	186
三、油气二次运移中的流体势·····	189
四、油气二次运移的通道和输导体系·····	194
五、油气二次运移的主要方向和距离·····	199
六、油气二次运移时期·····	206
第四节 流体封存箱与油气运移·····	207
一、流体封存箱的概念·····	207
二、流体封存箱的基本特征·····	208
三、流体封存箱的形成机理·····	213
四、流体封存箱与油气运移的关系·····	214
第六章 油气聚集与油气藏的形成·····	215
第一节 油气藏形成的基本条件·····	215
一、充足的油气来源·····	215
二、有利的生储盖组合配置关系·····	220
三、有效的圈闭·····	223
四、良好的保存条件·····	227
第二节 油气在圈闭中的聚集过程·····	229
一、单一圈闭内中的油气聚集过程·····	229
二、油气在系列圈闭中的差异聚集·····	230
三、圈闭中油气的充注与混合过程·····	232
第三节 天然气藏形成机理·····	233
一、天然气成藏过程的特殊性·····	234
二、凝析气藏的形成与分布·····	238
三、深盆气藏形成机理·····	242
四、天然气水合物·····	247
五、煤层气·····	250
第四节 油气藏的破坏及其产物·····	252
一、油气藏破坏的主要地质作用·····	253
二、油气藏破坏的产物·····	255
第五节 油气藏的寿命和形成时间·····	258
一、油气藏的寿命·····	258
二、油气藏形成时间的确定·····	259

第七章 油气聚集与分布单元	267
第一节 含油气盆地	267
一、含油气盆地的基本特征.....	267
二、含油气盆地的类型.....	270
第二节 油气系统	272
一、油气系统的概念及命名.....	273
二、油气系统的研究内容.....	274
三、油气系统的分类.....	277
第三节 油气田	279
一、油气田的概念.....	279
二、油气田的分类.....	280
第四节 油气聚集带	284
一、油气聚集带的概念.....	284
二、油气聚集带的类型.....	285
三、有利的油气聚集带特征.....	292
第八章 油气分布规律与主控因素	294
第一节 裂谷盆地油气分布规律	294
一、裂谷盆地的概念和构造特征.....	294
二、石油地质特征.....	294
三、油气藏类型及分布规律.....	296
四、典型实例.....	296
第二节 前陆盆地油气分布规律	302
一、前陆盆地的概念和构造特征.....	302
二、石油地质特征.....	303
三、油气藏分布规律.....	304
四、典型实例.....	305
第三节 克拉通盆地油气分布规律	309
一、克拉通盆地的概念和构造特征.....	309
二、石油地质特征.....	310
三、油气藏分布规律.....	311
四、典型实例.....	312
第四节 叠合盆地油气分布规律	315
一、叠合盆地的概念和基本特征.....	315
二、石油地质特征.....	316
三、油气分布规律.....	317
四、塔里木多旋回叠合盆地的石油地质特征.....	320
第五节 世界油气资源分布特征	324
一、资源与资源量的概念.....	324

二、世界油气资源.....	325
三、油气资源的地理分布.....	326
四、油气资源的盆地分布.....	327
五、油气资源的时代分布.....	328
六、油气资源的深度分布.....	328
第六节 油气分布的主控因素.....	329
一、烃源岩和生排烃中心对油气分布的控制.....	329
二、二级构造带对油气分布的控制.....	332
三、局部构造和沉积相带对油气分布的控制.....	333
四、断裂对油气分布的控制.....	336
五、地层不整合对油气分布的控制.....	337
参考文献.....	339

绪 论

第一节 石油和天然气在当代社会中的地位

石油和天然气作为一种重要的能源和战略资源，在当代社会和国民经济中占有极其重要的地位。党中央和国务院对油气资源高度重视，将油气资源与粮食、水资源一同列为影响经济社会可持续发展的三大战略资源。石油已经不仅仅是“工业的血液”，它已经渗透到社会生活的方方面面，并且在国际战略中具有举足轻重的地位。

石油和天然气工业在世界经济中占有极其重要的地位。据 2007 年《财富》杂志统计，在世界 500 强公司的排行榜前 10 名中，就有 6 家石油公司，分别是埃克森美孚（ExxonMobil）、皇家壳牌（Shell）、英国石油（BP）、雪佛龙（Chevron）、康菲（Conocophilips）和道达尔（Total）。在我国，2005 年有 55 家石油石化企业进入全国纳税百强企业，纳税总额占上市公司纳税总额的 64.8%。

石油和天然气是非常宝贵的燃料。石油是工业的血液，从石油中提炼的汽油、煤油、柴油等是汽车、拖拉机、火车、飞机、轮船的优质动力燃料，超音速飞机、火箭、导弹、飞船等现代化设备的燃料也离不开石油产品；石油和天然气的发热量大、燃烧完全、运输方便和污染小等优点，使其在世界能源消费结构中所占的比重越来越大。据环球能源网资料，2007 年世界能源消费总量为 $110.993 \times 10^8 \text{t}$ 油当量，其中石油占 35.6%、煤炭占 26.6%、天然气占 25.6%、水力占 6.4%、核能占 5.6%。石油和天然气占世界能源消费的 61.2%。

石油又是提炼润滑油料的重要原料。从微小精密的钟表到庞大高速的发动机都需要润滑才能转动，所以人们将润滑油料视为机器的“食粮”。

石油和天然气还是重要的化工原料。乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔、萘等化学工业应用的主要基础原料多来自石油和天然气。上述石油化工产品的应用范围很广，既用于制造或提炼各种染料、农药、医药，又用于制造或提炼生产量大、应用面广的合成纤维、合成橡胶、合成塑料，还用于制造或提炼重要的无机化工产品，如合成氨及硫磺等。合成氨是主要的化学肥料，世界上 70% 以上的合成氨都来自天然气或石油。现在已经能够从石油和天然气中提炼出三千多种产品，应用到各个领域。石油化工产品已经成为国民经济和社会生活中不可缺少的重要材料。

石油作为一种战略资源在国际政治中占有越来越重要的地位。以前国际争端是为了领土和主权，现代国际政治争夺的是什么？专家的回答是：石油！从近几十年来国际关系的现实可以看到，石油资源是国家间发生战争和冲突的主要因素，特别是谋求对石油资源的控制成为国际斗争的焦点之一。两伊战争、伊拉克入侵科威特、海湾战争、阿富汗战争、伊拉克战争、巴以冲突、非洲一些国家的内战等，其背后都存在着深刻的石油因素。随着石油资源的日益紧缺，石油对社会经济发展的制约作用将愈加突出，以各种形式出现的全球能源争夺战也将愈演愈烈。

我国是世界产油大国，也是石油消费大国。2007年我国石油产量为 $18665.7 \times 10^4 \text{t}$ ，居世界第五位。随着我国社会经济的高速发展，对石油的需求量也越来越大，继1993年我国成为石油净进口国之后，石油需求持续增长，2007年消费石油 $34600 \times 10^4 \text{t}$ ，已经超过日本，成为继美国之后的全球第二大石油消费国。在我国2006年的总石油进口量中，从中东地区进口的石油占41.8%，从非洲进口的占30.0%，从前苏联地区进口的占12.8%。从非洲和中东地区进口的石油都要经过长距离海运，霍尔木兹海峡和马六甲海峡是必经之路。目前，阿拉伯世界纷争不断、大国势力不断介入、世界恐怖主义猖獗、海盗骚扰活动频繁，这些都严重地影响着我国的石油安全。

我国拥有 $960 \times 10^4 \text{km}^2$ 的陆地领土面积和 $300 \times 10^4 \text{km}^2$ 的海洋国土面积，沉积盆地星罗棋布，沉积岩系分布普遍，不仅有面积巨大的陆相沉积盆地，而且拥有海相碳酸盐岩系异常发育的广大区域，蕴藏着丰富的石油和天然气资源。根据新一轮全国油气资源评价(2007)结果，我国拥有石油地质资源量 $765 \times 10^8 \text{t}$ 、石油可采资源量 $212 \times 10^8 \text{t}$ 。加强国内石油勘探和开发仍然是解决我国石油供应和石油安全的基础。在此基础上，应积极拓展海外油气勘探和开发工作。作为石油地质工作者，勘探和开发更多的石油是我们义不容辞的责任。

第二节 石油地质学的研究内容

石油和天然气深埋地下数千米，又是流体，其分布十分复杂。由于目前我们无法直接探测到地下的油气，因此要寻找地下的石油和天然气，必须首先搞清以下一些问题：石油和天然气在地下是如何分布的？受哪些地质因素的控制？地壳上油气的分布有哪些规律？应该到何处去寻找油气宝藏？这些问题就是石油地质学所要解决的主要问题。

要搞清这些问题，必须首先从一些基本问题入手。例如：地下的石油是如何生成的？石油储存在什么地方？石油和天然气都是流体，那么它们为什么能够聚集到一起？它们聚集在什么地方？在地质历史上频繁的构造运动中，石油和天然气为什么能够保存下来？这些问题都是石油地质学研究的基本问题，石油地质学家把它们用“生、储、盖、圈、运、保”六个字来概括。

“生”就是油气生成问题，主要研究生成油气的原始物质、油气生成机理，以及烃源岩的特征和它们的分布。

“储”就是油气储集问题。地下没有石油河或石油湖，油气储集在孔隙性的岩石中，这样的岩石叫储集岩。储集岩的特征、储集岩的分布以及储集性能的控制因素都是石油地质学要研究的问题。

“盖”就是油气封盖问题。由于地下孔隙性岩石中都含有水，在浮力的作用下油气将趋于向上运动。油气要保存在地下，必须有一套致密的岩层盖在储集岩之上，以防止油气向上散失，这样的岩层称为盖层。石油地质学要研究盖层的岩性、封闭油气的机理、盖层的分布等。

“圈”就是圈闭问题。有了储集岩和盖层，油气就能够聚集在一起了吗？不能，油气还可能从四周散失掉。为了使油气不至于从四周散失，还必须有一定的遮挡条件。由储集岩、盖层和遮挡条件所构成的适合于油气聚集的场所就是“圈闭”。圈闭的类型、圈闭的形成条件、不同类型圈闭的分布也是石油地质学研究的内容。

“运”就是油气运移问题。油气生成的地方并不是它现在聚集的地方。油气必须经过移动才能从它生成的地方（烃源岩）进入它储集的地方（储集岩），最后到达它聚集的地方（圈闭）。这样的过程就是油气的运移。油气经过运移进入圈闭后就会聚集起来，这样就形成了油气藏。油气运移和聚集过程十分复杂，其中涉及油气运移的相态、动力、通道、方向、时间、距离等，也涉及油气聚集和油气藏形成的基本条件等诸多问题。这些都是石油地质学研究的重要问题。

“保”就是油气的保存问题。油气藏都是形成在地质历史时期，成藏以后要经过相当长时间的地质演化。在这一过程中，已经形成的油气藏能否保存下来，在什么条件下才能保存下来，也是石油地质学必须解决的问题。

在搞清了上述问题的基础上，就可以研究油气聚集与分布特征、油气分布控制因素，总结油气分布的规律，为石油和天然气的勘探和开发奠定基础，指导油气勘探和开发工作。

上述石油地质学研究的主要内容也可以概括为三个基本的科学问题，即：

- (1) 油气成因问题；
- (2) 油气成藏问题；
- (3) 油气分布控制因素与分布规律问题。

因此，石油地质学就是研究地壳中油气成因、油气成藏的基本原理和油气分布规律的一门学科。石油地质学是矿床学的一个分支。它是石油及天然气地质勘探以及油气田开发领域的重要基础理论。

这里还要明确一个概念，石油地质学中的“石油”对应于英文中的“Petroleum”，包括液态的石油和气态的天然气。因此“石油地质学”（Petroleum Geology）实际上就是“石油和天然气地质学”（Oil and Gas Geology）。

第三节 油气勘探简史

英文“Petroleum”一词来源于希腊文 Petra（岩石）和 Oleum（油）之意。中文“石油”一词，来源于宋代沈括（1031—1095）的《梦溪笔谈》。实际上，人类认识油气和利用油气的历史由来已久，各文明古国都有类似的传说和记载。据考古考证，早在两河文化时代，苏美尔人（Sumer）曾使用沥青做雕刻品；巴比伦楔形文字中有关于在死海沿岸采集石油的记述；美索不达米亚地区曾用砖和沥青建造教堂；波斯帝国时代在首都苏萨附近凿有石油井（吴凤鸣，1999）。早在三千年以前古代中国人就观察到天然气燃烧的现象，两千年前就有关于石油的文献记载，1835年我国就钻成了世界上的第一口超过千米的深井。但世界石油界，特别是美国石油界，都把德雷克（Edwin Laurentin Drake，1819—1881）1859年8月27日钻成的一口油井作为世界第一口油井，并把这件事看作世界石油工业的开端（吴凤鸣，1999；王才良、周珊，2006a）。

一、世界油气勘探简史

早期利用的石油主要来自于从地层中自然流出的石油。在美国宾夕法尼亚州泰特斯维尔城附近有一条小河，河边有一系列油苗，河面上常常漂着原油，人们把这条小河叫做石油溪。近代的石油工业就是从这里开始的。1854年，佛朗西斯·布鲁尔医生买下油苗所在的西巴德农场，与合伙人成立了世界上第一个石油公司——宾夕法尼亚岩石油公司，通过挖坑