



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

# 油气田开发地质基础

(第四版)

刘吉余 主编 黎文清 主审



石油工业出版社  
Petroleum Industry Press



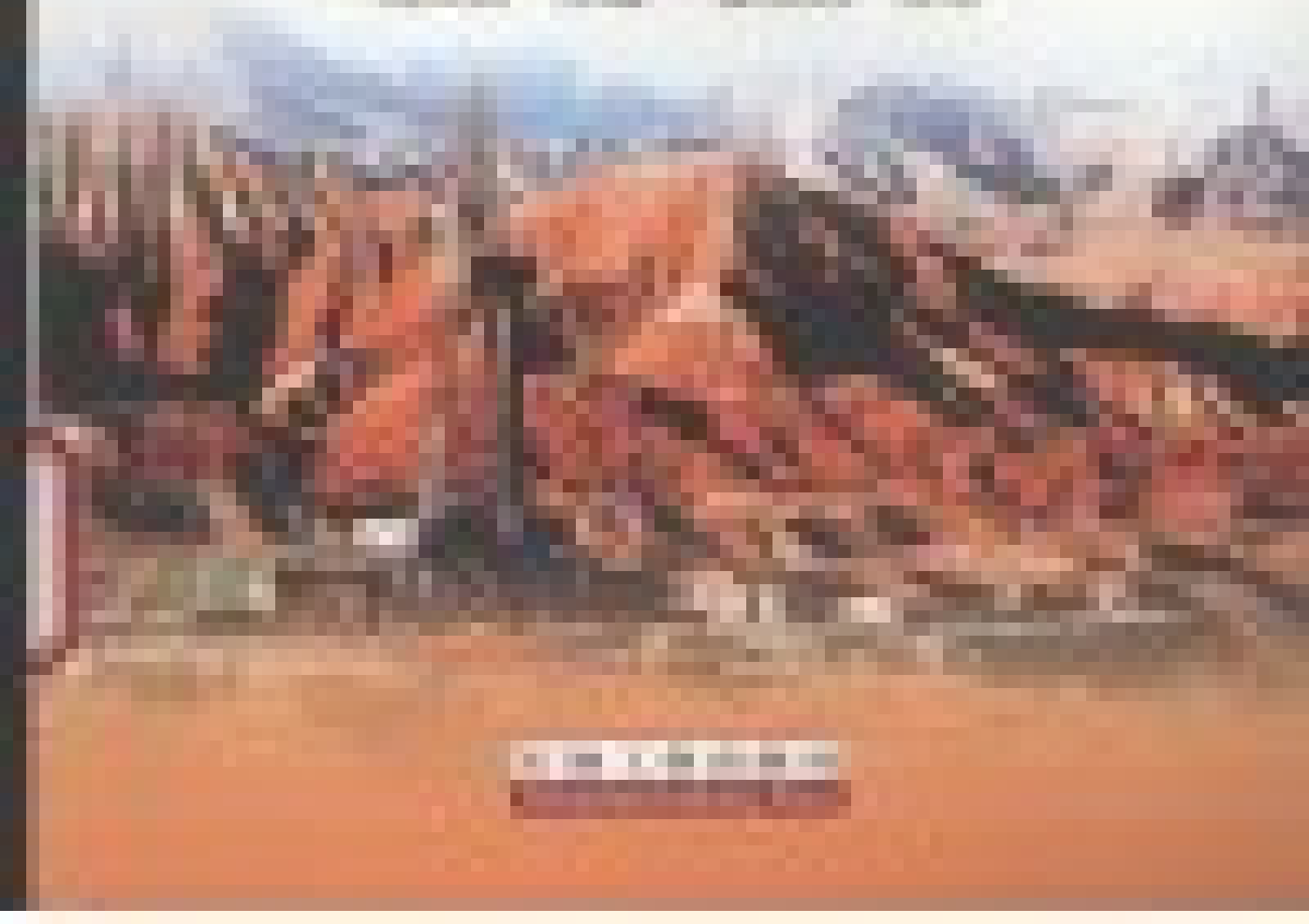
中国石化出版社 中国石化出版社 中国石化出版社

中国石化出版社 中国石化出版社 中国石化出版社

# 油气田开发地质基础

（第二版）

编著：王 强 编著：王 强 编著：王 强 编著：王 强



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

# 油气田开发地质基础

(第四版)

刘吉余 主编 黎文清 主审

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书共分 18 章, 1~9 章系统讲述了与油气田开发有关的普通地质学、构造地质学的基础知识、基本概念、原理及方法; 10~18 章按油气的生、储、盖、运、聚展开叙述, 并结合国内外油田开发实际介绍了许多实用的方法和技能。

本书可供高等院校石油工程专业、勘察技术与工程专业教学使用, 也可供其他相关专业教学选用或油田地质工作人员、石油科研人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

油气田开发地质基础/刘吉余主编. —4 版.

北京: 石油工业出版社, 2006. 8

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 7-5021-5465-5

I. 油…

II. 刘…

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 (2006) 第 024164 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](http://www.petropub.com.cn)

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

---

2006 年 8 月第 4 版 2006 年 8 月第 8 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 24.75

字数: 631 千字 印数: 15001—18000 册

---

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

## 第四版前言

本书是根据中国石油教育学会和石油工业出版社组织的石油地质与勘探专业教学与教材规划研讨会的决定,并根据各石油院校石油工程专业、勘查技术与工程专业的教学计划,由大庆石油学院牵头,在广泛征求其它石油院校的意见后,组织编写、修订的第四版《油气田开发地质基础》教材。

由于石油工程专业、勘查技术与工程专业地质课门数较少,而石油工程专业、勘查技术与工程专业和石油地质的关系又很密切,所以书中除强调动力地质学基础理论、基本知识、基本技能等方面的内容外,还加强了碳酸盐岩、构造地质、沉积相、油气田地质等问题的研究。为后续课程进一步深入和提高打下了必要的基础。本书一至九章(基础地质部分)注重于内容的科学性、系统性和完整性,立足于打好基础;十至十八章则按生、储、盖、运、聚进行专题叙述,注重于内容的针对性和实用性,立足于适应油田开发的生产实践和科学研究工作的需要。

本书由大庆石油学院刘吉余主编。

参加本书编写的人员有:大庆石油学院的白新华(绪言、第十章),赵荣(第一章、第二章),马凤荣(第三章),柳成志(第四章、第五章第一、第二、第四节、第九章第一至第七节),文慧俭(第五章第三节、第九章第八节),曲淑琴(第六章、第七章),张绍臣(第八章),马世忠(第十七章第一节至第四节),刘吉余(第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章、第十六章、第十八章);西南石油大学的伍友佳(第十七章第五节、第六节)。刘吉余对全书进行了统编和必要的修改。

本书由大庆石油学院黎文清主审,并提出了一些宝贵的修改意见。第三版副主编白新华对全书的编写提出了可贵的建议。本书能够修订再版,黎文清给予了大力帮助和支持,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,中国石油大学(北京)王贵文、西南石油大学伍友佳、西安石油大学高永利提出了宝贵的修改意见;大庆石油学院地球科学学院的领导给予了很大的支持;杨玉华、郭晓博、马志欣、王立东在文字录入、打印等方面做了许多工作,在此一并表示感谢。

由于水平有限,书中存在的缺点和不妥之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2005年5月



### 第三版前言

根据原中国石油天然气总公司人事教育局“九五”期间石油普通高等教育重点建设的精神,我们编写了1993年出版的《开发地质基础》第三版修订本。

在这次修订中,我们对教材的章节进行了必要的调整和简化,内容作了适度精简,增加了新的内容,保持并发挥了原版长期使用中被公认的优点和特色。

本版教材内容丰富、层次分明、论述清楚、理论结合实际、图文并茂,力求具有科学性、系统性、完整性、针对性,并着眼于实用性;同时,对当前国内外油气田开发地质的各种新成就、新动向给予了适当的反映。部分章节引用了国外资料,其中保留了原英制单位。

本书由大庆石油学院黎文清任主编,白新华任副主编。

参加本版编写的人员有:大庆石油学院的黎文清(前言、绪论、第二章第一节),白新华(第六章和第八章),陈秉麟(第三章),曲淑琴(第二章第四节和第十章),罗笃清(第一章和第五章),云金表(第四章、第二章第二节和第三节),鲁兵(第七章第一、二、四节并负责全书的文字、图幅、常用参数符号及计量单位的规范和标准的核对),马世忠(第七章第三节和第九章)。黎文清、白新华对全书进行了统编和必要的修改。

本书由石油大学(北京)彭仕密、吴元燕主审,并提出了一些宝贵的修改意见;第二版主编之一李世安对第九章的修订提出了宝贵的建议。

大庆石油管理局采油工艺研究所周望为本书编写提供了技术指导。在本次修订过程中,大庆石油学院教务处及勘探系领导给予了很大关切和支持。赵晓秋、董方晓承担了绘图工作,庞庆山、韩娟、姚秀敏、冯丽在稿件的录入和打印方面做了许多工作,在此一并表示感谢。

编者

1998年10月

## 第二版前言

根据石油工业部 1985 年在固安召开的石油高等院校教材工作会议的决定,本书是 1981 年出版的教材《气田开发地质基础》第二版修订本。

由于开发专业的地质课程门数较少,而地质、开发两专业的关系又很密切,所以,书中除强调动力地质学基础理论、基本知识、基本技能等方面的内容外,还加强了碳酸盐岩、构造地质、沉积相、油气田地质等问题的研究,增加了油气层的压力和温度及油气田勘探概论两章。为后继课程进一步深入和提高打下了必要的基础。本书前半部分(基础地质)注重于内容的科学性、系统性和完整性,立足于打好基础;后半部分的各章节则按生、储、盖、运、聚进行专题叙述,注重于内容的针对性和实用性,立足于适应油田开发的生产实践和科学研究工作的需要。全书内容比课程计划要多一些,授课教师可根据教学大纲基本要求和实际学时酌情取舍。

本书由大庆石油学院勘探系黎文清、李世安主编。参加编写的人员和分工如下:

黎文清:绪论及第一至第四章、第九章;

陈秉麟:第六、七章;

李世安:第八、十七章;

李茂林:第十章;

白新华:第十一、十二章;

郝书翰:第十三至第十六章;

曲淑琴:第五、十八章。

本书由石油大学张家环教授主审,并提出了许多宝贵的修改意见;梅曦、高瑜、赵晓秋同志承担了本书的绘图工作;在改编过程中,庞雄奇、王岫岩、吕延防、张绍臣、李椿等同志都给予了大力支持,做了许多具体工作,在此一并表示衷心感谢。

由于我们水平所限,本书的错漏和问题定会不少,恳请读者批评指正。

编者

1992 年 8 月

## 第一版前言

一、本书是根据石油化工部 1977 年 5 月“东营教材会议”分配的任务而编写的，为石油高等院校采油、油气田开发专业通用教材。

二、全书共分十四章，内容包括基础地质、石油地质、油气田地质研究、石油及天然气储量计算等，涉及的地质学科较多。本书注重加强基础理论、基本知识和基本技能等方面的内容，不论内容的深度和广度方面，都较实际学时所规定的深一些和广一些。书中共附有图表 380 幅。有些章节（如地球基本知识、地质作用、古生物、岩浆岩、变质岩、地球物理测井）教师只需做简要讲解，余者留给学生自学即可。

三、本书以自编《油田开发地质基础》上、中、下三册油印教材为基础，从有关院校和现场编写的书刊中选用了一部分内容，还收编了国内几个主要油田的现场实际资料和地质理论研究成果。针对专业需要，本书加强了碳酸盐岩、沉积相、地层对比、油层地质结构研究、储集岩等方面的内容，注意理论联系实际，立足于培养学生分析问题和解决问题的能力。本教材除适用于采油、油气田开发专业外，钻井、物探、测井诸专业也可选用，还可供其他地质工作者参考。

四、本书由大庆石油学院勘探系石油地质教研室李茂林、黎文清主编，由杜博民教授主审。书中第一至第七章由黎文清编写；第九、十、十二、十四章由李茂林编写；第十一章由李茂林、王子文、郝书翰编写；第八章由李世安、李茂林编写；第十三章由李世安编写；附图由梅熹、郭鹏英描绘。在编写过程中，普通地质教研室和石油地质教研室的有关教师参加了初稿讨论和初审工作，还有一部分同志参加了缮写工作。

五、本书的初稿承西南石油学院勘探系老师颜婉荪、官鸿本同志审阅并提出了宝贵意见，在此表示深切的感谢。

由于编者水平有限，书中缺点错误在所难免，敬请读者批评、指正。

编 者

1979 年 12 月



# 目 录

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| 绪 言                   | ( 1 )   |
| 第一章 地球概述              | ( 4 )   |
| 第一节 地球的形状和大小          | ( 4 )   |
| 第二节 地球的层圈构造           | ( 5 )   |
| 第三节 地球的物理性质           | ( 12 )  |
| 第二章 地质作用              | ( 17 )  |
| 第一节 地质作用概述            | ( 17 )  |
| 第二节 内动力地质作用           | ( 17 )  |
| 第三节 外动力地质作用           | ( 26 )  |
| 第三章 造岩矿物              | ( 50 )  |
| 第一节 矿物的概念及主要物理性质      | ( 50 )  |
| 第二节 矿物的分类             | ( 60 )  |
| 第三节 常见的主要造岩矿物及其鉴定特征   | ( 61 )  |
| 第四章 岩浆岩及变质岩           | ( 69 )  |
| 第一节 岩浆岩               | ( 69 )  |
| 第二节 变质岩               | ( 76 )  |
| 第五章 沉积岩               | ( 82 )  |
| 第一节 沉积岩的物质成分及分类       | ( 82 )  |
| 第二节 碎屑岩               | ( 83 )  |
| 第三节 碳酸盐岩              | ( 104 ) |
| 第四节 煤和油页岩             | ( 115 ) |
| 第六章 古生物基础知识           | ( 118 ) |
| 第一节 古生物总论             | ( 118 ) |
| 第二节 各门类古生物简介          | ( 122 ) |
| 第七章 地层学的基本原理和方法       | ( 129 ) |
| 第一节 地层学的基本概念和原理       | ( 129 ) |
| 第二节 地层划分与对比的概念与多重地层单位 | ( 132 ) |
| 第三节 地层划分对比的方法         | ( 141 ) |
| 第八章 构造地质              | ( 151 ) |
| 第一节 岩石变形的概念           | ( 151 ) |
| 第二节 岩层及其产状            | ( 152 ) |
| 第三节 褶皱构造              | ( 155 ) |
| 第四节 断裂构造              | ( 158 ) |
| 第五节 不整合               | ( 164 ) |
| 第六节 同沉积构造及底辟构造        | ( 166 ) |

|      |                   |       |
|------|-------------------|-------|
| 第七节  | 大地构造简介            | (169) |
| 第八节  | 构造图判读及编绘          | (176) |
| 第九章  | 沉积相               | (183) |
| 第一节  | 沉积相概念及分类          | (183) |
| 第二节  | 冲积扇相              | (185) |
| 第三节  | 河流相               | (187) |
| 第四节  | 湖泊相               | (192) |
| 第五节  | 海相组               | (195) |
| 第六节  | 三角洲相              | (201) |
| 第七节  | 潟湖相、障壁岛相、潮坪相、河口湾相 | (215) |
| 第八节  | 碳酸盐岩沉积相           | (220) |
| 第十章  | 石油、天然气和油田水        | (231) |
| 第一节  | 石油                | (231) |
| 第二节  | 天然气               | (235) |
| 第三节  | 油田水               | (238) |
| 第十一章 | 油气的生成和生油层         | (243) |
| 第一节  | 油气的生成             | (243) |
| 第二节  | 生油层研究             | (249) |
| 第十二章 | 储集层和盖层            | (251) |
| 第一节  | 岩石的孔隙性和渗透性        | (251) |
| 第二节  | 碎屑岩储集层            | (253) |
| 第三节  | 碳酸盐岩储集层           | (256) |
| 第四节  | 其它岩类储集层           | (260) |
| 第五节  | 盖层                | (261) |
| 第六节  | 生储盖组合及其类型         | (263) |
| 第十三章 | 石油和天然气的运移         | (265) |
| 第一节  | 油气运移的概念及方式        | (265) |
| 第二节  | 油气的初次运移           | (266) |
| 第三节  | 油气的二次运移           | (269) |
| 第十四章 | 油气藏的形成和油气藏类型      | (273) |
| 第一节  | 圈闭和油气藏的概念         | (273) |
| 第二节  | 油气藏的形成            | (276) |
| 第三节  | 油气藏类型             | (278) |
| 第十五章 | 油气层的压力和温度         | (290) |
| 第一节  | 油气层的压力            | (290) |
| 第二节  | 油气层的温度            | (298) |
| 第十六章 | 油气田勘探概论           | (303) |
| 第一节  | 地壳中油气聚集单元         | (303) |
| 第二节  | 油气田勘探简介           | (307) |

|      |                         |       |
|------|-------------------------|-------|
| 第三节  | 油气田勘探实例                 |       |
|      | ——松辽盆地勘探历程及大庆油田的发现····· | (309) |
| 第十七章 | 油气田开发地质研究·····          | (312) |
| 第一节  | 油气田地质研究的意义·····         | (312) |
| 第二节  | 油气田地质研究的基础资料·····       | (312) |
| 第三节  | 油层对比·····               | (327) |
| 第四节  | 储集层非均质性·····            | (340) |
| 第五节  | 油层水洗特征·····             | (357) |
| 第六节  | 剩余油研究·····              | (364) |
| 第十八章 | 石油及天然气储量计算·····         | (368) |
| 第一节  | 油气储量的分类与分级·····         | (368) |
| 第二节  | 石油储量计算·····             | (372) |
| 第三节  | 天然气储量计算·····            | (381) |
| 参考文献 | ·····                   | (384) |

## 绪 言

### 一、地质学的研究对象及内容

地质学是一门研究地球的科学。人类生活在地球上,与地球息息相关,了解和探索人类赖以生存的地球是地质学的研究任务。由于人类历史与地球漫长历史相比有着巨大的差距,人类能触及的范围与地球的庞大空间相比也有相当的差距。所以地质学的研究对象,目前还仅局限于地球的表层——地壳或岩石圈,且主要是地壳,其中包括地壳或岩石圈的物质组成和分布,现代地质作用及圈层构造的形成,地球的起源、发展历史和演变规律,合理开发和利用地球资源、地球环境以及保护地球的理论和方法。

地质学的内容包罗万象,它广泛运用近代物理学、数学、化学、天文学、地理学、生物学及生物地球化学等自然科学的理论及现代科学技术手段,并针对不同任务和内容进行研究。由于研究范围的广泛,出现了如下分科:

(1) 在地球的物质成分、组成、结构及其变化规律和成因方面包括矿物学、结晶学、岩石学及地球化学等。

(2) 在地球结构、构造、地表形态变化和各种地质作用及其成因方面包括动力地质学、地球动力学、火山学、地震地质学、构造地质学、大地地质学、区域地质学、板块构造学、构造物理学、地貌学、地质力学、深部地质学等。

(3) 在地球历史及演变规律方面包括古生物学、地史学、同位素年代学、地层学、地震地层学、古气候学、古地理学、第四纪地质学等。

(4) 在地球资源和环境方面包括矿床学、煤田地质学、石油地质学、天然气地质学、放射性地质学、水文地质学、环境地质学、工程地质学、油矿地质学、实验地质学等。

(5) 在地球矿产资源调查勘探的理论和方法方面包括地质制图学、矿产调查与勘探、地球物理勘探、地球化学勘探、探矿工程学、油气田开发地质学等。

随着科学技术的高速发展,地质学出现的新问题需要与其它学科渗透与联合,从而形成了一系列的边缘学科,如同位素地质学、数学地质学、地球物理学、航空地质学、宇宙地质学、遥感地质学、海洋地质学、行星地质学、旅游地质学等。可以预料,随着地质学和各种科学的发展,地质学将会开拓更多的新领域,形成更多更新的学科分支。

本书全面介绍了地球及地质作用,矿物及岩石,古生物地层,沉积相,构造运动及地质构造,生油层、储集层及盖层,油气运移、聚集,油田地质研究以及石油、天然气储量计算的基本理论和基本知识。

### 二、地质学的研究方法

地质学是一门探索性很强的科学。人类认识自然规律总是从小到大、由浅入深、从局部到整体、由个别规律的研究到整体规律的归纳。地球是一个巨大而复杂的星体,由于它具有历史久远、空间庞大、地质过程复杂等特点,因此,地质学在研究方法上也有其自身的特点,这就是开展地质考察和调查,并在室内进行综合研究。

要重视野外地质调查,收集可靠的原始资料。只有观察、收集到大量的反映自然界客观规律的地质现象,并加以综合分析研究,才能建立正确的地质理论。地球自形成以来,经历



了漫长的发展历史。在地质历史时期,曾发生过许多的地质事件,在地层和岩石留下各种痕迹和地质现象,如岩石特征、地质构造特征、古生物化石特征等。这些地质记录,通过地面露头观察和钻探手段,可以直接观察地壳的上部,其深度不超过 15km。关于地球深部的情况,主要是应用地球物理勘探方法,进行间接推断。

按地质学的思维方法,室内综合研究一般有下列几种。

(1) 历史比较法:是指根据保留在地层和岩石中的各种痕迹和地质现象,综合现代正在发生的各种地质作用所出现的现象和造成的结果,“将今论古”与“古今结合”,分析和推断各个地质历史时期各种地质事件的存在及其特征。“将今论古”原则是由地质学创始人之一的 C. 莱伊尔(1797—1875 年)提出并广泛应用于地质学研究中的,在一定程度上推动了早期地质学的形成和发展。但这种简单的地质学思维方法,是建立在地质环境始终不变的假设之上的。事实上,在地球历史中,地球内部结构及外部圈层都有过重大的改变,说明古代和现代的地质作用可能处在完全不同的地质环境之中。因此,应当用历史比较法,根据地质记录去反推地球历史的过去、恢复地质事件的历程时,必须考虑到诸多条件的复杂性以及事物之间的联系与区别,不能用局部代替整体,用一孔之见窥视海阔天空。

(2) 类比法:是指将野外所采集的各种地质资料,进行整理、对比和综合分析,找出各种地质现象之间的异同点和内在联系,划分成不同的类别和单元,总结出合理的规律和结论,最后查明工作区域的地质情况和发展历史。

(3) 测试实验及实验模拟法:是指将野外所采集的矿物、岩石、古生物化石、矿产以及其它各种分析化验样品,进行室内鉴定、测试,了解化石的种类和时代,分析矿物、岩石、矿产的成因、产状,以及各种沉积构造的形成条件,借以揭示地壳的某些构造特征,近似地模拟某些地质构造的形成和发展演变历史,再现地质作用过程。

### 三、地质学与油气田勘探开发的关系

近代创立并发展的石油地质学,在推动石油、天然气工业发展中发挥了重要的作用:一是在油气田发现以前,通过研究油气生成、运移、聚集和油气藏特点及油气分布规律,指导油气田勘探工作,力求以最快的速度、最有效的手段找到具有工业开采价值的油气田;二是在油气田投入开发之前通过研究油气藏类型、储集层和地下流体的原始状态及物理性质、储量分布及估算,为优化开发方案和优选开采方式提供必要的地质基础;三是当油气田投入开发后,通过研究开发过程中的油气藏结构、油层及流体的物理性质、油层压力系统、剩余油分布等动态变化规律,为制定开发调整措施、增加可采储量及改善总体开发效果,提供重要的地质依据。可以说,从油气田勘探到开发的整个过程中,石油地质学始终发挥着十分重要的作用。

大庆油田是目前我国第一大油田,也是世界级特大型陆相非均质、多油层砂岩油田。这个油田从勘探到开发,始终把油田地质研究作为一项基础工作,取得令世人瞩目的辉煌成果。勘探期间在板块地质理论指导下,认真研究区域地质和油气分布规律,甩开勘探,合理部署,只用了不到 3 年时间,就探明了面积在 1 000km<sup>2</sup> 以上的大油田,确定了内部注水保持压力开采和提高油田最终采收率的开发方针。40 多年来,针对非均质、多油层油田不同注水开发阶段的特点,通过广泛深入的地质研究,先后提出并实施了分层开采、接替稳产、综合调整、“稳油控水”和三次采油等一系列油田地质开发新方法和新技术,提出了建设“百年油田”的战略目标,这些都有力地保证了大庆油田的持续高产稳产,创出了世界同类型油田开发的新水平。大庆油田的勘探开发实践证明,石油地质科技理论的发展促进了油田



勘探开发的技术进步和提高，而油田勘探开发的实践又推动和丰富了石油地质科技理论不断地向前发展。

就世界范围来看，目前石油和天然气资源仍然是十分丰富的，而且剩余可采储量仍然不断增加。中国蕴藏着丰富的石油和天然气资源，即使按目前的认识水平和技术水平，石油和天然气资源也仍然处于不断上升阶段。随着勘探开发工作的深入，科技的进步，油气可采储量必定会大幅度地增长，中国的石油工业仍然会继续蓬勃发展。

油气资源的增长靠的是技术进步，美国著名石油地质学家笛克曾总结道：“我们运用老思路经常能在新区发现石油，同样，有些时候我们运用新思路能在一个老油区内发现新石油，但是，在一个老区内运用老思路就很少能发现大量石油。在过去年代里，我们曾经认为无油可找，而实际上，我们只是缺乏新的思路而已。”科学技术对石油工业的发展影响是巨大的。所以，发展科学技术，依靠科学技术必将是中国石油工业继续蓬勃发展的根本之道。

## 第一章 石油地质学概论

### 第一节 石油地质学的发展概况

石油地质学是研究石油的成因、分布、勘探和开发的一门科学。它的发展与石油工业的发展密切相关。在20世纪初，石油地质学还处于萌芽阶段，主要研究石油的成因和分布。随着石油工业的迅速发展，石油地质学逐渐成为一个独立的学科，并开始研究石油的勘探和开发。在20世纪50年代，石油地质学进入了快速发展阶段，主要研究石油的成因、分布、勘探和开发。在20世纪60年代，石油地质学进入了成熟阶段，主要研究石油的成因、分布、勘探和开发。在20世纪70年代，石油地质学进入了鼎盛阶段，主要研究石油的成因、分布、勘探和开发。在20世纪80年代，石油地质学进入了衰退阶段，主要研究石油的成因、分布、勘探和开发。在20世纪90年代，石油地质学进入了复兴阶段，主要研究石油的成因、分布、勘探和开发。在21世纪，石油地质学进入了繁荣阶段，主要研究石油的成因、分布、勘探和开发。

石油地质学的发展概况可以分为三个阶段：第一阶段是20世纪初至20世纪40年代，主要研究石油的成因和分布；第二阶段是20世纪40年代至20世纪70年代，主要研究石油的勘探和开发；第三阶段是20世纪70年代至21世纪初，主要研究石油的成因、分布、勘探和开发。

### 第二节 石油地质学的主要成就

石油地质学的主要成就可以分为三个方面：一是石油成因的研究，二是石油分布的研究，三是石油勘探和开发的研究。在石油成因的研究方面，石油地质学取得了许多重要成果，如提出了有机成因说、无机成因说、生物成因说等。在石油分布的研究方面，石油地质学提出了许多重要理论，如石油成带理论、石油成区理论等。在石油勘探和开发的研究方面，石油地质学提出了许多重要方法，如地质勘探法、地球物理勘探法等。

石油地质学的主要成就可以分为三个方面：一是石油成因的研究，二是石油分布的研究，三是石油勘探和开发的研究。

石油地质学的主要成就可以分为三个方面：一是石油成因的研究，二是石油分布的研究，三是石油勘探和开发的研究。在石油成因的研究方面，石油地质学取得了许多重要成果，如提出了有机成因说、无机成因说、生物成因说等。在石油分布的研究方面，石油地质学提出了许多重要理论，如石油成带理论、石油成区理论等。在石油勘探和开发的研究方面，石油地质学提出了许多重要方法，如地质勘探法、地球物理勘探法等。

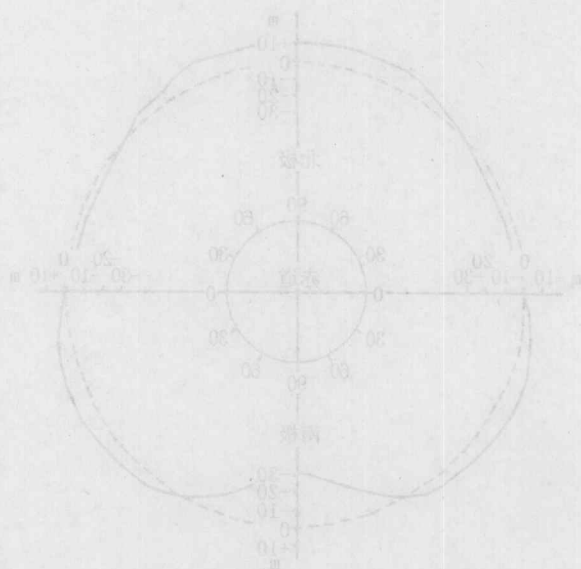


图 1-1 油田面积与油藏面积的关系

(a) 油田面积 (b) 油藏面积 (c) 油田面积与油藏面积之比

(d) 油田面积与油藏面积之比 (e) 油田面积与油藏面积之比

(f) 油田面积与油藏面积之比 (g) 油田面积与油藏面积之比

(h) 油田面积与油藏面积之比 (i) 油田面积与油藏面积之比

(j) 油田面积与油藏面积之比 (k) 油田面积与油藏面积之比

(l) 油田面积与油藏面积之比 (m) 油田面积与油藏面积之比

(n) 油田面积与油藏面积之比 (o) 油田面积与油藏面积之比

(p) 油田面积与油藏面积之比 (q) 油田面积与油藏面积之比

(r) 油田面积与油藏面积之比 (s) 油田面积与油藏面积之比

(t) 油田面积与油藏面积之比 (u) 油田面积与油藏面积之比

(v) 油田面积与油藏面积之比 (w) 油田面积与油藏面积之比

(x) 油田面积与油藏面积之比 (y) 油田面积与油藏面积之比

(z) 油田面积与油藏面积之比

# 第一章 地球概述

地球是浩瀚宇宙中的一颗璀璨的行星，是亿万种生命的摇篮，是惟一适合人类生存的美好家园，它给人类提供了空间、时间、环境和资源等一切赖以生存和发展的条件。地球不是简单单一的星球，它具有一定的形状、大小以及圈层构造。地球是地质学的研究对象，也是地质作用的发生场所。因此，要想深入学习地质学，弄清地球与地质作用的内在关系，首先应对地球有一个初步的了解。

## 第一节 地球的形状和大小

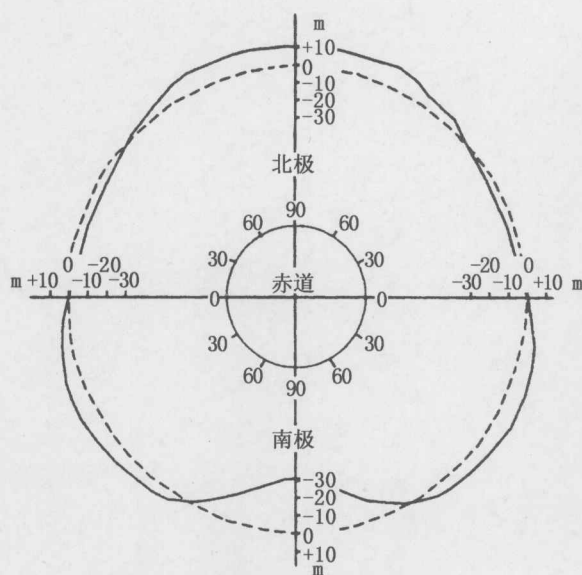


图 1-1 地形的形状示意图

(据 D. G. King-Hele 等, 1969)

实线—大地水准面圈闭的形状 (比例夸大);

虚线—地理理想扁球体

### 一、地球的形状

通常所说的地球的形状是指大地水准面所圈闭的形状。所谓大地水准面是指由平均海平面所构成，并延伸通过陆地的封闭曲面。海平面在重力作用下是一个等位面，面上各点的重力相等。在通常情况下，平均海平面的位置不变，可作为大地测量中高程的标准。

地球的整体形状近似于扁率非常小的旋转椭球体。最新的人造卫星资料表明，地球并不是一个标准的旋转椭球体，其南极凹进约 30m，北极凸出约 10m，将它增大想象，认为地球的真实形状为呈梨形的椭球体 (见图 1-1)。

### 二、地球的大小

1980 年国际大地测量和地球物理联合会修订和公布的关于地球大小的主要数据如下：

|                            |                                                     |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|
| 赤道半径 ( $a$ )               | 6 378. 137km                                        |
| 两极半径 ( $c$ )               | 6 356. 752km                                        |
| 平均半径 [ $R= (a^2c)^{1/3}$ ] | 6 371. 012km                                        |
| 扁率 [ $(a-c) / a$ ]         | 1/298. 253                                          |
| 赤道周长 ( $2\pi a$ )          | 40 075. 7km                                         |
| 子午线周长 ( $2\pi c$ )         | 40 008. 08km                                        |
| 表面积 ( $4\pi R^2$ )         | $5. 101 \times 10^8 \text{ km}^2$                   |
| 体积 ( $4/3\pi R^3$ )        | $1. 083 2 \times 10^{12} \text{ km}^3$              |
| 质量 ( $m$ )                 | $(5. 974 2 \pm 0. 000 6) \times 10^{24} \text{ kg}$ |

## 第二节 地球的层圈构造

地球并非是一个均质体，具有层圈构造，以地表为界可以分为内圈和外圈。内圈指固体地球部分，外圈则包括生物圈、大气圈和水圈。它们又可再分几个圈层，每个圈层都有自己的物质运动特点和物理、化学性质，对动力地质作用各有程度不同的、直接的或间接的影响。所以必须了解它们的基本特征，才能更深刻地理解动力地质作用的原理。

### 一、地球的外部层圈构造

从地表以上到地球大气的边界部位统称为地球的外部。地球表面以上，充满了大气、水和生物，自然地形成了大气圈、水圈及生物圈。它们包围地球，各自形成连续完整的圈层。

#### (一) 大气圈

大气圈 (atmosphere) 是地球最外面的一个圈层，它位于星际空间和地面之间，由包围在固体地球外面的大气层构成，厚度可达几万千米以上。

大气圈是多种气体的混合物，主要成分为氮气 ( $N_2$ )、氧气 ( $O_2$ )、氩气 (Ar)、二氧化碳 ( $CO_2$ )、氦气 (Ne)、甲烷 ( $CH_4$ )、臭氧 ( $O_3$ ) 及水蒸气等。各种气体所占的体积为：氮 78.09%、氧 20.95%、氩 0.93%、二氧化碳 0.03%、氦 0.0018%，还有水蒸气和尘埃微粒等。大气的总质量为  $5.1 \times 10^{21} g$ ，主要集中在地面至 100km 高度范围内，其中的一半以上又集中在 10km 以下的高度范围内。由于地心引力的作用，其密度和压力随高度增加而趋于稀薄和降低，接近地面的大气较为稠密，向外层逐渐变稀薄，最后过渡为宇宙气体，大气圈没有明显的上界。据人造卫星观测，在赤道上方 42 000km 处和两极上方 28 000km 处仍有大气存在的迹象。

随着高度的变化，大气圈的密度、温度、成分等物理状态都有一系列的变化。按密度和成分由下至上可将大气圈进一步分为对流层、平流层、中间层、热层和散逸层 (见图1-2)。

#### 1. 对流层

对流层 (troposphere) 是大气圈的最底层，从地面起到温度下降到最低处，其高度在赤道为 18km，两极 9km，中纬度为 10.5km，其厚度随纬度、季节等条件而变化，在赤道最厚，两极最薄，可随夏季升温而增厚，冬季降温而减薄。受地心引力的影响，对流层的密度最大，其质量占大气圈总量的 79.5%。由于温度主要来自地面反射回来的太阳辐射热，所以近地面的温度高，气温随高度上升而递减，平均每升高 1km，气温下降  $6^\circ C$ ，称为大气降温率。按此规律，对流层顶部气温可降至  $-53^\circ C$  (两极上空) 及  $-83^\circ C$  (赤道上空)。气温、气压和气体密度在不同高度、不同纬度具有一定差异，因而形成空气的对流。表现为底层的热空气可因密度较小而上浮；高层冷空气可因密度增大而下沉，产生大气的上、下对流；由于地表各处的温度有明显的差异，又可产生横向对流。空气的对流是引起风、云、雷、电、雨、雪等气象现象的重要原因。

#### 2. 平流层

从对流层顶到 35~55km 高度的范围内为平流层 (stratosphere)，其厚度在赤道小于两极。尽管厚度是对流层的两倍，但质量却只占大气圈总质量的 20%，空气较为稀薄。平流层的大气下重上轻，只能随地球自转产生的温差而进行水平流动，故平流层最显著的特点是气流的运动以水平方向为主，平流层亦因此而得名。平流层基本不含水汽和尘埃物质，不存在对流层中的各种天气现象。

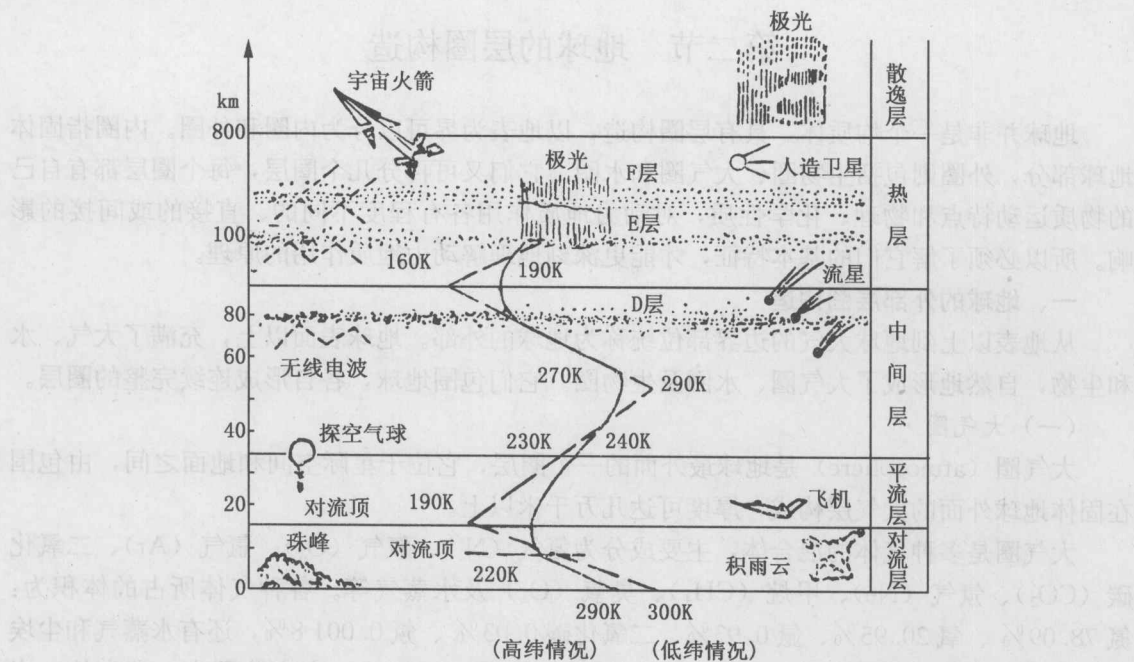


图 1-2 大气圈的分层

(引自中山大学等五院校《自然地理学》，1978)

平流层的气温随高度上升而增加，甚至到  $0^{\circ}\text{C}$  以上。这表明平流层的气温不受地面辐射热的影响，增温的原因是平流层中在  $30\sim 55\text{km}$  高空范围内有一臭氧层的存在。臭氧层大量吸收太阳紫外辐射热，致使气温升高，臭氧层吸收了太阳紫外线的  $90\%$ ，且成了地面生物的防护罩。

### 3. 中间层

从平流层顶至  $85\text{km}$  左右高空的大气层为中间层 (mesosphere)。由于这里没有臭氧吸收太阳辐射的紫外线，气温随高度增大而迅速下降，至中间层顶界气温降到  $-83\sim -113^{\circ}\text{C}$ 。由于下热上冷，再次出现空气的垂直运动。

### 4. 热层和散逸层

从中间层顶至  $800\text{km}$  的高空为热层 (或称暖层)。该层因直接吸收太阳紫外线辐射而使温度升高至数百度以上，故称热层。该层空气极为稀薄，因吸收太阳的紫外线和 X 射线使大气中的氧和氮分子分离成为原子或离子，因而又叫做电离层，它可以反射地面发射出的无线电通讯短波。再向上至数万千米的高空为散逸层，是大气圈与星际空间的过渡带，其温度也随高度的增加而升高，散逸层的空气已极为稀薄。由于远离地面，引力作用微弱，气体不断向太空逸散，因而找不到确定的外边界。

大气圈好像是固体地球的一件透明外衣，它过滤太阳发来的有害射线，焚毁闯入地球的宇宙尘埃，净化大气和水源，给固体地球和生物以良好的保护。

### (二) 水圈

水圈 (hydrosphere) 是由水体组成的地球表层。地表最大的水体是海洋，占地表水总量的  $97\%$ ，属于咸水；另一部分散布在陆地上的河流、湖泊、冰层、土壤和岩石孔隙中，