

46455



200439310

石油勘探开发概论

余守德 李连顺 胡明君 等编



00419734



46455

石油大学出版社

内 容 提 要

本书概括叙述了地质基础知识、石油地质、中国石油分布、石油钻井设备与工具、石油钻井的基本工艺原理、泥浆的性能和功用、油田开发技术、采油工艺原理等。

本书可供电视大学、职工大学非石油专业学生、干部、中专学生作教材使用，也可供从事油田勘探开发工作的基层干部、工人培训、自学使用。

石油勘探开发概论

余守德 等编

石油大学出版社出版

山东省 东营市

山东省新华书店发行

蓬莱东方印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 11.5印张 298千字

1990年8月第1版 1990年8月第1次印刷

印数 1—11000册

ISBN 7-5636-0099-X/TE·20

定价 4.79元

5156/04

前 言

《石油勘探开发概论》这本书，是根据胜利油田职工大学、电视大学、干部中专、非石油专业的教学计划的要求而编写的。

本书内容主要包括石油地质、钻井工程、采油工程三部分，共二十四章；概括介绍了地质基础、石油地质、中国石油分布、石油勘探方法、石油钻井设备与工具、石油钻井的基本工艺原理、泥浆性能与功用、油田开发技术、采油工艺原理等，内容全面，通俗易懂。是油田各行各业职工、干部全面了解油气勘探开发过程、方法、工艺技术的一本好书。

本书是在胜利油田副总地质师余守德指导下，职大部分教师结合教学实践，通过集体讨论，拟订统一大纲，分工执笔。地质部分由黄金柱、马成玉编写；钻井部分由胡明君、孙伟香编写；采油部分由丁梅爱、李连顺、崔笛、李爱芬编写。全书由余守德、李连顺、胡明君主编。王富元、周世平同志参加了审稿工作。

本书编写过程中单新一、王纯德、王苏老师给以助，特此一并致谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中缺点，错少，敬请读者予以批评指正。

编 者

1989.7.6

目 录

第一篇 石油地质基础	1
第一章 地壳的物质组成	1
第一节 地球的基本知识.....	1
第二节 地质作用.....	6
第三节 矿物.....	8
第四节 岩石.....	13
第二章 古生物及地层	27
第一节 古生物的基本知识.....	27
第二节 地质时代及地层单位.....	30
第三章 沉积相	35
第一节 沉积相的概念及分类.....	35
第二节 沉积相分述.....	36
第四章 构造地质	39
第一节 地壳运动及地质构造.....	39
第二节 岩层的产状.....	40
第三节 褶皱构造.....	40
第四节 断裂构造.....	43
第五节 地层的接触关系.....	47
第六节 古潜山及披覆构造.....	49
第七节 含油气盆地内构造单元的划分.....	51
第五章 油气藏及油气田	59
第一节 油气及其形成.....	59
第二节 圈闭.....	63
第三节 油气藏.....	71

第四节	油气运移	77
第五节	油气田及其分布的控制因素	82
第六章	油气田勘探	88
第七章	中国石油的分布	95
第一节	中国石油工业发展简史	95
第二节	中国各油气区分论	100
第二篇	钻井工程	138
第一章	绪论	138
第一节	钻井在石油工业中的地位	138
第二节	我国钻井技术发展史	139
第三节	钻井方法	140
第四节	新钻井技术	142
第二章	钻井设备与工具	146
第一节	钻机的分类及组成	146
第二节	钻具	149
第三章	钻头	155
第一节	岩石的机械性质	155
第二节	钻头	156
第四章	泥浆	164
第一节	泥浆的组成和类型	164
第二节	液体的基本流型	165
第三节	泥浆的流变性	169
第四节	泥浆的主要功用	172
第五章	钻进技术	174
第一节	喷射钻井	174
第二节	优化钻井	177
第三节	井斜及其控制	182
第六章	定向钻井	190
第一节	定向井的基本要素	190

第二节	井身剖面设计	193
第三节	实际井眼轴线的计算和绘制	196
第四节	井眼轨迹控制	198
第五节	丛式钻井技术	203
第七章	油气井压力控制	204
第一节	地下各种压力及预报	204
第二节	井内压力平衡及压井	209
第八章	固井与完井	215
第一节	井身结构	215
第二节	下套管	219
第三节	注水泥	225
第四节	完井方法	230
第九章	海洋钻井	233
第一节	概述	233
第二节	海洋知识	235
第三节	海上钻井装置	239
第四节	海洋钻井的工艺技术特点	243
第三篇	采油工程	247
第一章	试油试采	247
第一节	试油	247
第二节	试采	253
第二章	油田开发	255
第一节	油田开发方案编制的步骤和方法	256
第二节	油田开发方案的调整	262
第三节	油田开发的指标	266
第三章	自喷采油	270
第一节	自喷井的设备	270
第二节	自喷原理	275
第三节	自喷井的生产分析	278

第四节	延长油井自喷期.....	281
第五节	自喷井的分层采油.....	284
第四章	深井泵采油.....	285
第一节	抽油机.....	285
第二节	抽油泵.....	288
第三节	抽油井生产分析.....	295
第四节	无杆泵采油简介.....	299
第五章	油井增产措施.....	303
第一节	油层水力压裂.....	303
第二节	酸处理.....	312
第六章	砂蜡水.....	320
第一节	防砂与清砂.....	320
第二节	防蜡与清蜡.....	329
第三节	找水和堵水.....	331
第七章	注水.....	337
第一节	注水井投注程序和分层注水管柱结构.....	337
第二节	注入水的水质要求和水源选择.....	339
第三节	注水井分析.....	339
第八章	提高油藏原油采收率.....	347
第一节	化学驱油法.....	347
第二节	混相驱油.....	352
第三节	热力采油.....	353

第一篇 石油地质基础

第一章 地壳的物质组成

第一节 地球的基本知识

一、地球的形状和大小

地球是太阳系中的九大行星之一，是宇宙中一颗渺小的星体。它自形成以来经历了漫长的演变时期。现在所看到的地球形状，是它长期发展演化的结果。据人造地球卫星的精密测量可知，地球的形状近似梨状体（图1-1-1）。北极略凸出，南极略凹进。

为了科学地描述地球的形状，并为科学研究提供统一标准的数据，1975年第十六届国际大地测量和地球物理协会决定采用下列有关地球形状和大小的数据。

赤道半径 a) 6378.140公里

两极半径 c) 6356.779公里

平均半径 $(a^2 \cdot c)^{\frac{1}{3}}$ 6371.012公里

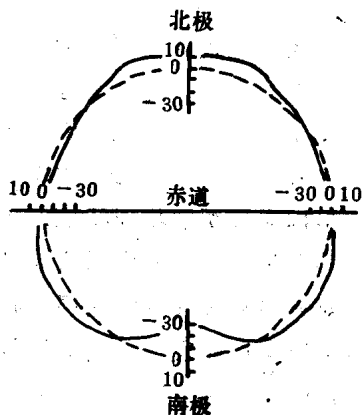


图1-1-1 地球体剖面（实线）与理想扁球体（虚线）关系示意图

$$\text{扁率} = \frac{a-c}{a} \quad 1/298.275$$

体积 1.0832×10^{12} 公里

质量 $(5.9742 \pm 0.0006) \times 10^{24}$ 千克

二、地球的圈层结构

地球并不是一个均质体，而是具有圈层结构，以地表为界，分为内部圈层和外部圈层。内部圈层为固体地球部分，又分为地壳、地幔、地核。外部圈层为包围固体地球的部分，又分为大气圈、水圈和生物圈，每个圈层都有自己的物质运动特征和物理化学性质，对地质作用各有程度不同，直接或间接地影响，所以必须了解它们的基本特征。

(一) 地球的外部圈层

1. 大气圈

大气圈是包围着地球的气体，厚度在几万公里以上，由于受地心引力的影响，地表附近大气稠密，向外逐渐变稀薄。大气的密度和压力随高度增加而降低。大气的主要化学成分为：氮气和氧气，其次为二氧化碳、水蒸汽和臭氧。

根据大气圈的物理特征，由下往上可分为对流层、平流层、中间层和热成层，其中对流层和平流层对地面影响较大。

对流层是大气圈的底层，赤道厚达18公里，两极仅为9公里。气温主要来自地表反射的太阳辐射热，随高度增加而递减。由于不同纬度大气接受地表反射的太阳辐射热不同，就形成了大气对流现象。大气对流是引起风、云、雨、雪等各种气象过程的重要原因。

平流层是自对流层顶到50公里高空的大气层，其厚度赤道小于两极，气流以水平运动为主。其下部为臭氧层，能直接吸收大量紫外线而使其温度升高。

2. 水圈

水圈是由地球表层的水体组成，大部分聚集在海洋里，少部

分分布在陆地上的河流、湖泊及表层岩石孔隙和土壤中。这些水可以看成是包围地面的一个连续不规则的圈层。地表的水在太阳辐射下受热蒸发变成水蒸汽，升入大气圈，并随大气一起运动。在适宜的条件下，水蒸汽遇冷凝结，以雨、雪、霜、雹等形式降到地面，汇入河流、湖泊、海洋以及渗透到地下。降到地面的水又可再次蒸发，如此反复，构成规模巨大的水圈循环。水在这样不停息的循环运动中形成巨大的动力，不断地侵蚀、溶解地表的岩石，改造地表的面貌(图1-1-2)。

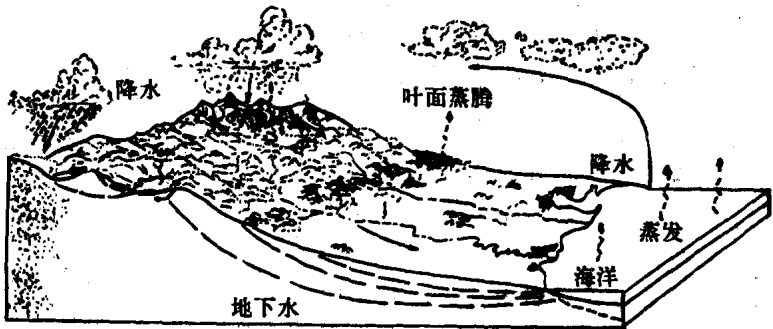


图1-1-2 水圈循环示意图

3 生物圈

生物圈是指地球上生物生存和活动范围所构成的连续圈层。生物主要生活和分布在陆地表面和水体的上层。地表的生物种类繁多，它们的活动对地表的物质迁移和聚集起着巨大的作用，从而影响和改造地球的面貌，它们是改造自然的一个重要因素。生物遗体的堆积，为形成石油、天然气和其它矿产提供了物质基础。

(二) 地球的内部圈层

我们可以用直接观察和测量的方法来研究地球的外部圈层，但对于地球的内部，采用直接观察和测量的方法是很困难的。目前世界上所钻的最深井不超过13公里，而地球的半径为6370公

里，因此所能获得的地球内部的直接资料只不过反映地球表面一薄层的情况。现阶段研究地球内部的物质成分、状态和物理性质，主要是应用地球物理的资料，如地震波的传播速度、重力学和导电率等方面的数据，特别是应用地震波传播速度的数据。

地球具有弹性，能传播地震波。当一个地区发生地震时，地震波就从震源向各个方向传播。地震波主要有两种：一种是纵波，它的传播方向与质点运动方向一致，在固体、液体和气体物质中都能传播；另一种是横波，它的传播方向与质点运动方向垂直，它只能在固体物质中传播，而不能通过液体和气体物质。地震波传播速度的大小取决于所通过的物质密度以及弹性。如果地球是均质体的话，因随深度增加，物质变硬，那么地震波的传播速度就应随深度的增加而有规律地增加。地球物理学家通过对大量天然地震波的研究发现，地震波在地下的传播速度，并不是有规律地变化，而是在某些深度突然变化（跳跃式增加或减小）。这种变化反映这些深度上、下的物质成分或物态有改变或两者都改变，这些深度就可以作为两种物质的分界面，称为不连续面。据实测地球内部有两个波速变化明显的不连续面，一个是在地下平均33公里处，地震波通过此界面后，横波和纵波的波速都突然

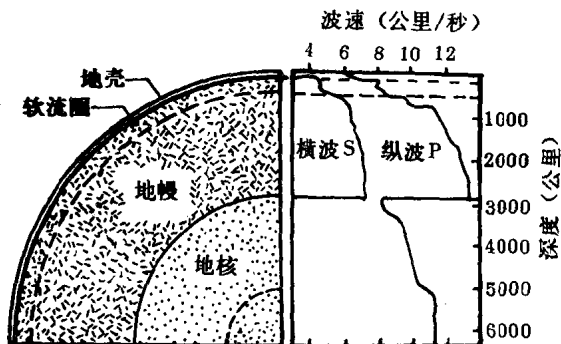


图1-1-3 地球分层及波速变化示意图

增加，这个界面是由南斯拉夫地球物理学家莫霍洛维奇首先发现，故称“莫霍面”；另一个是在地下2900公里处，地震波通过该界面后，纵波波速突然减小，横波消失，这个界面是由美国地质学家古腾堡发现，故称“古腾堡面”。根据这两个不连续面把地球内部分为三个圈层：地壳、地幔、地核（图1-1-3）。

1. 地壳

地壳是固体地球的最外一圈，主要是由富含硅和铝的硅酸盐岩石所组成的硬壳，其范围从地表到莫霍面。厚度变化较大，大洋地壳较薄，平均厚6公里，最薄处不到5公里；大陆地壳较厚，平均厚35公里，最厚处可达70公里（我国青藏高原）。整个地壳平均厚33公里。

地壳具有双层结构，上层叫硅铝层，主要化学成分为硅、铝，密度为2.7~2.8克/厘米³；下层叫硅镁层，主要化学成分为硅、镁、铁和铝，密度为2.9~3.0克/厘米³。大陆地壳硅铝、硅镁层都有，而大洋地壳缺失硅铝层，只有硅镁层（图1-1-4）。

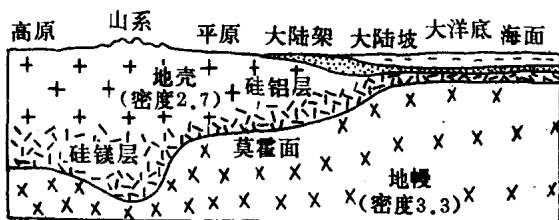


图1-1-4 地壳结构示意图

2. 地幔

33公里

地幔位于莫霍面和古腾堡面之间，厚为2900公里。以1000公里深度为界，地幔可分为上、下地幔。上地幔主要由含铁、镁多的硅酸盐物质组成，平均密度为3.5克/厘米³。由于随深度增加温度升高，大约在离地表100~150公里范围内温度高，近于岩石的熔点，地幔物质处于塑性流动状态，称为“软流圈”。地震波通过软流圈时，波速随深度增加而降低，故该圈又称“低速

带”。它是岩浆活动的发源地；下地幔成分比较均一，与上地幔相似，但随深度增加，铁的含量增加，平均密度为 $5.1\text{克}/\text{厘米}^3$ 。

3. 地核

从古腾堡面以下至地心部分，为地核，厚3473公里。据推测地核物质由铁、镍组成，温度和压力非常高，密度大，可达 $9.98\sim 13\text{克}/\text{厘米}^3$ 。

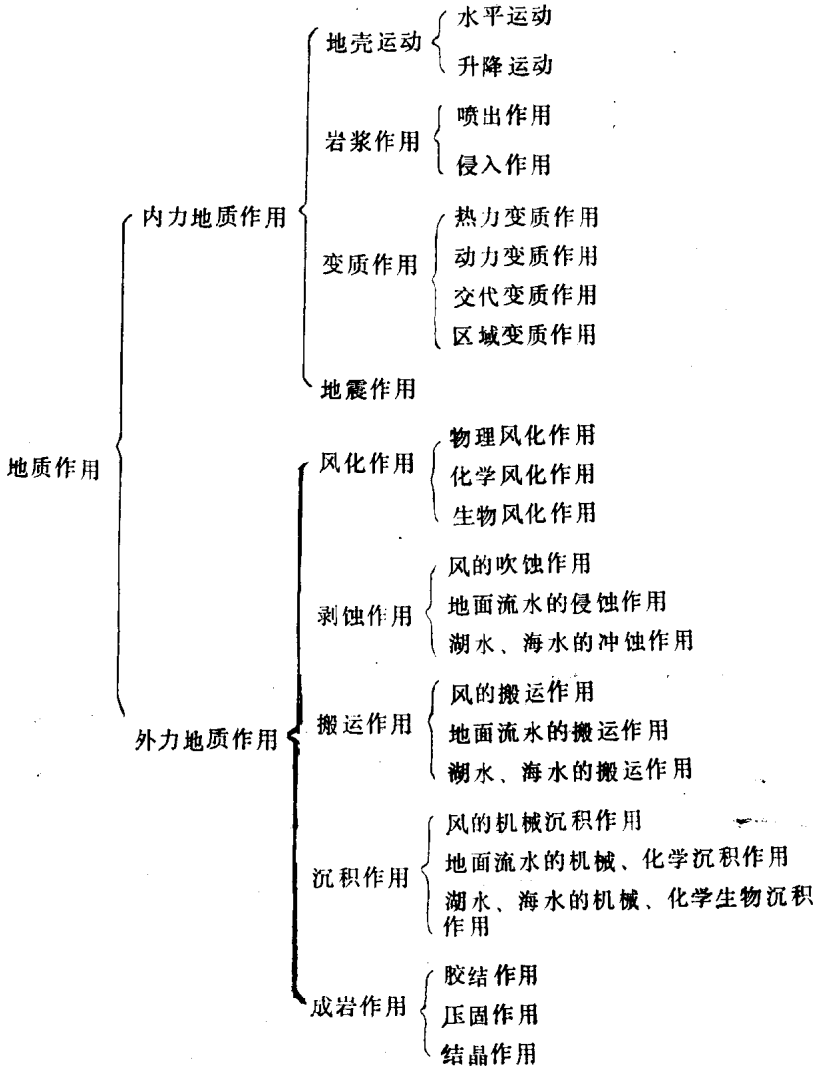
第二节 地质作用

在地球漫长的发展演化过程中，地壳每时每刻都处在不断地运动和变化之中。无数地质资料说明，地表形态和地下各种物质成分都经过了许多变化。强烈地震产生山崩地裂，给人类带来灾难。火山喷发改变了地壳内部的结构和成分，形成新的物质并改变了地表的地形。缓慢的地壳运动可以形成高山和海洋。喜马拉雅地区，在三千万年以前一直是一片汪洋，海相沉积岩厚度达3万余米，化石丰富。从距今二千五百万年开始，由于受地壳运动的影响，该区的岩层露出海面，逐渐上升，变为今日挺拔耸立的喜马拉雅山。河流入海所携带的大量泥砂在河口处淤积，使海逐渐变陆，泥砂淤积后逐渐固结变成岩石。这些自然现象都说明了地壳是在不断变化的。这种由于自然力引起的地壳物质组成、内部结构和地表形态变化和发展的作用，称为地质作用。我国古代有“高山变平地，沧海变桑田”的记载是对地质作用和地球演变的真实写照。

根据地质作用的动力来源，可将地质作用分为内力地质作用和外力地质作用两大类。

内力地质作用是由地球内部的热能、重力能和地球自转产生的动能所引起的。它主要发生在地壳深处和地球内部，其表现形式有地壳运动、岩浆作用、变质作用及地震作用等。内力地质作用改变了地壳内部的结构，直接控制着岩浆岩、变质岩的形成和

表1-1-1 地质作用分类表



分布。

外力地质作用是由地球范围以外的能源引起的，它是指由于太阳辐射能和重力能引起的温度、风、雨水、河流、地下水、生物的活动和变化，从而对地表岩石进行风化剥蚀，继而搬运和沉积，促使地表不断夷平，改变地表面貌的地质作用。它包括风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和成岩作用。外力地质作用主要是在地表进行，结果形成沉积岩，同时修饰了地表的形态。

内力地质作用和外力地质作用，尽管能源和作用部位不同，但是在促使地壳演化过程中所起的作用，是相互联系、紧密配合、互相制约的。内力地质作用引起地壳升降，使地表产生起伏，形成山脉谷地、海洋；而外力地质作用则将山地风化和剥蚀，并将破坏的产物搬运到低洼之处堆积起来，使总的地势趋于平坦化，因而起着消平高地、填平低洼的作用。

第三节 矿 物

一、矿物的概念

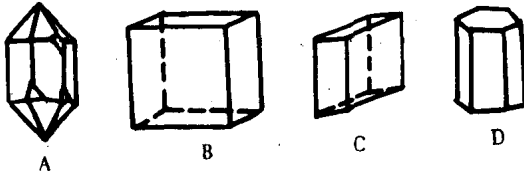
矿物是地壳中的化学元素在各种地质作用下形成的自然产物，它具有一定的化学成分、物理化学性质以及比较均一的内部结构。它可以是由几种元素组成的化合物，如方解石(CaCO_3)，也可以是由一种元素组成的单质，如金刚石(C)。自然界中已发现三千多种矿物，但常见的不过数十种，其中最常见的是硅酸盐矿物。

二、矿物的基本特征

石油和天然气储集在地下的岩石中，要有效地勘探开发油气田就必须研究岩石，而研究岩石的一个重要方面就是要识别矿物。在实际工作中，对矿物的识别是通过矿物本身的外形和物理性质的鉴定来进行的。

(一) 外形

矿物的外形是指矿物的外貌特征。自然界中的矿物，一类为结晶质矿物，具有规则的外形，组成这类矿物的质点（质子、离子或分子）有规律地排列。例如石英呈六方柱状，黄铁矿呈立方体，方解石呈菱面体等(图1-1-5)。



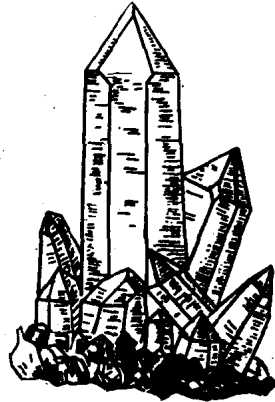
(a)

A-石英；B-黄铁矿；C-方解石；D-绿柱石

另一类为非结晶质矿物，具有不规则外形，组成这类矿物的质点、原子、离子或分子)无规律地排列。如蛋白石等。

(二) 颜色和条痕

我们拿到矿物后，首先看到的是颜色。矿物各有不同的颜色，如石英为白色或无色，方解石为白色，黄铁矿为金黄色。如果矿物含有杂质，它会呈其它颜色。鉴定矿物时，为了准确地识别矿物的颜色，我们要用条痕来配合。所谓条痕是指矿物粉末的颜色，一般是



(b)

图1-1-5 几种矿物的外形

看矿物在一块未上釉的白瓷板上刻划后所留痕迹的颜色，它可以消除一些影响颜色的因素，所反映的颜色比较稳定。

(三) 光泽

矿物表面对光线的反射能力。矿物的反光能力强弱不同，据此光泽可分为金属光泽、半金属光泽、非金属光泽等。

金属光泽：反光能力最强，耀眼夺目，如金、黄铁矿等。

半金属光泽：反光能力比金属光泽弱，如赤铁矿、磁铁矿等。

非金属光泽：不具金属感的光泽，如金刚石等。

(四) 硬度

硬度是指矿物抵抗某种外力的机械作用，如刻划和摩擦的能力。通常选用下列十种矿物作标准，见、表1-1-2)，确定矿物的硬度。

表1-1-2 摩氏硬度级

硬度	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
标准矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	正长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

如果一种矿物能被石英刻出痕迹，说明它的硬度小于7。它被正长石刻划，反在正长石上留下痕迹，说明它的硬度大于6，那么该矿物的硬度在6~7之间。

(五) 解理

矿物受力后，沿一定方向产生光滑平面的性质称为解理。裂开的光滑平面称为解理面。解理可分为极完全解理、完全解理、中等解理和不完全解理。如云母为极完全解理，方解

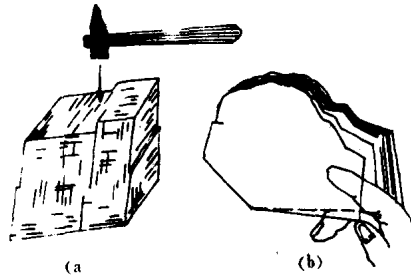


图1-1-6 解理及解理面

a-方解石完全解理；b-云母极完全解理