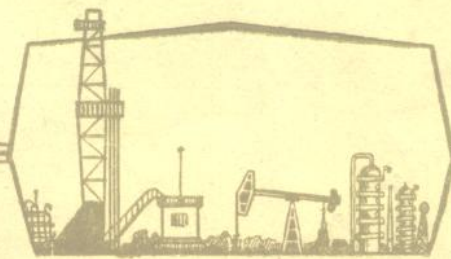


高等学校教学用书

钻井地质基础

颜婉荪 编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书包括地质基础、石油地质以及油矿地质三个部分,共分七章。地质基础部分(第一章至第四章)主要介绍有关矿物、岩石、古生物及地层,以及构造地质等方面的基础知识;石油地质部分(第五章)主要介绍油气藏的形成、类型以及油气田的分布;油矿地质部分包括第六章至第七章,着重介绍一口井从钻前的探井设计到完井各阶段的钻井地质工作。

本书为一门综合性的地质教材,涉及范围较广,可作为高等院校钻井专业试用教材,并可供石油中等技术学校的钻井专业使用,供生产单位的钻井工程技术人员参考。

钻 井 地 质 基 础

颜 婉 荪 编

石油工业部教材编译室编辑(北京902信箱)

石油工业出版社出版发行

(北京和平门内大街七区十六号楼)

北京计量印刷厂排版

北京计量印刷厂印装

787×1092毫米 1/16 开本 12 1/4 印张 2 插页 307 千字 印 1—7000

1981年7月北京第1版 1981年7月北京第1次印刷

书号: 15037·2283 定价: 1.35元

编者的话

为适应教育事业大发展的需要，石油部于1977年10月召开了石油院校教材会议，根据会议决定，我院地质系承担编写钻井专业《钻井地质基础》教材的任务。本书就是根据这次教材会议的要求，结合专业特点而编写的。内容共包括地质基础、石油地质以及油矿地质三个部分。考虑到钻井专业的需要，本书吸收了国外部分有关资料，新编入钻井过程中地层异常压力预报方法的内容，供学习时参考。

在本书编写过程中，于1979年10月在西南石油学院召开了教材审稿会议，大庆石油学院、华东石油学院的同志参加了审稿工作，并提出了许多宝贵的意见和建议。本书主要由武国英和韩耀文同志负责审稿。在审查、修改过程中，得到了我院地质基础及石油地质教研室同志的大力协助，任丘油田的同志热情提供了部分资料，在此，一并向他们致以衷心的感谢。

本书是一本教学参考书，按80学时教学编写，可供大专院校有关专业教学参考。

由于本人缺乏经验，水平有限，时间仓促，书中错误和缺点不少，希望同志们、同学们在试用过程中给予指出。

一九八〇年五月

目 录

第一章 地壳及其组成	(1)
第一节 地球的物理性质及内部构造	(1)
第二节 地壳的基本特征	(4)
第三节 地壳的化学组成	(7)
第四节 地壳的矿物组成	(7)
第五节 地壳的岩石组成	(16)
第二章 沉积岩	(22)
第一节 沉积岩的形成与变化	(22)
第二节 沉积岩的构造与颜色	(26)
第三节 沉积岩的分类	(29)
第四节 碎屑岩	(30)
第五节 粘土岩	(34)
第六节 碳酸盐岩	(37)
第七节 油积岩	(43)
第八节 沉积相	(44)
第三章 古生物及地层	(50)
第一节 古生物基本知识	(50)
第二节 地质年代单位及地层单位	(62)
第三节 地层的划分与对比	(67)
第四章 地质构造	(79)
第一节 地壳运动与地质构造	(79)
第二节 倾斜岩层	(80)
第三节 褶皱构造	(82)
第四节 断裂构造	(87)
第五节 构造剖面图与构造等高线图	(93)
第五章 油气藏的形成及油气田的分布	(100)
第一节 油气藏	(100)
第二节 油气藏的类型	(118)
第三节 油气藏的形成	(124)
第四节 油气田分布的控制因素	(128)
第六章 油气层的压力与温度	(135)
第一节 油气层的压力	(135)
第二节 油气层的温度	(153)
第七章 油气田勘探与钻井地质	(156)
第一节 油气田勘探	(156)
第二节 探井地质设计	(159)
第三节 钻井地质录井和测井	(162)
第四节 钻井地质总结	(185)
第五节 储量计算	(188)

第一章 地壳及其组成

我们国家地大物博，地下蕴藏着极其丰富的石油和天然气资源。人们不禁要问：石油和天然气埋藏在地下，是不是象一片油海？是不是到处都有呢？我们回答：不是。那么，石油和天然气到底储存在哪里？它们在地下呈什么状态？它们是怎样生成的？又是怎样聚集起来的？在地下它的分布规律怎样？到哪里去找和怎样去找？等等。都是我们石油工作者所关注和需要了解的问题。

石油和天然气埋藏深浅不一，浅者几十米，深者数千米，甚至更深。目前世界上所钻最深的井尚未超过10公里，虽然如此深，也仅仅钻到地球表层的一部分，这表层是地球薄薄的一层固体外壳，称之为地壳，石油和天然气就埋藏在地壳的范围内，因此，地壳是我们石油工作者研究的对象，是我们寻找油气的战场。为找到更多的油、气田，我们必须了解一些地质基础知识。

第一节 地球的物理性质及内部构造

一、地球的物理性质

要了解地壳，必须先了解地球。地球是宇宙中一颗渺小的星体，是太阳系行星家族中一个壮年的成员，它的绝对年龄根据放射性元素同位素衰变规律计算，大约为45~50亿年。根据实际测量结果，证明地球是一个巨大的椭球体，地球的平均半径为6356.03公里，地球面积约5亿平方公里，体积大致为1万亿立方公里，质量约为6万亿亿吨。

(一) 地球的密度

地球的平均密度为5.517克/厘米³，按实际测量，地表岩石的平均密度为2.7~2.8克/厘米³，根据地震资料计算，得知地球内部密度随着深度增加而不均匀地增加，至地球核心部分，密度可高达13克/厘米³。地球的密度如图1-1所示。

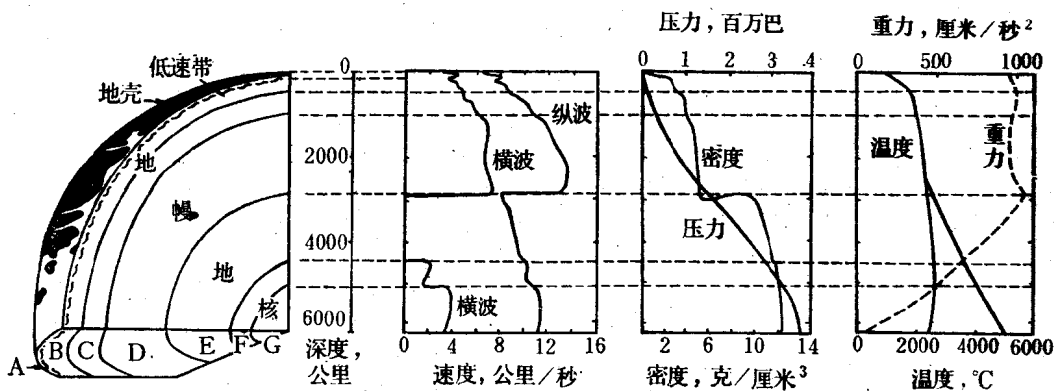


图 1-1 地球的内部构造及物理性质变化曲线

(据《动力地质学原理》成都地质学院 1978，经简化)

A—地壳； B,C—上地幔； D—下地幔； E—外核； F—过渡层； G—内核

（二）地球的压力

地球内部压力主要是静压力，静压力是由地球上覆物质的重量所产生的压力。按静力平衡公式计算，在数值上静压力等于某深度和该深度以上的地球物质平均密度与平均重力加速度的连乘积。地下深10公里处的压力大致有3000大气压，35公里深处有1万大气压，岩石在这个静压力下变软。在2900公里深处可达150万大气压，地心高达370万大气压，物质的原子结构已完全被破坏。地球内部压力变化情况见图1-1。

（三）地球的重力

地球的重力是指地球表面的物体所受地球的引力和由于地球自转而产生的离心力的合力。地球表面的重力各处不同，比如两极的重力比赤道的大，在赤道上重1000克的物体拿到两极就重1005.3克。根据以海平面为基准计算的地面重力场（地球的周围重力作用的空间，称为重力场）的变化是随纬度增加而增加，随高度增加而减少的。这个地面重力场是代表地球物质在均匀状态下的标准重力场（理论重力场）。实际上，由于地球物质分布不均匀，各处密度不同，使实测值与标准值不符合，这种现象叫重力异常。实测值大于标准值的是正异常，小于标准值的是负异常。根据重力异常范围的大小又有区域重力异常（指大陆、大洋、山区和平原等大范围内的重力异常）和局部重力异常（指几至几百平方公里小范围内的重力异常）之分。研究区域重力异常可了解地球内部结构；研究局部重力异常可以探矿。在进行小面积重力测量时，常常以区域重力异常值作为标准值（背景值）。在地面有厚层浮土和植物覆盖区利用重力来探测地下的矿产、岩石和构造是很有效的。这是地球物理勘探法之一，称为重力勘探。当地下岩层密度有差异，下面岩层的密度比上面的大，采用重力勘探，显示正异常时，说明地下可能存在有利于储油的构造。

在地球内部重力随深度而有不甚规则的变化，在2900公里深度以内，大致是逐渐增加的，但有波动。重力加速度从地面约981厘米/秒²至2900公里增为1030厘米/秒²，再往深处就迅速锐减，到地心重力为零。这种变化反映了地球内部物质变化的情况（图1-1）。

（四）地球的温度

由许多自然现象，如温泉、火山喷出炽热物质，深矿井温度高等说明地内是热的。根据地内温度分布状况，地球可分为三个层：

1. 外热层

是地球表层，温度来自太阳热，热量约有 10^{32} 尔格/年或 10^{17} 卡/秒，其中绝大部分辐射回空中，只有极少一部分透入地下增高了岩石的温度。因此，外热层的温度是向下减小的。地温随太阳热量的变化而变化。温度变化幅度随深度减少，到一定深度时，温度变化幅度就不明显了。

2. 常温层

外热层最下界。在这个深度上太阳热年变化幅度为零，温度常年保持不变，相当于当地平均温度。

3. 内热层

在常温层以下，温度随深度而逐渐有规律地增加。即每往下一定深度便增高一定温度。增温主要是放射热的影响。通常用两种方式表示增温的大小，即地温梯度和地温级度（参见第六章第二节）。地球的温度增至地心，大约为5000~6000℃。

（五）地球的磁性

地球是一个球形磁铁，磁力线在地球周围分布，形成了一个偶极地磁场图（1-2）。地磁

场的南北两极和地理的南北两极不一致，且相距颇远，地磁极的位置在不断改变。实际观测

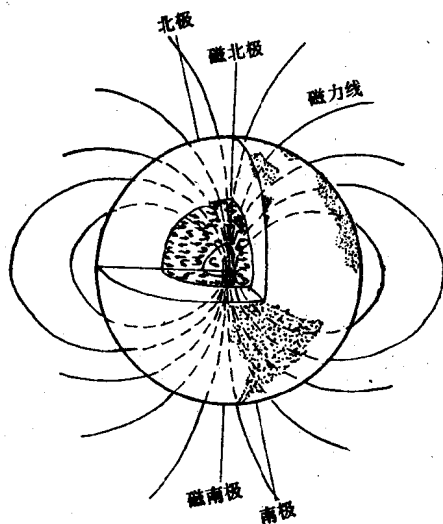


图1-2 地磁场示意图

证明地磁场随时间在不停地变化着，其变化具体表现为地磁要素①的变化，由于日、月和地球的相对位置，地球和太阳本身的活动等引起了地磁要素的短期变化，地磁要素还有长期变化，即地磁场大致以19公里/年的速度向西迁移。消去地磁要素各种短期变化之后就可以得到基本地磁场（为正常值）。与地球的重力异常相同，地球同样具有地磁异常现象。地磁异常标志着地下物质发生局部变化。例如地下有磁铁矿、镍矿等高磁性的矿物，反映出的实测地磁要素值大于正常值，叫正异常；而金、铜、盐、石油等是低磁性的矿物，反映出实测值小于正常值，叫负异常。利用地磁异常来勘探有用矿物，了解地下的地质构造情况的方法叫磁法勘探。

除以上性质外，地球还具有放射性、电性、弹性、塑性等物理性质，利用这些物理性质查明地下矿体位置的勘探方法分别称放射性勘探，电法和地震勘探等。

二、地球的内部构造

主要根据重力学、地震学和陨石学等的资料、数据研究地球的内部构造，得知地球不是一个均质体，而是一个由不同状态和不同物质组成的呈若干同心圈层构造的椭球体。以地表为界分内圈和外圈，外圈包括大气圈、水圈、生物圈。在这里主要介绍内圈。根据地震波在地内传播速度的变化，自地球表面向地心，内圈又分为三个圈层(图1-1)。

(一) 地壳

地壳是固体地球的最外的一圈。它主要是由富含硅和铝的硅酸盐岩石所组成的一层薄薄的固体硬壳，又称为岩石圈。平均厚35公里，地壳表面凹凸不平，和地球外圈的大气圈、水圈及生物圈直接接触，地壳下界为与地幔的交界面，称为莫霍面。

(二) 地幔

深度从莫霍面以下至2900公里为地幔。其占地球体积的83.4%，占地球总质量的三分之二。据地震波速变化，以1000公里为界分为上、下地幔。上地幔物质平均密度为3.5克/厘米³，物质状态多变，至下地幔为5.1克/厘米³，成分比较均一。地幔的温度与压力随深度而增加，在地幔上部离地表100~150公里范围内，温度增高，有些区域的岩石已达到熔点以上而形成液态区，由于离地壳很近，这些液态区就成为岩浆作用的发源地。至地幔下部温度可达4000℃以上，压力高达150万大气压。

(三) 地核

从2900公里以下至地心称为地核(Core)。地核占地球体积的16.3%，占地球总质量的

①地磁场要素包括：磁偏角、磁倾角和磁场强度。

磁偏角——地磁子午线与地理子午线之间的夹角。

磁倾角——磁针的空间位置与水平面之间的夹角。

磁场强度——在地磁场中，使磁针偏和倾的磁力大小的绝对值。

三分之一。在2900公里以下，地震波速急剧降低，横波中断，表明物质发生巨变。根据地震波速变化可把地核分为外核、过渡层和内核（图1-1）。外核是液体，内核是固体，中间层呈过渡状态。根据分析对比认为地核是由铁、镍组成的，温度和压力非常高，在地心物质密度达13克/厘米³。关于地核的化学成分和物质状态，尚需进一步研究。

第二节 地壳的基本特征

地壳与我们研究油、气资源的关系非常密切，因此，有必要进一步了解地壳的各种特征。

一、地壳的物理特征

地壳表面岩石的平均密度是2.7~2.8克/厘米³，温度和压力处于常温常压状态，随着地壳深度的增加，密度从2.7克/厘米³增至3.1克/厘米³，温度达1000℃左右，压力最大可增至1万大气压。地壳总质量约占整个地球质量的0.8%。

地壳各处的厚度变化很大，大洋地壳较薄，平均厚6公里，最厚约8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（如我国青藏高原），说明地壳下界是起伏不平的。整个地壳平均厚度约16公里，只占地球半径的1/400，它只不过是地球表面的一层极薄的外壳，其体积只有地球体积的0.3%。

二、地壳的结构

根据地震波和重力资料，地壳可分为上、下两层：上层叫硅铝层，其化学成分以硅、铝为主；下层叫硅镁层，主要成分是硅、铁和镁、铝等。地壳上、下两层的厚度和物化性质如下表：

表1-1 地壳上、下两层的性质和特征

分 层	化 学 成 分	厚 度,公 里	密 度,克/厘米 ³	分 布 状 态
硅铝层 { 沉积岩层 花岗岩层	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ 和	0~10	<2.7	不连续（大洋底缺失）
	K ₂ O, Na ₂ O等为主	0~40	2.7	
硅镁层(玄武岩层)	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ 和 MgO, CaO等为主	5~30	3.1	连续（大陆下及大洋底均有）

地壳的双层结构见图1-3所示：

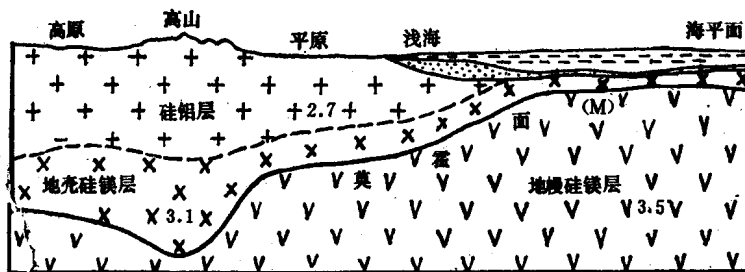


图1-3 地壳双层结构示意图

（据李四光著《天文、地质、古生物》，经简化）

地壳厚度的差异和花岗岩层的不连续分布状态，是地壳结构的主要特点，由于地壳物质在水平和垂直方向上的不均匀性，导致地壳内的物质经常进行重新调整分配，从而引起地壳运动。

三、地壳的表面形态特征

地壳表面陆地和海洋并存，陆地面积占地球表面积的29.2%，海洋面积占地球表面积的70.8%。地壳表面高低起伏不平；有陡峻的山脉，有宽广的平原，有深邃的海沟等，地球表面地形高差很大，地球上最高处是珠穆朗玛峰，海拔8848.13米，最低处是太平洋中的马利亚纳海沟，在海平面以下11033米。最大高差将近20公里。陆地平均高度是840米，海洋平均深度是-3800米。大量资料表明，根据海底地形特征，从海岸向大洋中心，海底地形大致可分为大陆边缘、大洋盆地和洋中脊三个单元。

大陆边缘是大陆与大洋连接的边缘地带，包括大陆架、大陆坡、大陆基（图1-4）。

大陆架（或陆棚）：位于大陆与海洋之间，为一个宽窄不等的过渡浅海地带，各处宽度不等，有的宽几公里，有的几百公里，甚至上千公里，平均宽度74公里。陆棚深度一般指水深在200米以内的水域。平均深度为133米，它往往是一个平缓的斜坡，其坡度异常平缓，平均为0.1度。陆棚上的物质，绝大部分由邻近的大陆输送而来，据各种资料表明，在陆棚地区石油和天然气埋藏量非常丰富。

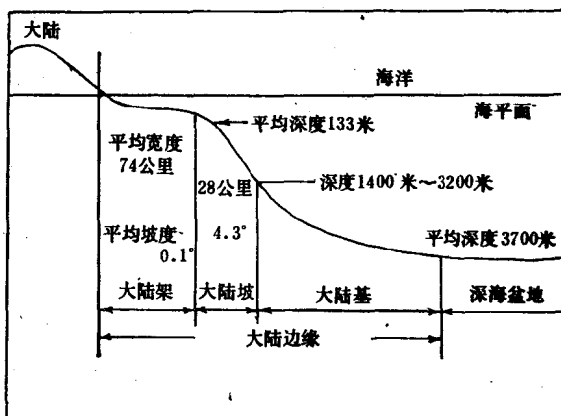


图 1-4 大陆边缘示意图(垂直比例夸大)

大陆坡：为大陆架以下较陡的斜坡，海底斜坡急转直下，坡度突然变得很陡，平均坡度为4.3°，最大坡度可达20°以上，深度可达3200米。宽度不等，由20公里~90公里，平均宽度28公里。在大陆坡水域内还有长而深的海底峡谷。大陆坡与大陆架占整个海洋面积的15.3%。

大陆基：大陆坡与大洋盆地之间比较平坦的地区，其坡度仅1/700~1/100。在大陆坡坡麓所形成的堆积物，一部分覆盖在大陆坡上，一部分覆盖在大洋盆地上。这些堆积物向大洋盆地方向逐渐变薄并向大洋盆地方向倾斜，一般分布在水深2000~5000米的地方，平均深度为3700米。

在大陆地壳与大洋地壳分界的过渡地带，分布有深而狭窄的深海沟及呈弧形分布的岛屿，称为岛弧。如千岛群岛、琉球群岛、菲律宾群岛等。

大洋盆地是海洋的主体，约占海洋面积的45%。其中主要部分是水深在4000~5000米的开阔水域，称为深海盆地（图1-4）。一般坡度小于1/1000，甚至小于1/10000。平均深度达4877米。大洋盆地中还有一些开阔的海底高原和长条状隆起的海岭。

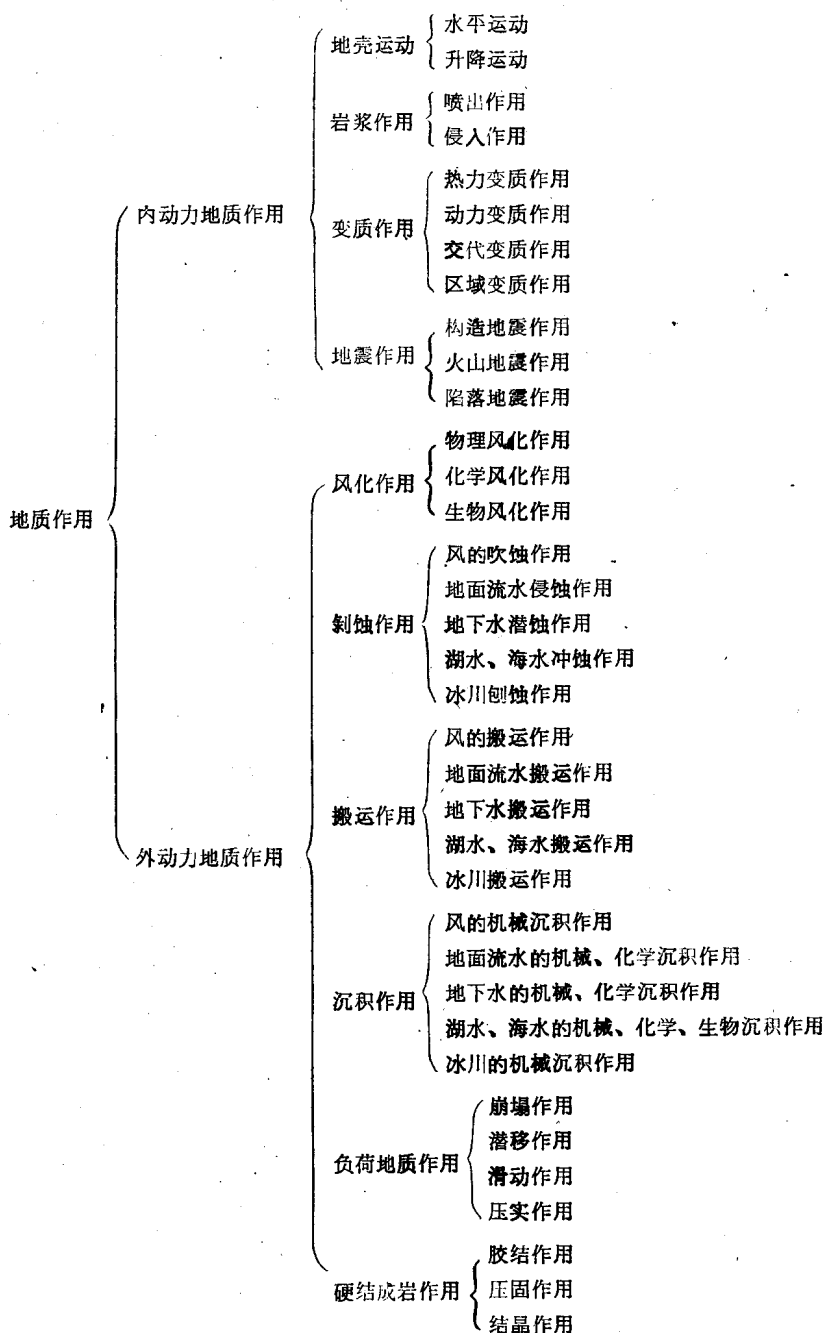
我国海岸线漫长，大陆架面积辽阔，有渤海、黄海、东海和南海等海域及所属岛屿，在它们底下堆积着巨厚的沉积岩层，蕴藏着丰富的石油及天然气资源，是我国重要的含油气区。

从以上我们知道地壳表面形态是非常复杂的，那么，是什么力量把地壳表面塑造成崎岖复杂、千姿百态、雄伟壮观的地形呢？这主要就是地质作用。

四、地质作用

在地球漫长的发展过程中，地壳每时每刻都处于不休止的运动和变化之中，如高山夷为平地，沧海变桑田，山崩、地裂、洪水、火山、地震等等都是我们熟知并且能感受到的运动和变化，有些我们虽然感受不到，但实际上变化和发展却从来就未停止过。这种引起地壳物质组成、内部结构和地表形态变化与发展的作用，通称为地质作用。地质作用包括外动力地质作用和内动力地质作用。外动力地质作用是地球以外的能，其中主要包括太阳辐射能、日月引力能等。这些能量引起温度、空气、风、雨水、河流、地下水、生物的活动和变化，从

表1-2 地质作用分类表



而改变地表的面貌，使地壳表层化学元素发生迁移、分散和富集，如风化、剥蚀、沉积、搬运等作用。内动力地质作用是地球内部的能，其中主要是地球自转的旋转能、重力能和热能等。这些能量引起整个地壳物质成分、地壳内部结构以及地表形态发生变化，如地壳运动、岩浆作用、地震作用和变质作用等。地质作用的分类见表 1-2。

内动力地质作用与外动力地质作用的关系非常密切，它们是互相联系又互相矛盾的。内力与外力始终处在对立统一的发展过程中，它们相互依存和相互斗争，长期反复进行的结果，推动了地球的变化和发展。内力地质作用引起地壳的升降，形成高山、深谷，改变海陆的分布，同时导致气候、环境、生物的改变，影响到外动力地质作用。而外动力地质作用则将高山夷为平地，把深谷填平，一方面高山上的矿物和岩石受到风化剥蚀而破坏，另一方面被破坏的物质搬运到低地堆积起来又形成新的矿物和岩石。各种地质作用既有破坏性，又有建设性，它们在破坏中进行建设，同时在学习中又有破坏。一般地说，内动力地质作用对地壳的发展起着主导作用，但在一定条件下，外动力地质作用又可以反过来影响内动力地质作用。

第三节 地壳的化学组成

地壳是由各种化学元素组成的。组成地壳的化学元素几乎包括了元素周期表中的所有元素。目前已发现有 100 多种，其中少数几种元素相对地集中。如氧、硅、铝等十种元素即占地壳总重量的 99.96%，其余近百种元素重量的总和不到地壳总重量的千分之一。地壳中主要元素的重量百分比见表 1-3。

由表 1-3 可见，各种化学元素在地壳中分布极不均匀，相对含量相差很大，不仅在总的数量上不平衡，而且同一种元素在地壳中的不同地区和不同深度上分布也是不均匀的。一般来说，地壳上部以 O、Si、Al 为主，Ca、Na、K 也较多，地壳下部仍以 O、Si 为主，Mg、Fe 相应增多。同一种元素有的地方分布比较分散，有的地方相对集中，而相对集中的地方往往富集成矿，如石油、金矿、银矿、铜矿以及铁矿等。地壳中的化学元素除少数呈自然元素外，一般都以化合物的形式出现，尤以氧化物最为常见。这些天然产出的自然元素和化合物，统称为矿物。

表 1-3 地壳中主要元素的重量百分比

元 素	克 拉 克 值 ^① , %
氧 (O)	46.95
硅 (Si)	27.88
铝 (Al)	8.13
铁 (Fe)	5.17
钙 (Ca)	3.65
钠 (Na)	2.78
钾 (K)	2.58
镁 (Mg)	2.06
氢 (H)	0.14
钛 (Ti)	0.62

〔转引自《动力地质学原理》成都地质学院 1978《科学美国人 (Scientific American)》1970 年 9 月号〕

①克拉克值：指各种元素在地壳中含量的百分比。

第四节 地壳的矿物组成

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。目前发现的矿物有三千多种，被利用的只有二百多种。在自然界中，矿物大部分呈固态，少数呈液态和气态，如石油、天然气等。矿物在地壳中分布甚广，常见的如方解石、石英、云母、长石、黄铁矿等

等。常见的矿物不过几十种，但数量极大，为组成岩石的主要矿物成分。固体矿物按其内部构造可分为结晶质矿物和非晶质矿物。结晶质矿物是指矿物不仅具有一定的化学成分，而且组成矿物的质点（原子或离子）按一定的方式作规则排列，具一定的结晶构造。如岩盐是由钠离子和氯离子按立方格子式排列（图1-5）。非晶质矿物是指组成矿物的内部质点排列不规则，如蛋白石（ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）等。自然界中绝大多数矿物是结晶质的。

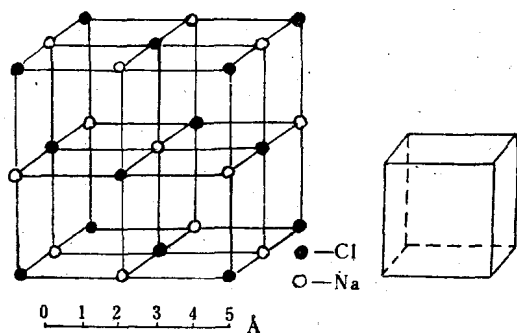


图1-5 岩盐的内部构造和晶体

石油和天然气储集在岩石中，而研究岩石必须识别矿物，因为岩石是由各种矿物组成的。在钻井地质工作中常常通过矿物的形态和物理化学性质来识别矿物，由于矿物具有一定的化学成分和结晶构造，就决定了它们具有一定的形态特征和物理化学性质。

二、矿物的形态

不同的矿物常具有不同的形态和特征，这是依据形态和特征识别矿物的一个基本准则。另一方面，同一种矿物，在不同的地质条件下，又常常具有不同的形态。

矿物的形态，包括矿物单体和集合体，自然界中矿物一部分呈单体出现，但是矿物大多数是以集合体的形式出现的。集合体是由许多较小的单体聚集在一起的整体。对于晶质矿物来说，以矿物的单体形态做基础。

（一）矿物的单体

矿物的单体根据晶体在空间三个方向上发育的程度，一般分为三类：

1. 一向延长的 包括柱状、棒状、针状、纤维状、毛发状等。如柱状的绿柱石、锥状的锆石（图1-6）。
2. 二向延长的 包括板状、片状、鳞片状等，如板状的石膏、板钛矿及片状的云母等（图1-7）。
3. 三向延长的 包括等轴状、粒状等。如立方体形态的黄铁矿，菱形十二面体形态的白榴子石等（图1-8）。

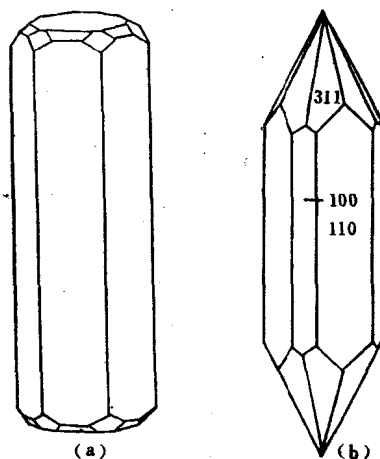


图1-6 矿物的外形（一向延长）
(a) — 绿柱石； (b) — 锆石

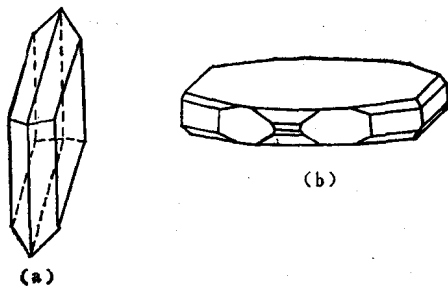


图1-7 矿物的外形（二向延长）
(a) — 石膏； (b) — 板钛矿； (c) — 云母

(二) 矿物集合体

矿物的集合体包括两类：

1. 显晶集合体

用放大镜可以分辨出各个矿物颗粒界限的，叫做显晶集合体，其又包括以下几种：

粒状集合体：由各方向发育大致相等的颗粒组成，如大理岩中的方解石；鳞片状集合体：颗粒呈片状，如层解石（方解石异种）；如果颗粒具有沿一向伸长的形状，则按其粗细和排列情况，分别叫做柱状、针状、纤维状及放射状集合体等等（图1-9a、b、c）。如果一群发育完整的晶体，一端固着在共同的基底上，而另一端向空间自由发育，则称晶簇（图1-9d）。

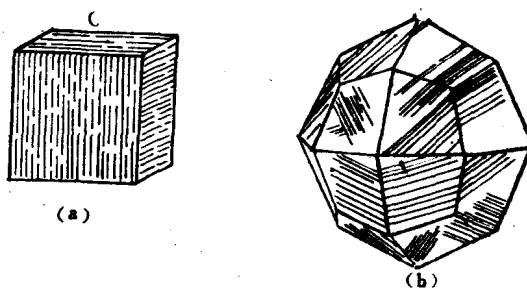


图 1-8 矿物的外形（三向延长）

(a) — 黄铁矿；(b) — 白榴子石

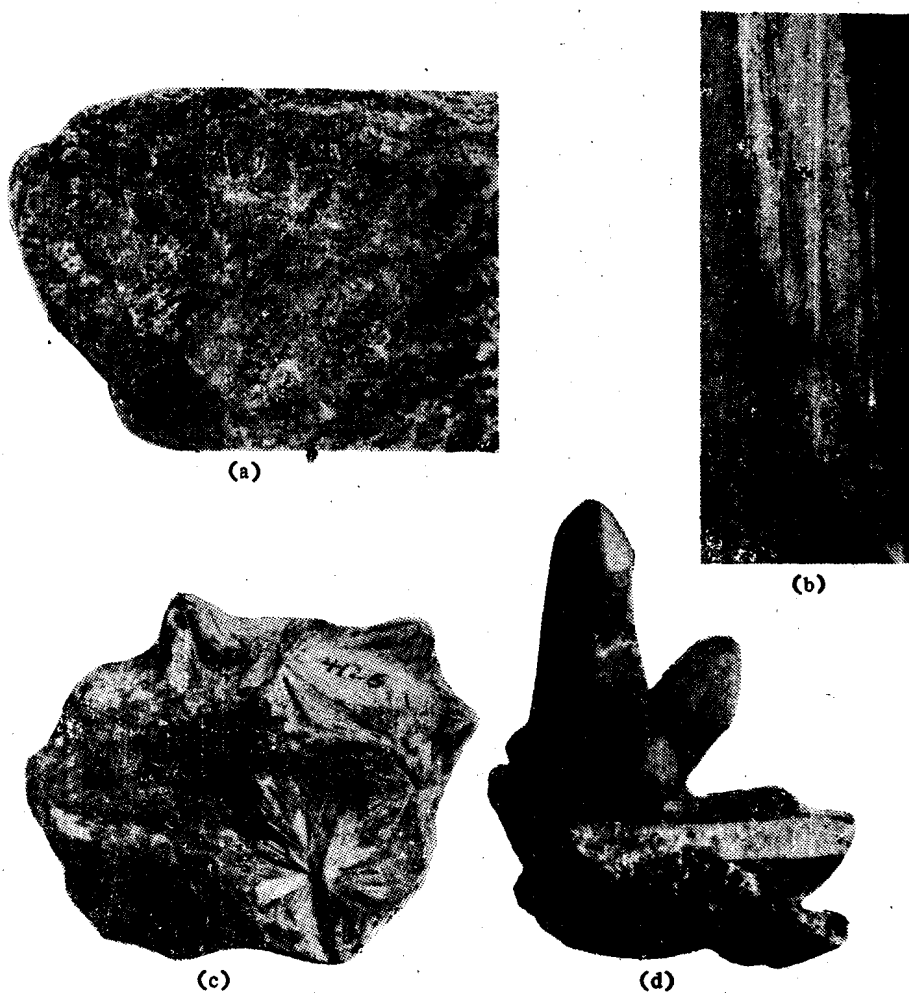


图 1-9 显晶集合体

(a) — 针状；(b) — 纤维状；(c) — 放射状；(d) — 晶簇

2. 隐晶及胶态集合体

这类矿物集合体的外貌，常为鲕状、豆状、结核状（如黄铁矿）、肾状、葡萄状（葡萄石的葡萄状集合体）和钟乳状（钟乳石的钟乳状集合体）等（图1-10a~d），它们的内部常呈环带状，有时可具放射状构造，如孔雀石、褐铁矿、玛瑙等属此类。

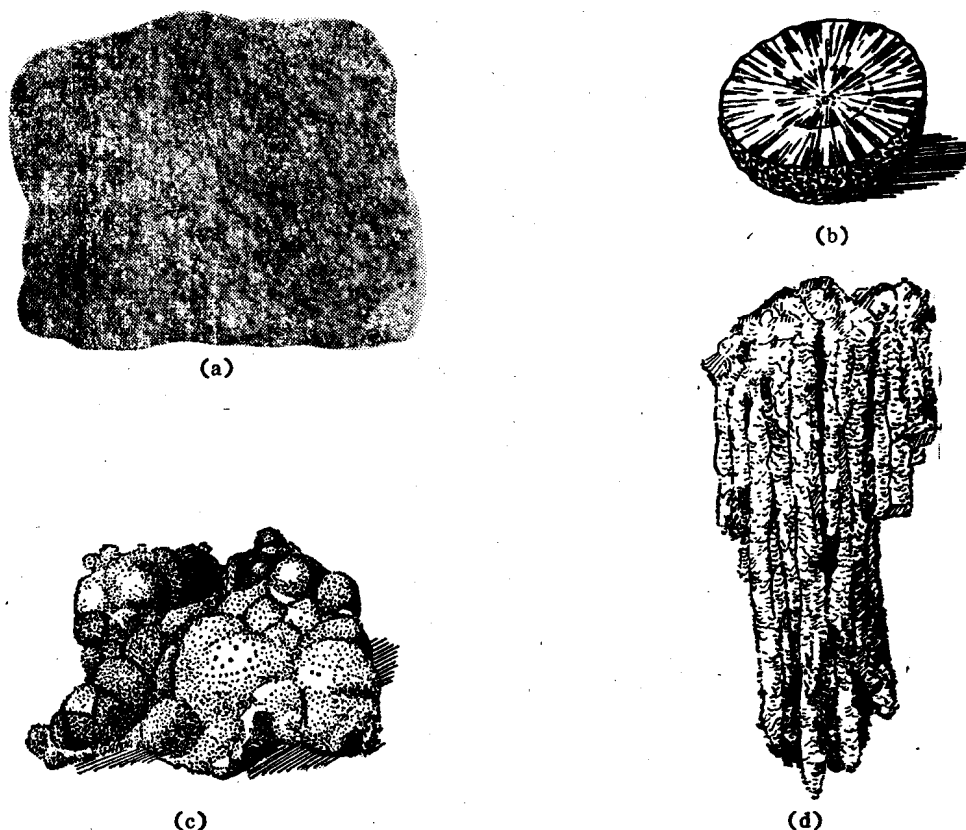


图 1-10 隐晶及胶态集合体

(a) — 鲕状，(b) — 结核状，(c) — 葡萄状，(d) — 钟乳状

在实际工作中，根据矿物的形态可以鉴别一部分矿物，但是必须注意，结晶完好的矿物可能由于地质作用，或由于在钻井过程被破碎等种种因素的影响而失去本来面目，不易辨认，因此还必须根据矿物的其他物理性质综合判断，才能准确鉴定。

三、矿物的物理性质

矿物的物理性质是鉴定矿物的主要根据。决定矿物各种物理性质的根本因素是矿物的化学成分和它的晶体结构。成分和结构不相同的矿物，则它们的物理性质不同，这是我们根据各种物理性质鉴定矿物的基本依据。

矿物的物理性质，包括光学、力学、磁学等方面的性质，本节仅介绍目力可辨的一些性质。

(一) 矿物的光学性质

矿物的光学性质包括：颜色、条痕、光泽和透明度。

1. 颜色及条痕

各种矿物都有一定的颜色，如方解石为白色，石英常为白色或无色，黄铜矿为浅黄铜色，海绿石为绿色等。矿物的颜色是最明显、最直观的物理性质，故在鉴别矿物方面，颜色

具有重要的实际意义。

根据矿物颜色产生的原因，可分为自色、他色和假色三种。

自色 即矿物自身所固有的颜色。对同一种矿物来说，一般是比较固定的，如方铅矿呈铅灰色，孔雀石呈翠绿色等。自色主要是与矿物成分中某些色素离子的存在有关。

他色 是指矿物因含外来带色杂质（一般也与色素离子有关）而引起的颜色，如石英常由于不同的带色的机械混入物而使之呈紫色、玫瑰色、烟灰色和黑色等。对有些他色常比较固定的矿物，还是有鉴定意义的。

假色 由某些物理因素引起的呈色现象，叫假色。如黄铁矿表面因氧化薄膜所引起的锈色等。对个别矿物如斑铜矿，假色有鉴定意义。

由于受化学成分、内部结构的控制和外界条件的影响，矿物的颜色可能发生改变，因此，在鉴定矿物时应当认真分析原因，并注意观察矿物的新鲜面和矿物的条痕色。

条痕 指将矿物在白瓷板上刻划后所留痕迹的颜色。实际上条痕就是矿物粉末的颜色。它消除了假色，减低了他色，比矿物的颜色更为稳定，利用条痕来鉴定矿物，效果更好。如黄铁矿和黄铜矿，外表颜色近似，均为铜黄色，但黄铁矿的条痕为黑色，而黄铜矿的条痕为带绿的黑色，故根据条痕可以准确地区别它们。

2. 透明度

矿物透光能力的大小，称为矿物的透明度。它取决于矿物对光的吸收率和厚度。按透光的程度，可将矿物的透明度分为透明、半透明和不透明三级。当矿物相当厚且呈块体仍透光称为透明；若仅矿物边缘薄的地方透光，称为半透明；若薄处也不透光，称为不透明。金属矿物对光吸收率高，一般都不透明，如磁铁矿、黄铁矿等；非金属矿物吸收率低，一般都是透明的，但透明程度则随矿物不同而异，如石英、长石等。

3. 光泽

矿物表面反光的能力称为光泽。由于矿物反光能力强弱不同，因而不同的矿物常呈不同的光泽。据光泽的强弱分为如下几种光泽：

(1) **金属光泽** 这种光泽最强，灿烂夺目，如黄铁矿、黄铜矿等，多数金属都具此种光泽。

(2) **非金属光泽** 又分为：

金刚光泽 以金刚石为典型代表所具有的光泽，此光泽较强。

玻璃光泽 与玻璃相同的光泽。一般为透明矿物所特有，如石英、长石、方解石等。

油脂光泽 似油脂或树脂的光泽，如石英断口的光泽。

珍珠光泽 矿物薄层间夹有空气，产生内反射形成的光泽，象珍珠的光泽一样，如白云母、滑石的光泽。

丝绢光泽 纤维状集合体常呈丝绢光泽，如石棉、纤维石膏等。

角质光泽 矿物表面微显亮光，似牛角表面上的光泽一样，如燧石。

土状光泽 光泽暗淡，象高岭土、白垩土等土状矿物的光泽。

(3) **半金属光泽** 介于金属光泽与非金属光泽之间的光泽，反射光泽较金属光泽弱，如磁铁矿、钛铁矿等。

综上所述，可将矿物的颜色、条痕、光泽和透明度之间的关系，列成下表：

(二) 矿物的力学性质

包括解理、断口、硬度。

表1-4 矿物各种光学性质之间的关系

颜 色	无 色 或 白 色	浅 色	深 色	金 属 色
条 痕	无 色 或 白 色	无 色 或 白 色	浅 色 或 彩 色	深 色 或 金 属 色
光 泽	玻 璃 —— 金 刚		半 金 属	金 属
透 明 度	透 明	半 透 明	不 透 明	

1. 解理与断口

结晶矿物受力后，常沿一定方向裂开成光滑面的性质称为解理。裂开的光滑面叫解理面。按解理产生的难易程度分为五级：

极完全解理 极易裂成薄片，解理面大而平坦，极光滑，如云母、石墨的解理(图1-11 a)。

完全解理 用锤击之，很易沿一定方向裂开成规则小块，解理面平整光滑，如方解石、石盐(图1-11 b)。

中等解理 矿物碎块上局部可见解理面，但远不及前两种解理清晰，解理面和断口同时出现，如长石。

不完全解理 解理不显著，解理面难出现，且不清楚，常出现平整断口，如磷灰石。

极不完全解理 无解理，断口显著，如石英，其解理极不完全，常具贝壳状断口(图1-11 c)。

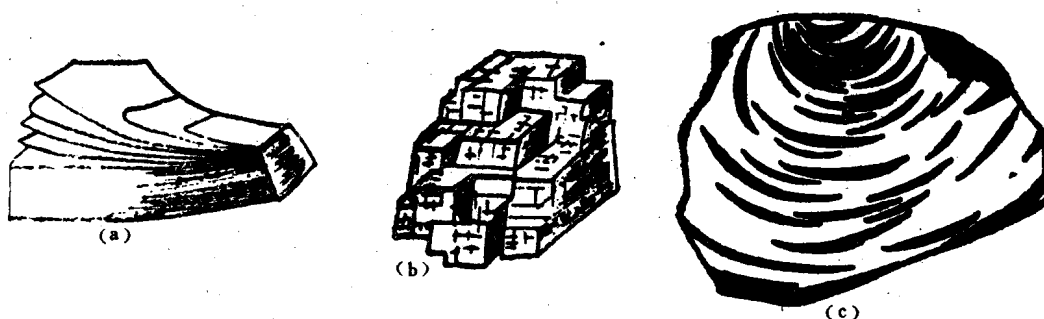


图1-11 矿物的解理

(a) 一级完全解理， (b) 一完全解理， (c) 一级不完全解理

断口指受力后不沿一定方向裂开，而破裂成为不平的破裂面。

解理与断口是相互矛盾的，解理愈完全，断口愈难出现；解理愈不完全，断口愈易出现。

常见断口有平坦状、参差状、贝壳状(图1-11 c)等。

2. 硬度

矿物抵抗外力刻划或摩擦的能力称为硬度。在实际工作中，通常选用下列十种矿物作标准，确定其相对硬度(表1-5)。

在实际工作中，常用指甲(二度左右)、小钢刀或玻璃(五度左右)和石英(七度)作

简易鉴定,更为方便。刻划时,必须选择矿物的新鲜面,否则容易失真。

表1-5 矿物的相对硬度

硬 度	一 度	二 度	三 度	四 度	五 度	六 度	七 度	八 度	九 度	十 度
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

(三) 矿物的其他物理性质

包括比重、磁性、发光性等,此仅讨论比重。

矿物的比重指矿物的重量与4℃时同体积水的重量比。矿物的比重主要决定于它的化学成分和晶体结构。一般说来随原子量增加,则矿物的比重加大;在原子量和原子半径相同或相近的情况下,矿物结构越紧密的其比重也越高。矿物的比重相差很大,从小于1至23。通常把比重小于2.5的矿物称为轻矿物,如石墨等;比重介于2.5~4的矿物称为中等比重矿物,如方解石等;比重在4以上的矿物称为重矿物,如重晶石等。绝大多数矿物的比重在2.5~4之间。主要的造岩矿物多为轻矿物,如石英、长石、方解石、白云石和粘土矿物等。

在鉴定矿物时,要注意由于各种原因矿物的每一种物理性质和形态不一定都表现得很明显,因此,必须抓住其主要特征并结合其他特征进行综合考虑。

四、矿物的分类

根据矿物的化学成分和内部结构,将矿物归纳为五大类:

(一) 天然元素类

属单质矿物,该类矿物在地壳中已发现有30余种,它们占地壳重量的0.1%,对工业有重要意义的有自然硫(S)、水银(Hg)、石墨(C)、金刚石(C)、金(Au)等。

(二) 硫化物类

这类主要包括金属的硫化物、碘化物、砷化物、锑化物等,以硫化物为最多。这类矿物有200余种,占地壳重量的0.15%,分布虽少,但经济价值高。除硫化氢为气体外,其他都是固体。常见的矿物有黄铁矿(FeS_2)、方铅矿(PbS)等。此类矿物常成为重要的金属矿。

(三) 氧化物和氢氧化物类

包括金属和非金属元素与氧和氢氧根组成的简单化合物。这类矿物有200余种,占地壳总重量的17%,分布较广。常见的有石英(SiO_2)、赤铁矿(Fe_2O_3)、磁铁矿(Fe_3O_4)、氢氧化物如褐铁矿($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)等。

(四) 卤化物类

氟、氯、溴、碘四种元素称为卤族,凡与卤族化合而成的矿物叫卤化物矿物。常见的如岩盐(NaCl)、钾盐(KCl)、萤石(CaF_2)等。

(五) 含氧酸盐类

由含有氧的酸根,如 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 、 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 、 $[\text{SO}_4]^{2-}$ ……等所形成的盐类。包括硅酸盐矿物、碳酸盐矿、硫酸盐矿物等。这类矿物种类多,分布最广。其中硅酸盐矿物占地壳重量的75%,为主要的造岩矿物,这类矿物均呈固态,常见的有方解石、白云石、重晶石、石膏、云母、长石、海绿石、高岭石等。

五、常见矿物的特征

在此仅把钻井过程中常见的一些矿物的特征列于表1-6。