

职业技能培训教程与鉴定试题集

ZHIYEJINENGPEIXUNJIAOCHENGYUJIANDINGSHITIJ

# 注 聚 工

Z H U J U G O N G

(教 程)

中国石油天然气集团公司人事服务中心 编



石油工业出版社

PETROLEUM INDUSTRY PRESS

职业技能培训教程与鉴定试题集

# 注 聚 工

(教程)

中国石油天然气集团公司人事服务中心 编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书是由中国石油天然气集团公司人事服务中心统一组织编写的《职业技能培训教程与鉴定试题集》中的一本。本书包含注聚工应掌握的基础知识、专业知识和相关知识,是注聚工职业技能培训的必备用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

注聚工(教程)/中国石油天然气集团公司人事服务中心编.  
北京:石油工业出版社,2008.9

(职业技能培训教程与鉴定试题集)

ISBN 978-7-5021-5844-6

I. 注…

II. 中…

III. 高聚物-化学驱油-技术培训-教材

IV. TE357.46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 143255 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

发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技有限公司

印 刷:石油工业出版社印刷厂

---

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:28.25

字数:718 千字 印数:1—2000 册

---

定价:38.00 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

# 《职业技能培训教程与鉴定试题集》

## 编审委员会

主 任：孙祖岭

副主任：刘志华 孙金瑜 徐新福

委 员：向守源 任一村 职丽枫 朱长根 郭向东  
李钟磬 史殿华 马 富 关昱华 郭学柱  
李爱民 刘文玉 熊术学 齐爱国 刘振勇  
王家夫 刘瑞善 丁传峰 乔庆恩 申 泽  
刘晓华 何坤琦 阿不都·热西提 郭 建  
王阳福 郑兴华 赵忠文 刘孝祖 时万兴  
王 成 商桂秋 赵 华 杨诗华 刘怀忠  
杨静芬 纪安德 杨明亮 刘绍胜 姚 斌  
何 明 范积田 胡友斌 多明轩 李 明  
蔡新疆

# 前 言

为提高石油工人队伍素质,满足职工培训、鉴定的需要,中国石油天然气集团公司人事服务中心组织编写了第一批 44 个石油天然气特有工种的培训教程与鉴定试题集后,又组织编写了第二、第三批 106 个工种的职业技能鉴定试题集,并分别由石油工业出版社和石油大学出版社出版。根据企业组织工人进行培训和职工学习技术的需要,我们在第二、三批题库的基础上,又组织编写了第二批 32 个工种的职业技能培训教程。

本批教程只编写基础知识、专业知识和相关知识,内容、范围与题库基本一致,不分级别,与已出版的第二、三批试题集配套使用,便于组织工人进行鉴定前的培训。由于在公开印刷发行的试题集中,只选取了题库中的部分试题,因此本批教程对于工人学习技术、提高知识技能将起到应有的作用。

《注聚工》由中国石油大庆职业技能鉴定中心组织编写,主编为白云、赵长武。参加编写的人员有赵淑文、王焱、吴桂艳、刘冬、陈伶俐、葛少杰、杨春霞、张胜云。其中赵长武、赵淑文、王焱编写基础知识部分,吴桂艳、白云、刘冬、陈伶俐、葛少杰编写专业知识部分,杨春霞、张胜云编写相关知识部分。参加审定的人员有大庆油田黄德斌、陶兴明、李华俊,胜利油田张丰亮、周德刚。在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和错误,恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2008 年 3 月

# 目 录

## 第一部分 基础知识

|                     |      |
|---------------------|------|
| 第一章 石油地质知识 .....    | (1)  |
| 第一节 石油地质基础知识 .....  | (1)  |
| 第二节 油气渗流基础知识 .....  | (38) |
| 第三节 动态分析基础知识 .....  | (41) |
| 第二章 石油工程 .....      | (58) |
| 第一节 油气特性与驱动方式 ..... | (58) |
| 第二节 油水井基础知识 .....   | (64) |
| 第三节 集输基础知识 .....    | (72) |
| 第四节 井下作业基础知识 .....  | (81) |
| 第五节 化学调剖 .....      | (97) |

## 第二部分 专业知识

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 第一章 三次采油技术 .....          | (107) |
| 第一节 三次采油概论 .....          | (107) |
| 第二节 热力采油法 .....           | (113) |
| 第三节 化学驱采油 .....           | (117) |
| 第四节 气体混相与非混相驱油方法 .....    | (133) |
| 第五节 微生物提高原油采收率 .....      | (136) |
| 第二章 聚合物驱油基本知识 .....       | (142) |
| 第一节 聚合物 .....             | (142) |
| 第二节 聚合物的工艺生产方法 .....      | (150) |
| 第三节 聚合物驱油基本原理 .....       | (152) |
| 第四节 适合聚合物驱油的油藏条件 .....    | (180) |
| 第五节 聚合物的降解和防护 .....       | (187) |
| 第三章 聚合物驱油地面工艺技术 .....     | (207) |
| 第一节 聚合物驱油对地面工艺的基本要求 ..... | (207) |
| 第二节 聚合物驱油地面注入工艺流程 .....   | (213) |
| 第三节 聚合物分散装置 .....         | (217) |

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| 第四节 聚合物驱油地面工程设计的原则和过程 .....      | (226)        |
| <b>第四章 聚合物驱油注入和举升工艺 .....</b>    | <b>(227)</b> |
| 第一节 注入井完井工艺 .....                | (227)        |
| 第二节 注入井管柱 .....                  | (229)        |
| 第三节 分层注入工艺 .....                 | (231)        |
| 第四节 电泵井采油 .....                  | (234)        |
| 第五节 抽油机采油 .....                  | (236)        |
| 第六节 螺杆泵采油 .....                  | (238)        |
| <b>第五章 注入站主要设备 .....</b>         | <b>(248)</b> |
| 第一节 柱塞泵 .....                    | (248)        |
| 第二节 聚合物注入泵 .....                 | (257)        |
| 第三节 缓冲器 .....                    | (265)        |
| 第四节 静态混合器 .....                  | (269)        |
| 第五节 安全阀 .....                    | (273)        |
| <b>第六章 注入站辅助设备 .....</b>         | <b>(279)</b> |
| 第一节 螺杆泵 .....                    | (279)        |
| 第二节 计量泵 .....                    | (287)        |
| 第三节 低剪切取样器 .....                 | (289)        |
| 第四节 过滤器 .....                    | (292)        |
| 第五节 搅拌器 .....                    | (294)        |
| 第六节 离心泵 .....                    | (297)        |
| <b>第七章 自动控制及仪表设备 .....</b>       | <b>(308)</b> |
| 第一节 电磁流量计 .....                  | (308)        |
| 第二节 可拆卸式流量计 .....                | (313)        |
| 第三节 压力检测仪表 .....                 | (316)        |
| 第四节 物位检测 .....                   | (319)        |
| <b>第八章 聚合物驱油化验检测 .....</b>       | <b>(323)</b> |
| 第一节 化验基础知识 .....                 | (323)        |
| 第二节 聚合物溶液的检测 .....               | (342)        |
| 第三节 聚合物化验仪器的使用方法 .....           | (346)        |
| 第四节 聚合物注入用水的检测 .....             | (354)        |
| 第五节 化验安全知识 .....                 | (362)        |
| <b>第九章 聚合物注入站系统管理及资料录取 .....</b> | <b>(366)</b> |
| 第一节 聚合物注入站的管理 .....              | (366)        |
| 第二节 聚合物注入井管理要求 .....             | (375)        |
| 第三节 聚合物注入站、注入井资料录取规定 .....       | (377)        |

## 第三部分 相关知识

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>第一章 腐蚀与防腐</b> .....     | (379) |
| 第一节 金属腐蚀的基本原理 .....        | (379) |
| 第二节 管道外壁防腐涂层 .....         | (388) |
| <b>第二章 安全生产及劳动保护</b> ..... | (398) |
| 第一节 安全生产及防护基本知识 .....      | (398) |
| 第二节 防火防爆基础知识 .....         | (407) |
| 第三节 电气安全管理 .....           | (420) |
| 第四节 生产环境中的生产性有害因素 .....    | (423) |
| 第五节 消防安全管理 .....           | (426) |
| 第六节 企业质量标准及班组管理 .....      | (431) |
| <b>参考文献</b> .....          | (442) |

# 第一部分 基础知识

## 第一章 石油地质知识

石油地质基础知识是注聚工认识地下和了解油田开发的基础,真正了解这一部分知识才能更好地平稳有效的注聚,使油田得到较好的开发效果。

### 第一节 石油地质基础知识

#### 一、地壳及其组成

石油和天然气都埋藏在地下不同深度的岩石之中,尽管埋藏深度相差很大,浅者几十米(有的地方出露地表),深者数千米,但都在地壳的范围之内。因此,地壳是石油地质工作者研究的主要对象,是寻找油、气田的场所。

##### (一)地球的组成

地球是太阳系中的一个行星,太阳系又是宇宙空间的一部分。根据铅、铀同位素衰变规律计算,地球年龄约为 45.6 亿年。

地球是一个椭圆形球体。地球的赤道半径为 6378.140km,两极半径为 6356.755km,平均半径为 6371.004km,由此计算地球扁率为 0.0033528,表面积为  $510064421.9\text{km}^2$ ,体积为  $108320690000\text{km}^3$ 。

地球是由大气圈、水圈(生物圈)、岩石圈和地球内部构造组成的。从岩石圈表面(或地球表面)到地球的核心又可分为三部分:地壳、地幔、地核。地壳是从地面以下至 35km 处,地幔从 35km 处至 2900km 处,地核是从 2900km 处至核心。

##### (二)地壳的化学组成

地壳是由各种化学元素组成的,目前已经发现的化学元素就有 100 余种。国际上把各种元素在地壳中的含量百分比称为克拉克值,亦简称克拉克。地壳中主要元素克拉克值见表 1-1-1。

表 1-1-1 地壳中主要元素克拉克值

| 元 素   | 克拉克值   | 元 素   | 克拉克值  |
|-------|--------|-------|-------|
| 氧(O)  | 46.95% | 钠(Na) | 2.78% |
| 硅(Si) | 27.88% | 钾(K)  | 2.58% |
| 铝(Al) | 8.13%  | 镁(Mg) | 2.06% |
| 铁(Fe) | 5.17%  | 氢(H)  | 0.14% |
| 钙(Ca) | 3.65%  | 钛(Ti) | 0.62% |

表 1-1-1 中 10 种元素占地壳总质量的 99.96%，其余近百种元素不足地壳总质量的千分之一。

### (三) 矿物

矿物就是地壳中的元素在各种地质作用下所形成的自然产物。它具有一定的化学成分、物理和化学性质，以及比较均匀的内部构造。

#### 1. 矿物的组成

矿物是组成地壳的基本物质之一，可以用化学式写出它的成分。自然界中的矿物绝大部分呈固态，少数呈液态和气态。目前已经发现的矿物约有 3000 余种，一般常见的矿物有：石墨(C)、方铅矿( $\text{PbS}$ )、黄铜矿( $\text{CuFeS}_2$ )、黄铁矿( $\text{FeS}_2$ )、磁铁矿( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )、方解石( $\text{CaCO}_3$ )、白云石 $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ 、石英( $\text{SiO}_2$ )、赤铁矿( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、软锰矿( $\text{MnO}_2$ )、铝土矿( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )、磷灰石 $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl} \cdots)$ 、石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )、橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ 、石榴子石 $(\text{Ca}, \text{Mg})_3(\text{Al}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]_3$ 、普通角闪石、滑石、黑云母、白云母、正长石、斜长石等。

#### 2. 矿物的主要物理性质

##### 1) 颜色

每种矿物都有一定的颜色，如石英为白色或无色，方解石为白色，黄铜矿为浅黄铜色，方铅矿为灰色。颜色也是鉴别矿物的依据之一。

颜色有自色、他色、假色之分。矿物在化学成分、内部结构等因素的影响下所呈现的颜色为自色；当矿物内部含有杂质时，所呈现的颜色为他色，如方解石可为黑色，石英可为紫色、黄色、黑色；当矿物内部产生裂缝或受风化后，所呈现的颜色为假色，如黄铁矿表面氧化后变为褐色。自色反映了矿物的内在特征，对鉴别矿物有更大的意义。在鉴定矿物时，为了区别是否是假色，应当观察矿物的新鲜面或观察矿物的条痕。

##### 2) 条痕

把矿物在条痕板(粗白瓷板)上刻划后，所留痕迹的颜色称为条痕。条痕实际上就是矿物粉末的颜色。它可以消除一些影响颜色的因素，所反映的颜色比较稳定。利用它识别矿物，效果更好。

##### 3) 光泽

矿物表面反光的能力称为光泽。矿物反光的能力有强有弱，因而不同的矿物，常呈现不同的光泽。根据光泽的强弱可分为：

金属光泽：反射光最强，耀眼夺目，如黄铁矿。多数金属矿物都具有这种光泽。

半金属光泽：反射光较金属光泽弱，如赤铁矿。

金刚光泽：以金刚石为典型代表所具有的光泽。

玻璃光泽：像玻璃一样的光泽，一般为透明矿物所特有，如石英、长石、方解石。

一般将金刚光泽、玻璃光泽合称为非金属光泽。

此外，还有以下几种较特殊的光泽：

珍珠光泽：矿物薄层间夹有空气，产生内反射形成，以白云母的光泽为代表。

油脂光泽：类似油脂或树脂的光泽，如磷灰石的光泽。

丝绢光泽：像丝一样的光泽，纤维状的矿物，如石棉就是丝绢光泽。

##### 4) 透明度

矿物透过光线的能力称为透明度。矿物透光的能力是不一样的，通常将矿物分为透明、半透明、不透明三类。由于矿物的透明度与标本的厚度有密切关系，观察时应当注意厚度的影

响。如果矿物具有相当厚度,仍可透视物体,便可称为透明;若只有矿物的边缘薄的地方可透过光线称为半透明;若薄的地方也不透光,则称为不透明。

5)解理

矿物受力后,沿一定结晶方向产生光滑平面的能力称为解理。裂开的光滑平面就是解理面。按解理面的平滑程度与产生的难易,将解理分为:

极完全解理:可将矿物剥成薄片,解理面完整、平滑,如云母。

完全解理:矿物易沿解理面裂开成小块,解理面平滑,如方解石。

中等解理:矿物碎块上局部可见解理面,但已远不如前两种解理清晰,如长石。

不完全解理:解理面难发现,如磷灰石。

6)断口

矿物受力后裂开,无一定方向,而且产生不平滑的破裂面,这就是断口。解理与断口是矛盾的。解理越完全,断口就不易出现;反之,解理越不完全,断口也就越易出现。

常见断口有平坦状、参差状、贝壳状等。

7)硬度

矿物抵抗外力刻划或摩擦的能力称为硬度。硬度的准确数字必须经专门仪器测定,这在现场工作中既不方便,又无必要。为了工作方便,通常选用下列 10 种矿物作标准,便可确定矿物的相对硬度,见表 1-1-2。

表 1-1-2 矿物相对硬度

| 硬度 | 1  | 2  | 3   | 4  | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 10  |
|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 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 |

8)相对密度

矿物的密度与 4℃ 水的密度的比值称为该矿物的相对密度。由于矿物的化学成分和内部构造各不相同,矿物的相对密度相差较大,可由小于 1 至大到 23。通常把相对密度小于 2.8 ~ 2.9 的矿物称为轻矿物,相对密度大于 2.8 ~ 2.9 的矿物称为重矿物。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。

(四)地壳的岩石组成

地壳是由各种不同的岩石组成的。按照成因不同,岩石可分为岩浆岩、变质岩和沉积岩三大类。

沉积岩主要分布于地壳最表层。从地表到地下 2km 范围内,沉积岩约占 75%,岩浆岩和变质岩约占 25%。在从地表到地下 15km 范围内,则沉积岩只占 5%。石油主要是储存在沉积岩里。

1. 岩浆岩

岩浆是处于地壳深处的高温、高压并富含挥发组分(水和二氧化碳等)的复杂的硅酸盐熔融体。其组成的基本元素是 Si, Al, Ca, Na, K, Fe, Mg, H, O 等,其中最主要的成分是 SiO<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。此外,还含有 S, P, B, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, F, Cl 等气体和挥发性物质,以及各种金属硫化物和氧化物。熔岩流的地表温度在 1000℃ 以上。岩浆处于很深的地下,承受着巨大的压力,在地壳构造运动作用下,它可以沿着地壳裂隙或地壳薄弱带侵入地壳或喷出地表。在地表下温度降低后冷凝成的岩石称为岩浆岩,又称火成岩。喷出地表后冷凝形成的岩石称为喷出岩。

### 1) 岩浆岩的种类

组成岩浆岩的矿物种类很多,但最主要的矿物有:石英、长石、角闪石、辉石、橄榄石、云母等6种。前三者矿物中  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量高,颜色浅,称为浅色矿物;后三者矿物中  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  含量高,硅铝含量少,颜色深,称为暗色矿物。

各种岩浆岩因所含矿物及其比例不同,所以化学成分也有不同。一般按岩石中  $\text{SiO}_2$  的含量将其分为:酸性岩、中性岩、基性岩等几大类。

### 2) 岩浆岩的结构

岩浆岩由于形成环境不同,冷却速度有快有慢,因而组成岩石物质的结晶程度、晶粒大小各有不同。岩浆岩的结构是指岩石中矿物的形态、大小和结晶程度以及颗粒之间的关系。常见的结构有:

(1) 显晶质结构。岩石全部由结晶较大的矿物组成,肉眼或放大镜即可辨别,是岩浆在温度缓慢降低的情况下形成的,通常是侵入岩的结构特征,如花岗岩。

(2) 隐晶质结构。岩石致密状,全部由结晶微小的矿物组成,肉眼和放大镜下均看不见晶粒,只有在显微镜下可以辨认,是岩浆冷却凝固较快的情况下形成的,为喷出岩常见结构,如石英斑岩。

(3) 玻璃质结构。岩石几乎全部由非晶质矿物组成,具玻璃状,是岩浆喷出地表迅速冷却凝固而来不及结晶的情况下形成的,为喷出岩特有的结构,如黑曜岩。具有玻璃质结构的岩石,断面光滑,具玻璃光泽和贝壳状断口,有时似炉渣状。

(4) 等粒结构。岩石中矿物全部为结晶质粒状,同种主要矿物颗粒大小大致相等,是侵入岩常见的结构。

(5) 斑状结构。在玻璃质、隐晶质或细粒的基质中散布有较大且自形较好的晶体,这些晶体称为斑晶,是浅成岩或喷出岩的重要特征之一。

(6) 似斑状结构。类似斑状结构,但基质为一组粗粒,斑晶则由更大矿物包裹着,说明斑晶形成较晚,是深成岩和浅成岩所具有的特征。

### 3) 岩浆岩的构造

岩浆岩的构造是指岩石中不同矿物和其组成部分的空间排列与充填方式所反映出来的外貌特征。常见的构造有:

(1) 块状构造。组成岩石的矿物颗粒无一定排列方向和比较均匀的分布在岩石之中,是侵入岩具有的构造。

(2) 气孔和杏仁构造。岩石中分布着大小不同的圆形或椭圆形空洞,称为气孔构造。它是岩浆所含气体中,一些气体尚未逸散,温度迅速降低冷凝而成。若气孔被硅质、钙质等充填,则称为杏仁构造。这种构造为喷出岩所具有。

(3) 流纹构造。岩浆喷出地表后,一面流动一面凝固,因而形成许多流纹,称为流纹构造。这种构造仅出现于喷出岩中,如流纹岩具有典型的流纹构造。

结构和构造的特征反映了岩浆岩的生成环境,故它既是岩浆岩分类和鉴定的重要标志,也是研究岩浆作用方式的依据之一。

### 4) 常见的岩浆岩

(1) 橄榄岩。暗绿色或黑色,主要由橄榄石、辉石组成,其次为角闪石等,与橄榄石有关的矿产有镍、铬、钴、铂等。

(2) 玄武岩。黑灰绿、灰黑色,有时带紫红色,为典型的基性喷出岩,主要矿物成分为基性

斜长石、辉石、橄榄石等,具有隐晶、细晶或斑状结构,常具有气孔和杏仁构造。与玄武岩有关的矿产有铜、钴、铅、锌等。

(3)安山岩。深灰、紫色或绿色,主要矿物成分为斜长石、角闪石,无石英或极少石英,一般为斑状结构,有时具有杏仁或气孔构造。它是中性喷出岩的代表岩石,其分布仅次于玄武岩。世界著名墨西哥银就产于安山岩中,南斯拉夫—新型大铜矿也产于安山岩中。

(4)花岗岩。肉红、浅灰、灰白等色,主要由石英、长石组成,其次为黑云母、角闪石等。石英含量大于21%,中、粗等粒结构,块状构造。与花岗岩有关的矿产很多,如金。

## 2. 变质岩

变质岩是地壳中早期形成的岩石(岩浆岩、变质岩、沉积岩),由于地壳运动、岩浆活动等所造成的物理化学条件的变化,使其成分、结构、构造发生一系列改变,这种促使岩石发生改变的作用,称为变质作用。由变质作用形成的岩石称为变质岩,如大理岩是石灰岩变质而成。各种岩石都可以形成变质岩。由岩浆岩形成的变质岩称为正变质岩,由沉积岩形成的变质岩称为副变质岩。

变质岩的物质成分既有原岩成分,也有变质过程中新产生的成分,因此,变质岩的物质成分较复杂。就矿物成分而言,大致可分为两大类:一类是岩浆岩、沉积岩所具有的,如石英、长石、云母、角闪石、辉石等;另一类只能是在变质作用中产生而为变质岩特有的矿物,如石墨、滑石、蛇纹石、石榴子石、红柱石、矽灰石等称为变质矿物。

### 1) 变质岩的结构

变质岩是重结晶的岩石,由于其结构与岩浆岩相似,所以往往在结构命名上加变晶两字以示区别。变质岩中最常见的结构有:

(1)等粒变晶结构。矿物晶粒大小大致相等,多呈他形,互相镶嵌很紧,不具有定向排列,如大理岩、石英岩等。

(2)斑状变晶结构。与岩浆岩的斑状结构相似,在细粒的基质上分布着一些较大的晶体——变斑晶,如某些片麻岩和片岩常具有这种构造。

(3)变余结构。也是变质岩的最大特征之一,主要由于变质作用进行得不彻底的个别部分残留着原岩的结构。

(4)鳞片状变晶结构。片状矿物(云母、绿泥石等)平行排列,如各种片岩。

### 2) 变质岩的构造

变质岩的构造是指矿物排列的特点而言。除某些岩石外,大部分都具有特有的定向构造,因此是鉴别变质岩的重要根据。变质岩中常见的构造有:

(1)板状构造。岩石中矿物颗粒细小,肉眼不能分辨。它是由显微片状矿物平行排列而成,具有平整板状劈理的构造。沿着板面极易劈成薄片,这是板岩特有的构造。

(2)千枚构造。岩石中矿物颗粒细小,肉眼很难分辨。它是由隐晶质片状矿物平行排列而成的构造,可沿着矿物定向排列的方向劈成薄片状,具有丝绸光泽,有时可见细小的绢云母。这是千枚岩特有的构造。

(3)片状构造。这是变质岩中常见的构造。岩石由细粒到粗粒片状或柱状矿物(如云母、绿泥石、角闪石、滑石、石墨等)平行排列所成的薄层片状构造。这是片岩特有的构造。

(4)片麻状构造。岩石由结晶颗粒较粗大而颜色较浅的粒状矿物(如长石、石英)和片状矿物或柱状矿物(如黑云母、白云母、绢云母、绿泥石、角闪石等深色矿物)大致相间排列所形成的深浅色泽相间的断续的条带状构造。这是片麻岩特有的构造。

(5)块状构造。岩石中结晶的矿物颗粒无定向排列所表现的均一的构造。这是石英岩常见的构造。

### 3)常见的变质岩

(1)板岩。是泥质岩石经浅变质而形成的,主要矿物成分有绢云母、石英细粒、绿泥石和粘土矿物。板岩岩性均匀而致密,矿物颗粒很小,肉眼难以识别,具有板状构造、变余结构。颜色多种多样,有灰、黑、灰绿、紫、红等色,与页岩的区别是:页岩软,没有板状构造,打击时没有清脆之声。

(2)千枚岩。主要矿物成分为绢云母、石英、绿泥石等。颗粒很小,呈微鳞片状结构,具有千枚构造,片理呈丝绢光泽。颜色有红、灰、黄、绿、黑色等,由粘土岩、粉砂岩、凝灰岩变质而成。

千枚岩与片岩相似,但千枚岩颗粒很细,也就是重结晶程度较差。千枚岩与板岩也相似,但千枚岩有明显的丝绢光泽,并具有千枚构造,而缺少板状构造。

(3)片岩。是页岩经变质作用形成而具有片理状构造的岩石,具有变晶结构,主要由片状或柱状矿物(如云母、绿泥石、角闪石)和粒状矿物(如石英、长石、石榴子石,其中长石含量一般小于25%~30%)组成。根据矿物成分,片岩可分为几种:主要由云母矿物组成者,称为云母片岩;主要由绿泥石组成者,称为绿泥石片岩;主要由片状滑石组成者,称为滑石片岩;主要由鳞片状石墨组成者,称为石墨片岩等。

(4)片麻岩。是由已生成的岩石,经较深的变质作用而成,具有片麻状构造,晶粒较粗的变晶结构。主要矿物成分为长石、石英、云母、角闪石、辉石等。长石含量大于30%,其命名根据矿物成分而定,矿物成分相当于花岗岩的称为花岗片麻岩;相当于辉长岩的称为辉长片麻岩。

(5)大理岩。一般为白色,因含杂质可呈灰、绿、黄色等,是由碳酸盐岩(石灰岩、白云岩)在一定的温度与压力的影响下经重结晶作用变质而成,具有粒状变晶结构或变余结构,块状构造。随着变质程度的深浅不同,故晶粒可有粗细之分。此岩分布很广,以云南大理所产著名,称为大理岩。洁白的大理岩又称为汉白玉。

(6)石英岩。石英砂岩经变质作用,形成以 $\text{SiO}_2$ 为主要成分的致密坚硬的岩石,也可含少量的长石、白云母,具有变晶结构,块状构造。纯粹的石英岩,颜色洁白,若含有铁质氧化物,则常呈红色。石英岩与石英砂岩很难区别,前者坚硬致密,光泽较强,颗粒与胶结物之间无明显界限;而在石英砂岩断开面上,常可看出完整的砂粒。

### 3. 沉积岩

沉积岩是由各种地质作用所形成的沉积物组成的岩石。它是古老的岩石在地壳表面环境下遭风化剥蚀,再经搬运、沉积及成岩作用而形成的。

沉积岩分布面积广,约占地球表面的75%。其中蕴藏着丰富的矿产。石油和天然气就形成于沉积岩,而且绝大部分储存于沉积岩中。

#### 1)沉积岩的形成

沉积岩的形成一般可分为四个阶段:风化、搬运、沉积、成岩。

(1)风化。构成地壳的岩石暴露于地表,在大气、温度、水和生物等的影响下,使原来岩石的物理性质或化学成分发生改变,这种现象称为风化。引起岩石风化的地质作用称为风化作用。

自然界的岩石之所以发生风化,根本的原因在于岩石所处的环境发生了变化。引起岩石

风化作用的因素是很复杂的。根据风化作用的因素及性质,可把风化作用分为三大类型:物理风化作用、化学风化作用、生物风化作用。

母岩的风化作用是一个非常复杂的地质过程。风化作用的结果形成三种不同的产物:即碎屑物质、溶解物质、残余物质。

① 碎屑物质。这类物质主要是物理风化作用的产物。它包括矿物碎屑和岩石碎屑。矿物碎屑如石英、长石、云母碎片等,少数是各种岩石碎块。

② 溶解物质。这类物质主要是化学风化作用和生物风化作用的产物。岩石中的 K, Na, Ca, Mg 等,在酸的作用下形成碳酸盐、硫酸盐、氧化物等,以真溶液方式被带走;另一部分是由硅酸盐分解出的  $\text{SiO}_2$ ,以胶体溶液方式被带走(目前每年河流搬入海的  $\text{CaCO}_3$  达  $55800 \times 10^4 \text{t}$ ;而  $\text{SiO}_2$  约为  $32000 \times 10^4 \text{t}$ ,仅次于碳酸盐)。这些物质是构成沉积岩中化学岩和生物岩的主要成分。

③ 残余物质。主要是在化学风化过程中,转移性能较低的化学成分, Si(硅)、Fe(铁)、Al(铝)等所形成的风化残余矿物,如高岭石、多水高岭石、水白云母、胶岭石、铝土矿等。

(2) 搬运与沉积。母岩风化的产物除少部分残留于原地外,大部分要在流水、风、冰川等自然运动的介质携带下,离开原地向他处迁移,这个过程称为搬运作用。碎屑物质和新形成的矿物呈碎屑状态搬运为机械搬运;溶解物质呈真溶液或胶体溶液搬运为化学搬运。随着搬运介质动力条件和化学条件的改变,被搬运的物质在适当的场所按一定的规律和先后的顺序沉积下来,称为沉积作用。机械搬运的碎屑物质在重力影响下按颗粒粒径和相对密度的大小依次沉积。颗粒大、相对密度大、粒状的碎屑物先沉积。化学搬运的溶解物质按溶解度由小到大依次沉积。

(3) 成岩。由松散的沉积物转变成坚硬的沉积岩的作用称为成岩作用。在地壳连续下沉的背景下,沉积物一层层地沉积下来。先沉积的沉积物被后继的沉积物埋藏起来,而且埋得越来越深。随着埋藏深度的增大,沉积物所受的压力也越来越大,从而被压实。同时,碎屑颗粒之间的孔隙中充满水,水中的溶解物质在温度不高、压力不大的条件下发生化学沉淀,把碎屑颗粒胶结起来。最终,松散的含水沉积物,通过压实、胶结等作用转变为固结的沉积岩。

2) 沉积岩的矿物成分

根据风化产物的不同,沉积岩的矿物成分有 160 种以上,较常见的有 20 种。分为碎屑矿物、粘土矿物和化学沉积物三个类别。

3) 沉积岩的构造

沉积岩的外貌特征,即各个组成部分在空间的分布和排列方式,称为沉积岩的构造。其中最主要的构造是层理,其次是层面构造和岩石内部构造。

(1) 层理构造。沉积岩具有成层性,即有层理构造,是其区别于岩浆岩和变质岩的一个显著特征。层理是岩石性质(如成分、结构、颜色等)沿垂直方向发生突变或渐变而显示出来的成层现象。它能够反映沉积环境以及沉积岩的非均质性。常见的层理有水平层理、波状层理和斜层理等,斜层理根据倾斜方向和倾角变化可分为单向斜层理和交错斜层理,如图 1-1-1 所示。

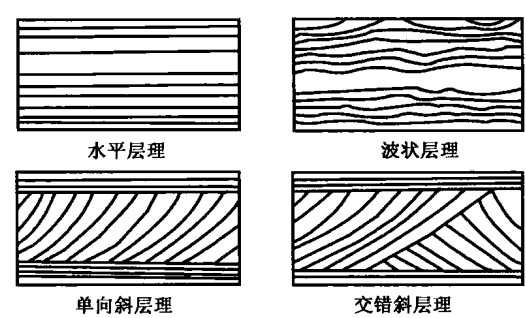


图 1-1-1 层理类型示意图

(2)层面构造。在沉积岩岩层表面呈现出各种自然产生的一些痕迹,统称为层面构造。它常常标志着岩层的特征,并反映了岩石形成的环境。常见的有波痕、泥裂、结核等层面构造,如图1-1-2、图1-1-3、图1-1-4所示。

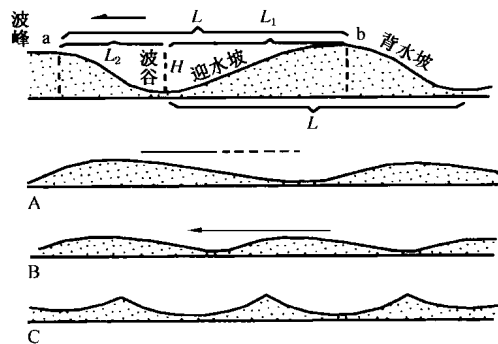


图1-1-2 波痕示意图

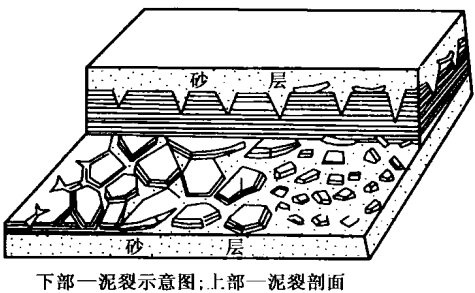


图1-1-3 泥裂



图1-1-4 结核的类型

#### 4)沉积岩的分类

根据沉积物的成分、沉积作用的方式和沉积的环境等,可将沉积岩分为碎屑岩、粘土岩和碳酸盐岩三大类。

(1)碎屑岩。碎屑岩是由碎屑物质经压实、胶结而成的岩石。它由碎屑颗粒和胶结物质两部分组成,其中碎屑含量大于50%。碎屑岩是重要的储油岩,依据其碎屑物质颗粒大小分为砾岩、砂岩、粉砂岩三大类。砂岩在碎屑岩中分布最广泛,是主要的储油岩石。我国油田大都是砂岩储油,世界上有50%的油田属砂岩储油。根据砂岩中石英、长石、岩屑的百分含量,可分为石英砂岩、长石砂岩和岩屑砂岩三种类型。

粉砂岩分为粗粉砂岩和细粉砂岩,粗粉砂岩是良好的储油岩石,细粉砂岩如含有机质可称为生油岩。

(2)粘土岩。粘土岩是由粘土矿物和粒径小于0.01mm的岩石碎屑组成的沉积岩,粘土矿物含量大于50%。粘土岩分布范围广泛,约占沉积岩含量的46%。粘土岩虽然颗粒太细,渗透性差,储油性差,却是重要的生油岩石。我国各油田的生油岩石绝大部分是粘土岩。粘土岩较实用的分类方法是构造分类:层理厚度很大的粘土岩称为泥岩;具有薄层理或微细层理且能分成一片一片的粘土岩称为页岩。

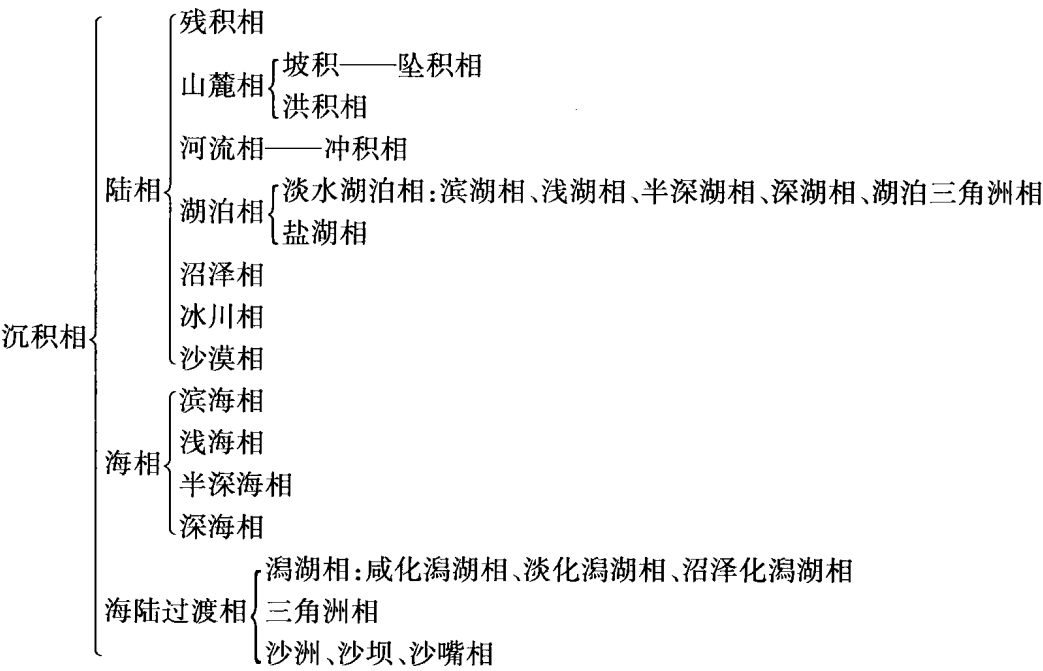
(3)碳酸盐岩。由方解石和白云石等碳酸盐矿物组成的沉积岩称为碳酸盐岩。它既是生油岩,又是储油岩。目前世界上碳酸盐岩类油田储量约占世界石油总储量的57%。我国碳酸盐岩分布广泛,西南、华北等地区的碳酸盐岩地层十分发育,面积广、层位多。

#### 4. 沉积相

沉积相是指在一定的沉积环境中形成的岩石组合。沉积环境是指岩石在沉积和成岩过程中所处的自然地理条件、气候状况、生物发育、沉积介质的物理化学性质及地球化学条件等。

岩石组合是指岩石的成分、颜色、结构、构造及各种岩石的相互关系和分布情况等。不同的沉积环境,形成的岩石组合不同,一定的岩石组合又反映了一定的沉积环境。

不同的沉积相形成于不同的沉积环境,在沉积环境中起决定作用的是自然地理条件。依据自然地理条件的不同,沉积相可分为以下类型。



二、地层及地质时代单位

地壳中,层层重叠的地层构成了地壳历史的天然物质记录。长期以来,由于生产发展的需要,人们研究了地壳上的地层和它们的层序,并按照一定的原则把全部地层分成了若干层段,而且给每一层段都取了一个特有的名称,用规定的符号表示,使每一个具有专门名称的层段都在地层系统中占有一个特定的位置。

(一)地层单位

划分地层的单位称为地层单位。地层单位除界、系、统、阶外,还有群、组、段、带、杂岩五个单位。

界——国际通用的最大的地层单位,界有界名,如元古界、古生界等。

系——国际通用的第二级单位,界分为系,系是界的一部分,系有系名,如寒武系、侏罗系等。

统——国际通用的第三级单位。一个系可分为三个或两个统,统是系的一部分。统的名称是在系的名称前加下、中、上等字样构成,一般不给专名。三分的系分为下统、中统和上统,两分的系分为下统和上统,如侏罗系分为下侏罗统、中侏罗统、上侏罗统;二叠系分为下二叠统、上二叠统,也可以称为侏罗系下统、侏罗系中统、侏罗系上统或称二叠系下统、二叠系上统等。统有时也可使用专名,如第三系的古新统、始新统、渐新统等,但只能是一种例外。

阶——全国性和大区域性的地层单位。统可以分为阶,但在不同的生物地理区内,同一个统有时可分出数目不等的阶。阶通常有自己的专名,如风山阶、长山阶等。阶的专名只适用于某个生物地理区。