

采油地质基础

采油工人系列

采油地质基础

胡银铍 等 编

石

1

学(北京)

14

08

社

石油工业出版社

067515



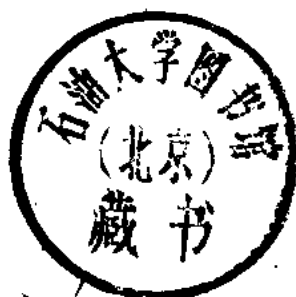
采油工人系列读本

采油地质基础

胡保铨 等编



200369467



5478 L3

石油工业出版社

(京)新登字082号

内 容 提 要

本书为采油工人系列读本中的一册,内容包括普通地质的基础知识,石油和天然气的生成、运移、聚集过程,油、气藏类型,油层和流体物性性质,油、气储量计算,以及油田开发设计和动态分析方法。

该书内容比较系统,文字通俗易懂,可作为采油工人技术培训用书和自学参考书。

采油工人系列读本

采油地质基础

胡银镜 等编

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京通县印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 32开本 10³/₄印张 236千字 印1—1,500

1992年10月北京第1版 1992年10月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0609-X/TE·580

定价: 5.10元

出版说明

为了满足广大石油青年工人的学习要求，帮助他们尽快熟悉和掌握本行业的专业技能，促进石油工业的技术进步。我们在已出版的“油田工人自学丛书”的基础上，进一步组织编写了四大系列工人读本，即《采油工人系列读本》、《采气工人系列读本》、《石油矿场机械工人系列读本》、《油、气集输工人系列读本》。这四套书一部分是新组织编写的，一部分是以前出版的工人读本修订而成。为了适应各工种工人不同的学习重点，每一系列将分册出版。

《采油工人系列读本》包括：《采油地质基础》、《自喷采油》、《机械采油》、《油井动态分析》、《电潜泵采油》、《热采》、《试井》、《修井》、《注水》、《酸化》、《压裂》、《三次采油》、《气举》等分册。

本书是《采油工人系列读本》的一册，该书原编写者是大庆石油管理局胡银鍍，后又经北京研究院的王大钧（一、二章）、万庄分院杨贤梅（三、五、六章）进行了修改与补充，叶敬东补写了第四章，使内容更完善和充实。限于水平，有不妥之处，请批评指正。

其它分册将陆续组织出版，以满足广大采油工人的学习需要。

目 录

第一章 地质基础知识	(1)
第一节 地质作用.....	(1)
第二节 地层地质时代表.....	(13)
第三节 矿物和岩石.....	(18)
第四节 沉积相.....	(44)
第五节 地质构造和构造运动.....	(63)
第二章 石油和天然气的生成、运移、聚集和油、气藏类型	(73)
第一节 石油和天然气的生成.....	(73)
第二节 油、气的运移.....	(79)
第三节 石油的聚集.....	(83)
第三章 油、气田地质	(99)
第一节 油、气田地质研究的基础资料.....	(99)
第二节 油、气田地层划分及对比.....	(131)
第三节 石油、天然气和地层水的性质.....	(147)
第四节 油、气层的温度、压力系统和油、气藏的驱动类型.....	(167)
第五节 石油和天然气储量计算.....	(185)
第四章 储层岩石物性	(197)
第一节 岩石的孔隙性.....	(197)
第二节 岩石的渗透性.....	(202)
第三节 流体饱和度.....	(210)
第四节 岩石的润湿性.....	(213)
第五节 毛管压力.....	(215)
第五章 油田开发	(220)

第一节	油田开发的方针、政策和开发方案内容.....	(220)
第二节	油田开发层系的划分与组合.....	(225)
第三节	油田开发方式.....	(229)
第四节	开发井网布置.....	(239)
第五节	油田开发程序.....	(248)
第六节	分层开采.....	(253)
第七节	气田开发的特点.....	(259)
第八节	开发方案的经济分析.....	(261)
第六章	油田动态分析.....	(266)
第一节	油田动态分析概述.....	(266)
第二节	动态分析常用数据表、图幅的规格及编制方法.....	(271)
第三节	分阶段进行油井和油藏动态分析.....	(295)

第一章 地质基础知识

石油地质工作的主要对象是研究地球表层——地壳中的含油气状况，地壳是由各种岩石组成的，岩石是由各种矿物组成的，而矿物是由各种化学元素或由元素组成的化合物组成，具有一定结晶构造。

组成地壳的岩石主要是岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。虽然沉积岩占地壳总体积的5%，但是在面积上的分布却占地壳总面积的75%。

从地壳的矿物组成分析，目前已发现的矿物有3000多种，常见矿物200多种，而构成岩石的主要矿物仅30多种，多数为硅酸盐类、碳酸盐类矿物，如长石、石英等，少数为金属矿物，如黄铁矿、褐铁矿等。矿物是鉴定各类岩石及研究其形成环境的重要依据。

第一节 地质作用

地壳的面貌不断地变化，引起地壳变化的各种自然作用，统称地质作用。根据产生地质作用的动力来源和发生作用的主要部位，可分为内力地质作用和外力地质作用两大类型。

一、内力地质作用

内力地质作用是由地球内部的能量(高温、高压)和地球

自转的动能引起的。它发生于地壳深处和地球内部。表现形式有地壳运动、岩浆活动、变质作用和地震。

(一) 地壳运动

地壳运动是使地壳发生变形、变位的地质作用。有水平运动，也有垂直运动，并且相互影响、同时进行。不同地质时期以不同的运动形式为主导。

水平运动造成巨大的陆块断裂和漂移，形成强烈而巨大的褶皱构造和平移断层；例如有人科学地论证距今三亿年前，现今的大陆是合并在一起的，地壳水平运动使完整的大陆逐渐漂离，形成目前的海陆分布状态。现今英国的格林威治和美国的华盛顿之间平均每年缩短距离为0.7m。

垂直运动也称升降运动，可形成大型构造隆起和拗陷。例如：北欧斯堪的纳维亚半岛现在平均每年上升1cm。相反，地壳下沉使荷兰人几百年来与海水斗争，围海造田著称于世。

(二) 岩浆活动

在地壳之下有一种成分非常复杂的硅酸盐炽热熔融体称为岩浆，温度在1000℃以上，压力约1000MPa。在一定条件下，岩浆沿地壳破碎或薄弱地带，向上贯入到地壳中或喷出地表，这就是岩浆活动。

岩浆活动分侵入作用和喷出作用两种形式。

侵入作用是岩浆沿着岩石的裂缝上升到一定高度后在地下冷凝、结晶成侵入岩的作用。

喷出作用是指岩浆冲破上覆岩层而喷出地表，引出火山喷发，故又称火山作用。

(三) 变质作用

在地球内力作用(如地壳运动和岩浆活动)的影响下，使

地下深处早期形成的岩浆岩和沉积岩未经熔融状态而发生物理化学性质变化的作用称为变质作用。由于变质作用而形成的岩石称为变质岩。

引起变质作用的因素是温度、压力以及在岩石孔隙中循环流动的水和二氧化碳。变质岩的成分、结构、产状与原岩密切相关，但却具有自身特殊的变质矿物、结构和构造，与原岩有所区别。

(四) 地震

地震是由地壳运动和岩浆活动引起的地壳快速度颤动。次数频繁到每年约五百万次。但只有 1 % 的地震为有感地震(三级以上人们能感觉出来的地震)，五级以上称破坏性地震。大地震的发生有一定的分布规律，即集中于环太平洋地震带和喜马拉雅山—地中海地震带。从深度上分析都发生在地下 70km 以内，特别集中于 5 ~ 20km 深处。

二、外力地质作用

作用在地壳表层，主要由地球以外的能——太阳辐射能、日月引力能所引起的地质作用，称外力地质作用。能使地表形态发生变化和地壳表层化学元素迁移、分散和富集。按其作用方式分为：

(一) 风化作用

由于温度的变化，大气、水溶液及生物的作用，使岩石或矿物在原地发生物理、化学变化的过程叫风化作用。主要是原地破坏作用，其产物没有显著位移。根据作用的性质和因素不同，分为物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用三种类型：

1. 物理风化作用

温度变化以及岩石孔隙中水和盐分的物态变化，使岩石和矿物发生机械破坏，使完整的岩石变成碎屑，但不改变其化学成分，这个过程叫物理风化作用。因岩石表里不均的热胀冷缩而发生的剥离作用(图 1-1、1-2)、地表岩石孔隙

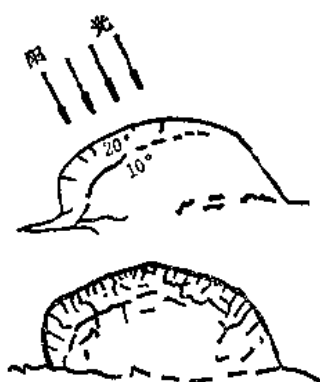


图 1-1 矿物和岩石表面因
热胀冷缩而产生的裂隙

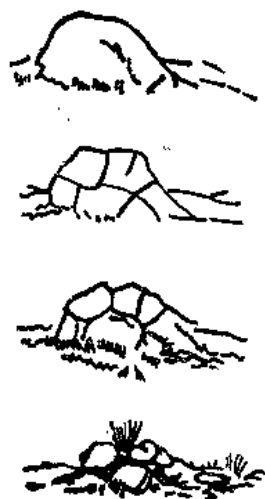


图 1-2 岩石由于温度变化
发生机械破碎的过程

或裂缝中的水结冰时发生的冰劈作用(图 1-3)和岩石中所含溶液结晶时对岩石产生的撑裂作用是物理风化的主要形式。

2. 化学风化作用

化学风化作用是指氧、水溶液对岩石和矿物的破坏作

用。它不仅使岩石或矿物破碎，而且也改变它们的化学成分，使那些在地表条件下不稳定的原生矿物变成为稳定的次生矿物。化学风化作用进行的方式主要有氧化作用和水溶解作用等。

3. 生物风化作用

生物风化作用是指生物在其生命活动中对岩石、矿物产生的破坏作用。这种作用可以是机械的，也可以是化学的。

生物机械风化作用主要表现在生物的生命活动上，如生长在岩石裂隙中的植物，随着生长根部变粗变长，使岩石裂隙扩大从而引起岩石崩解。穴居动物使岩石破碎、土粒变细。人类的工程建设也都加速了岩石的风化过程。

生物化学风化作用是通过生物的新陈代谢和生物遗体腐烂分解进行的。是这些作用过程中产生的有机酸、硝酸、碳酸、亚硝酸和氢氧化铵等溶液使矿物分解，从而腐蚀岩石的结果。

综上所述，风化作用的结果都使岩石受到破坏。地球表面，由于地理、气候等条件不同，风化类型也不同，干旱及高山地区以物理风化作用为主，而潮湿地区以化学风化和生物风化作用为主。



图1-8 冰劈作用使岩石裂隙扩大

母岩遭受风化后，会形成各种风化物，它们是构成沉积岩的最主要的原始物质成分，按性质可分为：碎屑物质、残余物质和溶解物质，将分别成为碎屑、粘土岩以及化学岩和生物化学岩的主要物质成分。

岩石的风化物，除部分转移到他处外，其余部分留在原地，覆盖地表形成一层外壳，称为风化壳。风化壳往往疏松多孔，易形成良好的储油层。

（二）剥蚀作用

剥蚀作用是指流动着的物质把岩石的风化产物带走，同时还对岩石进行破坏的一种外力地质作用。主要有雨水及河流的侵蚀作用、地下水的溶蚀作用和海洋剥蚀作用三种。

1. 河流的侵蚀作用

河流对地表的破坏作用称为侵蚀作用，按破坏岩石的方式分为冲蚀、磨蚀及溶蚀三种(图 1-4)。

(1) 冲蚀作用 指流水本身的力量冲击岩石，破坏河床及河岸，并将破坏的物质随水带走。

(2) 磨蚀作用 指流水携带的大小岩块，在流动过程中对河床两岸的磨擦破坏作用。

(3) 溶蚀作用 指流水溶解河床、河流两岸易溶解的岩石和矿物，从而破坏岩石的作用。

2. 地下水的剥蚀作用

地下水是指以各种形式存在于地壳岩石和地表土壤层中的水。埋藏在地面以下第一个不透水层上面的地下水称潜水；位于两个不透水层之间的地下水称层间水。在它们流动的过程中都对岩石产生破坏作用。其作用方式有以下两种：

(1) 地下水的化学溶蚀作用 水和水溶液对岩石的溶解

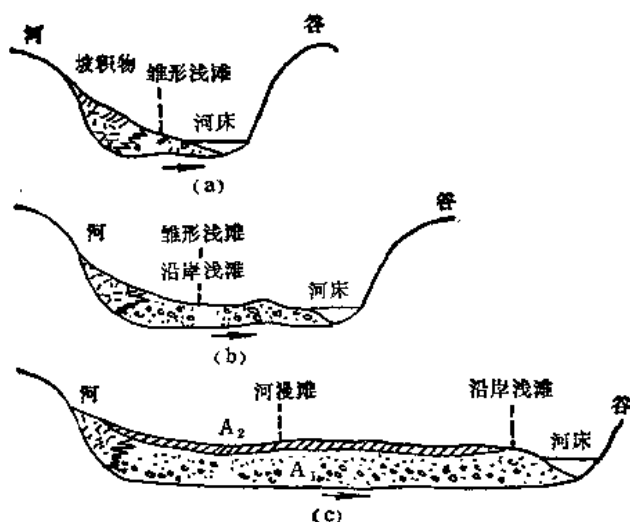


图 1-4 河流各部分位置关系横剖面图

破坏作用叫化学溶蚀作用。在气候炎热潮湿地区,由于水中或多或少含有二氧化碳并吸收了一些有机酸,对较易溶解的石灰岩,有明显的化学溶蚀作用,可形成大的溶洞以及洞内的钟乳石、石笋,地面上也可形成奇特的山峰,这就是喀斯特地形。

(2)地下水的机械破坏作用 在不透水层的上面,当地下水在岩石或土壤的裂隙和孔隙中缓慢流动时,可以带走其中的泥砂,从而扩大了岩石或土壤中的空间,引起岩石或土壤的崩塌、破坏。在地面上出现陷落、滑坡、山崩等现象(图 1-5)。



图 1-5 滑坡示意图

3. 海洋的剥蚀作用

海洋的剥蚀作用主要指海浪、洋流及潮汐对海岸岩石的冲击、磨蚀作用、海水对海岸可溶性岩石的溶蚀作用及一种不经常的作用方式——浊流。

剥蚀作用的强弱受地壳运动控制，地壳下降，海水相对上升，海水对海岸的冲蚀作用加强，这就是海进，或称海侵；反之，地壳上升，海水相对降落，海水对海岸的冲蚀作用减弱，这就是海退。

(三) 搬运和沉积作用

岩石遭受风化、剥蚀以后，外力地质作用还在进行，母岩的风化产物，除少部分残留在原地之外，其余全部被流水、风等带走。被搬运的物质，又在沉积分异作用下，在适当的场合沉积下来，形成沉积物。

搬运、沉积作用也是从机械的、化学的和生物的三个方面进行的。

1. 碎屑物质的搬运和沉积

碎屑物质的搬运和沉积是以流水(河、湖、海水)、风力和冰川等为动力进行的。

(1) 碎屑物质在流水中的搬运和沉积 在搬运和沉积过程中，碎屑物质呈物理状态进行分散和集中，不发生明显的化学变化。搬运方式有悬浮搬运、滚动搬运和跳动搬运三种。流水的搬运能力是非常巨大的。

(2) 碎屑物质在海洋、湖泊中的搬运与沉积 海洋的搬运和沉积作用，主要靠海浪、潮汐和洋流来搬运和分配。大的湖泊的水动力条件与海洋基本类似。

(3) 碎屑物质在其它介质中的搬运和沉积 这主要指碎

屑物质在风中和冰川中的搬运和沉积作用。

(4) 碎屑物质在搬运过程中的变化 碎屑物质在搬运过程中, 经过溶蚀、互相碰撞、磨擦及机械沉积分异等作用, 使碎屑物质颗粒的粒度和密度由大变小; 圆度、球度由差变好; 稳定矿物含量相对增加; 成分由复杂到简单。其中以流水、海洋、湖盆地和风搬运过程中的机械分异作用比较明显。

2. 溶解物质的搬运和沉积

化学风化的溶解物质, 分为胶体溶液和真溶液两种搬运沉积方式。

(1) 胶体物质的搬运和沉积 胶体物质因胶体质点很小, 故重力影响甚微。胶体是在含一定数量电解质的介质中形成的, 使得胶体质点常带有电荷, 有的带正电荷, 有的带负电荷。当胶体质点的电荷因某种原因而发生中和时, 胶体受到破坏, 带不同电荷的胶体质点, 异性相吸, 互相靠近, 形成大的质点, 并在重力的影响下迅速下沉, 形成胶体沉积物。这种作用称为胶体的凝聚作用(简称胶凝作用)。

(2) 真溶液物质的搬运和沉积 真溶液的沉积主要决定于溶解物质的溶解度。由于受到介质条件等外界因素的影响, 可以改变溶解物质的溶解度。自然界组成沉积岩的主要化学组分, 按其溶解度由小到大, 化合物沉积由易到难的排列顺序见表 1-1。

介质水的酸碱度(pH值)对大部分溶解物质的沉积是有影响的, 各种物质从真溶液中沉积时, 都需要一定的pH值, 见表 1-2。

此外, 介质的氧化还原电位(Eh)值对变价元素的溶解

表1-1 化学元素的溶解度与其化合物沉积的关系

化学元素	铝 (Al)	铁 (Fe)	锰 (Mn)	硅 (Si)	钙 (Ca)	钠 (Na)	钾 (K)	镁 (Mg)
溶解度	小—————→大							
化合物沉积	易—————→难							

表1-2 几种金属氢氧化物从真溶液中沉积时所需要的pH值

金属氢氧化物	Fe ³⁺	Al ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ , K ⁺ Na ⁺
pH值	2~3	4~10	5.5~7	8.7	10.5	>10

度有很大影响，介质中的CO₂含量能改变碳酸盐矿物的溶解度，因而均影响溶解物质的沉积。

(3) 化学沉积分异作用 母岩风化产物中的溶解物质，在搬运过程中，根据其化学元素活泼性或溶解度的不同，按一定的先后顺序沉积下来，这种沉积现象叫化学沉积分异作用。

各种溶解物质沉积分异的大致顺序见图1-6。

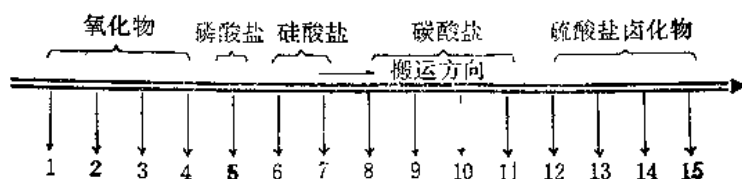


图1-6 化学沉积分异作用示意图

但是，在自然界里，真正象图1-6那样理想而完整的化学沉积分异顺序，是很少见的，这是由于化学沉积分异作用还受到自然界各种外界条件的影响。

3. 生物的搬运和沉积作用

生物的搬运作用，既有机械的——主要是一些动物的活动，特别是人类的生产建设活动，在不断地改变着地球的面貌；又有化学的——主要是生物在生长过程中吸取各种营养成分。生物死亡后遗体堆积，在一定的地质条件下，可形成有关的矿物和岩石，如煤、石油、油页岩等。

(四) 沉积物的成岩作用和沉积岩的后生作用

沉积物沉积之后，在一定的地质条件下向沉积岩转变。由沉积物转变为沉积岩的作用叫沉积物的成岩作用。沉积岩形成之后，到未发生变质作用或风化作用之前，所发生的一系列变化叫沉积岩的后生作用。

1. 沉积物的成岩作用

成岩作用包括压固、胶结、重结晶、交代作用等。

(1) 压固作用 在沉积区域里，由于沉积物愈积愈厚，上覆沉积物的重量及静水柱压力愈来愈大，促使下伏沉积物固结成岩石。但压力只是外界因素，内在因素是沉积物的成分和颗粒大小。一般来说软泥易被压固，而砂、砾等粗粒沉积物在压力作用下体积变化小。

(2) 胶结作用 在松散的碎屑沉积物颗粒之间，充填有不同数量的胶结物，而将颗粒牢固地胶合在一起，称胶结作用。胶结作用在碎屑岩和化学岩的成岩过程中起主导作用，其强烈程度取决于胶结物质的成分和含量。通常胶结物含量少或成分为粘土时，胶结作用弱；胶结物含量多，成分为硅质、铁质时，胶结作用强。

(3) 重结晶作用 指沉积下来的矿物质在温度、压力升高的影响下，所进行的结晶作用，形成适应新环境条件的结