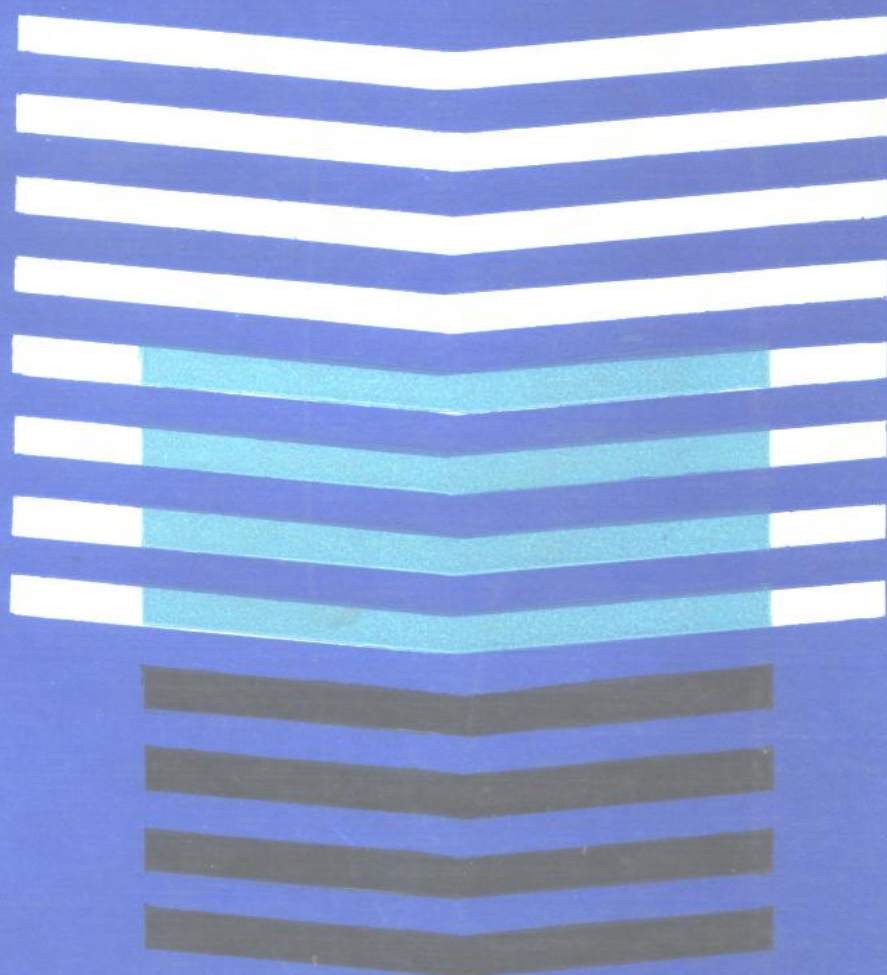


石油工业企业基层干部岗位培训试用教材

野外地震勘探

野外地震勘探

中国石油天然气总公司人事教育局组织编写



石油工业出版社

石油工业出版社

1.4

43



067423

P631.4
043

石油工业企业基层干部岗位培训试用教材

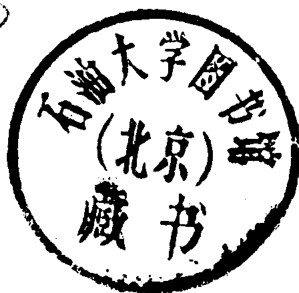
野外地震勘探

中国石油天然气总公司人事教育局组织编写



200398934

5066/33



石油工业出版社

(京)新登字082号

内 容 提 要

本书比较全面地阐述了野外地震勘探的工作方法,介绍了三维地震勘探数据采集的新技术以及地震勘探导线测量等,并列举了几种常用的数字地震仪器的使用。

本书可作为野外地震队基层干部岗位培训教材,也可作为野外地震队仪器操作员、施工员、测量员、安全员的参考用书。

石油工业企业基层干部岗位培训试用教材

野外地震勘探

中国石油天然气总公司人事教育局组织编写

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京海淀区吴海印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 13¹/₄印张 330千字 印1—3, 500

1992年9月北京第1版 1992年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0690-1/TE·655

定价: 7.55元

编写说明

这套书是中国石油天然气总公司人事教育局，为适应石油企业基层干部岗位培训的需要，组织胜利石油管理局、大庆石油管理局、大港石油管理局、中原石油勘探局等部分教师，在近几年基层干部岗位培训试点的基础上，编写的石油工业企业基层干部岗位培训试用教材。适用对象主要是石油基层队干部、车间主任和油矿大队干部。

这套试用教材由两部分组成：一部分是各个专业岗位适用的技术课教材，另一部分是各个专业岗位通用的公共课教材。公共课教材包括《坚持改革开放的总方针总政策》、《石油工业企业思想政治工作》、《石油工业企业管理基本知识》、《应用文写作》、《法学基础知识》等。

参加本书编写的有：第一章郭廷宪，第二章张允成，第三章谭晓中，第四章曲克杰、辜多奎、朱小鹏、陈怡贞、张玉福、姚光凯、陈竹，第五章张宝简。李泌任本书主审，参加审稿的有：余庆云、陈跃庭、王秉功、陈方泽、刘太生；本书由李长俊、杨正玉担任主编。在本书编写过程中，胜利石油管理局武金坤、梁文喜同志组织指导了编写、讨论修改和定稿工作。

这套教材的出版，得到上述几个局的教育培训部门及有关方面的大力支持，在此表示感谢。

由于编印时间短促，对于书中的缺点、错误，希望读者给予批评指正。

编者

1990年4月

目 录

第一章 地震勘探地质知识	(1)
第一节 岩石的基本概念	(1)
第二节 地质年代及地层系统	(3)
第三节 地质构造	(8)
第四节 石油地质	(20)
第二章 地震勘探工作概述和野外采集方法原理	(31)
第一节 怎样看构造图	(31)
第二节 地震勘探设计及试验工作	(34)
第三节 地震波的激发	(37)
第四节 地震波的传播	(44)
第五节 地震波的接收	(50)
第六节 速度和低速带的测定	(63)
第七节 介绍地震勘探新技术	(68)
第八节 重力勘探、磁法勘探、电法勘探简介	(83)
第三章 地震勘探导线测量	(111)
第一节 概述	(111)
第二节 经纬仪及红外测距仪	(114)
第三节 经纬仪导线测量	(118)
第四章 数字地震仪器	(128)
第一节 概述	(128)
第二节 DFS—V数字地震仪	(130)
第三节 SN68遥测数字地震仪	(156)
第四节 SN348遥测数字地震仪	(163)
第五节 OPSEIS遥测数字地震仪	(168)
第六节 MYRIASEIS数字仪技术指标	(173)
第七节 ES—2420数字地震仪	(179)
第五章 地震勘探基层安全管理知识	(184)
第一节 安全管理	(184)
第二节 地震勘探安全生产管理的特点及方法	(185)
第三节 爆破安全基础知识	(188)
第四节 电气安全基础知识	(200)
第五节 汽车行驶安全基础知识	(204)

第一章 地震勘探地质知识

第一节 岩石的基本概念

人类生活在地球上，一切生活资料都来源于地球。但目前人类对地球的研究范围主要是地面以下10km左右，即地壳的表层，而矿物和岩石又是地壳的主要组成部分，因此矿物和岩石便成为地质工作者研究的主要对象。

岩石就是人们日常所说的石头，它是由一种或几种矿物或岩石碎屑在各种地质作用下按照一定规律组成的固态集合体。岩石在其形成过程中就记载了它的全部历史，因此岩石是地壳演化及其物质变迁的最好记录。按岩石的成因不同，可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

一、矿物

矿物就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构造。它是组成岩石和矿石的基本单位。

有的矿物是由一种元素组成的单质矿物，如金刚石、自然金、自然铜等。有的矿物是由两种或两种以上的元素组成的化合物，如食盐、石膏等。

矿物通常以固态存在于地壳中，只有极少数是液态的（如自然汞、石油）和气态的（如天然气、 H_2S ）。

自然界中发现的矿物已有三千余种，但一般常见的矿物不过数十种。至于构成岩石主要成分的只不过二三十种。组成岩石主要成分的矿物称造岩矿物，如石英、长石等。而能被人们所利用的有益矿物则称为矿矿物，如磁铁矿、黄铁矿等。

二、岩浆岩

岩浆岩是岩浆在一定地质作用的影响下，由地壳深处上升，经冷却、凝固、结晶而成的岩石。

岩浆是处于地壳以下高温、高压状态的，含有大量挥发物的硅酸盐熔融体。岩浆的温度超过 $1000^{\circ}C$ ，压力在几百兆帕以上。它的化学成分相当复杂，主要是 SiO_2 ， Al_2O_3 等。当地壳运动使地壳本身出现薄弱地带时，岩浆就会冲入薄弱地带，甚至喷出地表，这就是岩浆活动。在岩浆活动的过程中，岩浆的温度、压力下降，挥发物质析出，经冷凝和结晶，便形成岩浆岩。

岩浆岩按其形成的位置可分为侵入岩（形成在地面以下）和喷出岩或叫火山岩（形成在地面上）。

最常见的岩浆岩有花岗岩、闪长岩、正长岩、安山岩、玄武岩、流纹岩等。

岩浆岩中含有丰富的矿产，有金属矿产如铬、镍、铜、铁、钨、锡、钼、铋、金、银等；也有非金属矿产如金刚石、云母、石棉等。另外，很多稀有放射性元素矿床，如、铀、钍、镭、钷、钷等也都产于岩浆岩中。也有一些矿产虽然不直接产于岩浆岩中，但它们的生成却与岩浆岩密切相关。有的岩浆岩本身就是很好的建筑材料。

勘探实践证明，当岩浆岩具备油、气储集的必要条件时，也可形成具有工业价值的油、

气藏。如日本新潟盆地内的见附油田，石油就产自安山岩、流纹岩等喷发岩中。可见，在岩浆岩分布地区开展找油工作并不是没有实际意义的。

三、变质岩

在地球内力作用的影响下，由于物理化学条件的改变，使早期形成的岩浆岩和沉积岩在固体状态下，其成分、结构和构造相应地发生变化，而形成一种新的岩石，这种岩石被称为变质岩。由于岩浆岩和沉积岩在发生质变时未经过熔融阶段，而是直接以固体状态进行的，因而其成分、结构、构造、产状都与原岩有着密切的联系，但同时变质岩又具有自身特殊的变质矿物、结构、构造，而与原岩有所区别。

常见的变质岩有片麻岩、片岩、板岩、大理岩等。

变质岩与岩浆岩一样是不能生油的。仅在一定的条件下，可在变质岩的裂隙，片理和它的风化壳中储集石油。如酒泉鸭儿峡油田和东营地区王庄油田的石油就是分别储集在志留系变质岩和太古界花岗片麻岩的古风化壳中。

变质岩中含有丰富的金属和非金属矿产。如铁、钨、钼、铜、锡、铅、锌、锰、石墨、红柱石、刚玉等矿床。

有些变质岩本身就是矿产。如大理岩是珍贵的建筑材料，石英岩是良好的玻璃工业原料。

四、沉积岩

沉积岩是在地壳表层条件下，主要由母岩（早先形成的岩浆岩、沉积岩、变质岩）的风化产物，经过搬运、沉积及成岩作用而形成的一类岩石。

沉积岩的分布面积很广，它约占地表面积的75%，而岩浆岩和变质岩所占的面积则不过25%。

在沉积岩中蕴藏着极为丰富的矿产，占世界全部矿产总产值的70%~75%。在我国，几乎全部铝矿、磷矿、锰矿、2/3的铁矿都蕴藏于沉积岩中或与沉积岩有关。此外，金、钨、锡、镓、锗、金刚石等，在沉积岩中也有着丰富的含量。有些沉积岩本身就是矿产，象石灰岩、部分粘土岩、盐岩等。尤其是被誉为工业血液的石油就生成于沉积岩中，而且绝大部分储集于沉积岩中。

通常习惯上把沉积岩分成碎屑岩、粘土岩和碳酸盐岩三类。

碎屑岩是由碎屑物质组成的岩石。其中大多数碎屑岩的碎屑物质是由母岩经机械风化破坏的产物。碎屑岩是分布很广的一类沉积岩，它是主要的储油岩石之一，在我国至今发现的油田中，多数油田的石油都储存在碎屑岩之中。

碎屑岩中的碎屑直径大于2mm的叫砾岩。直径在0.1~2mm的叫砂岩，直径在0.01~0.1mm的叫粉砂岩。

粘土岩主要是由粘土矿物组成的沉积岩。在粘土岩中，粘土矿物的含量大于50%，其岩性特征主要由粘土矿物决定。粘土岩是分布最广的一类沉积岩，它占沉积岩总量的60%左右。一些粘土岩中因含大量的有机质，故它是重要的生油岩石，我国各油区的生油岩石绝大多数都是粘土岩。

页理发育好的粘土岩叫页岩（如碳质页岩、油页岩等），页理发育不好的粘土岩叫泥岩。

碳酸盐岩主要是由碳酸盐矿物（方解石、白云石）组成的沉积岩。碳酸盐岩分布较广，

它既可能是生油岩系，又可能是储油岩系，世界上近一半的油、气田属碳酸盐岩型，而且发现越来越多的油、气田和碳酸盐岩储集有关。我国碳酸盐岩分布很广泛，如在华北和西南地区都很发育。这对于我们更多地寻找出碳酸盐岩类型的大油田提供了有利条件。石灰岩和白云岩就是我们经常见到的碳酸盐岩。

第二节 地质年代及地层系统

一、地层及地质年代

1. 地层

地球自形成以来经历了漫长的历史，据同位素测定大约45亿年左右。地壳的发展历史称为地史。在地球发展历史的每一个阶段，地球表面都有一套相应的地层生成。所谓地层是指在地壳发展过程中形成的广泛分布于地壳上部的各种层状岩石的总称，包括沉积岩、火成岩及由沉积岩和火成岩变质而成的变质岩。我们把某一地质时代形成的一套岩层，称为那个时代的地层。地层是一层或一组岩层，它与上下相邻地层之间可以为明显的层面或沉积间断面所分开。所以，地层有新有老、具有时间的概念。在正常情况下，后形成的地层总是盖在先形成的地层上面，愈在上面的地层愈新，愈在下面的地层越老，这种上新下老的关系叫地层层序律。

在地壳发展历史的各个时代形成的层层重叠的地层就构成了地史的天然物质记录。它象一部巨厚的书一样记录着地球的历史。

2. 地质年代

地质年代，通常理解为从地球表面有地质作用时期开始到人类历史时期以前的这一段漫长岁月。也可以说组成地壳的全部地层（从最老到最新）所代表的时代称为地质年代。它是用来说明各种岩层（特别是沉积岩层）形成的时间和先后顺序的一种术语。

表示地质年代的方法有两种：

（1）绝对地质年代 是指某地层有多大年龄，也就是说某地层从形成到现在一共经历了多少年。如地球的年龄是45亿年，就是绝对地质年代。绝对地质年代是用同位素测定的，所以又称同位素年龄。

（2）相对地质年代 在实际地质工作中，我们并不一定需要了解每一岩层形成的准确年代，而只要知道它们之间的相对新老关系，就可以使问题得到解决。这种用来表示地层相对新老关系的方法，叫相对地质年代。

在油气田勘探工作中，对地层的研究是搞清工区沉积发育史、构造发展史及油、气生成和分布规律的基础。而研究地层的首要任务就是确定地层的地质年代。

二、地质年代及地层单位的划分

1. 确定地层地质年代的方法

（1）地层相对地质年代的确定 确定地层相对地质年代，主要根据以下两条基本原理和定律：

①地层层序律。地层自形成以后，若未经变动，则老的地层在下，新的地层在上，称为地层层序律。这对地壳运动影响轻微的水平岩层及微倾斜岩层是行之有效的。然而，由于剧烈的地壳运动，会使岩层产生强烈褶皱、断裂、甚至倒转，从而破坏了地层的正常层序。这

时，就需要进一步借助古生物及岩石学等方法，才能做出正确的判断。

②生物层序律。 仅仅生存于地史时期的生物叫古生物。保存于地层中的古生物的遗体或遗迹称为化石。古生物的骨骼、甲壳等硬体部分被沉积物掩埋后，以沉积物中的水作为介质，被碳酸钙（ CaCO_3 ）、二氧化硅（ SiO_2 ）等矿物质逐步将其交代、充填，即逐步转变为石质的化石，并保持原来生物组织的特点。肌肉等软体部分一般只能形成印痕或被氧化腐烂，不留下痕迹。

地球上的生物是从无到有，从简单到复杂，从低级向高级发展演化的。生物的演化即具有不可逆性，又具有阶段性。所以，一定种类的生物或生物群总是埋藏在一定时代的地层里，地层时代愈老，其中的生物愈简单、愈低级、愈原始，地层时代愈新；其中的生物愈复杂、愈高级、愈与现代的生物相似。而相同地质年代的地层里必定保存着相同或近似种属的化石或化石群，这种关系叫生物层序律。这样就可以根据化石来确定地层的地质年代。但并非所有化石都具有相等的价值，只有那些演化较快、存在时间短、分布较广泛、特征较明显的生物化石，才是鉴定地质年代最有价值的化石，这样的化石叫标准化石。因此，化石尤其是标准化石是鉴定地层时代的重要依据。

（2）地层绝对地质年代的确定 地层绝对地质年代的确定，是根据岩石中所含放射性元素具有恒定的蜕变速度来测定的。任何一种岩石及其中的矿物从其形成开始，所含放射性元素（称母体）即开始蜕变，如无特殊的地质作用影响，蜕变产物（子体）仍保存于岩石的矿物之中。用精密的方法测定岩石、矿物中放射性同位素（母体）和蜕化产物（子体）的含量，即可推算该岩石和矿物已经形成了多少年。

这种方法对缺少古生物化石的哑地层的年龄确定，有着特别重要的意义。

2. 地层及地质年代单位的划分

在整个地史过程中，地壳上的整个有机界和无机界的发展都遵循着一个普遍的规律，那就是事物发展的不可逆性和阶段性。正象人类社会的发展一样，从原始社会到共产主义社会是一个不可逆转的发展过程。同时，它又可分为原始社会、奴隶社会、封建社会、资本主义社会、社会主义社会等不同的阶段。

正象人类社会一样，地壳发展的全部历史，按照古生物发展的不同阶段，人们把全部地史分成了五个大的阶段，即太古代、元古代、古生代、中生代和新生代。每个代又分成几个纪，每个纪又分成几个世，世还可以进一步细分。

而代表全部地史的天然物质记录——全部层层重叠的地层，也可以根据其中的古生物特征分成五个大的与代相对应的层段，即太古界、元古界、古生界、中生界和新生界；每个界又分成与纪相对应的几个系，每个系又分成与世对应的几个统，统还可以进一步细分。

地层单位与地质年代单位的对应关系如下：

地层单位	地质年代单位
界.....	代
系.....	纪
统.....	世
阶.....	期

由于各个界（或系）的形成时间有长有短，因此各代（或纪）只是相对地质年代单位，而不是绝对地质年代单位。

(1) 地质年代单位 用以划分地球历史的单位称为地质年代单位。地质年代单位由代、纪、世、期四个级别和一个自由使用的时代单位“时”组成。其中代、纪、世是国际上通用的国际性时代单位，期是大区域性的时代单位，而时则是地方性的时代单位。

代：是最大的时代单位。一个代相当于形成一个界的地层所经历的时间。代的名称与界的名称相对应，如太古代沉积的地层叫太古界。

纪：是第二级时代单位。代分为纪，纪是代的一部分，代表形成一个系的地层所经历的时间。纪有专名，如寒武纪、奥陶纪、志留纪等。

世：是第三级时代单位，是国际地质年代表中的最小单位。一个纪分为三个或两个世。世是纪的一部分，相当于形成一个统的地层所经历的时间。世的名称是在纪的名称前加早、中、晚等字样构成。三分的纪分为早、中、晚三个世，两分的纪分为早、晚两个世。如寒武纪分为早寒武世、中寒武世、晚寒武世，二叠纪分为早二叠世，晚二叠世等。

期：是全国性的或大区域性的地质时代单位。世分为期，期是世的一部分，相当于形成一个阶的地层所经历的时间。期的名称与阶的名称相对应，如长山期、凤山期等。

时：时和时期、时代、时候等，都不是专有的时间单位。可以表示与任何地方性地层单有的时间，以及其他任何时间。

(2) 地层单位 划分地层的单位称为地层单位。地质年代各阶段的划分是与地层单位的划分相应的，二者是一致的。地层单位除界、系、统、阶外，还有群、组、段、带等地方性的地层单位，它们分别代表某一定地质年代中的地层。

界：是国际通用的最大的地层单位，代表一个“代”的时期内形成的地层。界有界名，如古生代形成的地层叫古生界。

系：是国际通用的第二级地层单位。界分为系，系是界的一部分。它是纪的时间内形成的地层。系有系名，如寒武系，侏罗系等。

统：是国际通用的第三级地层单位。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，如侏罗系分为上侏罗统、中侏罗统、下侏罗统；二叠系分为下二叠统、上二叠统。也可以叫侏罗系下统、侏罗系中统、侏罗系上统；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，这只是一种例外。

阶：是全国性或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，如凤山阶、长山阶等。阶的专名只适用于某个生物地理区。

以上所述的界、系、统、阶四级地层单位，主要是根据生物的发展演化阶段来划分的，适用范围较广，是国际性或全国性及大区域性的地层单位，通常又称为生物地层单位或时间地层单位。但有时地层中生物化石很少，很难根据古生物进行地层的划分，这时则主要根据地层岩性特征和接触关系来进行地层单位的划分，称为岩石地层单位，如群、组、段、杂岩等。这类地层单位适用范围较小，故又称地方性地层单位。

群：是最大的地方性地层单位，包括一套厚度较大、岩性组成较复杂但沉积条件又相似的岩层。其规模通常相当于一个统，它既可以小于统，也可以大于统，有时与系相当或更大，如泰山群、胶东群等。一般用地理名称来命名。

组：是地方性的第二级地层单位，也是最基本的地层单位。组一般由一种岩性组成，也可以由某一种岩石为主而兼有夹层。同一个组往往具有统一的岩相、岩性和变质程度。其规模一般相当于阶或略小于阶，有时可大于阶甚至相当于统。组多用地理名称命名，如东营组、沙河街组等。

段：组有时可分为段。段是小于组的地方性三级地层单位，一般由一种岩石组成。可用其岩性名称来命名如砂岩段、黑云母片岩段等。也可以不给专门名称，而直接叫做某某组第一段、某某组第二段等，如沙河街组第一段、沙河街组第二段。

地层单位和地质年代单位的对应关系见表1—1。

(3) 地层代号 为了叙述和作图等工作上的方便起见，地层系统的各个单位都可以用国际统一规定的符号来加以表示。如太古界以“Ar”表示，古生界以“Pz”表示，寒武系以“C”表示，白垩系以“K”表示等等。这种用以表示单元的符号称为“地层代号”。

表1—1 地层单位和地质年代单位对照表

使用范围	地 层 单 位	地 质 年 代 单 位
国际性的	界 系 统	代 纪 世
全国性的或 大区域性的	(统) 阶	(世) 期
地方性的	群 组 段	时(时代、时期)

除界和系的代号而外，统的代号一般是对应于下、中、上统，在系的代号的右下角加1, 2, 3字样的脚标组成，如下、中、上寒武统的代号即分别为 C_1 , C_2 , C_3 等。

阶的代号是在统的代号后面加阶名汉语拼音头一个正体小写字母，如同一统内阶各第一个字母重复时，则年代较老的阶用一个字母，较新的阶在头一个字母之后再加最近的一个正体小写声母。如上寒武统长山阶的代号是 C_3c ，凤山阶的代号是 C_3f 等等。

群的代号是在相应的界或系或统的符号后面加群名两个汉语拼音小写斜体字母。第一个为汉语拼音的头一个字母，第二个是拼音最接近的声母。如寒武系的水口群，其代号即为 C_3h 。

组的代号采用在系或统的代号后面加组名汉语拼音头一个小写斜体字母。同一统或系内组名第一个字母有重复时，则年代较新的组在头一个字母之后再加上最接近的一个小写斜体声母。如属下第三系的沙河街组，代号即为 E_s 。

地质年代见表1—2。

3. 地层接触关系

地层接触关系是地壳运动状况的直接反映。由于地壳运动的方式、快慢及强烈程度不同，形成了地层间各种不同的接触关系。主要有下列三种：

整合接触：上下两套地层是连续沉积的，其间无沉积间断。它反映了地壳运动的连续性和运动方式的单一性，一般是呈单一的沉降状态，基本上没有明显的上升活动。其特点是上

表1—2 地质年代表

地 层 系 统			地层代号			绝对年龄 (百万年)		主要地壳运动		构造阶段	
新 生 界	第四系	全新统	Kz	Q		0.025		—	喜马拉雅运动 I	喜马拉雅构造阶段	
		更新统		$\frac{Q_h}{Q_p}$		1					
	第三系	上第三系		R	N	N ₂	12	—	喜马拉雅运动 I		
		上新统			N ₁	28					
		中新统			E ₃	40					
		下第三系		E	E ₂						
		渐新统		E ₁							
始新统											
古新统											
中 生 界	白垩系	上白垩统 下白垩统	M ₂	K		60~67		—	燕山运动 V	燕山构造阶段	
				$\frac{K_2}{K_1}$			燕山运动 IV				
				K ₁			燕山运动 III				
	侏罗系	上侏罗统		J	J ₃	130~137	—				
		中侏罗统			J ₂						
		下侏罗统			J ₁						
	三叠系	上三叠统		T	T ₃	155~190	—	印支运动			
中三叠统		T ₂									
下三叠统		T ₁									
上 古 生 界	二叠系	上二叠统 下二叠统	Pz ₂	P		185~230		—	苏皖运动 (海西运动) 东吴运动	海西构造阶段	
				$\frac{P_2}{P_1}$							
	石炭系	上石炭统		C	C ₃	210~280	—				
		中石炭统			C ₂						
		下石炭统			C ₁						
	泥盆系	上泥盆统		D	D ₃	265~350	—				
		中泥盆统			D ₂						
下泥盆统		D ₁									
下 古 生 界	志留系	上志留统 中志留统 下志留统	Pz ₁	S		320~405		—	广西运动 加里东运动	加里东构造阶段	
				$\frac{S_3}{S_2}$							
				S ₁							
	奥陶系	上奥陶统		O	O ₃	360~440	—	太康运动			
		中奥陶统			O ₂						
		下奥陶统			O ₁						
	寒武系	上寒武统		€	€ ₃	440~500	—				
中寒武统		€ ₂									
下寒武统		€ ₁									
元古界	震旦系(上元古界) 下元古界	Rt	z(Pt ₂)		520~570		—	吕梁运动			
			Pt ₁		700~1000						
太古界				Ar		1800 2700		—	五台运动		

注：此表根据《地质时代与地层》，1978年11月版，原石油工业部地质勘探司编改。

下两套岩层产状互相平行、时代连续、岩性和古生物递变。

平行不整合接触(假整合): 上下两套地层的沉积不连续, 其间有沉积间断, 且两套地层岩性突变, 但产状无明显变化(图1—1)。它反映了地壳在相当大的范围内的均衡升降运动。

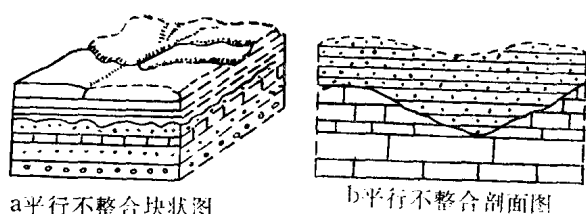


图1—1 平行不整合

的范围内曾经上升到水面以上遭受过风化剥蚀。而且有一定的期次, 每一期次都有一定的发生和结束时间。这就使得每一个不整合面都代表了一个可以在相当大范围内进行对比的, 前后时间大致相当的构造时期。因此, 可根据不整合面的存在进行地层对比。

角度不整合接触: 上下两套地层之间有沉积间断, 而且岩性突变, 产状呈明显的角度接触(图1—2), 它反映了地壳的不均衡上升与下降。地层中每出现一次不整合现象, 都反映了地壳的一次比较强烈的运动。无论是平行不整合还是角度不整合, 它们的不整合面都说明地壳在相当大

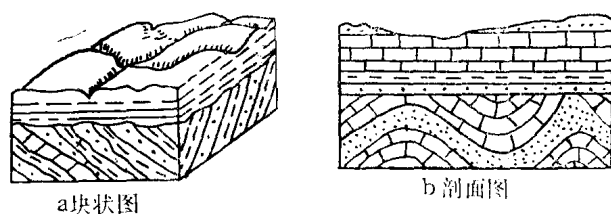


图1—2 角度不整合

第三节 地质构造

大量的生产实践已经充分证明, 油、气藏的形成与分布是受地质构造控制的。地质构造条件的好坏是能否形成油、气藏的重要因素。石油地质工作者研究地质构造的根本目的, 就是要将地质构造与油、气藏的关系搞清楚, 以便多快好省地寻找油、气藏, 为祖国的社会主义建设提供更多的能源和资源。

什么是地质构造? 它是怎样形成的?

地质构造就是地质体(如沉积岩、侵入岩体、矿体等)在地下埋藏的形状。

就石油地质研究的主要对象沉积岩而言, 大多数是在广阔的海洋和巨大的湖泊中形成的, 其原始产状基本上都是水平的, 仅在沉积盆地边缘, 或受其他的沉积条件影响可形成面部的原始倾斜。这些水平产状的岩石都是按着老的在下, 新的在上, 一层盖一层地沉积于地壳之中, 而且由于颜色、颗粒粗细、物质成分等原因使岩石显示了成层构造的特点。

但通常我们所见到的沉积层大多不是水平的, 而是出现了各种各样的变化。有的发生倾斜, 有的变得弯曲, 有的形成了断裂, 有的产生了错动, 甚至有的岩层出现了倒置现象, 新的在下, 老的在上等等。这就是说沉积岩层的原始产状和位置都发生了巨大的改变。是什么原因促使了这种改变呢? 是地壳运动。

地壳运动是指由内力引起的地球(壳)内部物质缓慢的机械运动。这种运动引起地壳岩层的改变而形成了各种各样的构造形态, 所以又叫构造运动。地壳内部的物质运动过去有, 现在有, 将来还会继续进行。无数的事例证明了地壳内部的物质运动是永恒的、普遍的。

地壳运动的基本类型有垂直运动和水平运动。垂直运动的方向与地球表面垂直, 或者说

物质运动的方向沿地球半径方向进行,运动特征表现为相邻地区相对地上升和下降,或者表现为同一地区上升下降交替进行。水平运动是平行于地球表面的运动,或者严格地说是物质沿大地水准球面的切线方向的运动。垂直运动、水平运动或者两种运动相结合是造成沉积岩层原始产状变化的根本原因。

由地壳运动所引起的岩层变形和变位的结果叫构造变动。而由重力、流水、冰川等外力作用引起的岩层变形和变位则叫非构造变动。

构造变动按其表现的主要形式分为两类:褶皱变动和断裂变动。

褶皱变动是指岩层经受地壳运动后,发生柔性变形,使岩层变成弯弯曲曲的形状,但仍能保持其连续完整性,如背斜和向斜。褶皱变动的形态就是通常所说的褶皱构造。

断裂变动是指岩层经受地壳运动后,发生脆性变形,产生断裂甚至错动,使岩层失去连续完整性,如裂缝、断层。断裂变动的形态就是通常所说的断裂构造。

褶皱变动和断裂变动二者之间有着密切的联系。往往是同时存在,相伴而生的。如背斜形成时,在顶部逐渐隆起的过程中,裂缝、断层也就逐渐产生。

综合前述,岩层由水平变为褶皱、断裂,其形态经历了由简单到复杂的过程。因而,在研究地质构造的过程中,必须遵循由低级到高级,由现象到本质,由特殊到一般的认识的发展过程,才能对地质构造各个方面有比较正确的认识。

一、倾斜岩层

倾斜岩层是指原来水平的岩层,由于构造运动的作用,发生了倾斜。倾斜岩层是最简单的构造变动形式,它可以是区域性的大单斜,但更多的是构造的一部分。如某些褶曲的两翼、断层的两盘等(图1—3)。

倾斜岩层在地壳中大量分布,随处可见,研究倾斜岩层是研究地质构造的基础。

1. 倾斜岩层的产状要素

为了确定任意一套倾斜岩层的空间位置,通常采用岩层的走向、倾向和倾角表示。走向、倾向、倾角被称为岩层的产状三要素(图1—4)。

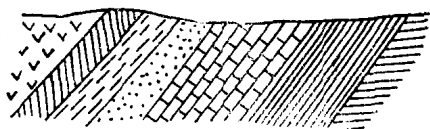


图1—3 倾斜岩层

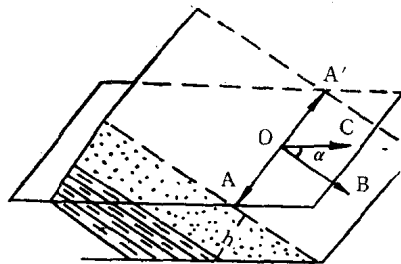


图1—4 倾斜岩层的产状要素

倾斜岩层面与水平面的交线AA'叫走向线,走向线的方向即为岩层的走向,它指示了岩层在空间的水平延伸方向。走向线可有无数条,但走向只有两个值,二者相差 180° 。走向可用方位角表示。

在倾斜岩层层面上,垂直于走向“AA'”的直线OB叫岩层的倾斜线。OB线在水平面上的投影OC所指的方向叫倾向。任何一个岩层面只有一个倾向,也用方位角表示。

倾向线与其水平投影夹角 $\angle BOC$ 叫岩层的倾角。它是岩层面最大的倾斜角。

2. 倾斜岩层产状要素的确定

确定倾斜岩层的产状要素可以用罗盘在地层层面上直接进行测量,也可以在地质图上间

接的求得。这里仅介绍用三点法求产状要素的方法。当罗盘的测量已不能进行时，用三点法求产状尤为方便，而且简单易行。

三点法求产状要素，是利用几何学上的三点决定一个平面的原理。只要知道了同一层面上三个点的高度，便可用作图法求得产状要素。

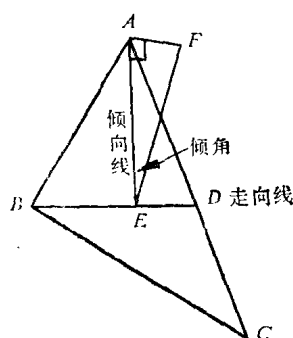


图1—5 三点法求岩层产状要素

已知同一岩层面有A, B, C三点，它们的标高分别是A点30m, B点20m, C点10m。将A, B, C三点联成三角形，在高差最大的AC之间找出标高与B点同高的D点，联结BD线即为岩层的走向线（图1—5）。

D点的位置可以通过计算求得：

因为

$$\frac{B\text{的标高}-C\text{的标高}}{A\text{的标高}-C\text{的标高}} = \frac{CD}{AC}$$

代入标高数字即为

$$\frac{20-10}{30-10} = \frac{1}{2} = \frac{CD}{AC}$$

得

$$CD = \frac{1}{2} AC$$

自A点作BD的垂线AE，即为岩层的倾向线。

自A点作AF垂直于AE，取AF线段等于A, E二点之高差（10m），联结EF，则∠AEF即为岩层的倾角。然后，在图上直接量出岩层的产状要素。

三点法是比较常用的方法。具体作图时须注意的是：三点的距离不宜太远，太远了岩层产状可能变化，致使求出的产状要素不准确；三点之间不能有断层穿过，否则所求产状要素亦不能代表岩层的真实产状。

二、褶皱构造

地壳中的沉积岩层在构造运动的影响下，改变了原始产状，使水平岩层变成了各式各样的弯曲形状，但未丧失其连续完整性，这样的构造称为褶皱构造。

褶皱构造与油、气藏的形成有着极为密切的关系。特别是在背斜构造中，常常储藏有丰富的油、气。因而，背斜构造也就常常成为勘探工作的主要对象。为要准确而迅速地找到油、气藏，充分地了解褶皱构造的基本特征是极其必要的。

1. 褶皱构造的基本类型

褶曲是褶皱构造的基本单位，它是岩层的一个弯曲。褶皱是两个或两个以上的褶曲的联合。褶曲是地壳中广泛发育的构造形态，在石油勘探工作中，对褶曲的研究是最基本的工作之一。

褶曲的基本类型可分为背斜褶曲、向斜褶曲两种，它们互相依存，共存于一个统一体中。也就是背斜褶曲之旁必有向斜褶曲，向斜褶曲之旁必有背斜褶曲。正因为有背斜褶曲的存在，才显出向斜褶曲，有向斜褶曲的存在，才显出背斜褶曲（图1—6）。

背斜是核部由较老的岩层组成，翼部由较新的岩层组成，新岩层对称重复出现在老岩层的两侧。横剖面上的形态是向上弯曲（如图1—6所示）。向斜与背斜相反，核部由新岩层组成，翼部由老岩层组成。老岩层对称重复出现在新岩层两侧，在剖面上的形态是向下

弯曲。

实际工作中，不能简单地仅仅根据形态向上弯曲或向下弯曲来区别背斜或向斜，而必须根据两翼产状确定其为褶皱岩层，进而依据核部、翼部岩层的新老关系，确定是背斜或向斜。

2. 褶皱构造与石油的关系

褶皱构造是油、气聚集的主要场所。世界上大多数的油、气田都是在褶皱构造中发现的，特别是背斜构造中发现的。在含油、气区，一个背斜就可能成为一个油、气田。因背斜构造在含油区不是孤立地存在的，往往是成组成群出现的，故当在一个构造上发现油、气田以后，常可在相邻其他构造上找到油气田。

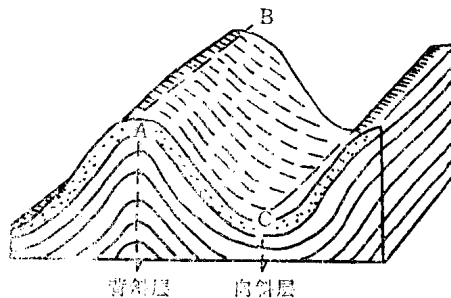


图1—6 背斜和向斜

在含油、气区还广泛地分布着另一类不可忽视的构造，这就是鼻状构造。一个鼻状构造实际上是一个倾伏褶曲，其枢纽一端倾伏，一端抬起，构造等高线不闭合，不利于油、气的聚集。但枢纽抬起那一端如为断层切割或岩性变化，形成封闭条件，亦可成为油、气聚集的场所。鼻状构造广泛分布于凸起与凹陷中心的过渡带，离生油区近，当油、气运移时，它具有更为优越的条件，只要其他条件具备，便可形成油、气藏。

褶皱构造与油、气的关系是极其密切的，但并不是凡有良好构造条件的地方都可以找到油、气田。实践证明，有供油区，有良好的构造条件，保存条件也很好，有时钻探也会落空。如某长垣旁边的某构造，它与长垣同时处于有利的区域构造位置，但钻探结果证实，长垣上的各个构造均有工业油、气流，而此构造却不含油。通过对构造发展史的研究，认识到某长垣之所以含油，而另一构造不含油，是因为它们形成于不同的构造发育阶段。某长垣上的局部构造形成于燕山构造期的中期，另一构造则形成于晚期，而区域性的油、气运移结束于中期。因另一构造形成时间晚，且隆起幅度较低，所以不能形成工业性油、气流。可见，褶皱构造形成的早晚与油、气聚集密切有关。那些早形成的或与生油期同时形成的构造，是最有希望获得工业油、气流的构造。同沉积背斜就是这类早期形成构造的一种。

同沉积背斜（又称为狭义的古构造）是在盆地普遍相对下降的背景上，因局部范围下降缓慢而显示为相对上升，在边上升隆起，边接受沉积的过程中形成的背斜。同沉积背斜受沉积分异作用、沉积补偿作用、水下冲刷作用的影响，使构造范围内岩层厚度、岩性、接触关系等出现一系列与其他构造不同的变化。

厚度变化是同沉积背斜的最主要特征。同一岩层的厚度在背斜顶部变薄，隆起的幅度越大，减薄现象越明显，甚至出现地层缺失，而向两翼岩层则逐渐加厚。

厚度变化决定于背斜相对隆起的速度和幅度。如果背斜隆起的速度慢于盆地下降的速度，那么构造顶部仍处于下沉状态，在盆地普遍接受沉积的基础上，因构造顶部相对较高，所以出现构造顶部地层厚度变薄的现象；随着隆起速度加剧，超过盆地下降速度，其顶部厚度变薄现象越加明显，甚至使构造顶部露出水面，遭受风化和剥蚀；如果在某一时期，古隆起的活动期相对稳定或很微弱，在构造范围以内的沉积作用得到同样的补偿，此时地层厚度没有或仅有很小的变化。可见，地层厚度的变化及地层接触关系是反映同沉积背斜发生、发展的重要标志。

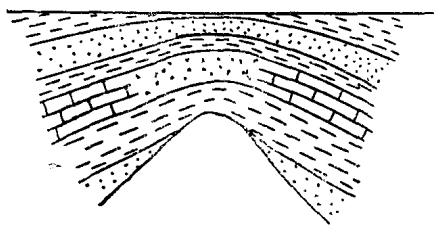


图1—7 同沉积背斜

使顶部和翼部的岩性有明显的变化。在砂泥岩沉积区，背斜顶部可能是较粗的砂岩，翼部为较细的砂岩或砂质泥岩、泥岩；在碳酸盐岩发育地区，由翼部至顶部，碎屑灰岩逐渐增加，构造顶部主要是鲕状灰岩，生物碎屑灰岩，甚至出现砾状灰岩。原生及次生孔隙均较发育，具良好的储油物性。显然，可将岩性由翼部至顶部变化的特征作为判断同沉积背斜存在位置的标志（图1—7）。

由于背斜所处的较为特殊的水下环境，水动力条件活跃，故在背斜顶部范围内，常形成水下冲刷、波痕、交错层理、角砾、泥裂等原生构造，有时还会出现水下滑动构造，浊流沉积。

同沉积背斜的各种特点及变化，是由于在盆地内古隆起相对活动这一根本原因所决定的。就其发展历史来看，任何一个同沉积背斜都不是简单、机械地演变而成。后期的构造运动，可使早期形成的同沉积背斜受到改造甚至受到破坏，以至今构造与古构造形态面目全非。

同沉积背斜对于油、气藏的形成比其他构造具有更为有利的条件。油、气藏的形成除了要有丰富的油、气来源以外，还应当具备两个必要的条件：一是良好的构造；二是良好的储集层。同沉积背斜完全具备了这两个条件。

现代研究认为，盆地中的油、气运移发生于生油过程的同时，即有机质转化成石油后就开始了逐渐运移，运移出来的油、气会首先聚集在最早形成的构造之中，待这些构造装满之后，有剩余的油、气才可能运移到其它构造聚集。显然，在沉积过程中形成的同沉积背斜与其他构造相比较，对形成油、气藏来说具有更大的优越性。

因同沉积背斜的岩性有特殊的变化规律，一般地说其储油性能较好，特别在其顶部。顶部的岩性较粗，分选较好，渗透性较好，是储集油、气的良好空间。

综上所述，同沉积背斜因为具有特别优越的储集条件，所以在勘探工作中就应当引起特别的重视。

三、断裂构造

断裂是指岩层受力后发生了脆性变形，而丧失了岩层原有连续完整性的一种构造。

断裂构造可分为两大类：沿断裂面两边的岩层未发生明显的相对位移的称裂缝；沿断裂面两边岩层发生了明显的相对位移的称断层。这里只介绍断层。

断裂是指岩层在地壳运动的影响下，发生了破裂，并沿破碎面有显著位移的构造现象。断层在地壳中的分布相当广泛，其规模大小不一，延伸长度从几米到数千公里，断距从几米到数千米。断层的发生、发展与褶皱之间在时间上、空间上都有着成因上的联系。深大断裂对于区域地质构造有明显的控制作用。

断层与油、气的关系有两重性，一方面使油、气藏受到破坏；另一方面断层在适当的条