

石油物探地质基础



华东石油学院勘探系

1976年10月

第一章 地球的形状，大小及主要物理性质

- 第一节 地球的形状、大小
- 第二节 地球的主要物理性质
 - 一、地球的质量、密度和压力
 - 二、地球的重力及重力异常
 - 三、地球的磁性及地磁异常
 - 四、地球的热性
 - 五、地球的弹性
- 第三节 地球的內部构造
 - 一、地壳
 - 二、地幔
 - 三、地核

第二章 主要造岩矿物

- 第一节 地壳的化学成分
- 第二节 矿物
 - 一、矿物的形状、物理性质
 - 二、主要矿物的特征

第三章 岩浆作用及岩浆岩

- 第一节 岩浆的概念
 - 第二节 岩浆的喷发作用及喷出岩类
 - 第三节 岩浆的侵入作用及侵入岩类
 - 第四节 岩浆岩的结构和构造
 - 第五节 岩浆岩的矿物成分及分类
- 第四章 外力地质作用及沉积岩
- 第一节 沉积岩形成过程

- 一、母岩的破坏
- 二、沉积岩原始物质的搬运和沉积
- 三、沉积物的成岩作用

第二章 沉积岩的分类

第一节 碎屑岩的分类及特征

- 一、碎屑岩按碎屑粒径分类
- 二、碎屑岩的成分及成分分类
- 三、碎屑岩的构造
- 四、碎屑岩与石油的关系
- 五、碎屑岩的观察描述要求

第二节 粘土岩的分类及特征

- 一、粘土岩的构造及粘土岩的分类
- 二、粘土岩的物质成分
- 三、粘土岩的颜色
- 四、粘土岩的结构
- 五、粘土岩与石油的关系
- 六、粘土岩的观察描述要求

第三节 碳酸盐岩的分类及特征

- 一、碳酸盐岩的物质成分及分类
- 二、石灰岩类
- 三、白云岩类
- 四、碳酸盐岩的构造
- 五、碳酸盐岩与石油的关系
- 六、碳酸盐岩的观察描述要求

第五章 沉积相

第一节 相的纵、横向变化

第二节 陆相

- 一、河流相
- 二、湖泊相
- 三、沼泽相

第三节 海相

一、滨海相

二、浅海相

三、半深海——深海相

第六章 变质作用及变质岩

第一节 变质作用和类型

第二节 变质岩的结构和构造

一、变质岩的结构

二、变质岩的构造

第三节 最常见的变质岩

第七章 地层

第一节 地质时代及地层单位

一、化石的概念

二、地质时代和同位素年龄的概念

三、地层单位的划分和符号

第二节 岩层和地层的概念

第三节 地层间的接触关系

第四节 岩层与沉积岩的接触关系

第五节 地层划分和对比的概念

一、岩石地层学方法

二、生物地层学方法

三、地球物理测年法

第八章 局部构造

第一节 构造运动和构造变动

一、构造运动和构造变动的概念

二、岩石受力的变形

第二节 褶皱运动

一、褶皱的概念

- 二. 褶皱的基本要素
- 三. 褶皱的分类
- 四. 褶皱的组合形态
- 五. 褶皱研究中的问题

第三节 断裂变动

- 一. 裂隙和断层的概念
- 二. 断层的要素
- 三. 断层的分类
- 四. 断层的组合
- 五. 深断裂带
- 六. 断层与不整合的区别

第九章 区域构造

第一节 中国地势的基本特征

第二节 地槽和地台的概念

- 一. 地槽的概念
- 二. 地台的概念
- 三. 中国地壳
- 四. 中国的地槽和地台

第三节 关于地槽的探讨

第四节 大陆棚简介

- 一. 大陆棚的成因假说
- 二. 大陆棚及其科研资源条件
- 三. 大陆棚区的构造特征

实验一. 地层的划分和对比

实验二. 读地质图

实验三. 编制构造图

实验四. 读断层地区地质图

第一章 地球的形状，大小及主要物理性质

- 第一节 地球的形状、大小
- 第二节 地球的主要物理性质
 - 一、地球的质量、密度和压力
 - 二、地球的重力及重力异常
 - 三、地球的磁性及地磁异常
 - 四、地球的热性
 - 五、地球的弹性
- 第三节 地球的内部构造
 - 一、地壳
 - 二、地幔
 - 三、地核

第二章 主要造岩矿物

- 第一节 地壳的化学成分
- 第二节 矿物
 - 一、矿物的形状、物理性质
 - 二、主要矿物的特征

第三章 岩浆作用及岩浆岩

- 第一节 岩浆的概念
 - 第二节 岩浆的喷发作用及喷出岩类
 - 第三节 岩浆的侵入作用及侵入岩类
 - 第四节 岩浆岩的结构和构造
 - 第五节 岩浆岩的矿物成分及分类
- 第四章 外力地质作用及沉积岩
- 第一节 沉积岩形成过程

- 一、母岩的破坏
- 二、沉积岩原始物质的搬运和沉积
- 三、沉积物的成岩作用

第二章 沉积岩的分类

第一节 碎屑岩的分类及特征

- 一、碎屑岩按碎屑粒径分类
- 二、碎屑岩的成分及成分分类
- 三、碎屑岩的构造
- 四、碎屑岩与石油的关系
- 五、碎屑岩的观察描述要求

第二节 粘土岩的分类及特征

- 一、粘土岩的构造及粘土岩的分类
- 二、粘土岩的物质成分
- 三、粘土岩的颜色
- 四、粘土岩的结构
- 五、粘土岩与石油的关系
- 六、粘土岩的观察描述要求

第三节 碳酸盐岩的分类及特征

- 一、碳酸盐岩的物质成分及分类
- 二、石灰岩类
- 三、白云岩类
- 四、碳酸盐岩的构造
- 五、碳酸盐岩与石油的关系
- 六、碳酸盐岩的观察描述要求

第五章 沉积相

第一节 相的纵、横向变化

第二节 陆相

- 一、河流相
- 二、湖泊相
- 三、沼泽相

第三节 海相

一、滨海相

二、浅海相

三、半深海——深海相

第六章 变质作用及变质岩

第一节 变质作用和类型

第二节 变质岩的结构和构造

一、变质岩的结构

二、变质岩的构造

第三节 最常见的变质岩

第七章 地层

第一节 地质时代及地层单位

一、化石的概念

二、地质时代和同位素年龄的概念

三、地层单位的划分和符号

第二节 岩层和地层的概念

第三节 地层间的接触关系

第四节 岩层与沉积岩的接触关系

第五节 地层划分和对比的概念

一、岩石地层学方法

二、生物地层学方法

三、地球物理地层学方法

第八章 局部构造

第一节 构造运动和构造变动

一、构造运动和构造变动的概念

二、岩石受力的变形

第二节 褶皱运动

一、褶皱的概念

- 二. 褶皱的基本要素
- 三. 褶皱的分类
- 四. 褶皱的组合形态
- 五. 褶皱研究中的问题

第三节 断裂变动

- 一. 裂隙和断层的概念
- 二. 断层的要素
- 三. 断层的分类
- 四. 断层的组合
- 五. 深断裂带
- 六. 断层与不整合的区别

第九章 区域构造

第一节 中国地势的基本特征

第二节 地槽和地台的概念

- 一. 地槽的概念
- 二. 地台的概念
- 三. 中国地壳
- 四. 中国的地槽和地台

第三节 关于地槽的探讨

第四节 大陆棚简介

- 一. 大陆棚的成因假说
- 二. 大陆棚及其科研资源条件
- 三. 大陆棚区的构造特征

实验一. 地层的划分和对比

实验二. 读地质图

实验三. 编制构造图

实验四. 读断层地区地质图

第一章 地球的形状、大小及主要物理性质

第一节 地球的形状、大小

伟大领袖毛主席指出：“世界是无限的。世界在时间上，在空间上都是无穷无尽的。在太阳系外有无数的恒星，它们组成银河系，银河系外又有无数的银河系。宇宙从大的方面看来是无限的。宇宙从小的方面看来也是无限的。”地球是宇宙中的一颗星球，是太阳系中的一个成员。在天空中，除太阳系的成员外，人们用肉眼可观察到约 6000 颗恒星，用简单的双筒望远镜可见到几十亿颗恒星。现代天文观察指出，仅在银河系中象我们这样的太阳恒星就多至大约 1500 亿颗。

地球究竟是一个什么形状的天体，则是一个比较难于确定的问题，因为它不是一个简单的几何形体。地球有着复杂的、不规则的形体而固有的形状，故称之为“地球体”或“大地水准体”。这个形状是由大洋的水面、和假想到处均通大陆并与海洋相连的运河水面构成的表面来作标准。从地球体表面任何一点作切线都将垂直于重力线。

根据多次测量结果，国际上公认的地球体具有如下参数：

赤道半径 (a) 6378.245 公里

极半径 (b) 6356.863 公里

平均半径 6371.110 公里

地球扁平率 ($\frac{a-b}{a}$) $\frac{1}{298.3}$

子午线圆周长 40008.550 公里

表面积 5.10×10^8 公里²

体积 1.083×10^{12} 公里³

现已查明，地球的赤道也不是一个圆，而是一个椭圆，故地球体形状，接近于一个三轴地球体。但地球并非像地球体那样有着光滑的表面，地球表面海洋佔 3.61 亿平方公里，海底地

形极为复杂！那里有山脉（或海脊）和海沟（水深大于6000米的地方叫海沟或海槽），有前缘和盆地。现在测得最深的地方是西太平洋中的马利亚纳海沟，水深达11022米，陆地佔1.49亿平方公里，由于暴露于大气之中，受各种地质因素的影响，地形更为复杂。山脉间最高峰为珠穆朗玛峰，高8882米。

第二章 地球的主要物理性质

伟大的列宁同志指出：“按照唯物辩证法的观点，自然界的变化，主要也是由于自然界内部矛盾的发展。”地质中的物质分布和构造将岩石及各种类型的矿产的形成和分布规律，无一不是由于自然界内部矛盾的发展。但对地球内部来说，研究更为困难。而勘探井最深也就是8000米，由于地球上地壳力的变动，也只能局限在16公里的范围内，对揭露出的岩层进行直接观察研究。现代火山的高度，深达20~60公里，可以提供重要的资料，但其分布有局限性，就其推断的范围还不到地球半径的 $1/100$ ，至于地球的绝大部分，就没有直接观察的资料了，只能根据其他方法的研究结果进行推断，其中地球物理方法提供了重要的资料，地球的主要物理性质如下述。

一、地球的质量、密度和压力

根据万有引力定律测定的地球质量为 5.98×10^{27} 克。

在已知地球的质量和体积条件下，计算出地球的平均密度为5.52克/厘米³，这一数值显然大大地超过了地球表面岩石的平均密度2.67克/厘米³。若考虑到地表上被密度为1.03克/厘米³的海洋水所淹没的情况，则地表物质的平均密度将更小，这样看来，地内深处必然存在有密度大于5.52克/厘米³的物质。

根据地震波的传播与密度和弹性系数间的关系，计算得出地球内部密度的变化确实是随深度而增加，但不是单调地有规律地增加，而是在某些深度：如2898公里和5120公里有飞跃地增加。新证据证明地心的密度可达17.2克/厘米³。

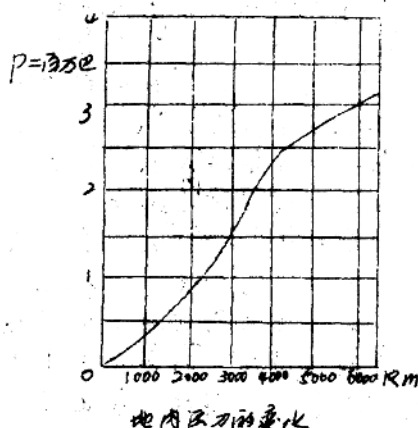
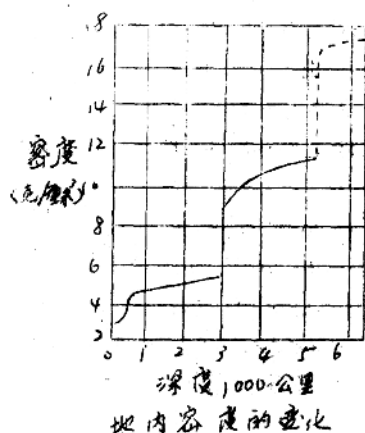
地球内部的密度分布情况

深度(公里)	密度(克/厘米 ³)	深度(公里)	密度(克/厘米 ³)
33	3.32	5000	11.54
400	3.63	<5120	(1.42)
800	4.49	>5120	(16.8)
<2898	5.68	6370	17.2
>2898	9.43		

随着地球密度的增加，由于上盖岩石重量影响，压力便愈深愈大。根据不同深度可计算出在不同深度单位横截面积上的压力，至地心可达300万大气压。

地球内部的压力

深度(公里)	压力(大气压)	深度(公里)	压力(大气压)
10	2700	3200	1.677.900
30	8100	4000	2.260.100
800	296.100	4800	2.763.600
1600	592.200	5600	2.961.100
2400	1.085.700	6370	3.059.700



二、地球的重力及重力反常

地球上任何物体都受到重力的作用。我们周围最常见的自由落体运动和物体的重量都是重力作用的直接体现。地球表面的重力为地球向心力与离心力的合力。向心力遵循着万有引力定律。离心力由于地球绕轴旋转而产生的。在赤道上地球半径最长，而离心力又大，故重力加速度由赤道向着两极是逐渐加大的。赤道上最小为 978.049 厘米/秒²，在纬度 45° 地方为 980 厘米/秒²，至两极则增为 983.235 厘米/秒²。地球表面上任何一处的重力值都可根据理论计算求得。此值称为正常重力值。

一地区的重力值与当地的地质构造、岩石密度有着密切的关系。由于构成地壳的岩石各地并不相同，密度大，相差很大，构造形态也不一致，因此实测中所得数值往往和理论上计算出来的不同，任何一处的重力观测值与正常重力值的差叫做重力反常（或重力异常）。在密度较大的物质分布地带，如在铜、铅、锌、铁等金属矿区，实测重力值总大于理论上的正常值，我们把它叫做“正反常”。如小于正常值时，如在石油、煤、石膏等密度较小物质分布地区，叫做“负反常”。地球物理勘探上的重力勘探就是根据这个原理，利用重力仪来进行测量，在寻找石油和金属矿床及了解基岩起伏情况，构造形态都起了很大的作用。

三、地球的磁性及地磁反常

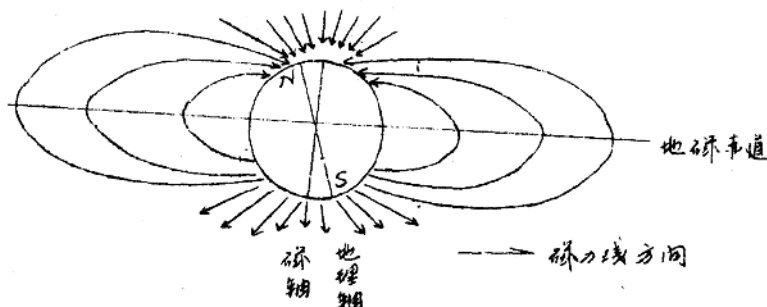
地球具有磁性，好像一个巨大的磁铁，我们的祖先在公元前 2000 年便利用了这一性质发明了指南针。

这个大磁体也和所有磁铁一样，具有一个磁轴和两个磁极。它们与地理上的轴和两极并不符合（见图）。磁北极位于北美的哈德逊湾西北的威尔士太子岛上，磁南极在南极大陆罗斯湾以西。由于地球两极不对称，所以磁轴也不通过地心。地球的磁性在地球周围成磁场。

地极和磁极的不相符合，使得磁针所指的方向并不是地理上的北和南。在地表，两磁极的连线叫磁子午线，这是相对于地理子午线而言的。两子午线既不符合，就说明二者间有一夹角，叫地磁偏角。对地理子午线说，可东偏或西偏。世界各地测得偏角是不一样的，在地图上把磁偏角相等的点连成线，叫

线“地磁等倾线”。

地球的地磁场示意图



磁针在离地磁两极近于相等的距离的位置上时，地磁两极对磁针的作用强度是相等的，因而磁针成水平状态，即磁针的倾斜度（倾角）为 0° ，但当磁针移向两极的任一方时，向着两极方向的磁针就倾斜下去，与水平面成一夹角，且此夹角越向两极越大，最大为 90° ，即磁针直立了起来。磁针与水平面的这一夹角叫地磁倾角。在地面上，把地磁倾角相等各点联结成线，叫做“地磁等倾线”。

地面上，常看到磁针所指南北方向与地磁子午线不一致或磁倾角与正常时数值不同，就是地磁反常现象，产生原因与地壳的复杂构造及含有铁矿或带磁性的岩石有关。地磁反常现象的研究对于勘探矿床分布及深处构造情况，尤其是地表深处铁、镍矿的勘探方面显得特别重要。地球物理中的磁法勘探就是利用这个原理。目前磁法勘探在寻找石油、天然气中也得到了广泛的应用，它发现了许多含油方面很有远景的构造。

四、地球的热性

伟大领袖毛主席说：“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”世界各国在从地球上获取各种能源为人类服务的实践中，现在在研究和利用一种新的能源，这就是地球的热能——地热。

决定地球热能的来源有二：即太阳热和地内深处的热。地球表面的温度主要受太阳热影响，由于岩石导热性低，地内热

转到地表是很有限的，只估计热 5%。地球所接受到的太阳热、但是太阳全部辐射能的 20 亿分之一，就是这一能量维持着地球上生物的活动和地壳表层中的一切地质作用的进行。但这些热量随纬度的不同而有差异，即使是同一纬度，也因地势的高低、海陆的分布、植被的性质和厚度以及当地气候变化等条件而不同。太阳照射的热量随昼夜和季节的更换也有变化。上述温度变化只影响到地表不很深的地方，一般在 15 米上下，再向深处的相当地段内温度经常不变，永久保持着当地的常年平均温度，这个地带称为“常温层”。

常温层以下，温度因受地内热的影响随深度而增加，这可以从矿井、钻井、温泉、火山等现象得到证明。垂直向下温度是有规律增加着，大致是每深 33 米（从常温层开始）增加 1°C ，此即地热增温级。

地热增温级只是在一定范围内才是有效的，有人根据岩石的膨胀系数、热容量和重力加速度求得地下 2600 公里深处的温度变化为 $0.3^{\circ}\text{C}/1000$ 公里，所以一般认为地心的温度不超过 3000°C 。

地热的研究对于了解地球内部的物质状态，地内热的来源具有重大的理论意义。地壳及其以下部分的地质作用在相当大的程度上与此热能有关，火山作用和地壳运动很可能就是由地壳下熔岩的移动和热能转变为动能等现象所引起的。在实际中对地热的利用也已经提到日程上了。在利用地热为人类服务时，就是要寻找地热在浅处集中的地热异常，地热是一项巨大的新能源，有人曾对地下热能的总量做过估计，如果把地下煤的全部储量所能放出的热能为 100，则地下热能则为煤的 1.7 亿倍，这也就难怪世界各国都在研究和利用地热了。

五、地球的弹性

固体物质都具有弹性，因而地壳中的岩石也具有一定的弹性，就整个地球来说也是具有弹性的。地震波是一种弹性波，可分为纵波和横波。

纵波：质点震动方向与波的前进方向相同，速度快为每秒 7—8 公里。在固体、液体和气体介质中均可传播。

横波：质点震动方向与波的前进方向垂直。速度慢为每秒

4.5—5公里，它不能在无体相液体中传播，只能穿过固体介质。

在固体物质中弹性波的传播速度与介质的弹性系数的平方根成正比，与密度的平方根成反比。如果地球内部是由均质物质组成的话，那么地震波的速度就随深度的增加作有规律的增长，这是因为在密度随压力增大的同时，弹性系数增大的更快。但实际情况并不是这样，而是在某一深度、与密度的变化一样，地震波发生突然的飞跃式的变化。这些地震的传播情况见表。

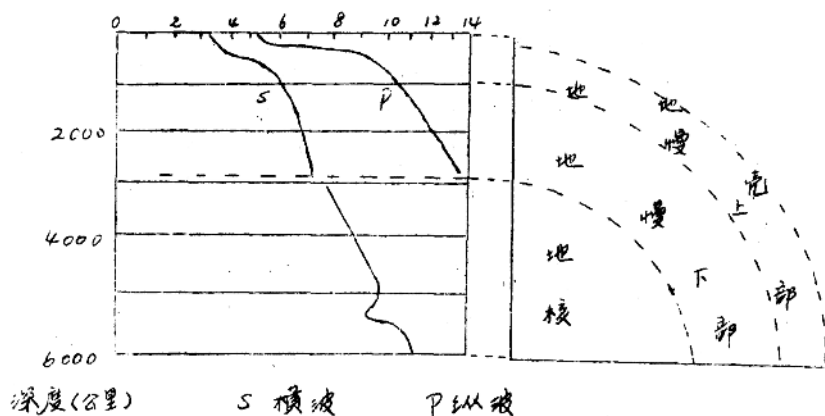
地震波的传播速度既与介质的密度和弹性系数有关，那么在地球内部不同的深度地震波由于压力和温度的不同，介质的状况和成分必然差异，这些则是反映地球不同的物质原因，因而也就成为我们推断地球深处物质时态和划分地球内部构造的依据。

2898公里以下不能传播横波的事实，应被认为那里不仅有不同的组成、而且还会是每一种物态。

地震波在地球内部的传播速度和位置

波速 介商	深度 (半径) (公里)	纵波(VP) (公里/秒)	横波(VS) (公里/秒)	地震界因名称
1	海面(6371) —20—(6351)	5.6 —6.4— 7.6	3.2 —3.7— 4.2	莫霍罗维奇不连续面
2	=35=(6336) 50~250 (6221~6121) 413(5958)	8.15 7.8-8.1 8.97	4.7 4.4	
3	—984—(5387)	11.42		
4	=2898=(3473)	13.60 8.10	7.3	
5	—5120—(1251) 6371 (中心)	10.44→(9.7) 11.16		玻恩堡不连续面

地球各层地震波速度图



第三节 地球的内部构造

从地球表面直到地球的核心，表现有一系列的地球物理性质的变化。地震波传播在某些深度上有明显的间断，其中有三个主要的间断，一个位于大陆下35公里，在海底下大致5公里，一个位于2898公里深处，为此，首先将地球内部分成了三部分，由外至内为地壳、地幔和地核。

一、地壳

从地面以下至35或70公里的深处属于地壳范围，这是地质学研究的对象。地壳厚度在各地不同，一般在海洋中薄些，而大陆上厚些。地壳的下限分界面称为莫霍洛维奇面（简称莫霍面）。

根据地壳不同深度的地球物理特性和物质组成，又分成了沉积岩壳、花岗岩壳和玄武岩层。

沉积岩壳是由各种沉积岩组成的，它主要分布于大陆部分，佔大陆表面积的75%，其下限一般为5公里，个别可达10-20公里。