

建筑工程勘察基本知识丛书

地质学基本知识

苏欲然 編



建筑工程出版社

建筑工程勘察基本知识丛书

地 质 学 基 本 知 識

苏 欲 然 編

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內 容 提 要

本書系建筑工程勘察基本知識叢書之一。內容主要講述地球的概貌、地壳的成分——化学成分、礦物的識別、主要造岩礦物以及火成岩、沉積岩、變質岩及其野外的鑑別方法；此外，還介紹了內、外力地質作用——風化作用、水的作用、風的作用以及層位要素、褶皺、新構造運動、地震等。最後還簡單的介紹了地球的歷史。

本書的內容比較全面、系統，文字通俗易懂。可供勘察部門的中、初級技術人員與工人閱讀，還可作為水文地質與工程地質訓練班的教材。

建筑工程勘察基本知識叢書

地質學基本知識

蘇欲然 編

1959年11月第1版

1959年11月第1次印刷

4,050 冊

850×1168 $\frac{1}{32}$ · 70 千字 · 印張 $2\frac{13}{16}$ · 定價(8) 0.34 元

建筑工程出版社印刷廠印刷 · 新華書店發行 · 書號: 1748

建筑工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

前 言

在党的建設社会主义总路綫的光輝照耀下，我国工农业生产取得了全面的特大跃进，大中小型工业遍地开花，因而勘察工作也得到了飞跃的发展。为了适应客观形势的需要，各地都先后培养了大批的勘察干部，目前他們迫切要求进一步了解与学习地質勘察方面的基本知識和經驗。特别是由于大鬧文化革命与技术革命，广大勘探工人也急需提高理論知識，为此，笔者特編写了这本小冊子。

本書是根据建筑工程部綜合勘察院水文地質与工程地質訓練班“工程地質”講义中的“地質学”部分編写而成的。本書編写过程十分仓促，更主要的是編者本人在地質方面也是一个初窺門徑的人，知識十分淺薄，因此書中內容难免有不妥和訛誤之处，敬請讀者予以指正。

付印前蒙邱靜同志撥冗校閱，并提出不少宝貴意見，謹致謝意。

編 者

1959年8月

緒 言

我們生活在地球上，因此一提到地球，大家對它都很熟悉。但是如果有人要問：“你了解地球嗎？”這個問題一定會引起大家進一步的思索：究竟對地球了解了多少，了解到什麼程度？同時可能還會提出不少問題來，象“地球形成了多長時間？”“地球是什麼東西組成的？”“地球上滄海桑田的變化是怎麼一回事？”等等諸如此類的問題。探索和研究這些問題的科學叫做地質學。

為什麼人們要去研究地球呢？和所有其他科學一樣，地質學也是隨着生產和生活的需要而發展的。人們為了滿足生產建設和生活上的需要，向地球要鐵、煤、石油等等。為了達到這個目的，因而要研究構成地球的各种岩石和礦物的特性，研究礦床的發育規律。

但是，研究地質學的目的不僅如此。因為我們要進行建設：興修水利、建堤壩、筑鐵路、蓋工廠、造住宅……，這一系列的工程建設都要求我們去研究土壤和岩石的特性以及有關的地質作用，以確保建築物安全無恙。

此外，我們為了解決供水和排水等問題，也常常要研究地下水和有關的地質條件。

因此，我們從事工業與民用建築的勘察工作者必須具備地質學的知識。

為了對初學工業與民用建築勘察工作的同志學習地質學的基本知識有所幫助，特編寫了這本小冊子。它介紹了地球的物理性質和構造、地殼的成分和識別岩石的常識，由地球內力和外力作用而引起的地質現象，最後還簡單地介紹了地球的歷史。

當然，在這本小冊子里不可能包括全部地質學的內容，只是其中的一小部分。但是，這本小冊子基本上把同工業與民用建築有關的地質學的基本知識介紹給了讀者，為大家進一步學習工業與民用建築工程地質勘察和水文地質勘察奠定了理論基礎。

目 录

緒 言

第一講 地球 (1)

1-1. 地球的形状 (1)

1-2. 地球内部的溫度 (2)

1-3. 地球的密度 (4)

1-4. 地球内部构造 (4)

1-5. 运动着的地球 (7)

第二講 地壳的成分——矿物 (9)

2-1. 地壳的化学成分 (9)

2-2. 矿物 (10)

2-3. 如何去識別矿物 (11)

2-4. 主要的造岩矿物 (14)

第三講 地壳的成分——岩石 (16)

3-1. 岩石的类别 (16)

3-2. 火成岩 (18)

3-3. 沉积岩 (23)

3-4. 变質岩 (27)

3-5. 岩石的野外鑑別 (30)

第四講 地壳外力的地質作用 (34)

4-1. 地質作用的概念 (34)

4-2. 风化作用 (35)

4-3. 地表水的作用 (38)

4-4. 冰川的作用 (53)

4-5. 地下水的作用 (57)

4-6. 块体移动 (61)

4-7. 风的作用 (62)

第五講 地壳內力的地質作用 (64)

5-1. 层位要素 (64)

5-2. 升降运动 (65)

5-3. 褶皱 (66)

5-4. 断层 (70)

5-5. 接触关系 (74)

5-6. 新构造运动 (75)

5-7. 地震 (77)

第六講 地史簡單介紹 (79)

6-1. 地史年代的計算 (79)

6-2. 地質时代 (81)

6-3. 地层地質时代的研究 (82)

第一講 地 球

1-1. 地球的形狀

地球，顧名思義，就可以想象出是一個球體。但是這個球體絕對不能用皮球來比擬，這是因為：

1. 地球並不是圓形的，嚴格地說，應該是一個橢球體。從現有的資料可知，地球的赤道半徑（長半徑）大約為6,378公里，而極半徑（短半徑）約為6,356公里。由於這兩個半徑的差數非常小，所以說地球是一個非常接近於圓球形的橢球體。

2. 地球的表面是凹凸不平的，有些地方是高山，如我國的珠穆朗瑪峯，海拔高度達8,882米；而有一些地方却是低洼的深淵，如菲律賓附近的海底深淵，深達10,830米。

地球周圍被大氣層所包圍着，全部大氣層的質量，估計約為 5×10^{15} 噸。這一層包圍在地球四周的大氣層，被稱為大氣圈。大氣圈通常分為三層，即：離地面7~17公里高的一層，叫對流層；對流層以上高到80公里左右，稱為同溫層；同溫層以上稱為離子層。

對流層內含有全部大氣圈物質的79%。水蒸汽幾乎完全集中於對流層內。因此雲霧雨雪的變化都在對流層內發生。對流層的溫度隨晝夜和季節的變化而變化，一般來說，平均每上升100米，溫度就要降低 $0.5 \sim 1^{\circ}\text{C}$ 。在10,000米的高度上，氣溫只有 -50°C 左右。由於溫度隨高度而變化，因而靠近地表的空氣因溫度較高而膨脹，升向上空；上空的空氣因遇冷而收縮，又往下沉。這樣便形成空氣上下對流和水平流動，其流動的結果，就形成了風。

同溫層的特點，是含有較多的臭氧（ O_3 ），由於臭氧有吸

收紫外綫的能力，因而使同溫層溫度逐漸上升，溫度約為 $+15^{\circ}\text{C}$ 。到80公里高度，又降到 -70°C 。在同溫層中空氣只作水平流動，幾乎沒有上下流動。

③ 離子層由極稀薄的氧和氮所組成。氧在離子層中，可以分離成獨立的原子而存在。

地球表面70%左右的面積為海洋所覆蓋，並且在陸地上分布着數量不等的地下水。因此，我們可以認為在地球的表面包有一層水，這一層水就是通常所說的水圈。當然水圈的厚度在不同的地方是有很大的變化的。

1-2. 地球內部的溫度

我國有很多溫泉，如有名的陝西臨潼華清池，其水溫達 50°C 左右，泉水清冽；又如北京湯山溫泉，泉水熱氣蒸騰，溫度達 $45\sim 55^{\circ}\text{C}$ ①。象這些溫泉，其水溫變化幾乎與季節變化沒有關係，即使是嚴寒冰雪之天，泉水依然是沸熱燙手。它四季溫熱，是什麼緣故呢？這就是因為地下深處的溫度比地面高，水流經過深處而增高溫度，再流到地面便成為溫泉。在山西大同附近約1,500年以前曾有個溫泉，正好說明這一點。據記載：“……黃水東注周武川（即桑乾河），又東歷故亭北，右合火山西溪水；水導源火山西北流，山上有火井，南北六七十步，廣闊丈許，源深不見底。炎熱上升，常若微雷發響，以草爨之，則烟騰火發。其東五六尺，又有湯井，廣輪與火井相狀，勢熱又同，以草納之則不燃……。”②這段記載中的湯井就是我們常說的溫泉。它正好說明大同附近的溫泉與火山有着極密切的關係，泉水從火山獲得了熱能。

上面這段記載同時也說明火山活動時溫度很高，否則就不會有“以草爨之，烟騰火發”的情況。從前人的另一些記載中，我們還可以找到類似的例子。例如對黑龍江省五大連池火山的記

① 章鴻釗：“中國溫泉輯要”，1956年。

② 酈道元：“水經注”，北魏後朝（公元五世紀末）。

載：“于康熙五十九年（1720年）六七月間，忽烟火冲天，其声如雷，晝夜不絕，声聞五六十里。其飞出者皆黑石硫磺之类，經年不断，竟成一山，兼有城郭。热气逼入三十余里，只可登远山而望。今热气漸衰，然隔数里，人仍不能近。”^① 其实火山的噴发，就是地下深处的物質噴溢到地表面。噴发时如此炎热，因此可以确信地球內部是具有高温的。

在地球表面，温度随气温升降而变化。但在地面以下数十米深的地方（各地不等）的温度則不随晝夜和季节的变化而变化，这一深度的地方我們称它为常温层。常温层以下，温度仍逐漸上升。一般地說每深100米要上升 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，这个上升的温度数，称为地温梯度。这个資料是由深鑽孔而获得的，鑽孔的資料还表明，各地的地温梯度是不一致的；到目前为止，最大的鑽孔深度也已达6,000余米，所以在地壳深处地温梯度是否有变化，尚不清楚。据估計，地温梯度是有变化的，否則地心温度将会达到6万度至20万度，这当然是不可能的。

地球內部温度究竟有多高呢？据苏联里海北岸一个深井的資料为：

深度（米）	温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）
500	42.2
1,000	55.2
1,500	69.9
2,000	80.5
2,500	94.4
3,000	108.3

至于地球深处的温度，目前还无法直接测定，只能根据某些資料来推测。例如由地球內部噴出的熔岩曾达到 $1,200^{\circ}\text{C}$ ，据此推测地心的温度可能达 $5,000^{\circ}\text{C}$ 左右。不同深度的温度为：

深度（公里）	温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）
20	600

① 吳振臣：“寧古塔記略”，清康熙六十年。

100	1,400
500	1,800
6,370	2,000~5,000

地球内部的热到底是从那里来的？根据现有材料，很多人都认为地球内部的热能，是由于地球中放射性元素蜕变时所放出的热能。

1-3. 地球的密度

根据万有引力定律，我们知道地球的平均密度（即比重）为5.52。可是我们经常所接触到的地表面的岩石，密度只有2.7，稍深一点密度为2.8~3.4。地球表面的密度这样低，而平均密度却为5.52，因此我们有根据可以推想，随着深度的增加，密度亦将逐渐增加。

随着地球物理学的发展，这种推想已获得初步的证实。我们知道，地震波的传播速度与岩石的密度有着密切的关系，一般说来，密度愈大，传播的速度则愈快。地震纵波速度在深度0~20公里之间，传播速度约为5.5公里/秒，经换算，可知密度在2.65左右；深度在20公里以下到80公里之间，震波速度为6.5~7.5公里/秒，密度则接近2.85；在80公里以下，震波速度为8.1公里/秒，密度约为3.5……，而地球中心的密度约为11。

1-4. 地球内部构造

从前面述及的地球内部温度和密度一节中，已经说明了地球内部各部分的物质是不均匀的，而且物质状态也是有变化的。因此可以将地球内部分为以下三层：

1. 地球上层：

地球上层，就是我们通常所说的岩石圈。这一层的厚度，大约为1,000公里，主要由矽酸盐类组成。在这一层中，还可以分成三个小层①：

（1）花岗岩层——在0~20公里之间，是构成大陆的表面

的一层。它的成分与花崗岩相似，以矽、鋁、鉀和鈉的含量最多，密度为2.65~2.7。

(2) 玄武岩层——在20~100公里之間，成分与玄武岩相似，鉄、鎂和鈣的含量較多，矽、鋁、鉀、鈉的含量少于花崗岩层，密度約为2.85~3.3。

(3) 橄欖岩层^②——在100~1,000公里之間，成分相当于橄欖岩，密度为3.3~4.5。

在地球上层最表面的一层，是由坚硬的岩石組成，成为包住地球的一个硬壳，这就是我們所說的地壳。地壳的厚度一般为50公里左右，但各个地方是不一样的，根据人工爆炸方法所获得的資料，如下表(表1-1)：

地 壳 厚 度 表 表 1-1

地 区	地壳厚 (公里)	資 料 来 源	地 区	地壳厚 (公里)	資 料 来 源
中亞細亞	40~50	顧登堡1928~1936 (Gutenberg)	欧洲西部	38	列昂基耶夫1955 (Леонтьев)
中亞細亞	50	陆卓娃1936 (Розова)	非 洲	39	特列斯科夫1955
中亞細亞	50	塔依斯基1954 (Таиский)	北 美	42	艾 文 1952 (Ewing)
天 山	40~55	甘布尔采夫1936 (Гамбурцев)	匈 牙 利	29	列昂基耶夫1955
东西伯利亚	48	特列斯科夫1955 (Тресков)	南 美	26	列昂基耶夫1955
貝加尔湖	60	特列斯科夫1955	太平洋北部	8~16	列昂基耶夫1955
菲律賓島	40	特列斯科夫1955	太平洋西部	30	列昂基耶夫1955
日 本	50	顧登堡1928~1936	大西洋中部	15	列昂基耶夫1955
欧洲西部	45	顧登堡1928~1936	大西洋西部	12	列昂基耶夫1955

① 对于地球上层内三个小层，現在定名頗乱。在本書中为了避免混乱，分作花崗岩层、玄武岩层和橄欖岩层三层。有些人把花崗岩层称作矽鋁层，玄武岩层称作矽鎂层，但有人也把橄欖岩层称作矽鎂层的。

② 翁文波(“地球形态的发展”，1958年)与Г.В.沃伊特克維奇(“放射性地質学及其在認識地球历史上的意义”，1958年，胡受奚、孙大中譯)将地球分成：地壳(0~50公里)、中层(50~2,900公里)、核心(2,900公里以下)；橄欖岩层在中层之內。

在地壳以下，玄武岩层的下部，由于温度增高的影响，开始具有柔性，并且往下逐渐转为熔融状态。

2. 中间层：

在深度1,000公里到2,900公里之间的夹层，被称为中间层。这一层上半部分为金属的氧化物和硫化物，下部则为铁和镍与硫酸盐的混合物。密度为4~6，物质状态尚不清楚。



图 1-1 地球内部构造示意图

3. 铁镍核心：

从深度2,900公里处直到地心，被称为地核，其直径达6,900余公里。地核的成分主要是重金属，以铁和镍的含量为最多(铁90.7%，镍8.5%)，所以亦称为铁镍核心，密度为6~11。

铁镍核心与中间层的分界在深度2,900公里处处，主要取决于地震波的传播资料。在深度2,900公里处具有一个明显的分界面，地震波的横波不能通过2,900公里以下的部分。一般认为，液体是不能传播横波的，因此过去推论地核是处于“液体”状态。

地核部分到底是不是液体呢？因为它埋藏太深了，无从直接观察。但是，说地核部分的物质是液体，的确还有说不通的地方。铁镍核心的成分，与铁陨石极为相似。铁陨石在地面测定的密度约为3.3，而地核部分的密度却为6~11，大大超过铁陨石的密度。通常，象铁陨石这类物质，液态时的密度低于固态时的密度。因此，地核显然不是“液体”状态。这种现象之所以产生，一般都用随深度增加压力逐渐增高来解释。根据估计，地壳以下的压力已超过10万大气压，地球中层的底部已达140万大气压，在地心可能达到300万大气压以上。在这样大的压力之下，物质的原子内部由于高度挤压而靠近一些，因而产生物质状态的突变。最近苏联学

者把这种物質状态称为超固态。

1-5. 运动着的地球

前面几节对地球的外貌和内部构造已作了初步的介绍。但是有些人在开始学习地质学的时候，对于地球不断的在运动着这一点是認識得不够的，因此我們在講解地质学以前就特別強調一下这一点。的确，如果認為地球是靜止的，那是极大的錯誤。当然有人会提出，我們現在生活在地球上，並沒有觉察到这种运动，但是我們說，你只要稍加注意，就可以觉察到地球是在运动。

不久前，苏联发射了第一个人造行星。这是科学上空前偉大的成就，举世为之欢欣。我們知道，宇宙火箭具有第二宇宙速度，即11.2公里/秒的速度，因此它能摆脱地球的引力，离开地球而进入环绕太阳运行的軌道（见图1-2）。

但是人造行星現在是以32公里/秒的速度在地球和火星的軌道之間运行，而且比較靠近地球。講到这里，讀者必然会提出这样的問題：火箭原来速度为11.2公里/秒，为什么現在又变成32公里/秒了呢？其实这个問題非常簡單。大家都知道，在火箭飞行时，由于要克服地球引力和空气的阻力，速度只会减少。

但地球是太阳系中的一个行星，环绕着太阳旋轉，即我們通常所說的公轉。从地球与太阳之間的距离，可以算出地球轉动速度約为30公里/秒。这样，地球上一个靜止的东西，对于太阳來說，实际上它也以地球同样的速度繞太阳運轉。宇宙火箭在离开地球时，前进方向与地球前进方向一致，因此，与太阳的相对速度，应该为火箭本身速度与地球轉速的总和（当然要减去克服阻力时的減速）。这个例子告訴我們，地球以极快的速度环绕太阳旋轉

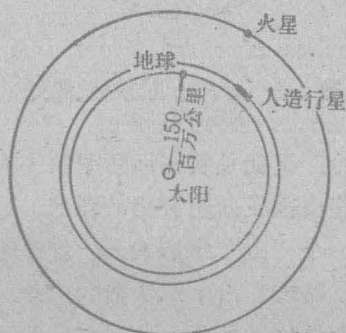


图 1-2 人造行星运行示意图

着。

不仅如此，大家都知道，地球除了公轉以外，还自轉，是以南北极为軸，自西向东轉动。日出又沒，晝夜交替，这正好是个証明。前面已經講到，地球是一个橢球体。那么为什么是个橢球呢？有人就用地球自轉来解釋。地球自轉是在离心力的影响下，地球表面物質要从两极向赤道移动。这样，赤道部分脹大，所以赤道半徑大于两极半徑（見图1-3）。当然这仅仅是一种推想，但

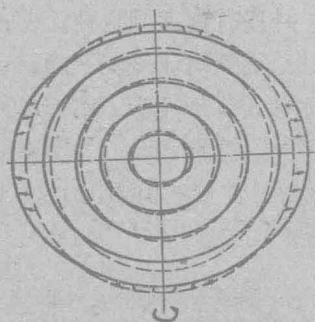


图 1-3 地球由圓形趋向橢球的变化示意图

这种推想还是合乎道理的，并且某些事实已說明有这种可能。如以木星为例，“木星自轉的速度比地球要快的多，因此，它的赤道更为突出，两极更为低下。由观察得知，二个半徑之差为 $1/13$ ，而地球只有 $1/230$ 。”^①又例如，翻开我国的地图，仔細看一下山脉的分布，就可以看到一個現象：有很多山成东西方向延伸，象阴山、秦岭、南岭，这就是我国地質学家李四光同志所說的東西褶皺带；还有一些山組成向南突出的弧形，有时中間还有一个南北向的山，組成一个“山”字形态，这就是李四光同志所說的山字形构造。东西褶皺带和山字形构造的产生，可以解釋为地形表面物質由两极向赤道移动所致。移动时产生了挤压力，因而褶皺成山。

大家都很熟悉“滄海桑田”这个名詞，其意思就是指昔日的大陆，現在变成滄海，或者以前的海洋，現在变成了陆地。这种海陆的变迁，的确是有过的。比如，我們在山上可以找到一些石头，如石灰岩、石膏等，也可以找到一些生物的遺骸，如珊瑚、貝壳、魚类等，这些石头与这些生物都應該生在海洋与湖泊中，而絕对不会生在山上。这个事实便說明：这些山，就是昔日的海洋或湖泊。

① 翁文波：“地球形态的发展”，1958年。

也可能有人會這樣說：在以前有過這些運動，但現在已經穩定了。這樣說也不完全對，第四紀以來，地球是相對地穩定了，但并不等於沒有活動。前面曾經舉過大同附近和五大連池的火山活動的例子，它們都是在近代發生的。這些活動充分表明地球內部處於熔融狀態的物質在近代的運動。同時在現代，還有很多地方發生地震，地震也是地球某些活動的影響所產生的。

此外，地球在外力作用下產生的活動也很多。如由於太陽、大氣、水和生物等因素的作用，地球表面不斷地變化着：堅硬的岩石逐漸被破碎，被改變成具有新的特性的物質；高地逐漸被夷平，低地逐漸為堆積物所充填……。這一些，就不再一一詳細敘述了。只希望讀者在學習地質學的開始能建立起這樣的概念：地球不是靜止的，而是運動着的。

第二講 地殼的成分——礦物

在前面一講中，我們已經知道了地球內部的構造和每一層中主要的成分。如果有人問：地球的成分究竟是什麼？要用前一講的內容來回答，顯然不能令人滿意。因此有必要進一步研究一下地球的成分。

我們日常直接接觸到的，只是地球最表面的一層，只是通過鑽探，才得到一些地下的資料，但現在最深的鑽孔不過是6,000余米，與地球半徑比較，只是一個微乎其微的比例數。此外，通過火山噴發所獲得的資料，也不過100多公里深以內的資料。因此嚴格地說來，我們這裡所談的成分，只能說是地殼的成分。

2-1. 地殼的化學成分

為了研究地殼的化學成分，許多學者曾進行了大量的岩石分

析工作。克拉克^①根据 6,000 次左右的岩石分析，提出了地壳的平均化学成分（%）为：

SiO ₂	59.87	K ₂ O	2.93
Al ₂ O ₃	15.02	H ₂ O	1.83
Fe ₂ O ₃ + FeO	5.93	TiO ₂	0.72
MgO	4.06	CO ₂	0.52
CaO	4.79	P ₂ O ₅	0.23
Na ₂ O	3.39	其他	0.60

由于比較完整的地壳的化学成分是克拉克最先提出来的，所以后来为了紀念他，就把某种元素在地壳中所占的重量百分数称为克拉克值。

在这个平均成分发表以后，很多学者繼續进行了类似的分析，并且修正了計算数值。例如費尔斯曼提出的地壳平均成分如下（%）：

氧	49.13	鈉	2.40
矽	23.00	鎂	2.35
鋁	7.45	鉀	2.35
鉄	4.20	氫	1.00
鈣	3.25	其他	1.9

从上述平均化学成分中可以看出，地壳的化学成分中，以氧、矽、鋁、鉄、鈣、鎂、鉀、鈉八种元素含量为最多，我們常見的矿物和岩石主要是由这八种元素組成。

2-2. 矿 物

地壳是由岩石构成的，而岩石則是一种或者多种矿物的集合体。有些岩石質地單一，只由一种矿物組成，例如純的石灰岩与大理岩，其成分主要是方解石。还有一些岩石，由顏色及其他性質不同的几种矿物組成，如花崗岩等等。因此，这里所說的矿物，是指一种組成岩石的基本物質，它們有自己固定的化学成分和固定的物理性質，也就是說它們在物理性質上和成分上是均一

① F.W.克拉克和H.S.华盛頓：“地壳的成分”。