

102983

地質學及水文地質學

102983



唐山鐵道學院地質教研組

1961

## 緒 論

在最初，地質學是結合着采礦事業而發展起來的，因而其主要任務是探求自然界所蘊藏着的地下資源的成因和分布的規律。

目前，宏偉的社會主義建設中所進行着的大規模建設，不僅對工程地質人員提出了其它的複雜任務——對各種建築物基礎以及有關的地質條件的研究，並且對於建築師，包括鐵道和橋隧建築工程師，也提出了新的要求——必須結合地質資料來進行設計並掌握地質情況來進行施工。因此，現代建築師就必須具備豐富的地質方面（地質學原理、水文地質學、工程地質學）的知識。

在這種條件的要求下，地質學及水文地質學這一綜合性的基礎課程也就明確地提到有關建築專業的高等學校的教學計劃中。為此，在緒論里有必要來對本門課的性質、任務和它在工程師全面業務中的關係作進一步的說明。

### I. 地質科學的對象內容及其分支：

**地質學**——是研究地球的科學，特別是研究地殼的成分、構造及其發展過程。因此它所研究的內容是很廣泛的。

隨着生產的需要和科學的發展，地質學部門中又分成許多學科和獨立的科學，其中對於工程師比較重要的有：

**岩石學** 地球的組成部分之一是岩圈，它是由岩石組成的。專門研究岩石的成因、性質、成分和變化的科學，叫作岩石學。

**礦物學** 岩石是由不同的自然元素及化合物組成的。這些物質都具有近乎均一的化學成分和相應的結構形態以及特定的物理性質，稱為礦物。專門研究這些礦物的成分、性質以及其分類的科學，叫作礦物學。

**歷史地質學** 根據遺存在岩石（主要是沉積岩）里的生物遺跡以及地殼變化（海陸變遷）的徵象來推証地殼的歷史過程的科學叫作歷史地質學或地史學。其中專門研究生物遺跡的發展、變化及其分類的科學，叫作古生物學。

**構造地質學** 研究地殼中各種岩層中的構造形態、發生的原因和過程以及它們的彼此關係的科學。

**動力地質學** 研究促使地表不斷發生變化的地質現象和地質作用的活動規律。這是地質學里最主要的一部分。

**水文地質學** 專門研究地下水的成因、補給關係、性質、分布、儲量和它的活動規律的科學。這是由地質學里發展出來的一門新的科學。

**工程地質學** 是研究在工程建築物的影響下可能發生的工程地質現象。評定該工程地質現象對具體建築物的危害程度，必要時可以採取工程措施保證建築物的穩定性。

水文地質学和工程地質学都是和建筑工程上有关系的，所以这两門科学往往是相提并論的。同时在許多情形下，考虑工程建筑的时候都要涉及地下水的問題，但要掌握地下水活动的規律又必須研究地質条件。这样就說明：地質学、工程地質学、水文地質学虽然現在已成为三門独立的学科，但在彼此关系上却是非常密切的。

为了培养铁道建設的工程师，关于以上三方面的知識都應有一定的認識，所以，在铁道学院里所講授的地質学方面的課程，在範圍上是这三方面的綜合，而在深度上是为了了解并在一定程度內来解决工程地質和水文地質問題，工程师所必須具备的地質学方面的基本知識。

## II. 地質学研究的方法

以上所指出的各門学科的内容和所注意的对象虽不一样，但在研究方法上則大致相同，即：（1）进行具体事物的观察，（2）事实資料的收集，（3）整理和分析。

在研究地壳的組成和構造时，其具体的物質資料，可以从地面上——根据地面上的地質露头，也可以从地下——在所挖掘的坑道和矿井里来收集；至于人所不能到达的深处，可以根据地球物理性質所反映在儀器（重力儀、磁力儀、地震儀等）上的結果来收集数据資料进行推論。

地質学的研究不能局限于一点或一处的地質露头，或一种地質現象。如果是这样的话，就等于說把事物都看成是孤立的，这就是不正确的，也就不可能正确地了解現象的本質。

在进行勘查时，也就是在收集資料的同时，应注意把它們和周圍环境联系起来进行观察，注意它們彼此間的关系。

除上述之外，地質学也采用实验的方法。例如，用实验方法造出人造的矿物和岩石。通过这样实验帮助了解岩石矿物的生成原因。但是实验室的条件和地壳下部的环境是有差别的，因为在自然界所發生的作用的規模常常是人类所不能达到的，例如，人工火山、大洋与大陆以及大量的岩石等，要想做造和自然界一样大是不可能的，而時間的因素当然更不可能了。这就是說，对于以数百万年計的地壳运动来作观察是不可能的。所以，地質学的实验室是大自然。对自然界現象直接的研究，可以帮助我們解决上述問題。

在整理資料的阶段，往往要配合着化学的、物理的、机械的实验。例如，岩石和土的矿物研究、工程性質的实验以及水文地質工作中的水理实验、水样化学分析等。所有这些試驗或化学分析的数据都必須結合当地的具体情况来进行分析，如果脫离了当地的地質条件而單純根据数字的观点来研究地質問題的話，那就会犯机械論的錯誤。

## III. 地質学在我国国民經济建設方面的意义

前面已經指出，地質学是結合着采矿事業而發展起来的。这就是說，地質学比其他自然科学更是与生产建設有关。在我国的第一個五年計划中，除对矿产普查方面規定了地質工作外，在铁道建設的事業中也提出了加强地質勘测与設計工作。作为铁道建筑技术

干部來說，我們的責任是重大的，任務也是艱巨的。必須認識到，在以往由於建築物的尺寸以及施工規模都不大，在修建這些建築物時對地質情況從未曾給予以應有的注意，對建築物的穩定性習慣於採取加大其安全系數的辦法，或者由於忽略了工程地質和水文地質勘查造成工程建築物的不穩定。過去在鐵路建築實踐中有許多事實可以說明。例如寶成路和寶天路由於地質問題，嚴重地影響列車的通過能力。目前我國正大規模地進行社會主義經濟建設，為了貫徹黨中央多快好省的建設方針，保證建築物穩定性進行的工程地質勘查就有着政治和經濟上的意義。

在施工的地段的地質不良的情形，大多數都是可以想出辦法來處理的，重要的是施工之先必須對它們先了解清楚。蘇聯的工程地質專家薩龍林斯基曾說：“不良的地質條件並不可怕，可怕的是對這些不良的地質條件認識不足，並且不會配合各種工程情形來估計它們”。

因此可見，在勘查和設計各種工程建築物的施工地段時，包括鐵路選線在內，必須廣泛地進行地質勘查。現場的實例告訴我們，在所發生的問題中，問題發生在結構本身的很少，而由於結構物所在地區的自然條件發生變化的（沉陷、崩塌、滑坡等）卻很多。因此，單純考慮結構物本身而不考慮當地自然條件變化的可能性是保證不了工程建築物的永久安全的。同時，還須注意，自然條件的變化不但可以產生在施工過程中，也往往發生在竣工以後。這種實例也是不少的。克服或預防自然條件的變化的方案和措施的擬定必須根據對於當地自然條件本身變化的規律和原因的正確分析，而作到這一點就必須要求工程師具備必要的地質學方面的知識。

今後我國鐵道建設將發展到自然條件比較複雜的地區，這些複雜地區也必是由不同的地質情況所決定的，尤其是山地地區，工程師首先接觸到的就是地質問題。就這一點來看，則以上所指出的地質工作在祖國經濟建設方面的意義就更明確了。

#### IV. 地質科學的發展史略

作為一門科學來說，地質學的形成只是近百余年的事情，但是地質學的思想却在很早以前就有了。在十六世紀的時候，在歐洲，由於芬奇曾經注意到地層里的化石——就是保存在岩石里的古時生物遺跡——並且對它作了合理的解釋。十八世紀的羅蒙諾索夫不但做了許多有價值的關於地球歷史方面的研究，而且明確地區分了內、外地質作用的性質。在這個時期里，所有的有價值的著作，絕大部分是結合着採礦和冶金的事業的，也就是說，運用已有的地質學的知識來指導着生產工作，同時也可以看出只有在生產的（那時只限於採礦方面）實際工作里才能夠給地質學提供更多的研究資料。當然在那時期的生產條件和方式也限制了地質學的發展範圍。

我國北宋時的沈括，在他所寫的夢溪筆談里，不但提到一般的地質現象，有關化石等記載，而且對黃河、長江的問題有所討論，對永定河的流砂作過研究，並且指出過，華北平原和黃河氾濫的關係。按時期來說，要早於芬奇約500年。除了沈括以外，若提到東漢張衡創制渾天儀以測地震的成就，那時期就要更早了。這些都說明我國先民的地

質学思想是已經成熟的而且是基于实地的观察的，不过当时的社会条件限制了它的發展，終于使这点学术萌芽一現即止。

从十九世紀中叶到十九世紀末，在歐洲，地質学在采矿事業上应用更广，因此所得的資料也日益丰富，地質学就开始独立并形成了較有系統的科学。从上世紀的八十年代起地質学就开始应用于有关工程建筑等方面的問題，这就更丰富了地質学的內容。

从本世紀的二十年代起，在苏联，除了地質学有显著的發展和成就外，也奠定了工程地質学和水文地質学兩門新科学的基础。

工程地質学和水文地質学之所以能成为更丰富的独立的科学，不但和苏联的地質学方面的成就分不开，而主要是自偉大十月革命以后，在苏联进行社会主义建設的时期中，在大規模地开展各种工程建設（包括各种工業的、农田水利的、铁路交通的）的情形下，使地質学，特别是工程地質学和水文地質学，比在任何其它国家都得到有利于發展的条件。实践的經驗丰富了这些科学的內容，因而使它們迅速的發展起来。

我国采用現代地質学不过是晚近約 50 年的事情。1911 年才开始建立地質勘查的机构。此后，通过我国地質学家的劳动，逐漸在地質科学各方面，例如，地史、古生物、構造地質、第四紀地質（在以前叫新生代地質）等方面收集并总結了許多有关我国的大量地質文献和資料。但是由于旧中国社会条件所决定的，仅有的地質工作是局限在小規模的地質机构范围里来进行的，因而其成就畢竟是有限的，更談不到如何把地質学的研究广泛而密切地和国民經济相結合了。解放后初期的建設工作中就反映出旧时代的地質科学研究方向和范围的狭隘性。不仅在矿产資源方面的資料远远地落后于当前的要求，特别是在大規模的工程建設方面所需要的有关勘查設計的地質資料几乎可以說是空白点。

解放后，我国在大規模开展国民經济建設之初，同时相应地提出扩展铁路建設的計劃，同时并注意到今后所將修建的铁路，大部分將涉及到在地質条件上比較复杂的地区。在这种情况下，铁道部門初次拟定了“新綫铁路工程地質勘测細則”，根据不同的勘查阶段，对工程地質勘测也提出不同的要求。这样就標誌着我国的地質科学也随着国家的生产建設而大大地發展了一步，同时，工程地質学在铁路工程方面的应用也就奠定了基础。

除铁路工程地質方面以外，在水利以及其它等方面的工程地質工作的开展也是飞速的。几年来，由于生产实践的經驗总結和資料的累积，我国的工程地質学在內容上也不断地得到了补充和發展，并且提出許多新的課題来进行研究。就铁路部門來說，其中比較重要的有：沙漠地区的防砂保护路基的問題、缺水地区提供地下水源以供机車用水的問題、地震地区的防震問題、黄土地区对于路基及路塹边坡的坡度設計問題等。至于航測工作，已在某些地区，在1956年就已完成了三条干綫，約3500公里的航測工作。所有这些都說明我国的铁路工程地質事業是在飞躍前进中的。同时这些事实也向铁路建筑工程師們指出，工程地質的知識在铁路建設各專業中所占的地位是很重要的。[1]

#### V. 本課程的范围以及在学习上的要求

前面曾經指出，在铁道学院所講述的地質学課程是“为了了解并在一定程度上来解

決工程地質和水文地質問題，工程師所必須具備的“地質學基本知識”，這就是說，鐵道建築工程師必須具有一定的地質學的知識，但地質學并非工程師的一切。因此，在學習上，也必須恰當地和其它有關課程互相配合，並把他作為全面業務的一部分。

學習本課程的目的在於使鐵道建築及橋梁隧道專業的学生獲得地質學，工程地質學及水文地質學的基本知識，並能運用這些知識初步進行鐵路工程地質勘測，了解鐵道工程建築物中所必要的地質資料，並能解決一般問題，具體工作能力應表現於下列兩方面：

(1) 能夠運用工程地質學的方法初步評價鐵道工程地質與水文地質條件，初步掌握地質勘測組織和勘測方法，最重要的是能夠有意識地運用這方面的知識正確地進行鐵道工程建築物的勘測設計及施工；

(2) 能夠熟練地運用已有的地質資料及圖表。

# 第一章 地球構成的基本概念

## 第一节 地球概述

**地球的起源** 地球起源和宇宙起源是密切联系的。在古代的人們只凭想象，而且被所謂地球中心的說法統治了很久，直到伽利略以后才有真正的科学假說——以太陽为中心的假說。并且以这个學說否定了地球中心說。因为这时已經發明并且广泛地采用了望遠鏡，这个發明扩大了人类对于星球的觀察的范围，因而也扩大了知識領域。其后，牛頓發現万有引力定律以后，才能用数学的方法証明行星的軌道、測量星体間的距離和質量。

所有关于这个问题的假說和學說都是注重于說明：（1）構成行星（包括地球）的物質和（2）行星的形成过程的。根据这两点來說，所有的假說和學說可以分为三类：

第一类 根据这类學說，認為太陽和行星几乎是同时由同一組物質——宇宙中原始存在的星云中产生，所以这一类也被称为星云學派。代表这一派的主要有康德學說和拉普拉斯學說。

康德（1724~1804）認為太空中曾經存在混沌状态的物質，好象現在的宇宙塵埃一般（他認為这是神所創造的，而且是固定不动的，这是他的學說中的基本缺点）。这些物質的密度不同，密度大的吸引密度小的，終于成为更大的一个，就是原始的星体——太陽。当吸引时，由于碰撞的結果，原始太陽便旋轉起来。但开始旋轉时仍不断有小的顆粒掉下来，因而在旋轉邊緣部分集聚一些云狀塵埃，也圍繞太陽中心旋轉，逐漸形成独立的环。这个环状体进而聚結成塊状物体，就形成行星和衛星，而地球就是其中之一。

拉普拉斯（1749~1827）認為在行星未形成之先，原始太陽就已存在。它类似一团星云，是灼热而稀薄的物質，中心部分比較緊密而表層較稀薄。但他的學說对于原始太陽的旋轉未加說明（他認為生来就在旋轉，这是他學說的缺点）。由于旋轉加速，首先从原始太陽中脱离出一个薄环，其后又繼續脱离出一条帶狀的平行环（这种环很象土星环，天文学上称为拉普拉斯环）。这些环的物質各在自己的軌道上开始聚集起来，随环旋轉，逐漸形成球状体。

第二类 根据这类學說，大多是認為行星是由于某种过程，从已經存在的太陽中分出来的，而且認為促使物質从太陽中分出来的原因是外来的因素。例如，畢尤馮（1745）認為太陽和彗星相碰而从太陽取出一束物質的假說；其后小达尔文（1845~1912）的潮汐演化說，認為月亮是从地球上脱离出来的，其它星体也是这样形成的；張伯倫——穆尔頓的星子說，認為原始的星云体在运行时互相接近而引吸，产生很大的潮汐作用，其中

一个發生漲潮，最后破裂，物質向外噴出，很象今天太陽上的日珥。在这些物質的周圍的小物質逐漸向中心集中，这样互相結合成为行星，所以叫星子學說。这个學說由數學家穆爾頓加以論証，这样就叫作張伯倫——穆爾頓學說；其它还有金斯學說，大体上和張穆學說差不多，所不同的是由于吸引而出現兩股物質流，并且不断地增多。這兩股物質流越来越漲开，中間部分集結成行星，兩端部分飞走。

第三类 是認為在太陽已經形成之后，由于某种过程，从星际物質中得到行星的物質。属于这一类的，主要代表是施密特的學說。

施密特在1944年所提出的學說——行星及其衛星形成的隕石說是一个最新的學說。他認為行星的起源不是从太陽的物質分出来的，而是由于大量的独立圍繞太陽旋轉的微小質点，經太陽的俘获集結而形成的。用他自己的話說：“由于太陽参加在銀河系的轉动之中，它由一些黑暗的物質云中俘获了一部分塵埃和流星的固体物質，也可能还有一部分气体。这样就在太陽的周圍形成了粒子群，它們在太陽引力作用之下，作橢圓运动并且和太陽一同繼續其在銀河系中的行程。后来从这些固体物質，也就是从这些粒子群形成了行星。”

1951年在蘇聯科學院的宇宙起源討論會上，对施密特的學說給予極高評價。由于他的天体演化理論的新見解，对于这一領域的不可知論給以严重的打击。但同时會議也指出，还有許多問題待进一步研究。

施密特的學說解釋了以前各學說所未解決的問題并且是把地球發育过程的以前的地質时期和地質时期相联系起来的學說。这个學說說明了太陽系和地球的產生和發展并不是偶然的一災難的一說法，而是一直到今天都还在繼續的一个很長的发展过程。在地球的发展过程方面，他还注意到地球热的歷史和整个地球內物質按密度的分異，因而完善地闡明关于地球內部結構的事實，并且根据他的學說闡明了構造运动原因方面的某些問題。同时他的學說和許多新的地質材料也是欣然一致的。

綜合以上三类學說，总的來說只有兩派，一种是“災難的”說法，也就是靠災難的發生來求得解釋而不承認發展的过程，例如，把宇宙物質当作是按神的意志創造的、地球內部热是原始殘余下來的，終必冷却而僵化（由冷却而引起的收縮學說來解釋山的形成）等，都屬於这一派，这是唯心派的認識方法，显然是極端錯誤的。另一派的認識方法是唯物論的，認為宇宙的物質的發展是由一个阶段轉到另一个阶段的演化而來的，也就說，自然界的一切發展都是決定于物質的变化过程的。施密特的宇宙演化理論雖然还有許多問題尚待研究，但是在有宇宙起源學說中，能够以統一的观点，比較全面而完善地解釋了所觀測的事實，例如，各行星環繞太陽而轉動的軌道的状态、它們的衛星的运行規律、行星的自轉規律等，施密特的學說还是第一次有充分科學論据的學說。同时，这个學說不但闡明了地球形成以前的阶段，而且也為研究地球形成以后的各种地質作用的发展过程提供了理論基础。

地球在发展过程中，除获得一定的形狀以外并且有各种物理性質。在說明这些性質



以前，必須提到苏联人造衛星和行星發射成功的偉大成就。就地質学范疇來說，观察人造衛星和行星可以更精確地探索地球和宇宙的形成和性質。

**地球的形狀和大小** 在科学的結論中最初把地球認為是球形體，后来認為是橢球體。其赤道半徑是 6378 公里，極半徑是 6356 公里，沿赤道圓周长度是 40076 公里，地球面积（以整数計）等于 510 百万平方公里。根据正确的測量結果說明，地球并不是具有規則几何形的形体而是具有其特殊的形体，也就是，在陆地区域上升而在海洋地区下降的形体。这种形体是地球所特有的，因而叫作地球形。地球上任何一点上的表面都和重力方向垂直。

**地球的密度** 据計算，地球的平均密度是 5.52，而構成地球表層的岩層的平均密度是 2.7~2.8，同时考虑到地表为海洋所占据的广大面积的水的密度是 1 的話，这样比較起来，則更大的質量在哪里呢？因此就推想到地球的內部的密度必是更大，在 8 或 9 至 11 之間（因此地球內部叫作重圈）这样就提出密度随着深度而增高的假設意見。这个假設意見是根据研究資料推測的。

对于地球內部是怎样研究呢？三公里以內，依照矿井矿坑等可以得到直接資料，証明在这一深度的岩石和表面一样。对地球更深的地方不能直接观察，而是利用地球物理方法来測定的。其中最基本的是利用地震的方法，但这种測定根据是利用天然地震的性質。这种震动是一种波动的性質。**地震学**就是研究这种天然地震时，震波穿过地球內部的傳播情形。如果假定地球是均質体的話，則地震波的速度在任何方向都应该相同，然而实际情形并不是这样的。震波速度在不同深处是有变化的。但彈性波的傳播速度是和物質密度成正比的，同时根据震波速度在深度有改变的事实，所以推測深处密度是增加的。此外，岩石的密度决定于其上部压力的大小，深处岩石受压力大，所以密度大些。根据这些得出密度随深度而增高的意見如下表：

地表密度	2.66	深 1300 公里处	5.00
深 60 公里处	3.20	深 2500 公里处	7.40
深 500 公里处	3.30	深 5000 公里处	10.80
深 800 公里处	3.75	地心部分	11.30

**地球的內部压力** 由于地球密度随深度而增高，也产生了由于上复岩層重量所造成的压力的增加。关于在地球內部不同深度的压力数值，不同的学者依不同的方法所計算的数字是有差別的，就地球表層來說，平均每一公里对下面岩層的压力是 270 大气压。

上复岩層压力对于开鑿隧道來說，其意义是重大的。这种压力在一定的地質条件（地質構造、水文地質条件等）下，会引起岩層的破坏，因而使隧道的壁和頂陷落或其它毀坏等情形。有时在地下进行开鑿工程的时候，由于岩層压力会使强有力的石塊从岩層里崩出来，很象由岩層里射击出来一样，这种现象叫作“**岩層射击**”。

**地热——地球內部的温度**。地球表層部分热的狀況是以太阳的情形为轉移的。太阳的热能可以透入到地下达一定的深度但这种透入进行得很緩慢。

太阳热能所透入到达的一定的深度，在那里，其晝夜的和每年的温度很少变化，这个温度叫作常温带。常温带的深浅不同，其温度通常要比那地区的地面的年平均温度稍高一些。

自常温带以下，地热是随着深度的增加而递增的。其规律是每深下100公尺，温度增加 $3^{\circ}\text{C}$ ，这个数值叫作地热增温率。为增加 $1^{\circ}\text{C}$ 所应当增加的平均深度（以公尺计）叫作地温级。

随深度的增加而增温的现象，由钻机、矿井、矿坑等都可得到证明，但在不同地区有时也有差别。地热增温情形并决定于地质构造、岩石的密度以及距岩浆体的远近和其它等原因。

地球的磁性 地磁现象我国早在公元前一千多年就已经有人知道了，然而地磁的起因问题目前尚未解决。

地球的磁性非常清楚地表现在对磁针的影响上。磁针的两端指向地球的两极，指向磁北极的一端叫磁针的北端，指南极的一端叫作磁针的南端（但以磁学的观点来说，应该是北端指向磁南极，南端指向磁北极，不过习惯上把磁针的北端所指的方向，叫作磁北极了）。

地磁的特点是地磁极与地理极不符合。磁北极在北纬 $70^{\circ}53'$ ，西经 $96^{\circ}$ 处，磁南极在南纬 $75^{\circ}6'$ ，东经 $154^{\circ}8'$ 处。

磁针的方向（磁子午线）与地理子午线所夹的角度叫作磁偏角，把地球上磁偏角相等的点联结起来的线叫作等磁偏角线，由这些线所作成的图叫作等磁偏角图。

磁针和水平面也形成夹角叫作磁倾角。在北半球是磁针的北端下倾而在南半球是磁针的南端下倾。磁针到磁两极时，磁针是直立的。磁倾角相等的各点所联成的线叫作等磁倾角线。磁倾角线等于零的线叫作磁赤道。

有些地方可以看到磁针所指的方向和磁子午线间也有偏角，或者有些地方磁针竟是直立的。这种和等磁倾角线以及等磁偏角线的规律不相符合的现象叫作磁力异常。这种磁力异常的现象说明由于某种地质构造的关系，地壳曾发生剧烈的变位；另一种情况是在距地表不深的地方有巨大磁铁矿床的存在。因而利用这种磁性异常的现象来判断地下地质构造或勘探铁矿是地球物理勘探方法之一。是用磁力仪来进行的。

地球的重力 重力在地球上不同的地方是有差别的。一般说来，在两极是9.83，在纬度 $45^{\circ}$ 时是9.8而在赤道是9.78。在某些地方的重力情形与这种规律不符合，也就是说，有些地方的重力比两极地区还大而又有些地方却比赤道还小。这种反常现象叫作重力异常。其重力大于正常值的叫作正异常而小于正常值的叫作负异常。重力勘探是利用重力仪来进行的。重力仪的种类很多，主要是结构不同。重力勘探有两种目的：一方面是用于大地测量以测地球的形状；另一方面是用以探求地球内部（地壳表层部分）的密度不同的物质分布情形，类如用于勘探石油或地下水等工作，所以重力勘探也是地球物理勘探方法之一。

## 第二节 地球构造和地壳成分

**地球圈** 地球是由同心層或地球圈組成的。每个圈的組成物質以及它們所处的狀態都是不同的。

**大气圈** (简称**气圈**) 这是地球的最外圈, 也就是包围着整个地球体的气体, 高达600公里。但根据研究資料在700—800公里还是有大气存在, 但显然很稀薄了。气圈本身可分为兩層: 下部的叫**对流層**, 是因为受地球表面温度影响而产生对流的一層, 高达10.5公里; 上部的叫**平流層**, 也叫**同溫層**, 是不受地面温度影响而无上下流动的一層气体。同时它处于距地心較远的地方, 所以受地心吸力較弱。在气圈里, 每升高100公尺, 气温就下降 $1^{\circ}\text{C}$  (气温梯变率); 根据这点来看, 可以知道在同溫層里, 气温是很低的。

这两層的空气成分, 直到40公里高空上下, 仍无差别。在20公里的地方, 其成分, 按重量計算如下列:

氮	75.70%
氧	23.01%
氫	1.28%
其它 (包括氩)	0.03%

**水圈** 包括海洋、河、湖泊、地下水以及密集在岩石裂隙和空隙中的水分, 也是閉合而連續的一層, 但其厚度变化是很大的。地面上为水所掩复的面积等于370百万平方公里, 占地球表面积70.8%。河、湖及內海的水量只占水圈总質量0.003%。

就海洋来說, 也可按照不同深度分層。由海洋表面至200公尺深处, 由于波浪动荡的影响, 水非常混乱; 再下至1300公尺深为**对流層**, 这是由于上部波浪的扰乱而产生上下对流; 最下至11000公尺处为**平流層**, 无上下对流的現象。海洋水的成分在不同大洋中是有区别的。水圈的成分以氫、氧为主, 氧平均占85.45%而氫占10.63%。

**生物圈** 这是代表有生命的物質帶, 因为它对于岩石的破坏和建造起着極重要的作用, 特别是在土壤形成的过程中, 生物的作用是很大的。这个圈是苏联維尔納斯基院士提出来的。

**岩石圈** (简称**岩圈**) 地球的最表面的一層硬壳叫作**岩圈**。其厚度和它的下限深度, 目前尙无定論。据各家的意見, 岩圈的厚度是在40至100公里。岩圈表面凹凸不平, 起伏差别达19公里多。

在岩圈部分, 其温度和压力随着深度而增高, 組成物質所处的物理状态也不相同。根据这些特点, 岩圈可以划分为下列三層: (一) 最上層 (和大气圈及水圈相接触的部分, 叫作**風化帶**, 其下部叫作**膠結帶**), 其温度和压力是比較低的; 这層的厚度, 在陸地上說是0.5—0.8公里, 而在海洋部分來說是0.5—4或5公里; (二) 第二層叫作**變質帶**或**岩石再造帶** (又可分为淺、中、深三个帶), 这層的特点是温度和压力都随着深度而增高, 其下限的深度約在25公里处; (三) **岩漿層**, 其温度和压力特別高, 分佈

在 25 公里以下。

对于岩圈能够直接观察到的深度不大（依靠钻孔只有 4—5 公里深），但由于在变动过的（由于造山作用）地区可以看到曾經埋藏在 14—16 公里深处的岩石，这样就把 16 公里范围内的岩石，加以详细的化学分析，其化学元素的平均成分如下（按重量计）：

氧	49.13%	钙	3.25%	氢	1.00%
矽	26.00%	钠	2.40%	其他	1.90%
铝	7.45%	钾	2.35%		
铁	4.28%	镁	2.35%		

若按氧化物来计算，则得下列（按重量计）：

$SiO_2$	59.87%	$CaO$	4.79%	$TiO_2$	0.72%
$Al_2O_3$	15.02%	$Na_2O$	3.39%	$CO_2$	0.52%
$Fe_2O_3$	5.98%	$K_2O$	2.93%	$P_2O_5$	0.26%
$FeO$					
$MgO$	4.06%	$H_2O$	1.86%		

比岩石圈更深的部分的成分，只能根据间接资料提出一些假说。所根据的资料之一是密度。如以前所述，地球的平均密度是 5.52，而地壳部分之物质的平均密度是 2.5—2.6。由于整体的密度和外表部分密度相差如此之大，所以很多学者主张内部有密度较大的物质存在着；而且认为地心物质应与其它天体的构成成分相同。陨石是由其它天体被环之后而成的物质，按它的成分主要是铁和镍，其中铁占 91%，镍占 8%，此外还有钴和磷约占 1%。哥德斯密特、维尔纳斯基、费尔斯曼都认为地心是以铁、镍为主要成分。所以按成分来说，把地球核心叫作铁镍核。

**地壳的组成** 对于铁道工程师来说，组成地壳的物质和这些物质在各种地质作用下所发生的变化是最有意义的。

所谓地壳是意味着包括气态的圈（气圈）、地表水体（水圈）和深达 16 公里的地球硬壳部分。根据克拉克的计算（1924），组成这一部分的物质在重量上的对比如下：

地球硬壳	93.06%	} 100%
水圈	6.91%	
气圈	0.03%	

地壳的成分虽然可以化学元素的百分比来说明，但在自然界中，纯自然元素却出现很少。绝大多数是由两种或多种元素组成的化合物出现的，比方说：氯化钠（ $NaCl$ ）——食盐、具有二分子结晶水的硫酸钙（ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ）——石膏、二氧化矽（ $SiO_2$ ）——石英等。这种天然产出的，具有比较均一的化学成分并具有一定结构和物理性质的物质，叫作矿物。它们是通过在地壳表面或较深地方所进行的物理及化学作用的产物。矿物只能认为是在化学成分方面比较均一的物质而不能认为是“化学纯”的物质，因为在绝大多数情形下都含有一些杂质；以食盐来说，人工合成氯化钠（ $NaCl$ ）可能是“化学纯”的，但天然产出的，则或多或少都含有氯化钾（ $KCl$ ）；氯化镁（ $MgCl_2$ ）

以及其它的物質。但人工造成的应叫作化学的制成品，实非矿物。

在自然界中，以單体而存在的矿物是較少的。由一种或一种以上的矿物，按一定的关系或通过一定的地質过程而組合在一起的物体，叫作岩石。更清楚一点的來說，矿物是由化学元素組成的，岩石是由矿物組成的。但在某一种岩石中并非所有矿物均按一定比例参加。通常認為矿物是岩石的組成單位，而岩石是地壳的組成單位。組成固体地壳的物質，不外乎三大类岩石——火成岩、沉积岩和变質岩。这将在以后詳細叙述。因为岩石是由矿物組成的，所以在研究岩石之先，必須先研究矿物。

### 第三节 矿物概論及造岩矿物

矿物及其主要物理性質 在我国古書中提到矿物的名称和开采方法，其記載很早。迄今为止，矿物名称总共有 7000 多个，但其中只有 2500 多种是独立的矿物，其余的是变种。这两千多种矿物的分类和性質的叙述是屬於矿物学的范围，我們这里所要詳細叙述的是組成岩石的造岩矿物中最常見的类屬。

在这些矿物里，除大部分象前面所說的，具有比較均一的化学成分或是一定成分的化合物以外，还有一部分其化学成分是不一定的。这种成分不一定的矿物是由于下列原因：

(1) 类質同象的混合物 所謂类質同象就是在化学組成相近似的化合物中，其元素可以相互代替的現象。在矿物里所指的类質同象混合物也就是固溶体。这是两种或两种以上的互不成化合物的、結晶構造上完全一致的物質，按任一比例所形成的混合物。这种混合物随着它的成分的变化，其物理性質和化学性質也漸漸地有規律的变化。其典型的例子是斜长石系列的矿物，这在造岩矿物部分再加以說明。

(2) 膠体成分 所謂膠体是由分散相和分散媒所組成的分散系。分散相是一种極細微的物質，其粒子的大小在 1~100 毫微米的范围。分散媒可以是水、空气、或其它結晶物質、似玻璃物質等。以水作为分散媒的，如果其分散媒远远超过分散相的話，就叫作水膠溶体。肉眼看来，它和真溶液（离子或分子溶液）不能区别。如果分散相的微粒数量很多，以致粒与粒之間好象彼此粘着一样的話，叫作水膠凝体。在这类物質里，分散媒就好像只占有这些粒子的剩餘空間。这种物質看上去好象肉冻或膠狀的塊体。水膠凝体随着時間的加长，逐漸脫去水分就形成膠体物。以后所要談到的蛋白石——二氧化矽的水膠凝体、鋁礬土、褐铁矿等都可作为这种物質的例子。这类矿物要想用一定的化学分子式来表示它們是有困难的。例如褐铁矿，只能用  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  来表示它。

在自然界里分布最广泛的要算水、溶体和水膠凝体。

前面曾經提到，对于工程师來說，研究矿物是为了辨認岩石，同时对研究矿物的要求是要掌握矿物的基本物理性質，根据其物理性質来鑑定矿物。矿物的所有物理性質是由矿物的化学組成的性質以及內部結構所决定的。

根据物質三态，可以把矿物分为固态的、液态的和气态的三种，我們只注重固态的矿物。

多數的固態的礦物是結晶的物質。構成結晶物質的質點（包括原子、離子、絡離子和分子）排列是按照一定的方向而且是有一定次序的。質點之排列次序決定於質點間的距離。在同一方向中其距離是相等的，而在不同的方向中，其距離間隔之大小是可以不同的。這樣，其相應的物理性質也不同。這種特征叫作各向異性，是晶體的特性之一。

但如果在各方向的間隔是等長的，其相應的物理性質也必然相同。同時由於結晶物質的內部原子排列的規則性，所以在構成的晶體外表形態上具有一定的幾向形態，叫作晶形。

不具有以上所說的特性的物質，也就是說，內部質點不是規律地排列，這類物體是屬於非晶質。雖然從外表看來它是固體，但是從物質內部構造來看，非晶質體中質點的分布與液體中質點分布相似，嚴格來說，它不能算是固體，可稱為過冷卻的液體。

結晶物質所構成的具有幾向形態的晶形主要決定於內部質點的規則排列，同時其發育過程中的環境條件也有一定的影響。這種影響主要表現在它的晶體畸形或者不能全部發育。

根據晶體外形的對稱性，有32個晶類，可分為七個晶系（可參考結晶學書籍）。

表現在岩石體內的礦物有的顯示部分晶面（如火成岩和變質岩內），有的是不規則的顆粒狀（沉積岩），但是這些都不影響其內部結構。同時對於初學礦物的人來說，還應注意所借以學習的礦物標本往往也是不規則的塊體，或者也只是顯示部分晶面的標本。就是在自然界也很少見發育完整的晶體。

除了結晶形態以外，還可以根据礦物的物理性質來區別它們。礦物的物理性質，主要的有：

(1) 顏色 礦物的特性首先引人注意的就是礦物的顏色。礦物固有的顏色叫作自色。例如，磁鐵礦 ( $Fe_3O_4$ ) 的黑色，黃鐵礦 ( $FeS_2$ ) 的銅黃色和辰砂 ( $HgS$ ) 的朱紅色。礦物的顏色決定於所含成分（色素離子）。譬如，在成分中含有鐵和錳的礦物，一般都是深色，而淺色的礦物則主要因為含有鈉和鉀。因此可以根据顏色把礦物分為兩大類：深色的（深灰、深綠、黑色等）和淺色的（玫瑰、紅色和淺灰等）。

有的礦物原是透明無色的，如石英 ( $SiO_2$ )。但是由於在晶體里染有帶色的細微播散狀的物質就呈現了顏色，如紫石英、烟水晶和黑水晶等。這種原因所構成的顏色叫作礦物的他色。

某些礦物看起來雖具同一顏色，然而把它們磨成粒末的話，其粉末的顏色就有區別了。譬如磁鐵礦 ( $Fe_3O_4$ ) 的粉末是黑色的，而赤鐵礦 ( $Fe_2O_3$ ) 的粉末則是紅的。又如，黃鐵礦，礦物本身的顏色是銅黃色，但它的粉末的顏色是黑的。操作的辦法就是拿礦物在瓷板的粗面擦劃則有條痕出現，它的顏色就是礦物粉末的顏色。這個特征叫作條痕。大多數透明的或半透明的有色礦物的條痕是無色的或淡色的，所以條痕對於不透明的礦物或顏色很濃的礦物才有鑑定的意義。

(2) 硬度 礦物的硬度是根據一種礦物對另外一種礦物的刻劃能力來確定的。譬如，甲礦物刻劃乙礦物，使乙礦物表面上留下劃痕的話，則乙礦物的硬度即小於甲。只是相對硬度的比較，而不是表示其硬度的絕對數值。在礦物學里通常採用十種礦物編成等級，叫作摩氏硬度計（由摩氏提出的）：

滑石	1	长石	6
石膏	2	石英	7
方解石	3	黄玉	8
螢石	4	剛玉	9
磷灰石	5	金剛石	10

上表的次序系表示前一种矿物可以被后一种所划伤的次序。在野外工作时有时采用簡易的等級来代替。这个簡易的等級如下：

- 硬度 1—2 用指甲可划；
- 3 小刀很容易划伤；
- 4—5 小刀可划；
- 6 小刀几近不能划；
- 7 小刀不能划，但它可划玻璃；
- 8—9—10 能划玻璃。

因此在野外工作时，依靠指甲、小刀和玻璃即可将所見到的矿物的比較等級得出。

以上所說的方法只是为了在野外工作时所采用的簡便方法。在矿物学实验室里通常采用求得精确硬度的儀器鑑定。儀器的構造根据所用的方法来决定。采用刻划方法的儀器有傑別克硬度計，采用压入方法的儀器有  $ПМТ-3$  型的显微硬度計，都是采用金剛石作为刻划或压入的工具。

硬度决定于矿物內部結構的离子間距的大小，同时矿物結晶体的硬度在不同方向是不一样的。

对于初学者來說，还須注意在野外所見到的矿物表面通常是經過風化的，不能在風化部分来比較硬度。

(3) 劈开 也叫解理。这是矿物在受打击的时候，有沿着一定的方向裂开成規則平面的性能(图1)。由于矿物內部結構不同，因而其劈开性能也有强弱。譬如云母，其劈开面表現得很显著而黄铁矿就不显著；至于高岭土則沒有劈开。因而根据这种性能的强弱，可以把劈开分为下列几級：

- ① 極完全的劈开——矿物可裂成極薄的片狀，如云母(图2)，滑石。

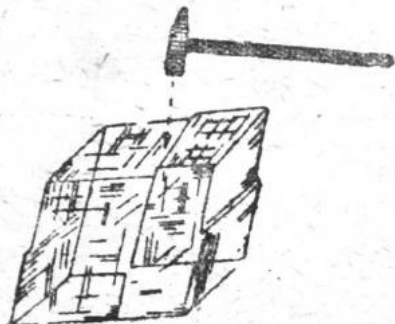


图1 矿物劈开方向



图2 云母之極完全劈开

②**完全的劈开**——矿物裂成不太薄的片狀或板狀，具平坦而光亮的表面（图3）。如正长石。

③**不完全的劈开**——劈开現象显示得很微弱，属于这一級的，同时会出现断口現象如黄铁矿。

④**完全无劈开**——这一級的是指矿物在打击之后，它沿着任意方向断开，也就是只显示断口而没有沿一定方向裂开的性能。

断口也是矿物的物理性質之一，并可以分为：（1）貝壳狀断口（石英、蛋白石）（图4）；刺狀断口，即在断口面上显示刺狀（角閃石、石棉）；土狀断口（高岭土）；平坦狀断口（磁铁矿）。

具有劈开性能的矿物，其劈开的方向一般都是沿着平行于它的晶体的某一个晶面。同一矿物往往具不同方向和不同程度的劈开性能，如方解石（ $CaCO_3$ ）（图1）就是具有沿三个方向劈开的矿物。



图3 食鹽之完全劈开

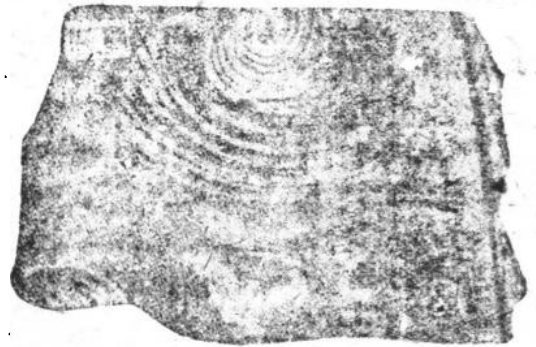


图4 黑曜石的貝壳狀断口

（4）**光澤** 光綫投射到矿物上即有一部分被反射，这种反射光就構成矿物的光澤。光澤的强弱和折光率有关，折光率越大，光澤也越强（金，銀，銅除外）同时矿物的光澤与矿物表面的性質（平坦、粗糙等）有关。因此矿物所表現的光澤也有多种，譬如类似玻璃的、金屬的、非金屬的等。就大多数的造岩矿物來說，折光率約在1.3—1.9之間，因而大部分反映为玻璃光澤；其表面具有平行纖維狀結構的就反映为絲綢光澤；具片狀結構并透明的矿物即反映为珍珠光澤。总之，在通見的造岩矿物，特别是矽酸鹽类矿物中，光澤的应用范围不大。在細膩的而有細孔的土狀表面的矿物，由于光綫向各方散射，就反映暗淡无光澤的表面。

以上所提到的矿物物理性質，目的在說明这些性質和矿物的內部結構以及化学組成是有密切关系的。同时对于铁道工程專業的工程人員來說，在野外利用一些簡單工具和試藥，根据这些物理性質是可以初步鑑別常見的造岩矿物。但是也有必要再說明一下，运用物理性質的檢驗来区别矿物是要經過一定熟悉过程的，必須根据不同标本反复观察，同时还必須注意任何矿物长期在自然界中暴露，所处的条件也不同，因而其物理性質，特别是在硬度、光澤和顏色方面会有一定程度的变化。这一点，在进行工作的時



候，应当考慮到。

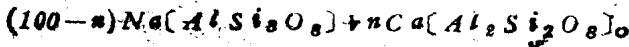
在礦物學範圍里，所要鑑定的物理性質，不但要在精確的儀器下來進行精確的檢驗，而且所要注意的範圍也廣。在礦物的物理性質方面，除上述以外，還有比重、透明度、磁性、彈性及撓曲性、熱及電性、融熔及溶解性以及嗅和味等。

熟練掌握了鑑定礦物的物理性質以後，往往根據對某種礦物的幾種具有特點的特點就可正確地確定礦物的類屬。

### 主要的造岩礦物

**正長石** ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) 這種礦物的劈開面之間互成直角，是它的特徵。硬度較大——摩氏硬度 6~6.50，礦物的顏色呈淺玫瑰色、肉紅色、棕黃、很少有白色的。正長石是花崗岩、正長岩、斑岩和片麻岩的主要組成部分。正長石遭受風化後，通常變為高嶺土。

**斜長石** 前面已經談過，這種礦物是一系列的類質同象的混合物，所以它的化學組成是複雜的同時也是不一定的。一般以下列化學式來代表它：



其礦物系列如下：

鈣斜長石分子 ( $A_n$ ) 的含量 (%)

鈉長石 ( $A_b$ )	—— $Na(AlSi_3O_8)$	0~10
鈉鈣長石	} $A_b + A_n$ 的類質同象混合物	10~30
中性長石		30~50
鈣鈉長石		50~70
培斜長石		70~90
鈣斜長石 ( $A_n$ )		—— $Ca(Al_2Si_2O_8)$

斜長石之中也分為淺色的和深色的。前者包括鈉長石、鈣長石和鈉鈣長石。就外表形態而言，它們彼此之間很少不同，因而在區別它們的時候也就感到困難。它們的顏色是從白的，有時是黃的。鈉鈣長石是灰色的。鈣鈉長石和上述的一些斜長石不同，它的顏色深灰到黑色，而且在轉動的時候，它的表面有象孔雀羽毛一樣的藍綠色閃光。礦物的一般硬度由 6—6.5，比重也由鈉長石的 2.6 增加到鈣斜長石的 2.76。它也是火成岩特別是在輝長岩的組成部分之一。

在輝石類里包括的種屬很多，我們只敘述一下普通輝石。普通輝石呈暗綠色，有時是黑色的，硬度 5—6，完全劈開，介殼狀斷口，玻璃光澤。主要特征是短柱狀，並有平行於柱面的劈開。互相成 87°。這類礦物常大量地出現在基性火成岩里——輝長岩，綠輝岩，輝石岩里。

**閃石類** 這類礦物也包括很多種屬。顏色是由暗綠到黑色的，玻璃光澤，有時是絲絹光澤，它的硬度是 5—6，完全劈開。角閃石雖然也和輝石一樣地具有光亮而平坦的劈開面為其特徵，可是它們之間也有區別，那就是：角閃石的劈開面按斜角（約近 60 度）相交而輝石則按直線相交。除此以外，角閃石還象輝石一樣地具有柱狀形晶體，所以在鑑定的時候常發生錯誤。在這種情形下，則應注意下列特征：其晶體柱面所形成的角