

导 言

一、工程地质学的研究对象

工程地质学是调查、研究、解决与各类工程建筑物的设计、施工和使用有关的地质问题的一门学科。简言之，是研究人类工程活动与地质环境相互作用的一门学科，它是地质学在应用方面的一个分支。

地球体的表层——地壳，是人类赖以生存的活动场所，同时也是—切工程建筑的物质基础。人类的工程活动都是在一定的地质环境中进行的，修建水库、道路与桥梁、民用建筑等工程活动，在很多方面受地质环境的制约，它可以影响工程建筑物的类型、工程造价、施工安全、稳定性和正常使用等。如沿河谷布线，若不分析河道形态、河水流向以及水文地质特征，就有可能造成路基水毁山区开挖深路堑时忽视地质条件有可能引起大规模的崩塌或滑坡不仅增加工程量，延长工期和提高造价，甚至危及施工安全。

建筑物的施工和使用过程也影响着地质环境，从而出现工程地质现象。如在城市中过量抽吸地下水或其它的地下流体会降低土体中的空隙液压而导致大规模的地面沉降（上海、天津等城市均有出现）；桥梁的修建改变了水流和泥砂的运动状态，使局部河段发生冲淤变形等。

为了使所修建的建筑物能够正常地发挥作用，对赖以生存的地质环境进行合理的利用和保护，在工程建设之前，必须根据实际需要深入地研究工程地质问题（engineering geological problem）对有关的工程地质条件（engineering geological condition）进行深入的调查和勘探以解决建筑工程中出现的地质问题。

工程活动的地质环境亦称工程地质条件，通常指影响工程建筑物的结构形式、施工方法及其稳定性的各种自然因素的总和。这些自然条件包括地层、岩性、地质构造、水文地质、地貌、物理地质作用、天然建筑材料等。应当强调指出，不能将上述自然因素中的某一方面理解为工程地质条件，而必须是各种自然因素的总和。

工程地质问题，一般是指所研究地区的工程地质条件由于不能满足工程建筑的要求，在建筑物的稳定、经济或正常使用方面常常出现的问题。工程地质问题是多样的，依据建筑物特点和地质条件，概括起来有二个方面：一是区域稳定问题；二是地基稳定问题。公路工程常遇到的工程地质问题有边坡稳定和路基（桥基）稳定问题；隧道工程中遇到的主要问题有围岩稳定和突然涌水问题；还有天然建筑材料的储量和质量问题等。

由上述分析可知，工程活动与地质环境之间的相互影响、相互制约的关系，就成为了工程地质学必须研究的对象。

公路是一种延伸很长，且以地壳表层为基础的线形建筑物，它常要穿越许多自然条件不同的地段，要受到不同的地质、地理因素的影响，为此对工程地质条件的深入了解是公路工程从设计到施工以至营运过程中都不可缺少的。例如，某一公路在穿过峡谷时，由于开挖边坡后岩体沿裂隙面失重而产生崩塌。该峡谷的岩性属厚层灰岩和白云质灰岩，岩层大致顺河水流向倾斜峡谷岩性坚硬崖壁陡峭坡高约 80m 处于自然稳定状态但其节理很发育其中有一组

倾向河心，当沿崖脚顺河修筑公路，经大爆破开挖边坡后，于一次大雨之后突然发生了数十万立方米的塌方，中断交通达半年之久。疏通后道路向河岸加宽，用半旱桥式挡土墙加固外边坡（见图 0-1）然而内边坡高崖上还有多处风化裂隙 崩塌的隐患仍然存在。

二、研究工程地质学的目的与任务

工程地质学是把地质科学应用于工程实践，评价工程建筑场地的工程地质条件，预测在工程建筑物作用下地质条件可能发生的变化，选择最佳的建筑场地，克服不良的地质条件 采取有效的工程措施 从而为保证建筑工程的合理设计、顺利施工、正常使用提供可靠的地质科学依据。

三、工程地质学的内容

一般认为，工程地质学由三个基本部分组成。

1. 工程岩土学——研究土石的工程地质性质及其内在机理和在天然或人为因素影响下的变化规律。

2. 工程地质分析——运用地质学的基本原理去分析、研究工程活动中不同建筑物的主要工程地质条件、力学机制及其发展演化规律，以便正确评价和有效防治它们的不良影响。

3. 工程地质勘察——采用地质手段查明有关工程活动中的地质因素。

上述工程地质学的基本内容，都是以地质学作为理论基础的，所以一般都编入了“基础地质知识”这一部分，如果没有地质学基础知识的铺垫是无法学好工程地质的。

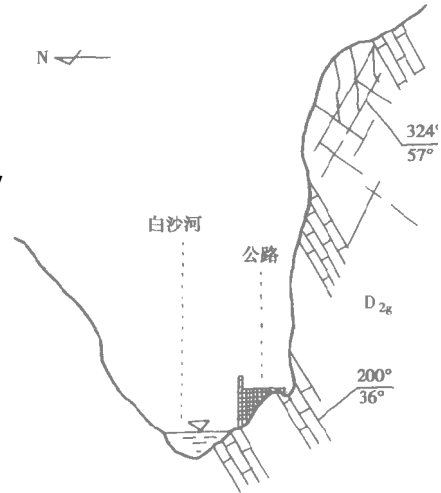


图 0-1 某峡谷崩塌徒手剖面

四、工程地质学的发展与分支学科

人类进入文明社会以来，在其发展过程中，修建了大量的土木工程。如我国兴建于战国时期（公元前 475 ~ 公元前 221）的古长城和都江堰，以及历代封建王朝修建的许多规模宏大的工程 如桥梁、宫殿、庙宇和楼阁 这一切都说明了古代劳动人民不仅具有高超的建筑技巧 而且对建筑场地的地质、地理环境有了相当的认识和了解，为工程地质学的发展积累了丰富的知识。

随着社会的发展，人类的工程活动日趋频繁，对工程地质学的要求也越来越高，这不仅促进了工程地质学的理论体系逐渐完整、系统化，同时也使得工程地质学的实践规程日臻完善。独立的工程地质学诞生于 20 世纪 30 年代，由原苏联地质学家提出，1932 年原苏联莫斯科地质勘探学院成立了世界上第一个工程地质教研室。

20 世纪前半叶（解放前），我国的工程项目只偏重于一般地质勘察，没有建立系统的理论。直到解放后，随着经济建设的发展，兴建一系列大型的基础设施工程，对建筑场地的勘察、评价，促使我国工程地质学有了大的发展，并形成了一些新的工程地质思想和理论。如谷德振和孙玉科先生在总结工程实践经验的基础上，提出了“岩体结构”的概念（60 年代末），1979 年，谷德振、王思敬 地质研究所院士 提出了（在应用方面）地质体的五大稳定问题（区域、山体、岩体、地面、深部），1984 年孙广忠先生进一步提出了“岩体结构控制论”对“岩体力学”产生重大影响，并在工程应用中取得了很好效果。

随着经济的发展,工程地质学的理论在不同地区、不同行业的实践中,逐渐形成了一些新的分支学科如环境工程地质、地震工程地质、矿山工程地质、工民建工程地质、公路工程地质、城市规划工程地质等。伴随着人口的急剧增大,强度和规模巨大的人类活动已经成为对地球施加影响的一股不可低估的力量,对地质环境产生了不可忽视的影响,造成环境恶化、地质灾害提前降临或加剧等等。针对这些情况,近年来许多工程建设部门制定了环境保护规程,规定要对工程兴建可能引起的环境问题作出结论,其中地质环境的变化是不容忽视的一个方面,强调了环境工程地质的任务,通过调查研究作出环境评价,制定出保护地质环境的措施。由此看来,工程地质的任务更加繁重。

综上所述,工程地质学作为一门比较年轻的学科,还有许多的问题亟待研究如岩质边坡的稳定性、不良地质现象的处理措施等都有待进一步探索。当前,大量采用先进技术,提高工程地质勘探和测试质量是首要的努力方向。近十几年来,在地质勘探方面,发展了一系列地球物理勘探方法如电探、触探、地震勘探、声波探测、放射线勘探等有的已经取得了较好的成果。此外,航天工程地质勘探及遥感技术和电子技术的发展极为迅速,它们的应用将为工程地质学的研究开辟更为广阔的前景。

在我国,工程地质勘察是由工程地质技术人员进行的,但工程设计、施工人员对于工程地质勘察的任务、内容和方法也应有足够的知识储备。只有具备了工程地质方面的基础知识才能够正确地提出勘察任务和要求,才能正确地利用工程地质勘察的成果,较完整地考虑建筑中的地质条件和地质环境的因素,保证合理地进行设计和施工。

本课程是路桥专业的一门技术基础课,它的主要任务是培养学生在路桥工程中能从技术的角度去认识和解决有关工程地质方面的问题;通过教学和实习、实验能得到一些基本技能的训练学习搜集、分析和运用有关地质方面的资料、图件并结合其它专业课的学习对一般的工程地质问题进行初步评价。

本课程是一门实践性很强的学科,在教学中应运用辩证唯物主义观点,由浅入深,循序渐进,尽量采用现代化教学手段进行教学。为了增强学生的感性认识,加强实践性教学,应安排适当的试验课和野外地质实习,以巩固和印证课堂所学的理论知识,提高学生实际动手能力。通过理论与实践的紧密结合,为完成路桥工程勘测、设计和施工打下工程地质方面的坚实基础。

复习思考题

- 1.工程地质学的研究对象。
- 2.简述工程地质条件与人类活动之间的关系。
- 3.试述学习本门课的重要意义。

第一篇 工程地质基础知识

第一章 地球概况

第一节 地球的物理性质及圈层构造

地球是宇宙中的一个运动着的球状体。原始地球形成后，在重力分异和化学分异等作用下经历了大约 45.5 亿年的演化过程，从均匀混合的物质状态逐渐分化成为今天这样的由不同状态和不同物质组成的非均质圈层构造的椭球体。通常把地球的圈层构造以地表为界，分为外部圈层和内部圈层两部分。

一、地球的外部形态

地球的形状和地表形态既是其内部物质状态及其运动的结果，又受到地球表层的水和大气的运动以及生物生命活动的影响。通常所说的地球形状是指大地水准面所圈闭的形状。而大地水准面是平均海平面并通过大陆延伸所形成的封闭曲面。新近资料所记载的地球形状和大小的有关数据如下：

赤道半径 a)	6 378.1724km	赤道周长	40 075.696km
两极半径 b)	6 356.7986km	子午线周长	40 008.08km
平均半径	6 371.229km	表面积	$5.1007 \times 10^8 \text{ km}^2$
扁率 $(d = \frac{a-b}{a})$	1/298.341	体积	$0.832 \times 10^{12} \text{ km}^3$

根据以上数据可知，地球形状为扁率不大的梨状三轴旋转椭球体。由于地球椭球体的扁率很小，故在一般计算时常视地球为一圆球体，取其平均半径值为 6 371km。

二、地球的物理性质

地球的物理性质包括地球内部的密度、压力、重力、地磁、弹性、地热等。

1. 重力

重力是地心引力和由地球自转而产生的惯性离心力的合力。由于离心力与地心引力相比相对微弱（如赤道的离心力约为地心引力的 $1/289$ ），因此可将地心引力近似当作重力。地球周围受重力影响的空间称重力场。地球上某一点的重力场强度就相当于该点的重力加速度。由于地心引力随纬度而变化，故地表重力分布以赤道为最小（ 9.78m/s^2 ），两极最大 9.83

m/s^2) 平均为 $9.80m/s^2$ 。加之地下组成物质的不同以及海拔高度的差异,各地测得的重力值并不同于理论值,这种现象称为重力异常。比正常理论值大的称正异常,比正常理论值小的称负异常。利用这一规则可探查和了解地下的地质构造和矿藏分布。

假使把地球自转的线速度加快 17 倍,则赤道的离心力便会增大到 289 倍与地心引力相等此时地表的物体就会产生‘失重’现象。

2. 密度和压力

用前述地球的体积除以地球的质量,便可得到地球的平均密度为 $5.517g/cm^3$ 根据实际测定的固体地球表面岩石的平均密度为 $2.7 \sim 2.9g/cm^3$ 而覆盖地球表面 $3/4$ 的水的密度近似为 $1g/cm^3$,可以推测地球内部物质应具有比地表更大的密度。根据推算,地心物质平均最大密度值可达 $13g/cm^3$ 最高达 $17.2g/cm^3$ 。

随着地球密度向地心增加,地内压力随深度也在加大。地球内部的压力主要是由上覆物质的重力所产生的静压力,计算公式为:

$$p = H\rho_h g_h$$

即静压力的大小决定于上覆物质的厚度 (H) 与该厚度中物质的平均密度 ρ_h 及其平均重力加速度 g_h 的乘积。

地球内部压力随着深度的增加而递增。一般认为,深度每加深 4.4m 压力增加 0.1MPa。地下 10km 处压力约为 300MPa;40km 处为 1 000MPa,岩石在此压强下将要发生软化。

3. 地热

地热是指地球内部的热能。根据大陆地表以下地温的来源和分布状况,可以把地下温度分为三层。变温带是固体地球表层大陆上的一个温度层,温度主要来源于太阳的辐射热能,它随纬度高低、海陆分布、季节、昼夜、植被等的变化而不同。该层平均深度为 15m 左右。常温层是指温度与当地平均温度一致的地带。增温层位于常温层以下,其热能主要来自于放射性元素蜕变产生的热能,其次是重力能、旋转能等转化产生的热量。通常把每向下加深 100m 所升高的温度称为地热增温率(地热梯度);一般为 $0.9 \sim 5^\circ C$ 。而把温度每增加 1 度所增加的深度称为地热增温级。根据实测和推算,在 100km 深处的温度大约 1 300 左右。

4. 地磁场

地球类似一个巨大的磁铁,在它的周围空间存在着磁场,称为地磁场。地磁场是一个弱磁场,其场强在近地表处约为 $0.5 \times 10^{-4}T$ 。在地磁场中,促使磁针产生偏角和倾角的磁力大小的绝对值称为磁场强度。总磁场强度的水平分量成为水平磁场强度,它的方向就是磁子午线的方向。地磁子午线与地理子午线的夹角为磁偏角,总磁场强度的垂直分量称垂直磁场强度,总磁场强度方向与水平面的交角称为磁倾角。

地磁场随时间变化,地质历史时期的磁场称为古地磁。近年来人们通过研究不同时间岩石中的剩余磁性的大小和方向,从而追溯地质历史时期地磁场的特征和变化及磁极移动情况。这一研究对解决大规模的构造运动历史、古气候及探索地球起源等问题有重要意义。

5. 弹性

固体地球能传播地震波(弹性波),说明地球具有弹性。通过地震波在地球内部传播速度的变化,能确定地球内部物质状态的变化。

三、地球的圈层构造

(一) 外部圈层

1. 大气圈

大气圈是环绕地球的空气层,大气圈按物理性质自下而上分为四层:对流层、平流层、电离层、扩散层。大气圈主要是由氮、氧、二氧化碳和少量的水汽等多种气体组成的混合物。由于受地心引力, $\frac{3}{4}$ 的大气质量集中在对流层。氮是植物制造蛋白质的主要原料;氧是生物生命活动的重要条件,也是促进岩石等氧化分解的重要成分;位于大气圈最底部的二氧化碳主要来自有机物的氧化和生物的呼吸,它强烈吸收地面长波辐射并放出热量,因而对地表起着一种保温的作用,同时也是促使岩石风化分解的重要因素之一;平流层中存在大量臭氧,它对太阳辐射紫外线的强烈吸收构成了对生物的有效天然保护。

2. 水圈

地球表面上的海洋面积占 70.78%。通常人们把地球表面的海洋、河流、湖泊及地下水等看成是包围地球表面的闭合圈。在自然界水分的循环过程中,大陆降水量只占总降水量的 20.6%,然而这一水量却是改变地貌的强大动力因素。河流、冰川、地下水等水体在其流动过程中,不断改造地表,塑造出各种地表形态。同时水圈对生命的生存、演化提供了必不可少的条件,因此水圈是外动力地质作用的主要动力来源。

3. 生物圈

地球表面凡是有生命活动的范围称为生物圈。生物包括动物、植物和微生物。生物在其生命活动过程中,通过光合作用、新陈代谢等方式,形成一系列生物地质作用,从而改变地壳表层的物质成分和结构。生物活动成为改造大自然的一个积极因素,同时生物的繁殖活动和生物遗体的堆积,为形成有用矿产提供物质基础。

(二) 内部圈层

目前根据对地震资料的研究,发现地球内部地震波的传播速度在两个深度上作显著跳跃式的变化,反映出地球内部物质以这两个深度作为分界面,上下有显著的不同。上分界面称“莫霍面”,它位于地表以下平均 33km 处;下分界面称“古登堡面”,位于地表以下 2900km 处。根据这两个分界面,目前把地球内部构造分为地壳、地幔和地核三个层圈(见图 1-1)。



图 1-1 地球的圈层构造

1. 地壳 (0~33km)

地壳指地球外表的一层薄壳,平均厚度为 33km,主要由固体岩石组成。根据岩石的物质组成,地壳可分硅铝层和硅镁层两层。构成硅铝层的岩石相当于花岗岩类,又称花岗岩质层;构成硅镁层的岩石相当于玄武岩类,又称玄武岩质层。按分布状态不同又可分为大陆地壳和海洋地壳。大陆壳厚度大且呈双层结构,上层为花岗岩质层,下层为玄武岩质层;大洋壳厚度小,

呈单层结构以玄武岩层为主。硅铝层花岗岩质层的 V_p 为 $6.0 \sim 6.2 \text{ km/s}$ 密度为 $2.6 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$,一般厚 $15 \sim 20 \text{ km}$ 。硅镁层玄武岩质层的 V_p 为 $6.4 \sim 7.8 \text{ km/s}$ 密度为 3.3 g/cm^3 厚度为 $15 \sim 20 \text{ km}$ 。大洋地壳厚度较薄,平均仅 $5 \sim 6 \text{ km}$,一般缺乏硅铝层 硅镁层直接出露于洋底。

组成地壳的化学元素有百余种,但各元素的含量极不均匀,其中最主要的是下列几种,它们占地壳总质量的 99.95%。氧(O):46.95% ;硅(Si):27.88% ;铝(Al):8.13% ;铁(Fe):5.17% ;钙(Ca):3.65% ;钠(Na):2.78% ;钾(K):2.58% ;镁(Mg):2.06% ;钛(Ti):0.62% 氢(H):0.14%。其余的是磷、锰、氮、硫、钡、氯等近百种元素。地壳中的化学元素常随环境的改变而不断地变化。元素在一定地质条件下形成矿物,矿物的自然集合体则是岩石。组成地壳的岩石按成因可分为岩浆(火成)岩、沉积岩、变质岩。人类的一切活动都是在地壳的最表层。

2. 地幔 (33 ~ 2 900km)

地幔是地球的莫霍面以下、古登堡面以上部分,其体积约占地球总体积的 83% 质量占 68.1% 是地球的主体部分 主要由固态物质组成。以 984km 处为界分上地幔和下地幔两个次级圈层,上地幔的平均密度为 3.5 g/cm^3 顶部 V_p 为 8.0 km/s 与地壳有明显差别。根据密度、波速资料、与陨石对比以及对火山喷出物内发现的只能形成于地幔中的岩石的分析,上地幔的物质成分是由含铁、镁多的硅酸盐矿物组成的,与超基性岩类似。通过对地幔中地震波传播特征的研究发现在 $40 \sim 250 \text{ km}$ 处存在“低速带”尤其是 $100 \sim 150 \text{ km}$ 深度处波速降低得最多。一般认为低速带是由于该带内温度增高至接近岩石的熔点,但尚未熔融的物态引起的,又据低速带内有些区域不传播横波,推断这些区域的温度已超过岩石熔点形成液态区。由于低速带距地表很近,这些液态区很可能是岩浆的发源地。鉴于低速带的塑性较大,它为上部固态岩石的活动创造了有利的条件,故在构造地质学中称其为软流圈。而将软流圈以上的上地幔和地壳合称为岩石圈。下地幔地震波速平缓增加,密度已达 5.1 g/cm^3 。一般认为其物质成分以铁、镁的硅酸盐为主,硅酸盐结构因转变成类似致密氧化物的紧密堆积结构而趋于稳定。

3. 地核 大于 2 900km)

地幔下界至地心部分称为地核,它占地球总体积的 16% 占总质量的 31.5%。按地震波波速分布,分为外核、过渡层和内核三层。根据横波不能通过外核的事实,推断外核是由液态物质组成的。分布于中间的过渡层,波速变化复杂,可能是由液态开始向固态物质转变的一个圈层。内核一般认为由以铁、镍等成分为主的固态物质组成。

第二节 地质作用

地壳自形成以来,一直处在不停的运动和变化之中。一些变化速度快,易为人们感觉到,如地震和火山喷发等;另一些变化则进行得很慢,不易被人们发现,如地壳的缓慢上升、下降等。虽然这些活动缓慢,但经过漫长的地质年代,可导致地球面貌的巨大变化。在地质历史发展的过程中,促使地壳物质组成、构造和地表形态不断变化的作用统称为地质作用。按其能源的不同,地质作用可分为两种类型:内动力地质作用和 外动力地质作用。

地质作用具有三个含义:地质作用是自然发生的复杂的物质运动形式;这个复杂的运动形式的表现是对地球的改造和建造;对地球的改造和建造是一对矛盾的统一。

一、内动力地质作用

内动力地质作用是由地球的转动能、重力能和放射性元素蜕变产生的热能等所引起的。

根据动力和作用方式可分为：

1. 地壳运动

由内部能源引起地壳结构和面貌发生改变或相对位移的运动，按地壳运动的方向可分水平运动和升降运动。

(1)水平运动 指地壳或岩石圈块体沿水平方向移动，使岩层产生褶皱、断裂，形成裂谷、盆地及褶皱山系，如我国的喜马拉雅山、天山等。

(2)垂直运动 指相邻块体或同一块体的不同部分作差异性上升或下降，使某些地区上升形成山岳、高原 另一些地区下降 形成湖、海、盆地 所谓‘沧海桑田’即是古人对地壳垂直运动的直观表述。喜马拉雅山上大量新生代早期的海洋生物化石的存在，反映了五六千万年前，这里曾是汪洋大海，由此可见垂直运动幅度之大。目前，我国地势西部总体相对上升，而东部相对下降。

同一地区构造运动的方向随着时间推移而不断变化，某一时期以水平运动为主，另一时期则以垂直运动为主，且水平运动的方向和垂直运动的方向也会发生更替。

地壳运动不断地改变地壳的原始状态 当地壳受到挤压、拉张、扭转等应力时 便形成各种各样的构造形态。在内力地质作用中地壳运动是诱发地震作用，影响岩浆作用和变质作用的重要条件，也影响外动力地质作用的强度和变化。因此，地壳运动在地质作用的总概念中是带有全球性的主导因素。

2. 岩浆作用

岩浆 通常是指 40~100km 深处、呈高温粘稠状的、富含挥发组分、成分复杂的硅酸盐熔融体。岩浆在高温高压下常处于相对平衡状态，但当地壳运动使地壳出现破裂带，或其上覆岩层受外力地质作用发生物质转移时，造成局部压力降低，打破了岩浆的平衡环境，岩浆就会向低压方向运动，这种现象称为岩浆活动。当其侵入地壳上部或喷出地表冷凝而成的岩石称岩浆岩。岩浆活动还使围岩发生变质现象，同时引起地形改变。

3. 变质作用

由于地壳运动、岩浆作用等引起地壳物理和化学条件发生变化，促使岩石在固体状态下改变其成分、结构和构造的作用。变质作用形成各种不同的变质岩。

4. 地震

地震是地壳快速振动的现象，地壳运动和岩浆作用都能引起地震。

二、外动力地质作用

外动力地质作用是由来自外部能源所引起的地质作用，主要有太阳辐射能、天体引力能及其它行星、恒星对地球的辐射等。其具体表现方式有风化、剥蚀、搬运、沉积和成岩作用。

(一) 风化作用

由于太阳辐射、大气、水和生物等的作用 地壳表层的岩石发生崩解、破碎以至逐渐分解的变化称为风化作用。风化作用是外力作用中较为普遍的一种，在大陆的各种地理环境中都有风化作用在进行，其作用于地表最显著，随着深度的增加，其影响就逐渐减弱以至消失。风化作用使岩石逐渐破裂 转变为碎石、砂和粘土。

风化作用使坚硬致密的岩石松散破坏，改变了岩石原有的矿物组成和化学成分，使岩石的强度和稳定性大为降低 对工程建筑条件起着不良的影响。此外 像滑坡、崩塌、碎落、岩堆及泥石流等不良地质现象，大部分都是在风化作用的基础上逐渐形成和发展起来的。所以了解

风化作用，认识风化现象，分析岩石的风化程度，对评价工程建筑条件是十分必要的。

风化作用按其占优势的力及岩石变化性质的不同，可分为物理风化、化学风化及生物风化三个密切联系的类型。

1. 物理风化作用

在地表或接近地表条件下，岩石、矿物在原地发生机械破碎而不改变其化学成分的过程叫物理风化作用。引起物理风化作用的主要因素是岩石释重和温度的变化。此外，岩石裂隙中水的冻结与融化、盐类的结晶与潮解等，也能促使岩石发生物理风化作用。其作用方式可归纳为三种。

(1) 剥离

温度变化是引起物理风化作用的最主要因素，由于温度的变化产生温差，温差可促使岩石膨胀和收缩交替地进行从而引起岩石破裂。我们知道岩石是热的不良导体导热性差白昼当它受太阳照射时，表层首先受热发生膨胀，而内部还未受热，仍然保持着原来的体积，这样，必然会在岩石的表层引起壳状脱离。在夜间，外层首先冷却收缩，而内部余热未散，仍保持着受热状态时的体积，这样表层便会发生径向开裂，形成裂缝。由于温度变化所引起的这种表里不协调的膨胀和收缩作用，昼夜不停地长期进行，就会削弱岩石表层和内部之间的联结，使之松动，在重力或其它外力作用下产生表层剥落。此外，不同矿物受热的体积膨胀系数各不相同故由多种矿物组成的岩石在温度变化的影响下各种矿物的体积胀、缩亦有差异。这样岩石便可产生纵横交错的裂缝，有的裂缝平行岩石表面，形成层状剥离现象，有的裂缝垂直于岩石表面。久而久之，岩石裂缝可逐渐加大加深，由表及里地不断崩解、破碎成大大小小的碎块。

温差风化的强度主要决定于温度变化的速度和幅度，特别是昼夜温度变化的幅度越大，温差风化则越强烈。此外，温差风化的强弱还决定于岩石的性质，如矿物成分与岩石结构等。

(2) 冰劈

充填在岩石裂隙中的水分结冰使岩石破坏的作用，称为冰冻风化。这是温度变化间接地使岩石破碎的现象。地表岩石的裂隙中，常有水分充填，当温度下降到 0°C 时会冻结成冰。水结成冰时，体积可比原来增大 10% 左右。由于体积的增大，对岩石的裂隙可产生很大的压力，使岩石裂隙加宽、加深故称冰劈作用。当气温回升至 0°C 以上冰体融化水沿扩大的裂缝更深地渗入岩石内部，同时水可填满裂缝使水量增加。若气温在 0°C 上下波动时，充填在岩石裂隙中的水分时而冻结时而融化岩石在这样反复地作用下裂隙可不断扩大、加深从而使岩石崩裂成碎块。

(3) 晶胀

岩石空隙中的水，往往溶解有大量的盐分。当水分蒸发，水溶液中的盐分浓度增大至过饱和时盐分将再结晶。盐分结晶体积随之膨胀，于是对周围岩石产生压力并使空隙加大导致岩石崩解。

2. 化学风化作用

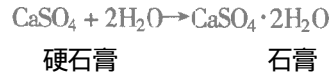
在地表或接近地表条件下，受大气和水溶液的影响，岩石、矿物在原地发生化学变化并可产生新矿物的过程叫化学风化作用。引起化学风化作用的主要因素是水和氧气。自然界的水不论是雨水、地面水或地下水都溶解有多种气体（如 O_2 、 CO_2 等）和化合物（如酸、碱、盐等）因此自然界的水都是水溶液。水溶液可通过溶解、水化、水解、碳酸化等方式促使岩石发生化学风化。

(1) 溶解作用

水能直接溶解组成岩石的矿物，使岩石遭到破坏。最容易溶解的是卤化盐类（岩盐、钾盐等）其次是硫酸盐（石膏、硬石膏等）再其次是碳酸盐类（石灰岩、白云岩等）其它岩石虽然也溶解于水，但溶解的程度低得多。岩石与水长期接触，其中的可溶性矿物就逐渐地被水溶解。岩石在水里的溶解作用一般进行得十分缓慢，但是在有利条件下，比如当水的温度增高以及压力增大时，水的溶解作用就比较活跃。特别是当水中含有侵蚀性的 CO_2 而发生碳酸化合作用时，水的溶解作用就会显著增强。在可溶岩分布地区，由于水对岩石的溶解作用，常常形成溶洞、溶穴等溶蚀地貌。

(2) 水化作用

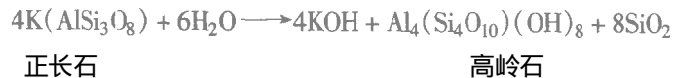
某些矿物和水反应生成新的含水矿物的过程，称为水化作用。例如硬石膏与水作用变为石膏即为水化作用：



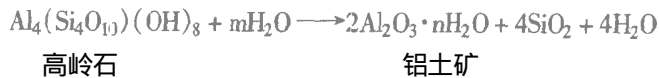
由此看来，水化作用的结果是产生了含水矿物。含水矿物的硬度一般低于无水矿物；同时由于在水化过程中结合了一定数量的水分子进入矿物的成分之中，改变了原有矿物的成分，引起体积膨胀，对岩石也具有一定的破坏作用。若岩层中含有硬石膏层时，当石膏发生水化作用而体积膨胀，对围岩产生很大的压力，促使岩石破碎。尤其在隧道施工中，这种压力甚至能引起支撑倾斜、衬砌开裂，应当引起足够的注意。

(3) 水解作用

某些矿物和水反应后生成带 OH^- 的新矿物的过程，称为水解作用。如在湿热气候条件下，花岗岩中的正长石在水解作用下，经过脱水去硅、吸水，先变成高岭石，再进一步分解为铝土矿，即：

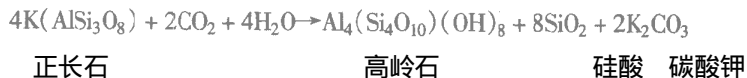


其中 KOH 易溶于水而被带走， SiO_2 在有强碱钾盐的碱性溶液中不能凝聚下来，也被带走，结果只有高岭石残留下来。如果在炎热、潮湿的气候下，高岭石将进一步分解，形成铝土矿，即：



(4) 碳酸化作用

当水中溶有 CO_2 时，水溶液中除 H^+ 和 OH^- 离子外，还有 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子，碱金属及碱土金属与之相遇会形成碳酸盐，这种作用称碳酸化作用。硅酸盐矿物经碳酸化作用，其中碱金属变成碳酸盐随水流失。如花岗岩中的正长石受到长期碳酸化作用时，则发生如下反应：

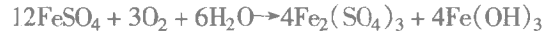
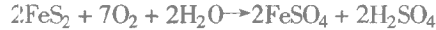


花岗岩中的正长石经碳酸化作用后， K_2CO_3 溶于水而流失，胶体的复硅酸失水变成石英类矿物，坚硬的长石变成了疏松的高岭石，于是花岗岩被风化分解。

(5) 氧化作用

氧化作用是化学风化中极为普遍的主要方式之一，尤其在水的参与下，显得更为强烈。通常把地壳表层、地下水位之上凡能进行氧化作用的范围，称氧化带。以黄铁矿的氧化过程为

例：



黄铁矿经氧化形成褐铁矿，颜色由铜黄色变为褐黄色，硬度、密度都变小。同时产生的硫酸对岩石腐蚀性极强，可使岩石中某些矿物分解形成洞穴和斑点，并产生一些新矿物。因此，岩石中含有较多黄铁矿时，不适宜作建筑材料。

3. 生物风化作用

岩石在动植物及微生物影响下发生的破坏作用，称为生物风化作用。生物风化作用主要发生在岩石的表层和土中。生物风化作用既有机械的，也有化学的。

(1) 生物的机械破坏

生物的机械破坏主要是通过生物的生命活动来进行的。如植物根系在岩石裂隙中生长，不断楔裂岩石使裂隙扩大从而引起岩石崩解。又如穴居动物田鼠、蚂蚁和蚯蚓等不停地挖掘洞穴使岩石破碎、土粒变细。

(2) 生物的化学破坏

生物的化学破坏是通过生物的新陈代谢和生物死亡后的遗体腐烂分解来进行的。植物和细菌在新陈代谢过程中能析出有机酸、硝酸、亚硝酸、碳酸和氢氧化铵等溶液而腐蚀岩石。生物死亡后遗体聚集，逐渐形成腐殖质。它一方面可供给植物生长的钾盐、磷盐、氮的化合物和各种碳水化合物；另一方面因含有有机酸，对岩石、矿物也有腐蚀作用。生物（特别是微生物）的化学风化是很强烈的。

地壳表层的岩石经长期风化作用后，残留原地的松散堆积物，称为残积物。残积物覆盖在地壳表面的风化基岩上，而具有一定厚度的风化岩石层即为风化壳。它是原岩在一定的地质历史时期各种因素综合作用的产物。岩石的风化由表及里，地表部分受风化作用的影响最显著，由地表往下风化作用的影响逐渐减弱以至消失。因此从工程地质的角度出发，一般把风化岩层自下而上分为四个带：整石带、块石带、碎石带、粉碎带。对整个风化壳剖面按照岩石风化程度的不同进行分带，对建筑场地的选择、工程设计、施工和处理等都是十分必要的。

(二) 剥蚀作用

剥蚀作用是将岩石风化破坏的产物从原地剥离下来的作用。通过风力、地面流水、地下水、湖泊、海洋和生物等各种外动力因素把风化后的松散物从岩石表面搬离原地并以风化物为工具，参与对岩石、矿物进行风化破坏的过程，统称为剥蚀作用。剥蚀作用在破坏组成地壳物质的同时，也不断地改变着地表的基本形态。按引起剥蚀作用的动能性质不同，可以分为风的吹蚀作用、流水的侵蚀作用、地下水的潜蚀、溶蚀作用、湖、海水的冲蚀作用、冰川的刨蚀作用等。

(三) 搬运作用

风化剥蚀的产物通过风力、流水、冰川、湖水、海水以及生物的动力被搬离母岩而转移空间的过程，称为搬运作用。搬运与剥蚀往往是在同一种动力下进行的。例如风和流水在剥蚀着岩石的同时，又将剥蚀下来的岩屑搬走。按搬运动力的因素不同，可以分为：风的搬运作用、流水的搬运作用、冰川搬运作用等，其中以流水为主要搬运力。把流水的搬运方式分为：拖（推）运、浮运和溶运。

(四) 沉积作用

被搬运的物质，由于搬运能力减弱、搬运介质的物理化学条件发生变化或由于生物的作用从搬运介质中分离出来形成沉积物的过程称为沉积作用。按其沉积方式可以分为机械沉积、化学沉积和生物沉积。按其沉积环境又可分为风的沉积、河流沉积、冰川沉积、洞穴沉积、湖泊沉积和海洋沉积等。

（五）成岩作用

使松散堆积物固结为岩石的过程，称为成岩作用。在固结过程中，要经历物理的压实作用和化学的胶结作用。当沉积物达到一定厚度时，上覆沉积物的静压力使矿物颗粒互相靠紧，发生脱水、孔隙减小、体积压缩、密度增大，再通过孔隙中水溶胶结物质的化学沉淀，将松散碎屑物胶结、凝聚起来。同时，随着沉积物的埋深而升温、加压，使其中细粒矿物发生化学反应进行结晶而固化成岩。可见，此时地球的内能对成岩作用有着重要意义。

外力地质作用，一方面通过风化和剥蚀作用不断地破坏出露地面的岩石；另一方面又把高处剥蚀下来的风化产物通过流水等介质搬运到低洼的地方沉积下来重新形成新的岩石。外力作用总的趋势是切削地壳表面隆起的部分，填平地壳表面低洼的部分，不断地使地壳的面貌发生变化。

内力作用总的趋势是形成地壳表层的基本构造形态和地壳表面大型的高低起伏，而外力作用则是破坏内力作用形成的地形或产物。总的趋势是削高补低，形成新的沉积物，并进一步塑造了地表形态。内、外力地质作用在漫长地质年代里是使地壳发生不断演变的强大动力因素，研究各种地质作用的运动规律是地质学的主要任务之一。

复习思考题

1. 地球具有哪些主要的物理性质？
2. 试述地球圈层构造的划分及特征。
3. 什么是地质作用？试按能源不同，对内、外力地质作用所包括的具体内容作简要说明。
4. 地壳的水平运动和升降运动通常表现出哪些现象？
5. 分析内动力地质作用之间的内在关系。
6. 什么是风化作用？试述风化作用各具体方式之间的关系。
7. 举例说明风化作用对岩石的影响。
8. 试述内、外动力地质作用之间的相互关系，它们怎样改变着地球的面貌？

第二章 矿物与岩石

岩石是组成地壳的主要物质成分，是地壳发展过程中各种地质作用的自然产物。

岩石是矿物的集合体，是在地质作用下产生的，由一种矿物或多种矿物以一定的规律组成的自然集合体。由于地质作用的性质和所处环境不同，不同的岩石的矿物成分、化学成分、结构和构造等内部特征也有所不同。

岩石的结构 是指岩石中矿物的结晶程度、颗粒的大小和形态及彼此之间的组合方式。

岩石的构造 是指岩石中的矿物集合体之间或矿物集合体与岩石的其它组成部分之间的排列方式及充填方式，岩石的构造能反映出岩石的外貌特征。

自然界岩石的种类很多，按形成原因可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。根据矿物组成将岩石分为单矿岩和复矿岩。矿物的成分、性质及其它各种因素的变化，都会对岩石的强度和稳定性发生影响。所以要认识岩石，分析岩石在各种自然条件下的变化，进而评价岩石的工程地质性质，为工程建设服务，就必须先了解矿物的有关知识。

第一节 造岩矿物

矿物是组成地壳的基本物质，它是在各种地质作用下形成的具有一定的化学成分和物理性质的单质体或化合物。其中构成岩石的主要矿物称为造岩矿物。

一、矿物的一般知识

矿物是构成岩石的基本单元，目前自然界已被发现的矿物约 3 300 多种 其中构成岩石的矿物有 30 余种。

造岩矿物绝大部分是结晶质的，结晶质的基本特点是组成矿物的元素质点（离子、原子或分子）在矿物内部按一定的规律重复排列 形成稳定的格子构造 在生长过程中如条件适宜 能生成被若干天然平面所包围的固定的几何形态，但绝大多数矿物在发育时受空间条件的限制 往往不具有规则的外形。非晶质矿物内部质点排列没有一定的规律性，所以外表不具有固定的几何形态 如蛋白石 ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、褐铁矿 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 等。

自然界的矿物按其成因可分为三大类型：

1. 原生矿物

在成岩或成矿的时期内，从岩浆熔融体中经冷凝结晶过程中所形成的矿物，如石英、长石等。

2. 次生矿物

指原生矿物遭受化学风化而形成的新矿物，如正长石经水解作用后形成的高岭石。

3. 变质矿物

指在变质作用过程中形成的矿物，如区域变质的结晶片岩中的蓝晶石和十字石等。

二、矿物的物理性质

矿物的物理性质主要决定于它的内部构造和化学成分。掌握矿物的物理性质是鉴别矿物的主要依据。在实际工作中，一般用肉眼观察并借助简单的工具和试剂鉴定矿物。

(一) 矿物的形状

在液态或气态物质中的离子或原子互相结合形成晶体的过程称为结晶。晶体内部质点的排列方式称晶体结构。不同的离子或原子可构成不同晶体结构，相同的离子或原子在不同的地质条件下也形成不同的晶体结构。晶质矿物因内部结构固定，因此，具有特定的外形。

矿物绝大多数是固体，常见形状有柱状、粒状、纤维状、板状、片状、结核状等。矿物在生长条件合适时（有充分的物质来源、足够的空间和时间等）能按其晶体结构特征长成有规则的几何多面体外形，呈现出该矿物特有的晶体形态（见图 2-1）。

(二) 矿物的光学性质

矿物的光学性质是指矿物对自然光的吸收、反射和折射所表现出的各种性质。

1. 颜色

矿物的颜色指矿物对可见光中不同光波选择吸收和反射后映人人眼的现象。它是矿物最明显、最直观的物理性质，常以标准色谱的红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫以及白、灰、黑来说明矿物颜色，也可以依最常见的实物颜色来描述矿物的颜色，根据成色原因分为自色、他色和假色。

自色 矿物本身所固有的颜色，自色对矿物具有重要的鉴定意义。如黄铁矿多呈铜黄色等。

他色 矿物含有杂质等机械混入物所引起的，无鉴定意义。

假色 矿物内的某些物理原因所引起的颜色，比如光的干涉、内散射等。

原生矿物按其自色分为浅色矿物和深色矿物两类。浅色矿物有石英、长石、白云母等；深色矿物有橄榄石、黑云母、角闪石、辉石等。

2. 条痕

条痕是矿物粉末的颜色，一般指矿物在白色无釉瓷板上擦划时所留下的粉末痕迹。条痕对不透明、深色、金属矿物具有鉴定意义。

3. 光泽

光泽是矿物对可见光的反射能力。根据反光强弱用类比方法分为金属光泽、半金属光泽和非金属光泽，绝大多数矿物呈非金属光泽。还有一些特殊的光泽如丝绢光泽、油脂光泽、蜡状光泽、土状光泽等。

矿物遭受风化后，光泽强度就会有不同程度的降低，如玻璃光泽变为油脂光泽等。

4. 透明度

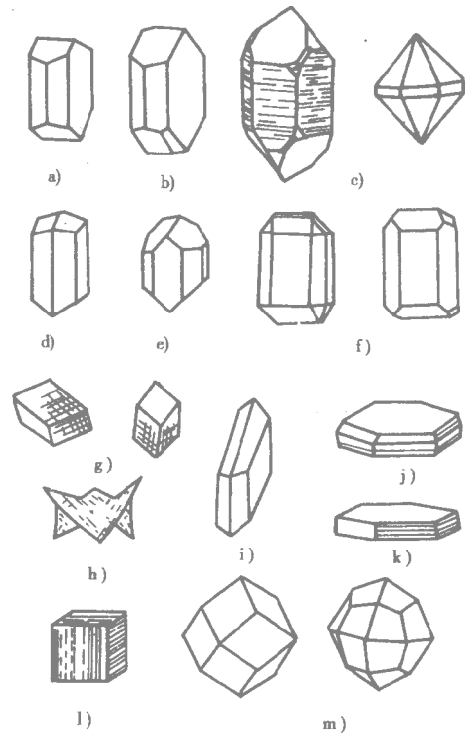


图 2-1 常见矿物晶体的形态

a) 正长石 b) 斜长石 c) 石英 d) 角闪石 e) 辉石 f) 橄
榄石 g) 方解石 h) 白云石 i) 石膏 j) 绿泥石 k) 云母
l) 黄铁矿 m) 石榴子石

透明度是指矿物透过可见光波的能力，即光线透过矿物的程度，一般规定以 0.03mm 的厚度作为标准进行对比。肉眼鉴定矿物时，根据透明度的差异可分为透明矿物、半透明矿物和不透明矿物。这种划分无严格界限，鉴定时用矿物的边缘较薄处，并以相同厚度的薄片及同样强度的光源比较加以确定。

(三) 矿物的力学性质

矿物的力学性质是指矿物在受力后所表现的物理性质。

1. 硬度

硬度是指矿物抵抗刻划、研磨的能力，一般用肉眼鉴定矿物时常用两种矿物对划的方法确定矿物的相对硬度。在野外鉴别矿物硬度时，还可采用简易鉴定方法来测试其相对硬度，即利用指甲 ($2^{\circ} \sim 2.5^{\circ}$)、小刀 ($5^{\circ} \sim 5.5^{\circ}$)、玻璃片 ($5.5^{\circ} \sim 6^{\circ}$) 和钢刀 ($6^{\circ} \sim 7^{\circ}$) 等粗略判定。矿物的硬度是指单个晶体的硬度，而纤维状、放射状等集合方式对矿物硬度有影响，难以测定矿物的真实硬度。

国际公认的摩氏硬度计以常见的 10 种矿物作为标准 从低到高分为 10 级 (见表 2-1)。

摩氏硬度计

表 2-1

硬度	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
标准矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

2. 解理与断口

解理与断口是指矿物受打击后，能沿一定晶面裂开成光滑平面的性质。其裂开的面为解理面，根据其解理发育的程度分为极完全解理、完全解理、中等解理和不完全解理。

具有解理的矿物严格受其内部格子构造的控制，根据解理出现的方向、数目命名，沿着一组平行方向发育的称为一组解理，沿两个方向发育的为二组解理 沿三个方向发育的为三组解理 (见图 2-2)。

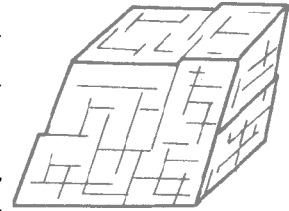


图 2-2 方解石的三组解理

矿物在外力打击下，沿任意方向发生的不规则裂口称为断口。对于某种矿物来说，解理与断口的发生常互为消长的关系，越容易出现解理的方向越不易发生断口。

(四) 其它性质

有些矿物还具有独特的性质 如磁性、弹性、挠性、发光性、人的感官感觉等。

三、常见的造岩矿物

一种矿物之所以不同于别的矿物，是由于在化学成分、内部构造和物理性质三个方面有别于其它矿物，而矿物的物理性质主要取决于其内部构造和化学成分。由于物理性质测试简单，常是鉴定和分类的主要依据。下面介绍几种重要造岩矿物的物理性质。

1. 石英 (SiO_2)

石英 (SiO_2) 无色 因含杂质等可呈各种颜色 无解理 断口有油脂光泽 硬度 7° 透明度较好 晶形为六方柱状、锥状 集合体为晶簇状 玻璃光泽。化学性质稳定 抗风化能力强 含石英越多的岩石，岩性越坚硬。石英广泛分布在各种岩石和土层中，是重要的造岩矿物。

2. 正长石 (KAlSi_3O_8)

呈短柱状或厚板状 颜色为肉红色或黄褐色或近于白色 玻璃光泽 硬度 6° 中等解理 两组解理面近于 90° 正交。易于风化 完全风化后形成高岭石、绢云母、铝土矿等次生矿物。

3. 斜长石 $\{m\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) - a(\text{AlSi}_3\text{O}_8)\}$

呈长柱状、板条状 白色至暗灰色 玻璃光泽 硬度 6° 中等解理 两组解理面呈 86° 左右斜交。易于风化 解理面上有细条纹。成分中以 Na^+ 为主的是酸性斜长石，以 Ca^{2+} 为主的称基性斜长石 二者之间的为中 性斜长石。斜长石是构成岩浆岩最主要的矿物。

4. 白云母 $[\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$

呈片状、鳞片状 薄片无色透明 珍珠光泽 硬度 2°~3° 薄片有弹性，一组极完全解理 具有高的电绝缘性。抗风化能力较强，主要分布在变质岩中。

5. 黑云母 $\{\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH}, \text{H})_2\}$

呈片状或板状 颜色深黑 其它性质与白云母相似。易风化 风化后可变成蛭石 薄片失去弹性。当岩石含云母较多时，强度降低。广泛分布于岩浆岩和变质岩中。

6. 角闪石 $\{\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2\}$

呈长柱状、针状 颜色暗绿至黑色 玻璃光泽 硬度 6° 中等解理 两组解理交角 5°~6°。较易风化，风化后可形成粘土矿物、碳酸盐及褐铁矿等。多产于中、酸性岩浆岩和某些变质岩中。

7. 辉石 $\{\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}\}(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6\}$

呈短柱状、粒状 黑色 玻璃光泽 中等解理 两组解理面交角 87°。较易风化 多产于基性或超基性岩浆岩中。

8. 橄榄石 $\{(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_4)\}$

呈粒状集合体 橄榄绿色 玻璃光泽 硬度 6.5°~7°，断口贝壳状。常见超基性岩浆岩中，易风化。

9. 方解石 CaCO_3

呈菱面体或六方柱 无色或乳白色 玻璃光泽 硬度 3° 三组完全解理 与稀盐酸有起泡反应。方解石是组成石灰岩的主要成分，用于制造水泥和石灰等建筑材料，也可作电气及炼钢的熔剂等。

10. 白云石 $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$

菱面体 集合体呈块状 灰白色 硬度为 3.5°~4°，遇稀盐酸时微弱起泡。

11. 石膏 $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$

集合体呈致密块状或纤维状，一般为白色 硬度为 2° 玻璃光泽，一组完全解理 广泛用于建筑、医学等方面。

12. 粘土矿物，泛指各种形成粘土的矿物。

(1) 高岭石 $\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$

常呈致密块状、土状 白色 土状光泽 硬度近于 1° 干燥时粘舌 易捏成粉末 湿润具有可塑性。

(2) 蒙脱石 $[(\text{Al}_2\text{Mg}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$

呈土状、块状 白色 土状光泽 硬度为 1°。吸水性很强，吸水后体积可膨胀几倍至十几倍，具有很强的吸附力和阳离子交换性能。

(3) 伊利石 $\{\text{K}_{z-1}\text{Al}_2[(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}\}$

呈块状 白色 不具膨胀性和可塑性 因产于美国伊利诺斯州而得名。

13. 蛇纹石 $[\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$

集合体呈致密块状 颜色黄绿 腊状光泽 硬度 2.5°~3.5° 断口平坦 可作室内装饰材料。为富镁质超基性岩变质后形成的主要变质矿物，常与石棉共生。

14. 绿泥石 $\{(Mg, Fe, Al)[Si, Al)_4O_{10}](OH)_8\}$

集合体为隐晶质土状或片状 浅绿到深绿色 玻璃光泽 一向中等解理 薄片有挠性无弹性 硬度 $2^\circ \sim 2.5^\circ$ 强度较低 是长石、辉石、角闪石、橄榄石等的次生矿物 在变质岩中分布最多。

15. 滑石 $[Mg_3Si_4O_{10}](OH)_2$

集合体呈致密块状 白色、淡黄色、淡绿色 珍珠光泽 硬度 1° 富有滑腻感 工业上常用原料。为富镁质超基性岩、白云岩等变质后形成的主要变质矿物。

16. 石榴子石 $[A_2B_2(SiO_4)_3]$

晶体菱形十二面体或粒状 颜色随成分而异 玻璃光泽 硬度 $6.5^\circ \sim 7.5^\circ$ 无解理 主要用作研磨材料。

17. 黄铁矿 (FeS_2)

立方体 颜色为浅黄铜色 金属光泽 不规则断口 硬度为 $6^\circ \sim 6.5^\circ$ 易风化 风化后生成硫酸和褐铁矿。常见于岩浆岩和沉积岩的砂岩和石灰岩中。

第二节 岩 浆 岩

岩石是地壳发展过程中，由一种或多种矿物组成的、具有一定规律的集合体。岩石是构成地壳的最基本单位，按其成因可将地壳的岩石分为三大类：岩浆岩类、沉积岩类和变质岩类。

岩石与人们的生活、国民经济发展和科学研究有着密切关系。岩石不仅是研究地质构造、地貌、水文地质、矿产等的基础，而且也是人类一切工程建筑物的地基和原材料。为了建筑物的安全、稳定，必须从岩石入手去探讨工程地质问题。

一、岩浆岩的成因

岩浆涌向地表或地下一定深度处，因其理化环境即温度和压力条件发生了变化，使之冷凝而成的岩石称为岩浆岩。

岩浆岩按其生成环境可分为侵入岩和喷出岩。岩浆侵入地壳内部，在高温下缓慢冷却结晶而成的岩浆岩称为侵入岩。岩浆在岩浆源附近凝结而成的岩浆岩称深成侵入岩；如果是在接近地表不远的地段，但未上升至地表面而凝结的岩浆岩称浅成侵入岩。喷出地表在常压下迅速冷凝而成的岩石称喷出岩。

岩浆岩生成的空间位置和形状、大小称岩浆岩的产状 见图 2-3。

1. 岩基和岩株

岩基是一种规模庞大的岩体，分布面积一般大于 60km^2 。构成岩基的岩石多是花岗岩或花岗闪长岩等，岩性均匀稳定，是良好的建筑地基。如三峡坝址区就是选定在面积约 200 多平方公里的花岗岩—闪长岩岩基的南部。岩株是一种形体较岩基小的岩体，分布面积一般小于 60km^2 ，也常是岩性均一的良好地基。

2. 岩脉、岩床、岩盘

岩盘是一种中心厚度较大，底部较平，顶部穹隆状的层间侵入体，分布范围可达数平方公里，多由酸性、中性岩石组成。岩床是一种沿原有岩层层面侵入、延伸分布且厚度稳定的层状侵入体，常见的厚度多为几十厘米至几米，延伸长度多为几百米至几千米。组成岩床的岩石以基性岩为主，岩脉是沿岩层裂隙侵入形成的狭长形的岩浆岩体，与围岩层理或片理斜交。