

任务 1 认识地球及地质作用

学习目标：

- (1) 了解地球圈层。
- (2) 掌握地质作用的分类。

任务描述：

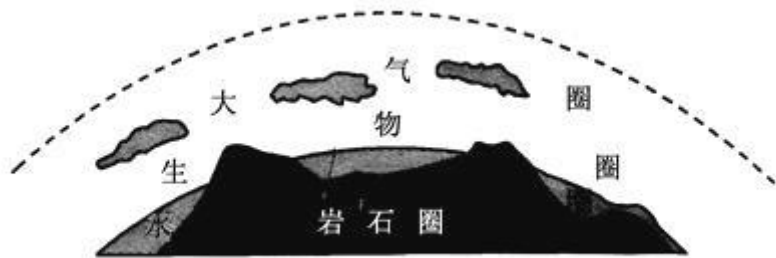
资料：见图 10-1，图中路线 A、B 两点间共有三个基本选线方案，请根据工程地质条件，选择最优路线方案。

学习目标

- 1. 了解地球常识，认识月亮和地球的引力对工程的影响。

1.1 地球圈层

地球的圈层构造以地表为界分为外部圈层（如图 1-1）和内部圈层（如图 1-2）。内部圈层由地壳、地幔和地核构成，体积约 10830 亿立方千米。地球的外部被气体包围，称为大气圈。



地球外部圈层示意图

图 1-1 地球的外部圈层

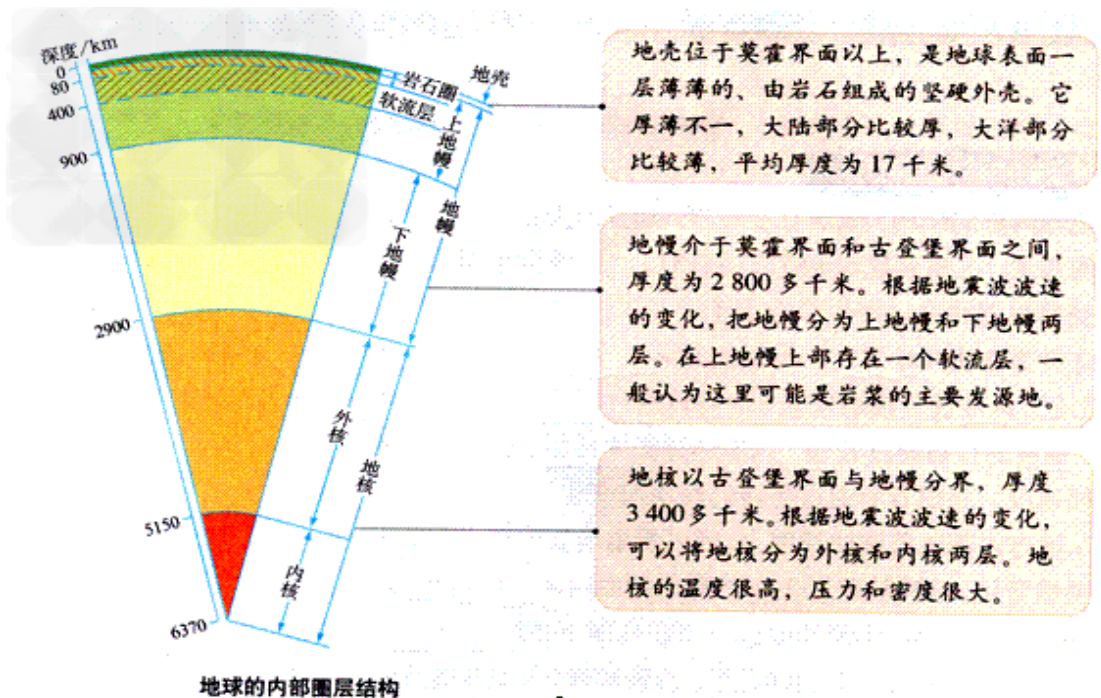


图 1-2 地球的内部圈层

1.1.1 外部圈层

1. 大气圈

大气圈是环绕地球的空气层，一般以海陆表面为其下限。随着高度的增加大气密度逐渐稀薄，无明显上限。其质量为 $5.136 \times 10^{21} \text{g}$ ，约为地球总质量的百万分之一。

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。大气圈主要是由氮气、氧气、二氧化碳和少量的水汽、尘埃等组成的混合物。氮气和氧气约占 98.2%，由于受地心引力作用，四分之三大气质量集中在对流层。

对流层是大气圈的最底层，其厚度不均，在赤道为 17km，两极约为 9km，中纬度地区 10.5km。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（约占 0.03%）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；水汽的含量变化很大，一般为 0~4%，主要来自水圈的蒸发。它润湿空气，保持空气的湿

度，并能吸收地面长波辐射的热能。水汽在物态变化过程中要放热或吸热，从而使地面附近昼夜温差减小，保持土壤中的温度。水汽还以固态杂质为核心，凝聚成云、雾、雨、雪等，对气候变化起着重要作用。对流层中的各种组成都直接或间接影响着外动力地质作用的进行。

对流层的温度主要来自太阳地面辐射热，故气温随高度而递减，平均每升高 100m 降低 0.6°C 。地表辐射热不均匀还是各种气候变化的主要原因。

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层，使生物免受强烈紫外线的伤害。

2. 水圈

水圈由地球表面的水体组成。水大部分在海洋里，其余分布在大陆上的河流、湖泊、以及近地表的岩石和土壤的空隙中，或以固体的形式（冰川）分布在两极和高山地区。其总体积为 $1.37 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，其中海水占总体积的 97.2%，大陆水体占 2.8%。在大陆水体中极地和高山地区的冰体约占其总体积的 78.6%。

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 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。生物圈与水圈、大气圈、地壳直接并没有严格的界限。大量生物集中在地表和水圈中。

生物包括动物、植物和微生物。自地球上出现生物以来，其通过生命活动不断地直接和间接地改造大气圈和水圈，并产生复杂的化学循环，并改造地壳表层的物质成分和结构。生物还直接参与风化、成岩等一系列地质作用。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。

1.1.2 内部圈层

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式变化的界面，这两个面即莫霍面和古登堡面。莫霍面位于地表以下平均深度 33km 处，古登堡面位于地表以下平均深度 2900km 处。根据这两个面，把地壳分为地壳、地幔和地核。

1. 地壳

地壳指地球外表的一层薄壳，大陆地壳平均厚度为 33km，大洋地壳较薄，平均 5-6km，平均厚度 16km，大致为地球半径的 1/400，主要由固体岩石组成。其地震波波速一般为 5-7km/s，最高不超过 7.6 km/s，密度一般为 2.6-2.9g/cm³ 的固态物质组成。

根据岩石的物质组成，地壳可分上、下两层。上部地壳平均密度 2.65 g/cm³ 该层仅在大陆上才有，而在大洋底基本缺失。该层岩石的成分，密度等与以硅、铝为主的花岗岩近似，又称花岗岩质层或硅铝层；下部地壳平均密度 2.9 g/cm³ 左右，该层地壳直接出露于洋底，其密度、波速均与由硅、铁、铝、镁组成的玄武岩相当，又称玄武岩质层或硅镁层。地壳按分布状态分为大陆地壳和大洋地壳，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，以玄武岩质层为主。

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 99.96%。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%。

2. 地幔

地幔是在莫霍面以下，古登堡面以上部分，其体积约占地球体积的 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 为界分为上地幔和下地幔两个次级圈层。上地幔的物质成分是由含铁、镁的硅酸盐矿物组成，与超基性岩类似，上地幔的平均密度为 3.5g/cm³。下地幔一般认为其物质成分以铁、镁的硅酸盐为主，硅酸盐结构类似致密氧化物的紧密堆积结构，下地幔的平均密度为

5.1g/cm³。需要指出的是指出的是，地壳下部、地幔、地核的物质是推测得出的。

3. 地核

地幔下界至地心部分称为地核，占地球总质量的 31.5%，占地球总体积的 16%。按地震波波速分布，分为外核、过渡层和内核三层。内核一般认为由铁、镍等成分为主的固态物质组成。

1.2 地质作用

地壳是地球外部的坚硬外壳，自形成以来其表面形态、结构和物质成分在不断变化和发展。这种由自然动力促使地壳的物质组成、结构和地表形态变化和发展的作用，称地质作用。引起地质作用的能量，有的来自地球内部，有的来自地球以外，据此可以把地质作用分为内动力地质作用和外动力地质作用（见表 1-1）。

表 1-1 地质作用分类表

地质作用	外动力地质作用	风化作用	物理风化作用、化学风化作用、生物风化作用
		剥蚀作用	风的吹蚀作用、河流的侵蚀作用、地下水的潜蚀作用、湖泊和海洋的剥蚀作用、冰川的刨蚀作用
		搬运作用	风的搬运作用、河流的搬运作用、地下水的搬运作用、湖泊和海洋的搬运作用、冰川的搬运作用
		沉积作用	风的沉积作用、河流的沉积作用、地下水的沉积作用、湖泊和海洋的沉积作用、冰川的沉积作用
		成岩作用	压实作用、胶结作用、结晶作用
	内动力地质作用	构造运动	水平运动、垂直运动
		岩浆作用	侵入作用、喷出作用

		变质作用	
		地震作用	构造地震、火山地震、陷落地震

1.2.1 内动力地质作用

主要由地球内部的能源如旋转能、重力能、放射性元素衰变产生的热能等引起，作用于整个地壳甚至整个岩石圈的地质作用，称内动力地质作用，简称内力质作用。

内动力地质作用按其表现形式主要有四个方面：地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震作用。

1、地壳运动

由地球内部能源引起的地壳结构和面貌发生改变或相对位移的运动，称地壳运动。按地壳运动的方向，分为垂直运动和水平运动。实际上地壳的运动远比我们想象的复杂。所谓垂直运动和水平运动是相对而言，某一时期以垂直运动或水平运动为主。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，通常是指地壳下面呈高温粘稠状的、富含挥发组分、成分复杂的硅酸盐物质。岩浆在高温高压下常处于相对平衡状态，当地壳运动使地壳出现破裂带，或其上覆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

地震是由内动力地质作用引起岩石圈的快速振动的现象，地壳运动和岩浆作用都能引起地震。

1.2.2 外动力地质作用

外动力地质作用，简称外力作用，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、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。

1. 风化作用

在太阳辐射、大气、水和生物等风化营力的作用，地壳表层的岩石在原地发生崩解、破碎以至逐渐分解等物理和化学的变化则称为风化作用。风化过程破坏原有在较高温度和压力下形成的矿物、岩石，又形成一些在常温常压下稳定的新矿物。风化作用在地表最显著，随着深度的增加，其逐渐减弱以至消失。风化作用是普遍、持续和及其缓慢的，它形成的产物基本上残留在原地。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、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营力及岩石变化的性质的不同，可分为物理风化、化学风化及生物风化三个联系的类型。

(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称为物理风化作用。引起物理风化作用的主要因素是岩石释重和温度的变化。

岩石释重也称释荷作用，形成于地壳较深的岩石，因上覆岩石的重量而受到较

高的围岩压力。当上覆岩石被剥蚀后压力减少或消失，岩石体积膨胀，出现平行地面的膨胀裂隙。在温度变化、水和生物等风化营力的作用下，形成岩石表层的层层脱落现象，称为鳞片剥落。

此外，由于温度剧烈变化，使岩石迅速热胀冷缩，使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。如地表岩石的裂隙中，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 9% 左右，由于体积的增大，对岩石的裂隙产生很大的压力，使岩石裂隙加宽、加深，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，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。

(2) 化学风化作用

化学风化作用主要是水溶液与地表附近的岩石进行化学反应，使岩石逐渐分解的过程。引起化学风化作用的主要因素是水和氧等。自然界的水无论是雨水、地面水或地下水，都溶解有多种气体和化合物，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。并形成一些新的矿物。如正长石可以水解形成高岭石，黄铁矿氧化形成褐铁矿等。

(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。生物风化作用既有机械的破坏作用，也有化学的风化作用。

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。残积物覆盖地壳表面的风化基岩上，具有一定厚度的风化岩石层即为风化壳，它是原来岩石在一定的地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、施工和地基处理等都是十分必要的。

2. 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。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、地下水的潜蚀和溶蚀作用，湖、海水的冲蚀作用、冰川的刨蚀作用等

3. 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，被搬离母岩后，随着动能力量的大小而转移空间的过程，称为搬运作用。搬运与剥蚀往往是在同一种动力下进行的。

4. 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，从搬运的介质中分离出来，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、洞穴沉积和海洋沉积等。如山区洪水，随着流速减慢，大的物质比如大的卵石首先沉积下来，依次卵石、粗砂、中砂、细沙、粘土等逐步沉积。山区河流越往上游，河中可见颗粒越大。

5. 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。

外力作用，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

断使地壳的面貌发生变化。

各种内力作用和外力作用，尽管能源、部位不同，但在促使地壳演化中所起的作用，是相互联系、紧密配合的。在地壳演化过程中，内力起着主导作用，通过岩浆作用、变质作用和构造运动不断改造地壳，并使地表产生大陆、海洋、山脉、平原等巨型地形起伏，即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，即总的趋势是削低高地、填平低洼，力求使地表夷平，并形成新的沉积物。

思考题

- 1.地球的外部圈层结构和内部圈层结构分别由哪几部分组成？
- 2.地球的主要圈层的特点及其划分依据是什么？
- 3.简述地质作用的概念及其含义。
- 4.简述内力地质作用与外力地质作用的概念及其主要类型。