

绪 论

第一节 地质学与地貌学的研究对象、 研究内容与分科

一、地质学的研究对象和研究内容

地质学 (Geology) 是一门独立的学科, 有其自己的研究对象、内容和方法。广义地说, 地质学的研究对象是地球, 但由于受到科学技术发展水平和研究手段的限制, 目前地质学的研究对象仅局限于地球的表层部分, 即岩石圈 (lithosphere)。因此, 具体地来说, 地质学是研究岩石圈的物质组成、结构、产状、成因及其变化发展以及古生物、古气候演变历史的一门学科。

作为地质学研究对象的地球, 是一个非常巨大、非常复杂的历史自然体, 有它自己的产生和发展演化过程, 有不同于其他自然物体的特殊性。具体表现在以下几个方面:

1. 时间的悠久性 地球和地壳自形成迄今, 已有数十亿年的历史。多数地质变化往往要经过数百万年甚至数千万年才能完成, 地球历史上的最近一个时期——第四纪, 距离现在也约有二三百万年。有人打过这样的比喻: 假如整个地球的历史是一部巨厚的书, 那么, 人类的历史只不过是其中的最后一卷、最后一页、最后一行而已。因此, 人类社会历史不能和地球历史比拟, 学习地质学要充分考虑时间悠久性这一特点。

2. 地区的差异性 地球拥有巨大的空间, 在不同的地方有不同的物质基础和外界因素, 因而也有不同的变化过程。在漫长的地质历史中, 虽然有其统一的发展规律, 但各个地区的地质发展过程仍有很大的差异。例如我国华北和华南, 由于地质经历不同, 地质特点就有很大区别。在研究这两个地区的地质过程时既要认识它们的共性, 也要分析它们的差异性, 这样才能深入地全面地找出地球的发展演变的规律。所以不能根据一个地区的情况简单地推测全球, 而应根据各地区的具体情况, 进行具体分析, 才能得到一般规律和地区差异性的认识。

3. 变动的复杂性 地球是一个非常复杂的球体, 既包括有机界, 又包括

无机界；既经历漫长的历史，又有广阔的空间。在其发展的过程中必然充满着各种矛盾，因而决定了岩石圈运动的复杂性。在研究任何地质问题时，必须考虑各方面因素的影响，并抓住它们的主要矛盾。地球的上述特点，决定了地质学研究方法的特殊性。

研究内容也非常复杂，大致来说，可归纳为如下 4 个方面：一是研究岩石圈的物质组成、产状、成因及其分布规律；二是研究岩石圈运动及其所产生的各种地质构造和发展规律；三是研究岩石圈的发展历史及地球上的气候、生物演变规律；四是地质学理论在工农业生产和国民经济建设方面的应用。

二、地貌学的研究对象和研究内容

地貌学其英文名称为 *Geomorphology*，它是由三个源自希腊语的词根：*geo*（地球）、*morphe*（外表形状、面貌）和 *logos*（论述）所组成，表明其是一门研究地球表面形状的学科。

地球表面（简称地表）指的是地壳的外表面，即由岩石或土（松散的岩石）组成的地面。地球表面形状，指的就是地壳表面由岩石构成的起伏形态（如平原、高原、山脉、山峰、丘陵、河谷、盆地、悬崖等），简称为地形或地貌。因而，地貌学是研究地表的形态特征、成因、分布及其发育规律的科学。

地表形态有各种不同的规模，最大的规模是将全球分为陆地和海洋，陆地上有巨大的山地和平原，还有各种沟谷和沙丘等，海洋中有大洋盆地、大洋中脊和海沟。这些规模不同、形态各异的地形，成因也不相同。例如大陆和海洋的成因与地球内部的物质运动有关，山地和平原的成因则和不同大地构造区的地壳运动有关，世界上高大的山地大多位于新生代地壳强烈上升区，大平原则多位于新生代地壳下降区，各种沟谷和沙丘都是由不同的外力作用（流水作用和风的作用）塑造而成，它们的成因主要受气候条件控制，所以它们的分布又与一定的气候带有关。地球表面的这种形形色色、千差万别的表现，有它们自己的形成过程和发展规律。首先地貌的形成和发展的动力来自地质作用中内营力和外营力的相互作用上。

内营力来源于地球的内能及由于地球在宇宙中运动与其他天体相互作用而形成的力能来源。内营力作用表现为：地壳运动、火山作用、变质作用及地震等。如地壳升降运动形成地壳的拗陷和隆起，并引起海侵和海退；地壳的水平运动往往使陆地褶皱成山地和相对拗陷的盆地。总之，地表形态在内营力作用下，其总趋势是加强地表的高低起伏。

外营力来源于太阳辐射能，主要包括风化作用，流水、地下水、冰川、

风力、海洋和湖泊等的剥蚀作用和堆积作用。所有外营力作用的过程，就是把地表坚硬的岩层破坏、分解，并且搬运、堆积到其他较低的地方。外营力的各种地质作用对地壳的改造总趋势是削高填低，使地壳的高低起伏降低。

由此可见，内营力和外营力是相互矛盾的，同时它们又是相互影响、相互联系而不可分割的。如地壳上升，地面高低起伏加大，从而侵蚀作用随之加强，上升愈高，侵蚀力愈强。而地壳的下降将促进堆积作用，这就是内营力的变化影响到外营力变化。又如地壳上的高原和山岭，经过长期的侵蚀作用，地壳表面的物质大规模转移，必然会破坏地壳及地壳与地幔之间的平衡，促进新的地壳运动的发生。这就是外营力的变化促使内营力的变化。因此，内营力和外营力是相互联系不可分割的矛盾的两个方面，当然，它们的性质和强度往往是不平衡的，其中总有一方是主要的，起主导作用的，地貌形成的特点主要决定于占主导地位营力特点。一般来说，内营力塑造了大地貌的基本轮廓，在大的地貌形成中内营力起主导作用。然而，在一定的条件下，外营力也可以成为主导因素，如世界上大面积的冲积平原的存在即是外营力长期作用的结果。又如地壳运动造成高山的同时，又加强了流水的侵蚀作用；当地壳运动逐渐减弱，地壳相对稳定，虽然流水侵蚀仍然不断进行，但此时地壳运动对地貌形成的主导作用逐渐减弱，高山也逐渐转为准平原阶段。因此，地貌发展是内营力和外营力相互作用、长期演化的结果。随着营力性质和强度不断变化，同一地区内，不同发展阶段，或在同一时期内不同地区，它们内外营力的强度和比例关系的变化，表现出来的地貌形态和发育方向便各不相同，于是形成地形形态的多样性。因此，地貌变化发展受构造运动、外营力作用和时间三个因素的影响。

由上所述，地貌学研究的内容包括地球表面的各种起伏形态特征，形成地貌的各种内外营力作用，各种地貌的形成和发展演变规律，地貌的内部结构及其空间分布规律。

地貌学是介于自然地理学和地质学之间的一门边缘科学，由于地貌学的这一特性，世界上不同国家的地貌学分属于不同的学科。如美国的地貌学被归入地质学的范畴，而在西欧，地貌学则被视为自然地理学的一个分支。实际上，地质学视地貌为地质作用的历史产物，通过地貌去认识地质，故较突出地貌成因的分析与发育历史的重建；而自然地理学，视地貌为一项自然环境要素，注重人类活动受地貌的影响以及对它的利用与改造，故侧重人地关系的研究。在我国，地貌学在地理学界和地质学界都受到一定的重视，也可以说，我国的地貌学是随着地理科学和地质科学的发展成长起来的。

第二节 地质学与地貌学的发展与现状

一、地质学的发展与现状

地质学作为一门独立的自然科学，可以从 1775 年法国教育家 A. G. Werner (1750—1817) 在莱比锡矿业学院开设地知学（地质学）算起，至今已有 200 多年的历史。在这漫长的发展过程中，地质学经历了研究范围不断扩大，研究领域不断增加，特别是随着各种新的科学技术手段在地质学研究中的应用以及与其他分支科学的不断融合，研究的地球深度也不断加深。经典的地质学理论主要是对大陆地壳的研究而建立起来的，但从 20 世纪以来，随着世界各国区域地质资料的积累丰富以及对海洋地质的不断深入研究，使海洋地质学知识不断丰富和发展，遂于 20 世纪 50 年代在大陆漂移学说的基础上建立了海底扩张理论，到 20 世纪 60 年代末，进一步发展成为板块构造理论，从而掀起了地质学领域的一场空前的革命，导致了现代地质学的建立和发展。

时至今日，地质学已发展成为由许多的分支科学组成的庞大的自然科学体系，按其内容的相似性，可大致归纳为以下 5 个分支学科体系：

1. 静力地质学 主要研究地球和岩石圈的物质组成及其成因和演化规律等，包括矿物学、岩石学、矿床学、结晶学、晶体学、地球化学等。

2. 动力地质学 主要研究地球和岩石圈的形态、构造及其变化和发展演化规律等，包括构造地质学、大地构造学、地质力学、大地测量学、地球动力学等。

3. 历史地质学 主要研究地球和岩石圈的形成发展历史及其演变规律，以及地球上的古气候和古生物演化规律等，包括古生物学、古气候学、地层学、地史学、同位素地质学等。

4. 经济地质学 研究地球中 有用矿床的分布规律和调查、勘探、开采这些矿产资源的理论与方法技术等，包括矿产调查勘探、地球物理勘探、探矿工程、航空地质学、水文地质学、工程地质学、石油地质学、煤田地质学等。

5. 环境地质学 主要研究地球和岩石圈物质的运动对人类的影响以及防范、改造其危害的分支科学，包括环境地质学、地震地质学、海洋地质学、深部地质学等。

随着现代科学技术的发展，地质学不断地与其他学科相互融合，新的边缘分支学科正不断涌现，如遥感地质学、地球物理学、地质生物学、生物地球化学和地质哲学等，使地质科学呈现日新月异的新局面。

二、地貌学的发展与现状

地貌学是在人类长期与自然界不断接触、不断认识和了解的过程中发展起来的。随着人们对地球的认识和改造不断地发展,近百余年来,地貌学的知识也逐渐从无到有,从片面不全到逐步丰富和完善,现代地貌学得到建立和发展。

关于地貌形态的概念,起源很早。地貌学也像其他科学一样,是前人在生产实践或实际考察中直接或间接累积的知识。中国是世界文明古国,一二千年以前,《禹贡》中就将中国划分九州,描述了各地的地形起伏,可以说是一部最早的地貌著作。在《汉书·地理志》中对流水的冲刷和淤泥作用也作了科学的记述。东汉末年,张衡发明的地动仪,对地动的解释做出了杰出的贡献。唐代颜真卿的《抚州南城县麻姑仙坛记》已有“东海三为桑田”的海水进退的概念。北宋杰出的自然科学家沈括所著的《梦溪笔谈》对海陆变迁作了科学的解释,对冲积平原、黄土阶地的成因等,也作了详细的记载。南宋朱熹的《朱子语录》中,对岩石的形成、地壳运动,均有精辟的推理。到了明清时代,《徐霞客游记》和孙兰的《柳庭舆地学说》对流水及岩溶地貌,已有深刻的解释和独到的见解。可惜的是,受封建制度的长期束缚和帝国主义的侵略,现代地貌学的首先出现不是在中国,而是在西欧和北美。地貌学在中国的黄金时代,只有在中华人民共和国建立后才出现。

按时间顺序,可把地貌学的发展历史分为以下 4 个时期:

(一) 孕育时期 18 世纪上半叶—19 世纪上半叶)

这个时期也是现代地质学与现代地理学的创建时期。地理学家对地貌形态及其分布的描述和地质学家对造地貌地质作用的认识,为现代地貌学的萌发提供了壮实的种子和肥沃的土壤。在这一时期,罗蒙诺索夫在他的《论地层》(1763)中指出,地球表面的形态是由于内力与外力的斗争与冲突而形成的,必须从发育过程来认识地表形态。赫顿(J. Hutton)在他的《地球的学说》(1788)中明确指出了“今天是过去的钥匙”这个地学研究的经典概念。

(二) 创建时期(19 世纪下半叶—20 世纪初)

地貌学出现,正值西欧和北美资本主义经济上升发展时期。正是这种经济发展对矿产、土地、水力和水等资源进行调查与开发的迫切需要,促使了这门界于地质学与地理学之间的新学科的产生和发展。吉尔伯特(G. K. Gilbert)的地貌律、鲍维尔(J. W. Powell)的侵蚀基准面概念、戴维斯(W. M. Davis)的地貌成因三要素(构造、营力、时间)原理和地貌循环(旋回)

学说是这一时期的代表性地貌学理论和学说。

(三) 发展时期 20 世纪初—20 世纪 50 年代)

地貌学在这个时期出现了分支学科，主要是按地貌营力的不同作分门别类的集中研究，从而形成了河流地貌学、冰川地貌学、海岸地貌学和构造地貌学。对岩石地貌、风成地貌、岩溶地貌、冻土地貌、黄土地貌和洋底地貌的专门研究亦有明显进展，开始形成了多学派、多部门和多方向的研究局面。

(四) 成熟时期

自 20 世纪 60 年代以来，随着各项新技术、新手段在地貌学研究中的应用以及地貌学知识与其他各门自然科学的相互渗透和配合，地貌学的内容不断丰富和日趋完善，现已发展成为由许多个分支学科组合而成的地貌学科学体系。

1. 气候地貌学 研究地球上不同气候区的地貌形成、演变规律和地貌组合特征。随着不同气候区自然特征的深入研究和资料积累，气候地貌学得到进一步发展，从研究某一气候区的地貌成因、演变和气候的关系，进而把气候地貌学的研究资料作为研究地球上第四纪古气候变迁的证据之一。这样，气候地貌学的研究和第四纪古气候研究紧密地联在一起，同时也大大丰富了气候地貌学的内容。

2. 构造地貌学 其包括两个分支，一是研究地质构造受外力剥蚀后形成的地貌，如背斜山、向斜山、单斜山、背斜谷和向斜谷等，称为静态构造地貌，或称次生构造地貌；另一是研究地壳构造运动形成的地貌，如构造运动隆起形成的山地、台地和构造运动拗陷形成的平原、盆地等，它们的形成和分布与地壳构造运动的作用方向、受力性质有关，称为动态构造地貌，或称活动构造地貌。在活动构造地貌中，有些地貌是由构造运动直接形成的，如断层崖，又称原生构造地貌；若构造运动把已经形成的各种地貌加以改造，如活动断层把阶地错开或构造隆起和拗陷，称为派生构造地貌。

3. 动力地貌学或称理论地貌学 是运用河流动力学、海洋动力学、冰川动力学和风沙动力学的原理来研究河流地貌的演变、海岸地貌的形成发展、冰川地貌的成因以及沙丘的形成和移动规律的地貌学分支。是动力学和地貌学相结合的产物。动力地貌学不仅把地貌学向量化方向推进一步，而且促进地貌学的模拟实验研究和实验地貌学的发展。

4. 岩石地貌学 是研究不同类型的岩石在外力剥蚀下形成的各种地貌。不同类型的岩石具有不同的性质、矿物成分、结构和构造。如在同一外营力作用下，有不同的抵御风化侵蚀的能力，因而形成不同的地貌特征。或者同一类型的岩石在不同的外营力条件下也可以形成不同的地貌特征。例如在湿热气候

条件下，化学风化和物理风化都较强，气温高可使水的化学溶蚀力增强，茂盛的植物通过根部分解出酸促进了化学溶蚀作用，雨量丰沛增进了地下水的循环，因而这里的石灰岩得到溶蚀和侵蚀，形成大规模的峰林和峰林间的宽阔洼地，其他岩石就不可能形成这种地形。但石灰岩在干旱气候条件下，不会形成像在湿热气候条件下那样高大的峰林和宽阔的洼地。

5. 历史地貌学 地貌随着时间的推移而发展变化，地貌发展变化又受构造运动方向和气候等条件的改变所影响。因而，地貌发展的不同阶段有不同的地貌形态和特定的地貌组合。研究不同阶段的地貌发育历史及地貌组合特征，并联系古自然环境对地貌发育的影响，称为历史地貌学。

6. 沉积地貌学 从地貌形成作用来说，有侵蚀作用形成的地貌和堆积作用形成的地貌两大类。堆积地貌的形成过程也就是组成堆积地貌的沉积物形成过程。各种沉积物在形成过程中，其特征既表现在沉积物的结构中，也表现在沉积物所组成的地貌上。例如平原区的河流，有分叉的辫状河流，有弯曲的曲流，也有较平直的河流。辫状河流的沉积结构是一系列透镜状砂体的叠加，每一透镜状砂体代表每一汉河河道。曲流沉积则常表现为河床侧向移动和枯水洪水交替形成的河床相和河漫滩相二元结构特征。如果曲流裁弯取直，沉积结构中常出现牛轭湖沉积物。平直的河道常形成较大的砂体，河道两侧有自然堤和泛滥平原沉积以及积水洼地形成的沼泽沉积。根据沉积物的成因和结构来研究地貌的形成和发展，称为沉积地貌学。

7. 应用地貌学 它又分为工程地貌学、砂矿地貌学、石油天然气地貌学和农业地貌学等。工程地貌学包括道路工程地貌、水利工程地貌和海港工程地貌等。在修建铁路和公路时，必须考虑到路基和边坡的稳定性，就需要进行构造地貌、岩溶地貌、坡地地貌和泥石流的研究；在水利工程建设中，坝址的选择需要考虑地貌条件和稳定性，需进行构造地貌和河流地貌的研究；在海港建设中，更需进行海岸动态地貌研究。砂矿地貌学是研究不同成因砂矿的分布富集规律，这就要进行沉积地貌学的研究。石油天然气地貌学是研究石油、天然气的形成条件和赋存条件，这往往和地貌的形成和发展有关。所以在石油和天然气的勘探过程中，常进行构造地貌和沉积地貌的研究。

除了上述地貌学的各个分支外，还有区域地貌学、地貌年代学、遥感地貌学和地貌制图学。近几十年来，随着新技术新方法在地貌学中的应用，如 ^{14}C 、铀系、裂变径迹、热释光和古地磁等，对地貌年龄的研究愈来愈加精确，地貌学中的一个新的分支——地貌年代学正在形成。遥感技术在地貌学中的应用日益广泛，尤其为宏观地貌和地貌动态变化等方面的研究提供了新的手段，为地貌研究开拓了新的方向。

第三节 地质与地貌学和农业资源与环境科学的关系

所谓农业资源，一般是指农业自然资源，即一切可以用来为农业生产服务的自然条件和农业生产对象，包括农用的土地资源、气候资源、生物资源、水资源以及可提供植物养分的矿产资源。可见，农业资源是自然资源的主体组成部分。

农业环境是相对于农业生产而言的，是指对农业的生物生产具有直接或间接影响的外部条件的总和，包括土壤环境、大气环境、水体环境和生物环境等组成的自然环境以及由作物栽培与育种技术、动物饲养与培育技术，以及各种自然环境保护技术等组成的人工环境复合而成的。在这里，农业环境主要指农业自然环境。

由此可见，农业资源与农业环境是一个问题的两个方面，都是自然生态环境的重要组成部分。当我们在开发利用某一农业资源时，其他相关的自然因子就成为其环境因子，反之亦然。因此，农业资源的利用与农业环境保护也是一对矛盾的统一体，相互影响，相辅相成，二者不可偏废。

上述农业资源与环境因子如土地、土壤、水、大气、生物、矿产等都是地球的组成部分，都是地球长期发展演化的产物，都是由各种地质作用形成的。因此，要开发利用好各种农业资源，保护好农业环境，必须弄清各种农业资源与环境因子的形成过程、机理、分布及其演变规律，也就是说，必须具备地质学与地貌学方面的知识。

首先，地质地貌学为农业区域规划和农田基本建设提供科学依据。在进行区域农业规划和农田基本建设时，首先必须考虑各地的自然条件，而其中地质和地貌条件又是自然条件的基本内容之一。尤其是有些农业生产上存在的问题往往与地质地貌条件直接相关，例如华北的盐碱地、南方的冷浸田、黄土地区的水土流失等等。另外，地貌条件不同，作物布局也不一样，一般来说山区以林为主，平原地区是农作物的主要产地。因此，在进行农业区域规划时需要考虑不同地区的地质地貌条件，才能使规划工作更科学合理，农业生产才能得到持续发展。

其次，在研究土壤的形成发育与改良利用方面，地质地貌学知识也是必不可少的。

地球上所有的土壤都是由岩石圈中的岩石和各种沉积体经风化作用和成土作用形成的，因而各种岩石及沉积体的性质就直接影响到土壤的性质。例如，

在花岗岩上风化发育形成的土壤，砂粒含量较多，而在玄武岩上发育而成的土壤则较黏重。其次，地表形态是地壳物质经各种地质作用塑造形成的，地表形态起伏不同，水、热条件不同，也影响到土壤性质。一般在坡度较陡的地带，冲刷作用较强，土壤瘠薄，而在山麓接受沉积的地区，土层较厚，水分养分条件较好，但也同时易受地下水的影响。同时地形条件往往引起小区气候的变化，也影响到土壤的形成和发育。因此，地表形态起伏直接影响到土层厚薄及土壤水、热条件，从而影响到土壤类型的分布。土壤年龄与地区的历史演化密切相关，某一地区从冰川或海水淹没中出露地面以后，就开始了土壤形成作用，由于各地区的地质地貌条件不同，土壤发育的年龄也随之不同，土壤性质就明显不同。综合上述可见，土壤特性受各种岩石、沉积体、地表形态、地区发育年龄等因素影响，而这些因素都与各种地质地貌作用密切相关，又是地质地貌学的内容之一，因而地质地貌学成为了土壤学重要的基础学科之一。

同时，在农业生产中存在不少低产土壤，如盐碱土、风沙土、旱、涝地、冷浸田等需要改良，其低产原因大都和当地地质地貌条件有关，因此在改良土壤时必须运用相应的地质地貌知识。

第三，农业用水方面。合理用水是提高农作物产量的一个关键性问题。地球上的水，无论地面水或地下水，均是重要的农业自然资源，如能合理利用，作物可以获得高产稳产；如控制不好，则可使土壤产生盐渍化、沼泽化，以致土壤肥力下降。而地球上的水均是地球长期演化的产物，其形成与运动变化受各种地质作用的影响。因此，了解地面水和地下水的各种地质作用规律，根据地质条件兴修水利工程，才能更好地利用和控制地下水和地面水，以改善农业生产条件，为农业生产服务。

第四，农用矿石的开发利用方面。大多数化肥、农药，土壤改良剂所用的原料，如磷矿石、钾矿石、泥炭，改良土壤的天然沸石、石灰石、黏土、沙子，制农药用的硫磺、雌黄、雄黄等，都是各种地质作用产物，埋藏在地壳内，有一定分布规律，根据埋藏的地质条件，发掘这些矿物资源将对农业生产起很大作用。

第五，元素的地球化学行为与人类环境的保护治理。地壳中各种化学元素受地质作用的影响而迁移，对农业生产和土壤性质有很大影响。有些营养元素在迁移过程中相对集中，提高了土壤肥力，例如沉积物中钾含量往往比较高。有些有毒元素相对集中又会障碍作物生长，例如硫化物矿物和重金属矿物，受地质作用影响而迁移，使附近土壤有毒物质增加而产生土壤污染，从而影响到农作物生长和人类健康。可见，地质地貌学与农业生态系统和农业环境保护以及人类的健康均有密切联系。

最后，不断日益频繁出现的资源与环境问题。当今世界，随着世界人口的剧增及对资源的过度开发利用，环境问题日益突出，包括全球环境或区域环境中出现的不利于人类生存和发展的各种现象。环境问题是多方面的，但大致可分为两类：原生环境问题和次生环境问题。由自然力引起的为原生环境问题，也称第一环境问题，如火山喷发、地震、洪水、干旱、滑坡等等引起的环境问题。由于人类的生产和生活活动引起的生态系统破坏和环境污染，为次生环境问题，也叫第二环境问题。次生环境问题包括生态破坏、环境污染和资源浪费等方面，其中土地荒漠化是一个十分严峻的问题。

土地荒漠化，就是指土壤质量的恶化，有机物质下降乃至消失，从而造成表面沙化或板结而成为不毛之地，包括沙漠和戈壁。根据其成因及地表形态特征和物质构成，荒漠划分为风蚀荒漠化、水蚀荒漠化、盐渍化、冻融及石漠化。我国荒漠化面积大、分布广、类型多，目前全国荒漠化土地面积超过 $262.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占中国总面积的 27.3%，其中沙化土地面积为 $168.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，主要分布在西北、华北、东北 13 个省（区、市）。荒漠化及其引发的土地沙化被称为地球溃疡症，危害表现在许多方面，已成为严重制约我国经济社会可持续发展的重大环境问题。据统计，我国每年因荒漠化造成的直接经济损失达 540 亿元，相当于 1996 年西北五省（区）财政收入总和的 3 倍，平均每天损失近 1.5 亿元。新中国成立以来，全国共有 1 000 万 hm^2 的耕地不同程度地沙化，造成粮食损失每年高达 30 多亿 kg。这些环境问题均与地质地貌条件有关，对其进行治理必须运用地质和地貌学方面的知识。

上述事实充分说明，地质与地貌学和农业资源与环境科学密切相关，是农业资源与环境科学的基础科学。地质与地貌学知识为农业资源与环境专业人才的必备知识。

第一章 地球的基本知识

宇宙是我们周围的物质世界，“宇”是空间的概念，是无边无际的，“宙”是时间的概念，是无始无终的。在宇宙空间弥漫着形形色色的物体和物质，我们居住的地球就是这个物质世界的一个星球，是太阳系的一个成员。太阳系是由位于中心的太阳及其周围的行星、卫星、小行星、彗星及流星体组成的，这些天体都在围绕太阳不断地运行着（图 1-1）。太阳并不是宇宙的中心，太阳系所在的星系叫银河系，它只是银河系 1400 多亿颗恒星中的一个星系。银河系是一个巨大的扁圆饼状星团，直径为 10 万光年，中心厚度约为 1 万光年。太

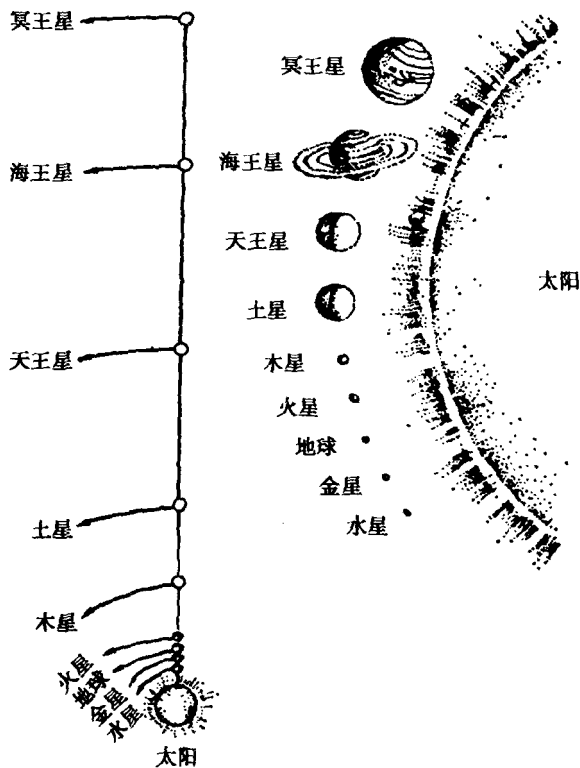


图 1-1 太阳和行星

右 按大小排列 左 按离太阳的距离排列

太阳系离银河系中心约 2.77 万光年，太阳带着地球和其他行星围绕银河系中心转动，运行一周约需 2.5 亿年（图 1-2）。在宇宙空间，像银河系这样明亮的星系就有 600 多个，合称河外星系。在目前天文工具所能观测到的宇宙空间中，最远的星系离我们约 100 亿光年。同时，已知有很多的河外星系（约 10 亿个），它们构成更高一级的系统，称总星系。总星系以外还有总星系，也就是说，宇宙是无限的，也是物质的。

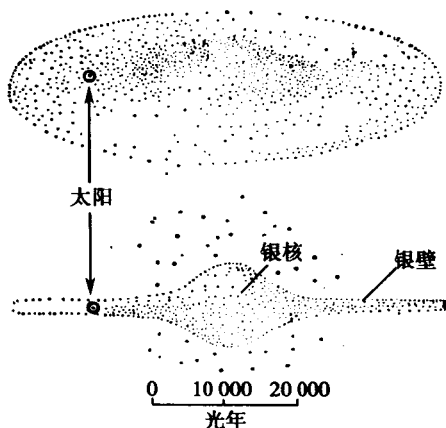


图 1-2 银河系结构示意图
上 顶视图 下 侧视图

地球自形成以来已经历了漫长的演变时期，根据地球和陨石中所含放射性元素的测定，得知地球的年龄最少有 46 亿 a，根据近代恒星演化理论估计太阳的年龄约为 60 多亿 a，银河系的年龄约为 120 亿 a，河外星系可能时间更长。

第一节 地球的一般特征

一、地球的形状和大小

地球不是一个正球体，而是呈不规则的旋转椭球体，同时北半球稍尖而凸出，北极地区比旋转椭球体面高出 10 多 m，而南半球稍肥大而凹入，南极地区比椭球体面低 24 ~ 30m（图 1-3）。从整体上看，地球是个三轴椭球体，即赤道面也是一椭球面，长轴比短轴约长 430m，且长轴指向西经 20°和东经 160°。现将第十六届国际大地测量和地球物理协会建议采用的数值列出如下：

地球的赤道半径（ a ）6 378.140km、两极半径（ c ）6 356.779km、扁率（ e ） $1/298.257$ 、表面积 $5.1007 \times 10^8 \text{ km}^2$ 、体积 $1.0832 \times 10^{12} \text{ km}^3$ 、质量 $5.976 \times 10^{21} \text{ t}$ 、平均密度 5.517 g/cm^3 。

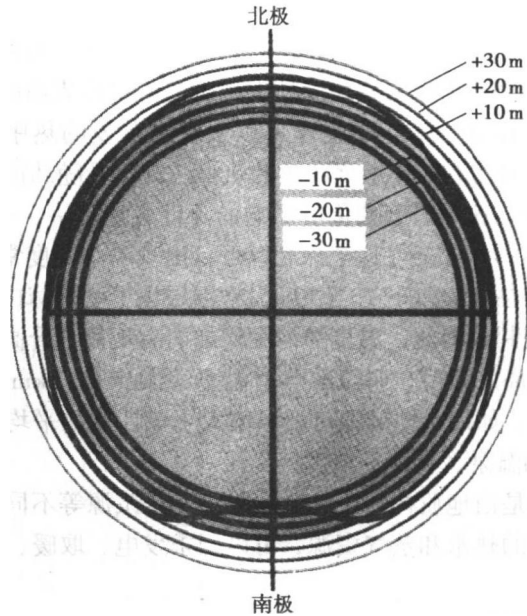


图 1-3 地球南北极剖面图
(以人造卫星测量为基础)

二、地球的物理性质

地球的物理特性主要是指地球固体外壳以内的重力、地磁、地热等用仪器测得的地球物理数据。

(一) 地球的重力

地球表面的重力是指地面某处所受地心引力和该处的地球自转离心力的合力。地心引力与质量成正比，与地心距离的平方成反比，由于地球赤道半径略大于两极半径，故沿不同纬度的海平面上引力在两极的比赤道的大，离心力在两极接近于零，而在赤道最大。因离心力比地球引力小得多（仅三分之一），因此，地球上的重力基本上决定于地球的引力，如果把地球看做一个光滑的均质体，那么地球的重力将随纬度增加而加大。根据重力与纬度的关系，从理论上可以计算出地球表面各地的重力值，叫正常重力值。

由于地球表面起伏相差很大，加上各地区的岩石种类与构造不一样，常导致实测的重力值与正常重力值不相符合，这种偏差称为重力异常。重力异常表明地下有密度较大的金属矿物或者密度较小的石油、岩盐等物质分布，故通过重力异常调查，可以研究地壳构造与寻找地下矿产。

（二）地球的温度

地球的温度，由地表到地心是不一样的。其热能来源有两种，即来自太阳的辐射热和地球内部放射性元素蜕变所发出的热。地球表面的温度主要靠吸收太阳的辐射热，据计算，一年中地球可以从太阳散发的热中获得 5.4×10^{24} J 的热量，约等于 160 万亿 t 煤燃烧产生的热量。其热量随纬度高低、海陆分布和季节变化而改变。这种温度变化所影响的深度各地不一，一般为 10 ~ 20m，在内陆地区可达 30 ~ 40m。在这个深度以下，出现一个温度常年保持不变的常温层，其深度大约在地表以下 15 ~ 30m。常温层以下受地球内部放射性元素蜕变所产生的热能控制。因此，温度随深度增加而有规律地升高。通常把每向下加深 100m 温度增高的数值，叫做地热增温率。大陆上 50km 深度内，地热增温率平均为 2.5°C 。如果某地的地热增温率大于该地区的平均值，则这一地区叫地热异常区（如温泉、火山、地震区）。

地热异常可能是由地质构造、放射性元素和岩浆源等不同所引起的，地热异常区蕴藏着丰富的热水和蒸气资源，可以用来发电、取暖、医疗及工农业生产。

（三）地球的磁性

地球是一个磁性物体，地球周围空间存在着磁场，称地磁场。但地磁场的南北极与地理的南北极的位置不重合。同时地磁极的位置也在不断改变，自 1922 年至 1972 年的 50 a 间，磁北极在纬度上移动了 2° ，磁南极则移动了 $4^{\circ}25'$ 。1970 年测出的磁北极在北纬 76° 、西经 101° ，磁南极在南纬 66° 、东经 140° 处。1983 年测得的磁北极位于加拿大北部帕里群岛（北纬 73° 、西经 100° ），磁南极位于南极洲（南纬 68° 、东经 143° ）。因而地磁子午线与地理子午线有一夹角，叫磁偏角。另外磁针只有在地磁赤道附近才是水平的，磁针越移向磁两极，倾斜程度越大。在磁极区，磁针直立（与水平面成 90° ），磁针与水平面的夹角称为磁倾角。单位磁极在地球上某一点所受的磁力大小，称为该点的磁场强度。

磁偏角、磁倾角及磁场强度叫做地磁三要素。根据地磁三要素在地球上的分布规律，可以计算出某地地磁三要素的正常值，实测数值与正常值不一致的现象叫地磁异常。地磁异常是地下有磁性矿床或地质构造发生变化的标志，因此，可以利用地磁异常来勘测磁性矿床和地质构造情况。

组成地壳的矿物、岩石所具有的磁性也是地球磁性的一部分，许多岩石由于含有磁性矿物（特别是铁的氧化物和硫化物），能在地磁场作用下磁化而显磁性，岩石在形成过程中所获得的磁性叫剩余磁性，它反映地质历史时期的地磁场情况。一般来说剩余磁性是相当稳定的，经过很长的地质时期和环境变化

也不消失，其磁化方向和岩石形成时的地磁场方向一致，但和现在的地磁场方向不一定一致（因为地磁场本身在地质时期曾发生多次转向）。因此，研究不同地质时期的岩石的剩余磁性有助于阐明古代的地壳变动情况和地球磁场的变化。

第二节 地球的圈层结构

根据大地物理学的研究，地球并不是一个均质体，而是经过长期演化形成的一系列同心圈层。按其物质成分及性质的不同，从地球外部到内部，可分为：大气圈、水圈、生物圈、地壳、地幔、地核。以地表为界，前三圈叫外圈，后三圈叫内圈。

一、地球的外部圈层

围绕地球外面的大气、水和生物都是地球经过长期演化的产物，也是地球组成的一部分。在太阳辐射热能的影响下，对地球表面进行着一系列的外力地质作用，剧烈地改变着地壳的外貌，与地壳的发展变化有着密切的关系。

（一）大气圈

大气圈是连续包围在地球最外面的空气圈，上界与宇宙太空逐渐过渡。据人造地球卫星资料，到 6 万 km 的高空也还存在呈离子状态的大气成分或基本粒子。因此，大气圈无明显的上界。下界可深入地下几百米，甚至在地表以下 3km 处仍有空气的痕迹。大气圈的质量为 $5.1 \times 10^{15} \text{t}$ ，相当于地球总质量的百万分之一。其中 79.5% 集中在海平面以上的 18km 范围内，主要组成为氮（78%）、氧（21%）、氩（0.93%），其余还有二氧化碳、水蒸气及少量尘埃等。根据大气的成分、性质、温度和运动特点，大气圈自下而上大致可以分为：对流层、平流层、电离层、散逸层。

1. 对流层 是大气圈的最下层，密度最大，平均厚度 10~12km，赤道地区约 16~18km，两极地区约 7~9km。这一层的能量来源于地面辐射（地面受太阳热能增温后反射出来的热），故温度随高度增加而降低，平均每升高 100m，温度降低 0.6℃。在赤道上空，对流层顶部温度最低时约为 -83℃。接近地面的大气受热膨胀上升，高空的冷空气冷缩下降，引起空气的垂直运动。此外由于太阳对不同纬度的照射不一，以及海陆分布、山峰阻隔和地球自转等的影响，大气还有复杂的水平运动，构成了大气环流。对流层中所发生的风、雨、冰、雪以及温度变化，对地壳进行着各种地质作用。故对流层是与地壳关系最密切的一层。

2. 平流层 位于对流层上面直到 50km 的高空，其能量来源于太阳辐射，

平流层空气运动主要是水平运动，在 20~35km 处有一臭氧集中带，叫臭氧层，臭氧能大量吸收太阳紫外线，因而一方面使平流层温度回升，另一方面可以保护地球上的有机生命，免遭紫外线的损伤。

3. 电离层 上界约在 800km 高空，该层空气极为稀薄，质量只占大气层总质量的 0.5%，由于紫外线及宇宙射线的影响，氧、氮被分解为原子，并处于高度电离状态，称电离层。

4. 散逸层 800km 高度以上的大气层，统称为散逸层。由于受到的地球引力较小，所以该层大气质点经常散逸至星际空间。该层大气高度可达离地面 2.2 万 km 高，这说明大气圈是逐渐过渡到星际空间的。

(二) 水圈

地球上的水以气态、液态和固态三种形式存在于大气中、地面上（如海洋、河流、湖泊、冰雪等）和地壳内。地面上和地壳内存在的水构成了地球上连续而不规则的圈层，称为水圈，地球上各种水体的总储量为 $1.37 \times 10^9 \text{ km}^3$ 。其中 97% 的水存在于海洋中，在太阳辐射热的影响下，地面水、地下水和大气水不停地进行着循环。据估计，水圈的循环规模是相当可观的，在太阳辐射热的影响下，地面上的水（主要来自海洋）每年从地球表面蒸发到大气圈的水量约为 40 万 km^3 ，并随大气而运动。在一定条件下，大气水又凝聚为雨、雪降落到地面或洋面上，降落到陆地上的水约有 60%~80% 又以蒸发形式返回大气，或通过江河、地下途径再回到海洋。循环着的水具有动能，能进行各种外力地质作用，不断改变地壳的外貌，能引起岩石的破坏和形成，促进了地壳中元素的迁移和富集。

(三) 生物圈

生物圈是指地球上生物所生存和活动的范围，在大气圈 10km 的高空，整个水圈及地壳表层约 3km 深处都有生物存在。生物的生存与这些圈层密切联系，生物需要从大气圈、水圈和地壳表层的岩石及土壤中吸收水分和营养，而生物的生命活动又影响着地球上各种元素大规模的循环移动，例如，生物在它的新陈代谢活动中，可以把一些分散的元素富集，甚至能沉积形成矿体（如铁矿、磷矿、煤、石油等矿产）。生物活动也是地壳表面的一种强大的地质动力，参加了地表岩石的破坏过程。因此，研究地质作用过程中，不能忽视生物的作用。

(四) 智慧圈

又称为人类圈、技术圈、文化圈等，指人类及由人类所创造的人工物质环境。人类虽然也是生物圈的一个组成部分，并与其他三个圈层（特别是生物圈）有发生学上的关系。但是，它是由生物进化而来的，它具有新的、自己所具有的特性，因而使它作为一个单独的圈层与生物世界分开。人类不仅仅是通

过自己的生物功能去影响自然，而是通过自己的智慧有意识、有目的地去影响自然，即通过社会生产劳动、科学技术改造和建设环境。人类的影响远远超过了作为生物的人的活动范围，也在很多方面超出生物圈的范围，有的甚至达到外层空间和其他星球，现在地球上几乎找不到一块完全不受人影响的地方。智慧圈成为与其他三个圈层交错存在的第四个圈层。

智慧圈的概念是苏联学者 B.N 维尔纳茨基于 1942 年首次提出的，他指出：“智慧圈是地球新的地质现象，在这里首次成为巨大的地质力量。他能够而且应该以自己的劳动和思想改造自己的生存领域，与过去比较是根本的改造。”这一思想很快得到了世界上众多科学家的公认，对人类认识地球、认识环境做出了贡献。

二、地球的内部圈层

地球具有弹性，当它受到震动时，就会产生弹性波（地震波）。地震波基本上分为纵波（P）、横波（S）和面波，纵波和横波能够在地球内部传播，总称为体波，而面波只能沿地球表面传播。体波在地球内穿过不同性质的物质界面时，其传播速度是不相同的，由于目前还不能直接观察地球内部情况，因而地震波就是了解地球内部特征的直接资料。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作为界面，上下有显著的不同，上分界面称为莫霍面，其深度很不一致，在大洋区较薄，平均 6km；在大陆区较深，最深可达 60km 以下，平均 35km 下界面称为古登堡面，位于地表以下 2 900km 处。根据这两个界面，可以把地球内部分为三个同心圈层，即地壳、地幔和地核（图 1-4，图 1-5）。

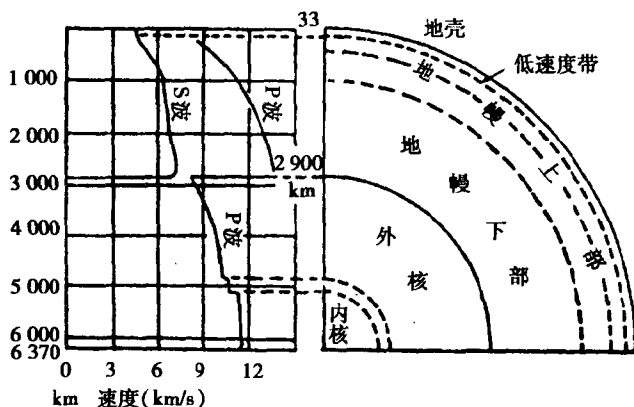


图 1-4 地球构造及地震波传播图