

第一章 绪 论

第一节 环境地质学的研究对象、内容与分科

一、环境地质学的研究对象与任务

随着地球环境的日益恶化和自然灾害的频繁发生，人们已经意识到所有的环境问题都与地质环境密切相关。一方面，大地构造循环、岩石循环、地球化学循环、水循环对大陆与海洋的分布和全球性气候变化起着决定性作用，控制着地貌、岩石、矿物、土壤、水体的空间分布；另一方面，人类的生存离不开地质环境，人类活动又在改变着地质环境。人类与地质环境之间存在着相互作用、相互制约的密切关系。

环境地质学是地质科学中一门新兴的分支学科，也是环境科学的重要组成部分。它是应用地质科学、环境科学以及其他相关学科的理论与方法，研究地质环境的基本特性、功能和演变规律及其与人类活动之间相互作用、相互制约的关系的一门学科。其研究对象是人类社会与地质环境组成的复杂系统。

环境地质学的任务是在分析地质环境组成要素的特征和变化规律的基础上，研究人类活动与地质环境的相互关系，揭示环境地质问题的发生、发展和演化趋势，全面评价地质环境质量，提出地质环境合理开发、利用和保护的对策与方法，为实现人类社会、经济的可持续发展提供科学依据。

二、环境地质学的研究内容

环境地质学属应用地质学，研究内容十分广泛，一切与人类有关的地质环境问题都属于环境地质学的研究范畴。但迄今对其所应研究的内容尚无统一认识。概括起来，其主要内容应包括下列几个方面。

1. 全球变化的研究

全球变化研究是环境地质学研究的基础性研究工作，海洋—大气—陆地相互作用与水循环研究、元素迁移的环境地球化学研究、过去事件和作用过程的高分辨率研究、陆地生态系统对全球变化的响应、地表过程及其环境效应、晚更新世以来地质环境演化与未来生存环境变化趋势预测、人类活动对全球变化的影

响等问题的研究已受到国际地学界的普遍重视。

2. 区域环境地质问题的研究

区域地质环境调查、评价和预测，是环境地质学研究最基本的内容之一，也是环境地质工作服务于国土整治和环境保护的基本手段，主要包括区域地质环境背景值调查、地质环境质量现状综合评价、不同比例尺的环境地质填图、各种环境地质问题的调查与研究。在此基础上，对区域地质环境的演化趋势进行预测，为国民经济规划服务。

3. 资源开发环境地质问题的研究

主要研究人类与资源、地质环境之间的相互作用和相互制约的关系，研究各种资源（矿产资源、水土资源、生物资源、风景资源等）的分布格局及其与地质环境的关系，研究资源的可开采性和可利用性以及资源开发利用对生态系统物质循环和能量循环的影响，研究资源开发的综合调控机制和优化技术，保证地质环境向良性循环方向发展。

4. 地质灾害研究与防治

研究在内、外动力地质作用下所产生的各种地质灾害，研究其发生机制、时空分布规律与生成关系，开展地质灾害风险评估，建立区域或重点地区地质灾害监测预警系统，制定科学、经济、合理的地质灾害防治规划与措施，制定减灾、防灾、灾后恢复与重建方案等。

5. 城市环境地质研究

由于城市建设速度快、人口增长迅速，人类活动集中，对城市环境的影响作用较强，常形成特殊的环境地质问题，如“三废”污染、水资源枯竭、地基沉陷、水资源开发引起的地面沉降和海水入侵等。因此，必须研究城市环境污染与破坏的原因、机制和防治措施，建立城市地质环境监测系统，开展城市地质环境质量综合评价和变化趋势预测，编制城市环境地质图系，提出城市环境地质问题的防治对策，为城市规划和建设提供依据。

6. 重大工程建设的环境地质研究

目前，人类大规模工程建设活动对地质环境的影响越来越显著。对人口聚集、经济建设活跃地区的环境影响更为严重。因此，必须研究人类各种工程活动（建筑工程、采矿工程、水利工程等）与地质环境的相互关系，重点研究人类工程活动对地质环境的反作用，以及由此而诱发的各种地质灾害，开展地质环境容量评价、地质灾害风险评价和移民工程地质环境质量损益评价等。

7. 医学环境地质研究

探索地质环境对人体健康的影响，特别要研究可能使人类某些疾病的发病率和死亡率增高的地质因素。同时，要研究各种污染物质直接或间接影响人体健康或危及人类生命的机制及防治措施。

目前环境地球化学研究已不限于地方性疾病,开始涉及人体必需元素或有害元素对生命作用的多方面研究。因此,环境地球化学、环境水文地球化学将在与生命科学的结合中不断丰富和发展。

8. 生态环境地质研究

生态环境地质研究是国土资源规划与管理的基础,研究的内容具有综合性,包括地质环境的状态性质、生态地质环境对人类生存的制约作用、地质环境变化对生态系统平衡的影响和作用、人类活动对生态系统的影响、地质环境与生态系统之间的关联性规律等。

9. 现代科学技术在环境地质学中的应用研究

环境地质学是一门高度综合性的交叉性新兴学科,涉及内容广、研究领域多,地质环境监测数据量大。

计算机及网络通信、卫星遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、虚拟现实(VR)、海量数据存储等高新技术的发展,为地质灾害监测数据的自动化传输、管理、分析和可视化提供了极大的方便。利用这些先进科学技术,国际上已建立了全球环境观测系统、地震灾害监测网、全球陆地观测系统等监测网络。基于地理信息系统,建立环境地质信息数据库、研究各类环境地质信息处理技术、模拟分析各种环境地质灾害的演化过程也是环境地质学研究的关键课题之一。

非线性科学理论与方法在研究地震、滑坡、崩塌等环境地质问题的渐变性与突变性以及人类工程活动与灾害过程“自组织临界”特性的关系等方面的应用也越来越受到重视。

研究开发或引入先进的工艺技术处理城市垃圾、治理地下水和土壤污染、开展矿山环境综合整治等更体现了环境地质学的应用学科性质。

三、环境地质学的分支学科

目前,环境地质学还没有形成系统的学科体系,但作为一门综合性的科学,正向许多新的分支学科发展。

根据研究对象、内容的差异,以及学科的特点,可将环境地质学分为理论环境地质学、综合环境地质学、部门环境地质学、灾害地质学、社会环境地质学、环境地质技术方法等。如果把环境地质学作为一门应用地质学,则按地质学基础性学科的分支,环境地质学可分为:环境水文地质学、环境工程地质学、环境地球化学、环境地貌学和环境矿产资源学等。

目前,比较成熟的分支学科主要有:①环境水文地质学;②环境工程地质学;③环境地球化学;④灾害地质学;⑤城市环境地质学;⑥矿山环境地质学;⑦农业环境地质学等。其中环境水文地质学的迅速发展,又进一步分化,向更低一级的

分支学科发展，如区域环境水文地质学、污染水文地质学、医学水文地质学等。

随着地质学各个分支学科向环境科学的交叉渗透，环境地质学的学科体系正在不断充实和完善。许多重大环境地质问题，如区域稳定性评价、滑坡、泥石流、诱发地震、地面沉降、海水入侵、岩溶塌陷、固体废物处理等都已形成新的专门学科。1997年1月，中国科学院与国家环境保护总局联合成立了地质环境系统研究中心，将其理论研究定位于“环境动力学”，重点开展现代地质环境的形成机制和系统各要素相互制约、相互作用的规律研究。从环境污染治理、保护环境 and 可持续发展的角度来研究矿物资源的开发利用则形成了“环境矿物学”。

第二节 环境地质学的研究方法及与其他学科的关系

一、环境地质学的研究方法

环境地质学是在地质科学、社会科学、环境科学和现代科学技术基础上发展起来的一门新兴的交叉学科，研究内容既包括由水圈、大气圈、生物圈、岩石圈相互交汇的自然地球系统，又包括人类活动与自然系统的相互作用及其发展、演变过程。环境地质学研究所遵循的原则与上述学科密切相关，概括起来体现在研究对象的区域性、研究思路的系统性、研究方法的综合性与多样性、研究成果的实用性等方面。环境地质学的研究方法必须与上述特点和环境地质学的研究内容相适应。

1. 自然历史分析法

自然历史分析法是传统地质学的基本研究方法，它也适用于环境地质研究。环境地质学所研究的对象，即人类—地质环境体系是在自然地质历史过程中形成的，而且随着所处条件的变化，还在不断地发展演化着。通过已有环境地质问题的形成条件、机制和环境地质作用的研究，类比预测未来可能产生的变化和问题，是人类能动调控人类—地质环境体系和保护改善地质环境的前提条件。因此，“由已知推未知”的自然历史分析法是环境地质研究必须遵循的基本研究思路。

2. 地球化学法

通过对化学物质在环境中的迁移转化规律的研究以及对矿物组成和结构特征的研究，探索地质环境的变化。如水土流失现象与风化过程相关，而风化速率又同组成岩石的矿物性质和外部水热条件有关，通过对矿物成分和物理化学性质的测定和研究，可以评价风化作用的进程。又如克山病、氟中毒等疾病的地区分布与某些环境地质因素相关，研究这种特定区域地质环境中化学元素的丰度及其在各个生态环境中的运动规律，有利于揭示人体健康与地质环境间的内在

联系。

3. 系统分析方法

环境地质学的研究对象是具有复杂圈层结构、层次分明的人—地环境系统，涉及自然地球系统和人类社会经济活动等诸多方面因素。在确定各种环境要素之间的关系，综合分析影响地质环境质量的地球动力和人类活动之间的相互作用的基础上，必须应用现代数学原理和计算方法，包括灰色系统分析方法、线性或非线性系统分析方法、耗散结构论、非线性动力学等理论，系统揭示环境污染、土地荒漠化、地震与火山活动、崩塌与滑坡等环境地质问题的发生过程、机制和规律；重点剖析大气圈、水圈、岩石圈和生物圈的相互作用以及人类活动对全球环境和生态系统的影响，建立表达人—地环境系统相互作用的动态模型，为生态破坏、环境污染和地质灾害等环境地质问题的预防和治理提供有效的优化方案。

4. 环境地质制图方法

环境地质问题具有空间性、动态性和综合性。分析、研究环境地质问题，全面、系统地调查收集资料并绘制专题图件是最基本的方法，包括对自然的、社会的环境要素的调查、描述、取样和监测，掌握地质环境的特征，分析环境地质问题的发生机制、分布规律，进行环境地质图件的编制等。

环境地质图不仅能表示某一时刻的环境状态，还能揭示随时间流逝而发生的环境演化趋势。因此在环境地质图中，除了应用各种颜色和线条等制图语言外，还要有数字和数字符号。这些数字和数字符号同一定的环境数学模式相关联，借助计算机技术和虚拟现实技术，建立地质环境要素数据库和图形库，可根据更新的数据随时编制动态的环境地质图，可实现环境地质问题的虚拟现实表示。

5. 模型模拟与预测方法

模型模拟是在环境地质调查、资料收集和分析测试基础上进行的研究方法。模型方法是对环境系统的结构、功能和演化特征进行模拟和仿真，主要有结构模型、评价模型、仿真模型和预测模型等。

环境地质研究还需从时间、空间和强度上对环境地质问题的演化作出预测，减轻或避免因环境地质问题而引发的灾难和损失。预测方法主要立足于以下三个方面：① 以监测为主要手段的预测预报研究；② 基于成因机理的预测预报研究；③ 数学模型模拟预测研究。预测模型大体上可分为统计预测模型、数值模拟预测模型和系统预测模型。目前，基于非线性动力学理论的突变论、混沌、分形和耗散结构论等建立起来的灾害预报模型已得到广泛的应用。

6. 环境地质评价方法

环境地质评价的目的是通过揭示环境地质问题的发生和发展规律，评价其危险性及其对人类造成的破坏损失，分析人类社会在现有经济技术条件下防灾

减灾的能力,运用经济学原理评价灾害防治和污染治理的经济投入及其环境效益、经济效益和社会效益。评价方法主要有模糊聚类法、模糊综合判别及系统分析法等。评价内容包括强度评价、危险性评价、破坏损失评价、社会经济易损性评价和防治工程评价等。

开展环境地质评价,必须建立一套符合区域环境特征的综合评价指标体系,构建科学、合理的评价模型,在环境地质评价的基础上,开展环境地质区划研究。

7. 现代科学技术方法

现代及未来环境地质学研究,更普遍采用的方法和技术手段是观测和探测技术、测试与分析技术、模型与实验技术和资料信息的计算与处理技术。卫星遥感(RS)、全球数字地震台网、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、甚长基线干涉测量技术(VLBI)、环境同位素技术以及物理、化学、生物的分析测试方法等高新技术和手段为环境地质学从宏观到微观、从定性到定量、从浅部到深部、从地球到宇宙空间的全方位多层次的研究提供了广阔的前景。

目前,人文、社会和经济科学的有关理论与方法也被应用于环境地质研究中,使环境地质研究的思想方法、理论方法和技术手段在实践中不断得以提高和丰富。

总之,环境地质学研究应以系统分析法为主线,以信息方法贯穿始终,通过重点区域实地考察、综合观测、模拟实验、剖析典型地质事件和生态环境事件等途径,直接获取环境变化的大量信息,并利用计算机进行信息加工处理,揭示地球表层系统与人类社会系统的演化规律和控制因素,阐明地表各圈层相互作用的机制,预测地球表层未来变化的趋势。

二、环境地质学与其他学科的关系

地质科学以研究岩石圈作为主要对象,环境地质科学不仅研究岩石圈,而且还要研究岩石圈与大气圈、水圈、生物圈和“智慧圈”的相互关系。地质环境既受自然环境(主要包括大气环境、水环境与生态环境)的制约与影响,又与人类活动密切相关。所以,环境地质学既要研究地质环境与自然环境的相互关系,还要研究地质环境与人类或人类社会,即与社会经济系统之间的相互影响与相互作用。由此可见,环境地质学包括自然科学与社会科学的许多领域,涉及的范围非常广泛,而且错综复杂,因此,必须应用现代科学的新理论、新方法,如系统论、信息论、控制论,以及相应产生的系统科学、信息科学和现代应用数学等,建立新的理论体系。

环境地质学作为地质科学中的一门新兴学科,是地质科学与环境科学两者互相渗透重新组合而形成的一门边缘学科。地质科学中的地层学、岩石学、地质构造学、第四纪地质学、水文地质学及工程地质学等的基本理论,仍然是环境地

质学的基本理论。但要解决环境问题，地质科学的基本理论还必须与环境科学的基本理论，特别是环境质量的基本理论和有关监测系统的基本理论，相互融合起来，形成新的理论基础。这就涉及环境科学中有关环境管理学、环境控制学、环境监测学、环境工程学以及环境经济学等学科的基本理论，这也是目前建立环境地质学新理论体系中的一个薄弱环节。

由于环境地质学研究内容的高度复杂性，特别是许多有关因素的可变性与非确定性，所以既要应用复杂巨系统的理论进行系统分析，纳入系统工程的轨道，还要应用和引进国外正在发展中的非线性动力学以及耗散结构学等现代复杂理论，来创建新的理论体系，同时还需要配合诸如数值模拟、物理模拟等新方法和遥感、同位素等技术，建立遥控监测系统、数据库系统、专家决策系统等，开展环境发展趋势的预测预报。总之，环境地质学是正在迅速发展中的一门新学科，需要在认真总结实际经验与吸取最新理论的基础上，创立环境地质学的理论体系，逐渐形成一门完整的、系统的、独立的新学科。

第三节 环境地质学的发展简史

环境地质学成为一门独立的科学，虽然还只有 20 多年的历史，但是它的孕育过程却是源远流长，由来已久。人类在漫长的发展过程中，主要是通过生产和消费活动而逐渐扩大和加深自己对环境的认识，明确自己与环境的关系，并以日益丰富的知识充实环境地质学的内容，使它日趋完善地成长起来。

一、环境地质学的孕育阶段

人类是自然环境的产物，同时又是自然环境的改造者。随着时代的进步，人类开发、索取、改造自然的的活动不断增长，产生的环境地质问题也就越来越多，对人类的生命财产和生存环境带来了灾害，甚至破坏了自身的生存环境。

在开发地质环境与与地质环境恶化的现象作斗争的过程中，人们不断积累知识、总结经验，逐渐提高了对地质环境的认识，萌生了合理开发环境和保护环境的思想。中国古代大禹治水，开凿南北大运河，引浊放淤、排沟筑岸、建造台田等，都是合理开发利用地质资源和保护地质环境的典型范例。公元前 3 世纪荀子在《天论》一文中提出：“从天而颂之 与制天命而用之”即人可以征服、利用自然界，阐述了“制天命”的观点。

欧美部分国家在产业革命后，社会经济得到了很大发展，环境问题也随之大量涌现，引起了科学家的重视与警惕，开始了对环境和环境地质问题的研究与探索。

19 世纪末，法国人文地理学家布拉什在其所著《人地学原理》中指出，人是

一个积极的因素，自然环境提供了可能性的范围，而人类在创造自身的居住地时，又反过来按照他们的需要、愿望和能力来利用这种可能性。美国学者马什在 1864 年出版的《人和自然》一书中，论述了人类活动对森林、水体、土壤的影响，并呼吁开展自然保护运动。英国利物浦大学著名人文地理学家罗士培（P. M. Roxby）教授（1939）则引用了“协调”一词，“协调”既意味着自然环境对人类活动的限制，也意味着人类社会对环境的合理利用与保护。恩格斯在《自然辩证法》中也阐述了合理开发和保护自然环境的基本思想及两者的辩证关系，告诫人们必须节制开发活动，协调好人与自然环境的关系。

二、环境地质学的创立与发展阶段

随着环境问题日渐增多和突出，进一步引起了国际社会的重视。1972 年联合国召开了第一次人类环境会议，发表了《斯德哥尔摩人类环境宣言》，大大促进了环境调查研究工作的进程和环境科学的形成与发展。20 世纪 70 年代以来，中国的环境问题日益突出，中国的学者们也非常重视环境问题，先后编著出版了《环境科学》、《环境科学基础知识》、《环境学概论》等一系列著作。

地质环境是自然环境的主要组成部分之一，环境地质学是环境科学的组成部分，随着环境科学的发展，环境地质学亦得到了同步的发展。Hackett T E（1962）最早提出“环境地质学”一词，并很快被广泛接受，出现了专门性文献。Moser P H 在 1969 年指出：“环境地质是应用地质学、水文地质学、工程地质学、地球物理学和其他相关科学的原理，来研究一个地区资源如何为人类最大利益而得到发展”。1972 年英国沃德和美国杜博斯发表的《只有一个地球》一书，从地球的未来前途出发结合人类社会、经济、政治等方面讨论了环境问题，呼吁人们明智地管理地球。进入 20 世纪 80 年代，环境地质学在西方国家已初步形成为一门比较系统的学科，如美国 Keller E A、Coates D R、Lundgren L W、Taak R W、Montgomery C W 等人都曾著过《环境地质学》其中 Keller E A 和 Montgomery C W 的《环境地质学》已分别出版了第 5 版和第 7 版。国外这些版本的《环境地质学》，内容广泛，既有属于普通地质学的内容，又有飓风、洪水等自然灾害学范畴的内容。

随着国内大量环境地质问题的出现，地质环境开发和保护方面要求的提高，以及国际环境保护交流工作的加强，中国环境地质学也开始创立并得到发展。20 世纪 80~90 年代，环境地质学的理论与方法在中国进入了深入研究、讨论阶段。刘培桐、关伯仁于 1980 年提出：“环境地质学是环境科学的一个分支，以人一地系统为对象，研究其发展、组成和结构、调节和控制、改造和利用的学科”。刘东生、万国江等于 1980 年提出：“环境地质学是研究人类活动和地质环境相互作用的学科，是地质学的一个分支，也是环境地学的组成部分”，“研究内容包括自

然和人为引起的环境地质问题”。张宗祜于 1988 年提出：“环境地质学应当是研究人类技术经济活动与地质环境相互影响的学科”。“环境地质工作中，要考虑自然—技术系统的空间范围的界限，考虑决定工程与地质环境相互作用的可能范围”。陈梦熊于 1995 年提出：“环境地质科学是地质科学与环境科学两者互相渗透重新组合形成的一门新的边缘学科”。

李鄂荣等 (1991)、徐增亮等 (1992) 分别以 Keller EA 的《环境地质学》(第三版)(1976) 为蓝本编译出版了《环境地质学》;李铁锋等 (1996) 编著出版了《环境地质学概论》，潘懋等 (1997) 编著出版了《环境地质学》。近几年，戴塔根等 (1999)、朱大奎等(2000)、吴志亮等 (2001) 相继编著出版了环境地质学教材。这些教材从不同侧面广泛探讨了环境地质学的基本概念、学科特点、理论体系、研究内容和对象等内容，使环境地质学逐渐发展成为一门比较完整的独立学科。但上述教材各有特色，并具有行业特点，如戴塔根等的环境地质学教材主要适用于地矿工程专业的学生，朱大奎等的教材更适合地理专业的学生，潘懋等编著的教材侧重于地质类专业的学生。

目前，中国的环境地质研究方面已开展了大量工作，取得了许多重要的成果。中国地质学会于 1987 年 3 月正式成立了环境地质专业委员会，并召开了全国第一届环境地质学术交流会议，着重对区域环境地质、城市环境地质、地震地质灾害、环境水文地质、环境地质制图以及新技术、新方法在环境地质调查研究中的运用等进行了交流、讨论。自 20 世纪 80 年代中期开始，中国专门性或与环境地质有关的调查研究工作得到了广泛的开展，取得了大量成果，如晚更新世以来地质环境演化趋势的基础性研究、区域性环境地质图系编制和论证、沿海经济发达地区及城市环境地质调查研究、水资源开发引起的环境地质问题研究、农业环境地质调查研究、重大或专项工程地质调查研究和地方病调查研究等。

在人才培养方面，许多高等院校的相关专业纷纷调整专业方向，注重培养环境地质理论研究和工程实践的人才，传统的水文地质、工程地质工作多数已被环境地质工作所代替，具有中国特色的环境地质学理论体系已基本形成。环境地质学在中国地球科学人才培养中占有重要的地位。

第二章 环境地质学的基本理论问题

第一节 地质环境的内涵与基本特征

一、地质环境的内涵

所谓地质环境，系指岩石圈及其表层风化产物，包括地球岩石圈和表层风化层两部分地质体的组成、结构和各类地质作用与现象。地质环境是具有一定空间概念的客观实体，它包含物质组成、地质结构和动力作用三种基本要素。地质环境的上限，是地表或岩石圈的表层；对地质环境下限位置的确定，目前有多种意见，大致可分为两类：一类是从人类活动对环境的影响的角度衡量，把下限定为人类的科学技术水平和生产活动的的能力所能达到的地壳深部；另一类则是从环境对人类和其他生物的适宜性来衡量，其下限达到与区域地壳稳定程度有关的地壳深部甚至地幔。

地质环境是人类生存发展的基本场所，它构成了人类生活和生产条件的客观实体。它对人类的作用可分为地质资源开发与地质体的利用两大方面。地质资源开发包括人类开采地下固体矿产、石油和地下水以及土地资源的开发利用；地质体的利用主要是指人类对地质体的空间利用以及地质体的物理、化学特征及其对人类的适宜性等，人类在地球表面修建楼房、筑路架桥、地下开挖隧道、地质景观欣赏等。人类依赖地质环境生存和发展，同时人类活动又不断地改变着地质环境的化学成分和结构特征。

地质环境与大气、水、生物，甚至宇宙空间也有密切的关系，它与大气圈、水圈和生物圈及宇宙环境进行着密切的物质交换和能量流动。这种物质循环与能量交换的关系常称为“地质作用”，它们之间是一个相互开放的系统。广义而言，地质环境的空间范围包括岩石圈、水圈、生物圈和大气圈的下部，这些圈层相互影响、相互作用，彼此之间进行着频繁而剧烈的能量迁移和物质交换。

随着人类对资源需求的剧增以及科学技术日新月异的进步，人类活动对地质环境的影响和作用越来越大，而地质环境对人类活动的干扰则表现出两种不同的反应趋势——良性反应（正环境效应）和恶性反应（负环境效应）。人类活动的方式以及地质环境的反馈作用共同构成了环境地质学的重要理论与实践

基础。

二、地质环境的基本特征

(一) 地质环境的容量

地质环境的容量，即某个特定地质空间可能承受人类社会经济发展的最大潜能。人类所有生产和生活的消费物资，都直接或间接地取自地质环境；人类在生产和生活过程中产生的一切废弃物，又都直接或间接地排放到地质环境之中。所以，地质环境的容量，可以用特定地质空间可能提供人类利用的地质资源量和对人类排放的有害废物的容纳能力来评价。

地质资源，指地质环境系统内可供人类利用的一切物质。随着科学技术的进步，这种资源的概念在不断地发展。在现阶段，至少有下列几个方面：①矿产资源；②能源资源；③建筑材料资源；④土地资源；⑤地下水资源；⑥地质景观资源；⑦地质空间资源等。这些地质资源，绝大多数是不可更新资源，使用后不能再生。水资源虽能得到更新，但其年可用量也是有限度的。所以，滥采、滥用地质资源，必将带来严重的后果。

地质环境对人类排放的有害废弃物的容纳能力，取决于地下水、土壤和岩石对污染物的净化能力。水体、土壤、岩石对污染物质具有自净功能，通过这种自净功能，地质环境对外来的污染物质进行内部消化，起到自动调节的作用。

(二) 地质环境的质量

地质环境的质量，在一定程度上由地球物理因素和地球化学因素决定，其好坏对人类的生活和社会经济的发展都会有很大的影响。地质环境质量的好坏，可以由以下几个方面的条件来评定。

1. 自然地质条件的稳定性

自然地质条件是决定地质环境质量的主要因素，其中最重要的有：地质构造的稳定性、地形稳定性、地基稳定性、岩层性质以及地质灾害发育情况。

2. 原生地球化学背景

人类生存于地球化学场的作用下，钙、镁、钾、钠、碳、氮、氧、磷等元素及某些微量元素是人体和其他生物体发育所必需的。环境中某些元素含量过高、过低或存在对人体有害的其他元素，均会给人的健康带来危害。所以，环境的地球化学背景值是地质环境质量的一个重要标志。

3. 地质资源的丰富程度

矿产资源、能源资源、土地资源、地下水资源、建筑材料资源和地质空间资源等是人类赖以生存和发展的重要物质基础，人们的生活水平与地质资源的丰富程度及其可用价值的大小密切相关。矿产资源、能源资源和地下水资源等资源的储量和开采价值也是社会财富的一种衡量指标。没有可供人类利用的各种地

质资源，现代人类文明是不可能出现的。

4. 抗人类活动干扰的能力

环境一方面为人类活动提供空间及物质能量，另一方面容纳并消化其废弃物。人类活动超出环境系统维持其动态平衡的抗干扰能力时，就产生种种环境问题。抗干扰能力差的地区，地质环境质量差，人类经济活动稍有不慎，就可以使地质环境状况更加恶化。例如，中国西北地区，气候干旱、植被稀少，人类活动的轻微干扰即会出现荒漠化等环境恶化的现象；处于半干旱气候条件下的华北平原，如农田水利活动不当，很容易加剧土壤盐渍化，地质环境质量较差。

5. 受污染或受破坏的程度

人类对自然界的干扰日益扩大，地球上几乎已不存在未受人类活动影响的区域。天然的地质环境越来越少，人为因素对环境的影响越来越大，评定地质环境质量的好坏，必须考虑人为因素的干扰程度。废弃物导致的环境污染、大型工程活动对生态环境的破坏均不同程度地改变了地质环境质量。

地质环境的整体质量取决于各组成要素的质量。但在评价地质环境质量的优劣时，除考虑各要素的平均状况外，还应找出质量最差的要素，并做出评价。因为，人类活动常常使环境质量最差的要素首先受到影响，从而引起地质环境的变异。

（三）地质环境的相容性

地质环境的相容性是指地质环境对人类施加的某种干扰的适应性。地球上各种不同的地质环境，其发生、发展受地质构造、岩性、水文、地质作用和地形条件的控制。每一类地质环境都是一种具有自身特征和功能的地质空间，它们对各类工程活动的相容性是不一致的。因此，对人类活动的干扰，表现出不同形式的反应。

地质环境对人类活动的干扰有两种不同的反应趋势：良性反应和恶性反应。良性反应即人类活动的正环境效应，主要表现为在人类活动作用下，地质环境向着稳定有利的方面发展。如在潜水位高的沼泽地和盐碱地上进行人工排水，降低地下水位，加上施用有机肥料等措施，盐碱地可以逐渐改变成好地。而在有些地区，人类活动不当，地质环境将出现恶性反应，即人类活动的负环境效应。如在中国的黄土高原地区，脆弱的地质环境受到盲目采伐、开垦坡地、破坏植被等人类活动的作用，会加剧水土流失，使环境向着不毛之地的方向发展。应当指出，在同一类地质环境系统内，不同的工程活动，可能产生两种截然不同的反应趋势，这取决于人类活动与该地区各种环境要素之间的作用性质。

（四）地质环境的反馈作用

地质环境的反馈作用，即地质环境受人类活动干扰后对这种干扰做出某种反应的作用。地质环境的反馈作用是环境地质学的重要理论基础。

地质环境较容易受到人类活动的影响。当人类活动的规模和强度超过了地质环境的承受极限后，必然导致地质环境发生变化，对人类活动做出反应。其实质就是地质环境在人类作用力影响下，对物质和能量的输入与输出的动态平衡关系进行调整。当人类作用力不大时，通过地质环境内部的调节能力，对外界的冲击进行补偿和缓冲，就可以完成这种调整过程，维持地质环境系统的稳定性，表现为不易觉察的“隐蔽的”形式；当人类作用力增大，超过其自身的调节能力时，地质环境只有通过剧烈的变动，才能建立起新的平衡关系，反馈就以“显露的”形式表现出来。

研究地质环境的反馈作用，是准确预测环境变化的基础，是环境地质学的核心问题。但是，人们至今对地质环境系统各要素之间的相互作用与相互依赖的复杂关系、能量的转换、平衡关系等反馈作用机制，尚未完全认识，有待进一步探讨和研究。

第二节 环境地质作用

一般而言，环境地质作用主要指人类与地质环境间的相互作用，具体包含：各种自然地质因素、自然地质现象对人类的作用，即自然地质作用；②人类活动对地质环境的作用与反作用，即人为地质作用及上述地质环境的反馈作用。本节重点讲述人为地质作用以及人地关系问题。

一、自然地质作用

传统地质学认为，自然地质作用是地质动力引起的，两种基本类型的作用——内动力地质作用和外动力地质作用，推动着地壳的运动和发展。内动力地质作用有构造运动、岩浆活动、地震以及变质作用；外动力地质作用包括风化、剥蚀、搬运、沉积和成岩作用等。这两种基本地质作用控制和改变着地球表面的结构和形态。

二、人为地质作用

在人口剧增、社会生产力和科学技术飞速发展的情况下，地球表面受到了人类活动的强大冲击，人类活动已成为使地球表面发生变化的又一动力，产生了其规模与速率都可以同天然地质作用相比拟的人为地质作用。

人为地质作用是环境地质学的重要研究内容。人类活动的地质作用意义，随着社会经济的发展和科学技术的进步也不断扩大。当前条件下，人为地质作用的表现形式主要有以下几个方面：

1. 人为剥蚀地质作用

矿山剥离盖层、工程挖掘土石、农业平整土地等，都在很大程度上破坏地壳组成物质，改变地表形态，其地质效应同天然外动力引起的剥蚀作用完全一样。在这些区域内，人为剥蚀作用的强度与速率甚至要比天然剥蚀作用强大得多。

2. 人为搬运地质作用

人类在工程活动中，每年要移动许多地壳物质，有的是为了某种需要利用运输工具加以搬运，如填筑地基、采矿、场地开挖等；有的是由于人类对资源的不合理开发活动，造成地表物质的迁移，如盲目砍伐森林、过度放牧等引发的水土流失。据估计，人类活动每年搬运的物质总量已超过了全球水流的搬运强度。天然水流的搬运作用，一般将风化产物从上游搬向下游，所搬运物质的大小，随水流携带能力的消耗而变化。人为搬运作用可以把物质从低处运到高处，其物质大小和流向一般随需要和人的意志而变化。

3. 人为堆积地质作用

人类活动在地球上形成了许多人工堆积土，特别是在城市地区、滨海地区，这种人工堆积土的分布面积和厚度，可以达到相当大的规模。如日本东京港地区的大片土地即由人工填积而成，填地范围近 40km^2 ，扩大了陆地面积。

4. 人为塑造地形作用

经济建设和工程活动使地表形态发生了很大的变化，形成了许多人为地貌景观，如农业上平整的土地、梯田，水利建设中兴建的水库、运河、灌溉渠系，采矿堆积的尾矿废石堆，采矿场陡壁斜坡、矿坑、陷落漏斗，城市区的人工湖、假山，道路路堤、路堑，海岸地带的防潮大堤、人工岛，围海、围湖造地，等等。其规模和速率，常常比天然外动力作用对地形的塑造还要巨大。

5. 人类活动的其他地质作用

人类活动还可以使地壳表层内的地球化学场、应力场、水动力场、热力场等发生改变，产生其他新的地质作用和地质现象。例如，在长期大规模强烈开采地下水的地区，由于开采区含水层压力的降低，导致含水层发生新的压密作用，引起地面沉降，在岩溶发育区发生地面塌陷。水动力条件的变化，引起岩石化学性质与物理性质的变化和水化学性质的改变。大型水库、深井注水等人类活动，足以促使某些断层活化，引起地震。矿业活动，可以改变某些矿物在地壳内的分布状况，发生矿物的人为迁移和富集作用。

上述人为地质作用，必然破坏地质环境在天然地质作用下的平衡条件，形成新的平衡关系。随着人口的增长，社会生产力的发展和科技的进步，人为地质作用力将愈加强大，它们对地质环境的冲击亦将更加强烈。深入研究人为地质作用现象的发生、发展，有助于评价地质环境的变化趋势。

三、人地关系与可持续发展

人类一经出现，就与地球环境发生了关系，也就是说，在地球上开始出现了人类与环境的关系问题，即“人地关系”。人类是环境的产物，环境为人类的生存和发展提供了必要的条件；同时人类又是环境的塑造者。随着生产和科学技术的发展，人类越来越大地对自然环境发生影响，两者间密切而对立的关系日渐加剧。

（一）人地关系“危机”

人类通过对自然的依赖与开发，人地关系得以萌生，人地矛盾也同步形成。但人类诞生以后的很长岁月中，生产力水平极为低下，人类只不过为了生存而适应和利用环境，很少有意识地改造环境，对环境影响不大。随着生产的发展和科学技术的进步，特别是农业革命和产业革命，使人类利用和改造环境的能力大大加强。与此同时，也出现了严重的环境问题。“人类主宰自然”的狂热思想和不惜代价地向自然开战的行为，使人与环境的矛盾日益升级，人地关系产生“危机”，把地表环境人文时期固有的、早已存在的“环境与发展”问题激化和突出起来，并成为人类社会可持续发展的主要阻滞力量，威胁到了人类自身的安危和盛衰。

1. 人地关系“危机”的实质

人口、资源、环境和社会经济发展之间的多重关系是人地关系的客观表现。四者运动方式的失当和比例关系的失调，加剧着人地关系的矛盾和危机。

人类活动与地球环境是构成人地复合系统的对立因子，它们的相互依存性和制约性决定着系统的运行过程和演进方向，然而，人类和自然各有其独特的、自我支配的客观规律，它们的存在方式与运动形式无时无刻不在影响着对方。任何一方的不正常“扰动”和非弹性“越轨”都会影响人地复合结构的进化与功能的良性发挥，最终影响系统组织和自身发展，甚至导致衰退。这是人地关系“危机”的根本原因。长期以来，人类活动的方向、方式、速率、强度和规模与自然系统的运行规律和演化趋势严重背离，超越了地球环境的“生态阈值”，使人与自然间相互作用的依存关系转变成了对抗性的矛盾关系。由此可见，人地关系“危机”的实质在于人类与地球环境之间的矛盾对立，即人类的社会意识、文化价值观念、发展战略和经济活动与生存环境的潜在利用方向、可承载能力之间的巨大差异和全面失衡。

2. 人地关系“危机”的表现形式

人类对环境的影响基本上表现在两个方面：一是对环境施加积极的建设性影响，提高环境质量，创造新的更适合于人类生活的人工生态系统；二是消极的破坏性影响，造成环境的污染和资源的破坏。人地关系危机的表现形式包含以

下几个方面：

(1) 地球表层环境变迁对人类的影响：主要表现为地质灾害直接或间接恶化地表环境，降低环境质量，对人类生命财产造成危害或潜在威胁，使社会经济蒙受巨大损失，阻碍人类社会向前发展。

(2) 地质资源短缺对人类社会经济发展的制约作用：随着地质资源的短缺，如水资源、矿物能源的短缺导致工业和城市发展减缓或停滞；土地资源的不足使地球的人口承载量受到限制等。

(3) 人类经济活动诱发或加剧地质灾害：这些灾害，可造成地表环境退化，反过来制约、影响人类社会的发展。如过度放牧、森林砍伐和不适当的农业利用导致土地退化，使生态环境恶化，农业生产力下降。

(4) 人类活动的副产品对地球环境的污染：所谓人类活动的副产品，即人工废弃物。由于各种废弃物品对环境的污染，地球表层已很难找到一块洁净的地方。水体污染、土壤污染和空气污染是人类健康的大敌。

(二) 人地关系的协调

人与自然的危机日益深刻化和全球化，摆脱困境的根本出路在于人与自然相互协调。在协调人地关系时必须把握以下几条规律：

(1) 人地系统主从律：即人首先是地球环境演化的产物，人地之间存在着客观的主从关系。人类对自然的改造必须顺应自然环境的演化规律，因势利导，使自然环境演化向着有利于人类的方向发展。

(2) 人地系统反馈律：即人对地的能动作用，总会伴随地对人的反作用的规律。

(3) 人地关系递进律：即人类社会越是发展，对地球环境的控制能力越强、客观依赖性越高的规律。

(4) 人地适应律：即人类社会发展的条件必须合乎地球体系；功能释放物质转换与能量传递的自然规律，必须合乎地球资源和自然环境的合理更新与维持条件。人类经济活动适应环境容量是维护人类与地球环境之间良好关系的基本前提，也是维持人地生态系统内部平衡的基本条件。只有这样，才能形成人地系统协调发展的规律。

人地关系的协调应当从多方位入手，采取各种手段：一方面，要寻找适宜某项人类活动的最佳区位，即资源环境、生态、文化、技术和经济等各种人地关系因子良好组合和理想匹配的空间区位；另一方面，要进行系统环境组分和结构的调控，改变人地关系因子的特征和趋向，使其尽可能满足人类活动不断增长的多样化需求。

要达到人地关系的和谐，还必须以科学的人地观为指导，树立全球共享、人类共享的思想观念。培养全球性、长远性和差异性的环境意识，珍视和充分利用

环境质量与自净能力，减少环境损失，防止环境污染和生态破坏；培养广义性、有限性和稀缺性的资源意识，坚持节约利用、综合利用和持续利用原则，充分发挥资源的多重功能，提高资源利用效益和水平；培养遵从循环原则、平衡原则和共生原则的生态意识，遵循相生相克、最佳功能和最小风险原理，保证生态的平衡与进化。此外，还必须培养科学的人口意识、合理的生产意识、适宜的消费意识和正确的文化意识。

（三）可持续发展的人地观

人与地的关系是伴随着人类的产生而出现的，人地关系思想经历了曲折漫长的发展过程。从古代天命论的人地观，到文艺复兴时期的决定论和社会达尔文主义，再到机械唯物主义影响下的或然论，“人定胜天”的征服论，乃至目前的协调论，无不反映了各个历史阶段的人类社会状况和科学技术水平。

可持续发展的提出是人类“环境哲学”的重大进步。20世纪50年代以前，人们总是自觉或不自觉地为认为，地球向人类社会提供自然资源和环境空间的能力是无限的。然而，随着人类对自然干预的广度和深度的不断发展，环境危害日益严重。60年代以来，人们开始意识到地球自然资源和环境空间是一种稀缺资源，如何支配、使用它关系到人类的幸福，当代人肩负着按照人类利益合理管理地球环境的责任。经过70~80年代的探索，以1987年联合国世界环境与发展委员会发表《我们共同的未来》为标志，可持续发展的人地观便应运而生。可持续发展的定义是：“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。其基本含义是指在不损害后代满足其需要的前提下，追求一种最大限度地满足当代人们生产、生活需要的发展模式。

国际学术界和决策界曾对发展的持续性定义展开了一场大讨论，认为持续性包含生态、经济、社会三个方面。生态持续性指维持健康的自然过程，保护生态系统的生产力和功能，维护自然资源基础和环境；经济持续性指保证稳定的增长，尤其是迅速提高发展中国家的人均收入，同时用经济手段管理资源与环境，使经济发展与资源保护协调起来；社会持续性指长期满足社会的基本需要，保证资源与收入的公平（包括代间与代内）分配。

可持续发展除反映在时间维度上，还具有空间维度的含义。即在水平方向上从全球到区域的变化，在垂直方向上从自然圈层到人类活动各部门的变换。这些空间既相对独立又相互作用。区域可持续发展是指区域的经济、社会、环境和资源的相互协调，即在经济发展过程中要兼顾局部利益和全局利益、眼前利益和长远利益；要充分考虑到自然资源的长期供给能力和生态环境的长期承受能力，既要满足当代人的现实需要，又要足以支撑或有利于后代人的潜在需要。全球可持续发展则是满足全球需要的世界发展。

可持续发展在本质上就是优化人地关系和人与人的关系，可持续发展的概