

# 绪 论

## 0.1 环境地质学的兴起及其在我国的发展现状

### 1. 环境地质学的兴起

毫无疑问,人类活动对自然地质环境的影响,自从地球上有了人类以来就开始了。人类在长期的进化过程中,不断地改造自然环境,从自然界获取生存资源,然后将经过改造和使用的物质(包括各种废弃物)还给自然界,与大自然形成了某种程度的动态平衡。人们通过自己的双手和聪明才智不断地改造自然,为人类创造了丰富的物质文明和精神文明,在人-自然协调的动态平衡中,促进了人类的发展和社会的进步。

然而 近百年来 特别是 20 世纪 50 年代以来,随着社会生产力和科学技术的突飞猛进,世界人口数量急剧增长,城市数量和规模迅速发展;随着矿产资源的开采和工程建设的进行,人类改造自然界的能力大大增强,人类活动已构成了一种不可忽视的地质营力。人类大规模的经济技术活动导致环境的反作用日益强烈,给人类带来了许多人为灾害,特别是近 30 年更为强烈。人们已经认识到环境污染已给人类的生存和发展造成了巨大的威胁。

20 世纪 60~70 年代,环境问题已引起各国特别是西方发达国家的严重关注,人们认识到惟有通过科学技术才可减轻地质灾害程度,阻止和改变人为地质灾害的发生,并在保护环境方面做出一定的成绩。从 70 年代开始 环境工作普遍受到重视 政府中的环境机构 以及科学研究选题中的环境科研,出版物中的环境著述和评价,大学中的环保专业,社会性和专业性的环境学术活动等,如雨后春笋,环境科学得到迅速发展。1970 年英国成立了世界第一个环境部,同年,美国成立了环境保护局,1971 年加拿大也成立了环境部,日本成立了环境厅。70 年代初 国外的一些大学相继设置了环境科学专业 以环境地质为例 美国得克萨斯大学、密苏里大学都创办了环境地质系,德国还建立了环境地质学院。

与此同时,环境问题也引起了国际社会的普遍重视。国际地科联理事会于 1968 年专门设置了环境问题科学委员会。联合国于 1972 年召开了世界首次人类环境会议 会议提出了“只有一个地球”的口号 并通过和发表了《斯德哥尔摩人类环境宣言》 标志着人类环境意识有了重大变化,大大促进了环境地质调查研究工作的开展和环境科学的形成。

据已掌握的资料,“环境地质”这一术语于 1962 由 J.E.Hackett 首次提出,环境地质工作于同年列入美国伊利诺斯地质调查所的研究规划中;1964 年 4 月 J.E.Hackett 在美国印第安纳大学举行的题为“Water Geology and the Future”的学术讨论会上,将此术语第一次写入会议论文中 并于 1967 年发表。虽然 J.E.Hackett 当时提出的“环境地质学”术语的涵义十分模糊,但很快被广泛接受,并出现了专门性文献。不久以后,这方面的课题吸引了各有关学科专家们的注意,并从不同的角度发表了他们的基本认识。

在西方国家 80 年代环境地质学已初步成为一门比较系统的学科,其中较有影响的环境地质学家有 E.A.Keller,D.R.Coates,L.W.Lundgren,R.W.Taak,C.W.Montgomery。他们都

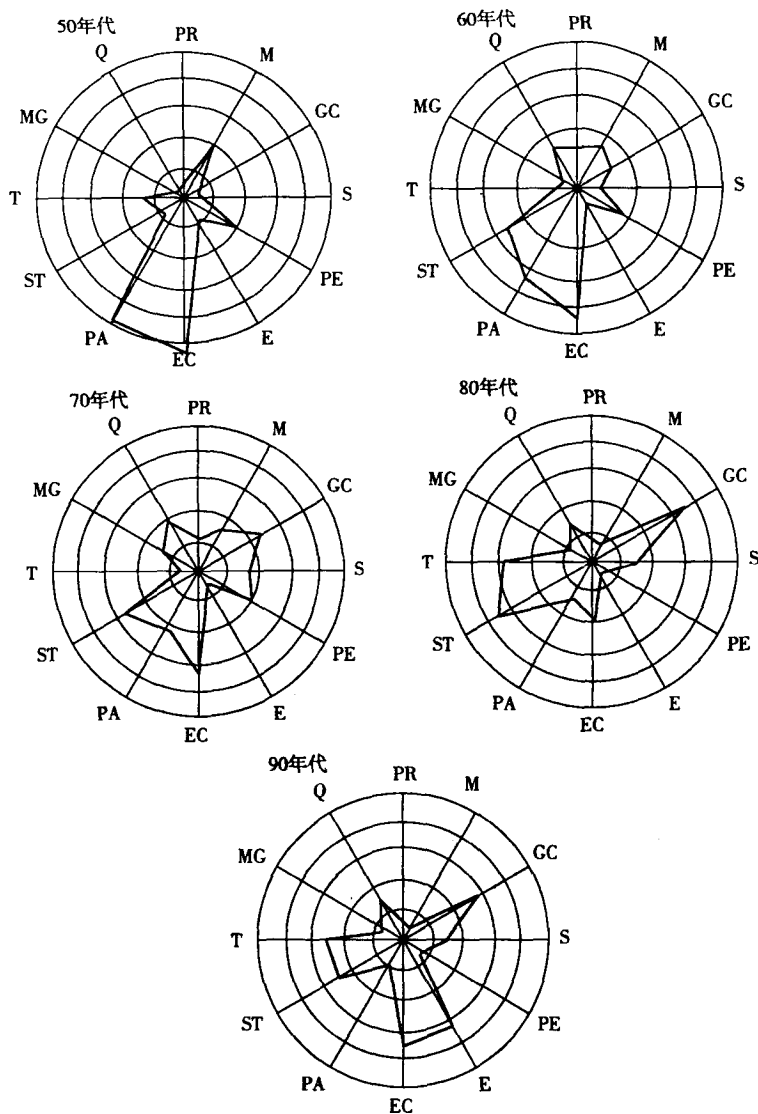


图 0-1 地质科学学科结构变化图

(据肖庆辉,1994)

说明:50年代,古生物学和经济地质占绝对优势;60年代,地层学迅速发展;70年代,地球化学、地层学和岩石学发展突出,第四纪地质、海洋地质学也迅速发展;80年代,地球化学和地层学占绝对优势;90年代,地球化学和地层学继续发展,环境地质学崛起。

注释:PA——古生物学;ST——地层学;T——构造地质学(含构造物理学);MG——海洋地质学;Q——第四纪地质;PR——前寒武地质;M——矿物学;GC——地球化学;S——沉积学;PE——岩石学;E——环境地质学;EC——经济地质

曾编著过《环境地质学》教材,促进了环境地质学的理论体系的形成和环境地质学的发展。特别是 E. A. Keller 1979年编著的《环境地质学》至 1988年已经五次修改出版,建立了比较系统

的理论与方法。

近 20 年来,各个自然学科都主动积极地向环境科学靠拢、渗透,赋予了环境科学新的内容,例如医学和地质学的结合,产生了一门边缘学科——医学地质 开展了地方病、癌症的预防研究,使环境地质学得到了极大发展。在建立新一轮知识体系的重大转折点的新形势下,世界地质科学前沿研究的重心正在转移,地质科学的学科结构正在发生重大变化,地质科学已由纵向深入朝横向交叉和相互渗透的方向发展 进入跨学科大联合、大交叉、大综合、大协调发展的新时代(图 0-1)。

同期,国际地质学界也越来越关注环境地质工作,除积极参与全球变化研究(IGBP)、国际减灾十年 IDNDR 和 21 世纪议程等重大国际计划外,《环境地质》专题讨论成为自 1980 年第二十六届国际地质大会以来历届讨论的重要议题,并发表了大量环境地质文献。统计表明,环境地质是 80 年代以来地质科学中论文数量增长速度最快的学科和领域,已呈现出与经济地质并驾齐驱的局面。在某些发达国家及某些发展中国家,环境地质论文数量已超过甚至远远超过经济地质的论文数量。

世界上大多数国家都开展了不同目的的环境地质调查研究工作,如 20 世纪 70 年代末期美国编制了 1:750 万比例尺的《美国环境工程地质图》,前苏联编制了以区域工程地质预测为主要目的的《环境地质图系》。为了保持可持续发展,发达国家的地质工作和地质科学研究的重心正从勘探和开发资源转移到全球规模和区域范围的环境和社会问题上。从全球来讲,90 年代已呈现出环境地质与经济地质并重的局面。在发达国家,合理利用和保护地质环境的意义甚至已经超过矿产资源的寻找和开发。例如,美国地调所 1990 年预算总投资为 723.137 百万美元 其中水资源研究为 295.128 百万美元 占总投资的 40.8%,地质与矿产资源调查和填图为 247.739 百万美元 占总投资的 33.4%。另外,从地质人员的组成也可以看出,环境地质研究工作已成为当前地质科学的主要内容之一,据欧洲地学联合会 1990 年前后的调查表明,环境地质人员占地质工作人员总数的 37.6%,大大超过了以往一直占主导地位的经济地质(固体和石油地质)人员的比例(22.7%) 美国的情况也是如此。

为了 21 世纪的社会繁荣、可持续发展和人类的健康,联合国于 1992 年 6 月 3 日到 6 月 14 日,在巴西的里约热内卢召开了环境与发展大会,包括中国在内的 183 个国家的代表团、102 位国家元首与会 共同签署了《里约热内卢环境与发展宣言》、《21 世纪议程》等文件。从此 保护、改善环境质量 使人口发展、资源开发、环境保护三者和谐协调 成为举世瞩目的共同行动。

## 2. 我国环境地质学发展现状

我国古代劳动人民在与自然环境作斗争的过程中,逐渐提高了对地质环境的认识,积累了许多经验,萌生了合理开发利用资源和保护环境的思想并作过许多实际的工作。例如,早在公元前 7 世纪 我国就有了关于滑坡灾害的文字记录 还有中国古代的大禹治水 为发展水运 开凿南北大运河和灵渠;李冰父子兴修水利开凿都江堰。二千多年前,在医书《素问·异法方宜论》中就曾指出:自然地理环境和居民社会生活习惯的差异,相应地对人体的健康有不同的影响;引浊放淤、排沟筑岸、建造台田和种植耐盐碱作物等一系列治理盐碱的方法以及开采矿产、冶炼铁、铜、盐技术 等等 都是合理开发利用地质资源和保护改善地质环境的典型范例 这一切实际上也是环境地质学的初期实践活动。

随着国内环境地质问题的大量涌现,大、中型工程建设对地质工作在地质环境开发和保护方面提出了更高的要求,加上国际上环境保护交流工作的加强,为我国环境地质学的发展提供

了客观机遇和条件。1973年国务院设立了临时性的环境保护领导机构和办事处,1979年建立了全国性的环境科学协会,并正式颁布《中华人民共和国环境保护法》成立国家环境保护局。先后成立了环境地质或与此相关的学术机构,并在我国举办了一系列国际、国内(全国和地区级)学术会议。例如,1987年3月,中国地质学会正式成立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,会上对区域环境地质、城市环境地质、地震地质灾害、环境水文地质和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和讨论。1989年成立了中国地质灾害研究会,同时召开了地质灾害防治工作会议,制定了《全国地质灾害防治工作规划纲要》(1990~2000年)。在一些高校建立了地质灾害研究中心或环境地质研究中心。每隔1~2年,全国各类环境地质研究机构和单位要召开一次学术讨论会,着重对环境地质问题的形成机制、演变规律和危害以及综合防治等进行广泛的交流和讨论。这些学术机构的成立和学术讨论会议的召开,对我国环境地质调查研究工作的开展和环境地质学的发展起到了总结提高和不断向前推进的巨大作用。

从20世纪50年代起,我国的水文地质和工程地质工作者就开始进行许多环境地质学问题的研究,例如对水土流失的整治、地质灾害的研究和防治、地下水资源的合理开发利用和地方病防治等进行研究,并获得了国际一流水平的研究成果。在70年代初,在全国范围内相继建立了地震观测台、网,首次成功预报了1975年海城7.3级地震,该次地震毁坏海城90%的建筑物,但未造成任何人员伤亡。这一成果被世界各国誉为成功预报地震的典范。从80年代中期开始,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。按调查研究区域的大小、调查研究性质、服务对象与任务的差异,调查研究工作大致包括以下几方面的内容:区域性环境地质图系编制和论证、城市环境地质调查研究、重大或专项工程环境地质调查研究和地方病调查研究等。

区域性环境地质图系编制和环境地质论证,主要是为国民经济宏观规划布局所开展的一项区域性、综合性环境地质调查研究,如针对长江、黄河、珠江等大江大河的区域环境与水系污染状况而编制的长江流域环境地质图系、黄河流域环境地质图系等;针对经济开发区建设编制的京津唐经济区环境区划研究、东北经济区环境地质图系和环境地质论证、常州市环境规划研究等。

城市环境地质调查研究主要是对我国各大、中城市和一些地质灾害比较严重的城市开展环境地质调查研究工作,编制城市环境地质图系(图集)进行环境地质质量评价,并建立环境地质监测系统,如对北京西郊进行的环境质量评价研究,对北京、沈阳、天津等地进行的污染物在环境中迁移转化规律的研究,对上海市地面沉降的研究,对重庆市山地灾害的研究等。

重大或专项工程的环境地质调查研究主要指水利水电工程、交通工程、矿山开采工程、核电站工程等基本建设工程的前期勘察和后期监测与验证的环境地质调查研究,如对长江三峡巨型水利枢纽工程进行的环境工程地质的勘察和论证,对宝成铁路沿线地质灾害的全面治理与复线工程的规划设计进行的环境工程地质研究。

地方病的调查研究主要是查明地方病分布规律、致病原因及防治改良措施。目前提出和采取的主要措施是:寻找新水源或改造饮用水、食盐加碘或增加其它所缺物质、改良炉灶与居住环境等,例如对全国各省进行的环境背景值的调查研究,对地球化学环境与地方病关系进行的调查研究等。

虽然我国是世界上开展环境地质学研究和实践最早的国家之一,并且许多环境地质工作

者花费了大量的心血，进行了大量的环境地质调查研究工作，但就总体上讲，研究水平仍落后于西方先进国家。突出表现在对环境地质学定义、研究内容、研究方法、研究对象、研究目的等一系列基本问题还没有很好解决，更没有达到实用阶段。长期以来“地质找矿为中心”对在国民经济建设中合理开发利用与保护地质环境的作用以及环境地质科学在协调人、资源、环境之间矛盾的功能缺乏认识或缺少具体可行的方法，致使对环境地质调查研究重视不够；由于理论体系尚未形成，无法接受大型工程项目的系统的环境地质调查研究工作，得不到社会公众的信任和政府有关部门的重视；至今在高等院校还未设立环境地质专业和相应的必修课程。西方发达国家如美国等在各大学的近期教学中，都已把环境地质学、城市地质学、废物处置学、工程地质学、土地利用学等作为基础专业课，并认为这些课程对地球科学和环境领域的学生改变就业机会是必不可少的，对非地质专业学生学习地质科学基础知识也有助于提高全民族的地质科学意识。我们相信在最近的第二次环境浪潮的影响下，通过科技工作者的共同努力和政府的大力支持，我国的环境地质也将相应地得到较大的发展，在今后不长的时间里，定将赶上和超过世界先进国家的水平。

## 0.2 环境地质学概述

### 1. 环境地质学的定义

任何科学的产生和发展，都是随着社会生产发展阶段的不同及相应社会生产发展的需要，在原有学科领域内产生新的带头学科或新的研究内容，经过分异或综合，逐渐形成并积累完善，呈阶梯状不断向前和向上发展。因此，任何一门学科的研究任务都不是一成不变的。随着时代的发展，科学技术水平的提高，以及社会新的需求的提出，学科的研究任务、内容与方向也将跟随发生变化，同时其含义也是不断发展变化的。

环境地质学这个术语从 1962 年由 J. E. Hackett 正式提出以来，至今没有统一的定义。几十年来，国内外的专家学者从不同的角度表述了他们各自的基本认识。

P. H. Moser 立足于学科结构的多样性和广泛性，在 1969 年指出：“环境地质学是运用地质学、水文地质学、工程地质学、地球物理学及其有关学科的原理，研究人类周围环境，更有效地利用天然资源的一门学科。它的研究不仅对科学家有益，而且对所有关心该地区发展的人们有益。”

1970 年，P. T. Flawn 从强调土地利用的角度指出：“环境地质学是研究土地为人类所应用的全范围，包括城市、农村和后天开发的原始地区，包括自然资源的位置及开发、废物处理、块体运动及构造运动两者对建筑物的影响，以及岩土物质成分的细微变化对人类健康的影响……环境地质学关键的一句话就是应用。”

由于城市的发展，W. J. Wayne 根据环境地质在区域上的巨大作用，于 1968 年提出：“在城市中心及靠近城市的地区，人类环境地质已变得更为重要。城市地质学已和环境地质学成为同义词了。”

E. A. Keller 则提出了关于环境地质的七个方面的基本概念，即地球系统的封闭性、地球资源的有限性、人类活动的均一广泛性及其效应、显见的地质灾害过程、土地规划的经济合理性、土地利用的长期效应，以及环境问题的彼此相关性。

随着环境地质调查研究工作的开展和国际科学技术的交流，从 20 世纪 80 年代开始，环境

地质学在我国也进入到对其理论和方法进行深入研究和讨论的阶段，国内知名学者，如刘培桐、刘东生、刘国昌、胡海涛、戴广秀、张宗桔、陈梦熊、李廷栋、刘广润、孙广忠、段永候、毛同夏、李毓瑞等等，都对环境地质学提出了一些发人深省的看法。

1980年，刘东生和万国江等提出：“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 前者如火山爆发、地震、山崩、泥石流和地方病等 后者如化学污染、大型工程和资源开发以及城市化等引起的环境地质问题。”

胡海涛和钟立勋于1983年指出：“环境地质学是应用地质学的基本原理，研究人类工程—经济活动与地质环境之间的相互作用，预测天然及人为地质作用的发生、发展规律，从而制订改造、利用和保护地质环境的规划、措施、方案 达到防止或减轻地质灾害、保护及改善地质环境质量的目的的一门综合性地质学科。”

1986年，陈梦熊认为：“环境地质学主要是研究人类或人类社会与其所处地质环境之间，相互影响与相互作用的关系。”同时，他将环境地质学分为狭义的环境地质学与广义的环境地质学，前者是指局限于研究人类与地质环境中某一方面的环境问题，如医学地质学、城市环境地质学；后者的研究范围广泛，它不仅研究人类生活与地质环境的关系，而且研究人类生产活动与地质环境相互影响、相互作用的关系，并通过它们之间的内在联系与基本规律的研究，达到合理利用、改造地质环境的目的，预防由于地质作用造成的各类灾害，为人类社会造福。

李廷栋在1987年提出：“环境地质学应当是一门综合性的地质学科 它的基本任务是应用地质学的基本原理和技术方法，研究岩石圈，特别是地球表面地质环境变迁的原因和规律，研究地质环境与人类活动的相互作用和影响，进行环境质量评价，预测环境变化趋势，提出防止或减轻地质灾害，保护和合理利用环境的方案和措施。”

张宗桔于1987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。”“环境地质工作应以多种技术经济活动的长远效应，改变或影响地质环境变化方向，探讨地质环境的潜在的变化趋势、能力、效果等作为主要工作内容。”

李烈荣、段永候和哈承佑等1989年提出：“环境地质学成为当今一门新兴的地质学科 它主要研究地质作用，地球物质与人类活动之间的相互关系和影响，也可以说主要研究人类工程—经济活动与地质环境之间的相互作用和影响，从而达到合理利用和保护地质环境的目的。”

从以上的论述中，我们认为目前较为实用的环境地质学的定义应该是：研究人—地质环境系统之间的反馈机制及其环境地质问题的发展、演化和分布规律，从而全面评价环境地质质量，探明地质环境合理开发利用与保护的对策，防止和减轻地质灾害对人类的影响，实现人类与地质环境之间和谐发展的一门综合性学科。

环境，是指人类周围的自然和社会的全部条件和情况，也包括影响自然界性质的条件和物质。环境不是许多孤立的事物或现象的集合体，而是一个巨大的、有内在联系的相互制约的系统。环境有自然环境和社会环境之分，特别是随着社会生产的发展，在环境中社会因素的比重不断增大，社会环境因素对自然环境产生的作用不断增强，后者的变化日渐明显。

人类既是环境的主体，同时又是环境的组成部分，是环境中运动的主要动力。要使环境要素更好地为人类服务，就必须充分发挥人类的主观能动作用，推动各环境要素的和谐发展，保持‘良性循环’。因此 从环境科学的角度看，“环境”的概念已远远超出了事物周围空间和客观

存在的含义，已注入了人类自身这一实体和人与环境之间的相互关系的含义。从“环境地质”一词中我们可以看出“环境”起修饰、限制“地质”的作用，即所指的“地质”是具环境性质和特点的“地质”，是按“环境”要求去考察认识、研究和利用的“地质”。环境地质学就是从研究环境地质入手，研究人类—地质环境系统的综合性学科。

## 2. 环境地质学的研究对象

地矿部“当代地质科学前沿及我国对策研究”课题组在其研究报告中明确指出，当代地质科学处于一个建立以服务于人类社会生存和发展为基本任务的新一轮地质科学体系的重大转折关口。有些科学家大胆预言“下个世纪将是地学世纪”、“地学将征服21世纪”。从中可以看出环境地质学的强大生命力、重要的社会功能与地位，环境地质应是地质工作者为社会服务的一个极为重要的领域。然而，由于环境地质学还停留在“学术探讨阶段”还没有进入“实用好用阶段”，因此，要使环境地质学得到科学界和政府部门的重视，还有许多基础性研究工作要解决和完善。

在此，首先要明确强调环境地质学的研究对象是人—地质环境系统。地质环境是自然环境中影响人类生存与发展最重要的一个组成部分，地质环境系统通过人类各种活动与社会、经济系统发生紧密联系，并相互制约和相互影响。只有充分了解地质环境的质量和容量、地质环境的机能和转化机制，及其与人类活动的相互作用的规律，才能在一个正确而适度的范围内对灾害和环境问题作出时间—空间—强度的预测和合理开发利用，同时又能保护和协调地质环境，使之处于一个和谐的动力平衡体中。

至今为止，虽然各国学者对地质环境的定义认识尚不一致，但是有许多专家学者在不同的学科体系中，从不同角度对地质环境的组成成分、结构、变化特征及人类对地质环境的可用性问题进行了深入研究，阐述了各自的理解和认识，在此就不一一论述。

“环境”的固有概念是指周围的一切，它总是相对于中心事物而言的。环境地质学中的地质环境是相对于人类这一中心事物而言的。“地质环境”一词中“地质”起修饰和限制的作用，即所指的是具有地质性质和特点的环境。对此，我们认为，地质环境这一术语比较确切的含义应该是：地质环境是自然环境的一个部分，它是人类生存发展的基本地质空间，即与水圈、大气圈、生物圈相互作用的岩石圈表层（如图0—2）。从地质环境的定义中，可以看出地质环境的固有特征：空间性、稳定性、可变性和系统性。在研究地质环境时，必须充分认识和注意到地质环境的这些特性。

地质环境的空间性是指地质环境是有空间范围的，其公认的上限是地表或岩石圈的表面，至于其下限，决定于人类社会的科学技术发展水平和生产活动能力。从资源开发角度衡量，主要指地壳表层，目前的深钻大约为5km，最深可达12km，但从地质体的物理、化学特征以及它们对人类和其它生物的适宜性来衡量，深度则要大得多，特别是区域地壳的稳定程度是决定地质环境对人类适宜性的重要因素，而区域地壳稳定性不仅与地壳的组成和结构有关，而且也与地幔组成物质和流动特征有关。因此，我们认为，不必严格地具体划定地质环境的下限，视研究目的而定。

地质环境的稳定性是指任何环境都是由各种环境要素构成的，就地质历史过程来说，这些环境要素是变化的，但若就人类某个短暂历史时限而言，这些要素又是相对稳定的。地质环境的可变性则是指地质环境本身的各种地质营力和人类各种活动的作用导致地质环境变化的性质。至于地质环境的系统性则是指环境系统内各种环境因素及其相互作用的总和，地质环境

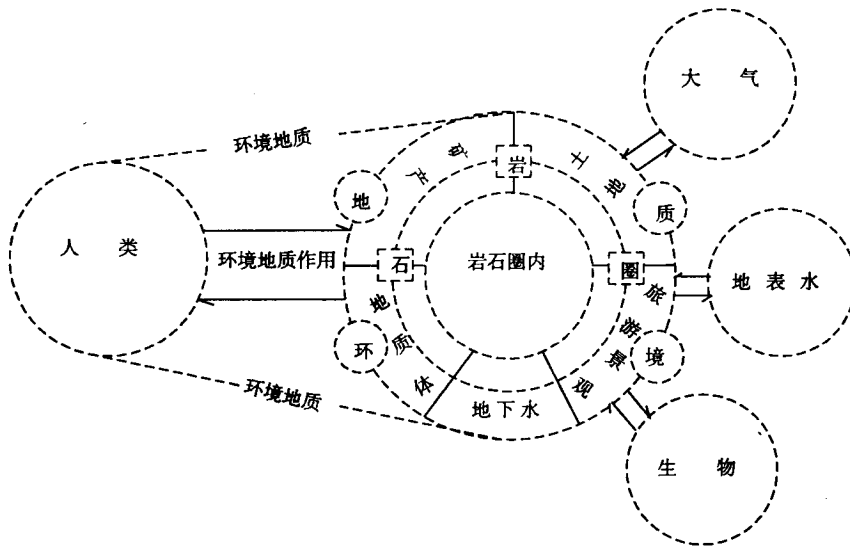


图 0-2 地质环境与环境地质结构示意图  
(引自欧正东,1997)

也是一个环境系统，在此系统内，各种环境因素的相互作用，以及物质和能量的交换是一个不可分割的整体。

人-地质环境系统间是相互影响、相互制约的。现代人类的经济技术活动对地质环境的影响是巨大的，相当于一种强大的地质营力。同样，地质环境对人类各种活动的干扰也会作出某种反应 我们称之为地质环境的反馈作用(或称地质环境的环境功能)地质环境的反馈作用是环境地质学的重要理论基础。地质环境的反馈，实质上是地质环境在人类经济技术活动影响下 对人-地质环境系统动态平衡关系进行调整的一种现象。当人类活动作用力不大时，通过地质环境内部的调节完成这种调整过程，维持地质环境系统的稳定性，此时，地质环境的反馈表现为人不易觉察的“隐蔽的”形式；一旦人类活动作用力增大到超过地质环境自身的调节能力时 地质环境只有通过剧烈的变动 才能建立起新的动态平衡 反馈就以“显露的”形式表现出来。地质环境的反馈作用有其不同的影响后果，一种是使环境质量恶化的影响，是一种不良的功能；另一种是使环境质量得以保护和改善的影响，是一种良性功能。对于不良的功能，应尽量地控制它们，使其影响减小到最低限度，至于良性功能，希望人们多发现和开发。

地质环境的反馈作用的研究，是对环境地质问题准确预测和综合防治的基础，是环境地质学的核心问题。然而，由于地质环境具有极强的区域分布规律性以及地质环境系统各要素之间的相互制约、相互影响的复杂性，反馈作用机制仍有待进一步探讨和研究。

地质环境的容量与质量，简言之就是一个特定地质空间的限度。地质环境的容量，是指一个特定的地质环境，在一定的环境目标下，可能承受人类活动的影响与改变的最大潜能，即阈值或临界值，是反映人类对地质环境具体要求而形成的一种概念。地质环境的容量常常用特定地质环境可能提供人类利用的地质资源量和对人类排放的有害废弃物的容纳能力来评价。这里所指的地质资源是指地质环境系统内可供人类利用的一切物质，其范畴是随着科学技术的进步而不断变化的 现阶段常包括以下几方面 矿产、能源、土地、建筑材料、地质景观、水和

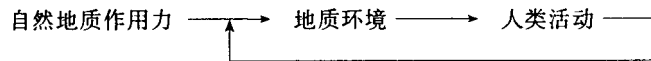
地质空间等资源。显然，地质环境容量具有相对性、可变性，其量值( 阈值或临界值 ) 并不是一成不变的。其大小取决于地质环境本身所固有的客观地质条件，又受到人类社会生产力及技术的发展水平的影响。

地质环境的质量，在某种程度上是由地球物理因素和地球化学因素决定的，其质量的好坏，常受以下几方面的影响：自然地质条件的稳定性、抗人类活动干扰的能力、原生地球化学背景和次生污染或破坏的程度。地质环境的整体质量与各组成要素的质量有关，但要注意的是，评价地质环境质量时，不能按各要素的平均状况来决定，而是取决于质量最差的那个要素。

### 3. 环境地质问题及其分类

“环境地质问题”系指由于人类技术经济活动或自然因素所产生的地质灾害，或者说是由于环境地质作用所产生的地质事故。环境地质问题，不仅包括危害人类的地质问题，也包括造福人类的地质问题。

按照环境地质学的观点，由于人类活动的参与，从而使得地质环境的演变带有主观能动性，而不是完全的客观运动过程。现代人类拥有巨大的机械力和爆破力，其作用结果完全可以与自然地质作用力相比。因此，人类经济技术活动是巨大的地质营力，在地质环境的演变过程中，地质环境与人类活动之间呈现出非线性关系和反馈机制：



环境地质问题具有多样性和复杂性，不同的环境问题由不同的因素和诱因所引起，同时也会产生各式各样的危害和后果，不可能以某一问题的解决来促成其它问题的解决，也不可能以解决某一些问题的理论、方法来解决其它环境地质问题。

因此，通常将环境地质问题分为 ① 由自然地质作用引起的原生环境地质问题，它是人类历史上最早出现的环境问题 如火山喷发、地震、海啸、泥石流、滑坡、海岸侵蚀等地质灾害，对这类环境地质问题，目前人类还无法控制和准确预测。 由人类经济技术活动引起的次生环境地质问题，主要包括由化学污染引起的环境地质问题，如地下水污染、“三废”引起的环境污染 大型工程和资源开发利用引起的环境地质问题 如滑坡、崩塌、矿产资源短缺、地面沉降、土地沙漠化、洪水等；城市化引起的环境地质问题，如地面沉降、城市地质灾害、城市市政工程建设造成的有关的地质问题等。由于人类与地质环境之间各要素的相互联系，在上述两种地质灾害中，有些灾害有其双重性 既有自然地质因素 也有人类活动原因 如崩塌、地下水污染、洪水、土地沙漠化、地面沉降、矿藏资源短缺和地方病等。

纯粹的自然地质作用引起的地质灾害越来越少，事实上，任何地质灾害的发生，都有或多或少的人类经济技术活动因素在内，只不过在其中是起主要作用，还是起次要作用或诱导作用的问题。因此，在实际研究工作中，常常将环境地质问题按人类活动类型，分为人为诱发型环境地质问题和特殊需求型环境地质问题两大类，然后根据环境地质现象进行再划分，如将前者分为城市环境地质、海岸环境地质、矿山环境地质、水利工程环境地质、交通工程环境地质、医学地质和国土环境地质；将后者分为军事环境地质、旅游环境地质和废物处置环境地质。对不同门类的环境地质问题进行不同的模式研究，确定定性、半定量和定量评价指标，将大大有利于问题的解决。具体分类见图 0-3。

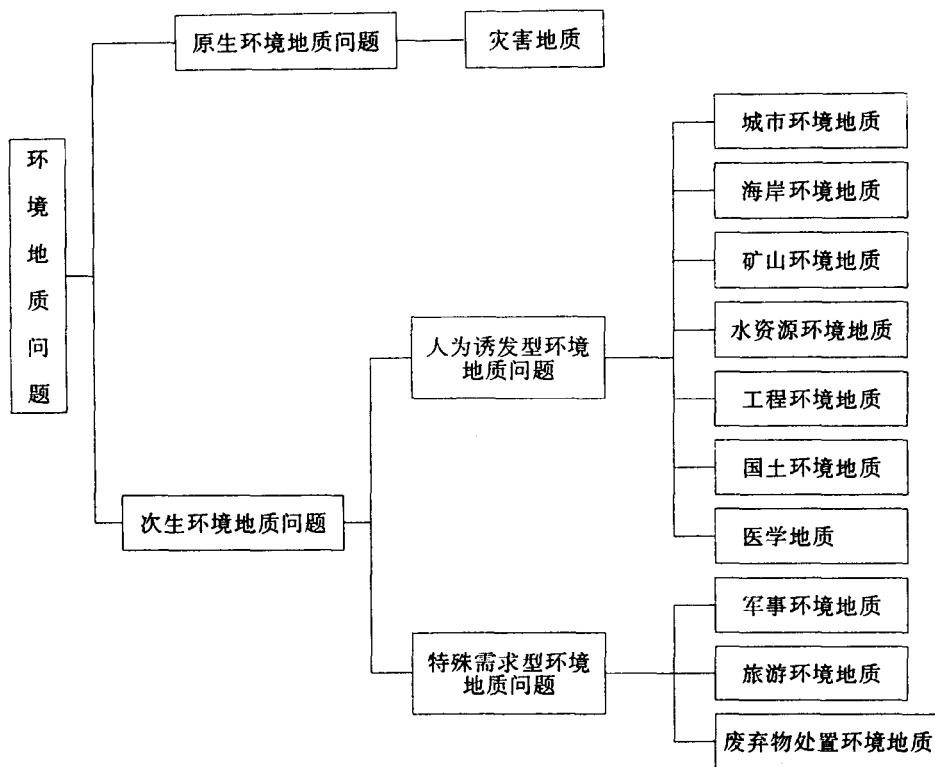


图 0-3 环境地质问题分类示意图

#### 4. 环境地质学的研究内容

由于环境地质问题的复杂多样，同时表现出大量的特殊矛盾，导致环境地质学的研究内容十分广泛，所涉及的学科也繁多，如地球科学中的构造地质学、水文地质学、工程地质学、地球化学、矿床学、第四纪地质学和地貌学、岩石学、矿物学等 社会科学和环境科学中的环境化学、经济学、环境法规等。其中，水文地质学和工程地质学是环境地质学的支柱。根据学科的特点和环境地质问题的不同，将环境地质学分支为环境地质理论学、灾害地质学、城市环境地质学、海岸环境地质学、矿山环境地质学、军事环境地质学、旅游环境地质学、废弃物处置环境地质学和环境地质法规学等 13 个方面的学科，各分支学科都有各自的特点，但又相互渗透、相互依存、相互促进与发展，共同构成环境地质科学中相互独立而又不可分割的环境地质科学体系。

(1)环境地质理论学 环境地质学的发展关键必须准确把握环境地质的本质特征，而环境地质本质特征的把握，必须从科学思维方式的变革与突破上来解决。长期以来对环境地质学的基础理论研究重视不够，就拿环境地质学的定义来说，至今没有一个统一和规范的、并得到大家一致认可的定义，都是各家自己的认识或看法，况且大都没有突破各自专业的范畴，从而造成环境地质调查研究工作的模糊性和泛滥性。使得环境地质学的研究对象、研究目的、研究原则、研究范围、研究方法和研究特点等一系列基本问题得不到满意的解决。因此，必须加强环境地质学基础理论的研究，运用地质科学、环境科学、社会科学和自然科学技术的理论和方法，建立起能解决人口、资源和环境三者间和谐发展的环境地质学的基础理论体系，为环境地质学的发展提供基础理论和规划性意见，并起指导作用。

环境地质理论学的主要内容包括 环境地质学的本质特征、研究对象、研究方向、研究范

围、研究任务、研究原则、研究方法等一系列基本理论问题 以及环境地质质量评价、合理开发与保护的原理与方法等。

当然理论研究是为了应用，应用能促进理论的深化。在正确的理论体系指导下，通过应用能改变过去环境地质工作起点低因而无法接受系统的大型的环境地质调查的问题；解决各种环境地质问题，能达到人口与资源、资源与环境、环境与人口三者间和谐的统一。

(2)灾害地质学 近百年来，尤其是 20 世纪 50 年代以来，随着科学技术和工业化大生产的发展，以及人口呈指数的增长，必然要求加速物质和能源的生产以满足人类所需，致使人类的经济技术活动的影响对环境的破坏也越来越大，与此相应，环境的破坏也给人类生产和生活造成种种约束。同时，随着生活水平的提高，人们对环境质量的要求也越来越高，迫使各个自然学科相关领域的科学家与广大人民群众为了 21 世纪的社会繁荣、持续发展和人类健康更关注环境问题。保护和改善环境质量成为举世瞩目的共同行动。

灾害地质学专门研究人类与地质环境系统间的负作用关系，以达到保护地质环境，实现人类、资源与环境的和谐发展的目的。环境地质学的最重要研究内容之一是力图最大限度地减轻地质灾害对人类生命财产的威胁和对经济建设的破坏。其工作要点是：查清条件、预测问题、合理规划、积极防治。可以这样说 没有地质灾害 也就没有环境地质学的诞生。

(3)城市环境地质学 城市地质学是近 30 年才发展起来的一门综合性很强的地质边缘学科，它主要运用现代地质学的理论和方法，开展多学科的综合地质调查与研究，为城市地区的规划和管理服务。

城市地区是人类经济技术活动最活跃、产生环境地质问题最多的地方。如新建城市的地域的选择，城市建设时建筑地基的选择和建筑材料的选取，城市供水条件和水资源的保护，城市废弃物的处置，城市地区的自然与人为地质灾害，凡此种种，无一不与地质环境密切相关。因此 城市地质学的主要研究内容包括 城市地区的区域地质、水文与工程地质、环境地质的综合调查研究；根据工程类型、社会经济发展和地质环境开发及保护的要求，评价地质环境的适宜程度，预测可能产生的环境地质问题与社会经济环境效益，进行市政布局和环境地质区划；开展城市地区各种地质灾害的分布、成因、影响和预测预防的研究；做好城市地区水资源的调查、评价、合理开采和保护的研究；城市地区地质环境与人类健康关系及其保护与改善的研究；做好城市规划和建设布局的决策优化，建立城市环境地质管理模型并进行城建基础稳定性与地基勘测的研究等。

从城市地质学的研究内容可以看出，它几乎包括了环境地质学的全部研究内容，但它也有自己的特点 第一 它的研究范围有限 地质条件相对明确 第二 它有一些独特而丰富的研究内容。目前，世界上许多国家都十分重视城市地质作用的研究，有的国家甚至将大城市及其邻区的地质调查和制图工作，列为环境地质学的一项战略任务，并开展了区域性城市地质总体规划 and 评价工作。

(4)矿山环境地质学 合理开发利用和保护天然资源，促使人类与矿产资源之间的矛盾得到统一，实现协调或可持续发展，是环境地质学研究的基本任务之一。其主要研究内容包括：①人类与矿产资源之间的供需矛盾及其解决的途径与对策；②矿产资源的合理开发利用技术与方法；③矿产资源开发利用过程中所产生的环境地质问题的预测及其防治。

(5)医学地质 研究人体健康与地质环境 第一地质环境和第二地质环境 的关系 为人类提供有利于身心健康的地质环境，这是环境地质学的重要研究内容之一。

生态系统的物质循环和能量流动与地质环境是密切相关的。地质环境中化学元素的分布常常是不均匀的,化学元素的丰度和赋存状态的差异,必然会影响到动物、植物和人类的健康状况。一个地区的某种或某些微量元素的严重不足或过量,可能引起某种地方病的发生。例如,在某些山区由于缺碘,可引起当地居民患甲状腺肿瘤;在干旱盆地或含氟高的地区常发生氟中毒症。医学地质的主要研究内容包括:①研究区域地球化学特征和地方病的形成机理及其防治办法;②微量元素的污染途径及其生物学效应;③较差地质环境的改善途径与方法。

(6)废弃物处置环境地质学 随着世界人口的激增,都市化过程的加速,现代化工农业的迅速发展,各类废弃物的数量正以极大的速度增长。数量庞大的各类废弃物正日益严重地污染人类的生存环境,威胁人类的正常生活。例如,全世界的废渣堆曾多次发生滑坡和火灾事故。如何科学地、妥善地处置日益增多的各类废弃物,使之不对环境产生危害,已成为当今世界亟待解决的最重要的环境问题之一。实际上,世界上一些国家,如美国、瑞士等已开始进行这方面的研究,并且在某些方面取得了一些成果。废弃物处置环境地质学的主要研究内容是:综合运用构造地质学、水文地质学、岩石学、矿物学和地貌学等学科的理论和方法,对废弃物进行处置,使之符合“最终堆放质量”标准,即固体废弃物应该具有类似于地壳组分的性质(如自然沉积物、矿石、土壤等)或者从固体废弃物堆放场地进入环境(空气、水、土壤)的物质没有显著改变环境质量,从短期和长期考虑,不必采用任何技术处理。

(7)海岸环境地质学 虽然海岸地带面积占世界陆地总面积不到10%,但它却集中了世界2/3的人口和重要的经济产业,且大部分著名城市都分布在沿海地区,因此,海洋环境地质学的研究也是环境地质研究的重要内容。

由于人类活动的空间在不断扩大,并且强度在不断提高,致使部分人类活动及其作用造成了全球影响。特别是污染物质通过大气和水的循环、扩散,对全球造成的影响最为明显。海洋环境地质学主要通过对引起海洋地质灾害发生的因素的研究,达到预测预防灾害的目的。

(8)工程环境地质学 是研究特定的开发活动类型与地质环境的关系与特殊矛盾,研究在一定建设地区的特定的地质环境中,如何实现工程合理规划布局、合理实施,以及合理、有效地保护和改善地质环境的一门应用性很强的综合性学科。

工程建设过程一般分为规划、设计、施工和营运四个阶段,因此,水利工程环境地质学、交通工程环境地质学的研究内容也应包括各阶段的环境地质调查研究内容,即包括:①规划阶段(或称可行性研究阶段)的环境地质论证,根据规划地区的地质环境和社会经济条件以及开发建设要求,进行开发工程与地质环境间利与弊的全面系统分析,研究开发工程在不同地区的适宜性和可能产生的环境地质问题,预测社会、经济和环境效应,为地区开发综合工程布局规划和专项工程布局规划的宏观决策服务;②进行工程布局地区的环境地质因素和环境地质作用及其后果进行全面的评价预测,为开发工程和地质环境保护及改善工程布置设计,提供环境地质依据;③施工、营运阶段的环境地质研究,其主要内容则是根据施工、营运过程中所产生的环境地质问题,进行优化决策,完善开发、保护工程体系;④营运阶段主要进行后期的监测、验证,建立环境地质监测、管理系统,为地质环境持续开发和保护服务。

(9)国土环境地质学 土地资源是地质环境的组成部分,其特征受地质环境中与土地资源有关的组成因素和影响因素制约。一个国家土地资源的数量和质量,直接关系到整个国家的生产发展。当前,我国在土地资源保护中面临的问题是严峻的,每年水土流失面积达 $1.5 \times 10^8 \text{hm}^2$ ,每年流失土壤约 $5 \times 10^9 \text{t}$ ,草场退化面积达 $0.51 \times 10^8 \text{hm}^2$ (合7.7亿亩),占可用草场

的 23%。国土环境地质学主要研究内容包括由不合理垦殖引起的土壤侵蚀和土地沙漠化、由不合理灌溉引起的土壤次生盐渍化、由工业发展和不合理使用合成农药与化肥引起的土壤污染等环境地质问题的形成机制及其防治对策。

(10) 旅游环境地质学 旅游资源是环境地质作用的产物，如闻名天下的桂林山水只不过是可溶性石灰岩在特定环境地质作用（造山、断裂、风化、溶蚀）条件下的产物。碧波万顷的太湖、元头渚和西山胜景，是湖水冲刷悬岩的结果。旅游环境地质学的研究内容就是运用现代地质学的基本理论和技术方法、手段，寻找和研究各种旅游地质资源，探讨其形成机制和分布规律，并对影响和破坏旅游资源的环境地质问题进行防治对策研究，为合理开发利用和保护旅游地质资源提供依据。驰名中外的敦煌月牙泉，独卧沙漠二千余年而未被湮没，被视为沙漠一大奇观。然而，自 20 世纪 70 年代以来，月牙泉周围的沙山变形，致使月牙泉日益缩小，水位下降。后经治沙专家韩泽民夫妇两年的研究发现，月牙泉的形成在于鸣沙山独特的山水共存的自然科学结论，即认为月牙泉水位下降、缩小变形的主要原因是 20 世纪 60 年代为保护鸣沙山和月牙泉而在其北面迎风坡大面积栽种的杨树林“好心办成了坏事”。

(11) 军事环境地质学 军事环境地质学是现代地质学和军事学之间发展起来的一门边缘交叉学科，它研究地质条件如何影响军事施工和战略部署等问题，如军队修路架桥选址、获取饮用水、编制和解译各种图件与照片、战地咨询等问题。随着现代战争中高科技含量的日益增大，战争破坏力是十分惊人的，对地质环境的影响有时远超过自然地质作用力。例如，美国在越南战争中投的炮弹为  $63.8 \times 10^4 \text{t}$ ，炸起的土体达到  $15000 \times 10^4 \text{m}^3$ ，整个越南战争期间，由于爆炸移运的土体约为  $250 \times 10^8 \text{m}^3$ 。如何将战争对地质环境的破坏及对人类的危害减少到最小程度，以及如何恢复战争破坏的地质环境，也是军事环境地质学的研究内容之一。

(12) 环境地质法规学 环境立法是有效进行环境管理和环境污染治理的重要措施和保证，许多国家都是首先抓好这一环节。大大小小的环境地质问题之所以发生，常常是由于人们的资源环境价值观失之偏颇和决策者缺乏统筹兼顾所致。一方面，人们对地质不仅是人类生存所必须的自然资源环境和工程条件，而且是最基本的自然生存环境这个道理认识不足；另一方面，人们对地质环境在经济中所起的作用认识不足，经济增长中不考虑同期的环境效应（如灾害损失），而把环境质量退化看作是经济高速增长中不可避免的。因此，强化地质环境的合理开发与保护、改善在国民经济建设中的作用，以及相关法规与条例的研究与制定等，就是环境地质法规学的主要研究内容。

我国早已把环境保护确定为基本国策并写入宪法中，1979 年至今已颁布了十几个环境大法和 700 多项环境标准，如《中华人民共和国环境保护法》、《矿产资源法》、《土地管理法》、《海洋环境保护法》等。同时，许多地方也编制了不少环境规划，并逐渐把环境规划纳入国民经济建设和社会发展规划中去统一实施。因此，要加强对已有法规的宣传和进一步搞好执法、护法工作，并在实践中不断完善、充实环境法规系统。我们不能走发达国家先污染后治理的老路。

## 5. 环境地质学的基本研究方法

环境地质学研究的对象是人—地质环境系统，地质灾害与环境地质问题及其防治是环境地质学的主要研究内容。由于地质灾害与环境地质问题具有不可逆性、整体性、社会性、系统性等特性，这就要求环境地质学立足于人—地质环境系统的特性，在较长的时间尺度和广阔的空间范围来研究人—地质环境相互作用过程，并对灾害和环境问题作出时间—空间—强度的预测。因此，环境地质研究方法要从整体入手，探讨事物的复杂性和系统性，并不一定要专门

研究每一个环境地质调查工作，而应着重研究复杂系统中大量要素的整体行为，从系统论的观点出发剖析问题。

在环境地质调查研究工作中，注意通过已有环境地质问题的形成条件、形成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，这是人类调控地质环境体系和保护地质环境的前提条件，是环境地质学顺利发展的保证。它体现了环境地质学的系统性、综合性、预测性和实用性。因此，环境地质学的基本研究方法包括：①野外地质调查研究法 ②综合法；分析测试法 ④环境地质制图法；⑤系统分析法；⑥综合评价预测法；⑦环境地质监测法。

(1)野外地质调查研究法 任何科学研究工作，最重要的也是最基础的就是要拥有大量的第一手资料，因此，系统地进行环境地质野外调查研究是环境地质学最基本的研究方法。

在野外进行环境地质观测之前，应广泛地收集和了解前人的相关工作资料、图件和结论，并根据研究的目的和要求，通过现有资料的分析研究，以及遥感资料的解译，确定野外工作的内容。在野外工作方法上，一般按传统地质学的方法进行野外观测和系统采样，适当利用素描和照相等方法记录现象的外观特征。同时，为了提高野外工作效率，可充分辅以航空摄影、卫星照片、遥感技术等。对地质灾害和其它环境地质问题的历史和现状尤须深入调查。

先进的现场测试技术的应用和发展，极大地提高了环境地质调查工作的效率，能快速准确而又高信息量地完成对地质环境及地质作用过程的探测。例如，浅层地球物理探测方法（如电法、磁法、地震波法、现场声波测试、现场放射性测试、声发射技术、现场高精度探测技术等）在环境地质的应用方面显示出良好的前景，加上与钻探方法的有机结合，可以极大地丰富和完善地质测绘中三维空间的认识。又如现场地球化学、水化学的探测方法的应用，也可丰富对地质环境诸项要素的认识。

(2)综合法 从环境地质学的产生和发展来看，它是地质科学、环境科学、社会科学和自然科学的结晶，它一方面要运用环境学的观点和方法来研究人类活动与地质环境之间的反馈机制及环境地质问题，另一方面，也要运用地质学的观点和方法来进行人类地质环境质量评价及其协调与控制。因此，环境地质学广泛利用相关学科的研究方法，同时也借助其它学科方法来一同解决环境地质问题。其中，运用最广和最多的是地球化学和矿物学的理论和方法，即主要通过通过对化学物质在地质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，了解地质环境的变化。

(3)分析测试法 地质体的各项物理、化学、力学的参数不可能全部在现场取得 因此 通过室内分析测试及模拟客观地质环境的条件、地质作用过程和人—地质环境相互作用过程 拓展对其成因机制的认识和获取可信的参数的技术方法，不仅是野外测试的一种补充，也是获取地质环境信息并进行成因机制研究的一种必不可少的方法。

当前一系列新技术、新方法已广泛应用于环境地质领域，极大地促进了环境地质学的发展。例如，环境同位素技术的应用，有助于对水、岩、土的形成、演变历史及地下水运动的有关参数和特性的认识；放射性同位素的应用，可获得水、岩、土及断层年龄的信息。

综合分析这些分析测试的信息，可使我们实现对于人—地质环境相互作用机制和环境地质问题的形成和演化过程作出多层次、多侧面的判断，另外通过对测试资料的多期分析，还可以研究环境演化的动态、人—地质环境系统的状态。

(4)环境地质制图法 环境地质问题具有空间性、动态性和综合性。因此，将获得的实际资料，根据不同目的和要求，通过综合整理和分析研究，编制成各种环境地质图件，这是环境地

质学研究的一种有效手段和重要成果，也是进一步作环境地质预测和环境规划的基础。

最后，环境地质学的目的决定了环境地质成果的表现特点。环境地质成果是国家和地方进行环境规划和环境保护的重要依据，它是沟通地质学家与规划决策人员的一种主要方法。要提出在社会经济技术活动中便于应用和可直接运用的环境地质成果，就必须加强环境地质研究工作的基础性研究成果表达法及量化分析描述法。环境地质图的编制在表达方法上，要易读、易懂，在内容上，要有很强的针对性，适应环境决策、规划及管理部门的需要，突出本地区的主要环境地质问题；在使用术语上，适当用公众容易理解的术语，提高实用价值。对环境地质的评价和预测最好能采用人人能接受和理解的划分标准，如像用地震烈度来形象地描述地震灾害一样。

环境地质图系通常由一张反映所在区域地质环境基本特征的主图和若干专题图或单因子图组成。环境地质图系的主图是在各专题图的基础上编制而成的，内容较广泛，一般包括：地层、岩性、地质构造、水文条件、矿产分布等内容，它如实地反映地质因素与人类活动的联系，可作为制订国民经济远景规划和环境管理规划的依据。专题图是根据专门的任务和要求而编制的各种图件，如西班牙特内里费地区为城市规划编制的图件有：地质图、表层地质图、地貌图、水文地质图、建筑材料图、斜坡坡度图、工程地质评价图、废弃物处置与地下水污染评价图。

虽然环境地质图的编制还处于探索阶段，在表现形式和内容方面也无统一规范，但环境地质图系已是环境地质研究的重要内容和重要的调查研究成果，业已成为许多国家制订发展规划和工程建设的重要依据。

(5)系统分析法 人—地质环境系统是一个包括自然环境（气候环境、水环境、生态环境）和社会环境（人类技术经济活动）的缤纷复杂的系统。为了确定各环境要素之间的关系，综合分析影响环境质量的自然地质作用和人类经济技术活动之间的相互作用，就必须在对一个系统的信息了解并不完全的条件下研究该复杂系统，评价预测它在条件改变时的相应变化，找到解决控制它的最佳方案。因此，对应于复杂、开放系统的特性而提出的、正在发展中的系统分析的理论与方法，如混沌学、分形理论、灾变理论、协同论、耗散结构理论等，业已超越原来的纯数理学科的狭窄背景，进入到了化学、生物、地学乃至社会科学领域，能较好地解决复杂的环境地质问题。

其中，混沌是非线性现象的代表，许多地质现象的发展都与之有关，分形理论则是研究这类问题的有力的数学工具（如地质事件的鉴别（分随机的、混沌性的、确定性的）地质现象的分形结构（如岩体结构的自相似、分形结构与演化序列、分维估值））。

通过对地质过程的各种因素的研究，建立地质过程的非线性模型，如自相似结构对相似类比内容的深化，建立适合地质任务和地质数据特点的非线性方法，是环境地质学研究中的又一重要研究方法。目前，工程地质与地质灾害研究中已有分形理论和灾变理论的多项成果，如断层的分形、分维研究，建立断层地震活动性参数  $b$  值和分维  $D$  关系，软弱夹层分维和强度关系，岩体结构的分形分维特征和岩体变形模量、力学强度的关系等。另外，应用灾变理论分析岩体失稳、边坡破坏、洞室坍塌及水库诱发地震的机制也有不少尝试，并朝统一的岩体失稳理论迈进。

(6)综合评价预测法 无论是野外的实际调查研究，还是室内的综合分析，其目的都是为了评价预测未来可能发生的地质环境改变的可能性、危害性，以便及时采取相应的措施，最大限度地减轻这种改变对人们的生活和生存的不良影响，增进人类健康和优化人类的生存环境，

协调好人类、资源和环境三者之间的关系。因此，环境地质综合评价预测是环境地质学研究的最终目的。

评价预测是通过综合运用各类野外观测资料和各类环境地质图件，经综合分析和处理后获得的。由于地质环境质量综合评价、地质灾害与环境地质问题发展演化模型、人-地质环境相互作用过程模型，往往要考虑多层次和多种因素的相互作用，而且既要考虑自然地质环境，还要考虑社会经济因素，既要包含空间信息的内容，又包括时间动态变化，所以，各种综合的模型方法，如专家系统方法、决策支持系统方法、GIS 地理信息系统方法、多因素的模式识别方法（如多元统计判别、模糊灰色聚类、模糊综合评判等）都是行之有效的环境地质研究方法。特别是 GIS 和 RS(遥感)的结合，可快速评价自然地理和地质环境各要素的区域性特点及其变化规律，及时提供有关图件和动态分析，是国内外正在研究的课题。环境地质研究应在这些方面大力加强。

(7) 环境地质监测法 实时监测预报是集数据自动采集、处理、建模、预测预报与信息的短程、中程及远程传送到一体的集成技术与方法，它是各种具体方法的有机集成，是地质灾害和环境监测预报发展的必然趋势。环境地质监测法是减轻地质灾害和解决环境地质问题的有力措施，是环境地质研究的又一重要研究方法。

在地质灾害和环境问题的勘察、预报、设计、施工的不同阶段，实时监测都是基本手段。在深入研究有关机制后，实时监测和外部环境监测结合可以对灾害和环境问题作出实时预测预报 如滑坡的监测 国内外通过以变形为主的动态观测(变形、地下水、降雨、应力等)辅以必要的勘察和测试，建立预报模型，预测未来趋势，及时采取预防措施。这种成功的实例很多，我国新滩滑坡的成功预报，宝成、成昆等铁路一些滑坡及很多矿山、基坑高边坡失稳的监测预报的成功，业已证明实时监测在查清问题、了解动态、建立正确模型和检验灾害以及治理环境地质问题上的重要意义。

必须强调指出的是，计算机技术、电子技术和人工智能技术的广泛应用应贯穿于环境地质研究的全过程。以计算机、电子技术为核心的信息技术革命大大改变了当今社会，渗透及影响了社会和科学技术的几乎每一个领域，在环境地质学研究中也不例外。可以说，信息技术是环境地质研究的支柱。环境地质图的编制及为防治地质灾害和环境地质问题的勘察、设计及施工等有关图件的自动化制图技术，极大地推进了环境地质工作的水平和效率，必将成为今后环境地质研究的一个前景广阔的发展方向。

## 6. 环境地质学的研究特征与研究原则

虽然环境地质学研究已经形成众多分支学科，对具体灾害和其它环境问题的深入研究已逐渐形成或正在形成相应的分支学科，但作为一门学科，环境地质学本身尚未形成本身的完整的体系。人-地质环境系统是相互作用、相互影响的，同时，人-地质环境系统又和大气圈、水圈、生物圈密切地进行着物质和能量的交换。因此环境地质学研究必须立足系统观念，即要基于人-地质环境的系统特性。人-地质环境系统的特点和规律，也有人称其为环境地质学的根本规律和原则。

通过前面的论述可知，环境地质学是在地质科学、社会科学、环境科学和自然科学基础上发展起来的一门综合性交叉学科，其研究特征和研究工作所遵循的原则也是上述学科的研究特征与原则的继承和发展。总的来说，环境地质学的研究特征主要体现在：社会性、区域性、系统性(或整体性)、综合性(或复杂性)、预测性和应用性等方面。

(1)社会性 这里所指的社会性一方面是指环境地质问题的危害常引起极大的社会影响,由于问题的成因不是很清楚,以致产生经济的、甚至政治的纠纷。另一方面是指大到全球性自然生态系统的退化和破坏,如全球性海平面上升、地壳活动变化、大面积地面沉降和海水入侵,小到某一工程引起的环境地质问题。这些几乎都与人们的环境意识和环境行为有关,都是人类不合理或不科学的经济技术活动引起的。这些问题的发生,常常是由于人们环境资源价值观失之偏颇和决策管理者缺乏统筹所致,即人们的环境意识以及与环境问题有关的社会行为,是对地质环境普遍起作用的因素,有时甚至是主导因素。因此,必须采取一定的法律手段和环境保护政策来管理环境 规范、约束人类的工程技术经济活动 使人与自然环境和谐共存 以减少和减轻环境破坏和灾害的发生。

(2)区域性 一定的自然地质地理背景,具有特定的地质环境,其环境问题和灾害组合也具有特定的规律。同样,不同的人类工程技术活动所产生的灾害和其它环境地质问题组合有所不同。然而 人类-地质环境系统,无论是地质资源和地质体的特征,及其开发利用与保护改善,还是人类生存繁衍和工程活动,都具有极强的区域规律性。这种区域分布特点及规律性的研究和总结,是地质科学的一项基本任务。只有深刻研究这种区域规律性,才能对客观地质实体的认识接近实际,对问题的解决也会更趋合理。

我国环境地质分区图和区划图都直观地显示出了我国灾害和其它环境地质问题分布的这种区域分异规律:如岩溶塌陷仅发生在有隐伏岩溶的地区;抽水引起的地面沉降主要分布在第四系巨厚层分布地区。因此,加强区域特征和区域规律性的认识和研究,是环境地质研究的重要特征之一。

(3)系统性(或整体性)对于人类来说,地质环境是自然环境系统中影响人类生存与发展的最重要的组成部分之一,地质环境系统通过人类的各种经济技术活动发生密切联系,并相互制约、相互影响。这些相互作用与相互影响的关系,既决定了各组成要素的特征,也决定了整体系统的基本特征。探讨事物的复杂性和系统性,并不一定要专门研究每一个环境地质调查工作,只要着重研究复杂系统中大量要素的整体行为,从系统论的观点出发剖析问题,谋求整个系统的最优化过程,以最少的投入,获取最大的效益。自然地质灾害关联性本身是地质环境整体性的一个体现。地质环境系统是一个不断发展变化的庞大的工程体系,因此,要求环境地质学研究就其总体而言必须具有与之相适应的全面的、系统的、发展的认识。

(4)综合性(或复杂性)随着人类经济技术活动空间的扩大、强度的提高,致使环境地质学研究内容更加广泛,具有明显的综合性。环境地质学对于每一类环境地质问题不仅要研究它的发生、发展、变化及其前因和后果,而且还要研究它在整个环境系统中的资源变化和涉及环境地质问题的社会学行为,并进行正确的综合防治;要求人类对地质环境系统的开发利用必须适度和协调 促进人口、资源和环境系统之间的和谐发展 为人类社会、经济、环境的稳定和可持续发展服务。

(5)预测性 综合评价预测既是环境地质学的重要研究方法,也是环境地质学研究的重要特征。没有预测的行动是盲目的行动,盲目的行动必然带来不良后果。环境地质学的任务之一就是预测人类经济技术活动对地质环境的影响,为综合治理提供充分的依据或基础。在取得第一手资料的基础上,根据地质规律和环境地质科学理论,通过已有环境地质问题的形成条件、形成机制和环境地质作用的研究,“由已知推未知”类比预测未来可能发生的变化和问题 是人类能动地调控人类-地质环境系统,合理开发利用和保护改善地质环境的前提条件,