



高职高专“十一五”规划教材

# 环境地质学

蒋辉 编著



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

# 环境地质学

蒋辉 编著

图书在版编目(CIP)数据

环境地质学 / 蒋辉编著. — 北京: 化学工业出版社, 2008.1

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-01931-9

I. 环… II. 蒋… III. 环境地质学—高等学校—教材 IV. X141

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第093007号

责任编辑: 曹景利  
封面设计: 尹鹤林

责任印制: 王文林  
发行编辑: 杨彦宇

出版发行: 化学工业出版社(北京西城区百万庄大街24号 邮编100037)

印 刷: 北京云信印刷有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张18.5 字数502千字 2008年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-61218888 (传真: 010-61210686) 邮购部电话: 010-61213333



化学工业出版社

定价: 28.00元

· 北京 ·

定价: 28.00元

本书以可持续发展为主题,以人地关系为主线,以地质环境与人类活动的相互作用及由此引发的环境地质问题为主要研究对象,全面、系统地阐述了环境地质学的基本理论、研究内容、人类工程及开发利用活动与地质环境的相互作用和影响,以及地质灾害对人类生存环境的破坏及防治措施等。全书主要介绍了环境地质学基本知识,地质环境与地方病,地下水污染,地下水开发引起的环境负效应与废物土地处置,土地退化环境地质,地震与火山,斜坡地质灾害,地面变形地质灾害等。本书内容基本上反映了现代环境地质学的基本理论、方法原理和工程技术。本书内容按模块化编排,体系新颖,便于不同类别、不同层次的学校和专业选用。

本书可作为高职高专及“3+2”高职水文地质工程地质专业、地下水科学与工程专业、水文与水资源工程专业、岩土工程专业、地质工程专业、环境工程专业、地质专业、地理专业等专业的教材,也可作为成人教育及远程教育相关专业的教学用书,还可作为有关工程技术人员的参考书或自学用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

环境地质学/蒋辉编著. —北京:化学工业出版社,  
2008.1

高职高专“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-122-01934-9

I. 环… II. 蒋… III. 环境地质学-高等学校:  
技术学院-教材 IV. X141

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第005907号

---

责任编辑:王文峡  
责任校对:陶燕华

文字编辑:管景岩  
装帧设计:尹琳琳

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 装:北京云浩印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张19 $\frac{3}{4}$  字数502千字 2008年2月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:29.80元

版权所有 违者必究

# 前 言



环境、人口及能源已并列成为当代世界最突出和亟待解决的三大难题。人类的生存环境究其本质是地质环境，它包括大气圈、水圈、生物圈和岩石圈四个相互联系和制约的统一整体，离开了地质环境就无法完整地研究人类赖以生存的周围环境。由于全球人口激增和人类经济活动日趋频繁，人类与地质环境间的矛盾日益突出。为了减轻自然灾害给人类带来的灾难，减轻人类自身经济技术活动给人类生存环境带来的破坏，一门研究人类与地质环境相互作用、相互影响的新学科——环境地质学（Environmental Geology）便应运而生。它是一门新兴的应用地质学学科，也是环境科学的重要组成部分。可以预言，环境地质学在21世纪会得到迅速发展和广泛应用，在社会主义现代化建设和国民经济建设中将发挥重大作用。为了满足教学之需，我们编写了这本《环境地质学》教材。本书可作为高职高专及“3+2”高职水文地质工程地质专业、地下水科学与工程专业、水文与水资源工程专业、岩土工程专业、地质工程专业、环境工程专业、地质专业、地理专业等专业的教材，也可作为成人教育相关专业的教材，还可供相关工程技术人员参考或作为自学用书。

环境地质学是一门综合性较强、涉及面很广、应用性很大、具有广阔发展前景的新兴专业学科，为此，编写本书时，力争做到理论联系实际，加强基础，突出重点，深入浅出，简明易懂，便于学习，便于应用。在内容安排上，尽量做到科学性、先进性、实用性相结合，突出职教特色，教材内容具有“宽（知识面宽，技术含量大），浅（内容深入浅出，浅显易懂），新（教材内容充分反映新理论、新技术、新方法），活（内容鲜活，可读性好），用（实用）”的鲜明特色。另外，在编写有关内容时，还引用了国家有关技术标准和现行规范，以便于实际应用。根据学科现状和发展趋势，本教材主要包括环境地质学基本知识、环境水文地质、环境工程地质、灾害地质等方面的内容。全书共分八章，主要内容为：环境地质基础知识（环境与环境问题、生态学基础、地质作用与第四纪地质、地质灾害概述等），地质环境与地方病，地下水污染，地下水开发引起的环境地质负效应与废物土地处置，土地退化环境地质（土地沙化、水土流失、土壤盐碱化），地震与火山，斜坡地质灾害（崩塌、滑坡、泥石流），地面变形地质灾害（地面沉降、地面塌陷、地裂缝）等。由于“特殊土地质灾害”、“矿山与地下工程地质灾害”等内容在工程地质学等相关课程中已经介绍，考虑到与相关学科的衔接与联系，本书不再讲述。本书编排体系新颖，图文并茂，每一章都是一个独立的模块，以便于不同专业、不同层次、不同类别、不同课时的教学需求，每章后均附有复习思考题和习题，以利于学生学习。

由于环境地质学涉及内容较多，发展迅速，编写本书时参考吸收了大量的国

内外有关此领域的资料和成果，尤其是参阅了大专院校的有关教材和讲义（详见书末参考文献），在此谨向有关作者深表谢意。本书初稿曾作为讲义使用。根据使用情况、师生反映和学科的发展，本次正式出版前，编者对初稿进行了进一步的修改和补充，使本书内容更加丰富、实用，特色更加鲜明。

本书由蒋辉编写。刘超臣、苏养平教授审阅了全书，提出了许多宝贵的修改意见，河南省地勘局第二水文地质工程地质队总工程师、教授级高级工程师王现国博士也提出了许多宝贵的修改意见，本书部分插图由河南省地质测绘院吴燕合等人绘制，在此一并表示衷心感谢。

由于环境地质学内容广泛，发展迅速，某些内容还未定型，加之作者水平所限，时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，以便进一步修改，使其日臻完善。

编 者  
2008年1月

# 目 录

|    |                            |    |
|----|----------------------------|----|
| 85 | 绪 论                        | 1  |
| 85 | 一、地质环境与环境地质                | 1  |
| 85 | 二、环境地质学的研究内容、目的任务和研究方法     | 2  |
| 85 | 三、环境地质学的产生与发展概况            | 4  |
| 85 | 复习思考题                      | 6  |
| 88 | <b>第一章 环境地质基础知识</b>        | 7  |
| 88 | 第一节 环境与环境问题                | 7  |
| 88 | 一、环境及其功能特性                 | 7  |
| 88 | 二、环境问题                     | 11 |
| 88 | 三、我国的环境问题                  | 14 |
| 88 | 第二节 生态学基础                  | 18 |
| 88 | 一、生态学、生物圈和生物多样性            | 18 |
| 88 | 二、生态系统                     | 19 |
| 88 | 三、生态平衡                     | 28 |
| 88 | 四、生态学的一般规律                 | 30 |
| 88 | 第三节 地质作用与第四纪地质             | 33 |
| 88 | 一、地质作用                     | 33 |
| 88 | 二、第四纪地质                    | 36 |
| 88 | 第四节 地质灾害概述                 | 39 |
| 88 | 一、地质灾害的概念及类型与分级            | 39 |
| 88 | 二、地质灾害的属性特征、发育概况和分布规律      | 41 |
| 88 | 复习思考题                      | 45 |
| 88 | <b>第二章 地质环境与地方病</b>        | 47 |
| 88 | 第一节 表生环境地球化学特征             | 47 |
| 88 | 一、表生环境中元素的迁移转化             | 47 |
| 88 | 二、表生环境地球化学的地带性特征           | 50 |
| 88 | 第二节 地质环境与健康的关系及生物地球化学地方病病带 | 52 |
| 88 | 一、地质环境与人体健康的关系             | 52 |
| 88 | 二、生物地球化学地方病病带              | 56 |
| 88 | 第三节 地方病                    | 58 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 一、地方性甲状腺肿 .....                | 58 |
| 二、地方性氟病 .....                  | 62 |
| 三、大骨节病 .....                   | 66 |
| 四、克山病 .....                    | 69 |
| 五、其他地方性疾病 .....                | 71 |
| 第四节 原生环境地质的调查研究方法与地方病的防治 ..... | 73 |
| 一、原生环境地质的调查研究方法 .....          | 73 |
| 二、地方病的防治 .....                 | 75 |
| 复习思考题 .....                    | 76 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第三章 地下水污染</b> .....     | 78  |
| 第一节 地下水污染及形成原因 .....       | 78  |
| 一、地下水污染的概念及特点 .....        | 78  |
| 二、地下水污染源 .....             | 79  |
| 三、地下水中的污染物 .....           | 83  |
| 四、地下水污染方式及污染途径 .....       | 84  |
| 第二节 污染物在地质环境中的效应 .....     | 86  |
| 一、影响污染物迁移的水文地球化学效应 .....   | 86  |
| 二、主要污染物的相对迁移能力及衰减机理 .....  | 91  |
| 三、等温吸附方程及溶质迁移迟后方程 .....    | 92  |
| 第三节 污染物在地下水中的迁移及污染预测 ..... | 94  |
| 一、污染物在地下水中的迁移 .....        | 94  |
| 二、溶质在地下水中运移的数学模型 .....     | 98  |
| 三、地下水污染预测 .....            | 100 |
| 四、有关实验及参数测定 .....          | 104 |
| 第四节 地下水质量评价 .....          | 111 |
| 一、评价因子的选择和评价标准 .....       | 111 |
| 二、地下水质量评价方法 .....          | 113 |
| 第五节 地下水污染防治 .....          | 119 |
| 一、地下水污染的预防性措施 .....        | 119 |
| 二、地下水污染的治理措施 .....         | 122 |
| 复习思考题 .....                | 131 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>第四章 地下水开发引起的环境地质负效应与废物土地处置</b> ..... | 133 |
| 第一节 地下水开发引起的环境地质负效应 .....               | 133 |
| 一、区域地下水位持续下降 .....                      | 133 |
| 二、地下水水质恶化 .....                         | 139 |
| 三、海水入侵 .....                            | 143 |
| 第二节 废物处置环境地质 .....                      | 145 |
| 一、污水土地处理 .....                          | 145 |

|     |                           |     |
|-----|---------------------------|-----|
|     | 二、固体废物的土地处理 .....         | 149 |
|     | 三、放射性废物的地质处置 .....        | 150 |
|     | 复习思考题 .....               | 153 |
| 325 | <b>第五章 土地退化环境地质</b> ..... | 154 |
| 325 | <b>第一节 土地沙漠化</b> .....    | 154 |
| 325 | 一、土地荒漠化 .....             | 154 |
| 325 | 二、土地沙漠化及成因 .....          | 156 |
| 330 | 三、土地沙漠化的危害 .....          | 158 |
| 333 | 四、沙漠化的防治 .....            | 160 |
| 333 | <b>第二节 水土流失</b> .....     | 163 |
| 337 | 一、水土流失及发育状况 .....         | 163 |
| 339 | 二、水土流失的类型及影响因素 .....      | 164 |
| 345 | 三、水土流失的危害和环境地质问题 .....    | 166 |
| 349 | 四、水土流失的防治 .....           | 168 |
| 352 | <b>第三节 土壤盐碱化</b> .....    | 171 |
| 352 | 一、土壤盐碱化及分布与分类 .....       | 171 |
| 352 | 二、土壤盐碱化形成条件 .....         | 173 |
| 361 | 三、土壤盐碱化的危害与环境地质问题 .....   | 175 |
| 365 | 四、土壤盐碱化的防治 .....          | 176 |
| 369 | 复习思考题 .....               | 179 |
| 372 | <b>第六章 地震与火山灾害</b> .....  | 180 |
| 372 | <b>第一节 地震</b> .....       | 180 |
| 372 | 一、地震及成因类型 .....           | 180 |
| 372 | 二、地震的震级和烈度 .....          | 183 |
| 372 | 三、地震的时空分布 .....           | 184 |
| 372 | 四、地震灾害 .....              | 188 |
| 384 | 五、地震活动的监测和预报 .....        | 192 |
| 386 | 六、预防地震、减轻地震灾害 .....       | 194 |
| 386 | <b>第二节 火山灾害</b> .....     | 199 |
| 389 | 一、火山与火山活动 .....           | 199 |
| 389 | 二、火山的空间分布 .....           | 202 |
| 389 | 三、火山喷发灾害与资源效应 .....       | 203 |
| 389 | 四、火山活动前兆及监测预报 .....       | 205 |
| 389 | 五、减轻火山灾害的对策 .....         | 207 |
| 390 | 复习思考题 .....               | 209 |
| 391 | <b>第七章 斜坡地质灾害</b> .....   | 210 |
| 391 | <b>第一节 概述</b> .....       | 210 |
| 391 | 一、斜坡与斜坡破坏 .....           | 210 |



|     |                       |     |
|-----|-----------------------|-----|
| 061 | 二、斜坡变形破坏与地质灾害的分类及影响因素 | 212 |
| 070 | 第二节 崩塌                | 217 |
| 081 | 一、崩塌的一般概念             | 217 |
| 101 | 二、崩塌的形成条件             | 219 |
| 121 | 三、崩塌的防治               | 222 |
| 141 | 第三节 滑坡                | 225 |
| 151 | 一、滑坡及成因               | 225 |
| 161 | 二、滑坡的形成条件             | 228 |
| 181 | 三、滑坡的分类               | 230 |
| 190 | 四、滑坡的危害               | 233 |
| 199 | 五、滑坡的稳定性分析            | 235 |
| 208 | 六、滑坡的识别与调查研究          | 237 |
| 217 | 七、滑坡等斜坡地质灾害的监测        | 239 |
| 226 | 八、滑坡的预测预报             | 242 |
| 235 | 九、滑坡的防治               | 245 |
| 244 | 第四节 泥石流               | 255 |
| 253 | 一、泥石流及其特征             | 255 |
| 262 | 二、泥石流的形成条件            | 258 |
| 271 | 三、泥石流的分类及特征           | 261 |
| 280 | 四、泥石流的危害              | 262 |
| 289 | 五、泥石流的调查研究、判别与预测预报    | 266 |
| 298 | 六、泥石流的防治              | 269 |
| 307 | 复习思考题                 | 275 |
| 316 | <b>第八章 地面变形地质灾害</b>   | 276 |
| 325 | 第一节 地面沉降              | 276 |
| 334 | 一、地面沉降及其特征、分布与危害      | 276 |
| 343 | 二、地面沉降的成因机制和形成条件      | 279 |
| 352 | 三、地面沉降的监测、预测和防治       | 284 |
| 361 | 第二节 地面塌陷              | 286 |
| 370 | 一、地面塌陷的概念、类型及分布       | 286 |
| 379 | 二、岩溶地面塌陷的成因机制和形成条件    | 290 |
| 388 | 三、地面塌陷的危害与监测预报        | 293 |
| 397 | 四、地面塌陷灾害的防治措施         | 295 |
| 406 | 第三节 地裂缝               | 297 |
| 415 | 一、地裂缝及其特征、类型与分布       | 297 |
| 424 | 二、地裂缝的成因机制和形成条件       | 300 |
| 433 | 三、地裂缝的危害与防治措施         | 301 |
| 442 | 复习思考题                 | 303 |
| 451 | <b>参考文献</b>           | 305 |

# 绪 论

## 一、地质环境与环境地质

地质环境泛指地球的地壳层，即岩石圈（或称岩土圈）及其表层风化产物，主要是指以人类为核心的周围地质空间。地质环境是环境的重要组成部分，一般来说，地球岩石圈（其组成部分主要是岩石、土壤、地下水）的表部是与大气圈、生物圈、水圈相互作用最直接的部分，也是与人类活动密切联系的一个独立环境系统。因此，通常将与大气、生物、水相互作用最直接，又与人类活动关系最密切的表部岩石圈称为地质环境（图 0-1）。换句话说，地质环境是指与人类生存和发展密切相关的各种地质体及其与大气、水、生物圈相互作用的总和。简而言之，地质环境主要是指与地质作用密切相关的自然环境。地质环境要素主要包括：

岩石、矿产、土地、地下水、地质地貌景观、有重要价值的古生物化石以及地质灾害等。地质环境是有空间概念的，其上限是岩石圈的表面，这里所有的地质环境因子（主要包括岩石、土壤、有机成分、气体、地下水、微生物以及动力作用等）都

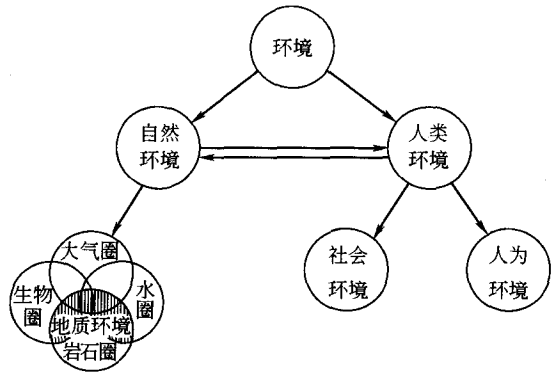


图 0-1 地质环境与其他环境的关系

积极地与大气、地表水体、生物界相互作用；其下限位置取决于人类社会的科学技术发展水平，以及进入岩石圈内部的工业活动影响深度。20 世纪 80 年代，前苏联为了探索地球深部信息，采用最新钻探技术，在科迪拉勒半岛上打成了一口深度为 12800m 的超深钻井，这是目前地球上最深的一口井，但此井并未穿透地壳。我国投资 1.5 亿元，自 2001 年 6 月 25 日至 2005 年 1 月 13 日，在江苏省东海县毛北村施工了一口亚洲最深的大陆科学钻探超深钻井，该井孔为井底动力驱动冲击回转连续取心钻进，钻探总进尺 9104.23m，取心钻进 5004.95m，钻孔深度 5158m，钻孔直径 156mm。

地质环境是人类生存、发展的基本空间，人类的生存环境究其本质

就是地质环境。地质环境能为人类提供丰富的矿产资源和燃料（煤、石油、天然气等），同时也可能产生地震、火山爆发、滑坡、塌陷、泥石流等地质灾害，危害人类的生存和发展。表部岩石圈（地质环境）对人类生活与社会经济发展的主要作用见表 0-1。

表 0-1 表部岩石圈（地质环境）对人类生活与社会发展的主要作用

| 类别      | 岩石圈的作用  |
|---------|---|
| 资源作用    | 提供一定种类、含量与质量的矿物资源，并且以岩石圈为基础，形成可再生地下水资源以及土地资源  |
| 地球动力学作用 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 岩石圈中动力学过程的时空格局，尤其是有明显构造活动的地球动力带的分布与动态，通过对海陆分布格局、重要地貌形态分布等的影响，对环境特征的形成产生影响</li> <li>2. 具有灾害性的地质过程发展状况与趋势对生物与人类生存安全产生影响</li> <li>3. 岩石圈中应力不稳定性度的时空格局及其在受扰动后，回到动力学平衡态的能力，对人类环境演变等产生影响</li> </ol>   |
| 地球化学作用  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 地球化学场的非均质性，尤其是重要生命元素（或有毒有害元素）及其化合物在一定空间范围内的严重缺失和过度集中，对人体健康影响显著</li> <li>2. 岩石圈中元素及其化合物的水迁移、气迁移、生物迁移能力，尤其是它们进入生物与人体中的能力，影响环境要素与人体中元素分布与分配</li> <li>3. 岩石圈表层特征对进入环境的化学组分的分散性能和自净能力产生影响</li> </ol> |
| 地球物理作用  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 地球物理场的时空格局对人类活动具有影响</li> <li>2. 地球物理场异常带与可能致病带的分布与动态对生物体与人体健康具有一定效应</li> <li>3. 与地球物理场应力强度相联系的岩石圈自调节能力以及对进入其中的宇宙能流及地球深部能流的聚集与改变能力，与环境的稳定度、环境对人类的适宜性有密切关联</li> </ol>                             |

人类活动在地质环境中，从其中诞生、繁衍，又从中直接或间接获取资源，加工成为必需的生产和生活资料。因此，必须保护好人类赖以生存的地质环境，科学利用和改善地质环境。

“环境地质”一词，最早在 20 世纪 60 年代末 70 年代初就已见于西方国家的文献中。例如，美国学者迈克尔·奥尔利（Michael Allaly）主编的《环境辞典》中，将环境地质定义为：应用地质原理和数据，解决人类占有或活动造成的问题（如矿区的开采、腐败物容器的建设、地表侵蚀等的地质评价）。20 世纪 70 年代末 80 年代初，随着一系列的严重的环境问题（如环境污染、地质灾害等）对生产、生活的影响越来越突出，“环境地质”一词开始在我国科技期刊和书籍中出现和使用。地质环境与环境地质有完全不同的含义和性质，两者不能互相通用和混淆。但目前人们对环境地质的含义理解还不尽一致。一般认为：环境地质学是应用地质科学、环境科学以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、形成机理和演变规律以及人类活动（人类生活、生产活动，经济技术活动等）与地质环境之间相互作用、相互影响的一门学科。它是一门新兴的应用地质科学。换言之，环境地质学是应用地质学、环境科学和社会经济学等观点，研究人类赖以生存的地质环境以及各种地质作用对人类社会的影响，从而对其采用一定的科学技术方法，对其作出定量评价、预测、防控和治理。地质环境是有空间概念的，而环境地质则无空间概念，它是以地质环境为研究对象 2 的科学。环境地质学较其他地质学分支学科有更广泛的社会性，它是地质科学的重要组成部分，也是环境科学中重要的分支学科，是应用性很强的一门综合性学科。

## 二、环境地质学的研究内容、目的任务和研究方法

### 1. 环境地质学的研究内容

环境地质学的研究内容主要是人类活动与地质环境的相互关系，主要内容包括三个方

面：①由地质作用（因素）引起的原生地质环境问题（或称第一地质环境问题，亦称自然灾害），诸如火山喷发、地震、滑坡、膨胀土、洪水、海啸、冰川、海岸侵蚀等自然地质灾害，地质环境化学元素分配不均（异常）引起的生物效应问题，例如地方病等，这些问题的产生都是自然地质环境对人类的作用造成的（表 0-2）；②人为活动改变地质环境引起的环境问题，即由人类活动造成的次生地质环境问题（或称第二地质环境问题，又称人为环境地质问题），例如，地下水污染、海咸水入侵、地面沉降、地面塌陷、地裂缝、资源枯竭、土地沙漠化、废物处置不当引起的环境污染，大型水利工程引起的环境地质问题，城市化过程中引起的环境地质问题，矿山开采引起的环境地质问题等，这些环境地质问题，都是人类对自然的作用改变了环境或超过了环境承载能力所带来的问题，属于人为地质灾害；③资源的合理开发利用与环境保护。

表 0-2 自然环境与自然灾害的关系（或称环境地质问题）

| 自然环境 | 自然灾害系列                 |
|------|------------------------|
| 岩石圈  | 地震、火山、滑坡、泥石流、崩塌等       |
| 土圈   | 沙漠化、土滑坡、地裂缝、水土流失、地面沉降等 |
| 水圈   | 洪水、暴雨、雪灾、冻灾、海啸、海水入侵等   |
| 大气圈  | 飓风、沙尘、酷热、严寒、干旱等        |
| 生物圈  | 虫灾、火灾、植物退化等            |

由于环境地质问题的复杂多样，因此环境地质学的研究内容十分广泛，根据学科的特点和环境地质问题的不同，环境地质学大体包括以下分支学科及研究内容。

(1) 城市地质学 研究内容包括：城市地区的区域地质、水文地质与工程地质、环境地质的综合调查研究；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。

(2) 灾害地质学 主要研究地质灾害发生与发展规律、防治技术等。

(3) 矿山环境地质学 研究内容包括：人类与矿产资源之间的供需矛盾及其解决的途径与对策；矿产资源的合理开发利用技术与方法；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等。

(4) 废物处置地质学 研究内容包括：综合运用地质学理论和方法，选择废弃物处置场址，合理处置城市垃圾、工业废物和放射性废物等。

(5) 医学地质学 研究内容包括：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；微量元素的污染途径及其生物学效应；较差地质环境的改善途径与方法。

(6) 旅游地质学 研究内容包括：各种旅游地质的形成机制和分布规律，对旅游区与旅游景点进行评价与规划，进而开发、利用并保护地质旅游资源。

(7) 农业地质学 主要研究农作物生长的地质背景、农业土壤地质、农用矿物岩石等。

## 2. 环境地质学的研究目的和研究方法

研究的目的是：在深入认识地质环境的基础上，有效地解决在国民经济和社会发展的过程中出现的环境地质问题，保护人类生存及可持续发展的地质环境，进行地质环境的规划与管理等，合理协调和处理人与资源、环境三者之间的关系，进而实现“总结今日经验，减轻未来灾害”的目的。研究的主要任务是：分析研究地质环境及地质灾害发生与发展规律，保护、改善和优化地质环境，最大限度地减轻地质灾害对人类安全的威胁和对社会经济的破坏，实现可持续发展。

环境地质学是地质学与环境科学之间的边缘科学。它的产生、发展是与现代科学技术的发展、社会生产力的提高及其对地质环境的改造密切相关的。因此，其研究方法应着重以下几个方面。

① 以地质环境的研究为基础。从上述环境地质学的研究内容可知，各种环境地质问题的发生都是以地质环境系统为主体的。因此，必须进行实际调查研究，掌握最基本的地质背景资料。比如在进行岩溶环境地质研究时，必须掌握研究区的岩溶特点，要对研究的岩溶地貌、洞穴发育特征、岩溶水文学和岩溶地球化学等最基本的地质环境条件进行研究，特别是岩溶水的运动特征，它常常是造成各种岩溶环境地质问题最活跃的因素，因此必须认真调查研究。

② 以系统理论为指导，从总体上对地质环境的各个方面（大气、水、生物、岩石圈等）和各种问题（如洪水、干旱、地震、塌陷、泥石流、水污染等）进行综合研究，同时着重于人类和环境的相互关系，以及各种环境地质之间的有机联系。例如，地震与火山喷发，地面沉降与过量开采地下水都有着密切的关系。环境地质问题的研究还要区分不同层次，例如，气候变暖是一个在大范围内长期起作用的影响全局的问题，而岩溶塌陷、地震、火山爆发等虽然也有一定的影响范围，但有时是在相对较短时间内带来重大损失，比起前者的影响范围也是比较小的。

③ 环境地质学是一个涉及面广泛的综合学科，它除了吸取地质学与环境科学的研究方法与手段外，还要吸收其他学科的研究方法，采用其他学科领域研究的新技术与新手段，如遥感技术、地理信息技术、GPS技术、地球物理方法、同位素技术等。

### 三、环境地质学的产生与发展概况

早在700~800年前，从用煤开始，环境问题就引起人们的关注。18世纪末到20世纪初的产业革命，使环境污染造成公害，成为一个社会问题。20世纪30年代至70年代期间，世界范围内由大气污染和水体污染造成的八大公害案件引起人们的广泛关注 [八大公害事件是指英国伦敦、美国多诺拉、比利时马斯河谷先后发生的烟雾事件，美国洛杉矶光化学烟雾事件，日本富山镉污染事件（骨痛病），日本九州水俣事件（汞污染），日本四日事件（哮喘病），日本九州米糠油事件（多氯联苯污染）]，这些公害事件造成了许多人患病，有的终生残废，并导致数万人死亡。

地球在发展过程中的某些变动也直接或间接地影响着人类的安全和发展，即某些自然地质灾害也使人类遭受极大的威胁和创伤。例如，仅在20世纪，全世界死于火山爆发、地震、滑坡、泥石流等自然地质灾害的人数就达百万之多。人类为了保护赖以生存的周围环境，抵御自然灾害，在与自然灾害作斗争的实践中，创立了环境地质学，所以没有自然灾害，也就没有环境地质学。

早在1864年，美国学者乔治·珀金期·马什（George Perkins Marsh）就出版了《人与自然》一书，认为人类日益强大且具有毁灭性的行为将使自己陷入逐渐退化的环境困境，  
4 并危及人类自身，这正是今天强调的人类活动与自然地质环境相互作用、相互影响的观点。

20世纪五六十年代出现的环境问题引发了第一次环境浪潮。1962年，联邦德国和北美的学者首次提出了“环境地质学”的概念，并逐渐被广泛应用。1972年，在斯德哥尔摩召开了世界首次《人类环境会议》。20世纪70年代末，国际上开展了“环境10年”的活动。1988年3月，一个由科学家、工程师、联合国系统的代表以及外交官组成的国际小组在华盛顿美国国家科学院集会，讨论“国际减轻自然灾害10年”的问题（计划期限1990~2000

年), 简称“减灾 10 年”。其重点主要是减轻突发性的自然灾害, 其中, 在环境地质方面主要包括地震、火山喷发、洪水、滑坡、海啸等自然灾害, 通过灾害评估、预防、准备早期警报以及灾害减轻等措施, 在不需大量投资的情况下, 便可取得减灾防灾的明显效果, 并将减灾技术转移到易受灾害损害的发展中国家, 进行人员培训, 及时教育公众等, 从而减轻自然灾害的威胁和损失。20 世纪 90 年代, 在全球出现了第二次环境浪潮。1992 年 6 月, 在里约热内卢召开了联合国环境与发展大会, 会议通过了《里约环境与发展宣言》。该次会议和宣言, 进一步促进了各国对环境的重视和研究, 多数国家制定了各种战略与措施, 以阻止和扭转环境恶化的影响。环境地质学也相应地得到了发展。

1972 年, 我国参加了在斯德哥尔摩召开的首次人类环境会议。1988 年, 我国出版了《中国环境地质研究》一书。1990 年, 我国创办了《环境地质研究》期刊。1993 年, 我国召开了首次环境保护会议, 相应的环境地质问题提到了议事日程。自 2004 年 6 月 1 日以来, 中央气象台和国土资源部联合开展了汛期地质灾害气象预警预报工作, 并通过中央电视台发布地质灾害预警预报信息。总体说来, 我国的地质环境变迁分为 4 个阶段: ①20 世纪 60 年代以前的原生地质环境相对稳定阶段; ②60 年代初~70 年代末的地质环境问题孕育发展阶段; ③80 年代初~90 年代末的地质环境急剧恶化阶段; ④21 世纪以来的地质环境与经济发展矛盾凸显阶段。

近几十年来, 我国环境地质科学的发展, 实际上是与国民经济建设和社会发展联系在一起的。特别是在改革开放以来, 我国许多大、中城市社会经济得到了迅速发展, 同时, 面临的环境地质问题也愈加突出和尖锐。随着经济的发展, 环境地质问题日趋恶化的势头并没有减弱, 尽管一些老问题已被控制或解决, 但由于人类经济行为和环境意识有一定差距等原因, 新的环境地质问题也会不断产生, 人与自然的的关系日益突出, 环境地质问题也越来越多。这就需要应用环境地质学的方法原理加以研究和解决, 从而也进一步推动了环境地质科学的发展。

近年来, 我国在环境地质学领域取得较大进展, 主要表现在以下几个方面: ①水资源开发引起的环境地质问题受到高度重视, 并采取了相应的防治措施; ②地质灾害防治工作取得较大进展, 获得较大成果; ③沿海经济发达地区及城市环境地质研究取得进展; ④土壤侵蚀和沙漠化的防治取得长足的进步; ⑤南方岩溶石山治理与地质环境保护取得较大进展; ⑥西北地区生态环境保护取得阶段性成果; ⑦地质环境演化趋势的基础研究取得成绩; ⑧环境地质研究的仪器设备、人力、物力等得到加强。

我国当前的环境地质学正处于发展的初期阶段。环境科学每个分支学科的专著或学术期刊均或多或少地涉及了环境地质学内容, 环境地质学自身也吸收了相关学科的某些理论和方法, 输入新的内容, 借助于现代科学的监测手段和计算技术, 逐步形成自己独立的学科体系。作为一门学科, 环境地质学还有待于深入研究和进一步发展、完善、推广和普及。

环境地质学是一门新兴学科, 并与水文地质学、工程地质学密切相关, 习惯上称之为“水工环”地质。

环境地质学的发展还会面临许多环境地质问题和挑战。联合国前秘书长柯菲·安南在“1999 国际减灾十年活动论坛”开幕式上的讲话指出: “20 世纪 90 年代灾害造成的损失是 60 年代的 9 倍, 其中有些灾害是自然灾害, 有些灾害是人为的, 或者是由于人类的活动导致的, 人们可能注意到, 几乎每周都有关于干旱、洪水、地震、能源危机、滑坡、泥石流、环境污染等方面的报道。当前人类在发展的道路上面临着—个巨大的挑战, 就是人口、资源和环境之间的失衡对生态系统所构成的威胁。” 20 世纪, 世界人口猛增, 1987 年 7 月 11 日,

世界人口突破 50 亿。联合国《2001 年世界人口状况》报告说，世界人口到 2050 年将增加 50%，即从目前的 61 亿增加到 93 亿。世界人口目前正以每年 1.3%（即 7700 万人）的速度增长，其中发展中国家人口增长速度较快，2050 年，世界人口的 85% 将被集中在发展中国家。很多人口学家认为，地球的承载能力是 50 亿人。地球上的资源是有限的，在人口猛烈增长的同时，供人类衣、食、住、行的自然资源的消耗也将日益增加，在现代工业社会里，为了维持一个人的生活，平均每年要从岩石圈中挖出 25t 各种物质。据统计，目前全世界每年消耗的化石燃料为 70 亿吨，若以此速度来开采已探明的储量，煤只能开采 200 多年，石油仅够 100 年，如此发展下去，将导致资源耗竭的严重局面。更为严重的是，被开采的物质在加工过程中产生大量的废渣、废水、废气，制成品在使用后又留下大量废弃物，目前每年向大气中排放 50 多亿吨废气，向江河湖海排放数千亿吨废水，进而造成大气污染、江河湖海污染和地下水污染，生态环境遭到破坏。这也充分表明，当前环境地质学所面临的严峻形势，同时，也给环境地质学提供了实际研究课题和挑战。随着社会经济的发展，人类面临的环境地质问题也越来越多。

### 复 习 思 考 题

1. 试述地质环境和环境地质的概念，二者之间有何联系？
2. 环境地质学主要研究哪些内容？
3. 原生地质环境问题和次生地质环境问题的含义是什么？
4. 环境地质学的目的、任务是什么？
5. 试述环境地质学的产生与发展概况。
6. 试述“世界八大公害事件”。
7. 我国的地质环境变迁分为哪四个阶段？
8. 试述环境地质学的作用和意义。

# 环境地质基础知识

## 第一节 环境与环境问题

### 一、环境及其功能特性

#### 1. 环境的概念

环境是相对于某一中心事物而言，即与某一中心事物有关的周围事物就是这个事物的环境。环境科学所研究的环境，其中心事物是人类，是指以人类为主体的外部条件的综合体。《中华人民共和国环境保护法》第二条明确规定了环境的含义：环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体。通常环境又可分为自然环境和人工环境两大类。

自然环境是指人类周围的各种自然因素的总和，是人类赖以生存、生活、生产和发展所必需的自然条件和自然资源的总和，主要由生物圈、大气圈、水圈和岩石圈所组成，主要包括阳光、空气、水、土壤、岩石、气候、生物、地壳稳定性（地质构造情况、地震、火山活动、海啸等）。这些自然因素与一定的地理条件相结合，即形成有一定特征的自然环境。自然环境也常简称为环境。自然环境亦可以看作由地球环境和外围空间环境两部分组成。

地球环境具有明显的圈层特性。地球内部自内向外可分为地核、地幔、地壳三个圈层（图 1-1）：①地核。地球的最里层是坚硬的固态内核，直径约 1000km，随后是液体状态的外核，厚约 2430km，温度约为 4000℃。②地幔。地幔与外核相连接，一般为固态，厚 2900km，温度为 3500（与地核接触处）~2000（与地壳接触处）℃，其中上地幔为高温熔融的塑性物质，也称软流圈。③地壳。地壳是地球的最外层，平均厚度 35.4km。其中陆地的地壳较厚，厚约 40km，上部为大陆沉积物，局部为花岗质岩石，通常，地壳上层一般是硅铝层，下层为硅镁层；海洋地壳较薄，约为 5~11km，主要为深海沉积物。中国的地壳厚度，东南薄，西北厚，东南沿海地壳厚约 32km，西藏地壳厚 70km。总的来说，地壳由岩石、水和土壤组成，相应称为岩石圈、水圈和土壤圈。地球的平均半径为 6370km。地球的外层圈是大气圈，其厚度通常为 1000~1400km，大气圈的下层与地壳的表层，生活着各种各样的生物，所以这一领域又称生物圈，整个人类的社会活动几乎都是在地球表面的生物圈内进行的。



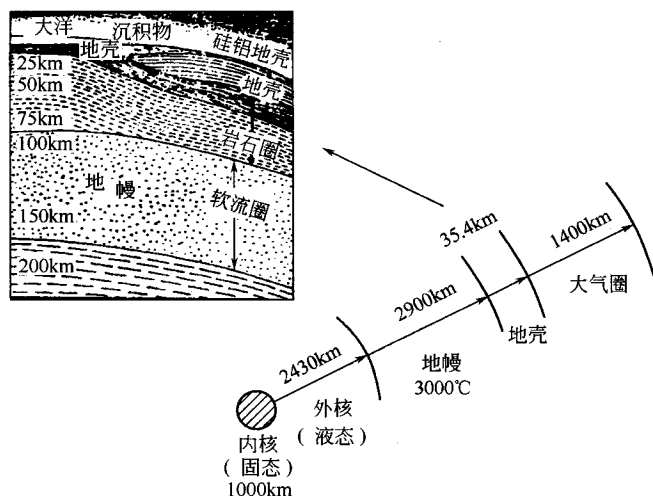


图 1-1 地球环境的圈层结构

自然环境对人类具有特殊重要的意义，其对人类的影响是带根本性的，人类要改善环境，必须以自然环境为大前提，谁要是超越它，势必造成严重的负面影响和破坏。

人工环境是指由于人类的活动而形成的环境要素，是人们生活的社会经济制度和上层建筑的环境条件，主要包括由人工形成的物质、能量和精神产品，以及人类活动中所形成的人与人之间的关系（亦称上层建筑）。通常，人工环境由综合生产力（包括人等）、技术进步、人工构筑物、人工产品和能量、政治体制、社会行为、宗教信仰、文化与地方因素等组成。每个人都不能离开人类环境而单独地生活，因此，人工环境对人们的工作与生活，对社会的进步都有极大影响。

随着人类社会的进步和发展，人类在发展过程中越来越摆脱对自然环境的直接依赖，扩大了对自然界的影响，但不管这种影响和改变有多大，还始终不能摆脱自然环境的约束。

## 2. 环境要素、环境质量和环境系统

(1) 环境要素 环境要素又称环境基质，是指构成人类环境整体的各个独立的、性质不同的而又服从整体演化规律的基本物质组分。环境要素又分为自然环境要素和人工环境要素。自然环境要素通常指：水、大气、生物、阳光、岩石、土壤等。因此环境要素并不等同于自然环境因素。

环境要素组成环境结构单元，环境结构单元又组成环境整体或环境系统。例如，由水组成水体，全部水体总称为水圈；由大气组成大气层，整个大气层总称为大气圈；由生物体组成生物群落，全部生物群落构成生物圈等。

环境要素具有一些十分重要的特点。它们不仅是制约各环境要素间互相联系、互相作用的基本关系，而且是认识环境、评价环境、改造环境的基本依据。环境要素的属性可概括如下。

- 8 ① 最差（小）限制律。这是针对环境质量而言的。该定律指出：“整体环境的质量，不能由环境诸要素的平均状态决定，而是受环境诸要素中那个与最优状态差距最大的要素所控制。”这就是说，环境质量的好坏，取决于诸要素中处于“最低状态”的那个最差要素，不能用其余的处于优良状态的环境要素去代替，去弥补。因此，在改造自然和改进环境质量时，必须对环境诸要素的优劣状态进行数值分类，循着由差到优的顺序，依次改造每个要素，使之均衡地达到最佳状态。