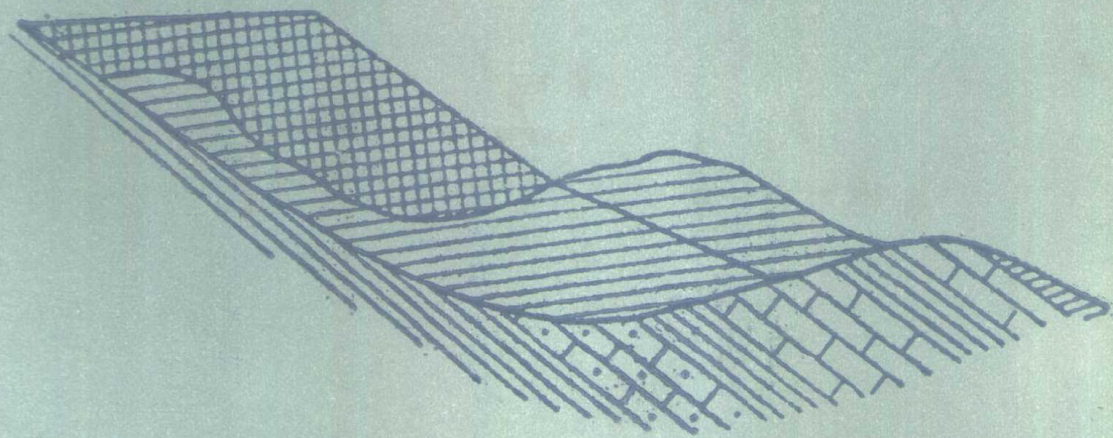


高等学校教学参考书

# 工程动力地质学

〔苏〕B. П. 洛姆塔泽



地质出版社

044935

P642  
3442

高等学校教学参考书

# 工程动力地质学

〔苏〕 B. Д. 洛姆塔泽

李生林 刘蕙兰 译

地质出版社

## 内 容 提 要

本书是以工程地质学领域中的最新理论和各类建筑工程的勘察实践、施工和运营的经验为基础编写而成的。书中叙述了在地球内部和地球表面进行着的，以及由于工程建筑施工而引起的地质作用和现象（磨蚀、侵蚀、岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、冻结、地震等）的发育条件；较详细地介绍了此类作用和现象对人类工程、经济活动可能产生影响的评价、预测和计算方法，和防治工程措施的选择。

本书可作为高等院校水文地质和工程地质专业师生的教学参考书；对设计、勘察、施工部门，以及矿山企业中从事解决合理利用与保护自然地质环境问题的广大工程技术工作者也是一部很有价值的参考书。

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА

В.Д.ЛОМТАДЗЕ

СССР ЛЕНИНГРАД

«НЕДРА»

1977

\*

高等学校教学参考书

工程动力地质学

〔苏〕В.Д.洛姆塔泽

李生林 刘惠兰 译

\*

责任编辑 于纯仁

地质出版社出版

（北京西四）

北京丰华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本：787×1092  $1/16$  印张：18 字数：420,000

1985年3月北京第一版·1985年3月北京第一次印刷

印数1—3,485册·定价3.30元

统一书号：13038·教193

## 译者前言

B.Л.洛姆塔泽教授是苏联著名的工程地质学家。他在七十年代曾连续撰写了工程岩石学(土质学)、工程动力地质学、专门工程地质学等三部教科书,本书是其中的第二部。这三部书总共约一百余万字,概括地介绍了工程地质学的基本内容,在一定程度上反映了苏联工程地质学的现代发展水平。

本书共十二章。书中特别强调了关于研究人类工程经济活动引起地质作用的巨大意义。事实说明,随着世界人口的急剧增加,科学技术的进步,人类各项活动对地质环境的影响日益加深、加剧。人类活动常常引起自然平衡的破坏,从而产生各种各样的地质作用和现象,按其规模和对环境的影响,已完全不亚于自然地质作用的意义。据报导,在恶化地质环境的灾害性地质作用和现象中,绝大多数是由于人类活动所引起。例如世界上的滑坡有70%是由于人类活动的结果。历史的经验告诉人们:人类的一切工程经济活动必须建立在充分掌握地质作用发育规律的基础上,以尽量避免或减少人为地质作用和现象的发生,以及它们所带来的危害。本书展示了工程地质学在合理利用与保护地质环境方面的巨大作用,反映了现代工程地质学向环境工程地质学发展的趋势。

由于本书的重点是介绍评价、预测和计算各类地质作用和现象对人类工程经济活动可能产生影响的方法及防治工程措施的选择,所以使它避免了与普通地质学、地貌学在内容上的重复。人们学会了研究历史的和现时的经验教训,其最终目的就是为了预测和掌握未来。研究是为了预测,而预测是为了控制,这是本书在阐述问题时所遵循的基本原则。书中对每一类地质作用和现象都是以预测其可能发生的规模开始,以预防它们的发育、限制它们的分布和选定防治措施为终结。就目前工程地质学的发展水平来看,预测仍是一个比较薄弱的环节。现在总的情况是:在预测各类地质作用和现象的空间发育方面具有较高的水平,但在预测它们的发育强度方面就略差些,而在预测它们的发育时间方面就更差了。本书在预测方法方面所提供的信息,当然也只能限于这个水平。

通过介绍世界著名的工程实例来显示某一种地质作用和现象的规模和发育规律是本书的又一特色。作者使本书在传授知识的同时,也注意增加了它的趣味性。本书介绍的概念清晰、定义严谨,对有争议的问题不仅介绍了各家的不同观点,而且也阐明了作者自己的见解,使本书充分具备了作为教学参考书的优点。

我国地质条件复杂,许多地质作用和现象(如地震、滑坡、岩溶、山崩、泥石流等)都发育十分强烈。我国各部门的生产建设实践证明,各类地质作用和现象都曾给我们的建设事业带来许多麻烦,并造成了巨大的经济损失。为保证四化建设的顺利发展,我们必须加强工程动力地质学方面的研究。我们认为,此书可在推动我国工程动力地质学研究,人材培养和解决某些工程实际问题方面发挥一定的作用。

南京大学地质系罗国煜、秦素娟、蒋遵昭等同志协助审阅译稿,魏学成、吴兰州同志帮助作了不少工作,徐富林同志为本书作了插图素描,译者在此一并致谢。

本书中的地图均系按原书译印,未加更动。书中姓氏基本按商务印书馆1982年出版的

俄语姓名译名手册译出。

由于译者水平所限，错误与不妥之处恐难避免，诚恳希望读者批评指正。

**译 者**

1982.12. 于南京大学

# 前 言

工程岩石学、工程动力地质学、区域工程地质学和矿床工程地质学是工程地质学的基本部分。这也是工程地质学已经形成的主要科学研究方向。由于科学的专业化与分化的结果又出现了其它的研究方向：工程地震学、工程冻土学、土壤改良工程地质学等等。新的科学研究方向的出现与发展是工程地质学现状的突出特点。

本书讨论构成工程地质学的第二部分——工程动力地质学的一系列任务、问题与课题。这一部分不仅研究自然地质作用，而且也研究由于工程建筑的兴建和地区经济开发所产生的地质作用和现象。所有的地质作用，根据它们对人类的生活与活动，对地区稳定性，对现存的，或正在设计与施工的建筑工程稳定性的影响，均可引起工程界的巨大兴趣。

在有某种地质作用和现象分布的地区，兴建工程建筑的条件均属于特殊的条件。在各具体情况下，专门的建筑标准与规则对它们均有明文规定。要保持警惕性和遵循一定的限制，必须采取专门的措施，以确保工程的稳定性和它们使用的正常条件。

各种各样地质作用和现象的广泛分布与发育向我们提出了保护地区、保护人类的生活和活动以及预测它们的必要性。这样才能防止这些作用和现象自发地、有害地和危险地，而有时甚至是灾难性地出现。工程动力地质学是从事研究和探讨与此有关问题的学科，它是工程地质学中最复杂和最有趣的一部分。实际上，工程动力地质学的使命是解决特殊地质条件下的建筑工程问题，探索保护地区和预测地质作用和现象的理论基础。工程动力地质学的最终任务是制订控制地质作用和合理利用地质环境的科学基础与方法。

本工程动力地质学课程是以工程地质学及其毗邻学科领域中最新的理论研究成果、工程勘察实践，以及各类工程的设计、施工与运营的经验为基础的。因此，在本教科书中所引述的实例和所引用的参考书一样，按时间多数是属于最近10-15年的成果。

在课程制订中，作者根据观察并确信某一地区地质作用和现象的发育与其地质结构、一定岩性综合体的分布特征，以及地质发展史有关。因此，只有在深厚的地质学基础上，亦即考虑某一地区的地形发育史、它的地质结构、水文地质条件、岩石性质形成的条件、伴生地质作用与现象的发生等等，才可能研究地质作用发育的规律。作者还认为，在自然界中普遍可见地质作用和现象发展中的相关法则，亦即当有一种现象发育时，必然引起其它现象的发生和发展。自然界中一定的相抵触性（矛盾性）注定了各种地质作用和现象发生和发展的自然不可避免性，也正是这些矛盾性是它们发育的原因和动力。

照例，地质作用将引起地区的地形、地质结构、岩石性质等的特殊变化。现象的实质亦即显示于此。地质作用和现象是在一定的自然和人为条件相组合的情况下发育起来的。因为这些条件的组合最有利于引起各种现象的作用力的发挥。

也就是说，在认识地质作用和现象时，必须考虑到，促使它们形成的原因与促进它们发展的条件并不是一回事。不应混淆这些概念。这样划分概念，有利于现象的分析、作用

的预测、和防治措施方向的选择。此时，尚有必要强调，地质作用发育的速度与强度不能作为它们的划分标准，因为它们只能表示作用和现象的动力学特征。

人类的工程与经济活动必须以掌握地质作用发育的规律与法则作为根据。而这些规律与法则又应当是进行地区防护和改造工作的基础。经验表明，人类的工程与经济活动本身又常造成有利于某些地质作用和现象发生和发展的条件。此类现象经常地是紧跟着人类的活动而出现。所以，对某些条件和情况估计不足便将立刻引起它们的发生。

人类生产活动对地质环境的影响，按其规模和结果来说，已达到与自然地质作用相比拟的程度。因此，可将它们看成是一种特殊类型的地质作用。可是，人类的活动是彼此矛盾的：在一些情况下是创造性的；而在另一些情况下则是破坏性的，常常导致自然平衡的破坏，并引起改变或破坏地质环境的地质作用和现象。据此，便产生了提出和解决合理利用和保护地质环境的极端必要性。

本书特别强调了，地球上每一地区的地形、地质形成物、地质作用和现象都是人类生活与活动的地质环境。地质环境也就是我们周围的地质条件，它是在和地球的大气圈、水圈、生物圈以及诸内圈的相互作用中产生和变化的。也就是说，地质环境是客观存在的事实，且勿将此概念与建筑工程影响带，与工程活动和技术作用影响带的概念混为一谈。但是，这种方法性的错误却经常出现。

工程动力地质学的课题与整个周围自然环境的保护紧密相连。无法想像，我们周围的自然环境和实施保护环境的措施不与地质环境有关。领土、地球的宝藏和其它自然资源，这一切都是我们国家和全民族的财富。为此，苏共中央和苏联政府在最近几年通过了一系列的法律和法规：1968年“苏联与各加盟共和国的土地法基础”，1970年“苏联与各加盟共和国的水利法基础”，1972年“关于继续改善保护自然与合理利用自然资源的措施”的法规，1975年“苏联和各加盟共和国的矿产法基础”等等。在苏共第25次代表大会上提出任务：要研究和采取措施以保护周围的环境与恢复自然资源。所有这一切表明，摆在工程动力地质学面前的任务具有极大的迫切性。因此，在本书中特别注意介绍了解决这些任务的方法。

在研究地质作用和现象时，经常采用的是工程地质学的全部基本方法，但此种研究必须是落实到定量评价和预测上面。为此，在本书的每一章节里均尽可能地特别注意了定量指标、计算方法和标准的应用。

以上是作者在编写本书时所遵循的一些基本原则。作者在列宁格勒矿业学院为“水文地质和工程地质学”专业大学生讲授课程的讲稿是本书的基础。

作者向Г.К.邦达利克教授和他所领导的莫斯科地质勘探学院工程地质教研室的全体同志以及Г.Г.斯科沃尔佐夫教授致以深切的谢意，感谢他们审阅手稿并提出了许多意见与希望。作者愉快地指出，如果没有А.М.洛姆塔泽经常的和巨大的帮助，本书手稿是不可能完成的。

对本书的意见与希望请寄：19926，列宁格勒，21条街，№2，列宁格勒矿业学院工程地质教研室，作者对此将致以衷心的感谢。

# 目 录

|                                      |       |       |
|--------------------------------------|-------|-------|
| 前 言                                  | ..... | ..... |
| 第 1 章 工程动力地质学——工程地质学的分支, 其内容、任务和研究方法 | ..... | 1     |
| 地质作用和现象及其对地区工程地质条件评价的影响              | ..... | 1     |
| 地质作用和现象的分类                           | ..... | 1     |
| 人类工程活动的地质作用与自然保护                     | ..... | 2     |
| 地质作用和现象的分布与发育的一般规律                   | ..... | 6     |
| 关于兴建各类工程建筑与地区开发利用的工程地质条件的概念          | ..... | 7     |
| 工程地质条件变化的预测及其采用的方法                   | ..... | 8     |
| 地质作用发育区地质条件的分类和图式                    | ..... | 9     |
| 与合理利用地质环境有关的工程地质问题                   | ..... | 10    |
| 第 2 章 海洋、湖泊和水库边岸的掏蚀与破坏               | ..... | 12    |
| 概论                                   | ..... | 12    |
| 边岸地貌                                 | ..... | 12    |
| 风浪                                   | ..... | 14    |
| 边岸的掏蚀与破坏                             | ..... | 21    |
| 海洋与湖泊边岸掏蚀及破坏威胁性的评价                   | ..... | 26    |
| 水库边岸再造的预测                            | ..... | 27    |
| 水库边岸再造预测方法                           | ..... | 31    |
| Г.С.佐洛塔廖夫法                           | ..... | 32    |
| Е.Г.卡丘金法                             | ..... | 33    |
| 山区水库边岸再造的预测                          | ..... | 35    |
| 用于防护水域边岸掏蚀与破坏的工程和措施                  | ..... | 36    |
| 结语                                   | ..... | 40    |
| 第 3 章 侵蚀现象                           | ..... | 41    |
| 河岸的掏蚀与破坏                             | ..... | 41    |
| 河谷的结构和构造                             | ..... | 41    |
| 决定河流侵蚀作用的因素                          | ..... | 44    |
| 河床作用                                 | ..... | 47    |
| 河岸掏蚀破坏的预测及其防护工程                      | ..... | 49    |
| 斜坡的冲刷与破坏, 冲沟、坳沟现象                    | ..... | 50    |
| 冲沟地貌及其形成阶段                           | ..... | 53    |
| 冲沟-坳沟现象发育的自然历史因素                     | ..... | 54    |
| 人类的经济活动与冲沟-坳沟现象的发育                   | ..... | 57    |
| 防治侵蚀的措施                              | ..... | 58    |



|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第4章 泥石流</b> .....              | 61  |
| 一般概念.....                         | 61  |
| 泥石流现象的分布及其在地区开发利用评价和工程建设中的作用..... | 62  |
| 泥石流的形成.....                       | 64  |
| 泥石流作用的动力学.....                    | 68  |
| 泥石流现象的防治.....                     | 69  |
| <b>第5章 沼泽、沼泽地及其开发利用</b> .....     | 72  |
| 概念的定义.....                        | 72  |
| 沼泽与沼泽地的分布.....                    | 72  |
| 沼泽与沼泽地的形成.....                    | 73  |
| 沼泽沉积物的组成成分与性质.....                | 74  |
| 沼泽的构造.....                        | 79  |
| 沼泽与沼泽地上的工程建设及其经济开发利用.....         | 80  |
| <b>第6章 黄土类土的湿陷现象</b> .....        | 86  |
| 黄土类土是陆相沉积的一种特殊岩石类型.....           | 86  |
| 黄土类土的分布、产状和构造.....                | 83  |
| 黄土类土的岩石学特征.....                   | 91  |
| 黄土类土的物理—力学性质.....                 | 94  |
| 黄土类土湿陷性的评价与预测.....                | 98  |
| 黄土类土性质的形成.....                    | 102 |
| 黄土类土区建筑工程的设计与施工.....              | 104 |
| <b>第7章 岩溶(喀斯特)</b> .....          | 106 |
| 概念的定义.....                        | 106 |
| 岩溶在地区和建筑工程稳定性工程地质评价中的作用.....      | 106 |
| 岩溶的分布.....                        | 109 |
| 地表的与深部的岩溶的形态.....                 | 112 |
| 岩溶发育的原因.....                      | 114 |
| 岩溶作用的地球化学.....                    | 114 |
| 有利于岩溶发育的条件.....                   | 119 |
| 岩溶分布的某些规律.....                    | 122 |
| 岩石岩溶化程度的评价.....                   | 124 |
| 岩溶区建筑工程的设计与施工.....                | 127 |
| <b>第8章 流砂与潜蚀现象</b> .....          | 132 |
| 概念的定义.....                        | 132 |
| 流砂的分布.....                        | 133 |
| 流砂的特征.....                        | 133 |
| 流砂的组成成分和物理—力学性质.....              | 134 |
| 流砂流动性的实质.....                     | 137 |
| 流砂分布地段建筑物的建筑条件.....               | 139 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 潜蚀现象 .....                     | 142        |
| <b>第9章 滑坡 .....</b>            | <b>145</b> |
| 一般概念 .....                     | 145        |
| 滑坡现象在地区与工程建筑一般稳定性中的作用 .....    | 146        |
| 分布 .....                       | 149        |
| 滑坡地段的形态特征 .....                | 150        |
| 滑坡的构造(结构) .....                | 154        |
| 发生滑坡的原因 .....                  | 155        |
| 有利于形成滑坡的条件 .....               | 161        |
| 滑坡作用的机理 .....                  | 163        |
| 滑坡作用的动力学 .....                 | 164        |
| 滑坡分类 .....                     | 168        |
| 滑坡稳定性的工程地质评价 .....             | 174        |
| 滑坡稳定性的计算方法 .....               | 178        |
| 具倾斜滑动面滑坡稳定性的计算方法 .....         | 178        |
| 具圆弧形, 假定圆柱形滑动面滑坡稳定性的计算方法 ..... | 181        |
| 滑坡现象的预测 .....                  | 182        |
| 由非均质岩层所构成的斜坡和边坡稳定性的计算方法 .....  | 183        |
| 由均质岩层所构成的斜坡和边坡稳定性的计算方法 .....   | 183        |
| 计算斜坡和边坡稳定性的ВНИИИ法 .....        | 186        |
| 评价斜坡和边坡稳定性的Н.Н.马斯洛夫法 .....     | 187        |
| 防治滑坡的措施 .....                  | 188        |
| 地表径流的调节 .....                  | 189        |
| 充水岩层的排水 .....                  | 190        |
| 岩土重量的重新分配 .....                | 192        |
| 边岸冲刷与掏蚀的防护 .....               | 194        |
| 边固岩土体的支挡与锚固工程 .....            | 194        |
| 岩石性质的人工改良 .....                | 196        |
| 绿化改良措施 .....                   | 196        |
| 预防性措施 .....                    | 197        |
| 结语 .....                       | 198        |
| <b>第10章 崩塌现象 .....</b>         | <b>199</b> |
| 概念的定义 .....                    | 199        |
| 崩塌现象的分布 .....                  | 199        |
| 崩塌现象的形成条件 .....                | 200        |
| 崩塌作用的机理 .....                  | 202        |
| 崩塌现象威胁性的预测和评价 .....            | 206        |
| 防治崩塌的措施 .....                  | 209        |
| <b>第11章 多年冻结 .....</b>         | <b>212</b> |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 概念的定义 .....                      | 212 |
| 多年冻结的分布 .....                    | 216 |
| 地壳冻结带的构造 .....                   | 216 |
| 地热平衡及多年冻结的形成条件 .....             | 218 |
| 岩石的冻结及其在冻结时性质的形成 .....           | 219 |
| 冻土的成分和构造 .....                   | 221 |
| 冻土的物理—力学性质 .....                 | 222 |
| 冻土的热学性质 .....                    | 228 |
| 地质冻结作用和现象 .....                  | 230 |
| 冻胀 .....                         | 231 |
| 建筑物基础的冻胀隆起 .....                 | 234 |
| 冻胀丘的形成 .....                     | 235 |
| 多边形构造 .....                      | 236 |
| 热喀斯特(热沉陷)现象 .....                | 236 |
| 冰堆现象 .....                       | 238 |
| 多年冻土分布区建筑工程的设计与施工 .....          | 241 |
| <b>第12章 地震现象</b> .....           | 244 |
| 一般认识 .....                       | 244 |
| 苏联境内的地震区 .....                   | 245 |
| 地震的起因与地震区的形成 .....               | 246 |
| 地震波 .....                        | 249 |
| 地震力的评价 .....                     | 251 |
| 地区工程地质条件对地面地震强度的影响 .....         | 256 |
| 由于地壳上部岩层人为充水所引起的地区地震活动性的变化 ..... | 261 |
| 地震微分区 .....                      | 265 |
| 地震区的工程建设 .....                   | 267 |
| <b>汉俄专业词汇索引</b> .....            | 269 |

# 第1章 工程动力地质学——工程地质学的分支,其内容、任务和研究方法

## 地质作用和现象及其对地区工程地质条件评价的影响

工程动力地质学是工程地质学的一个分支与科学研究的一个方向。它不仅研究自然的,而且也研究由于建筑工程的兴建和地区经济开发利用而产生的地质作用和现象。

地质作用是在岩石的形成与破坏过程中,或是在它们的物理状态和产状变化、地表地形、地壳结构以及整个地球内部结构的形成与变化中表现出来的。所有的地质作用,由于它们对地区的稳定性,以及对已有的或正在设计和施工的建筑物(城市、房屋、桥梁、水坝、道路、隧道、机场、矿井、矿坑等)的稳定性的影响,均可引起工程界的巨大兴趣。

在一些地区和地段境内,当发育有这种或那种地质作用和现象时,则各类工程建筑的布局、它们的兴建条件、稳定性,以及正常使用等均将遇到一定的复杂性与困难。例如,在磨蚀与冲蚀发育区,在湿陷性黄土分布区,在滑坡、岩溶、地震区,以及在多年冻土分布带等地区兴建各类工程建筑时,都将产生各种各样的问题。

在这些地区兴建工程建筑的条件属于特殊的条件,对它们均有专门的建筑标准与规则,以及特殊的原则规定。要保持警惕性和遵循一定的限制,以及采取专门措施,以确保工程建筑的稳定和它们正常使用的条件。由此也就需要预测与防止自然的与灾难性的,有害的与危险的地质作用和现象的产生,以保护地区的环境和人民的生活。

工程动力地质学就是研究和探讨这些问题的学科,它是工程地质学中最复杂和最有趣的一部分。实际上,它的使命是解决特殊地质条件下的工程建筑问题,研究地区自然保护和预测地质作用和现象的基本理论。工程动力地质学的最终任务是制定控制地质作用与合理利用地球矿藏的科学基础与方法。据此,工程动力地质学研究以下问题:

- 1.发生于地球表面或地壳表部的各种各样的(主要是外动力的和某些内动力的)地质作用和现象的分布规律;
- 2.与人的工程和经济活动有关的地质作用和现象的形成规律;
- 3.各种地质作用和现象发育的动力学,它们表现的形式和受各种自然与人为因素的制约性;
- 4.评价地质作用可能影响地区、建筑工程稳定性及其使用条件的定性、定量方法;
- 5.预测地质作用和现象(其中包括自发的)危害性的理论基础,以便控制它们的发展,限制它们的分布,预测它们的产生或防止它们的有害影响;
- 6.为论证防御工程设施的设计与其实实施必要性的工程地质研究方法。

## 地质作用和现象的分类

如上所述,地质作用是在地质现象的发展中,亦即是在地球表面地形连续不断的有规

律的变化、地壳结构和物质组成成分以及整个地球内部结构的演化中显现出来的。因此，首先可将各种各样的地质作用分为三个基本类型：地貌的、岩性的、构造的等。它们具有不同物质运动形式和相互作用的物理学的、力学的、化学的或是生物学的本质<sup>[6,7,8,9]</sup>。在地质作用的进一步划分中必须考虑控制它们发生和发展的那些作用力（表1-1）。

表 1-1 地质作用的分组和现象的类型

| 作                      | 用 | 现                                     | 象 |
|------------------------|---|---------------------------------------|---|
| 地表水(海、湖、水库、河流和暂时性水流)活动 |   | 海、湖、水库岸边的掏蚀与破坏，河岸的掏蚀与破坏，斜坡的冲刷—冲沟—坍沟现象 |   |
| 山区河流的洪水                |   | 泥石流                                   |   |
| 地表水与地下水的活动             |   | 地区沼泽化                                 |   |
|                        |   | 湿陷现象                                  |   |
|                        |   | 岩溶(喀斯特)                               |   |
| 地下水活动                  |   | 流砂                                    |   |
|                        |   | 潜蚀现象                                  |   |
| 重力作用                   |   | 滑坡                                    |   |
|                        |   | 崩塌                                    |   |
| 风的活动                   |   | 吹蚀和吹积                                 |   |
| 岩石的冻结与融化               |   | 热陷                                    |   |
|                        |   | 冻胀                                    |   |
|                        |   | 冰椎                                    |   |
| 岩石中内力的作用               |   | 膨胀                                    |   |
|                        |   | 收缩                                    |   |
|                        |   | 疏松                                    |   |
| 地球内力作用                 |   | 地震现象                                  |   |
| 人类的工程活动                |   | 在开采固体矿产时，有用地的被破坏与毁灭                   |   |
|                        |   | 大量开采地下水、石油、天然气时的地面沉降                  |   |
|                        |   | 地区的淹没和浸没                              |   |
|                        |   | 地区灌溉时岩石的次生盐碱化                         |   |

工程地质学奠基者Ф.П.萨瓦连斯基（1937）年，首次示范性地提出了一个地质作用和现象的分类。这种以成因观点来论述地质作用和现象的学说是唯一正确的学说，所以，我们将竭尽全力继续发展这一学说。

### 人类工程活动的地质作用与自然保护区

在兴建调节河水，地区灌溉和疏干、开发矿产等各类建筑工程时，人所进行的工作常从根本上破坏了自然界于地质世纪时期形成的平衡。结果，便产生了各种各样的地质作用和现象，按其规模和破坏作用已完全可以与自然地质作用和现象相比。因此，应将人类的工程与经济活动看作是一种具有地质意义的活动，或更确切地说，是能够实现巨大的“地质”作用的活动。

事情确实如此，例如，自战后以来，露采方法已成为开采固体矿产的最重要技术方向。到二〇〇〇年，许多类型矿产的固体矿床将主要用露采型式开发，矿坑深度可达400—500米甚至800米。利用露采方法将开采出50—60%的煤，85%的铁矿，85—90%的有色金属矿，50%的矿山——化学原料，100%的非金属矿和建筑材料。现时苏联的矿山工程量（包

括剥离工程)共计是30亿米<sup>3</sup>/年。将来随着国家经济的发展,这一数值还将扩大4—6倍。苏联所有最主要的矿山工业区——顿巴斯、库兹巴斯,卡拉干达,厄基巴斯土兹,坎斯克-阿钦斯克,克里沃罗日耶,库尔斯克磁异常区(KMA),乌拉尔,库斯塔等,将更加迅猛地发展,并形成新的矿山工业区。

也就是说,仅在开发矿产方面,由于人类的活动在地壳表层就移动了大量的岩体。由于矿坑、矿井的兴建和弃碴的堆放,地球景观和地表形态发生显著的变化,并且相应地吞噬了大面积的良田。在此种条件下,地形复原便成了最重要的课题之一。开挖矿坑堆放弃碴常沿边帮和边坡形成滑坡,崩塌和岩堆,而开凿井巷又常引起地下巷道顶底板岩层的明显移动和岩石的其它变形,它们一旦到达地表便将破坏现存的和正在兴建的工程建筑的稳定性。

煤、铁及其它有用矿产开采规模的扩大以及新矿床的开采,均与疏干、降低地下水位或水压问题密切相关。现时,在矿区为此目的从地壳表部抽出了大量的地下水,并且引起地下水位和水压在数百和数千平方公里范围内下降数十至数百米。

不仅在矿山工程的兴建与使用中从地壳中往外抽水,而且在为生活用水,生产技术供水,矿泉医疗目的、灌溉、开采化学原料,以及由于建筑施工、土地改良等人工降低水位,抽出的水量更大。据已有资料,苏联每年仅为供水便需要从地下抽出150亿立方米的水,而且其数量还在不断增加。例如,至1963年以前,居民每人的需水量是125升/昼夜,而至1970年此数已扩大到220升/昼夜<sup>[16]</sup>。

长时期和大量地抽吸地下水,极严重地涸竭了地下水储量,改变了水动态和大面积地区的整个水文地质条件。这导致了各种地质作用和现象的发育——饱气带厚度的扩大,岩石的疏干及其物理状态的改变,岩层应力状态的改变以及由于它们的压密而引起的地面沉降等等。

图1-1和1-2列举的是表明大阪市区地面沉降情况的图表<sup>[1]</sup>。大阪是仅次于东京的日本第二最大工业城市,位于本州岛南端的淀川河口区。在地质剖面上90—105米深度以上,在第四纪沉积层中为砾石、砾砂、粘土的互层。该层可大体分出四层含水层,从中为供水目的每昼夜提水50—60万米<sup>3</sup>。此种抽水引起了地面沉降。根据对专门埋设的200个沉降标的观测发现,在市区不同地区,不同时期的沉降强度不一样。最大沉降值出现在抽水最为剧烈的地区。某些地段从1935年至1958年沉降值达到175~190厘米,而至1960年甚至达220厘米。

为保护地面不被海水淹没,采取了限制取水和筑堤防护城区的措施。至1958年,沿海、河及运河的边岸筑起了总长达124公里的堤坝。此外,为抬高地面高程还铺填了2650万立方米的土。东京市区现正在开采着的水井大约有1500眼,其总抽水量为70万米<sup>3</sup>/昼夜。结果使那里的地面沉降达到了3.3米,沉降漏斗的面积为300平方公里。在大伦敦地下水位的最大降深值达到90米,而地面沉降值测定为数十厘米,沉降漏斗的面积为1800平方公里。

墨西哥首都墨西哥市是由于强烈开采地下水而引起地面沉降的典型范例<sup>[1]</sup>。该市为供水目的从众多的深度为90米,以及部分更深(100—130米)的钻孔中每昼夜抽出了812,160米<sup>3</sup>的水。多数钻孔都揭穿了与粘土互层的厚层冲积砂和卵石层(图1-3)。在强抽水 and 地下水压力水位降低的影响下,出现了砂、砾石层的疏干,粘土湿度降低和压密。因此,在墨西哥市出现了全市区和个别建筑物的不均匀沉降。七十六年间(自1880年至1956年)的

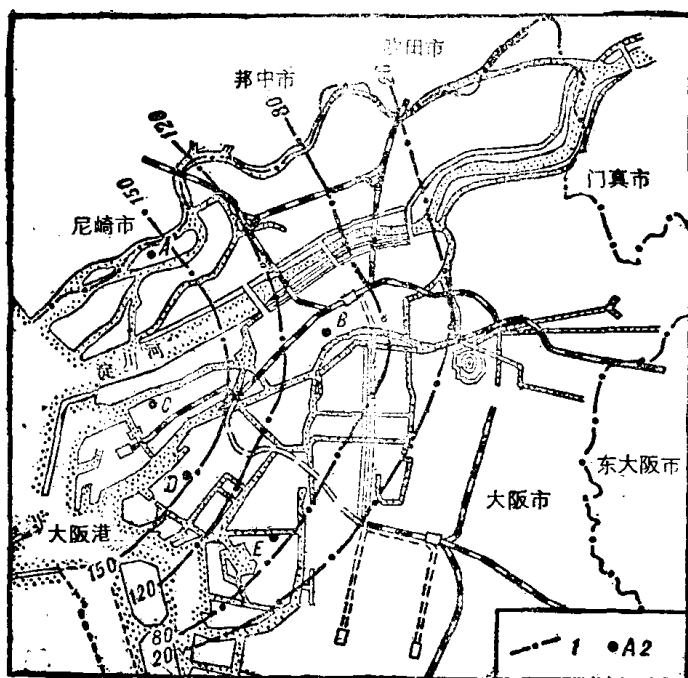


图 1-1 大阪市区地面沉降图

(1935—1958年)

1—沉降数值线(厘米);2—市区地面沉降观测点

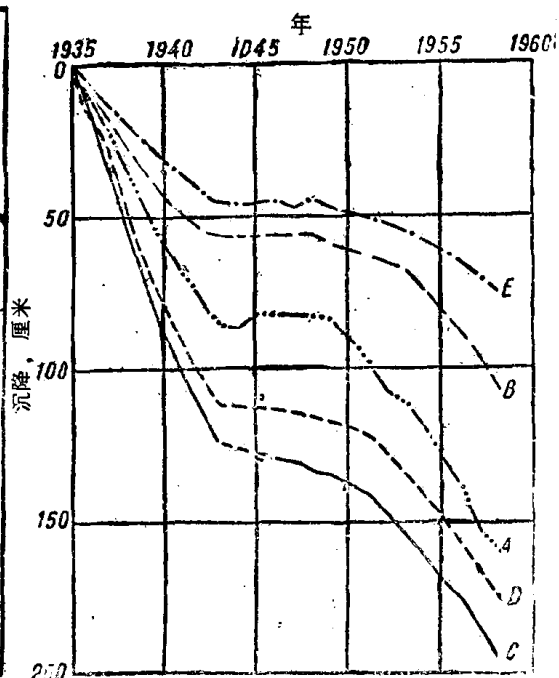


图 1-2 大阪市区自1935年至1958年的地面

沉降变化曲线

(据A、B、C、D、E点的观测资料)

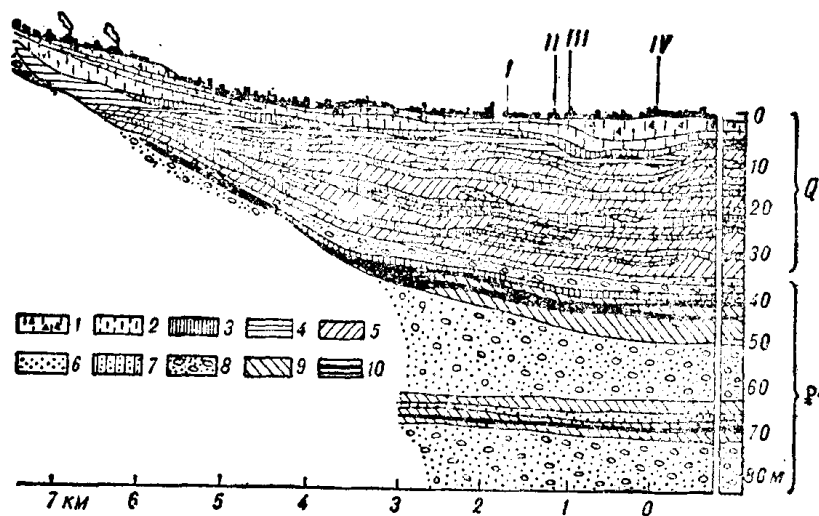


图 1-3 墨西哥市地质断面图

1、2—冲积沉积物;1—有文化遗物的;2—无文化遗物的;3—柯里切斯碳酸盐建造;  
4—浮石类砂,软粘土,钙质堆积物;5—塔库瓦恰粘土建造;6—黑色的火山砂;7—碳酸盐建造;  
8—胶结的砂、卵石;9—塔林卡粘土建造;10—砂与火山玻璃夹层;  
I—阿拉麦达宫;II—精艺美术馆;III—拉美大厦;IV—教堂

平均沉降值是5.6米,而在个别地段到1960年此值已达7米。精艺美术馆大厦自1937年以来下沉了4.86米。许多建筑物由于不均匀沉降而倾斜:圣母大教堂倾 $4^{\circ}$ ,忏悔教堂倾 $1^{\circ}$ 。蒙塔尼斯高等学院大楼中心与两边的沉降差在总长度为50米时几乎可达1米。地面不均匀沉降和建筑物沉降与土层成分的不均一及其压缩性不同有关。Раул Марсел教授曾经计算过,至1980年市区的沉降值是9米,而至2000年可达11米。墨西哥市建筑物由于地面不均匀

沉降所引起的众多变形,迫使人们寻找为防止其进一步发展而进行斗争的途径(缩减上部含水层的开采量,向含水层人工灌注空气或水以恢复地下水压等)。

在油气田采油、采气和抽水也是改变地表形态的重要因素。例如,在乌依尔明格道矿区,在郎一比奇港靠近洛杉矶附近(加利福尼亚州),从1937年至1955年从上新统和中新统总厚300米的含油砂岩中开采出1.48亿吨石油,结果使那里的地面在同时期内下降了6.6米。如观测资料表明,地面沉降的速度与采油的强度有密切的相关性。因为开发自然宝藏的速度与日俱增,所以有许多实例说明相当多的地质作用和现象的发育与开采地下油气、抽吸地下水有联系。

在河流调节和修建水利工程时,常出现自然平衡的重大破坏。在座落有众多城市、乡村和各种工程建筑物的水库边岸上,常发育有许多地质作用和现象——地区的淹没和浸没,土地的盐渍化和沼泽化,边岸的掏蚀和破坏,滑坡的强烈发育,地震活动性的加剧(详见第12章)等等。这些现象导致了良田的破坏与毁灭,地区与建筑工程稳定性的破坏。这并非是过高地估计了它们的作用。因此,必须寻找保护地区环境的办法和花费巨额资金,以防止这些作用和现象的有害影响。再引用其它更多的各种各样的实例已无必要,因为已引用过的实例已完全足够表明人类的工程和经济活动具有何等的地质意义。另外,在以后各章还将引用众多的由于人类活动而引起的地质作用和现象的实例及其后果。

总之,在地表和地壳表部,无论是自然的,还是与人类活动有关的人为的地质作用都是在不停地发展作用着:有时刚有显示,有时强烈发育,有时灾难性地发育。它们表现为岩石和地形多种形式的破坏,建筑物的众多变形,个别建筑物和城市的毁灭和伴生灾难,有时甚至造成众多的人身伤亡。所以,研究和预测地质作用和现象是与地区的合理利用与保护、保护人的生命财产,以及与保护整个周围环境的课题密切相关。进行地区开发利用及与建设有关的人的工程与经济活动必须以充分掌握地质作用和现象的发育规律为依据,按着人所需要的方向有计划地去控制地质作用和现象。

最后尚应指出,Г.Н.卡明斯基于1936年曾将与人类工程活动有关的地质作用和现象命名为工程地质作用与现象。之后,И.В.波波夫(1959年),Н.В.科洛明斯基和И.С.卡马罗夫(1964年),П.Н.潘纽科夫(1962年)等也都将自然地质作用与所谓的工程地质作用加以区分。例如,岩石在上复岩层作用下的压密是自然地质作用,在建筑物作用下则应是工程地质作用;黄土受雨水与融化水浸湿而湿陷的作用——是自然的,而受运河水或上下水道水浸湿则是工程地质的;河谷斜坡上的岩石滑坡作用是自然的,而基坑边坡的则是工程地质的;海或湖岸边的掏蚀与破坏是自然的,而水库边岸上的则是工程地质的;岩溶空洞中的岩石移动和坍塌是自然的,而地下工程中的坍落则是工程地质的等等。

我们认为,这样来划分地质作用和现象是不合适的。划分出的所谓“工程地质作用”毫无根据,因为此类作用并不反映岩石中的某种特殊变化,而且它们的发生也并不是由于某种与自然地质作用和现象的动力有何差别的特殊的矛盾所引起。区分此类作用缺乏科学基础,没有足以显示现象本质的东西。此类划分是以表面感觉的特征为基础的。地质作用发育的强度与速度不能做为它们划分的标准,因为这只表征它们的动力机制。同样如此,地点或地区面积亦不能做为划分“工程地质作用”的专门特征。



## 地质作用和现象的分布与发育的一般规律

地质作用根据其产生的能源和出现的地点可分属于内动力的和外动力的。内动力作用与地球内力有关，它们的活动表现为构造运动(古老的、最新的和现代的)、地震与火山现象。外动力作用则受外力控制，由于热能和阳光与重力的影响，它们在不同的气候与自然地理条件下，而不尽相同。

内动力作用易于扩大地形的对比度及其坡降值，它们造成了地球最大的地形形态，而且，它本身又是许多外动力发育的条件。相反，外动力作用，降低地形能量、地形坡降、促使不平的地表面拉平，而且是逐渐的、有规律地(阶段、期、时期)降低其发育强度与速度。但是，外动力作用的发展是由于具有一定的方向特性，所以它的作用是不平衡的，熄灭、停止、再发展、出现灾难，从而毁灭和破坏良田，破坏地区与建筑物的稳定性，并经常地威胁着人们的生活与工程活动。在外动力作用中有许多是借重力影响而发育的，重力或是直接参与(如崩塌、岩堆、滑坡等)或是借水流，冰流，气流发挥作用。最后，与人类工程和经济活动有关的那些作用和现象亦应属于外动力作用范畴。

正如H.M.斯特拉霍夫(1960)指出的：“地形本身并不是独立的数值，它是造陆运动动态的函数”，亦即地壳强烈地振荡运动形成山地地形，而勉强察觉到的运动则形成平原。这样，外动力地质作用在某一地区的发育速度与性质在较大程度上取决于气候和通过地形所表现的构造动态。在地质作用和现象的发展中，内、外动力的相互作用与矛盾亦即表现于此，它们是成因性的控制因素。但是，此类矛盾并不是它们发展的唯一动力。有许多内、外动力地质作用尽管是在同一个地区，在地表或在地壳表部，但却是彼此独立地发育着，例如：冻胀与地震现象。

地质作用是由于存在一定的对立性(矛盾性)才发育的。例如：岩石的矿物成分——它们周围环境的地球化学条件；岩石的应力状态——它们的极限平衡；岩石的孔隙与密度——施加荷重的数值；岩石的成岩程度——重力和地球化学力的作用数值；岩石的冲刷性与软化性——水流速度等等。此种对立性(矛盾性)构成了一切地质作用和现象发育的客观必然性，是它们发育的动力。

地球表面的地质作用在不同区域、地区、区段发育的不均匀性是它们的最重要特征。这可用气候、自然地理条件、地形特征、岩石特定综合体的分布以及地质结构的配置等予以解释。众所周知，每一种地质作用只有在严格的特定的气候、自然地理条件下才能发育得最好<sup>[10]</sup>。例如，海、湖和水库边岸的强烈掏蚀和破坏，主要是发育在研究地段具有沿主导风向持续强风的季节。河流的冲刷作用与山间河流的泥石流一样，一定是在雨季或冰川积雪强烈融化的洪水和汛期季节表现得最为强烈，亦即与决定河水补给条件的动态特征紧密相关。坡地冲刷与冲沟—坳沟现象在大气降水分布不均匀的地方，在短时间内它们是以暴雨型式降落的地方，表现最明显。沼泽与沼泽地的分布常出现于潮湿的和过分湿润的气候区，而风蚀作用则是极干燥的大陆性干旱气候区，沙漠和半沙漠的特征。

在极其不同地段的许多观测表明，斜坡或边坡上滑坡的激烈和普遍的活动期与丰沛的和长期的降雨期，冰雪的强烈融化期、水域里的高水位期，以及与地下水多种多样的活动形式等密切相关。这说明，滑坡的形成与当地的气候条件具有毫无疑义的因果关系。冻结综合现象主要是分布于持续寒冷湿润的极地气候条件。最后，在本教材的第一册“工程岩