



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

道路工程地质

(第二版)

罗 筠 主 编

赵明阶 [重庆交通大学]

主 审

喻 红 [广东省工程勘察院]



免费下载

配课件

www.cipress.com.cn



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

Daolu Gongcheng Dizhi 道路工程地质

(第二版)

罗 筠 主 编

赵明阶[重庆交通大学]

主 审

喻 红[广东省工程勘察院]



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为“十二五”职业教育国家规划教材。全书内容分为道路工程地质现象的认识、道路工程地质知识的应用、道路工程地质病害的治理3个部分,下设多个学习任务,在每一个学习任务后均附有“本任务小结”和“思考题”。

本书主要供高等职业院校道路桥梁工程技术专业学生使用,也可作为路桥类工程技术人员的培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

道路工程地质 / 罗筠主编. —2版. —北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016.1

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-114-12291-0

I. ①道… II. ①罗… III. ①道路工程—工程地质—
高等职业教育—教材 IV. ①U412.22

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第124675号

“十二五”职业教育国家规划教材

书 名: 道路工程地质(第二版)

著 作 者: 罗 筠

责任编辑: 刘 倩

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12

字 数: 280千

版 次: 2011年4月 第1版

2015年8月 第2版

印 次: 2016年1月 第2版 第1次印刷 总计第4次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12291-0

定 价: 30.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)



第二版前言

根据 2013 年 8 月教育部《关于“十二五”职业教育国家规划教材选题立项的函》[教职成司函(2013)184 号], 本教材获得“十二五”职业教育国家规划教材选题立项。

本教材编写人员在认真学习领会《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》(教职成[2012]9 号)、《高等职业学校专业教学标准(试行)》、《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》(教职成司函[2012]237 号)等有关文件的基础上, 结合当前高等职业教育发展和公路行业发展的实际情况, 对第一版做了全面修订, 形成了本教材第二版。

本次教材修改主要作了以下调整:

1. 将“第 1 部分 道路工程地质现象的认识”中的“学习任务 3”增加了“3.1 第四纪地质”, “学习任务 4”增加了“4.1 地表水”。

2. 删减了本教材第一版中的“水毁与翻浆”、“地震”、“岩石工程性质”等相关内容。

3. 在每一个学习任务后面增加了“本任务小结”、“思考题”。

4. 其他章节修改则以内容顺序调整和完善, 以及个别语句和文字的修改为主。

通过本次再版, 本教材内容力求少而精, 与工程活动相关的知识更系统, 重点更突出, 概念更加准确, 文字更加通顺。同时, 编者在修订过程中, 得到交通行业专家指点, 对教材选用内容提出了宝贵的意见, 在此向相关领导及专家表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限, 书中不妥之处在所难免, 真诚地欢迎广大读者多提宝贵意见。

编 者

2015 年 4 月



第一版前言

本书是高职高专工学结合、课程改革规划教材,是在各高等职业院校积极践行和创新先进职业教育理念,深入推进“校企合作,工学结合”人才培养模式的大背景下,由交通职业教育教学指导委员会路桥工程专业指导委员会根据新的课程标准编写而成。

工程地质是讲解调查、解决与各类工程建筑物的勘测、设计、施工和使用等有关地质问题的一门课程。工程地质涉及面很广,包括道路工程、铁路工程、土木工程、地下工程、水利工程等。本教材主要针对道路工程,故定名“道路工程地质”。

在课程的设计上,本教材以实际工作任务为引领,以道路建设中处理地质问题的能力为主线,贯穿课程的始终。本教材将道路工程地质项目分解为:道路工程地质现象的认识、道路工程地质知识的应用、道路工程地质病害的治理三个学习情境,目的是让学生掌握每一阶段地质知识的应用过程。每一个学习情境都有关于地质知识的介绍,但不是简单的重复,而是知识的不断提升。

本教材学习情境一的工作任务一至四、学习情境二的工作任务二和工作任务四由贵州交通职业技术学院罗筠编写,学习情境一的工作任务五由湖北交通职业技术学院的熊文林和贵州交通职业技术学院的罗筠共同编写,学习情境二的工作任务一由辽宁交通高等专科学校的李晶编写,学习情境二的工作任务三由李晶和罗筠共同编写,学习情境三由熊文林编写。

本教材主要供高等职业院校道路桥梁工程技术专业学生使用,也可作为路桥类工程技术人员的培训教材或自学用书。

编 者

2010年5月



第 1 部分 道路工程地质现象的认识	1
学习任务 1 认识矿物与岩石	3
1.1 地壳与地质作用	3
1.2 矿物	10
1.3 岩石	18
本任务小结	32
思考题	32
学习任务 2 认识地层与地质构造	33
2.1 地层	33
2.2 地质构造	37
本任务小结	45
思考题	45
学习任务 3 认识地貌	45
3.1 第四纪地质	45
3.2 地貌学的特征	48
本任务小结	63
思考题	63
学习任务 4 认识地下水	63
4.1 地表水	63



4.2 地下水的基本概念	65
本任务小结	73
思考题	73
学习任务 5 认识道路工程地质病害现象	73
5.1 崩塌、滑坡	73
5.2 泥石流与岩溶	82
本任务小结	88
第 2 部分 道路工程地质知识的应用	89
学习任务 1 工程地质勘察	90
1.1 道路工程地质勘察概述	90
1.2 道路工程地质勘察	95
本任务小结	103
思考题	104
学习任务 2 识读工程地质图	104
2.1 地质图	104
2.2 地质图识读	113
本任务小结	118
思考题	118
学习任务 3 道路工程地质勘察报告书与图表的编制	118
3.1 工程地质勘察报告书概述	118
3.2 工程地质报告书的编写	120
本任务小结	131
思考题	131
第 3 部分 道路工程地质病害的治理	132
学习任务 1 常见道路地质病害的防护与治理	133
1.1 崩塌防治	133
1.2 滑坡防治	138
1.3 泥石流防治	145

1.4 岩溶防治.....	148
本任务小结.....	154
思考题.....	154
学习任务 2 主要特殊性岩土的处治	154
2.1 软土的防治.....	154
2.2 黄土防治.....	159
2.3 膨胀土.....	163
2.4 冻土.....	169
2.5 盐渍土.....	173
本任务小结.....	177
思考题.....	177
参考文献	178

第 1 部分



道路工程地质现象的认识



学习目标

1. 知道地壳的物质组成、地质作用与风化作用；
2. 知道常见岩石、矿物的物理性质，能进行判别；
3. 知道地质年代、岩层产状，能识别地质构造现象；
4. 知道常见的地貌类型，并能掌握地貌类型与道路工程的关系；
5. 知道常见的道路地质病害类型，并能掌握其产生的条件。



学习任务

1. 认识常见岩石、矿物；
2. 了解地质构造对公路工程的影响；
3. 了解地貌类型与道路工程的关系；
4. 认识地下水；
5. 认识常见道路地质病害产生的条件。



学习指南

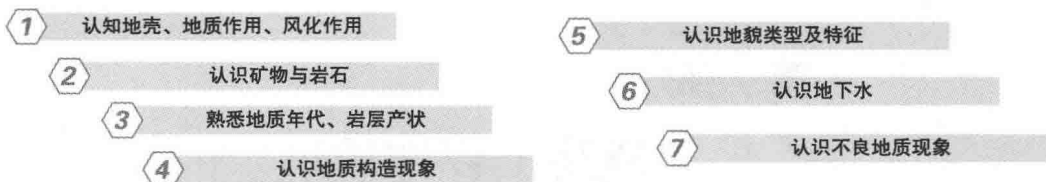
研究道路工程地质的目的在于查明道路建筑场地的地质条件，分析、预测和评价可能存在和发生的工程地质问题，提出防治不良地质现象的措施。为保证道路工程建设的合理规划以及建筑物的正确设计、顺利施工和正常使用，就要分析和预测在自然条件和工程建设活动中可能发生的各种地质作用和工程地质问题，例如滑坡、泥石流，以及诱发地基沉降、人工边坡和地下洞室围岩的变形，因破坏、开采地下水引起的大面积地面沉降等。

道路工程地质的主要任务是调查道路地区的工程地质条件，分析存在的工程地质问题，选择地质条件较好的建筑场地；对选择的场地做出工程地质评价；改造地质环境，进行工程地质处理，提高岩土体的稳定性，保护环境。

要完成这项任务，工程地质工作人员必须到工作区现场进行调查和观察，把工作区的地质情况记录下来，以便做出评价和处理。因此，工程地质人员首先应认识各种地质现象。



本部分学习内容基于道路工程地质的工作过程，分为5个学习任务，其中包括两个技能训练，目的是让学生认识各种地质现象。因此，每个学生应沿着如下流程进行学习：



学习方法建议

采用“教、学、做”一体化，结合案例教学法，利用实物标本、模型及相关多媒体资源和教师的讲解，并结合某条道路野外地质勘察记录的成果样本，使学生能认识常见地质现象，从而为野外地质勘察打下基础。



检查与评价

1. 造岩矿物标本肉眼鉴定记录表；
2. 岩浆岩标本肉眼鉴定记录表；
3. 沉积岩标本肉眼鉴定记录表；
4. 变质岩标本肉眼鉴定记录表；
5. 地质构造对公路工程影响的案例分析报告；
6. 分析地貌类型与道路工程关系的报告；
7. 收集资料，总结关于常见道路地质病害的报告。



学习资料

1. 教材与案例；
2. 相关教学模型；
3. 岩石、矿物标本；
4. 《公路工程地质》国家精品课程网站的图片、课件、动画等相关教学资源（<http://www.gzctc.edu.cn/jpkc/lqgc/index.asp>）。

学习任务1 认识矿物与岩石

1.1 地壳与地质作用

1.1.1 道路工程地质基本概念

1) 什么是工程地质

工程地质是调查、研究、解决与人类活动及各类工程建筑有关的地质问题的科学。调查、研究工程地质的目的是为了查明各类工程场区的地质条件,对场区及其有关的各种地质问题进行综合评价,分析、预测在工程建筑作用下,地质条件可能出现的变化和作用,选择最优场地,并提出解决不良地质问题的工程措施,为保证工程的合理设计、顺利施工及正常使用提供可靠的科学依据。

2) 道路工程地质的具体任务

(1) 评价工程地质条件,选定适宜的道路选线方案,保证设计、施工、使用的顺利进行。

(2) 从地质条件与道路工程建筑相互作用的角度出发,论证和预测有关道路工程地质问题发生的可能性以及发生的规模和发展趋势。

(3) 提出改善、防治或利用有关道路工程地质条件的措施,制订加固岩土体和防治地下水的方案。

(4) 研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用与影响。

3) 工程地质条件

工程地质条件指工程建筑物所在地区地质环境各项因素的综合。

地层岩土的工程性质:包括成因、时代、岩性、产状、成岩作用特点、变质程度、风化特征、软弱夹层和接触带以及物理力学性质等。

地质构造:包括褶皱、断层、节理构造的分布和特征。

水文地质条件:包括地下水的成因、埋藏、分布、动态变化和化学成分等。

地表地质作用:主要包括滑坡、崩塌、岩溶、泥石流、河流冲刷、沉积和风化等。

地形地貌:地形是指地表高低起伏状况、山坡陡缓程度与沟谷宽窄及形态特征等;地貌是指地形形成的原因、过程和时代。它们都会影响建筑场地和线路的选择。

天然建筑材料:建筑材料的分布、类型、品质、开采条件、储量及运输条件等。

4) 工程地质问题

已有的工程地质条件在工程建筑建设过程和建成运行期间会产生一些新的变化和发展,从而对工程建筑安全产生影响。

(1) 地基稳定性问题:包括强度和变形两个方面。

(2) 斜坡稳定性问题:人类工程活动,尤其是道路工程需开挖和填筑的人工边坡(路堑、路堤、堤坝、基坑等),其斜坡稳定对防止发生地质灾害及保证地基稳定十分重要。



斜坡地层岩性、地质构造特征是影响其稳定性的物质基础,风化作用、地震、地下水和地表水等对斜坡软弱结构面的作用将破坏斜坡稳定,而地形地貌和气候条件是影响其稳定的重要因素。

(3) 洞室围岩稳定性问题:地下洞室被包围于岩土体围岩中,在洞室开挖和建设过程中破坏了地下岩土体的原始平衡条件,便会出现一系列不稳定现象,常遇到的有围岩塌方、地下水涌水等。

1.1.2 地球的构造

地质学是研究地球的一门学科,工程地质学是研究工程建设与地质环境相互关系的学科。工程建设涉及的范围都只在地球表层,因此目前人类的工程活动都局限于地球内圈层最上的一个圈层——地层。地球表面照片如图 1-1-1 所示。

按组成地球物质形态的不同,可将地球划分为外圈层和内圈层。其外圈层包括大气圈、水圈、生物圈;内圈层包括地壳、地幔和地核(图 1-1-2)。

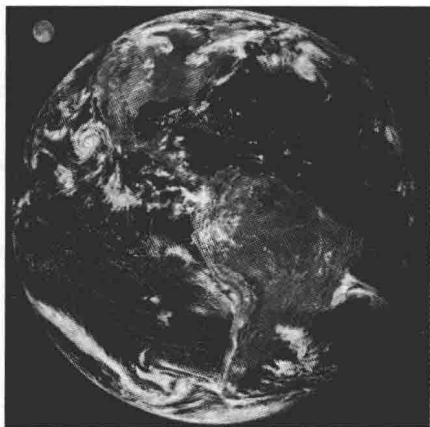


图 1-1-1 地球表面



图 1-1-2 地球内部构造示意图

1) 地球内圈层

(1) 地壳。地壳是地球内层圈中的最外层,是地球内圈层最外部的一层薄壳,约占地球体积的 0.8%。地壳由坚硬的岩层和岩层风化后所形成的上层组成。组成地壳的物质主要是地球中比较轻的硅镁和硅铝等物质。地壳的下表面是莫霍面,地壳最薄处约为 1.6km (在海底海沟沟底处),海底部分厚 6~10km。

①地壳的表面形态。地球表面分为海洋和大陆两部分,海洋面积约占地球表面积 70.8%,陆地面积约占地球表面积的 29.2%。大陆平均高出海平面 0.86km,海底平均低于海平面 3.9km,地球内部构造示意图如图 1-1-2 所示。

地壳表面起伏不平,有高山、丘陵、平原、湖盆地和海盆地等。世界上最高的山峰为珠穆朗玛峰,高 8 844.43m;最深的海沟为马里亚纳海沟,深 11 022m,两者高差在 19km 以上。这种千差万别、丰富多彩的地壳外貌是在各种内外地质作用下,经过漫长的地质历史发展演变而成的。

②地壳的组成。地壳是地球最表面的构造层,它占地球体积的 0.8%。地壳主要是由

岩石组成,如图 1-1-3 所示,岩石是自然形成的矿物集合体,它构成了地壳及其以下的固体部分。根据其性质可分为大陆地壳和大洋地壳。

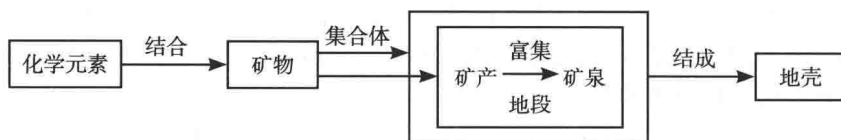


图 1-1-3 地壳的组成

大陆地壳覆盖地球表面的 45%,主要表现为大陆、大陆边缘海以及较小的浅海。地壳的化学组成以硅铝质为特点,可分为两大类岩石:一类是地壳上部的相对未变形的沉积岩或火山堆积,另一类是已经变形变质的沉积岩、火成岩和变质岩带,后者构成地球表面的山脉或地壳深部,前者多在地壳表层的盆地及其边缘。地壳可以随强烈的板块构造运动。

(2) 地幔。自莫霍面以下至深度约 2 900km 的范围是地幔,地幔约占地球体积的 83.3%,其上层主要由橄榄质超基性岩石组成,是高温熔融的岩浆发源地,也称软流层。

(3) 地核。地幔以下为地核,地核又分为外地核、过渡层和内地核三层。地表以下 2 900~4 642km 的范围为外地核,主要由熔融状态的铁、镍混合物及少量 Si、S 等轻元素组成。内地核厚约 1 216km,成分是铁、镍等重金属物质,呈固体状态。位于外地核、内地核之间的过渡层厚约 515km,物质状态为从液态过渡到固态。地核的总质量约占整个地球质量的 31.5%,体积占 16.2%。

2) 地球外圈层(图 1-1-4)

(1) 大气圈。大气圈的总质量约为 5 000 多亿吨,其中氮气约占空气总体积的 78%,氧气约占 21%。地球的大气圈按距离地球表面由近至远被依次划分为对流层(厚 16~18km)、平流层(约 50km 高空)、中间层(约 85km 高空)、热层(500~800km 高空)和散逸层。风霜雨雪、云雾冰雹等变化多端的大气现象都发生在对流层内。

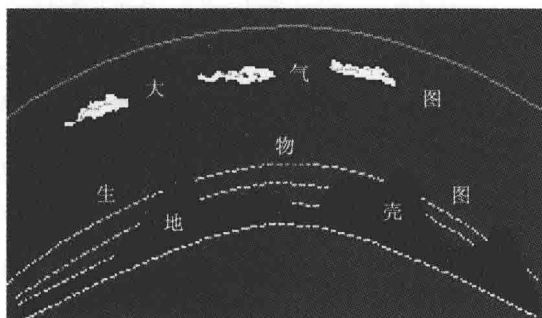


图 1-1-4 地球外部构造示意图

(2) 水圈。地球的水是由地球诞生初期弥漫在大气层中的水蒸气慢慢凝结形成的,总水量约为 $1.4 \times 10^9 \text{ km}^3$ 。水圈主要由海洋构成海洋水约占地球总水量的 97.3%。陆地水以冰川水为主,分布在高山和地球两极地区,其余的陆地水分布在湖泊、江河、沼泽和地壳岩石体的空隙中。

(3) 生物圈。地球上动物、植物和微生物所存在和活动的空间称为生物圈。

1.1.3 地质作用

地壳只是地球内圈层最外面的一层极薄的薄壳。在地球形成至今的漫长地质演变过程中,随着地球的转动和内、外圈层物质的运动,地表的形态、地壳的物质以及地层的



形态都在不断发生着变化,这种变化是一直发生、永不停止的。我们把导致地壳物质成分及地表形状、岩层结构、构造发生变化的一切自然作用称为地质作用。

这些作用有些进行得剧烈而又迅速,较易为人们所觉察,但在更多的情况下,则进行得非常缓慢,很难为人们直接觉察。由地质作用引起的现象,称为地质现象。按地质作用力的来源不同,可将地质作用划分为内力地质作用和外力地质作用。

1) 内力地质作用

由地球的旋转能和地球中的放射性物质在其衰减过程中释放出的热能所引起的地质作用,称为内力地质作用。大多数的地震以及岩浆活动、地壳运动和变质作用等都属内力地质作用现象。其总趋势是形成地壳表层的基本构造形态和地壳表面大的高低起伏。

内力地质作用主要表现为地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震。

地壳运动是由地球内动力所引起地壳岩石发生变形、变位(如弯曲、错断等)的机械运动。残留在岩层中的这些变形、变位现象叫作地质构造或构造形迹。地壳运动按其运动方向可以分为水平运动和垂直运动两种形式。内力地质作用的形式、说明及图例见表 1-1-1。

内力地质作用的形式、说明及图例

表 1-1-1

内力地质作用的形式		说明及图例
地壳运动	水平运动	指地壳或岩石圈块体沿水平方向移动,它使岩层产生褶皱、断裂,如我国的横断山脉、喜马拉雅山、天山、祁连山等均为褶皱山系 
	垂直运动	指地壳或岩石圈相邻块体或同一块体的不同部分作差异性上升或下降,使某些地区上升,形成山岳、高原,使另一些地区下降,形成湖、海、盆地。 如:喜马拉雅山上大量新生代早期海洋生物化石的存在,说明了五六千万年前,此处曾为汪洋大海,大约 2 500 万年前才开始从海底升起,至今,仍处于上升运动中 
岩浆作用		指地壳内部的岩浆在地壳运动的影响下,向外部压力减小的方向移动,上升侵入地壳或喷出地面,冷却凝固成为岩石的全过程。 如:2010 年 3 月,冰岛南部埃亚菲亚德拉冰盖冰川下艾雅法拉火山在沉寂了 190 多年后再度喷发,岩浆冲向 1 000m 高空处;资料表明,该火山从 2010 年 3 月上旬开始,发生了一系列的地震,地震造成地面不断抬升,火山附近的地面升高了至少 40mm,暗示了火山岩浆正在地面之下不断向上运动,最终导致本次火山喷发 
变质作用		指由于地壳运动、岩浆作用等引起物理和化学条件发生变化,促使岩石在固体状态下改变其成分、结构和构造的作用。 如:沉积岩中的石灰岩经过变质重结晶作用后,变质成为大理岩

续上表

内力地质作用的形式	说明及图例
地震	指由于地壳运动引起地球内部能量的长期积累,达到一定的限度而突然释放时,导致地壳在一定范围内快速震动 

2) 外力地质作用

由太阳的辐射能和地球的重力位能(包括其他星体的引力作用)所引起的地质作用,称为外力地质作用。常见的外力地质作用有河流的地质作用、地下水的地质作用、冰川的地质作用、湖泊和沼泽的地质作用、风的地质作用和海洋的地质作用等。外力作用主要是破坏内力作用形成的地形或产物,总趋势是削高补低,形成新的沉积物,并进一步塑造了地表形态。

(1) 风化作用:在温度变化、水的作用、大气及生物等的作用下,促使组成地壳表层岩石发生破碎、分解的一种破坏作用,称为风化作用。

(2) 剥蚀作用:将岩石风化破坏的产物从原地剥离下来的作用称为剥蚀作用。它包括除风化作用以外所有的破坏作用,诸如河流、大气降水、地下水、海洋、湖泊以及风等的破坏。

(3) 搬运作用:岩石经风化、剥蚀破坏后的产物,被流水、风、冰川等介质搬运到其他地方的作用,称为搬运作用。

(4) 沉积作用:是指被搬运的物质,由于搬运介质的搬运能力减弱,并且搬运介质的物理化学条件发生变化,或者生物的作用,被搬运的物质从搬运介质中分离出来,形成沉积物的过程,称为沉积作用。

(5) 成岩作用:沉积下来的各种松散堆积物,在一定条件下,由于压力增大、温度升高以及受到某些化学溶液的影响,发生压密、胶结及重结晶等物理化学过程,使之固结成为坚硬岩石的作用,称为成岩作用。

1.1.4 风化作用

在温度变化(太阳辐射)、气体(大气)、水和生物等因素的综合影响下,发生物理和化学的变化,促使组成地壳表层岩石发生破碎、分解的一种破坏作用,叫作风化作用。风化作用在地表最显著,随着深度的增加,其影响将逐渐减弱以至消失。

1) 风化作用的实质

风化作用的实质是矿物、岩石在地表附近新的物理化学条件下所产生的演化过程。风化促使岩石的状态或性质发生了改变,并形成了一种与原来岩石的形态、构造、物质成分等完全不同的新物质。岩石遭受风化作用的时间愈长,岩石被破坏得就愈严重。风化作用使坚硬致密的岩石松散破坏,改变了岩石原有的矿物组成和化学成分,使岩石的强度和稳定性大为降低,对工程建筑条件具有不良的影响。如滑坡崩塌、碎落、岩堆及



泥石流等不良地质现象，大部分都是在风化作用的基础上逐渐形成和发展起来的。

不同岩石的风化速度并不一样，有的岩石风化过程进行得很缓慢，其风化特征只有经过长期暴露于地表以后才能显示出来，而有的岩石则相反，我们称其为差异风化（图 1-1-5）。如泥岩、页岩及某些片岩等，当基坑开挖后不久，很快就风化破碎，所以在施工中必须对其采取相应的工程防护措施。



图 1-1-5 石英岩与页岩的差异风化

2) 风化作用和与工程活动的关系

(1) 不宜将建筑物设置在风化严重的岩层上，如果不能完全避开风化岩层时，应注意加强工程防护。如隧道穿过易风化的岩层，在隧道施工开挖后，要及时做支护，防止岩石继续风化失稳，增加山体压力，引起坍塌。

(2) 风化岩层中的路堑边坡不宜太陡，同时还要采取防护措施。

(3) 风化的岩石不宜作建筑材料。

因此，从工程建筑的角度来研究岩石的风化特性、分布规律，对合理选择建筑物的位置（如隧道的进出口位置等）、路堑边坡坡度、隧道的支护方法及衬砌厚度、大型建筑物的地基承载力和开挖深度，以及合理选择施工方法等有着重要的意义。

3) 风化作用的类型

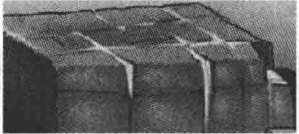
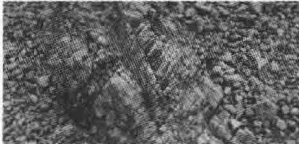
根据岩石风化的自然因素和风的性质，将风化作用分为物理风化（机械风化）作用、化学风化作用、生物风化作用。

(1) 物理风化（机械风化）作用：物理风化是只改变岩石的完整性或改变已碎裂的岩石颗粒大小和形状，而未能产生新矿物的风化作用。

这类风化作用类型主要有胀缩作用、冰劈作用、膨胀崩解，见表 1-1-2。

物理风化作用类型及图例

表 1-1-2

类 型	说明及图例
胀缩作用	基岩在反复的胀缩循环（主要是温度的变化，如四季温度差异以及早晚的温差等）中发生碎裂的产物 
冰劈作用	岩石中存在的细微裂隙，当水分进入后，在低温时形成冰楔体沿裂缝两侧挤压岩石，或与岩石中的物质反应形成结晶膨胀体挤压岩石，使岩石中原有的裂缝加宽、增长，为更多水分进入岩体内部创造了条件，逐步使岩石风化崩解 
膨胀崩解	上覆岩石不断被风化剥蚀，使原来处于地层深处的岩体距地表面越来越近，上覆重力越来越小，在重力卸荷作用下，岩体会产生明显上弹（膨胀），严重时就会产生卸荷裂隙 

(2) 化学风化作用: 它是指一切改变岩石中原有矿物成分的风化作用。生物生长中的新陈代谢、生物腐蚀, 水引起的矿物溶解、再结晶、水化、水解以及大气引起的氧化、碳酸化、硫酸化等, 均会使原有的岩石矿物成分发生改变, 并产生新矿物。这类风化作用类型主要有氧化作用、溶解作用、水化作用和水解作用, 见表 1-1-3。

化学风化作用类型及说明

表 1-1-3

类 型	说 明
氧化作用	指空气和水中的游离氧使地表及其附近的矿物氧化, 改变其化学成分, 并形成新的矿物 (1) 硫化物的氧化: $4\text{FeS}_2 + 14\text{H}_2\text{O} + 15\text{O}_2 = 2(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) + 8\text{H}_2\text{SO}_4$ (2) 磁铁矿氧化成赤铁矿: $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 = 6\text{Fe}_2\text{O}_3$
溶解作用	自然界中的 O_2 、 CO_2 和一些酸、碱物质, 具有较强的溶解能力, 能溶解大多数矿物, 如石灰岩地区由于溶解作用而形成的石林、溶洞等 (1) 石灰岩和白云岩与 CO_2 、 H_2O 的作用: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (重碳酸钙) (2) 含硫酸的水的作用: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (3) 含碱质水的作用: $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 = \text{FeCO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4$
水化作用和水解作用	(1) 水化作用: 有些矿物质能吸收一定量的水参加到矿物晶格中, 形成含水分子的矿物, 如 CaSO_4 (硬石膏) $+ 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (石膏) (2) 水解作用: 弱酸强碱盐或强酸弱碱盐遇水离解成带不同电荷的离子, 这些离子与水中的 H^+ 和 OH^- 发生反应形成含 OH^- 的新矿物, 矿物和岩石因此遭到破坏, 如 $4\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_4 + 8\text{SiO}_2 + 4\text{KOH}$ (钠长石) (高岭石) (石英)

(3) 生物风化作用: 它是生物活动对岩石造成的物理或化学破坏作用, 见表 1-1-4。

生物风化作用类型及说明

表 1-1-4

类 型	说 明
生物物理风化作用	根劈作用: 岩石的裂缝中除含有一定的水分外, 还会充填入一定量的尘土, 这样树木就可在其中生长, 随着树木的成长, 其根系也会不断壮大, 并挤压岩石裂缝, 使其扩大、增密, 导致岩石产生风化, 为风化向岩石内部发展创造了条件; 生长在岩石裂隙中的植物根系的膨大对岩石的劈裂作用, 是生物的机械作用, 属于物理风化的范畴
生物化学风化作用	生物的新陈代谢作用: 生物生长中的新陈代谢物、腐蚀物、分泌物对岩石的破坏作用及微生物对岩石的风化作用, 属于化学风化作用的范畴



4) 影响风化作用的因素

(1) 岩石的矿物成分。岩石风化的本质是岩石中各种矿物成分的变质。岩石抗风化能力的强弱与它所含的矿物成分和数量有密切的关系, 如表 1-1-5 所示。