

中等专业学校教材 試用本

工程地质学

(工程动力地质学部分)

地质部宣化地质学校 編

地质出版社

2
032

中等专业学校教材試用本

工程地质学

(工程动力地质学部分)

地质部宣化地质学校 編

(中等地质学校水文工程地质专业用)

地质出版社

1960·北京

118375

本書是中等專業學校教材試用本“工程地質學”中的一部分。內容講述各種能夠影響到工程建築物穩定性的現代地質作用如風化、地表水、地下水、岩石凍結、地震等等作用，和如何對它們進行斗争。

本書適于作為中等地質專業學校水文地質工程地質專業的教材，也可作為幹部業餘教育用的教材。為了適應業餘教育的需要，後面附有學習方法指導書。

工程地質學

(工程動力地質學部分)

編者 地質部宣化地質學校

出版者 地質出版社

北京西四單市大街地質部內

北京市書刊出版業登記證出字第050號

發行者 新華書店科技發行所

經售者 各地新華書店

印刷者 地質出版社印刷廠

北京安定門外六鋪炕40號

印數(京) 1—3200冊

1960年6月北京第1版

開本850×1168¹/₃₂

1960年6月第1次印刷

字數145 000

印張5¹³/₁₆

定價(10) 0.90元

出版者的話

一、为了配合当前大办学校，广泛开展业余教育的形势，我社及时組織、出版一套地質专业用的大学、中等学校和地質勘探技工学校的教材。这套教材出版的用意在于使广大新办学校开学后立即有書可用，不致因課本而延誤教学。

二、这套教材是根据部分地質院校、中等技术学校和技工学校現行使用的較好的講义加以修訂而成的，沒有經過有关教育領導部門审訂，只作試用本出版。希望采用这套課本的学校和广大师生，随时提出意見，促使課本內容日臻完善，以便将来地質部教育司审定后作为正式教材出版。

三、为了适合业余教育教学需要，附有学习方法指导書。在指导書中分章（节）提出教学要点、学习要求和复习思考題，帮助业余学校學員及自学的同志学习。

四、在这套教材的組織、編写和修訂过程中，地質部教育司和各校党委以及各位教师給予了极大的重視和支持，他們表现了冲天的革命干劲，发揚了共产主义大协作的精神，从而使这套教材能很快地与讀者見面，在此我們表示誠懇的感謝。

地質出版社

1960年3月

目 录

緒言	6
第一章 与风化作用有关的现象	8
§ 1. 风化作用的一般概念及其工程地質意义	8
§ 2. 风化营力对岩石变化的影响	8
§ 3. 影响风化作用及风化壳厚度的因素	10
§ 4. 风化壳的分带	13
§ 5. 与岩石风化作斗争的措施	15
§ 6. 岩石风化的工程地質研究	17
第二章 与地表水活动有关的现象	26
§ 1. 海岸和湖岸的磨蚀作用	26
§ 2. 河流的作用	33
§ 3. 冲沟的形成作用	38
§ 4. 山洪泥石流	44
§ 5. 水庫的边岸再造	48
影响水庫边岸再造的因素	49
水庫边岸再造的预测	54
第三章 与地下水活动有关的现象	64
§ 1. 潜蚀	64
§ 2. 流砂	67
第四章 与地表水和地下水的活动有关的现象	72
§ 1. 湿陷	72
§ 2. 喀斯特	80
喀斯特的发生条件和发育因素	82
喀斯特发育的基本規律	90
与喀斯特作斗争的措施	94
喀斯特的工程地質研究	97

第五章 与斜坡地下水和地表水活动有关的现象	108
§1. 崩塌	108
§2. 岩堆	113
§3. 滑坡	119
滑坡的形态及特征	120
滑坡发生的原因	127
滑坡的分类	130
防治滑坡的措施	136
滑坡的工程地质研究	142
第六章 与岩石冻结和融化有关的现象	152
§1. 季节性冻结和多年冻结	152
§2. 道路的冻胀(翻浆)	161
第七章 地震	167
§1. 概述	167
§2. 地震区域内建筑的特点	169
§3. 地震区的工程地质研究	174
主要参考文献目录	176
附: 学习方法指导书	178

緒 言

工程动力地質学是研究所有能对工程建筑物稳定性有影响的现代地質作用的科学。因为，现代地質作用不仅不断地改造着地壳的外表形状，也对建筑在地壳表面的建筑物产生巨大的影响，使建筑物的稳定性受到威胁。因此我們不但要研究作为建筑物地基的岩石的性質，而且还必須研究对建筑物稳定性有影响的现代地質作用，以便选择有效的措施，使建筑物免受地質作用的不良影响。

对建筑物有影响的现代地質作用按其形成因素可以分为两类：（1）自然地質作用（或物理地質作用），即由于自然因素引起的地質作用，如岩石的磨蝕、崩塌、滑坡等；（2）工程地質作用，即由于人类的工程活动而引起的地質作用，如水庫的边岸再造、湿陷、道路的冻胀等。因此，所有能对工程建筑物有影响的自然地質作用和工程地質作用都是工程动力地質学的研究对象。

从工程地質学的观点来研究地質作用，应首先运用动力地質学的方法，来研究地壳的演变規律。因为现今地壳上所发生的一切地質作用都是形成地区地形的整个过程中的一个环节。例如：整个山地的上升加强了侵蝕作用及磨蝕作用，因而也加强了所有破坏斜坡的作用（如崩塌、滑坡等）。相反，山区的下降就必定会削弱斜坡破坏作用的强度。因而，忽略在某一地区地質历史发展过程中各种地質現象之間的关系，而孤立地研究某一些地質現象是不允許的。

但是，在解决工程地質問題时，仅用动力地質学的方法其詳細程度是不够的。因为，动力地質学主要是把地質作用作为近代地質演变的表现，形成岩石的因素及形成古代和近代地形的一些因

素来研究的，而工程动力地質学則是研究地質作用对建筑物的稳定性的影响，其研究的目的是要提出一些工程地質措施，使建筑物免受地質作用的不良影响。

为了研究地質作用对建筑物的影响，并提供設計工程地質措施所必需的資料，必須計算滑动岩层的压力；地震冲击所引起的建筑物振动加速度和振动周期；海岸波浪的冲击力等等。为此，必須补充动力地質学所采用的方法，并应綜合地質学、水文地質学、地貌学、地質勘探学上的一些方法以及工程地質学的一些独特方法来进行研究。而气象学、水文学以及各种工程上的一些观察和計算在这种綜合方法中也有着特殊的意义。

在对地質作用进行工程地質研究之前，應該首先講一講地質作用的分类，这样便于我們对地質作用的研究。

Φ. П. 薩瓦連斯基 (1937年) 按各种地質現象的发生和发展因素的差别，将地質現象作了如下的分类 (表 1)。

表 1

地質作用发生和发展的基本原因	地 質 現 象
I. 与风化作用有关的现象	1. 风化
II. 与地表水 (海、湖、河、运河) 活动有关的现象	2. 边岸的冲刷和塌落 3. 斜坡的冲蚀 (冲沟) 4. 山洪泥石流
III. 与地表水和地下水活动有关的现象	5. 沼泽 6. 湿陷 7. 喀斯特
IV. 与斜坡上地下水和地表水的活动有关的现象	8. 滑坡 9. 崩塌
V. 与地下水活动有关的现象	10. 潜蚀 11. 流砂
VI. 与风的活动有关的现象	12. 吹蚀和吹积
VII. 与土的冻结和融解有关的现象	13. 土壤的冻结和冻胀 14. 永久冻土及永久冻结现象
VIII. 与地球内力有关的现象	15. 地震
IX. 与人类工程活动有关的现象	16. 沉降、压缩、膨胀、掘进地下坑道时的地表和地下的变形

第一章 与风化作用有关的现象

§1. 风化作用的一般概念及其工程地质意义

风化作用是岩石在风化营力的作用下，其成分、结构构造和状态发生变化的作用。最主要的风化营力有：阳光、水、氧、二氧化碳和生物有机体等。

风化作用的结果，使岩石的物理技术性质起了剧烈的变化。一般情况下，它能使岩石破碎，增加岩石细小颗粒的含量，改变岩石的矿物成分，因而使岩石的渗透性能发生改变，大大降低岩石的强度。风化作用对作为建筑物地基的岩石来说，主要是起着不良的影响。

在某些情况下，建筑物地基的岩石在风化作用的过程中，剧烈地改变了它的物理技术性质，因而不适宜在其上修筑建筑物。此时，往往必要将岩石的风化层挖去，把建筑物建筑在其下的新鲜岩层上。例如我国南方某坝区，由于古老的前震旦系结晶岩系，存在着巨厚的风化岩层，直接影响着坝体及其附属建筑物地基的工程地质条件，无疑地将大大增加基础的开挖工程量，增加建筑物的造价。但是，如果我们掌握了风化岩层的特性和分布规律，我们就可以找出风化岩层比较薄的，有利于工程建筑物的位置，或者进行地基处理，改善风化岩层的工程地质特性，也可以减少地基风化岩层的开挖工程量。

§2. 风化营力对岩石变化的影响

风化作用是风化营力作用于岩石的结果，因此在研究风化作用时，必须首先研究风化营力对岩石变化的影响。

主要的风化营力有以下几类：（1）阳光；（2）水；（3）氧；（4）二氧化碳；（5）动植物。下面我们分别叙述各种风化营力对岩石变化的影响。

阳光对岩石的破坏作用主要是由于阳光作用下引起的温度变化而产生的。一方面，由于地壳上部岩层组成矿物的受热膨胀性不同，例如石英、普通角闪石、方解石及正长石等均具有不同的膨胀系数，如表 2 所列（根据 Г. П. 哥尔什柯夫及 А. Ф. 雅庫索娅）。

表 2

矿 物	体 积 膨 胀 系 数
石英	0.000310
角闪石	0.000284
方解石	0.000200
正长石	0.000170

这种差异膨胀当岩石受热或冷却时组织结构遭受破坏；易于使岩石分裂成各个组成的矿物颗粒。另一方面，阳光作用而引起的温度变化，使岩石中的水冻结或蒸发。水冻结时其体积将膨胀 9%，在岩石内部即产生压力，因而使岩石沿裂隙产生破裂。在水份蒸发时，疏松岩石由于收缩而破裂。由于岩石破碎的结果，使岩石的结构受到破坏，并增加其细小颗粒的含量，减少岩石的强度和承载能力，改变其渗透性能。

水对岩石的作用是十分复杂的。当水在岩石裂隙中运行时，使岩石中所含的不稳定矿物发生水化、分解或溶滤等化学作用，从而改变了岩石的矿物成分。例如黑云母水化作用的结果形成绿泥石和少量褐铁矿；长石分解作用的结果形成叶腊石、絹云母、高岭土等其他粘上矿物。这些岩石中矿物成分的改变对岩石的物埋技术性质发生巨大的变化。水的机械潜蚀作用把岩石中的细小

顆粒冲走，同样能破坏岩石的組織結構，降低岩石的强度。

大气中的氧，对岩石起氧化还原作用，也会引起岩石的各种不同的变化。

二氧化碳溶解于水中形成碳酸，使水的溶解能力大大增加，促进矿物和岩石的更为剧烈地溶解。

各种动植物对岩石起着化学作用和机械作用。动植物在其活动过程中分泌出的有机物质，能使岩石分解，或者使岩石富集各种物质，例如被蠕虫穿了孔的岩石富集有石灰，生物有机体死亡后能使岩石聚积有机物质。植物根系具有引起岩石碎裂的楔状作用，从而促使裂隙的扩张和加宽。各种田鼠动物也起着碎裂岩石的作用。

§3. 影响风化作用及风化壳厚度的因素

风化作用和风化壳的形成是一个十分复杂的过程，它是许多因素综合作用的结果。因此，要掌握风化作用及风化壳厚度的分布规律，首先应该研究影响风化作用及风化壳厚度的因素。必须指出，任何一种因素都不是孤立的，其性质及影响程度都和其他因素有着密切联系。下面我们分别叙述这些因素。

气候和地形因素 气候条件决定着许多风化营力的强度。例如湿热的条件下化学风化作用较强烈，而干寒地区物理风化较显著。由于风化类型不同，风化强烈程度不同，所以风化深度也有显著的差别。在湿热气候地区风化深度比干寒地区大得多。我国东南地区风化壳厚度一般均在几十米以上，而北方风化壳则较薄。这说明气候条件对风化的影响。但是，就一个小地区来说，气候条件相差不大，这种影响是不显著的。

地形对风化作用和风化壳的厚度也有极大的影响。在水文网发育的地区，沟谷密集，风化营力从侧面侵袭岩石，这就更加强了岩石风化，使风化深度加大。因此，水文网越发育的地区风化

壳厚度往往越厚。

山坡的向阳度对风化作用的强度也有一定的影响。阳坡的气温昼夜变化比阴坡大，所以阳坡的风化作用强度及风化壳厚度也大于阴坡。

由于风化作用和侵蚀作用是同时进行的，风化作用使风化壳的厚度增加，而侵蚀作用则把风化产物搬运走，因而使风化壳的厚度减薄。因此，陡峻的斜坡上侵蚀作用占优势，所以残存的风化壳甚薄；平缓的斜坡上，侵蚀作用较弱，风化壳容易保留下来，所以风化壳较厚（如图1）。根据长江某地区勘探钻孔在不同地形单元上所揭露风化壳的平均厚度，可见地形与风化壳平均厚度之间的相互关系曲线如图2所示。

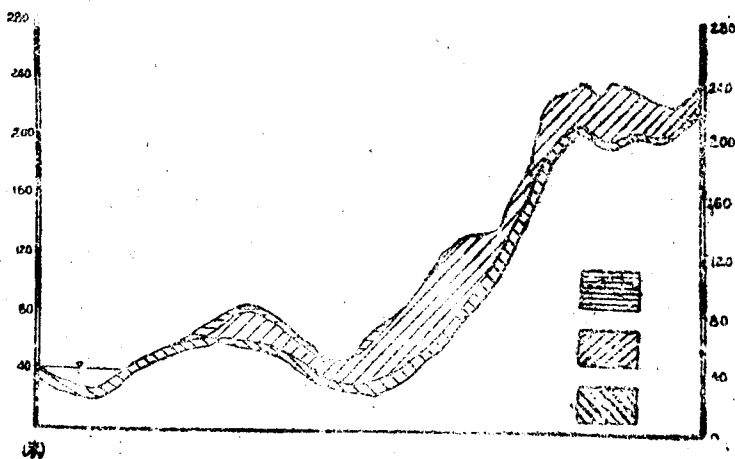


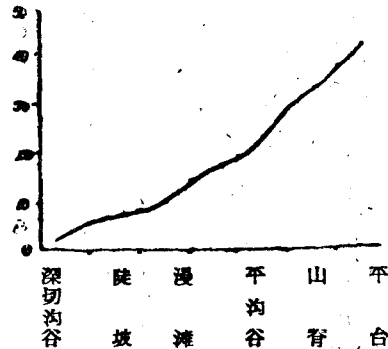
图 1. 地形要素与风化壳厚度剖面

1—第四纪堆积；2—强风化带；3—弱风化带

在河道转弯的内侧，阶地地形易于保存，而在外侧地带阶地上风化壳常被侵蚀，因而在不对称的河谷地区，风化壳的厚度往往是一岸厚，另一岸薄。

地質因素 岩石的矿物成分和組織結構是影响岩石风化的內在因素。不同矿物成分的抵抗风化的能力不同，石英和角閃石抗风化能力較強，而黑云母和斜长石抗风化能力較弱，因此含有石英角閃石較多的岩石比含黑云母斜长石較多的岩石抵抗风化的能力較強。岩石的組織結構亦影响岩石的风化程度，一般的概念是粗粒的、斑状結晶的岩石易于风化，而細粒的、均粒的岩石抵抗风化的能力較強，但这一規律应在相同岩性的情况下才能适合，也就是說岩性和組織結構对于风化程度的影响是具有內在联系的，但又相互約制着。

岩石的风化与构造裂縫的发育有着密切的关系，风化較深之处往往是构造裂縫发育或构造破碎带分布地段。因为构造裂縫使岩石的組織結構遭受破坏，增加了岩石的孔隙率，扩大了岩石与地下水和大气接触面，促进风化作用的进行。但是，



构造裂縫的发育程度又取决于地質构造。在断层破碎带附近和背斜的軸部，构造裂縫发育，所以这些地区的风化壳厚度很大，有时风化深度达到一百米以上，成为局部深风化地带。例如长江三峡五庙庙—长木花一带，位于黄陵背斜的軸部，裂縫及构造破碎带均較发育，致使該地区形成深厚的风化囊（如图3），风化壳底板起伏較悬殊，而远离軸部地区則构造破坏輕微，因此风化壳較薄。

水文地質因素 地下水的化学成分及其排洩运行的条件，对风化程度有很大的影响。当地下水中 CO_2 的含量增多时，水的水化、分解和溶滤作用进行得剧烈。地下水逕流条件良好的地区，

往往也是风化壳厚度較大的地方，例如破碎带、阶地平台，地下水排洩和运行条件良好，风化带較厚。

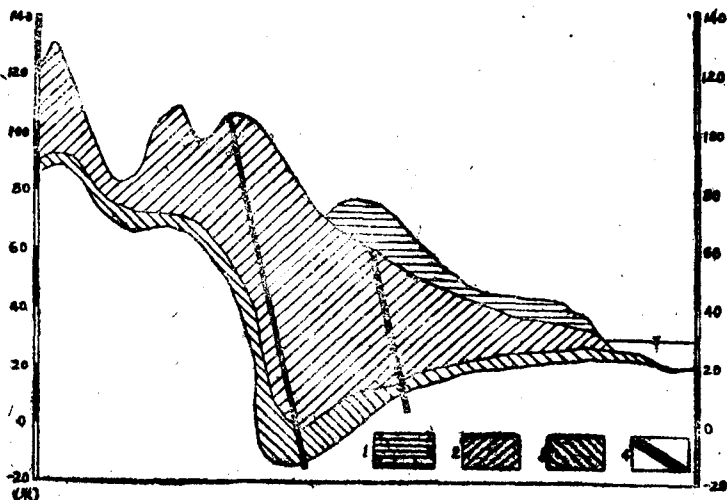


图 3. 构造破碎带与风化壳厚度关系剖面

1—第四紀堆积；2—强风化带；3—弱风化带；4—破碎带

其他因素，如地壳的升降和影响风化壳的厚度分布，例如根据长江三峡地貌队的資料，認為第四紀以来，长江在太平溪至乐天溪河段有向南偏轉的倾向，如果是这样，长江北岸风化壳一般較厚不是沒有原因的。

有沉积盖层的存在起着保护基岩的作用。所以沉积盖层附近风化壳厚度有变薄的趋势。

人类的活动和植被盖层情况，增加了机械破坏，也給水增加了有机酸。众所周知，水中酸含量的增加从而使溶解能力剧烈增大，这也是不可忽视的因素。

4. 风化壳的分带

在整个风化壳的剖面上，岩层风化程度总是由地表向岩体中

心逐渐变得微弱，直至新鲜母岩。随着风化程度的差异，岩石的外部特征及其物理力学性质也就有着很大的变化，因此适应建筑的性能也不一样。这种情况要求我们根据岩石变化程度把整个风化壳分层若干个不同的风化带，以便分别对各风化带的岩石进行工程地质评价，并正确确定对某一建筑物来说那些风化带的岩石不能满足要求而必须挖除，从而达到能保证建筑物地基稳定性，而又不致过多地挖除石方的目的。

风化壳的分带主要依据下列特征：风化的形态、岩石的碎裂程度、矿物成分的改变以及岩石物理技术性质的变化等。根据上述特征，可将风化壳分为四带：I. 微风化带；II. 弱风化带；III. 强风化带；IV. 剧风化带（见图4）。

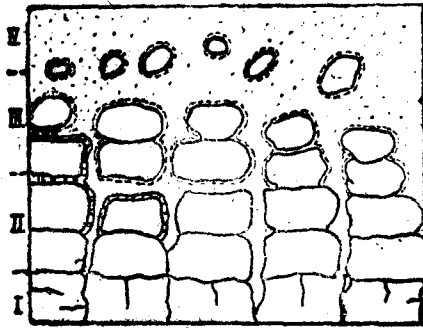


图 4. 球状风化分带示意图

I. 微风化带（或整体带）：此带的主要特征是具有肉眼不能见到的母岩碎裂，但其颗粒间的联结削弱。此带岩石在外形上与未遭受风化作用的母岩相似，但易于沿着肉眼所看不见的面碎裂。在此带内岩石的物理技术性质除了抗剪强度和抗压强度削弱外，几乎和母岩的物理技术性质毫无区别。

II. 弱风化带（或块状带）：此带的特征是裂隙的扩大和新裂隙的产生。岩石的矿物成分基本上与母岩相同，风化矿物没有或很

少，并且它們只分布在裂隙面上。岩石的物理技术性質与微风化带岩石的区别很大。此带岩石具有极大的渗透能力（一昼夜約数百米）；抗压抗剪强度均很低。

Ⅲ. 强风化带（或粒状带）：在此带中岩石外貌与母岩完全没有相同之处。整个岩层均由細碎块或甚至是各个顆粒組成。通常碎块主要由母岩矿物組成，并往往含有大量风化矿物。此带岩石的渗透能力較块状带低得多（一昼夜不超过几米或几厘米）；其抗压抗剪强度更低。

Ⅳ. 弱风化带（或粉碎带）：此带岩石的特征是极度碎裂，基本上是由风化矿物組成，原生矿物碎裂极細，并形成次生矿物的混合物。此带岩石的渗透系数极少（一昼夜約千分之一厘米）；压缩性急剧增加；抗剪强度减少；并具有新的性質：粘着性、可塑性、膨胀性。

并不是在任何区域或剖面上存在全部上述风化带，时常有缺乏个别带的情况。例如砂岩胶結物質溶滤后，能形成具有强风化带性質的砂团，而失去微风化带和弱风化带。

§5. 与岩石风化作斗争的措施

防止岩层风化及其对兴建建筑物的影响的措施可分为三类：（1）剝除风化产物的措施；（2）改善风化岩层物理技术性質的措施；（3）預防岩层风化的措施。

剝除风化产物的措施 把风化岩层挖掉，而将建筑物建筑在未触及风化的岩层上，这是消除风化岩石对建筑物不良影响的最根本的办法。

必須指出，并不是經常把触及风化的岩层全部挖掉，而是仅挖去那些岩石的物理技术性質已被风化到威胁建筑物稳定的岩层。因为，剝除风化岩层需要耗費巨大的工程开挖量。在这种情况下，工程地質工作人員的主要任务是确定风化岩层必須剝除的

深度。如何确定必须剥除的风化岩层厚度的方法将在下节叙述。

改善风化岩层物理技术性质的措施 将风化岩层用人工的方法改善其物理技术性质，可以节省大量的工程开挖量，因此这类措施经常和剥除风化产物的措施同时配合使用。在可能用人工的方法改善风化岩层的物理技术性质，而能达到工程建筑物的要求时，尽量地采用人工改善的方法，只有当用人工改善的方法还不满足工程建筑物的要求时，才把这些风化岩层剥除。

人工改善风化岩层的物理技术性质的方法有：水泥灌浆法、粘土灌浆法、瀝青灌浆法、砂化法等。这些方法的基本原理和应用条件已在土质学中详细叙述了，这里不再阐述。

预防岩层风化的措施 过去在研究岩层风化时，很少人注意风化速度问题，一般均认为风化作用进行的很慢，不会在建筑物使用期间对建筑地基发生危害。实际证明，许多岩层风化速度很快，例如苏联阿普歇伦粘土岩及砂岩一个月即风化深达6—7厘米，一年半后达三米深。在军事工程中，许多坑道（不衬砌）因岩石风化而易于塌毁。路堑边坡因岩石风化而发生坍方的也很多。

当岩层风化的速度影响到工程建筑物的稳定性时，必须采取预防岩层风化的措施。但是，预防岩层风化的措施并没有一种可能的方法，可以防止岩层遭受一切风化营力作用。因此，地质人员应事先了解那一种风化营力是该区主要的，并决定岩层风化的强度和性质，以及了解风化营力可能侵入的深度。

防止岩层继续风化的最常用的措施是用风化作用不能透过的材料复盖岩层。选择用什么材料来复盖岩层必须根据当地的主要风化营力来确定。如系防止水和空气侵入岩石，则可用瀝青或粘土。如系防止温度变化，则可以用粘土或砂铺一厚层，使岩石不受气温变化的影响，为此其厚度必须超过年温度影响深度5—10厘米。用亚粘土作为复盖材料最好，即可防止气温变化的影响，又