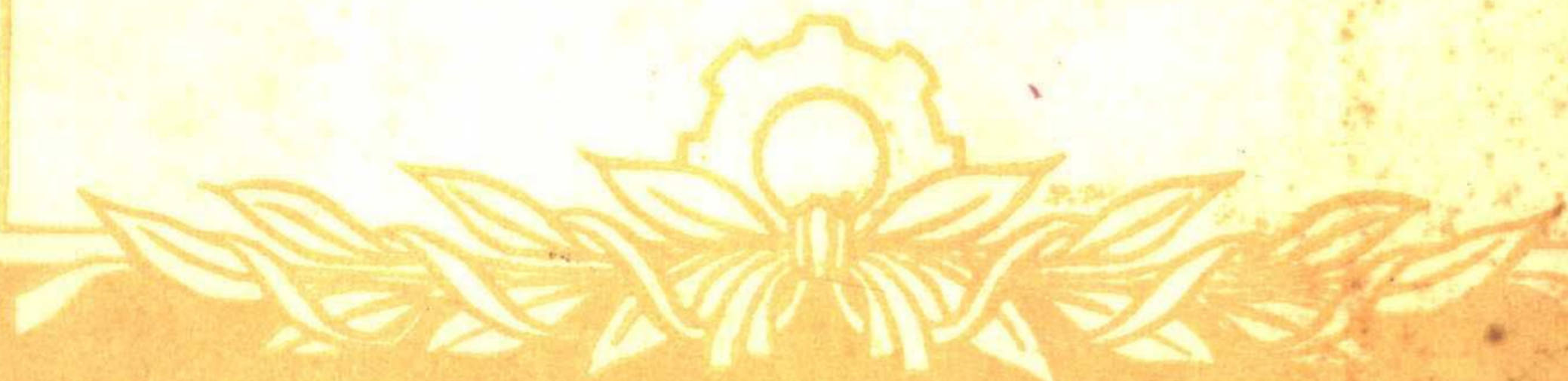


中等专业学校教材试用本

# 工程地质学

(工程动力地质学和中国区域工程地质学概要部分)

宣化地质学校编



中国工业出版社



中等专业学校教材试用本



# 工程地质学

(工程动力地质学和中国区域工程地质学概要部分)

宣化地质学校編

中国工业出版社

本書为工程地质学的工程动力地质学和中国区域工程地质学概要两大部分。

工程动力地质学部分共分七章，内容包括：风化作用、海岸和湖岸的冲蚀与塌落、河流作用、冲沟的形成作用、山洪泥石流、潜蚀、流砂、喀斯特、崩塌、岩堆移动、滑坡、砂丘移动、地震等自然地质作用以及水库塌岸、道路冻胀和翻浆、矿山岩层和地表移动等与人类的工程活动有关的工程地质作用。

中国区域工程地质学概要部分共分三章，内容包括：中国区域工程地质条件的地带性和区域性因素；中国工程地质分区的原则及区划；以及对我国东北、华北、西北、华南和西南地区的区域工程地质条件进行简单的描述。

本書可作为中等地质学校水文地质及工程地质专业的教材，也可供从事实际工作的干部学习参考之用。

## 工程地质学

(工程动力地质学和中国区域工程地质学概要部分)

宣化地质学校编

\*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

地质印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张7·字数154,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—2533·定价(9—4)0.80元

统一书号：15165·698(地质—26)

# 目 录

## 工程动力地质学

緒言 .....	5
<b>第一章 与风化作用有关的现象</b> .....	7
§ 1 风化作用的一般概念及其工程地质意义 .....	7
§ 2 影响风化作用及风化壳厚度的因素 .....	8
§ 3 风化壳的分带 .....	9
§ 4 防治岩石风化的措施 .....	10
§ 5 岩石风化的工程地质研究 .....	12
<b>第二章 与地表水活动有关的现象</b> .....	15
§ 1 海岸和湖岸的冲蚀与塌落 .....	15
§ 2 河流作用 .....	20
§ 3 冲沟的形成作用 .....	23
§ 4 山洪泥石流 .....	27
<b>第三章 与地下水活动有关的现象</b> .....	30
§ 1 潜蚀 .....	30
§ 2 流砂 .....	33
§ 3 喀斯特 .....	35
影响喀斯特发育的因素 .....	36
喀斯特发育的基本规律 .....	39
防治喀斯特的措施 .....	40
喀斯特的工程地质研究 .....	42
<b>第四章 与斜坡上重力作用有关的现象</b> .....	48
§ 1 崩塌 .....	48
§ 2 岩堆移动 .....	50
§ 3 滑坡 .....	53
滑坡的形态 .....	54
滑坡发生的原因 .....	56
滑坡的分类 .....	58
防治滑坡的措施 .....	60
滑坡的工程地质研究 .....	63
<b>第五章 与风的活动有关的现象</b> .....	67
§ 1 风的吹颺、搬运和沉积作用及其工程地质意义 .....	67
§ 2 影响砂丘移动的因素 .....	67
§ 3 防治砂丘移动的措施 .....	68
§ 4 移动砂丘的工程地质研究 .....	69
<b>第六章 地震</b> .....	71
§ 1 地震的一般概念及其工程地质意义 .....	71
§ 2 地震烈度 .....	71

§ 3	影响地震对建筑物破坏的因素 .....	75
§ 4	地震区域内建筑地点的选择及防震措施 .....	77
§ 5	地震区的工程地质研究 .....	78
<b>第七章</b>	<b>与人类的工程地质活动有关的现象 .....</b>	<b>79</b>
§ 1	水库的塌岸 .....	79
	影响水库塌岸的因素 .....	80
	水库塌岸的预测 .....	82
	水库塌岸的工程地质研究 .....	87
§ 2	道路的冻胀和翻浆 .....	88
§ 3	矿山岩层和地表的移动 .....	90

## 中国区域工程地质学概要

绪言 .....	95
<b>第一章</b> 中国区域工程地质条件的规律性 .....	<b>96</b>
§ 1 中国区域工程地质条件的地带性因素 .....	96
§ 2 中国区域工程地质条件的区域性因素 .....	101
<b>第二章</b> 中国工程地质分区 .....	<b>106</b>
§ 1 中国工程地质分区的原则 .....	106
§ 2 中国工程地质区划 .....	106
<b>第三章</b> 中国区域工程地质条件概述 .....	<b>110</b>
§ 1 东北地区的工程地质条件 .....	110
§ 2 华北地区的工程地质条件 .....	111
§ 3 西北地区的工程地质条件 .....	112
§ 4 华南地区的工程地质条件 .....	113
§ 5 西南地区的工程地质条件 .....	115
主要参考文献目录 .....	116

# 工程动力地质学

## 緒 言

工程动力地质学是研究所有能对工程建筑物稳定性有影响的现代地质作用的科学。现代地质作用不仅时刻地在改造着地壳表面的形态，而且对建筑在地壳表面的工程建筑物产生巨大的影响，使这些建筑物的稳定性受到威胁。因此，我们不但要研究作为建筑物地基的岩石性质（这是工程岩石学的任务），而且还必须研究对建筑物稳定性有影响的现代地质作用，以便选择有效措施，使建筑物免受地质作用的不良影响。

对建筑物有影响的现代地质作用，按其发生的主要原因，可分为自然地质作用和工程地质作用两类。自然地质作用是由于自然因素而引起的地质作用，如冲沟、崩塌、喀斯特等。工程地质作用是由于人的工程活动而引起的地质作用，如建筑物地基的沉陷、水库的塌岸等。因此，所有能对工程建筑物有影响的自然地质作用和工程地质作用都是工程动力地质学的研究对象。

在工程动力地质学中研究地质作用时，必须首先运用动力地质学的研究方法。因为现代地质作用是整个地壳演变过程中的一个环节。例如地壳的上升加强了侵蚀作用，因而也加强了所有斜坡的破坏作用（崩塌、滑坡等）。相反，地壳的下降会削弱斜坡破坏作用的强度。因此，我们不能忽略在地质历史发展过程中各种地质作用之间的联系，而孤立地研究某一种地质作用。

但是，在解决工程地质问题时，仅仅用动力地质学的研究方法，其详细程度是不够的。因为工程动力地质学不仅把地质作用作为近代地壳演变的表现，而且要研究地质作用对建筑物稳定性的影响，并需提出适当的工程地质措施，使建筑物免受地质作用的危害。因此，工程动力地质学不仅要对地质作用作定性的评价，还需作出定量的评价。例如，计算滑坡滑动时的岩层压力、建筑物在软弱地基上的沉陷量等等。为此，还必须综合地质学、水文地质学、地貌学和地质勘探学上的一些方法，以及采用工程地质学的一些独特的方法来进行研究。气象学、水文学以及各种工程学上的观察和计算方法在研究工程动力地质学中也有重要的意义。

为了进一步从工程地质观点来研究地质作用，必须首先对影响建筑物稳定性的地质作用进行分类。Ф. П. 薩瓦連斯基根据地质作用发生和发展的主要因素进行分类，现将该分类加以适当的修改列表如下：

地质作用发生和发展的主要因素	地 质 现 象
I. 与风化作用有关的现象	1. 岩石风化、
I. 与地表水活动有关的现象	2. 海岸和湖岸的冲蚀和塌落 3. 河流的侧切和下切 4. 斜坡的冲蚀（冲沟） 5. 山洪泥石流、
II. 与地下水活动有关的现象	6. 潜 蚀 7. 流 砂 8. 湿 陷 9. 喀斯特

地质作用发生和发展的主要因素	地 质 现 象
IV. 与斜坡上的重力作用有关的现象	10. 崩 塌 11. 岩堆移动 12. 滑 坡
V. 与风的活动有关的现象	13. 砂丘移动
VI. 与岩石的冻结和融化有关的现象	14. 冰椎、冰丘、土壤流、潛伏沼澤、热喀斯特、冻结风化等
VII. 与地球内力有关的现象	15. 地 震
VIII. 与人类的工程活动有关的现象	16. 建筑物地基的沉降和岩石自基础下的挤出 17. 水庫的塌岸 18. 道路的冻胀和翻浆 19. 矿山岩层和地表的移动等



## 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作用下，使其成分、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、二氧化碳和动植物有机体等。

阳光对岩石变化的影响主要是由于阳光照射引起了岩石内温度的变化。一方面，由于组成岩石的矿物受热膨胀性不同，当岩石受热或冷却时，便使岩石分裂成各个单独的矿物颗粒。另一方面，由阳光照射而引起的温度变化，使岩石中的水冻结或蒸发。水冻结时其体积将膨胀9%，在岩石内部产生很大压力，因而使岩石沿裂隙发生破裂。在水分蒸发时，松软岩层由于收缩而破裂。岩石破碎的结果，使岩石的结构受到了破坏，增加了岩石中的细小颗粒，岩石的强度和承载能力降低，增加了渗透性能。

水对岩石的作用十分复杂。当水在岩石裂隙中移动时，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，黑云母经水化作用后形成绿泥石和少量褐铁矿；长石经过分解变成叶腊石、絹云母、高岭土等粘土矿物。这些岩石中矿物成分的改变使岩石的物理力学性质也发生了巨大的变化。水的机械潜蚀作用把岩石中的细小颗粒冲走，同样能破坏岩石的组织结构，降低岩石的强度。

大气中的氧，对岩石起氧化还原作用，因而也会引起岩石的变化。

二氧化碳溶于水形成碳酸，使水的溶解能力大大增加，促进矿物和岩石更为剧烈地溶解。

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，能促使岩石分解，或者使岩石富集各种物质。植物根系的生长具有引起岩石碎裂的楔胀作用，从而促使裂隙扩张。田鼠等各种动物的活动也起着碎裂岩石的作用。

总之，风化作用的结果，使岩石的物理力学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力学性质，因而不适宜在其上修筑建筑物。此时，往往必须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，在我国南方变质岩地区建筑水坝时，常常由于古老的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强度，因而，大大增加了基础的开挖工程量和建筑物的造价。但是，如果我们掌握了风化岩层的特性和分布规律，那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，可以减少地基风化岩层的开挖工程量。在某些花岗岩地区修建隧洞时，由于对岩石风化估计不足，因而发生洞口坍塌，造成了事故，并延缓了工期。许多道路病害地段的崩塌、滑坡，也往往与岩石风化有密切的关系。因此，研究风化作用及风化壳特性具有极其重要的意义。



## § 2 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是和其他因素有着密切联系。下面我们就分别叙述这些因素。

**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比较强烈，而干旱区物理风化比较显著。由于风化类型不同，风化强度不同，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，这就更加强了岩石的风化，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。

山坡的向阳程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。

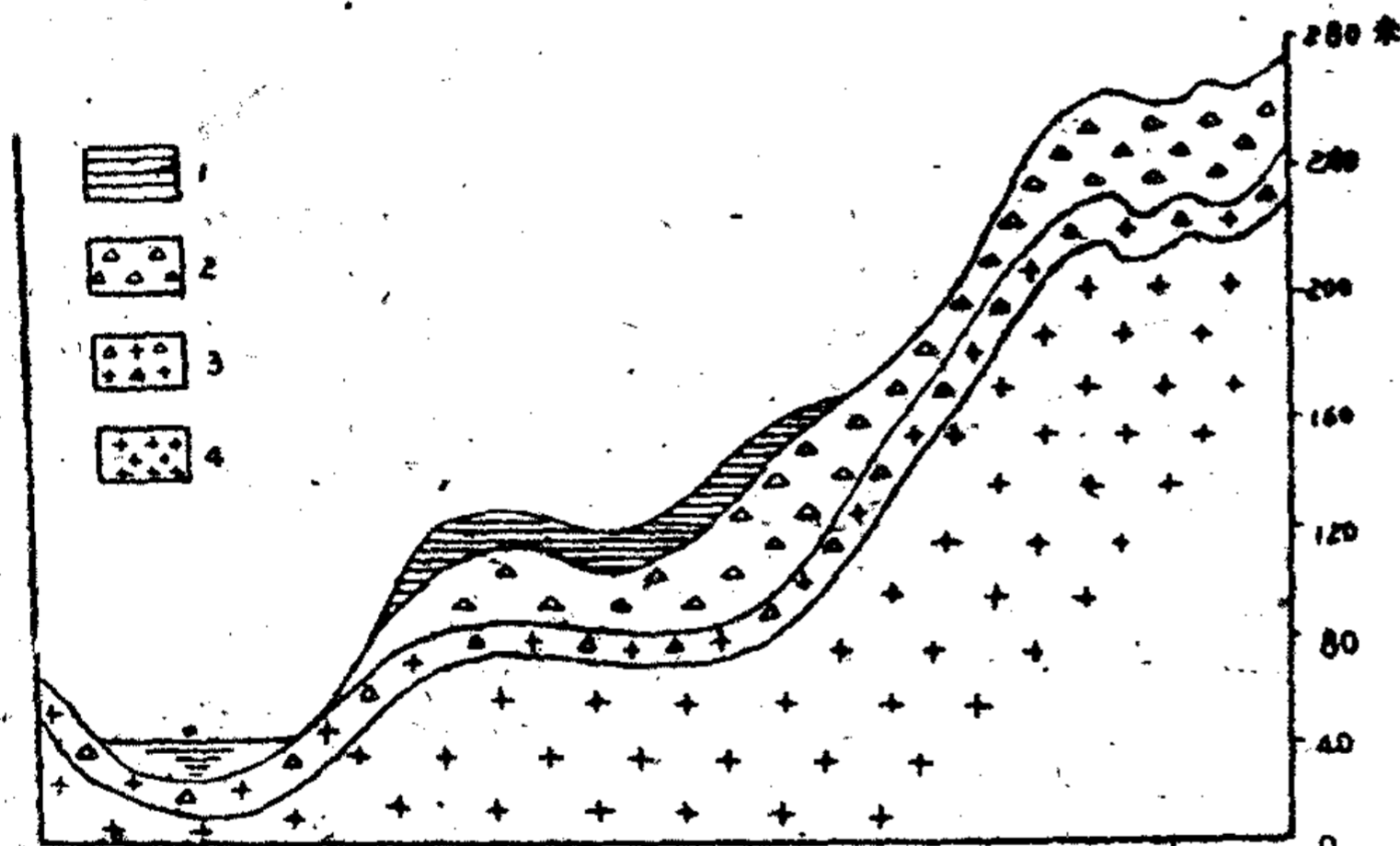


图 1—1 地形要素与风化壳厚度关系剖面  
1—第四纪堆积；2—强风化带；3—弱风化带；4—新鲜岩石

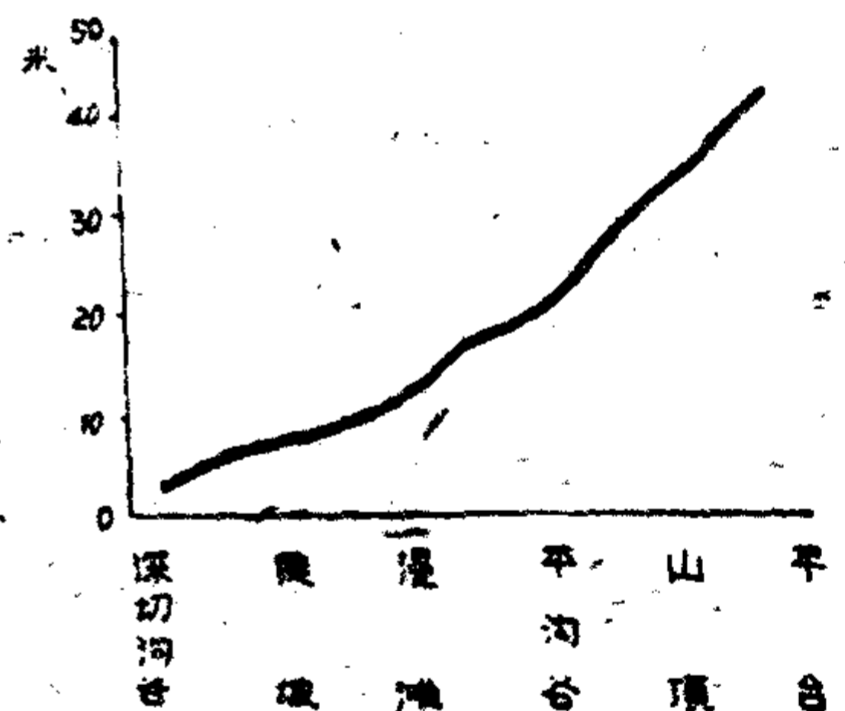


图 1—2 风化带厚度与地形关系曲线图

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（图 1—1 所示）。根据长江某地区勘探钻孔在不同地形单元上所揭露的风化壳平均厚度的资料（见图 1—2），可以看出地形与风化壳平均厚度之间的关系。

在河道转弯的内侧，阶地地形易于保存，而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。

**地质因素** 岩石的矿物成分和组织结构是影响岩石风化的内在因素。不同的矿物成分其抵抗风化的能力不同，例如，石英和角闪石抗风化能力较强，而黑云母和斜长石抗风化能力较弱，因此含有石英角闪石较多的岩石比含黑云母斜长石较多的岩石抵抗风化的能力

强。岩石的组织结构亦影响着岩石的风化程度，一般认为粗粒的，斑状结晶的岩石易于风化，而细粒的，均粒的岩石抵抗风化的能力较强。但是这一规律应在相同岩性的情况下才能适合，也就是说岩性和组织结构对于风化程度的影响是具有内在联系的，但又是相互制约着的。

岩石的风化与构造裂隙的发育有着密切的关系。风化较深之处往往是构造裂隙发育或构造破碎带分布地段，因为构造裂隙使岩石的组织结构遭受破坏，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。但是构造裂隙的发育程度又取决于地质构造。在断层破碎带附近和背斜的轴部，构造裂隙发育，所以这些地区的风化壳厚度很大，有时风化深度可达一百米以上，成为局部深风化地带。例如，长江三峡五相庙——长木沱一带，位于黄陵背斜的轴部，裂隙及构造破碎带均较发育，致使该地区形成深厚的风化囊（如图1—3），风化壳底板起伏较悬殊，而远离轴部地区，由于构造破坏轻微，所以风化壳较薄。

**水文地质因素** 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较大的地方，例如破碎带，阶地平台，地下水排洩和逕流条件良好，所以风化壳较厚。

其他因素，如地壳的升降运动，也影响风化壳厚度的分布。例如长江中游，由于西部上升较东部剧烈，因此，沿江风化壳有西薄东厚的现象。

沉积盖层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。

人类的活动和植物复盖情况，增加了机械破坏，也给水增加了有机酸，使水的溶解能力增大，这也是不可忽视的因素。

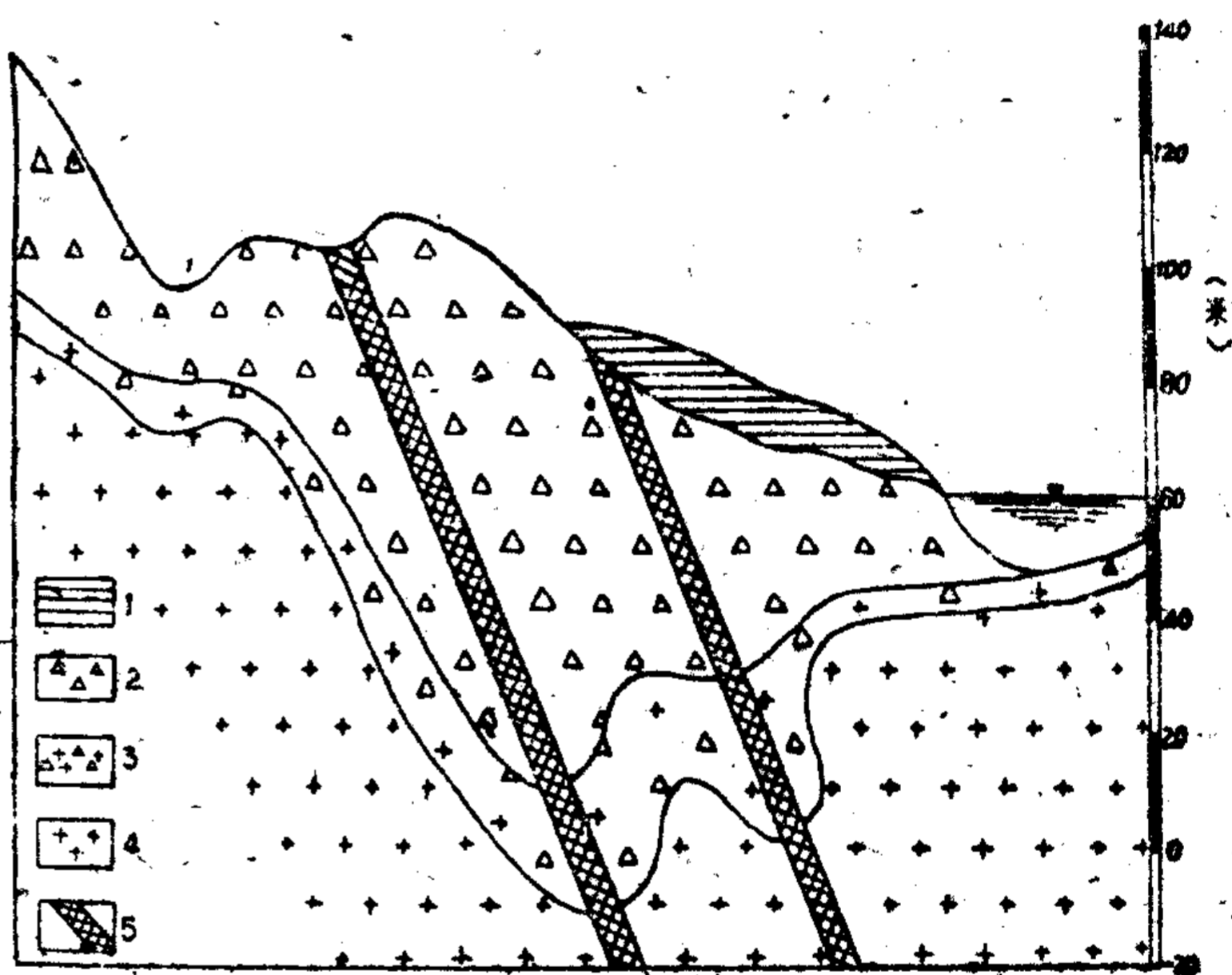


图 1—3 构造破碎带与风化壳厚度关系剖面

1—第四纪堆积；2—强风化带；3—弱风化带；  
4—新鲜岩石；5—破碎带。

### § 3 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，直至新鲜岩石。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显著的变化，因此适应建筑的性能也不一样。这种情况就要求我们根据岩石变化程度把整个风化壳分成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，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的物理力学性质的变化等。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1-4）。

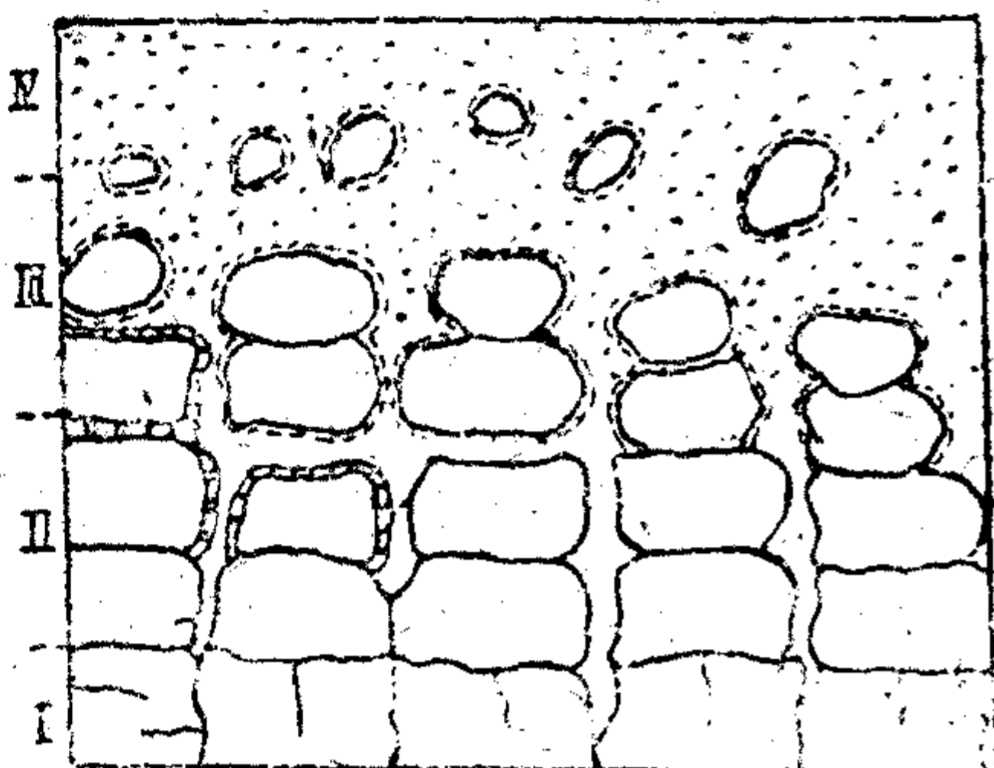


图 1-4 风化壳的分带示意图

I—微风化带；II—弱风化带；  
III—强风化带；IV—剧风化带

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，但容易沿着肉眼所看不见的面碎裂。在此带内，岩石的物理力学性质除了抗剪强度和抗压强度削弱外，几乎和母岩的物理力学性质毫无区别。

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，风化物没有或很少，并且它们只分布在裂隙面上。岩石的物理力学性质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（一昼夜约数百米）；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。整个岩层均由细碎块或甚至是各个颗粒组成。通常碎块主要由母岩矿物组成，并往往含有大量风化物。此带岩石的渗透能力较块状带低得多（一昼夜不超过几米或几厘米）；其抗压、抗剪强度更低。

IV. 剧风化带（或粉碎带）：此带岩石的特征是极度破碎，基本上是由风化次生矿物组成，原生矿物碎裂极细，并形成次生矿物的混合物。此带岩石的渗透系数极小（一昼夜约千分之一厘米）；压缩性急剧增加；抗剪强度减小；并具有新的性质：粘着性、可塑性、膨胀性等。

并不是在任何区域或剖面上存在全部上述风化带，时常有缺失个别带的情况。例如，砂岩胶结物质溶滤后，能形成具有强风化带性质的砂团，而缺失微风化带和弱风化带。

#### § 4 防治岩石风化的措施

防治岩石风化及其对兴建建筑物影响的措施可分为三类：（1）剥除风化产物；（2）改善风化岩层物理力学性质；（3）预防岩层风化。

**剥除风化产物的措施** 把风化岩层挖掉，而将建筑物建筑在新鲜的岩层上，这是消除风化岩石对建筑物不良影响的最彻底的办法。

必须指出，并不是在所有的情况下都必须把触及风化的岩层全部挖掉，而是仅挖去那些岩石的物理力学性质已被风化到威胁建筑物稳定的岩层。因为，剥除风化岩层需要耗费巨大的工程开挖量。在这种情况下，工程地质人员的主要任务是确定风化岩层必须剥除的深度。确定岩层剥除的深度，一般是根据岩层破碎的程度以及其中可溶于水的盐类的含量来进行的。

大家都知道，由于风化作用而产生的裂隙随深度而逐渐减少，风化作用能促进岩石裂隙的发展，但是，岩石的裂隙性却又构成了岩石风化的有利条件，因为岩石产生裂隙破碎的变化不论在时间方面或在深度方面都超过岩石的其它风化变化。同时，岩层破碎的程度

仍是确定其物理力学性质的最重要的因素之一，例如透水性、抗压强度和抗剪强度等。因此如果从破碎的观点出发，岩层的破碎程度仍不影响建筑物的建筑条件，而且无其他风化特征，则此岩层便可作为风化岩层剥除的下部界限。对各种不同类型的建筑物来说，岩层应剥除的深度是不同的，因为不同的建筑物所允许的岩层破碎程度亦各不相同。

如果岩层中有可溶于水的盐类，则在建筑物与水渗透到岩石中有关的水工建筑物和其他建筑物时，必须对这种渗透特性加以研究，并必须从可溶于水的盐类自岩石中被携出的可能性的观点来进行评价。如果岩层中盐类的数量不大（百分之零点几），同时它们的溶滤不会引起岩石物理力学性质的重大变化时，则此岩层同样也可以作为风化岩层剥除深度的下部界限。在修建与水的渗透及盐类溶滤无关的建筑物时，这种标志可不必考虑。

必须指出，对于所有类型的建筑物和工程地质条件，都不可能预先提出一个确定风化岩层剥除深度的标准，必须针对所设计建筑物的结构特点和经济上的合理性采取不同的标准。因此，确定风化岩层剥除深度是一件繁复的工作，必须由各方面的工作人员共同参加研究和评价进行确定。

**改善风化岩层物理力学性质的措施** 将风化岩层用人工的方法改善其物理力学性质，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力学性质，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能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力学性质的方法有：水泥灌浆法、沥青灌浆法、粘土灌浆法、砂化法等。这些方法的基本原理和应用条件已在工程岩石学中详细叙述了，所以这里不再重复阐述。

**预防岩层风化的措施** 过去在研究岩层风化时，很少有人注意风化速度问题。一般均认为风化作用进行得很慢，不会在建筑物使用期间对建筑物地基发生危害。但是，实践证明，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风化深度达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塌方的现象很多。因此，风化速度的问题不能不引起我们的注意。

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以使岩层免受一切风化营力作用的方法。因此，工程地质人员应事先了解该区主要的风化营力是哪一种，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。

防止岩层继续风化最常用的措施是用风化营力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，则可用沥青或粘土。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，但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，又可隔绝气体和水的侵入。

暂时保留一层拟挖除的岩层，有意地不将基坑或路堑底部挖到所设计的深度，而一直到施工前，即在真正封闭基坑以前再将其挖去，这样也能防止岩层的风化。这一层暂时保留的岩层称为“暂留层”。在这种情况下，工程地质人员必须确定该岩层是否能防止该区的主要风化营力。如果该岩层是适合的，则应确定暂留层的厚度。



## § 5 岩石风化的工程地质研究

**岩石风化工程地质研究的任务** 岩石风化的工程地质研究是为了解决下列实际问题而进行的：

- (1) 从岩石风化的观点出发，选择适合兴建建筑物的地段；
- (2) 确定兴建建筑物地段上必须剥除的风化岩层的厚度；
- (3) 从风化速度的观点出发，确定建筑基坑和路堑保持于露天条件下的安全期限；
- (4) 确定预防岩层风化的措施和方法，并确定防止岩层风化的复盖层（或暂留层）的厚度和性质。

为了解决上述实际问题，在工程地质研究时应进行下列几项工作：

- (1) 风化岩石的野外观测及勘探试验工作；
- (2) 风化作用速度的野外观测工作；
- (3) 为选择预防岩层风化的复盖层的性质和厚度而进行的观测工作。

第一项工作在解决从岩石风化的观点出发选择适合兴建建筑物的地段，以及确定兴建建筑地段上必须剥除的风化岩层的厚度时，有极其重要的意义。第二第三项工作对深挖边坡（如铁路路堑、运河渠道和船闸之边坡等）及留置于开敞状态下之期限较长的大型基坑有重要的意义，而一般情况下较少进行。下面分别叙述一下各项工作的研究方法。

**风化岩石的野外观测及勘探试验工作** 在进行岩石风化的工程地质研究时，野外观测具有极其重要的意义。因为，每一种风化营力均在岩石的外貌上留下它作用的痕迹，根据这些痕迹往往可以追寻出岩石中发生了哪些作用。因此，在研究风化作用时，应对风化岩石作详细全面的描述。

在野外观测时，必须描述下列风化岩石的外貌特征：颜色、碎裂程度、矿物成分、力学强度和风化的类型等。

(1) 风化岩石颜色的描述：岩石颜色的改变是其矿物成分发生变化的反映，因此按照岩石的颜色变化可以说明其风化程度。在描述颜色时，应说明潮湿时的颜色和干燥状态下的颜色，以及由表及里的颜色变化。因此，观察岩石颜色时，要多敲开几块岩石，描述其表里颜色的变化。颜色的描述应编成专门的素描图画册，其涂色应符合于自然颜色和色度。

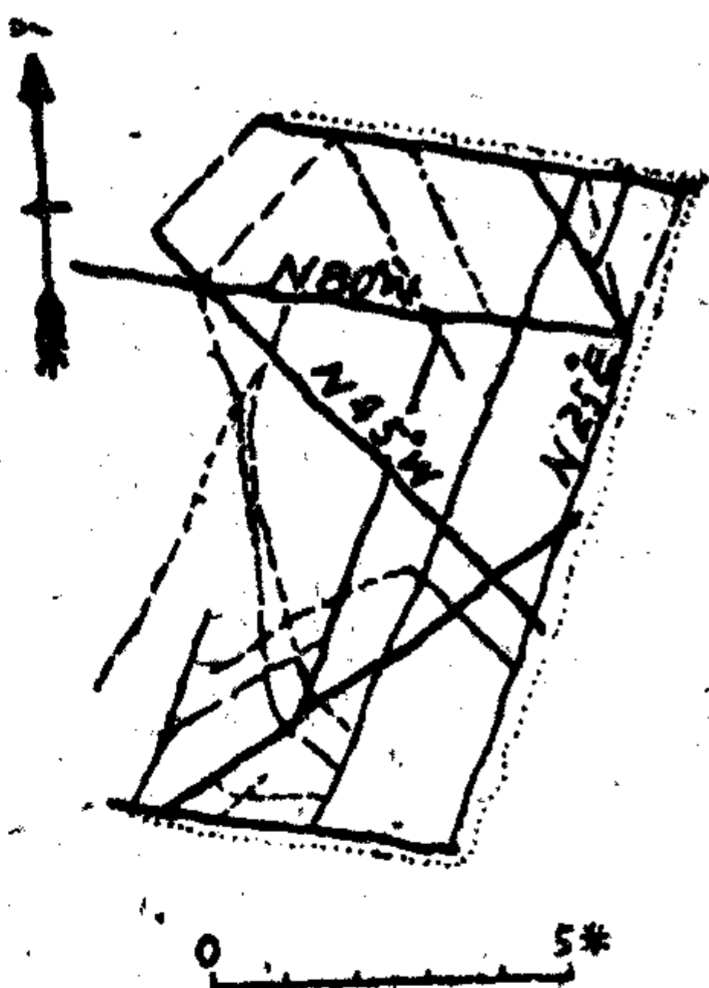


图 1—5 裂隙素描图示例

(2) 岩石碎裂程度的描述：岩石的碎裂程度是划分风化带的重要标志。由母岩至地表，风化岩石的碎裂程度总是不断加强。在描述时应特别注意风化裂隙的长度和宽度、形状、疏密程度、充填情况、充填物的成分和性质等。裂隙的典型地段以及各个单元的典型裂隙，均应照象或按比例绘素描图（如图1—5），并进行裂隙的测量工作。对于岩块、碎块和碎屑应详细说明其成分、形状和大小。

(3) 矿物成分的描述：矿物成分的变异情况反映了风化程度，而矿物成分的改变使岩石的物理力学性质也发生很大的变化。在描述时，除定出矿物的名称外，应描述它们的颜色、硬度、光泽、断口以及其他特征，并用肉眼确定其元素。如果在野外不能确定其矿



物名称和組成元素时，应送到实验室去研究，将实验室研究结果，补充记入野外记录簿中。

(4) 力学强度的描述：风化作用可改变岩石的内部联结，使岩石抵抗外力的强度减弱。因此，在研究及描述风化特征时，尚应指出岩石的强度。为了使这种描述统一起见，可将岩石强度分成四级：①用锤子难以击碎的；②用手能压碎的；③用手指能捏碎的；④轻微接触后即松散的。

(5) 岩石风化类型的描述：由于岩性及构造的不均一性，岩石经受风化后表现为不同的形态。按风化岩石的性状可分为碎块状风化与球状风化二类。碎块状风化是由于风化作用沿构造裂隙侵入，而使风化岩石形成稜角状的碎块。球状风化是由于被二组以上裂隙切割的岩体，受风化作用而使岩块稜角圆化形成球状。

按风化岩层的产状，可分为表层均匀风化、夹层风化和囊状风化三类。表层均匀风化是在岩性和构造较均一，岩脉稀少的地区，风化作用沿均匀分布的裂隙深入，各处的风化程度相似，常沿地形坡度形成风化剥理，岩石的风化性状可以是球状风化或碎块状风化，风化壳的底板比较均一，这种均匀风化的地区是有利于工程建筑的。夹层风化是两种抵抗风化力悬殊的岩石，在一定的成层条件和地形条件下形成的（如图1-6）。囊状风化是在构造破碎带密集的地方，风化作用沿破碎带深入成为“风化根”，在破碎带交会的地方，由许多风化根会聚成“风化囊”。

除了上述主要风化特征外，还应描述岩石的湿度、粘着性、可塑性等的变化。因为这些特征往往能区别出岩石的风化程度。

勘探工作在研究岩石风化中极为重要。因为风化深度、性质、分布和分带等的研究都必须借助于勘探工作才能弄清楚。在进行勘探工作的布置时，应很好地考虑影响岩石的各种因素，并结合具体建筑物的特点。例如为确定风化带垂直界限而进行勘探时，确定坑孔数量和深度必须考虑到岩层的成分、产状和现有的构造破碎。岩层为水平埋藏，并在其他条件相同时，坑孔彼此分布的距离可以较大些。如果岩层成倾斜埋藏时，尤其是当岩石成分彼此有极大区别时，则坑孔的数量应增加，坑孔的深度随风化岩层的下部界限而变化，在比较容易风化的岩层里，坑孔的深度应加大（见图1-7）。

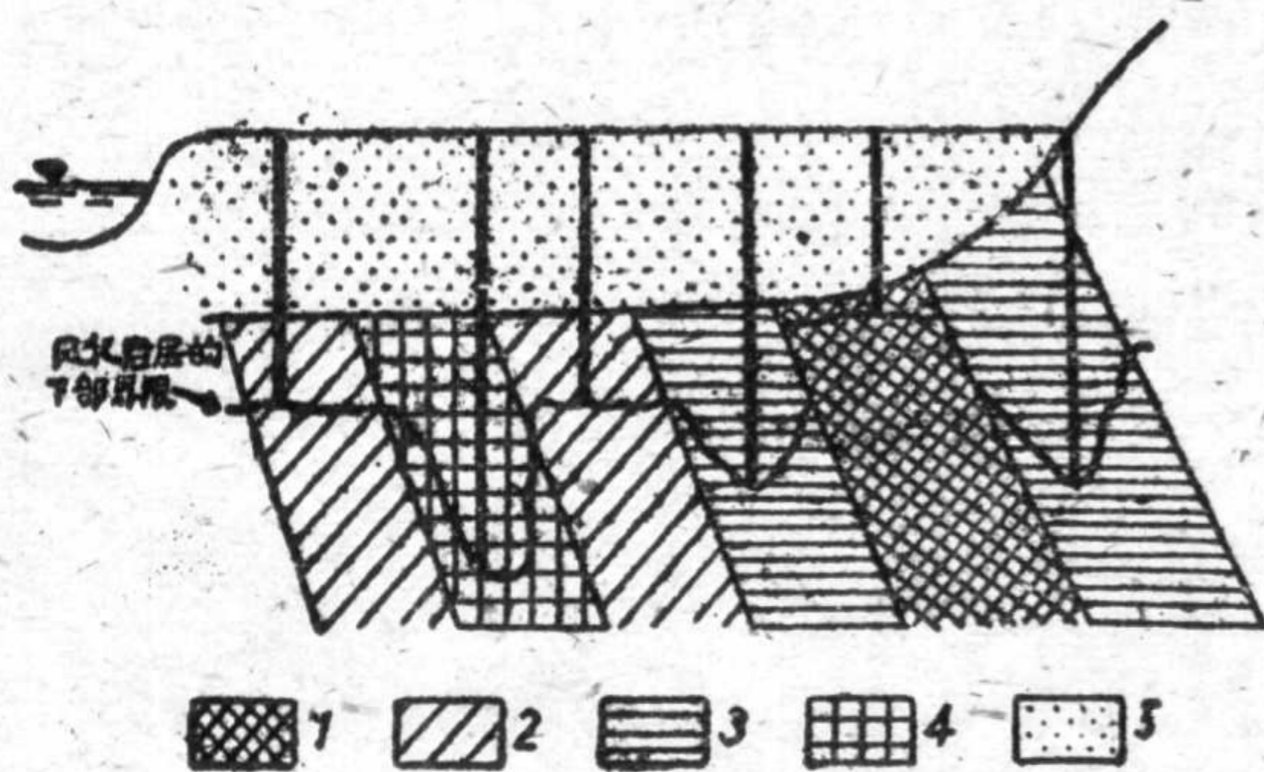


图 1-7 倾斜风化岩层上勘探坑孔的布置  
1—不易受风化的岩层；2—风化性中等的岩层；3—风化速度快的岩层；4—风化速度非常快的岩层；5—冲积层

勘探工作的类型，以山地工作较好，因为它便于观察和取样。鑽探工作由于在风化岩层中不易采取合格的岩心，取样和野外力学试验也不易进行，所以研究岩石风化困难较

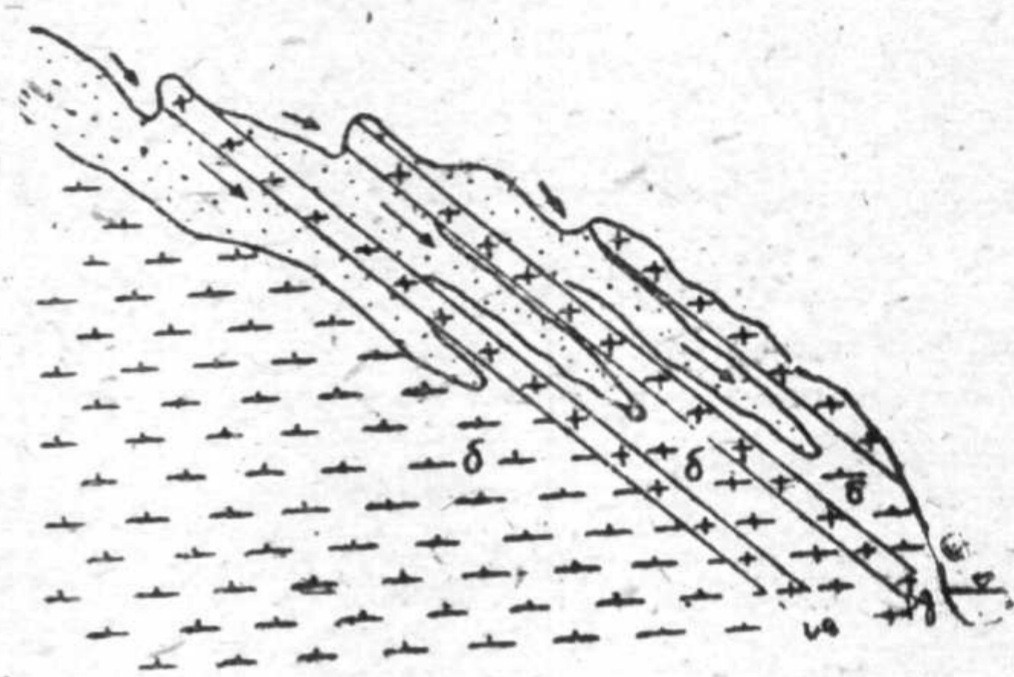


图 1-6 偏岩子附近閃长岩中夹层风化现象示意图  
δ—閃长岩；P<sub>δ</sub>—伟晶及細晶岩脉



多。但是由于鑽探工作較快而方便，便于进行水文地质試驗，所以在进行山地工作的同时还必须配合鑽探工作。

风化岩石的試驗工作甚为重要，必須結合野外观察及勘探工作进行各种有关的試驗。例如通过压水試驗及抽水試驗求得各风化带岩石的透水性；对未风化及各种不同风化程度的岩石进行野外力学試驗，以及取样作實驗室研究，求得岩石的物理力学性质指标。試驗工作最好与岩石矿物变化及碎裂程度密切結合，共同作为划分岩石风化带的主要标志。至于試驗的項目及数量則决定于建筑物的类型、規模及勘测阶段。

在进行了风化岩石的野外观测及勘探試驗工作之后，应編制下列图件：

- (1) 地质岩性图；
- (2) 表示岩性和风化深度及其分带的剖面图；
- (3) 典型的风化柱状剖面图；
- (4) 某一风化带底板高程等高綫图。

**风化作用速度的野外观测工作** 研究风化作用速度的方法有两种：

(1) 根据現有人工露头确定岩石风化的速度，这种方法就是研究观察区域内所有的現有人工露头，如路塹、边坡、探井、水平坑道等。选择的这些人造露头挖掘的时间最好有老有新，并有适当的时间間隔。詳細地描述这些人造露头所揭露的岩石的风化程度。这样可以通过对各个个人工露头的风化程度的比較，并結合其挖掘时间，便可得出风化速度的概念。

(2) 长期观测新鮮人工露头中岩层的风化作用，这种方法就是挖掘專門的坑道，长期观测被揭露的新鮮岩层的风化程度。长期观测点的布置应考虑到下列各方面：①所研究的各类岩石都应布置有长期观测，并应揭露到新鮮岩层；②在不同的地形条件下（高地上、斜坡上、河谷内）均应有点的分布；③在南面和北面的斜坡上应分別布点；④人工露头所处的条件，应尽可能与将来建筑物兴建后岩石所处的条件相符合，例如人工露头的方向应尽量与渠道边坡、铁路路塹或基坑壁的方向一致，其边坡坡度和高度也应力求相同。

人工露头的开挖面积最好不小于四平方米。在人工露头确定后，应将其一一标在地形图上編号。另用卡片一一說明其編号、位置、挖掘日期、所处条件（地貌单元、斜坡方向、坡度、附近植物生长情况），以及开挖时岩石的状态特征等。以后即进行观测，每次观测結果，也記錄在上面，并附入素描图等实际資料。

观测的时间間隔視岩石性质及实际目的而定。在最初間隔較短，以后逐漸加长。所以第一年观测次数較多，以后減少，但每年至少也須进行4—5次。整个观测期限至少一年，但一般岩石在这样短的期限内很难获得滿意的結果。每次观测应对所有人工露头作一次描述。

观察描述的内容已在前面叙述过了，但应特別着重于矿物成分及碎裂程度的变化。每次观察时，还須在人工露头处采取實驗室研究用的試样。至于岩石风化带厚度的变化，則需用挖掘小洞至新鮮岩石来确定。对两次观测期间的气候变化也应加以說明。

**为选择預防岩层风化的复盖层的性质和厚度而进行的观测工作** 为了选择預防岩层风化的复盖层的性质和厚度，必須首先研究区域内主要风化营力的种类和强度，以及被保护岩石的性质。

主要风化营力的确定，可以根据当地气候、水文及水文地质条件，特别是岩石的风化

特征加以判断。例如裂隙中微細顆粒、流漏痕跡及冲刷現象的存在，可溶盐类在剖面上部不均匀地分布，这些特征均可以証明有雨水的侵入，氧化鉄化合物的存在，証明在风化过程中沒有氧的参加。

但是，风化是一个复杂的过程，仅依靠上述方法往往不能正确地确定主要风化营力的种类和强度，还必须用专门的試驗和观察。

确定主要风化营力的专门試驗和观察是这样进行的：挖掘一个基坑到未风化的岩层。在基坑底分为几段，每一分段均用可防止一种或几种风化营力影响的材料复盖，留一个或两个分段不加复盖层，以便进行对比。

为了防止液态和气态的风化营力，可以鋪盖薄层（5厘米）的瀝青、混凝土、粘土或其他物质。在这种情况下，只有太阳的热力才能侵入岩层。在这些复盖层下，岩层的变化主要是由于温度的变化。由砂筑成的复盖层，气态和液态风化营力都可以侵入，但是如果該层的厚度等于温度年变化带的深度时，可以防止太阳热对岩石的作用。由亚粘土、粘土和其他不透水与不透气的材料筑成的复盖层，其厚度等于温度年变化带的厚度时，則可防止所有风化营力对岩石的作用（有机物除外），因此如果在試驗过程中应用此类复盖层而岩层仍发生变化时，則变化乃是由于生物活动的緣故。

定期地将每一个分段的复盖层部分揭开，在岩层內挖浅坑至未风化的岩层处，按照前述方法对风化岩层进行描述，并采取实验室研究用的試样。对被不同复盖层复盖的岩石的风化程度进行比较之后，就可以确定該区的主要风化营力。每次描述和取样之后，浅坑必須重新用挖出来的岩石填满，并重新以相应的复盖层盖上。

在确定了主要的风化营力以及在一定时期內所形成的风化带厚度后，就可以选择防止岩石风化的复盖层的材料和厚度，或确定原来的岩层是否适合作为暫留层，以及暫留层的厚度。

### 复 习 思 考 題

1. 什么叫风化作用？风化营力怎样破坏岩石？风化作用对工程建筑有什么危害性？
2. 影响风化作用及风化壳厚度的因素有哪些？
3. 为什么要进行风化壳的分带？怎样进行分带？各带有哪些工程地质特征？
4. 防止岩石风化的措施有哪几类？确定风化岩层挖除深度的原則是什么？
5. 怎样进行岩石风化的野外观测和勘探試驗工作？怎样进行风化速度的野外观测工作？为了选择預防岩石风化的复盖层的厚度和性质，怎样进行观测工作？

## 第二章 与地表水活动有关的現象

### § 1 海岸和湖岸的冲蝕与塌落

**概述** 海岸和湖岸遭受一系列因素的作用，这些因素影响着岸边綫的形成，并引起岸坡岩石的冲蝕和塌落，改变岸坡的断面。属于这些因素的有：波浪作用、海流作用、浮冰的动力作用、水的溶解作用以及岩石的浸湿作用等。然而，在这些因素中，影响海岸和湖岸形成的最基本的因素是波浪的冲蝕作用。



波浪对边岸的形成具有双重作用：一方面是冲到岸上的波浪强烈地冲刷岸坡，破坏岸坡岩石颗粒间的联结，使岩石破碎，因而引起了海岸和湖岸的冲刷与塌落。冲刷、塌落的结果，威胁着边岸建筑物（如房屋、道路、堤等）的安全，同时也影响着海岸湖岸无数为航运及海防服务的水工建筑物和军事建筑物的稳定性。另一方面，当冲到岸上的波浪失去动能时，一些岩石碎屑因重力作用而返回海里，同时退出边岸的波浪也携带了很多较小的岩石碎屑在边岸下部沉积。这种堆积作用往往会引起入港航道的淤塞，使航行中断。

海洋的潮汐具有巨大的能量，地球上的潮汐能量约有400亿瓩，而地球上全部河流的经济位能仅有10亿瓩。我国海岸线长达11000公里，蕴藏着巨大的潮汐能量。为了开发这些潮汐能量必将在海岸修筑无数潮汐发电站。因此，为了保证潮汐发电站的稳定，也必须对波浪的冲刷作用进行详细的研究。由此可见，研究波浪的冲刷作用及其对海岸和湖岸冲刷与塌落的影响具有重大的意义。

**波浪的形成和性质** 如前所述，波浪的冲刷作用是形成海岸和湖岸的最主要的因素，也是破坏边岸的最主要因素。因此，我们必须首先研究波浪的形成和性质。

波浪形成的原因是多种多样的，如风的作用、地震、海底火山爆发、潮汐作用等都能引起波浪。但是，在自然界最经常和最有意义的是由于风的作用而发生的波浪。这种波浪叫做风成浪。

波浪一般只发生在水体的表面部分，形成水体表面的起伏。水体表面起伏的最高点称为波峰，最低点称为波谷（见图2-1）。二个相邻波峰之间的距离称为波长（ $L$ ）。波峰与波谷之间的高差称为波高（ $h$ ）。波峰两侧水面的坡度是不对称的，迎风面的坡度比背风面为缓；这种现象是因为背风面空气的涡流运动降低了背面的气压而形成的。

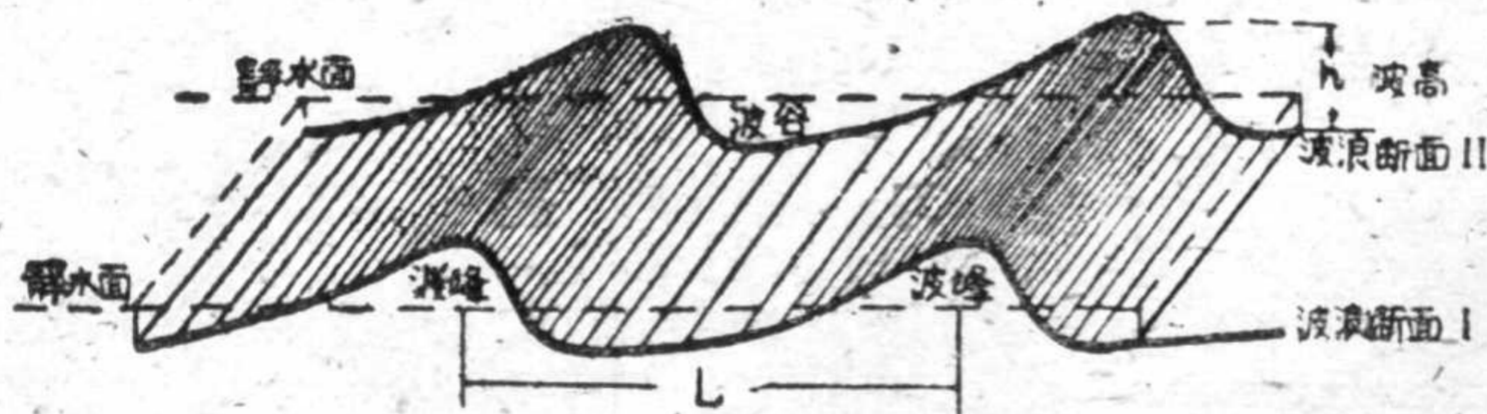


图 2-1 波浪横断面图

$L$ —波长； $h$ —波高

波浪给人们造成一种印象，好象海水在朝着一个方向移动似的。但是，如果仔细观察

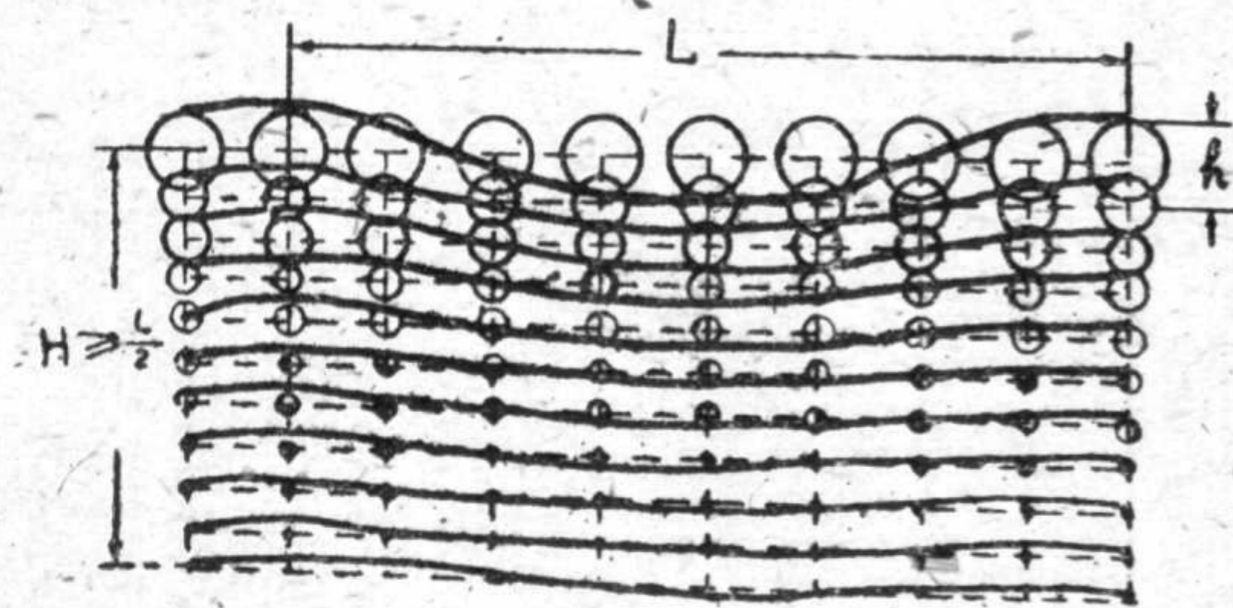


图 2-2 波浪质点运动图解

水面上的飘浮物体，则可以看见，这些物体始终在原地来回摆动，因而证明水的质点也是始终在原地来回摆动着。

从运动学的观点来看，水表面的波动是水质点连续的圆周运动（图2-2）。水面各点的圆周轨迹的半径等于波高的二分之一。在运动所能达到的整个深度中，水的质点均保持其圆周运动的性质，但圆周半径则迅速地随深度而减小。实际观察证明，在深度为波长的一半的地方，水质点的圆周运动半径已经很小了，因此波浪作用十分微弱，可以认为是静止的状态。

在深度为波长的一半的地方，水质点的圆周运动半径已经很小了，因此波浪作用十分微弱，可以认为是静止的状态。