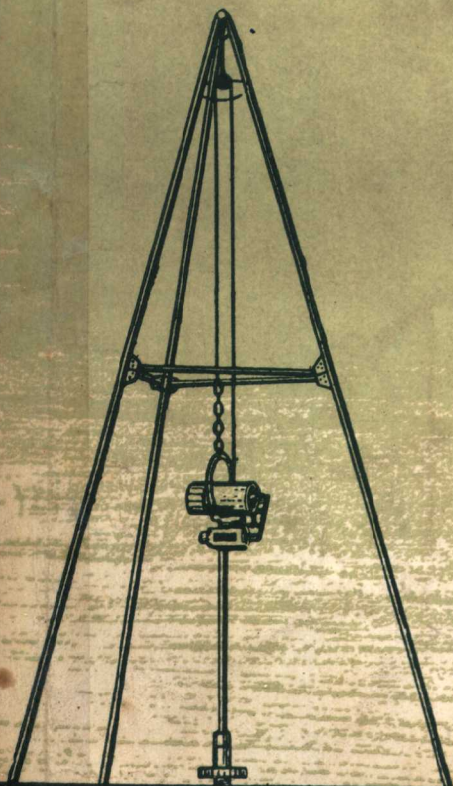


建筑工程勘察基本知识丛书

地质作用与建筑工程

苏 欲 然 編



中国工业出版社

建筑工程勘察基本知识丛书

地质作用与建筑工程

苏 欲 然 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

本书系建筑工程勘察基本知识丛书之一。介绍各种主要的地质作用及有关物理地质现象的一般概念、形成条件及其对建筑工程的影响，如风化作用、地表水的作用、潜蚀和流砂、黄土的湿陷、喀斯特、滑坡、地震等。

本书文字通俗易懂，可供工程地质勘察部门的初中级技术人员以及具有初中文化程度的行政管理干部和技术工人阅读，也可供从事建筑设计和城市规划的技术人员作参考。

建筑工程勘察基本知识丛书

地质作用与建筑工程

苏欲然 编

中国工业出版社建筑图书编辑室编辑（北京佟麟阁路10号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $37/8$ ·字数84,000

1963年2月北京第一版·1963年3月北京第一次印刷

印数0001—1150·定价（10—6）0.62元

统一书号：15165·2048（建工-275）

前 言

这本小册子，是一本介绍各种主要的而且常见的物理地质现象的通俗读物。这些物理地质现象对建筑工程的安危有极大的影响（这在各节中均已介绍了不少实例，可资说明）。所以，在建筑物设计和施工之前，首先进行必要的工程地质研究，具有重要的意义。研究物理地质现象，研究其发生、发育的条件和对建筑物的影响，以及提供防治的措施，是工程地质研究工作的一个重要内容。目前，有关工程地质学的著作不少，研究各种地质现象的专门著作也很多；但是，适合初中级技术人员和对工程地质科学有兴趣的初学者阅读的通俗读物，却非常缺乏。为了满足这些读者自学的需要，供他们在工程地质实践中研究物理地质现象时作参考，编者尝试着编写了这本小册子，并力求通俗地介绍这些物理地质现象的一般概念、生成条件、对建筑工程的影响以及如何对有关物理地质现象进行工程地质研究。

编者在工程地质学方面也是一个初窥门径的人，无论理论知识或实际经验都非常缺乏，所以在本书的内容安排和选择方面可能有許多不全面甚至不正确的地方，恳切地希望读者多加指正。

編 者

于一九六〇年五月完成初稿

于一九六二年七月再次修改

目 录

一、地质作用与建筑工程	(1)
二、风化作用	(5)
2-1. 岩石的风化	(5)
1. 引起岩石风化的作用力	(5)
2. 两种性质的风化及风化的阶段性	(10)
2-2. 风化作用的结果	(14)
2-3. 为工程地质目的对风化作用的研究	(18)
三、地表水的作用	(27)
3-1. 海岸和湖岸的破坏	(27)
3-2. 河岸的冲刷	(34)
3-3. 冲沟	(40)
1. 冲沟形成条件	(40)
2. 冲沟发育阶段	(41)
3. 为工程地质目的对冲沟的研究	(42)
3-4. 山洪泥石流	(45)
四、潜蚀和流砂	(48)
4-1. 潜蚀	(48)
4-2. 流砂	(53)
五、黄土的湿陷	(56)
5-1. 一般概念	(56)
5-2. 湿陷性	(57)
1. 什么是湿陷性	(57)
2. 湿陷的原因	(59)
5-3. 湿陷性的评价方法	(60)
1. 间接的方法	(60)

2. 直接的方法	(63)
六、喀斯特	(65)
6-1. 关于喀斯特的一般概念	(65)
6-2. 喀斯特的发育条件	(70)
6-3. 喀斯特对建筑工程的影响	(77)
七、滑坡与崩塌	(80)
7-1. 概說	(80)
7-2. 滑坡	(85)
1. 滑坡的形态	(85)
2. 形成滑坡的条件和因素	(88)
3. 滑坡的分类	(93)
4. 边坡平衡条件浅釋	(95)
5. 滑坡对建筑工程的影响	(100)
7-3. 崩塌	(101)
八、地震	(105)
8-1. 地震的一般概念	(105)
8-2. 地震是怎样发生的	(107)
8-3. 地震区的工程地质研究提要	(111)
九、結束語	(115)
主要参考书目	(117)

一、地质作用与建筑工程

这本小册子題名为“地质作用与建筑工程”。很可能有人會問，地质作用是地质学的研究对象，与建筑工程又有什么关系呢？大家知道，我們居住的这个行星——地球，并不是靜止不变的，而是不断地运动和变化着。有些变化可能延續很長的时间，人們很难觉察出来。比如，滄海桑田的变化，在地球上曾經不只一次的发生过。也有些变化，可能会突然出現。有些火山在經過一定时间的間歇以后，又可能突然噴出熔岩；有些地区，突然会发生地震，其中有的是輕微的振动，甚至人們觉察不出，有的是剧烈地震撼着某一幅員广袤的地区，甚至山崩地裂，建筑物遭受破坏，酿成灾害；也有些地区，土体或岩体会向下崩落或滑动……。这些現象無論是延續很長時間，或是在短時間內发生，地球本身总是在自然界的各种作用力的作用下，不断地改变着自己的面貌。这些在自然界作用力影响下出現的各種各样变化的現象，我們称之为地质現象。引起地质現象的各种作用，称为地质作用。

各种地质作用及其所产生的現象，与建筑工程的安危有着密切的关系。过去的不少实例，都很清楚地說明了这一点。例如，翻开我国某些地区的地方志，我們可从中見到許許多多关于地震的記載。可以見到其中有許多地震都很剧烈，造成了建筑物的严重的破坏，“坏城廓”或“城廓尽圯”，也或者因地震而“山崩地裂”或“山川改易”。地震不仅在过去历史时期不断发生，就是在現在也并不少見。在这本小册子里举了一些最近发生的地震实例，其中有的造成了人們的伤亡，有的引起了建筑物以至整个城鎮的破坏。又例如山崩和滑坡，也是我們常見的地质現象。这种土体或岩体崩落或滑动的現象，有时严重地影响着各种工程建

設。有不少公路和鐵路，因為滑坡和山崩的存在，使它們的安全受到了嚴重的威脅。也有不少建築物因為滑坡或山崩的影響而招致破壞。在發生規模巨大的崩塌或滑動時，甚至大片的建築物或整個村鎮也會被崩滑着的土體或岩體一掃而光。在幾十年前，四川南沱一個鎮子就隨著滑動的岩體一起滑落過。

上面只是敘述了許多地質作用及其所引起的地質現象中的二三種現象——地震、山崩和滑坡對於建築工程的影響。自然界中所能遇到的地質現象遠遠不只是這麼二三種，而且各種各樣的地質現象對於建築工程都有不同方面、不同程度的影響。從此不難看出，在進行建築工程時，首先研究一下有關的地質學的問題，進行工程地質勘察工作，乃是非常重要的。地質科學中一門新的分支——工程地質學，就是為了適應這種需要而產生和發展起來的。

工程地質勘察工作，有兩個主要的任務：從工程地質條件方面保證建築工程在經濟上的合理，並確保建築物的安全。為了達到這個目的，在工程地質勘察中需要進行多方面的研究，要研究岩層（包括基岩和第四紀地層）的分布和產狀，以及它們的物理力學性能；要研究地質構造情況；要研究地貌特徵和地質作用的影響；也要研究地下水的活動。有時候，還需要進行建築材料的勘察。通過多方面的勘察研究以後，作出建築場地工程地質條件的評價，提供保證建築工程的安全和經濟上的合理的建議。

在所有工程地質勘察工作的研究內容中，對地質作用及其對工程建設影響的研究，占有極重要的地位。現在在工業與民用建築的工程地質勘察工作中，還存在着這樣的偏向：偏重於通過勘探和試驗工作，研究地基土的物理力學性能，研究土的工程地質特徵，而對地質作用的影響的研究卻往往比較忽略。當然，研究地基土的工程地質特性，是建築物的工程地質勘察的極重要的內容之一。但這並不是它的全部內容。一般來說，在建築物自身的影響下，也會產生許多地質現象，象地基土的壓縮、沉降等等，並且往往因此而引起建築物的變形、損壞，以至破壞。被著名物

理学家迦利略用以作过試驗的举世皆知的比薩斜塔，就是因其自身的影响而产生地质現象的一个实例（见图1-1）。这个塔因在不均匀下沉的影响下，塔身便向一侧傾斜了。如果繼續不均匀下沉，到一定程度，斜塔有可能傾倒。我国苏州虎丘山上也有一个塔，因为同样的原因，它不是直立的而是斜向一边。在很多由軟弱土构成的地区，如上海、天津等地，某些建筑物剧烈地往下沉降的現象也很常見。有些建筑物的第一层，因为沉降的結果，只能当作半地下室或地下室使用了。这些現象对建筑物有严重的影响。它們对建筑工程的影响，都必須通过研究地基土的工程地质特性，才能作出恰当的評价。但是，这仅是建筑工程的工程地质問題的一个方面，前面所談的关于自然界中各种地质作用对建筑工程的影响的某些实例，足以說明只作地基土的研究就作出与建筑物安危有关的工程地质条件的全面評价，是不可能的。

根据以上的叙述，我們还可以发现，引起各种地质現象的作用，有两类不同的性质。有些地质現象，是在自然界的作用力影响下而产生

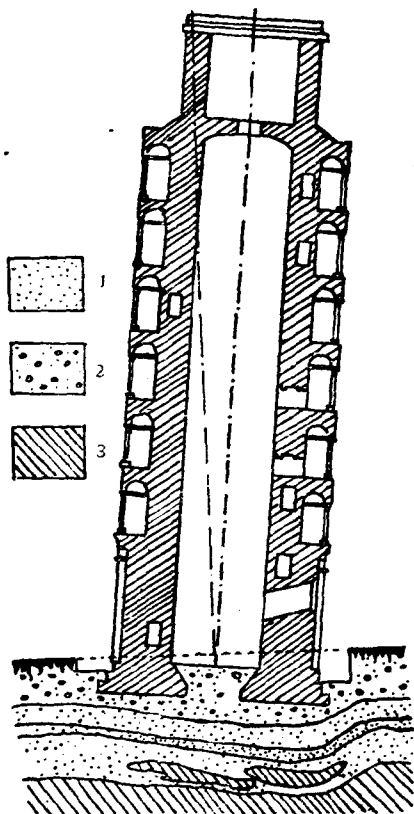


图 1-1 比薩斜塔及其地基土的剖面
1—亞砂土；2—夾有粘土透鏡体的砂层；3—致密粘土

的；另一些地质现象则是因为建筑工程自身的影响而引起的。在工程地质学中，常用动力地质作用这一术语去称呼由自然界的作用力的影响下产生的地质作用，有关的地质现象称为物理地质现象；因建筑工程自身的影响而引起的，则称之为工程地质现象。

物理地质现象的类型很多。根据薩瓦連斯基的分类，物理地质现象的类型列如表1-1。

表 1-1●

地质作用发生和发展的基本原因	物 理 地 质 现 象
I. 与风化营力作用有关的现象	风化
II. 与地表水（海水、湖水、河水、沟渠水）活动有关的现象	边岸冲刷和塌落（海蚀与河蚀） 斜坡冲蚀（冲沟） 山洪泥石流
III. 与地表水和地下水活动有关的现象	沼泽 湿陷 喀斯特
IV. 与斜坡上地下水和地表水活动有关的现象	滑坡 崩塌
V. 地下水活动的现象	潜蚀 流砂
VI. 与土的冻结和融化有关的现象	土的冻结和冻胀 多年冻结及其现象
VII. 与地球内力有关的现象	地震现象
VIII. 与人类工程活动有关的现象	沉降、压缩、膨胀、与地下工程有关的地表和地下变形（山岩压力）

在这本小册子里，我们只拟介绍与动力地质作用有关的地质现象，即物理地质现象；各种工程地质现象则不在此书中叙述了。同时，本书中也不拟对全部物理地质现象一一讨论，只对其一些比较主要的而且常见的地质现象（主要是岩石风化，波浪对海岸和湖岸的破坏，河岸的冲刷，冲沟，山洪泥石流，流砂和潜蚀，喀斯特，黄土的湿陷，山崩和滑坡以及地震等）作简要的介绍。

● 这是薩瓦連斯基在1941年所作的分类。在表中所列的第八类“与人类工程活动有关的现象”，应为我们上述的工程地质现象。

紹。介紹这几种物理地质現象的基本概念、发育和形成条件，探討对各种物理地质現象进行工程地质研究的基本要求。

二、风化作用

在人們的印象中，磐石之坚，可以天长地久。但实际則不然。这里的一張相片（图2-1），是在花崗閃长岩分布地区見到的在风化营力作用下岩石被破碎的情况。大家知道，象花崗閃长岩之类的結晶岩石，是常見的最坚硬的岩石之一。但是無論它何等坚硬，都将和所有其他岩石一样，在自然界各种风化营力的影响下，逐渐改变自己的性质。这种改变可能是物理的变化，也可能是化学的变化，或者二者兼而有之。其結果总是使整块的岩石逐渐变成破碎的物质，使坚硬的岩石逐渐变成松軟的物质。各种岩石在自然界各种风化营力影响下，使自己的性质逐渐变化的作用，就称为风化作用。



图 2-1 花崗閃长岩在风化营力作用下，破碎成分离的石块

2-1 岩石的风化

1. 引起岩石风化的作用力

促使岩石风化的作用力主要是指太阳的幅射、水、大气（主要是氧和碳酸气）以及生物有机体。

（1）太阳的幅射

对于岩石风化来讲，太阳幅射的作用主要表现于温度的变化。由于太阳的幅射和地球繞軸自轉的結果，地球表面溫度在晝夜之間和季节之間出現了不同幅度的变化。溫度变化可引起下列与岩石风化有关的作用：1）引起岩石和組成岩石的矿物顆粒的体积变化；2）引起岩石中水分的凝結和蒸发，以致促使其湿度的变化；3）引起岩石中水的体积变化；4）影响化学作用的速度。

岩石和組成岩石的矿物顆粒的体积变化（交替的膨脹和收縮），可以引起岩石的劇烈的破碎。这种情况在气温变化幅度特別大的大陆性气候地区表現尤为显著。有名的地质学家B.A. 奥勃魯契夫对于中亚細亚的描述正好可以作为例子①：“上升的太阳一开始便进行曝曬活动，几乎絲毫沒有保护的悬崖、岩块和碎石就开始变热，在夏天里它們表层的溫度达到 60° 或 70° ，以致黑色岩石不能拿在手里。当天晚上，由于强烈的幅射作用，它們的溫度又落到 $20\sim 25^{\circ}$ 。冬季岩石变热的程度要小得多，只到 $15\sim 20^{\circ}$ ，但是一到晚上它們就要冷至零下 $20\sim 25^{\circ}$ ，有些地方則要冷至零下 $35\sim 40^{\circ}$ 。春季和秋季溫度的波动更大，白天太阳照得非常炎熱，而晚上却变为奇寒。因此冬季和夏季一晝夜中溫度变动达到 $40\sim 45^{\circ}$ ，而春季和秋季甚至到 $50\sim 55^{\circ}$ （上述所有溫度均指摄氏——編者注）。在一年中的許多晝夜里，悬崖、岩块和碎石的表面依次发生脹縮的变化。冷天下雪之后，白昼融雪的水留在裂縫里，一到晚上都冻結成冰，也发生着影响”。

由于岩石在冷和热的周期变化过程中发生脹縮的变化，因而使岩石中发生裂縫，或使已有的裂縫进一步扩大以至破碎。或者有人会問：这种变化为什么会引起岩石发生裂縫或破碎？很简单，在冷热变化过程中岩石各部分引起的膨脹和收縮是不均匀的。由

① B.A. 奥勃魯契夫：“中亚細亚的风化和吹曬作用”，載于論文集“砂与黃土問題”中，科学出版社，1958年。

于岩石的导热速度一般不是很快的，因此表面很热而剧烈膨胀的时候，内部却膨胀很小；而表面一开始冷缩时，内部却并不收缩。这样势必引起表面的岩石发生裂缝以至破碎。

由于膨胀的程度在岩石的各部分是不一致的，通常总是表面膨胀的幅度大，而内部的较小，这样在岩石内部产生了类似同心圆状的裂隙，沿着这些裂隙，岩石露头常剥落成不规则的圆球状（如图2-2所示）。这种圆球状的剥落，通常称为球状风化。

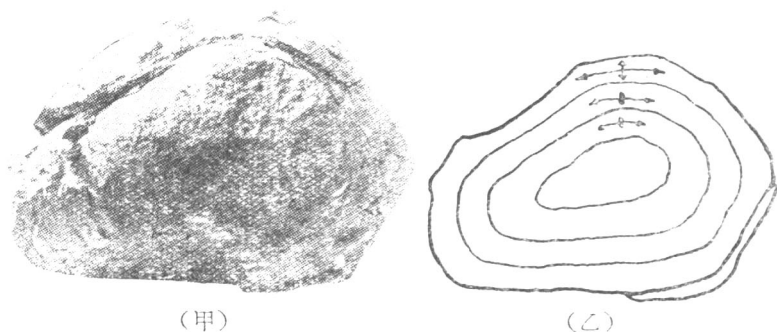


图 2-2 球状风化示意图。表示在岩块受热之后，表面与内部膨胀程度不一致，图中之箭头长短表示膨胀之大小。

还可能由于另一种原因引起岩体各部分膨胀和收缩的幅度不一致。在由多种矿物组成的岩石中，由于各种矿物的吸热和膨胀的性能不一致，所以在岩石因温度变化而发生膨胀和收缩时，不同矿物膨胀的幅度不一样，所以在矿物之间出现了裂缝。最后引起破碎。

温度的变化，还可以引起水分的凝结和蒸发，因而引起岩石中湿度的变化（干和湿的变化）。在粘土质的岩石中如页岩、泥质岩等，以及在粘土中，干和湿的变化可以促使岩石剧烈地破碎，破碎成许多角形的碎块。常见的泥裂，也是一些粘土质岩石失水干裂的结果。

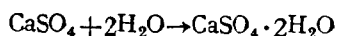
温度的变化也可以引起存在于岩石孔隙或裂隙中水的体积变化。岩石中水的体积变化对岩石的破坏，在水冻结成冰时表现得

最为明显。当存在于岩石裂隙中的水因温度降低而冻结成冰时，由于冰的体积膨胀，所以产生很大的压力（每克水由于结冰膨胀而产生的压力为950个大气压）。这样大的压力足以使岩石中的裂隙迅速扩大，造成岩石进一步破碎。

（2）水的作用

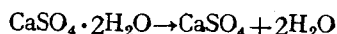
水对于岩石风化来说，是一种非常积极的作用力。

在某些条件下，矿物吸收水分子，并使它与晶架联结起来，这种作用通常称为水化作用。典型的水化作用的例子就是硬石膏吸水变成普通石膏：



此外，如赤铁矿在水化后可形成褐铁矿，橄榄石（ $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ）转变成蛇纹石（ $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），也都可作为这一类的例子。

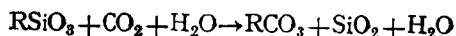
有时在一定的条件下，也可进行与水化作用相反方向的作用，即具有结晶水的矿物失去水分子。例如



这种作用通常称为脱水作用。

水化作用和脱水作用，在收水或脱水过程中，都将引起矿物体积的膨胀或收缩，从而引起周围岩石的破碎。或者也可使岩石的矿物成分改变，从而改变它的性质。

一般说来，纯净的水的作用力并不是很强的。当然，几乎所有的矿物都能溶解于水，但很多矿物的溶解程度却微乎其微。可是在自然界中的水也几乎是见不到纯水的，即使雨水也不例外（表2-1）。当水中含有盐类及二氧化碳等气体时，水的活动能力就大为加强了。首先，当水中含有二氧化碳的时候，可以产生碳酸化作用，即在水和碳酸气的影响下，使较复杂的硅酸盐析出二氧化硅，并形成可溶的碳酸盐：



例如长石变成高岭土就是这样的实例：



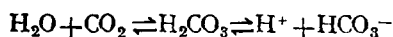
溶解于雨水中的气体成分

表 2-1

成分 \ 温度(°C)	0°	5°	10°	15°	20°
二氧化碳	2.92	2.68	2.46	2.26	2.14
氧	33.88	33.97	34.05	34.12	34.17
氮	63.20	63.35	63.49	63.62	63.69
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

这样，坚硬的长石就被分解为松散土状物质了。

同时，当水中溶有二氧化碳时，能增强它的溶解能力。其所以如此，主要是由于水溶有二氧化碳时，可以出现氢离子：



而氢离子的活动能力是很强的，因而当它遇见盐类时，即代换其中某些阳离子。我们不妨仍用正长石的分解来说明之。当具有活动能力的氢离子的水与正长石接触时，水中的氢离子(H^+)代换了长石中的钾离子(K^+)，而使 K^+ 析出(如图2-3所示)。正长石被分解而形成高岭土的过程，表示于图2-4中。

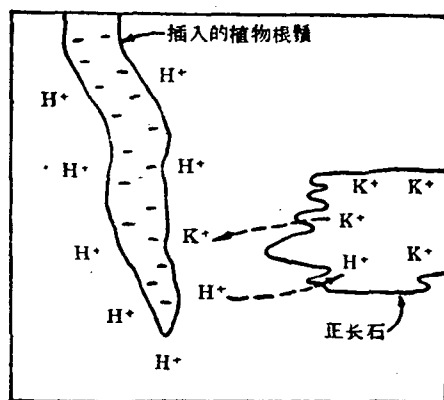


图 2-3 植物根鬚插入岩石中或岩石裂隙中有溶有 CO_2 的水时，则 H^+ 与其旁的正长石发生作用， H^+ 代换 K^+ ，析出 K^+ 与碳酸根结合成碳酸盐，或形成其他盐类

(3) 氧的作用

在大气中，氧是很重要的风化作用力。由于氧化作用的结

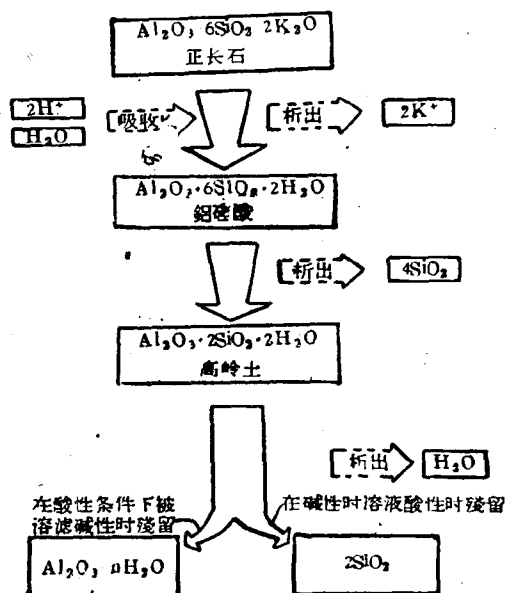


图 2-4 高岭土形成过程示意图

果,使原来的矿物(特别是某些比较复杂的硅酸盐及铝硅酸盐类矿物)破坏,而形成化学性质比较稳定的氧化物或氢氧化物。由于这样的作用,坚硬的岩石常被破坏而成为松软的物质。

(4) 生物的作用

生物对于岩石的破坏极为普遍。许多植物生长在各类岩石中,由于其根系的扩大和深入,使岩石的裂隙加大以致使岩石破坏。动物的掘凿,也不断地破坏岩石。

此外,在生物生长过程中或是在生物遗骸腐烂时往往分解成各种有机酸。这些酸对于岩石风化也起着重要的作用。

2. 两种性质的风化^①及风化的阶段性

上面讨论了促使岩石风化的各种作用力。可以看出,风化作用力是多种多样的。但无论其受何种风化作用力的影响,我们

① 在有些普通地质学和工程地质学的书籍中,常常把风化作用分为三类,即物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用。编者认为,物理风化是指岩石和矿物的机械破坏,化学风化是指矿物和岩石的化学分解。而生物风化作用(或称有机物风化作用),不过是促使岩石风化的一种作用力而已,就其性质讲,也可以是机械的破坏,也可以是化学的分解,或者二者兼而有之。所以,我们在这里把生物的作用放在风化的作用力一节里,与其他作用力并列,一起叙述,在讲到风化的性质时,只叙述物理风化(机械破碎)和化学风化(化学分解)二种。

研究一下风化的結果，就可以得出两种不同类型的风化作用：物理风化和化学风化。

所謂物理风化，是指岩石在风化作用力影响之下而崩解破碎。使整体的岩石逐漸破碎，变成大小不同块度的碎块和碎屑物质。但是，这种作用只是单纯地破碎，只是物理性质（主要是结构和形态）的改变。物理风化的产物，就其化学成分或矿物成分而言，和原来的岩石是一致的。

化学风化的产物和物理风化的产物的性质迥然不同。化学风化的产物不仅在物理性质上有明显的变化，形成了一种異常松軟的物质，在化学性质上也有显著的变化，它的化学成分或矿物成分与原来的岩石不一致了，形成分子结构比較简单、化学性质比較稳定的物质。这种新形成的物质还有一个显著的特点，就是具有粘結性，即形成了粘土类物质。

但是，值得提出，在自然界中风化作用的过程是复杂的，所受到的风化作用力也不是单一的，相反地往往是几种不同的作用力同时起着破坏岩石的作用。因此在大多数情况下要截然把物理风化和化学风化分开是不可能的，也是不符合实际情况的，只能确定某一部分岩石主要經受那一种风化作用的破坏，以初步明确风化产物的特性。

风化作用力在破坏岩石的时候，可以通过下列不同的途径：

- (1) 直接沿着組成岩石的矿物进入岩石内部进行破坏；
- (2) 沿着岩石中的孔隙和裂隙侵入岩石内部进行破坏。

一般讲，温度的作用主要通过上述第一种方式进入岩石的内部，而使岩石中发生裂隙或使岩石破碎。当岩石中出现了裂隙以后，就成了其他风化作用力进入岩石内部的通道。而且，随着裂隙（破碎程度）的增加，同样体积的岩石的表面积却大为增加（如图2-5所示）；这样，就等于增加了风化作用力破坏岩石的陣地。所以就出现了这样互为因果的情况：风化作用的加深引起破碎程度的增加，破碎程度的增加进一步加强了风化作用。

但是上述关系并不是无止境的，过分的破碎又可阻止风化作