

矿床学

下册

成都地质学院《矿床学》编写组

地质学

地质学

地质出版社

矿床学

下册

成都地质学院《矿床学》编写组

地质出版社

矿床学

下册

成都地质学院《矿床学》编写组

*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：毕庶礼

地质出版社出版

(北京西四)

北京丰华印刷厂印刷

(北京丰台区岳各庄)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营

*

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：10⁹/₁₆ 字数：276,000

1978年9月北京第一版·1985年10月北京第二次印刷

印数：1—1,760册 定价：2.20元

统一书号：15038·新282

内 容 提 要

全书共分十章。主要介绍地形测量的仪器及其使用、测量误差的基本理论、地形控制测量、地形图的阅读和应用、水深测量及码头水工建筑物的施工放样等内容。

本书可供大专院校港口及航道工程专业教学使用，也可供从事水运工程建设及其他有关专业的工程技术人员参考。

目 录

第五篇 成矿物质来源于 地表岩石的矿床

第十二章 风化矿床	1
第一节 风化作用及风化壳的形成	1
一、物理风化作用	1
二、化学风化作用	1
三、生物风化作用	3
第二节 风化壳中化学元素的迁移和风化矿床的形成	5
第三节 风化矿床的基本特征	8
第四节 残积和坡积砂矿床	10
一、残积和坡积砂矿床的成矿作用	10
二、主要的残积和坡积砂矿床	11
(一) 砂金矿床	11
(二) 砂锡矿床和砂钨矿床	11
(三) 泥-钼铁矿砂矿床	12
(四) 水晶砂矿床	12
第五节 残余矿床	18
一、残余矿床的成矿作用	13
二、主要的残余矿床	14
(一) 残余型粘土矿床	14
(二) 残余型(红土型)铝土矿床	16
(三) 残余型铁矿床	19
(四) 残余型锰矿床	21
(五) 残余型镍矿床	22
(六) 残余型稀土矿床	24

第十三章 沉积矿床	26
第一节 机械沉积矿床	28
一、机械沉积矿床概述	28
二、沉积砂矿床的形成条件	29
三、沉积砂矿床的类型及其特点	30
(一) 洪积砂矿床	30
(二) 冲积砂矿床	31
(三) 滨海砂矿床	34
(四) 湖泊砂矿床	35
(五) 冰碛砂矿床	35
(六) 风成砂矿床	36
四、主要的机械沉积矿床	36
(一) 砂金矿床	36
(二) 砂铂矿床	38
(三) 砂锡、砂钨矿床	38
(四) 金红石-锆英石-独居石砂矿床	39
(五) 铌铁矿-钽铁矿砂矿床	39
(六) 金刚石砂矿床	39
(七) 硅酸盐型钾矿床	40
(八) 石棉砂矿床	41
第二节 蒸发沉积矿床	42
一、蒸发沉积矿床的一般特点	42
二、盐的来源	45
三、盐类矿床的形成条件	47
四、盐类矿床的形成过程	51
(一) 成盐的一般理论	52
(二) 钾盐矿床的形成	59
五、盐类矿床的类型	67
(一) 现代盐矿床	68
(二) 古代盐矿床	69
六、主要的盐类矿床	70
(一) 现代盐湖	70

(二) 石膏-硬石膏矿床	73
(三) 石膏硬石膏-岩盐矿床	75
(四) 光卤石-杂卤石矿床	75
(五) 岩盐-钾盐-光卤石矿床	76
(六) 芒硝-岩盐矿床和钙芒硝-石膏-岩盐矿床	77
(七) 天然卤水矿床和盐泉	79
第三节 胶体化学沉积矿床	80
一、胶体化学沉积作用	80
二、胶体化学沉积矿床的形成条件	82
三、主要的胶体化学沉积矿床	87
(一) 铁矿床	87
(二) 锰矿床	92
(三) 铝土矿床	99
第四节 生物化学沉积矿床	105
一、生物化学沉积矿床的概念	105
二、生物成矿作用的机能	106
三、主要的生物化学沉积矿床	108
(一) 磷块岩矿床	108
(二) 自然硫矿床	117
(三) 硅藻土矿床	119
(四) 钒、铀矿床	121
(五) 铁、锰矿床	123
(六) 金属硫化物矿床	125
(七) 煤矿床	139
第五节 火山-沉积矿床	147
一、火山-沉积矿床的概念	147
二、火山-沉积矿床的形成作用	148
(一) 大陆火山-沉积矿床的形成	149
(二) 海底火山-沉积矿床的形成	151
三、主要的火山-沉积矿床	159
(一) 陆相凝灰岩中赤铁矿(镜铁矿)-磁铁矿矿床	159
(二) 硅质铁矿床	160

(三) 硅质锰矿床	163
(四) 黄铁矿型铜矿床 (黄铁矿型铅锌多金属矿床) ...	164
(五) 黑矿矿床	168
(六) 硼矿床	169

第六篇 变质矿床和叠生矿床

第十四章 变质矿床	171
第一节 变质成矿作用的概念	171
第二节 变质矿床的一般特点	173
第三节 变质成矿作用和变质矿床的类型	178
一、接触变质成矿作用和接触变质矿床	178
二、区域变质成矿作用和区域变质矿床	180
三、混合岩化成矿作用和混合岩化矿床	184
第四节 主要的变质矿床	189
一、沉积变质铁矿床	169
二、受变质锰矿床	193
三、受变质磷矿床	195
四、受变质钒矿床	197
五、含金砾岩矿床	198
六、受变质金属硫化物矿床	199
七、石墨矿床	200
八、变质岩系中硼矿床	202
第十五章 叠生矿床	205
第一节 问题的提出	205
一、矿床形成的长期性	206
二、矿床形成的复杂性	208
第二节 成矿物质基本同源的叠生矿床	209
第三节 成矿物质来源不同的叠生矿床	213

第七篇 矿床的分布规律和研究方法

第十六章 成矿控制和成矿规律	220
-----------------------------	-----

第一节 成矿控制	221
一、构造控制条件	221
二、岩体控制条件	236
三、地层控制条件	239
四、围岩控制条件	242
第二节 成矿区域规律	244
一、成矿带	245
二、区域分带	247
三、矿田(区)分带	247
四、矿体分带	250
第三节 成矿时代规律	255
第十七章 矿床学的研究方法	260
第一节 矿床学的常规研究法	261
一、野外工作	261
二、实验室内工作	264
三、综合研究	265
第二节 稳定同位素分析方法	265
一、硫同位素	266
二、碳同位素	275
三、氧同位素和氢同位素	277
四、铅同位素	284
五、锶同位素	294
第三节 矿物中气液包裹体的研究方法	299
第四节 利用矿物中某些元素含量和分配系数测定温 度	307
一、闪锌矿地质温度计	308
二、二长石地质温度计	313
第五节 微量元素比值研究法	316
第六节 物质成分的专题研究法	321
第七节 近年来矿床研究技术的发展	327
第八节 采用研究手段时应注意的一些问题	328

第五篇 成矿物质来源于 地表岩石的矿床

第十二章 风化矿床

第一节 风化作用及风化壳的形成

风化作用，指地壳最上层的岩石和矿床在大气、水、生物等营力的作用下，使其遭受破坏并引起矿物成分和化学成分改组的一种非常复杂的作用。

由风化作用的产物所组成的岩石圈的这一部分，称为风化壳。

风化壳是许多有用矿产（铁、锰、铝、镍、高岭土等）形成的地带。因此，从很早的时候起，风化壳就引起了人们的极大注意。

由风化壳中的风化产物所形成的矿床，称为风化矿床，或称为风化壳矿床。

风化作用按其性质，一般可分为物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用。

一、物理风化作用

这是一种以崩解方式，机械地把岩石或矿床破碎成细块和微粒的作用。

引起物理风化作用的主要因素有温度、水的结冰作用、盐类溶液的结晶作用、植物根系的楔插作用等。组成岩石的各种矿物的膨胀系数是不相同的，如果昼夜之间气温变化很大，则岩石崩

解的速度将是很快的。水在岩石裂隙和孔隙中结冰，因其体积增大，对岩石的裂隙和孔隙壁施加巨大的压力，一般可达6000公斤/平方厘米。在这种巨大的压力之下，岩石不断地遭到破坏。显然，矿化程度很高的地下水，在岩石裂隙和孔隙内的结晶作用，也具有同样的效果。植物根系在岩石裂隙中生长，同样促使岩石发生崩解和碎裂。除此之外，动水（河、湖、海洋）的冲击和构造运动，也可以将岩石破裂。上述诸因素中以温度因素最为重要。因此，最有利于物理风化的地区，是气候干燥、温度变化剧烈的沙漠地带及严寒的极地和永久积雪的高山区。

二、化学风化作用

有些地区在物理风化作用进行的同时，大气、水、生物对岩石和矿床的化学作用也很明显，当其处于很大优势时，便称为化学风化作用。

这种作用一般发生于温暖和炎热的潮湿气候条件下，降水量超过蒸发量，风化壳遭受强烈地淋滤，使岩石和矿床产生许多可溶的、不溶的或难溶的物质。其中可溶性风化产物不断地被淋走，并向地下深处或地表凹地迁移。因此，化学风化作用对岩石、矿床的改造，要比物理风化作用强烈得多。

在化学风化作用过程中，起主要作用的因素是水、大气和生物。

水，具有介电性、解离性和作为氧化剂与还原剂的特殊性质，并能使许多物质溶解于水中。所以天然水实际上是一种稀薄的化学溶液，其中常含有一定数量的氧、二氧化碳、有机酸、无机酸和各种盐类。因此，在风化壳中流动的地表水和地下水，能使岩石或矿床发生氧化作用、水化作用、阳离子带出作用、去硅作用和使其某些残余组分（ Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 等）之间发生相互的作用。由此可见，水是化学风化作用中最重要的因素，若无水的存在，化学风化作用几乎不能进行。

大气中的氧和二氧化碳，对化学风化作用也有重大的意义。

氧是一种强氧化剂，它直接影响很多元素在风化壳中迁移的状况。例如铬、钒、硫、砷等元素，在氧化作用下形成易溶的络合物在水中迁移；但另一些元素如铁、锰等则不易迁移。氧在天然水中溶解的数量，与温度、压力和所处的环境有关。氧在热水中溶解较少，在冷水中溶解较多，因此冷水的氧化能力较热水为强。

在地下水中，氧的含量往往随深度增加而减少，因此氧化能力也随深度增加而减弱，溶解作用逐渐为沉淀作用所代替。

大气中的二氧化碳，很易溶解于水并形成碳酸，它对矿物的分解（如阳离子带出和促使矿物碳酸盐化）和元素的迁移，起着很重要的作用，使化学风化作用加速进行。

三、生物风化作用

生物风化作用属于化学风化作用的一种，但由于它是如此的重要，所以有必要专门谈谈这个问题。我们知道，生物有机体分布极广，在岩石圈的上部。大气圈的下部和水圈的全部，几乎到处都有生物的存在。某些生物的繁殖能力十分惊人。例如某些细菌，在适宜的条件下，经36小时的繁殖，即可把整个地面复盖起来。据B. A 乌斯品斯基(1962年)计算，生物圈中生物的年成总量（以C表示）为 122×10^9 吨。自有生命以来，活质总量达 4×10^{10} 吨，比地壳（ 3×10^{10} 吨）还重。由此可见，生物在风化作用中的巨大作用。

生物对大气的成分很有影响。例如，与风化作用有密切关系的氧在大气圈中的含量达21%，几乎全部都是植物的光合作用 $[\text{H}_2\text{O}^{16} + \text{CO}_2^{18} = (\text{HCOOH})_n + \text{O}_2^{16}]$ 的产物。此外，微生物的生理活动和有机体的分解，还能生成大量的 CO_2 、 H_2S 和有机酸等。

在许多情况下，生物的活动直接影响天然水的化学类型，影响水的酸碱度和氧化还原环境，从而直接影响风化作用的进程。

此外，生物的催化作用乃是许多化学反应得以加速进行的基本原因，实际上，没有生物参加的化学风化作用是不存在的。到

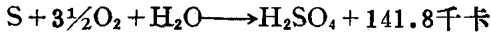
目前为止，我们还不能在无菌的条件下模拟出硅酸盐的风化过程，还不能由破坏硅酸盐而获得云母、水云母和蒙脱石，更不能由此而得到一般的风化剖面。

在许多情况下，岩石的风化作用是由生物的活动开始的。细菌、真菌、藻类以及地衣一起覆盖在岩石的表面上，用自身分泌出来的有机酸分解岩石，并从中吸取某些可溶物质转变为有机化合物，以构成它们的躯体（蛋白质等）。Б. Б. 波雷诺夫得出生长在花岗岩上的地衣，吸收元素的序列为：



当地衣死亡后，有机质分解，一系列元素又转变为矿物质，形成了粘土矿物（如蒙脱石等），这些矿物质的堆积，便构成了原始土壤。毫无疑问，自然界许多粘土矿物并不是长石的水解产物，而是由生物促成的。

硝化细菌、硫化细菌和铁细菌在岩石风化和成土过程中，起着特别积极的作用。硝化细菌使氨氧化为硝酸，而硫化细菌具有使硫和硫化物氧化为硫酸的能力：



显然，这些酸类物质加速了岩石的风化。至于铁细菌，能使铁的低氧盐氧化为氧化物，这个过程是在细菌细胞的髓鞘中进行的。鉴于自然界中铁的生物氧化数量远远超过了化学氧化，因此许多由风化作用形成的铁矿床和锰矿床可以认为都和微生物作用有关。

由此可见，岩石或矿床的破坏与风化壳的形成，是大气、水和生物相互作用的结果。

风化壳可以分为两种基本类型，即残积风化壳和堆积风化壳。前者是由风化产物在原地残留下来形成的，它通常出现在分水岭的高地上。后者是由地表水和地下水从残积风化壳中搬运出来的碎屑物质和可溶性物质（如氯化物、硫酸盐、碳酸盐等）在低凹地带（如内陆洼地、山前平原等）堆积而成。上述两种风化壳无论从其性质或发展状况来看，相互间都有密切的联系。

第二节 风化壳中化学元素的

迁移和风化矿床的形成

风化矿床的形成，是某些元素在风化壳中迁移和集中的结果。化学元素在风化壳中迁移能力的大小，主要取决于元素本身的性质和由它们所组成的矿物种类以及所处的外界环境。根据从火成岩地区排出的河水的干残物质的平均化学成分和该地区火成岩的平均化学成分进行对比和计算，得出了风化壳中元素迁移的序列（表12—1）：

表 12—1 元素迁移序列

元素迁移序列	迁移序列的组分	迁移等级的指标
1. 强烈迁移的元素	Cl、(Br、I)、S	$2n \times 10^{-1}$
2. 容易迁移的元素	Ca、Na/Mg、K	$n \times 10^0$
3. 迁移元素	SiO ₂ (硅酸盐的)、P、Mn	$n \times 10^{-1}$
4. 惰性 (微弱移运) 元素	Fe、Al、Ti	$n \times 10^{-2}$
5. 实际不移动的元素	SiO ₂ (石英)	$n \times 10^{-\infty}$

由表12—1可知，风化壳中元素迁移的能力可以相差数千倍。在研究火成岩的风化作用的过程中，人们可以发现存在着一系列的阶段。例如，最早被冲走的是氯和硫等，以后盐基大部分从风化壳中游离出来，而且钙、钠比镁、钾流失得要快些，再后风化壳中又丧失了大部分的 SiO₂ (硅酸盐)，最后主要只剩下氧化物 (特别是 Fe₂O₃) 和 SiO₂ (石英)。必须指出，同一种元素的迁移能力在不同的环境中是不一样的。在还原条件下，铁呈 Fe²⁺ 可以强烈地迁移；在湿热地区，SiO₂ (硅酸盐) 的迁移能力可以和钙相等。

由于风化作用使元素发生了迁移，一部分元素及其化合物流

失了；而另一部分则集中了，于是就有可能形成矿床。

但是，风化矿床的形成是由多种因素决定的，其中最重要的因素有：原岩（或矿床）的物质成分，气候、地形、水文、地壳运动以及时间等。

1. 原岩（矿床）的成分

原岩（矿床）的矿物成分和化学成分，对风化产物有重大影响。我们知道，在外生条件下，矿物结晶格架的稳固性很不相同。有些矿物的晶格很容易被破坏，其中易溶元素首先脱离晶格，进入溶液，呈离子（或分子）状态部分或全部地被地表水、地下水带出风化场所，提供沉积岩（矿床）的物质来源。而活动性较差的组分，则可以在原地残留下来，富集成矿床。有些矿物的晶格十分稳定（如独居石、锆英石等），抵抗风化能力很强，当其他矿物遭到破坏、分解，被搬运介质带走后，而自身则可在原地相对富集起来形成矿床。

一般说来，原岩中 useful 组分含量越高，形成风化矿床的可能性也就越大。

必须指出，要达到风化壳中某种元素的高度集中，只单靠该元素在原岩中的较高含量还是不够的，往往还需要含有这种元素的母岩容易被分解才行。因此，由于玄武岩和富含霞石的岩石容易分解，故较由正长石和钠长石组成的碱性花岗岩更易于形成铝土矿；含大量玻璃质的火山岩比化学成分相同的结晶岩石易于分解，因而有利于某些粘土矿床的形成；富含金属硫化物的矿床，由于在风化过程中遭受强烈的改造，有用金属多被流失，故在地表有褐铁矿的堆积。

2. 气候

是控制风化矿床形成的重要因素之一。气候的影响主要表现在温度、降雨量、生物活动等方面，但气候又受纬度、地形和距海洋远近等因素的影响。

沙漠地区，气候干燥，温度变化剧烈；永久冻土带，气候严寒。在这些地方，水和生物的作用均较微弱，不适于风化矿床的

形成。

热带、亚热带地区，气候炎热，雨量充沛，生物繁殖极快，化学风化作用和生物风化作用进行得十分强烈。岩石矿物迅速破坏分解，元素大量迁移，风化作用继续不断地向纵深发展，是形成巨厚风化壳的良好条件，所以一些大型的铁、锰、铝、镍矿床多分布在热带和亚热带地区。

3. 地形

地形条件对风化作用能否彻底进行和风化产物能否很好地保存下来，是十分重要的。地形直接影响地表水和地下水的运动。陡峻的山岳地形，水流迅速，侵蚀作用强烈，风化产物往往以粗的碎屑物为主，并且常被地表水冲走，因而风化壳不发育，不利于风化矿床的形成。

平缓丘陵地形，地表水和地下水的流动都比较缓慢，侵蚀作用比较微弱，化学风化作用占主要地位，并有利于风化壳的保存。

平原洼地，水流不畅，是沉积物堆积的场所，反而不利风化作用的进行。

地形景观往往受地质构造因素控制，巨厚风化壳矿床的形成，一般是在区域缓慢上升和风化淋滤速度保持平衡的准平原化的分水岭地区。

4. 水文地质

我们已经知道，风化矿床的形成是和地表水、地下水的运动情况，以及水的化学类型有密切的关系，它在颇大程度上决定了矿床的规模和深度。

风化矿床的分带性，往往和地下水的分带性有着成因上的联系（表12—2）。

表中各带的界限不是固定不变的，它依潜水面升降而升降。一般说来，各带界限常因侵蚀作用的影响不断地向下移动，但如果地壳下降或补给潜水的量在较长的时期内增大，亦可引起各带界限的回升。还应该指出，这种分带情况只出现在透水性大致相同的岩石（土壤）内，但实际上往往因岩石的裂隙发育不均

表 12—2 风化矿床分带与地下水分带的成因关系

风化矿床的分带	地下水的分带	基本特征
氧化带	渗透带	位于地表至潜水面之间。地下水为土壤水，季节性强，以垂直运动为主，水中富含 O_2 、 CO_2 、有机酸、硫酸等，呈酸性反应。化学作用以氧化分解方式为主
胶结带	流动带	位于潜水面和停滞水面之间。地下水为潜水，没有土壤水季节性变化大，作垂直和水平运动，但以水平运动为主。水中含氧较少，含盐类较多，呈弱酸性或碱性反应。化学作用以还原沉淀方式为主（物质是自渗透带中淋滤出来的）
原生带	停滞带	位于潜水活动区的下部，即在当地侵蚀基准面以下。潜水基本上停止流运，几乎不含游离氧。潜水与原生矿物保持平衡状况

匀，使分带情况变得更加复杂。

地下水的性质决定了风化产物的化学成分和生物活动等因素。例如，岩石风化的初期，大量 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子进入溶液，因而使地下水呈中性或碱性反应；当这些离子淋失后，或因有机质的分解产生 CO_2 、 N_2 、 H_2S 、有机酸等，又可使溶液具有酸性反应。介质 pH 值的变化，对风化作用的进程和产物有很大的影响。

5. 时间

厚度巨大的风化壳矿床的形成，除了有利的气候、地形等因素外，时间也是一个不可缺少的因素。有一个较长时间的稳定的地质环境，可以使风化作用进行得极为彻底，岩石中绝大部分物质均被淋失，仅有一些极稳定的矿物和一些惰性组分残留下来。世界上一些大型红土铁矿床、残余型铝土矿床，一般都经历了一个漫长的风化时期。

第三节 风化矿床的基本特征

风化矿床大部分都是近代形成的，因此它们经常出露于地