

变质岩岩石学教程

成都地质学院岩石教研室编

武汉地质学院

岩石教研室翻印

一九七八年六月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 变质作用和变质岩的一般概念	1
第二节 变质作用的主要因素	1
第三节 变质作用的主要类型	4
第四节 变质作用的上下限	5
第二章 变质岩的物质成分	7
第一节 变质岩的化学成分	7
一 变质岩化学成分的特点	7
二 变质岩化学成分的研究方法	7
第二节 变质岩的矿物成分	8
一 变质岩矿物成分的一般特点	8
二 变质岩共生矿物组合的控制因素	10
第三章 变质岩的结构和构造	12
第一节 概述	12
第二节 变质岩的主要结构	13
一 碎裂结构	13
二 变晶结构	14
三 变余结构	17
四 交代结构	18
第三节 变质岩结构的演变	21
一 构造前的结晶作用	21
二 构造同时的结晶作用	21
三 构造后的结晶作用	23
四 研究岩石结构演化的方法	24
第四节 变质岩的主要构造	25
一 变余构造	25
二 变成构造	25
第四章 变质岩的命名和分类	27
一 变质岩的命名依据	27
二 变质岩的命名方法	27
三 变质岩的分类	30
第五章 动力变质岩类	31
一 概述	31

	二 动力变质岩类的分类依据和基本类型	31
	三 研究动力变质岩的意义	34
第六章	热接触变质岩类	35
	一 概述	35
	二 热接触变质岩类的分类	37
	三 热接触变质岩的基本类型	39
	四 热接触变质岩的命名法	41
	五 有关矿产	41
第七章	区域变质岩类	42
	一 概述	42
	二 区域变质岩类的分类	44
	三 区域变质岩的命名法	48
	四 区域变质岩类的几种主要岩石简述	48
	五 有关矿产	54
第八章	混合岩类	55
	一 概述	55
	二 混合岩的主要类型	55
	三 混合岩的描述和命名法	56
	四 混合岩的成因问题	57
	五 混合岩化作用与变质相的关系	58
	六 混合岩化与地质构造的关系	58
	七 研究混合岩的意义	59
	八 有关矿产	59
第九章	交代变质岩类	60
	第一节 蛇纹岩	61
	一 概述	61
	二 蛇纹岩的特征	61
	三 矿物成分及主要矿物的特征	62
	四 化学成分	62
	五 结构构造	64
	六 蛇纹岩的类别	64
	七 蛇纹岩的变化	64
	八 产状分布及矿产	65
	九 蛇纹岩的成因	65
	十 滑石菱镁岩(滑镁岩)	65
	第二节 青磐岩	66
	一 青磐岩的概念及一般特征	66
	二 矿物相、岩石的命名和交代带的划分	66
	三 成因	67

四	蚀变过程中矿物成分及化学成分的变化	67
五	与矿产关系	68
第三节	云英岩	68
一	云英岩的概念及一般特征	68
二	云英岩化岩石及云英岩命名原则	69
三	形成云英岩的简略地质环境	69
四	云英岩的矿物相及交代带	70
五	云英岩化过程中矿物成分及化学成分的变化	73
六	分布及与矿产关系	73
七	实例	73
第四节	黄铁细晶岩	74
第五节	次生石英岩	76
一	次生石英岩的概念及一般特征	76
二	次生石英岩的地质环境	77
三	矿物相及交代带	77
四	蚀变过程中矿物成分及化学成分的变化	78
五	分布与矿产关系	79
第六节	热液粘土岩	80
一	热液粘土岩的一般特征	80
二	热液粘土岩形成的地质环境	81
三	交代带的表示方法	82
四	交代带的划分	82
五	分布及与矿产关系	84
第七节	矽卡岩	84
一	概述	84
二	矽卡岩的特征	84
三	矿物成分及主要矿物的特征	85
四	化学成分	86
五	结构构造	86
六	矽卡岩的类别	88
七	矽卡岩的变化	88
八	产状分布及矿产	89
九	矽卡岩的成因	90
第十章	变质相和变质相系列	94
一	变质岩地区的分带问题	94
二	变质相概述	95
三	变质相系列概述	101
第十一章	附录	111
一	变质岩化学成分计算方法	111

二	变质岩共生矿物组合图解的若干基本知识.....	114
三	变质岩中主要矿物的化学成分表.....	121
四	结晶片岩的定量矿物分类法.....	123

第一章 绪 论

在各种变质岩中往往蕴藏着大量的金属和非金属矿产，要查清这些有用矿产的形成和赋存规律，以便能更好地为社会主义建设中的区测找矿和矿产勘探工作服务，就必须对变质岩、变质作用进行研究。

变质岩在我国分布较广，多数变质岩分布在大的构造带和前震旦纪结晶地块中。强烈的变质作用，往往是和剧烈的构造运动以及岩浆活动相伴生的。因此，研究变质岩和变质作用对了解某一个区域以至整个地壳的发展和演化的规律具有重要的意义。对地震预测、地热利用和工艺岩石学的研究也有一定的意义。

变质岩岩石学的室内教学中，必须掌握常见变质岩的主要岩性特征，基本掌握肉眼及薄片鉴定和描述变质岩的方法，并能初步恢复原岩岩性，判别变质作用的性质和变质程度，掌握有关变质岩的基本知识和初步了解一般理论。培养分析问题和解决问题的能力。

第一节 变质作用和变质岩的一般概念

世界上一切事物由于内部存在着矛盾，总是处在不断地运动、变化、发展之中。正如恩格斯所指出的：“运动是物质的存在方式。无论何时何地，都没有也不可能有没有运动的物质。”岩石也是这样，岩石形成以后，宇宙仍在不断地演化，地质作用仍在不断地进行，当地质作用超出了原来岩石稳定的范围时，岩石就要发生变化，形成新的岩石或新的产物。

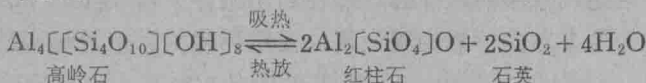
由于地质内力作用而使岩石（基本是在固态下）发生岩性的变化，这类岩性发生变化的作用就称为变质作用。

经过变质作用所形成的新的岩石，统称为变质岩。岩浆岩、沉积岩以及变质岩，都可经过变质作用而变成变质岩以及新的变质岩。由岩浆岩变来的变质岩称为正变质岩，由沉积岩变来的变质岩称为副变质岩。

第二节 变质作用的主要因素

一般认为引起岩石发生变质的因素主要是：温度和压力等。

温度 (T)：大部分的变质作用是在温度升高的情况下发生的，温度的升高可以引起岩石发生重结晶作用。它可促使原来颗粒较细的岩石变为颗粒较粗的岩石，也可促使原来岩石的矿物组合发生变化。温度的升高可促使变质反应向吸热的方向进行，生成吸热的较高温的矿物组合。例如：



从一般的物理化学知识和从实验室的人工矿物合成中可以知道，对一个含水矿物的不

断加热，必然伴随其中的结构水逐渐的脱出，矿物脱水的过程一般代表是一个吸热的过程，而矿物的水化过程一般是一个放热的过程。因此，在变质反应中，若伴有吸收或放出水的作用，那末可以大致定性地判断此变质反应是在温度相对降低或升高的情况下发生的，生成的矿物组合代表相对地低温抑或高温。例如上述变质反应式中高岭石含水，红柱石和石英不含水，因此可以判断，当高岭石转变为红柱石和石英必然伴随有水的放出。这就表示了这个反应是在温度升高的情况下进行的，红柱石加石英是代表吸热的相对高温的矿物组合。

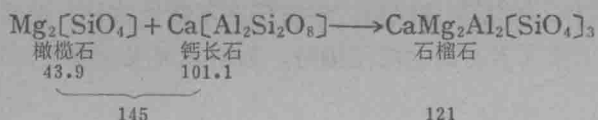
热的来源问题，一般认为主要是地热、岩浆熔融体的热、来自地幔的上升热流以及构造运动所产生的热、岩石中所含放射性元素蜕变放出的能和部分重核裂变放出的能、地壳中物理化学反应放出的热等等。具体情况要做具体分析。

岩石在变质时所受到的压力，主要是由均向压力（非定向压力）、粒间流体压力以及构造定向压力等所组成的复杂多样的压力。

均向压力 (P_{con})：一般是指由上复物质（岩层等）的负荷重量所构成的压力，有人称为负荷压力 (P_l)。它是上复物质的比重和深度的函数。（深度与压力的关系，在0—40公里深的范围内，大体上把以公里计算的深度数，除以3.5，就得出按千巴计算的压力值。）均向压力不仅可以引起机械效果，如缩小岩石的孔隙空间，使岩石变得致密比重增大，而且在控制矿物的重结晶以及融化上也是重要的。在一定温度下，均向压力的增加，往往有利于生成原子结构较紧密的、比重较大的、分子体积较小的矿物。例如：

①比重为3.1的红柱石，当压力增大后可变成同质异象、比重为3.6的兰晶石。

②辉长岩中的钙长石和橄榄石，在大压力下，可形成石榴石。



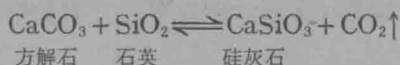
（分子体积：=分子量/比重）

但也有例外的情况。

定向压力 (P_{dir})：主要是指由构造运动以及岩浆活动等所造成的定向压力。定向压力可导致岩石、矿物发生变形和碎裂等变化。例如：云母等片状矿物被扭折、石英等粒状矿物被压碎等；也可以引起矿物变形而出现光性异常现象，如刚玉和石英都可变为二轴晶，方解石可变为二轴晶并呈鳞片状，绿泥石受过应力作用重折率可以变高。总之，定向压力可使矿物变形，因之使光率体形状发生变化而出现光性异常现象，当然光性异常的原因很多，应力只是原因之一。在定向压力参与下可引起变质岩中定向构造的形成。在构造运动中，实际上均向压力比归因于负荷的负荷压力更大，在计算总压力时，定向压力可加到非定向压力中。定向压力可使大量的能加到一个地带，如加到冲断层带。

粒间流体压力 (P_f)：设一渗透性良好的砂岩，它的孔隙被地下水所充满，这时粒间水的压力 P_{H_2O} 小于固相（砂岩）所承受的压力 P_s 。然而，随着深度的增加，由于岩石被压实致使渗透性缩小，当达到水不能跑掉时（即在封闭条件下），这时 $P_{H_2O} = P_s$ ；这种 $P_{H_2O} = P_s$ 的情况一般被认为是多数的一般的副变质的变质环境。岩浆岩基本是干的，它遭受变质时大多是发生在 $P_{H_2O} < P_s$ 的环境中。值得注意的是有时 P_{H_2O} 也可超过 P_s ，以致可以举起顶盖、爆裂岩石以及生成一些蚀变的岩石。

粒间流体压力不只是由于水。CO₂在富含碳酸盐的岩石中是存在的，这时 P_{CO₂} 比 P_{H₂O} 更重要。当 P_{CO₂} 随着均向压力增大而增加时，它将会阻碍含 CO₂ 矿物的分解，和促使钙硅酸矿物的分解。例如：



当 P_{CO₂} 增大时，不利于 CO₂ 的逸出，导致硅灰石的分解，而生成方解石加石英。

总之，粒间流体压力（孔隙流体压力）是各种流体分压的总和，即 P_f = P_{H₂O} + P_{CO₂} + …，等等。流体压力对于化学反应的温度也有相当大的影响，见图 1。

随各种流体分压的不同，也将影响平衡的温度和压力，如在固定压力下，平衡温度随 CO₂ 的含量（以 CO₂ 的克分子分数表示）而变，见图 1。

P_{H₂O} 的变化对引起“干”或“湿”的变质作用具有深远的意义。此外，温度的升高，可引起水气的体积的膨大；由于受均向压力的限制，可导致 P_{H₂O} 的增大。

岩石中的流体，一种情况是 P_f = P_s 的粒间流体，它在岩石重结晶时，可以起着催化剂的作用，但也可以起着抑制某些变质反应的作用（如当 P_{H₂O} 增大时往往可以抑制某些含结构水的矿物的分解），即 P_{H₂O} 增大时利于发生水化反应，P_{H₂O} 减小时利于发生脱水反应。另一种情况是 P_f ≠ P_s 的流体，它可以是岩浆的挥发分或在地下岩石中可以移动的溶液。在一定温度以及压力条件下，它可以引起岩石发生交代作用，生成蚀变岩石。

在变质过程中，上述各种变质因素不是孤立的，通常都是相互配合和相互制约的，而且它们还会随时间（t）的推移而发展变化。

另一方面，岩石是否变质与原始岩石的化学成分有关。如某些原始岩石，由于温度、压力的改变会引起矿物成分的改变。而另一种岩石的矿物成分不随其它变质作用条件的改变而变化，如石英岩和纯石灰岩就可以作为变质岩中的矿物成分，不随温度、压力的改变而改变（即保持不变）的例子。

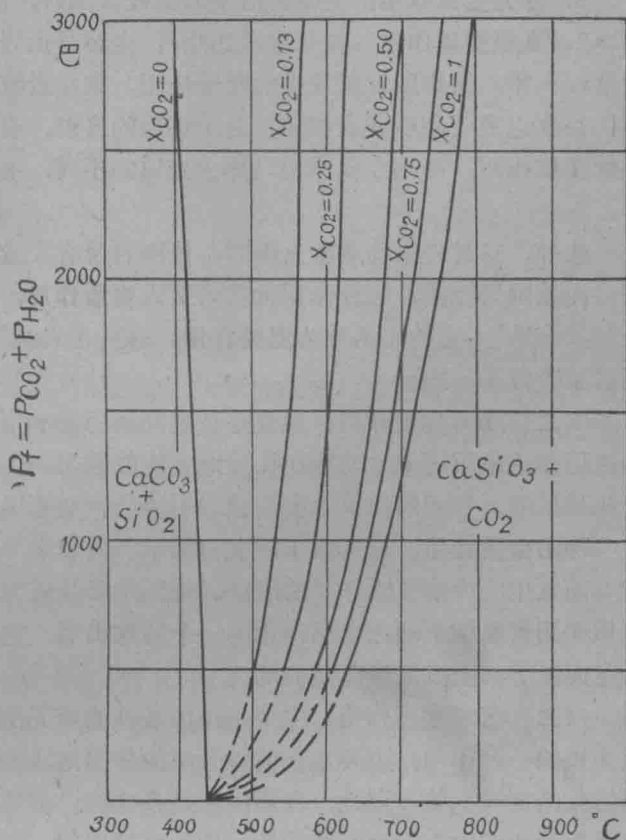


图 1 温度、流体压力、流体中 CO₂ 的含量（以克分子分数表示）与 CaCO₃ + SiO₂ = CaSiO₃ + CO₂ 的平衡的关系图。

（X_{CO₂} 即 CO₂ 的克分子分数，按格林伍德 1962）

第三节 变质作用的主要类型

变质作用的类型，目前还没有一个统一的分类，一般是根据变质作用的地质成因来划分的：

(一) **热接触变质作用**：主要是由于岩浆体对围岩的烧烤以及挤压，而使岩石发生变质的一种作用。主要发生在岩浆体与围岩的接触带附近的围岩中。

根据作用的地质环境的不同可分为：

1. **热力变质作用**：主要是由于岩浆侵入围岩，而使围岩发生的变质作用。

2. **高热变质作用**（烘烤变质作用）：主要是由岩浆喷出体、次火山岩体以及近地表的岩浆侵入体，烘烤围岩所发生的变质作用。火山岩流、火山颈以及浅成小侵入体中的捕虏体，往往也遭受高热变质作用。由于煤层的自燃，有时也会引起煤层的顶底板的岩石发生烘烤变质作用。高热变质作用与热力变质的不同，主要在于它的作用时间短、压力小等等。

此外，有时岩浆物质穿入围岩，使围岩含有大量岩浆物质，并且把大量热能带入围岩，而使围岩变质，这种作用常称为**贯入变质作用**。有时岩浆吸收了围岩的物质，致使岩浆被“污染”，这种作用称为**混染作用**。这些在岩浆岩岩石学中已讲过了。这两种作用是在岩浆阶段进行的。

(二) **动力变质作用**：主要是在定向压力影响下，岩石发生的变质作用。地质成因是构造运动。地质环境主要是在接近地表的断裂带内。变质因素主要是定向压力，温度一般是比较低的。作用的结果主要是使岩石碎裂、变形以及一定的重结晶。

冲击变质作用：目前由于研究月质学、月岩学等的需要，国外开展了对由于陨石冲击岩石而发生的冲击变质作用的研究，他们主要是研究陨石坑以及做一些模拟实验等。冲击变质作用可看做是动力变质作用的一个特殊类型，它的特征是特别快速的变质作用和很大的定向压力，而温度可以是高的。

(三) **区域变质作用**：主要是由区域性的地壳活动所引起的，在大面积内岩石普遍发生变质的一种作用。主要是在前震旦纪的结晶地块和某些大的构造带内。有时它和区域性的岩浆活动等有关。因此，变质因素是多样的。多数的区域变质过程表现为：定向压力可以多次改变而发生数次断续的较短期的变形作用，温度一般和岩浆活动有关， P_1 和 P_2 可以随着岩层的褶皱、断裂和岩浆活动而变化着。

有时区域变质作用伴有**混合岩化作用**。

在区域变质的条件下，某些岩石若发生局部熔融，出现了部分熔浆，而使之带有“岩浆”作用的性质，因此有人称之为**超变质作用**。这是向岩浆作用过渡的一种特殊的变质作用。

埋藏变质作用：可看做是成岩后生作用和变质作用之间的过渡类型。

可用下列示意性的略图，表示成岩后生作用、埋藏变质作用、热接触变质作用、区域变质作用、深熔作用和超变质作用的关系和大致的范围（图2）。实际上，用一个简单的平面和线段是不能反映复杂的变质作用的关系的。此图只是示意性的不包括蚀变作用的理想化了的图示。蚀变作用一方面可以改变图中所列的界限的位置，更重要的是它可以发生

在从成岩后生作用到整个变质作用的广泛的范围内。

有人认为区域变质的含意较模糊，若从变质因素来看，应称为动热变质作用。因为区域变质中的低压高温带，实际上就是区域性热接触变质作用带，从矿物组合来看，区域变质中的低压高温部分和热接触变质的矿物组合基本相同，两者的变质因素基本上都是以热

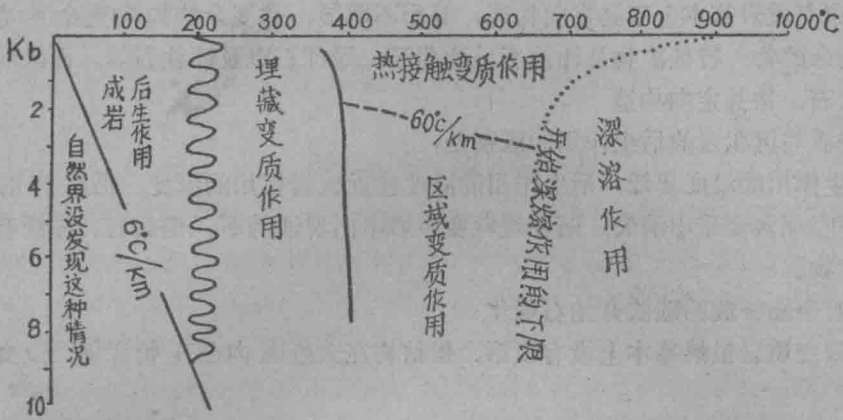


图 2 变质作用和成岩后生作用、深熔作用大致的温度压力范围的示意略图。

为主，因此有人认为可以把热接触变质作用和区域变质作用合并，统称为动热变质作用。区域变质作用，除了包括区域热接触变质作用之外，还包括区域动力变质作用和区域性蚀变作用（如长江中下游一带，即属于区域性蚀变作用带）等等。总之，它们都和区域性的构造活动有关，所以我们仍暂统称为区域变质作用。

（四）溶液交代变质作用（气化水热变质作用）：由具有化学性质比较活泼的气态或液态的热溶液，与固态岩石相交代，而使岩石发生变质的一种作用。这些溶液，有些是来自岩浆体的挥发分，有些则可能是在地壳内区域性分布的热水，只要条件适合就可以发生交代变质作用。

主要的变质作用类型，基本上是上述的几类。岩石变质后，还会发生变化，在不同的时期，还会受到不同的变质作用，一般称为多次变质或复变质作用。有时岩石经过较深的变质作用后，又遭受较浅的变质作用，这种变化称为退变质作用。如吕梁山区汉高山一带太古代的黑云母斜长片麻岩，遭受了元古代的区域变质作用，而退变质成为含电气石的白云母片岩了。

第四节 变质作用的上下限

（一）变质作用的上限：一般认为当温度升高，在一定的其他变质因素的配合下，直到岩石完全熔化为岩浆，这时就进入岩浆作用的范畴。

（二）变质作用的下限：埋藏变质作用是沉积岩的成岩后生作用和变质岩的变质作用之间的过渡类型。在一个地区，被埋在地下的岩层，受上覆岩层的负荷压力和地热的影响，而使岩石发生重结晶的变质作用，称为埋藏变质作用。埋藏变质与岩浆侵入活动、造山构造运动没有明显的关系。它和其他变质作用的温度压力范围的关系大体上如图 2 所示。

埋藏变质与区域变质不同的是：

1. 埋藏变质的变质程度与埋深有关。即在地层柱状图上显示出是和深度的变化一致的。而区域变质不仅与埋深有关，更重要的是与造山运动、区域性岩浆活动有关。
2. 埋藏变质作用与变形作用无明显的关系。而区域变质则与变形作用相伴随。
3. 埋藏变质岩基本上不具定向构造，变形不明显，具变余结构和变余构造，常残留有原岩的变余矿物，特征矿物是浊沸石、葡萄石、绿纤石以及硬柱石等。而区域变质岩是变形的岩石，常具定向构造。

埋藏变质与沉积岩的后生作用的区别是：

1. 后生作用的温度要低，后生作用的温度接近成岩作用的温度。后生作用的特征矿物片沸石等在埋藏变质中消失。而在埋藏变质岩中出现浊沸石、葡萄石、绿纤石以及硬柱石等特征矿物。
2. 岩石中细分散的碳质开始石墨化。
3. 埋藏变质岩虽然基本上没有变形，但结构在大范围内已开始变更，以变余结构为主。

总之，埋藏变质岩的变化是初步的但属区域性的，变化是不完全的但是广泛的，虽没变形但具变余结构，并出现低级变质矿物绿纤石、葡萄石等。所以一般认为它是区域变质作用中的特殊的最低级的情况。

根据浊沸石开始出现，一般认为埋藏变质作用与后生作用的温度界限大约在 180° — 230°C 左右（图3）。

但根据新西兰北岛瓦瑞基温泉地热地带的资料：遭受热气热液作用的凝灰角砾岩、浮岩中，发光沸石-蒙脱石带在70米深、温度为 120°C 处，变为浊沸石-绿泥石带。说明在 120°C 就可进入变质作用范围。

〔思考题〕

- 一 变质作用与风化作用、成岩后生作用有何区别？变质作用与岩浆作用如何区别？
- 二 引起岩石变质的因素主要有哪些？
- 三 根据什么来划分变质作用类型才较合理？变质作用的主要类型有哪些？

第二章 变质岩的物质成分

第一节 变质岩的化学成分

一 变质岩化学成分的特点

变质岩可以由各种岩石变来，在变质时有的又经过交代作用，有的还可以经过多次变质，因此它的化学成分相当复杂多样。但总的看来最常见的主要是由： SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 CaO 、 K_2O 、 Na_2O 、 H_2O 、 CO_2 ，以及 TiO_2 、 P_2O_5 等等所组成。

在没有经过交代作用时，它的化学成分和原来岩石的成分是近似的。若经过交代作用时，它的化学成分除了取决于原岩的成分之外，还取决于交代作用的特点。

二 变质岩化学成分的研究方法

研究变质岩的化学成分，可以帮助了解原岩的类型、变质作用和交代作用的特点，这对变质岩和变质矿床的形成、变质岩分类等的研究，以及对划分对比地层等，都有重要意义。

(一) 恢复原岩的类型：

对没有发生交代作用的岩石，可采用与岩浆岩及沉积岩的化学成分对比的方法来恢复原岩类型。岩浆岩的化学成分研究得比较清楚，规律性也较强，所以首先是和岩浆岩的化学成分相对比。如：先看 SiO_2 的含量与哪一类岩浆岩相当，若没有相当的岩浆岩，则此岩石可能是副变质岩。如表1中的1、2两个岩石，它们的 SiO_2 含量分别为21.41%和90.10%，而岩浆岩的 SiO_2 含量一般多在35~78%之间，所以它们是副变质岩。若 SiO_2 的含量与岩浆岩的相当，这时再和该岩浆岩的其他各种氧化物的含量相比较，若相差较大，则此岩石为副变质岩；若都很相近，则有可能为正变质岩，但也有可能为副变质岩，这时需根据结构构造、产状等来加以判断。表1中的3号岩石，其 SiO_2 含量与中性岩浆岩的相当，但 Al_2O_3 的含量比中性岩浆岩的要多，而 Na_2O 、 CaO 以及 MgO 的含量比中性岩浆岩的要少，

表 1

样号	岩石	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	CO_2	H_2O	其他
1	大理岩	21.41	1.89	0.96	—	14.91	24.32	—	—	35.71	—	0.80
2	绢云母石英岩	90.10	5.04	1.07	0.27	0.48	0.38	0.25	1.62	—	0.52	—
3	石英绢云母千枚岩	61.87	20.63	0.44	4.31	0.94	0.68	0.72	4.02	—	0.14	6.52
4	石英闪长岩	61.69	16.21	2.54	3.77	2.80	5.38	3.37	2.10	—	1.22	1.02
5	正长岩	61.57	18.34	2.18	0.67	0.69	2.75	4.85	6.58	—	1.77	0.46

差别较大，所以也应是副变质岩。

也有人用化学成分算法来恢复原岩，如：P·尼格里的“数值”法、H·A·多拉茨基法等。这些方法的实质是把已知的岩浆岩和沉积岩的化学成分，加以并项计算或直接点在一定的图解上，然后把岩浆岩和沉积岩在图上分布的大致范围分别圈出来，作为恢复原岩的一个依据。再把未知岩石的化学成分依法同样的加以处理或直接点在图上，看此岩石落在岩浆岩区还是落在沉积岩区即可恢复原岩性质。不过有些沉积岩和某些岩浆岩的主要化学成分是相近的，只按化学成分难以恢复原岩。有人试图用微量元素以及同位素成分的特征来恢复原岩。目前主要是根据产状、与围岩的共生关系、结构构造以及建造特点等来区分它的正或副。

对那些经过交代作用所生成的变质岩，由于原岩发生了交代而改变了组分，因此主要是根据残留的原岩结构、产状、交代性质、周围共生的岩石等来恢复原岩的类型。

(二) 研究交代作用的特点。

为了研究对比岩石在交代前后化学成分的变化情况，或被交代的岩石与围岩的成分变化情况，目前采用的方法主要是把单位体积的岩石内，所含的各种化学组分的种类和含量的情况，进行对比研究。具体的计算对比的方案，各家不一。一般多采用T·F·W·巴尔特标准岩胞化学成分算法、等体积化学成分算法等等(计算方法见第十一章附录)。

〔思考题〕

一 变质岩的化学成分，受哪些因素控制？

二 用对比法来研究变质岩的化学成分(变质的与未变质的比较、交代的与未交代的比较、变质深的与变质浅的比较、交代剧烈的与交代轻微的比较等等)，有何优缺点！

第二节 变质岩的矿物成分

一 变质岩矿物成分的一般特点

变质岩的形成条件和岩浆岩、沉积岩的不同，所以岩石经过变质作用后，往往生成一些新的矿物，如粘土岩经过变质后，有时可生成红柱石等矿物，这种在变质作用中新生成的矿物，称为新生矿物。

有时变质作用的化学反应，进行得不彻底，变质岩中就残留有部分不稳定的原来岩石中的矿物，如花岗岩变成云英岩时，本来云英岩中不含长石，但由于作用进行得不彻底，岩石中便残留有不稳定的长石，这种矿物称为残余矿物。

但也有些矿物，它的稳定范围较大，在变质作用下仍然是稳定的，如由石英砂岩变成的石英岩，原来的石英碎屑仍是稳定的，这种矿物称为原生矿物或稳定矿物。

在研究变质岩中各种矿物的成因时，必须结合具体的情况来分析。如钾长石在由粘土岩变成的变质岩中，为新生矿物；在云英岩中则为残余矿物。又如在同一种被强烈蚀变的酸性火山岩中，原来的石英斑晶在蚀变后仍然稳定，它是原生矿物；但长石斑晶和玻璃质基质经过蚀变后生成大量石英颗粒，这些石英则是新生矿物。所以同一种矿物在不同的情况下，成因也不相同。

变质岩的造岩矿物主要有：石英、长石、云母、角闪石、辉石、碳酸盐矿物、绿泥石、绿帘石、硬绿泥石、十字石、石榴石、兰晶石、红柱石、矽线石、堇青石、滑石、蛇纹石、方柱石、硅灰石等等。可以把造岩矿物在变质岩、岩浆岩和沉积岩中的主要分布情况归纳如下表（表2）。

造岩矿物在变质岩、岩浆岩和沉积岩中的主要分布情况

表 2

	主要在沉积岩中出现的矿物*	变质岩沉积岩中都可出现的矿物	主要在变质岩中出现的矿物**	岩浆岩变质岩中都可出现的矿物	主要在岩浆岩中出现的矿物
二氧化硅	蛋白石, 玉髓	石英		石英	鳞石英
富铝矿物	水铝矿	水铝石	刚玉	尖晶石	
富含铝的硅酸盐	粘土矿物	高岭石 地开石	红柱石, 兰晶石, 矽线石, 叶腊石, 十字石, 硬绿泥石, 硬玉		
硷质或钙质铝硅酸盐	粘土矿物	斜长石 钾长石	油沸石, 方柱石, 钠云母, 绢云母	斜长石, 钾长石, 白云母, 霞石	歪长石, 白榴石, 方钠石, 黝方石, 兰方石
钙铝质硅酸盐			帘石类, 葡萄石, 硬柱石, 绿纤石, 钙铝榴石, 符山石		
含铝的铁镁质硅酸盐和铁镁质铝硅酸盐***			铝石榴石, 绿泥石, 含铝的阳起石, 兰闪石	铁铝榴石, 堇青石, 黑云母, 金云母, 普通角闪石, 硷性角闪石	玄武角闪石
铁镁质的硅酸盐			滑石, 蛇纹石, 直闪石, 硅镁石	镁铁闪石, 斜方辉石, 霓石, 橄欖石	
钙镁质和钙质硅酸盐			透闪石, 阳起石, 钙镁橄欖石, 钙铁辉石, 镁蔷薇辉石, 硅灰石, 灰硅钙石, 甲型硅灰石	透辉石, 普通辉石, 黄长石, 榴石	
磷酸盐		碳酸盐矿物		碳酸盐矿物	
碳质	有机碳质		石墨		
其他	硫酸盐和卤化物矿物	重晶石, 硬石膏, 萤石	方镁石		

注：*沉积岩中的重砂矿物未列入表内。

**此项所列的各种矿物的化学成分，见第十一章附录。

***有的含有硷质。

从上表可以看出，变质岩中的矿物是比较多样而复杂的。它们有些还可以在岩浆岩或沉积岩中出现，这些矿物既可以是稳定矿物或残余矿物，也可以是新生矿物，尤其是在泥质岩变来的副变质岩中它们往往是新生矿物，如由泥质岩变来的云母片岩，其中的长石和云母等就是新生矿物。此外，变质岩中还有一系列的主要在变质岩中出现的矿物，如兰晶

石、十字石等，总的看来，它们属于新生矿物，但在岩石经历多次变质作用时，情况比较复杂。如四川汶川某地的空晶石—十字石—云母片岩，在经历较早的区域变质时碳质页岩变为十字石云母片岩，其中的十字石、云母、石英、隐晶石墨等皆为新生矿物；但在经历较晚的热接触变质时，它们则成为稳定矿物，部分白云母成为残余矿物，同时生成杂乱排列、刺穿片理的新生矿物—空晶石等。因此，在研究变质全过程时，必须尽可能地对各种变质岩中矿物的成因加以识别。

变质岩的造岩矿物，也可分为：浅色矿物（如长石、石英等）、暗色矿物（如黑云母、普通角闪石、辉石等）和特征矿物（如兰晶石、十字石、硅灰石等）三类。在鉴定岩石时，可以从这三方面去分析变质岩的矿物成分。

二 变质岩共生矿物组合的控制因素

变质岩的矿物组合，主要是由原岩的化学成分和变质的条件两方面因素所控制的。

这些认识导致“变质相”论点的形成。即：把所有在类似的变质条件（如温度和压力）下所形成的各种岩石，（不管其化学成分如何）统称之为一个变质相。实际上，变质相是用某些临界矿物或矿物组合的存在与否来划分的。

为了便于根据矿物成分研究变质的温度、压力条件，仅将人工模拟实验的部分成果列于下图（图3），以供参考。

由图3中，可以看出在基本没有发生交代作用的情况下，矿物成分稳定范围与温度、压力条件的大致关系。

因此，变质岩的矿物组合，不仅可以帮助判断变质岩的原来化学成分，而且可以帮助推知变质环境、变质程度的深浅等，从而了解它们和矿产的关系，指导找矿勘探工作。另一方面，它是变质岩分类的一个重要依据。所以，在研究变质岩时，应充分注意研究矿物组合。

研究共生矿物组合的方法见第十一章附录。

值得注意的是，变质岩的矿物组合稳定范围与变质条件间的关系是相当复杂的，影响因素很多。稳定范围的界限不只是一个单一的光滑曲线，而往往是一个可移动的复杂的曲带。

〔思考题〕

变质岩的共生矿物组合，能说明些什么？

第三章 变质岩的结构和构造

第一节 概 述

变质岩的结构和构造，就是变质岩的构成方式。岩石在变质作用下发生重结晶作用（包括原生矿物的重结晶作用和新生矿物的重结晶作用）或变形作用（包括原生矿物的变形、碎裂等），而使岩石具有新的结构和构造，即变质岩的结构和构造。变质岩的结构主要是：由岩石组分的形状、大小、相互关系所决定的岩石的构成方式，也就是：由岩石组成部分的个体的性质所决定的岩石构成方式。变质岩的构造则是：岩石的组分在空间的排列方式和充填空间的方式（即方向和分布）。

变质岩的结构和构造种类很多，这是因为变质岩形成方式的多样性和原岩结构的多样性所决定的。

变质岩的结构一般是从粒间和粒内两方面来观察。粒间的结构（颗粒之间）：包括组分的大小、形状、颗粒界面、相互关系等等。粒内的结构（在颗粒内部）：包括环带、双晶、褶皱或揉皱、出溶交生、包体、假象等等。一般多着重观察粒间的结构。

变质岩大部分是在固态下，经过重结晶作用而生成的，这种作用称为变晶作用。经过变晶作用常使岩石具有新的结构，这种新的结构称为变晶结构。

经过交代作用而生成的新的结构，称为交代结构。

在变质过程中，若岩石主要发生机械破碎和变形的作用，这样生成的结构称为碎裂结构。

有时变质作用进行得不彻底，没有完全改变原岩的旧有结构，而残留了部分原岩的特征（主要是指结构特征），这类结构称为残余结构或变余结构。

因此，变质岩的结构可分为：碎裂结构、变晶结构、交代结构和变余结构四大类。

变质过程有时是一个漫长的过程，有的区域变质作用过程可长达上千万年。在整个区域变质过程中，常常发生多次的重结晶作用和变形作用，根据矿物的重结晶作用与变形作用的关系可分为：

构造前的：重结晶发生在变形作用之前。

同构造的：重结晶发生在变形作用同时。

构造后的：重结晶发生在变形作用之后。

这可做为恢复变质过程的重要依据之一。

变质岩的构造一般可分为变余构造和变成构造两大类。

研究变质岩的结构和构造有着重要的意义，结构和构造可以帮助了解变质岩的形成过程及其所经历的变质作用类型、变质因素和变质程度，以及恢复原岩岩性，而且结构构造是变质岩定名的重要依据。